



Mendelssohnstraße 15 F 22761 Hamburg
Tel 040 - 810 00 90 Fax 040 - 890 56 65

**BV Steilshoop-Nord –
Baufeld C und C1
in
Hamburg-Steilshoop
-
Baugrundbeurteilung und
Gründungsberatung**

1. Geotechnischer Bericht

11.08.2025



I Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung.....	1
2	Unterlagen.....	2
2.1	Eigene Unterlagen	2
2.2	Von der Siedlungs- und Aktiengesellschaft Hamburg (SAGA).....	3
3	Standortbeschreibung	3
3.1	Lage und heutiger Zustand.....	3
3.2	Geplantes Bauvorhaben	4
4	Baugrund und Wasserstände	6
4.1	Baugrunderkundungen	6
4.2	Probennahme	7
4.3	Kampfmittel- und Bombenblindgängerverdacht sowie Altlastenhinweise... 8	8
4.4	Grafische Darstellung der Bohrerergebnisse.....	9
4.5	Bodenschichtung / Baugrundverhältnisse	9
4.6	Hydrogeologie.....	17
4.6.1	Gemessene Wasserstände.....	17
4.6.2	Stau- und Schichtenwasser.....	18
4.6.3	Grundwasser	18
5	Laborversuche.....	19
5.1	Bodenmechanische Laborversuche	19
5.1.1	Kornverteilung	20
5.1.2	Wassergehalte.....	21
5.1.3	Glühverluste	22
5.2	Chemische Bodenanalysen	22
5.2.1	Bewertungsgrundlage	22
5.2.2	Einteilung und Zusammensetzung der Mischproben	23
5.2.3	Zusammenstellung und Bewertung der Analyseergebnisse nach LAGA und Deponieverordnung.....	24
6	Bodenmechanische Kennwerte (k-Werte)	26
6.1	Anstehende Böden.....	26
6.2	Verfüll- und Austauschböden.....	28
7	Gründungsempfehlungen	29



7.1	Geplante Geotechnische Kategorien.....	29
7.2	Gründungsart und Tragfähiger Baugrund	29
7.2.1	Optionale Flachgründungsvarianten im Falle einer Umplanung	30
7.2.1.1	Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ und Setzungsabschätzung für mögliche Flachgründungen.....	32
7.3	Empfohlene Pfahlarten für Hochbauten bei aktuellem Planungsstand.....	33
7.4	Baugrundbedingte Vorgaben für die Tiefgründung	35
7.4.1	Bemessungswasserstände	35
7.4.2	Oberkante des tragfähigen Baugrundes.....	36
7.5	Pfahlbemessung für Hochbauten	38
7.5.1	Allgemeine Grundlagen.....	38
7.5.2	Bemessung von Bohrpfählen nach DIN EN 1997 bzw. DIN EN 1536	38
7.5.3	Bemessung von Teilverdrängungsbohrpfählen nach DIN EN 1536 ...	39
7.5.4	Bemessung von Vollverdrängungsbohrpfählen nach DIN EN 12699 .	40
8	Baupraktische Hinweise	41
8.1	Pfähle	41
8.2	Baugruben und Verbauten.....	44
8.3	Wasserhaltung und Trockenhaltung Bauteile	45
8.4	Wiederverwendung des Aushubmaterials	47
8.4.1	Vorläufige Kostenschätzung der Aushubmaterialien.....	49
8.5	Weitere Hinweise	51
9	Zusammenfassung.....	52



II Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Tiefen- und flächenbezogene Zusammensetzung der Bodenproben aus den Kleinrammbohrungen.....	23
Tabelle 2:	Grenzwertüberschreitende Parameter und Zuordnung der Proben gemäß der Einbauklassen nach LAGA-Boden (M20, Fassung 2004) und Deponieverordnung.....	24
Tabelle 3:	Charakteristische Bodenkennwerte für erdstatische Berechnungen	27
Tabelle 4:	Oberkante des tragfähigen Baugrundes.....	37
Tabelle 5:	Zuordnung der Böden zur Bohrpfahlbemessung nach Tabellenwerten der EA-Pfähle.....	39
Tabelle 6:	Zuordnung der Böden zur Schraubpfahlbemessung nach Tabellenwerten der EA-Pfähle.....	41

III Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Ausschnitt aus Unterlage 2.2.1 Funktionsplan Steilshoop 11 zur möglichen Bebauung des Grundstücks.....	5
--------------	--	---

IV Anlagen

23127/1-C	Übersichtsplan
23127/2-C	Lage der Aufschlüsse und ungefähre Lage der organischen Weichschicht
23127/3-C	Baugrundaufschlüsse (Sondierprofile)
23127/4-C	Kornverteilungen
23127/5-C	Übersicht und Analyseergebnisse der Eurofins Umwelt Nord GmbH (Boden)



SAGA Siedlungs- und
Aktiengesellschaft Hamburg
OE 84 Projektentwicklung | Neue Stadtquartiere
Poppenhusenstraße 2
22305 Hamburg

Mendelssohnstraße 15 F 22761 Hamburg
Tel 040 - 810 00 90 Fax 040 - 890 56 65
E-Mail buero@op-geotechnik.de

11.08.2025

Auftragsnummer / Unser Zeichen

23127 /



BV Siedlungsentwicklung Steilshoop-Nord – Baufeld C und C1 in Hamburg-Steilshoop

hier: Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung – Geotechnischer Bericht
Bezug: -Unser überarbeitetes Leistungs- und Honorarangebot vom 15.12.2023
-Ihre Auftragsbestätigung vom 18.12.2023 mit der Projekt-Nr. 2000-PE3-002 und der Bestellnummer **4700026199**

1. Geotechnischer Bericht

Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

1 Veranlassung

Im Rahmen der Siedlungsentwicklung „Steilshoop-Nord“ wird auf den insgesamt etwa 17.900 m² großen Baufeldern C und C1 den Neubau eines unterkellerten Wohngebäudes mit einer Grundfläche von ca. 4.400 m² (Baufeld C) sowie die Errichtung einer Kindertagesstätte inkl. Gewerbe- und Wohnräume sowie Parkplatzflächen mit einer Grundfläche von ca. 2.100 m² (Baufeld C1) geplant.

Gemäß den mitgeschickten Planunterlagen liegt bereits ein Geotechnischer Bericht der Ingenieurgesellschaft von Lieberman GmbH vom 19.07.2019 mit der Projekt-Nr.: 19013-02 sowie eine Stellungnahme von der Grundbauingenieure Steinfeld und Partner Beratende Ingenieure mbB vom 07.01.2020 mit der Auftrags-Nr.: 023825 für das Baufeld C und C1 vor.



Im Rahmen dieses Berichts wird sich teils auf die vorhandenen Erkundungsergebnisse der Altaufschlüsse der o.g. Altgutachten bezogen.

Wir wurden vom Bauherrn beauftragt, für diese Fläche den vorhandenen Baugrund ergänzend zu erkunden, eine allgemeine Baugrundbeurteilung mit Gründungsempfehlungen sowie eine orientierende Schadstoffanalyse zu erstellen, die mit diesem vorliegenden Bericht auftragsgemäß abgegeben wird.

Unsere Angaben basieren auf dem aktuellen Planungsstand vom April 2024 und beziehen sich auf die nachfolgenden Planungsunterlagen.

Anlage 23127/1-C zeigt einen Übersichtsplan, in dem das markierte Untersuchungsgebiet (orange), die Baufelder (blau) sowie die Gebäudegrundrisse (rot) dargestellt ist.

2 Unterlagen

Für die Erstellung des vorliegenden Berichts standen uns die folgenden Unterlagen zur Verfügung:

2.1 Eigene Unterlagen

- 2.1.1 Schichtenverzeichnisse und 114 gestörte Bodenproben von 9 Kleinrammbohrungen (KRB); Tiefe max. ca. 12,0 m unter Geländeoberkante (GOK), ausgeführt vom 23.01.2024 bis 08.02.2024
- 2.1.2 Prüfbericht mit der Prüfberichtsnummer AR-24-JH-005738-01 der Eurofins Umwelt Nord GmbH vom 25.03.2024 (Untersuchung Boden)
- 2.1.3 Diverse Leitungsauskünfte
- 2.1.4 Deutsche Grundkarte, Maßstab 1:5.000
- 2.1.5 Protokolle der schweren Rammsondierungen ausgeführt vom 23.01.2024 bis 08.02.2024 von der O+P Geotechnik GmbH
- 2.1.6 Protokolle der elektrischen Spitzendrucksondierungen (CPT) ausgeführt von der Joern Thiel Baugrunduntersuchung GmbH.
- 2.1.7 Aktualisierte Bohrpläne vom 04.12.2023



2.2 Von der Siedlungs- und Aktiengesellschaft Hamburg (SAGA)

- 2.2.1 Leistungsbeschreibung Bodengutachten, von der SAGA, Anlage 2, Stand Februar.2023
- 2.2.2 Diverse Lage-, Ansicht-, Beispiel-, Funktions- und Schnittpläne sowie Flächenübersichten „Siedlungsentwicklung Steilshoop-Nord – Steilshoop 11+12“, von der SAGA im Rahmen der Angebotsanfrage, Anlage A bis H, mit diversen Maßstäben und Erstelldatum
- 2.2.3 Geotechnischer Bericht – 2. Version „Borchertring, Schule + Sportplatz“ inkl. Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse, von der von Lieberman GmbH, Projekt-Nr.: 19013-02, Stand Juli.2019
- 2.2.4 1. Stellungnahme „Borchertring, Fritz-Flinte-Ring und Gropiusring – 3 Baufelder für Wohnungsbauentwicklung“, von Steinfeld und Partner mbB, Auftrags-Nr.: 023825, Stand Januar.2020
- 2.2.5 Schriftliche Auskunft aus dem Altlasthinweiskataster per Mail, von der Behörde für Umwelt und Energie – Amt für Umweltschutz, Abteilung Bodenschutz/Altlasten, Aktenzeichen: 0098/18, Stand Januar.2018
- 2.2.6 Vollmacht für die Einholung von sämtlichen Auskünften und Akteneinsicht, vom Landesbetrieb Immobilienmanagement und Grundvermögen (LIG) an die SAGA, Stand November.2022
- 2.2.7 Infoschreiben der FHH – Kampfmittelauskunft, Gefahrenerkundung/Luftbildauswertung, Freie und Hansestadt Hamburg für Inneres und Sport
- 2.2.8 Aktuelle Kampfmittelauskunft der FHH – Kampfmittelauskunft, Gefahrenerkundung/Luftbildauswertung, Freie und Hansestadt Hamburg für Inneres und Sport vom 26.10.2022 mit dem Geschäftszeichen BIS/F046-22/07644_1

3 Standortbeschreibung

3.1 Lage und heutiger Zustand

Die Baufelder C und C1 befinden sich größtenteils auf den Flurstücken 910 und 1110. Die tatsächliche Nutzung der Flurstücke kann zurzeit als Wohnbaufläche (Flurstück 910) und als Sportanlage beschrieben werden (Flurstück 1110). Die Baufelder liegen im mittleren Bereich des Flurstücks 910 sowie im nordöstlichen Bereich des Flurstücks 1110 im Bezirk Hamburg-Wandsbek, Gemarkung Steilshoop (Nr. 0547), Ortsteil Steilshoop (OT 516).

Aus Luftbildern, die im Geoportal der FHH einzusehen sind, geht hervor, dass das Baufeld C in der Vergangenheit bereits durch mehrere Bestandsbauten (Schulgebäude) bebaut war, wobei sich die Grundrissflächen der damaligen Bestandsgebäude z.T. mit dem Grundriss des Neubaus überschneiden. Die Bestandsbauten sind bereits rückgebaut. Das Baufeld C ist daher als Brachfläche zu beschreiben und ist zum Großteil unversiegelt.



Die Grundrissfläche von Baufeld C1 wird zurzeit heterogen als Sportplatz und Parkplatzfläche genutzt und weist deshalb Oberflächenversiegelungen in Form von Pflastersteinen als auch Kunstrasen bzw. Tennenbelag auf.

Die Projektgebiete werden von diversen angrenzenden Flurstücken, dem Bramfelder See, dem Borcherring, diversen kleinen Rad- und Fußwegen sowie Sportanlagen begrenzt. Die Lage der Baufelder sowie die Grundrisse des Neubaus sind dem Übersichtsplan der Anlage 23127/1-C zu entnehmen.

Auf Grundlage der Daten des geologischen Landesamtes der Freien und Hansestadt Hamburg (FHH) und den Erkenntnissen der Altgutachten ist im Umfeld der Baufelder vorrangig das Vorkommen von Geschiebeböden in Form von Geschiebelehm und -mergel sowie Schmelzwassersanden in gründungsrelevanten Tiefen in größeren Mächtigkeiten wahrscheinlich. Im näheren Umfeld (ca. 200 m) sind durchaus organische Weichschichten in Form von Torfen und Mudden der Eem-Warmzeit zu vermuten, die ebenfalls im Untergrund heterogen vorkommen können.

Gemäß den vorliegenden Kabel- und Leitungsbestandsplänen ist die Fläche von diversen unterirdisch verlegten Bestandsleitungen durchzogen. Hierbei ist besonders auf die vorhandene Gasleitung im östlichen Randbereich hinzuweisen, die sich unterhalb des Gehweges der Straße Borcherring befindet.

Anhand der eingemessenen Ansatzhöhen der durchgeführten Baugrundaufschlüsse aus der aktuellen Bohrkampagne vom Januar/Februar 2024 ergibt sich mit einer für diese Untersuchungen hinreichenden Genauigkeit für das Untersuchungsgebiet

ein mittleres Geländeniveau von etwa NHN +20,0 m.

3.2 Geplantes Bauvorhaben

Im Zuge von Los 2 der Siedlungsentwicklung Steilshoop-Nord (B-Plan Steilshoop 11) sind auf den Baufeldern C und C1 Neubaumaßnahmen geplant.

Eine grobe Übersicht über die beiden Baufelder ist der folgenden Abbildung (vgl. Abb. 1) zu entnehmen.

Baufeld C:

Im Rahmen des nördlicher gelegene Baufeldes C ist die Errichtung eines 4- bzw. 5-geschossigen Neubaus mit einem einfachen Kellergeschoss geplant.

Der Neubau weist eine rechteckige Form mit einer Gesamtfläche von ca. 4.400 m² auf und bietet durch den entstehenden Innenhof einen geschützten Bereich für die Anwohner. Das Gebäude befindet sich zentral auf dem Flurstück 910.

Gemäß den vorhandenen Planunterlagen liegt die Gründungssohle (UK Fundament) auf einer Höhe von ca. 3,0 m u. GOK, was in Anbetracht der mittleren Geländeoberkante (ca. NHN +20,0 m) eine Höhe von ca. NHN +17,0 m entspricht.

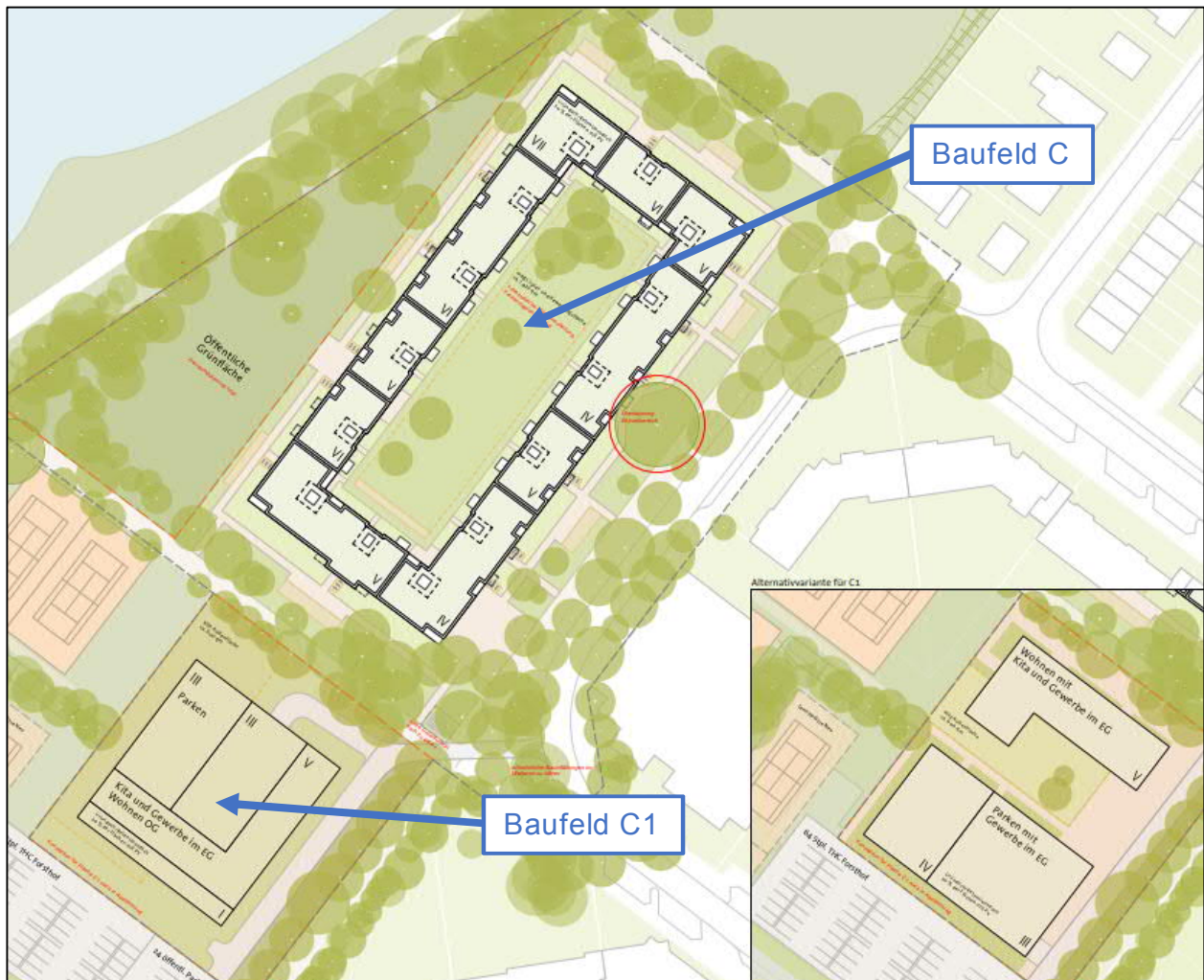


Abbildung 1: Ausschnitt aus Unterlage 2.2.1 Funktionsplan Steilshoop 11 zur möglichen Bebauung des Grundstücks

Baufeld C1:

Auf dem Baufeld C1 ist die Errichtung einer Kindertagesstätte (KiTa) inkl. Gewerbe- und Wohnräume sowie Parkplatzflächen geplant. Dabei liegen noch keine konkreten Konzeptionierungen vor, sodass ebenfalls Alternativvarianten vorliegen.

Der Neubau weist in Abhängigkeit der Variante eine Gesamtfläche von ca. 2.100 m² auf und befindet sich im nordöstlichen Bereich des Flurstück 1110.



Zum jetzigen Zeitpunkt liegen uns keine Schnittzeichnungen bzw. Angaben zu geplanten Untergeschossen vor, sodass wir im ersten Ansatz von einem nicht unterkellerten Neubau ausgehen. Demnach liegt die Gründungssohle vorerst auf einer Höhe von ca. 0,8 m u. GOK, was in Anbetracht der mittleren Geländeoberkante (ca. NHN +20,0 m) eine Höhe von ca. NHN +19,2 m entspricht.

Weitere Informationen, Unterlagen, Schnitte oder Gründungsebenen zu den geplanten Baulichkeiten und zur Ausprägung der Untergeschosse liegen uns noch nicht vor.

4 Baugrund und Wasserstände

4.1 Baugrunderkundungen

Die aktuellen Baugrundaufschlüsse wurden durch die O + P Geotechnik GmbH projiziert und durchgeführt. Die Baugrundverhältnisse auf den Untersuchungsgrundstücken wurden durch uns vom 23.01.2024 bis zum 08.02.2024 durch neun Kleinrammbohrungen (KRB C1 bis KRB C8 und KRB C10) gemäß DIN 4020 bzw. DIN EN ISO 22475-1 zur Bodenprobeentnahme mit einem Bohrdurchmesser von 36 mm bis 80 mm mit einer maximalen Solltiefe von ca. 12 m unter Geländeoberkante (u. GOK) (ca. NHN +8,0 m) erkundet.

In Ergänzung zu den Kleinrammbohrungen erfolgten in dieser Erkundungskampagne drei schwere Rammsondierungen (DPH) gemäß DIN EN ISO 22476-2 bis in einer maximalen Endtiefe von ca. 12,0 m u. GOK mit den entsprechenden Bezeichnungen DPH C4, DPH C5 und DPH C7 sowie sieben elektrische Spitzendrucksondierungen gemäß DIN 4094-1 bis in eine maximalen Endtiefe von ca. 25 m u. GOK mit den entsprechenden Bezeichnungen CPT C1, CPT C2, CPT 2/3, CPT 3/5, CPT C6, CPT C8, und CPT C10.

Im Vorfeld der Arbeiten wurde mit Gasnetz Hamburg ein Ortstermin bezüglich der besonderen Gasleitung im Gehwegbereich der Straße Borcherring vereinbart, um vor Ort den Verlauf der Leitung zu eruieren.

Aufgrund mangelnden Bohr- und Sondierfortschritts und Hindernissen im Untergrund sowie aus geotechnischer Sicht konnten einige Kleinrammbohrungen, schwere Rammsondierungen und elektrische Spitzendrucksondierungen nicht bis zur jeweiligen geplanten Erkundungstiefe ausgeführt werden.

Die Lage der Baugrundaufschlüsse wurde gemäß Bohrplan (Unterlage 2.1.7) mit dem Bauherrn abgestimmt und mussten aufgrund der örtlichen Gegebenheiten, der Leitungsverläufe und der Bestandsbaulichkeiten vor Ort leicht versetzt werden.



Die Baugrunderkundung für das Baufeld C1 war aufgrund der fortlaufenden Nutzung der Sportanlagen lediglich im Parkplatzbereich möglich, sodass ggfs. nach Baufeldfreimachung ergänzende Baugrundaufschlüsse notwendig sein werden.

Die versiegelten Oberflächen in Form von Pflasterstein, besonders im Grundrissbereich des Baufeld C1, wurden händisch aufgenommen und nach Beendigung der Arbeiten wieder fachgerecht verschlossen.

Mangels vollständiger Leitungsfreiheit auf dem Grundstück wurde auftragsgemäß bei jeder Bohrung und Sondierung trotz vorhandener Bestandsleitungspläne aus Sicherheitsgründen eine manuelle Vorschachtung bis etwa 1,50 m unter GOK durchgeführt.

Im Rahmen der damaligen Baugrundaufschlüsse aus dem Jahr 2019 wurden ebenfalls diverse Kleinrammbohrungen (hier: BS), schwere Rammsondierungen (DPH) sowie elektrische Spitzendrucksondierungen (CPT) für die beiden Baufelder durchgeführt. Diese wurden ebenfalls in der Anlage 23127/3-C integriert und entsprechend als „Altaufschluss“ bezeichnet.

Die Lage und Bezeichnung der Baugrundaufschlüsse und der Altaufschlüsse kann dem Übersichtsplan in Anlage 23127/2.1-C entnommen werden.

4.2 Probennahme

Die Entnahme der gestörten Bodenproben aus den Kleinrammbohrungen erfolgte fachgerecht nach den geotechnischen und chemischen Erfordernissen für die bodenmechanischen und chemischen Laboruntersuchungen.

Das geförderte Sondiergut der Kleinrammbohrungen wurde bereits geologisch vor Ort direkt nach der Probennahme detailliert angesprochen und in die Schichtenverzeichnisse gemäß DIN 4022 aufgenommen.

Die aufgeschlossenen Horizonte wurden, wenn Materialwechsel vorlag, schichtbezogen beprobt. Bei einheitlichen Schichten sind Proben auch in größeren Abständen entnommen worden.

Das vor Ort entnommene Bodenmaterial wurde in entsprechend beschriftete PE-Becher gefüllt, ausgewählte Proben aus den oberen Schichten wurden zwecks der chemischen Untersuchungen in sog. Umweltgläsern mit Schraubverschluss luftdicht verschlossen.



Die Proben wurden sodann in unser eigenes bodenmechanisches Erdbaulaboratorium transportiert und dort nochmals für unsere geotechnische Bewertung klassifiziert.

Die Einzelproben werden derzeit in unserem Erdbaulaboratorium für eine Rückstell-dauer von 6 Monaten gelagert. Die Entsorgung der Proben erfolgt dann ohne vorherige Ankündigung im Herbst dieses Jahrs.

Die eingemessenen Lagen der Ansatzpunkte der Aufschlüsse sind mit einer für diese Untersuchungen hinreichenden Genauigkeit im Lageplan der Anlage 23127/2-C dargestellt.

4.3 Kampfmittel- und Bombenblindgängerverdacht sowie Altlastenhinweise

Kampfmittelsituation:

Uns liegt der Auszug BIS/F046-22/07644_1 des Kampfmittelbelastungskatasters der Gefahrenermittlung Kampfmittelverdacht (GEVK) vor. Entsprechend der Stellungnahme besteht für die Flurstück 910 und 1110 nach Luftbilddauswertung/Fernerkundung kein Hinweis auf Kampfmittel.

Die Erkundungsarbeiten konnten daher in diesem Bereich ohne sicherheitstechnische Begleitung eines Befähigungsscheininhabers gemäß § 20 SprengG erfolgen. Aufgrund der Durchführung von Feldarbeiten für benachbarte Baufelder, auf denen allgemeiner Bombenblindgängerverdacht besteht, wurde im Rahmen dieses Bauvorhabens an einzelnen Arbeitstagen eine kampfmitteltechnische Begleitung disponiert.

Der Auszug BIS/F046-22/07644_1 dient ausschließlich planerischen Zwecken, weshalb wir in diesem Kontext empfehlen, die GEKV-Stellungnahme für mögliche Bau-maßnahmen vor Baubeginn zu aktualisieren.

Allgemein wird auf die Verordnung zur Verhütung von Schäden durch Kampfmittel (Kampfmittelverordnung) der Freien und Hansestadt Hamburg hingewiesen.

Altlastensituation:

Gemäß den schriftlichen Aussagen von der Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA) – Amt für Umweltschutz, Abteilung Bodenschutz/Altlasten; vom 16.01.2018 ist liegen im Altlasthinweiskataster Hamburg keine Hinweise auf Altlasten oder altlastverdächtige Flächen vor.



4.4 Grafische Darstellung der Bohrergebnisse

In den Anlagen 23127/3.1-C bis -/3.5-C ist die erbohrte Bodenschichtung in Form von Bohrprofilen entsprechend DIN 4023 mit Angabe der tagesaktuell angetroffenen Wasserstände höhengerecht aufgetragen.

Die Angaben basieren auf den Eintragungen in den Schichtenverzeichnissen, unserer Bodenansprache und -klassifizierung, den Ergebnissen der Altaufschlüsse sowie den Ergebnissen der durchgeführten bodenmechanischen Laborversuche.

Die Ergebnisse der schweren Rammsondierungen sind als Rammdiagramme (Schlagzahlen je 10 cm Eindringung des Sondiergestänges) ebenfalls in der vorbenannten Anlage festgehalten, während die Ergebnisse der elektrischen Spitzendrucksondierungen als Diagramme (Spitzenwiderstand / Mantelreibung / Reibungsverhältnis / undrainierte Scherfestigkeit) dargestellt sind.

Die Anlagen 23127/3.1-C bis -/3.5-C wurden im Hinblick auf die geplanten Neubauvorhaben angeordnet, sodass für den jeweiligen Neubau die Bohrprofile zusammengefasst worden. Dementsprechend wurde folgende Aufteilung gewählt:

- Anlage 23127/3.1-C bis -/3.4-C: Baufeld C
- Anlage 23127/3.5-C: Baufeld C1

Die festgestellten Wassergehalte und Glühverluste sind den entsprechenden Bodenschichten zugeordnet und rechts neben dem Profil aufgetragen.

4.5 Bodenschichtung / Baugrundverhältnisse

Ausgehend von der Geländeoberfläche wurde mit den Baugrundaufschlüssen aus der aktuellen Bohrkampagne folgender Schichtenaufbau im Bereich der untersuchten Flächen festgestellt:

- **Versiegelte Fläche (Baufeld C1)**
 - Pflasterstein
- **Auffüllungen**
 - Zumeist Sande mit eher geringen Fremdbestandteilen, vereinzelt humos, schluffig und kiesig, heterogen locker bis dicht gelagert



- Oberflächennah lockere Lagerungsdichten, zur Tiefe mindestens mitteldichte Lagerung
- Untergeordnet aufgefüllter Schluff, humos und sandig, weich-plastische Konsistenz
- **Gewachsene, zumeist wasserführende Sande**
 - Sande, teils stark schluffig, schwach humos und schwach kiesig und zumeist wasserführend; größtenteils mitteldicht
 - Untergeordnet chaotische Wechsellagerung mit Geschiebebo-
denschichten, Schluffschichten und partiell organischen Weich-
schichten
 - lockere Lagerungsdichten in den bindigen und wasserführen-
den Übergangsbereichen möglich
- **Partiell organische Weichschichten (größtenteils Torf)**
 - Geringmächtige Rückstände von verbliebenen organischen
Weichschichten in Form von Torf und partiell Mudde
 - Örtlich begrenzt auf den südlichen Bereich des Baufel-
des C und den nördlichen Bereich des Baufeldes C1
- **Geschiebelehm**
 - Sandiger Geschiebelehm mit schluffigen, tonigen und kiesigen
Bestandteilen mit Sandbänderungen, zumeist dem Geschiebe-
mergel überlagert
 - Teilweise in chaotischer Wechsellagerung mit gewach-
senen Sanden, Geschiebemergel und partiell Torf; über-
geordnet steif-plastische Konsistenz, bereichsweise und
oberflächennah weiche bis teils breiige Konsistenzen
 - Untergeordnet gewachsene Schluff- und Tonschichten,
geringmächtig
- **Geschiebemergel**
 - Sandiger Geschiebemergel mit schluffigen, tonigen und kiesi-
gen Bestandteilen mit Sandbänderungen, übergeordnet dem
Geschiebelehm, den gewachsenen Sanden und partiell Torf un-
terlagert
 - Teilweise in chaotischer Wechsellagerung mit gewach-
senen Sanden und Geschiebelehm
 - steif-plastische Konsistenz
 - Zur Tiefe halbfeste Konsistenz



Es sei darauf hingewiesen, dass eine Unterscheidung zwischen gewachsenen Böden und Auffüllungshorizonten aufgrund ihrer Ähnlichkeit bei fehlenden anthropogenen Beimengungen nicht immer eindeutig möglich ist. Demnach können Abweichungen zu unserer Ansprache nicht ausgeschlossen werden.

Weiterhin sind Baugrunderkundungen punktuelle und kleindimensionierte Aufschlüsse, so dass Abweichungen von den hier beschriebenen Bodenverhältnissen und -eigenschaften grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden können.

Geschiebeböden (Geschiebelehm, Geschiebemergel) und bindige Bodenschichten können überwiegend den Bodenklassen 4 und 5 zugeordnet werden, zählen aber beispielsweise unter dynamischen Einflüssen oder starken Niederschlägen zu den fließenden Bodenarten (Bodenklasse 2). Torf kann den Bodenklassen 2 und 3 zugeordnet werden.

Nachfolgend werden die angetroffenen Bodenarten auf Basis der aktuellen Baugrunduntersuchung näher beschrieben.

Versiegelte Flächen

Im Bereich des Baufeldes C1 steht ab Geländeoberkante die Oberflächenversiegelung in Form von Pflastersteinen mit einer Mächtigkeit von ca. 0,08 m an.

Auffüllungen

Ab Geländeoberkante bzw. direkt unterhalb der versiegelten Oberfläche stehen zu meist sandige Auffüllungen mit eher geringen anthropogenen (z.B. Ziegel- und Betonreste) und partiell humosen, schluffigen und kiesigen Beimengungen an. Örtlich begrenzt wurden im Projektgebiet aufgefüllte Schluffschichten dokumentiert.

Entsprechend der Ergebnisse der durchgeführten Kornverteilungen handelt es sich bei den sandigen Auffüllungsmaterialien auf Grundlage der DIN 18196 um gleichförmige, enggestufte Sande (SE) sowie um Sand-Schluff-Gemische (SU), die als geradeso frostunempfindlich (F1) zu beschreiben sind.

Die Höhenlagen der Auffüllungen variieren über das Projektgebiet und erreichen Mächtigkeiten von ca. 1,2 m bis 3,7 m und werden wechselhaft von gewachsenen Sanden, Geschiebelehm- und mergel sowie partiell Schluffschichten unterlagert.

Die mittlere Schichtdicke beträgt nach der aktuellen Baugrunduntersuchung rechnerisch ca. 2,5 m.



In den Schichtenverzeichnissen ist bei den Auffüllungen überwiegend der Hinweis eines mittelschweren bis schweren Bohrfortschrittes eingetragen worden. Die Ergebnisse der schweren Rammsondierungen (DPH) dokumentieren Schlagzahlen je 10 cm Eindringung des Sondiergestänges von $N_{10} = \text{i.M. } 3 - 8$, während die Ergebnisse der elektrischen Spitzendrucksondierungen Spitzenwiderstände von $q_c = \text{i.M. ca. } 5 - 15 \text{ MN/m}^2$ aufzeigen.

Übergeordnet kann die Lagerungsdichte, in Abhängigkeit der Tiefenlage und der anthropogenen Anteile als übergeordnet mitteldicht gelagert beschrieben werden.

Erfahrungsgemäß kann im Hinblick auf die Heterogenität sowie der Anteile an Fremdbestandteile und humosen Beimengungen, besonders oberflächennah von einer eher lockeren Lagerungsdichte der sandigen Auffüllungen und somit von einer geringen Tragfähigkeit ausgegangen werden.

In partiellen Bereichen der Baufläche wurden unterschiedliche anthropogene Beimengungen, wie z.B. Beton- und Ziegelreste, angetroffen. In diesen Bodenschichten liegt der Masseanteil der Fremdbeimengungen nach unserer Einschätzung in einer Größenordnung von etwa 3 – 9 %.

In den übrigen Auffüllungen wurden nach Art und Menge keine bis sehr geringe anthropogene Beimengungen angetroffen. Der Massenanteil der Fremdbeimengungen liegt nach unserer Einschätzung in einer Größenordnung von etwa 0 – 3 %.

Die nach Beyer aus der Körnungslinie ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte k für die untersuchten Proben aus den Auffüllungen liegen für die enggestuften Sande und Sand-Schluff-Gemische ca. in einer Größenordnung von:

$$7,4 * 10^{-5} \text{ bis } 8,7 * 10^{-5} \text{ [m/s]}$$

Die Unterkanten (UK) der Auffüllung liegen nach Daten des hier ausgeführten Untersuchungsprogramms im Wesentlichen zwischen NHN +15,64 m und NHN +19,18 m und rechnerisch im Mittel bei ca. NHN +17,5 m.

Gewachsene, zumeist wasserführende Sande

Unterhalb der Auffüllungen stehen wechselhaft gewachsene zumeist wasserführende Sande oder Geschiebekomplexe sowie partiell bindige Schluffschichten oder organische Weichschichten (Torf) an. Die gewachsenen Sande sind in ihrer Kornzusammensetzung sehr heterogen ausgeprägt und werden vollflächig chaotisch von bindigen Geschiebeböden oder Schluffschichten sowie partiell organischen Weichschichten durchfahren.



In den Übergangsbereichen zwischen den Sanden und den bindigen bzw. organischen Bodenschichten in Verbindung mit dem Grundwassereinfluss werden erfahrungsgemäß lockere Lagerungsdichten, aufgrund von möglichen Stau- und Grundwasserhorizonten ausgewiesen.

Unterhalb der angetroffenen Wasserstände können die gewachsenen Sandschichten als wasserführend bezeichnet werden.

Entsprechend der Ergebnisse der durchgeführten Kornverteilungen handelt es sich bei den gewachsenen Sanden auf Grundlage der DIN 18196 um Sand-Schluff-Gemische (SU/SU*).

Aufgrund der chaotischen Wechsellagerung zwischen den gewachsenen Sanden und den bindigen bzw. organischen Bodenschichten ist eine Angabe der Ober- bzw. Unterkante und der mittleren Mächtigkeit nicht zielführend. Die Mächtigkeit wird in diesem Falle bis zur jeweiligen Oberkante einer mächtigen bindigen Bodenschicht angegeben.

Die gewachsenen Sande erreichen Mächtigkeiten zwischen 0,5 m bis 3,5 m.

In den Schichtenverzeichnissen ist bei den gewachsenen Sandkomplexen überwiegend eines mittelschweren Bohrfortschritts eingetragen worden. Die Ergebnisse der schweren Rammsondierungen (DPH) dokumentieren Schlagzahlen je 10 cm Eindringung des Sondiergestänges von $N_{10} = \text{i.M. } 2 - 8$, während die Ergebnisse der elektrischen Spitzendrucksondierungen Spitzenwiderstände von $q_c = \text{i.M. ca. } 3 - 10 \text{ MN/m}^2$ aufzeigen.

Partielle bindige und wasserbeeinflusste Übergangsschichten können eine lockere Lagerung und geringe Tragfähigkeit aufweisen, die jedoch örtlich begrenzt und geringmächtig sind.

Erfahrungsgemäß, auch im Hinblick auf die Eintragungen über den Bohrfortschritt, kann von einer überwiegend mitteldichten Lagerung und ausreichender Tragfähigkeit der gewachsenen Sande ausgegangen werden. Zur Tiefe können auch dichte Lagerungsverhältnisse vorkommen, während im oberflächennahen Bereich lockere Lagerungsdichten wahrscheinlich sind.

Die nach Beyer aus der Körnungslinie ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte k für die untersuchten Proben aus den gewachsenen Sanden liegen für die Sand-Schluff-Gemische ca. in einer Größenordnung von:

$$5,6 * 10^{-5} \text{ bis } 1,2 * 10^{-4} \text{ [m/s]}$$



Die UK der gewachsenen Sande sind wie beschrieben sehr heterogen verteilt. Auf Basis der durchgeführten Baugrundaufschlüsse, besonders der tiefreichenden elektrischen Spitzendrucksondierungen gehen wir davon aus, dass im gesamten Untersuchungsraum zur Tiefe mächtige Geschiebemergelschichten mit zwischengeschalteten Sandschichten anstehen.

Partiell organische Weichschichten (größtenteils Torf)

Den erkundeten Baugrundsichten zwischengelagert wurden chaotische und geringmächtige setzungsempfindliche, gewachsene organische Weichschichten in Form von Torf und partiell Mudde mit Mächtigkeiten zwischen ca. 0,7 m und ca. 2,8 m angetroffen.

Hierbei handelt es sich vermutlich um Rückstände von organischen Weichschichten, die im Untergrund heterogen verteilt und örtlich begrenzt vorkommen.

Da Klei nur in Küstengebieten (bspw. Nähe der Elbe) vorkommen, können die in den Bohrprofilen der Altaufschlüsse (Anlage 23127/3.1-C bis -/3.5-C) dargestellten Kleischichten als Mudde bewertet werden.

Besonders im südlichen Bereich des Baufeldes C sowie im nördlichen Bereich des Baufeldes C1 wurden diese setzungsempfindlichen Bodenschichten erkundet.

Auf Basis der Erkundungsergebnisse in Verbindung mit den Altaufschlüssen wurde die ungefähre Lage der organischen Weichschicht grob abgeschätzt und als Lageplan in Anlage 23127/2.2 integriert. Zum Eingrenzen sowie Verifizierung der genauen Lage sind zusätzliche Baugrundaufschlüsse notwendig.

Aufgrund dieser Inhomogenität kann sowohl die mittlere Schichtdicke als auch die UK der organischen Weichschichten über das gesamte Untersuchungsgebiet nicht exakt bestimmt werden.

Durch die Ergebnisse der Kleinrammbohrungen und vor allem durch die Ergebnisse der tiefergeführten elektrischen Spitzendrucksondierungen werden die organischen Weichschichten zumeist von gewachsenem Geschiebemergel unterlagert.

Der Zersetzungsgrad der Torfe wird überwiegend als mäßig bis stark zersetzt dokumentiert.

Auf Grundlage der DIN 18196 handelt es sich beim Torf (Bodengruppe HN/HZ) um organische Böden.



Hinsichtlich der Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche wurden für den Torf relativ geringe Wassergehalte und Glühverluste ermittelt, was auf eher konsolidierte Verhältnisse hinweist. Der gewachsene Torf weist dabei einen Wassergehalt von ca. 46,7 % bis ca. 105,0 % auf. Bei dem Glühverlust wurde bei dem Torf zwischen ca. 10,7 % bis ca. 24,3 % organisches Material nachgewiesen.

Wie beschrieben gehen wir davon aus, dass zur Tiefe vollflächig mächtige Geschiebemergelschichten anstehen.

Geschiebelehm

Den erkundeten Bodenschichten heterogen unter-, über- und zwischengelagert wurden Geschiebelehmschichten mit unterschiedlichen Mächtigkeiten angetroffen. Generell ist zu erwähnen, dass unterhalb des Geschiebelehms Geschiebemergelschichten anstehen.

Partiell wurden im Projektgebiet vereinzelt bindige Ton- und Schluffschichten mit geringen Mächtigkeiten erkundet, die aus geotechnischer Sicht den Geschiebeböden zugeordnet werden können und daher nicht als separaten Bodenschicht aufgeführt sind.

Gemäß den vorliegenden Kornverteilungen des Geschiebelehms handelt es sich hierbei um Sand mit schluffigen, tonigen und schwach kiesigen Anteilen. Der Geschiebelehm weist teilweise wasserführende Sandbänderungen auf und hat hier einen Wassergehalt zwischen 14,2 % und 18,0 %.

Die Geschiebelehmschichten erreichen Mächtigkeiten von ca. 0,50 m bis 4,3 m und werden heterogen von zwischenlagernden, gewachsenen Sanden, organischen Weichschichten und von Geschiebemergel unterlagert.

Die mittlere Schichtdicke kann aufgrund der chaotischen Wechsellagerungen nicht bestimmt werden.

Gemäß organoleptischer Ansprache ist der Geschiebelehm heterogen als breiig bis steif zu bewerten. Die Ergebnisse der schweren Rammsondierungen (DPH) dokumentieren Schlagzahlen je 10 cm Eindringung des Sondiergestänges von $N_{10} = \text{i.M. } 2 - 4$, während die Ergebnisse der elektrischen Spitzendrucksondierungen undrainierte Scherfestigkeiten von $c_{uk} = \text{i.M. ca. } 50 - 120 \text{ kN/m}^2$ aufzeigen.

Aufgrund von Grundwassereinfluss und Sandbänderungen innerhalb der Geschiebeböden können aufgeweichte bzw. nasse Bereiche auftreten.

Da bindige Bodenschichten (hier: Geschiebelehm, Geschiebemergel) bei dynamischer Beanspruchung infolge der Baugrunderkundung (Niederbringen der Rammkernbohrung mit Vibration) und in Verbindung mit Wasser in den eingeschlossenen Sandbändern generell zu Aufweichungen neigen, werden diese Böden häufig verfahrensbedingt, also unvermeidbar „kaputtgebohrt“.



Somit kann die tatsächliche Konsistenz in situ, also im ungestörten Zustand, durchaus besser ausfallen als sie in den gestört entnommenen Einzelproben festgestellt wurde. Es ist zu beachten, dass bindige Bodenschichten im steifen und halbfesten Zustand zu den schwer löslichen Böden zählen und den Bodenklassen 4 und 5 bzw. bei hohem Wassergehalt der Bodenklasse 2 entsprechen.

Geschiebemergel

Unterhalb der erkundeten Baugrundsichtung wurden Geschiebemergelschichten angetroffen, die größere Mächtigkeiten aufweisen. Generell ist zu erwähnen, dass in größeren Tiefen vermutlich über das gesamte Projektgebiet Geschiebemergelschichten anstehen.

Gemäß der vorliegenden Kornverteilung handelt es sich hierbei kornanalytisch um Sand mit schluffigen, tonigen und schwach kiesigen Anteilen. Der Geschiebemergel weist teilweise wasserführende Sandbänderungen auf, ist kalkhaltig und hat hier einen Wassergehalt zwischen 10,2 % und 13,7 %.

Die Geschiebemergelschichten erreichen Mächtigkeiten zwischen 0,3 m bis mindestens 7,5 m, wobei zum Großteil die UK dieser Schichten nicht ermittelt werden konnte. Der Geschiebemergel ist den bereits beschriebenen Baugrundsichten heterogen zwischen- bzw. unterlagert.

Gemäß organoleptischer Ansprache sowie Hinweise über den Bohrfortschritt ist der Geschiebemergel als größtenteils steif und zur Tiefe als halbfest zu bewerten. Die Ergebnisse der schweren Rammsondierungen (DPH) dokumentieren Schlagzahlen je 10 cm Eindringung des Sondiergestänges von $N_{10} = \text{i.M. } 6 - 15$, während die Ergebnisse der elektrischen Spitzendrucksondierungen undrainierte Scherfestigkeiten von $c_{uk} = \text{i.M. ca. } 150 - >200 \text{ kN/m}^2$ aufzeigen.

Aufgrund von Grundwassereinfluss und Sandbänderungen innerhalb der Geschiebemergelböden können aber auch aufgeweichte bzw. nasse Bereiche auftreten.

Ebenfalls ist auf die verfahrensbedingte Konsistenzverschlechterung bei bindigen Bodenschichten hinzuweisen.

Die Unterkanten (UK) des Geschiebemergels konnten bei einem Großteil der durchgeführten Baugrundaufschlüsse nicht erkundet werden und liegt demnach bei einer Tiefe von ca. $\geq 12 \text{ m}$ u. GOK. Gemäß den Ergebnissen der elektrischen Spitzendrucksondierungen, besonders der Darstellungen des Reibungsverhältnisses R_f stehen die Geschiebemergelschichten bis in größere Tiefen an und werden wiederkehrend von Sandschichten durchzogen.



4.6 Hydrogeologie

4.6.1 Gemessene Wasserstände

Im Zuge der Baugrunderkundung im Januar und Februar 2024 wurden in allen Kleinrammbohrungen verschiedene Wasserstände erkundet. Hierbei ist zwischen den angebohrten und ausgependelten Wasserständen nach Bohrende zu differenzieren.

Es stellt sich der vereinzelt **nach Bohrende** gemessene Wasserstand in folgender heterogenen Schwankungsbreiten dar:

ca. NHN +10,4 m bis ca. NHN +18,3 m.
(ca. 2,6 m bis ca. 10,6 m unter Gelände)

Die Wasserstände werden mittels Lichtlot in den offenen Bohrlöchern gemessen. Verfahrensbedingt lassen sie sich so nicht immer exakt einem Stau- und Grundwasserstand zuordnen.

Es wurden während der Erkundungsarbeiten weitere Wasserstände angebohrt, die sich auf relativ oberflächennahen Höhenlagen befinden:

ca. NHN +16,5 m bis ca. NHN +18,7 m.
(ca. 1,5 m bis ca. 3,6 m unter Gelände)

Es wurden oberflächennahe Wasserstände innerhalb der sandigen und bindigen Schichtkomplexe auf unterschiedlichen Höhen angebohrt. Dabei handelt es sich vermutlich um Grund- und Stau- bzw. Schichtenwasser, welches sich ober-, unter- und innerhalb der wasserundurchlässigen bindigen und teils organischen Bodenschichten sowie unterschiedlichen Schluffanteile der Sande bildet und vermutlich aufgrund der Heterogenität der Zusammensetzung und der Oberkanten der Schichtkomplexe chaotisch verteilt ist.

Aufgrund der erkundeten Baugrundsichtung sowie partiell zur Tiefe erkundeten Wasserstände nach Bohrende ist im Untergrund von Grundwasser auszugehen, welches sich teils unterhalb und innerhalb bindiger Bodenschichten bzw. innerhalb der gewachsenen Sandschichten ansammelt, wodurch von zum Teil gespannten Grundwasserverhältnissen unterhalb bindigen und partiell organischen Bodenschichten auszugehen ist.

Einzelergbnisse zu den gemessenen Wasserständen sind den Eintragungen in den Bohrprofilen auf den Anlagen 23127/3.1-C bis -/3.5-C zu entnehmen. Die Legende ist zu beachten.



Prinzipiell sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass mit den zur Ausführung gekommenen Aufschlussverfahren eine exakte Bestimmung von Wasserständen nicht immer möglich ist, so dass die tatsächlichen Wasserstände von den hier angegebenen geringfügig abweichen können.

Es ist nach derzeitigem Kenntnisstand der Baugrundverhältnisse zunächst davon auszugehen, dass es sich hierbei um Grund-, Stau- bzw. Schichtenwasserstände handelt.

4.6.2 Stau- und Schichtenwasser

Allgemein ist aufgrund der teils oberflächennahen wasserundurchlässigen Schichten, den unterschiedlichen Schluffanteilen der gewachsenen Sande sowie den teils schluffigen und vereinzelt mit anthropogenen Anteilen durchsetzten Auffüllung, in abhängig von Witterung (z.B. Niederschlag) und Wasserdurchlässigkeit, mit Stau- und Schichtenwasservorkommen zu rechnen.

Wegen der in den bindigen und partiellen organischen Bodenschichten befindlichen Sandbänderungen, den unterschiedlichen Schluffanteilen der Sande sowie den regellosen Auffüllungen ist von einer chaotischen Verteilung der Stau- und Schichtenwässer auszugehen.

Die im Zuge der Erkundungsarbeiten angebohrten Wasserstände innerhalb der aufgefüllten und gewachsenen Sande sowie gewachsenen Geschiebeböden und oberhalb der bindigen und organischen Bodenschichten lässt auf einen oberflächennahen Grundwasserhorizont vermuten.

Angesichts der beschriebenen Randbedingungen ist ggfs. auf sicherer Seite liegend mit Stauwasser im Bereich der Geländeoberkante zu rechnen (NHN +20,0 m).

4.6.3 Grundwasser

Gemäß den Daten des Geoportals der FHH ist damit zu rechnen, dass der maximale/höchste Grundwasserstand aus dem hydrologischen Jahr 2018 auf einer Druckhöhe von ca. NHN +15,0 m großflächig einen zusammenhängenden Grundwasserhorizont bildet.

Bei Betrachtung des minimalen Grundwasserflurabstandes zum oberflächennahen Grundwasserleiter des hydrologischen Jahres 2018 liegt die Oberkante des Grundwassers sehr heterogen ca. 4,0 m – 30,0 m unter Gelände und somit auf einer Höhe zwischen ca. NHN +16,0 m und ca. NHN -10,0 m.



Aufgrund der großen Spanne bei Betrachtung des Grundwasserflurabstandes werden die in Abschnitt 7.4.1 angegebenen Bemessungswasserstände ohne Vorhandensein von Grundwassermessstellen von uns auf der sicheren Seite liegend angegeben und basieren hauptsächlich auf den Erkenntnissen der Grundwassergleichen.

Weiterhin befindet sich in der unmittelbaren Umgebung (ca. 100 m nordwestlich) der Bramfelder See, wodurch davon ausgegangen werden kann, dass der Grundwasserstand mit der Wasseroberfläche des Gewässers korrespondiert. Über Wasserstandsdaten des Sees liegen uns keine Informationen vor.

Die hier nur tagesaktuell gemessenen Wasserstände stellen deshalb nicht zwangsweise Höchstwerte dar. Einzelergebnisse zu den gemessenen Wasserständen sind den Eintragungen in den Bohrprofilen in den Anlagen 23127/3.1-C bis -/3.5-C zu entnehmen.

Informationen über Ganglinien, wie sie aus den Messergebnissen von Langzeitbeobachtungen entwickelt werden, liegen uns für das Umfeld des Baugrundstückes nicht vor. Der tatsächliche Grundwasserstand und seine Schwankungen kann nur nach Langzeitbeobachtungen mit Hilfe von Grundwassermessstellen untersucht werden.

Zur Verifizierung der genauen Grund- und Bemessungswasserständen empfehlen wir die Herstellung von Grundwassermessstellen. Das Monitoring der Grundwasserstände über einen ausreichenden Zeitraum gibt Aufschluss über die Schwankungsbreiten der Grundwasserstände in diesem Gebiet.

Die Herstellung der Grundwassermessstellen sind von Unternehmen durchzuführen, die nach DVGW-Arbeitsblatt W 120-1 für den Brunnenbau zertifiziert sind.

Der Wasserstand kann je nach Witterung und Jahreszeit unterschiedlich ausfallen und daher nicht punktuell und tagesaktuell vorhergesagt werden. Höhere zw. Katastrophewasserstände und niedrige Wasserstände können nicht ausgeschlossen werden.

5 Laborversuche

5.1 Bodenmechanische Laborversuche

Für die Durchführung von bodenmechanischen Laborversuchen standen uns aus den Baugrundaufschlüssen KRB C1 bis KRB C8 und KRB C10 insgesamt 114 gestört entnommene Einzelproben zur Verfügung.



Ergänzend zur Bodenansprache erfolgten in unserem Erdbaulaboratorium kornanalytische Untersuchungen an repräsentativ ausgewählten Einzel- und Mischproben. Die so ermittelten Kornverteilungen wurden in die Bohrprofile eingearbeitet.

Die Ergebnisse der damaligen durchgeführten bodenmechanischen Laborversuche sind dem Altgutachten (Unterlage 2.2.3) zu entnehmen

Des Weiteren sind die an den organischen und bindigen Bodenproben (Torf und Geschiebeböden) festgestellten natürlichen Wassergehalte und Glühverluste neben den entsprechenden Schichten der Bohrprofile mit angegeben.

5.1.1 Kornverteilung

Zur Bestimmung der bodenspezifischen Eigenschaften sind aus ausgewählten Bodenproben (aufgefüllte und gewachsene Sande / Geschiebelehm / Geschiebemergel) in unserem Erdbaulaboratorium 15 kornanalytische Untersuchungen durchgeführt worden. Sie erfolgten an den gestört entnommenen Einzel- und Mischproben aus unterschiedlichen Tiefenlagen in Form von Nasssiebungen und kombinierten Sieb- und Schlämmanalysen.

Probe Nr.	Tiefe von bis	Bodengruppe	Verfahren
Bodenmechanische Ergebnisse aus der Erkundungsarbeiten 01+02/2024			
C 1/5	4,0 – 5,3 m	SU	Nasssiebung
C 1/9-1/12	8,1 – 11,7 m	SU*	Sieb- und Schlämmanalyse
C 2/1-2/4	0,0 – 3,0 m	SE	Nasssiebung
C 2/5	3,0 – 3,7 m	SU	Nasssiebung
C 2/8+2/9	5,2 – 6,5 m	SU	Nasssiebung
C 3/5-3/9	2,4 – 6,6 m	SU*	Sieb- und Schlämmanalyse
C 3/10-3/13	6,6 – 12,0 m	SU*	Sieb- und Schlämmanalyse
C 4/6	2,5 – 5,5 m	SU*	Sieb- und Schlämmanalyse
C 6/5-6/7	3,4 – 5,4 m	SU	Nasssiebung
C 7/1+7/2	0,0 – 2,8 m	SU	Nasssiebung
C 7/10	9,0 – 10,5 m	SU	Nasssiebung
C 8/6+8/7	3,5 – 6,3 m	SU*	Sieb- und Schlämmanalyse
C 8/11+8/12	8,5 – 10,9 m	ST*	Sieb- und Schlämmanalyse
C 10/7-10/10	5,5 – 9,6 m	UL/UM/UA	Sieb- und Schlämmanalyse
C 10/11	9,6 – 10,7 m	SU*	Nasssiebung

In den Anlagen 23127/4.1-C bis -/4.6-C sind die Einzelergebnisse als Kornverteilungskurven gemäß DIN 18123 zeichnerisch zusammengefasst.



5.1.2 Wassergehalte

Die Bestimmung des natürlichen Wassergehaltes, der u.a. wichtige Erkenntnisse über die Probenkonsistenz liefert und zur Charakterisierung des Bodens dient, wurde an den organischen und bindigen Bodenproben vorgenommen. Die Trocknung erfolgte an jeweils zwei Teilproben gemäß DIN 18121 in einem speziellen Trockenofen bei 105°C.

Insgesamt wurden in unserem Erdbaulaboratorium 14 Wassergehaltsbestimmungen durchgeführt.

Für die 14 untersuchten Einzel- und Mischproben aus dem gewachsenen Torf, Geschiebelehm und Geschiebemergel wurden die folgenden Wassergehalte ermittelt:

Probe Nr.	Tiefe von bis	Bodenart	Wassergehalt w [Gew.-%]
Bodenmechanische Ergebnisse aus der Erkundungsarbeiten 01+02/2024			
C 1/6	5,3 – 6,0 m	Torf	w = 57,6
C 1/8	6,5 – 8,1 m	Torf	w = 105,0
C 1/9-1/12	8,1 – 11,7 m	Geschiebemergel	w = 11,8
C 2/11	7,0 – 8,4 m	Torf	w = 91,7
C 3/5-3/9	2,4 – 6,6 m	Geschiebelehm	w = 17,0
C 3/10-3/13	6,6 – 12,0 m	Geschiebemergel	w = 12,0
C 4/6	2,5 – 5,5 m	Geschiebelehm	w = 17,0
C 5/7	5,0 – 5,5 m	Geschiebelehm	w = 14,2
C 5/10	6,6 – 8,0 m	Geschiebemergel	w = 10,2
C 7/5+7/6	4,1 – 6,0 m	Geschiebemergel	w = 13,7
C 8/6+8/7	3,5 – 6,3 m	Geschiebelehm	w = 18,0
C 8/8	6,3 – 7,0 m	Torf	w = 46,7
C 8/11+8/12	9,0 – 10,5 m	Geschiebemergel	w = 11,3
C 10/7-10/10	5,5 – 9,6 m	Geschiebemergel	w = 12,7

Die Wassergehalte sind in den Anlagen 23127/3.1-C bis -/3.5-C neben den Bohrprofilen den entsprechenden Bodenschichten zugeordnet.



5.1.3 Glühverluste

Es wurden an 4 Einzel- und Mischproben aus dem gewachsenen Torf die folgenden Glühverluste ermittelt:

Probe Nr.	Tiefe von bis	Bodenart	Glühverlust V_{gl} [Gew.-%]
Bodenmechanische Ergebnisse aus der Erkundungsarbeiten 01+02/2024			
C 1/6	5,3 – 6,0 m	Torf	$V_{gl} = 10,7$
C 1/8	6,5 – 8,1 m	Torf	$V_{gl} = 24,3$
C 2/11	7,0 – 8,4 m	Torf	$V_{gl} = 20,3$
C 8/8	6,3 – 7,0 m	Torf	$V_{gl} = 13,0$

Die Einzelergebnisse dieser Versuche sind ebenfalls in den Anlagen 23127/3.1-C bis -/3.5-C neben Schichtbezeichnungen in den Sondierprofilen eingetragen.

5.2 Chemische Bodenanalysen

Auftragsgemäß wurde eine Schadstoffuntersuchung am potentiellen Aushubmaterial als erste Orientierung zur Gefährdungsabschätzung sowie für die Entsorgung des Materials durchgeführt.

Zur Ermittlung der Schadstoffgehalte im Boden wurden diese ausgewählten Bodenproben und Bodenbereiche auf folgende Analyseumfänge untersucht:

- Parameterumfang TR LAGA 2004, gesamt 4 Proben
- Erweiterung DepV (DK 0 – DK III) 4 Proben

5.2.1 Bewertungsgrundlage

Das hier herangezogene Regelwerk „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln“ (LAGA Mitteilung 20) wird durch die „Länderarbeitsgemeinschaft Abfall“ (LAGA) vorgegeben.

Sie legt bundesweit konkrete Verwertungsanforderungen unter Berücksichtigung der Nutzung und der Standortverhältnisse für die Verwertung von mineralischen Abfällen bei Baumaßnahmen im weitesten Sinne fest.



Die LAGA M20 – TR Boden regelt die Verwertung von Bodenmaterial in Abhängigkeit von den Schadstoffgehalten und -konzentrationen. Das zu verwertende Bodenmaterial wird definierten Einbauklassen zugeordnet, deren Zuordnungswerte Z0 bis Z2 die formale Obergrenze der einzelnen Schadstoffgehalte und -konzentrationen für die jeweilige Einbauklasse darstellen.

In Ergänzung zur TR-LAGA sollte die Erweiterung der Analytik auf die Ergänzungsparmeter der Deponieverordnung erfolgen.

5.2.2 Einteilung und Zusammensetzung der Mischproben

Bei der Probenzusammenstellung war das Augenmerk auf die aushubrelevanten Bereiche des entnommenen Probematerials gerichtet.

Die Zusammensetzung der insgesamt 4 Proben erfolgte daher aufschluss- und tiefenbezogen. Durch die Aufteilung des Baufeldes lässt sich bei einer ggfs. nachgewiesenen Kontamination die Schadstoffausbreitung besser lokalisieren und im späteren Aushubbetrieb gegenüber den übrigen Bereichen örtlich abgrenzen.

Basierend auf dieser Probeneinteilung ergeben sich für diese Teilflächen folgende Zusammensetzungen für die chemischen Bodenuntersuchungen:

Probe	Aufschluss / Bereich	Entnahmetiefe ca. u. GOK	Bodenart	Analysen- umfang
MP 1	<u>Baufeld C</u> KRB C1 bis KRB C3 (südlicher Bereich)	0,00 – 3,70 m	oberflächennahe sandige Auffüllung	LAGA / DepV
MP 2	<u>Baufeld C</u> KRB C4 bis KRB C7 (nördlicher Bereich)	0,00 – 3,60 m	oberflächennahe sandige Auffüllung	LAGA / DepV
MP 3	<u>Baufeld C1</u> KRB C8 und KRB C10	0,00 – 1,50 m	oberflächennahe sandige und bindige Auffüllung	LAGA / DepV
MP 4	<u>Baufeld C+C1</u> KRB C1 bis KRB C8 und KRB C10	1,20 – 5,00 m	unterlagernde gewachsene Bodenschichten	LAGA / DepV

Tabelle 1: Tiefen- und flächenbezogene Zusammensetzung der Bodenproben aus den Kleinrammbohrungen



5.2.3 Zusammenstellung und Bewertung der Analyseergebnisse nach LAGA und Deponieverordnung

Die chemische Analytik erfolgte durch das Labor Eurofins Umwelt Nord GmbH.

Für die oberflächennahen sandigen und teils bindigen Auffüllungsböden (MP 1 bis MP 3) und die unterlagernden gewachsenen Böden (MP 4) erfolgte die Untersuchung auf den Parameterumfang der TR LAGA und die Ergänzungsparameter der Deponieverordnung.

Auf Grundlage der LAGA-Böden wurden die grenzwertüberschreitenden Parameter und die jeweilige Probe den definierten Einbauklassen zugeordnet. Tabelle 2 zeigt die formale Zuordnung der Probe in die Einbauklassen nach LAGA-Böden mit Nennung der einstufigsrelevanten Parameter, auch für die Deponierung gemäß Deponieverordnung, wie sie die Analytik ergeben hat.

Der genaue Analysenumfang, die Prüfmethode, die verfahrensbedingten Bestimmungsgrenzen (BG) sowie alle Einzelergebnisse sind den beiliegenden Prüfberichten des beauftragten Labors in Anlage 23127/5-C zu entnehmen.

Probe	LAGA-Klasse	Auffälliger Parameter	Probe	Deponieklasse	Auffälliger Parameter
MP 1	Z 1.2	pH-Wert	MP 1	DK 0	-
MP 2	Z 0	-	MP 2	DK 0	-
MP 3	Z 0	-	MP 3	DK 0	-
MP 4	Z 0	-	MP 4	DK 0	-

Tabelle 2: Grenzwertüberschreitende Parameter und Zuordnung der Proben gemäß der Einbauklassen nach LAGA-Böden (M20, Fassung 2004) und Deponieverordnung

Hinweis

Die Ergebnisse der orientierenden chemischen Schadstoffanalyse haben eine am Entsorgungsmarkt deklarierte Gültigkeit von etwa 1 Jahr. Aus diesem Grund sind weitere Untersuchungen so zu terminieren, dass die Angaben zu entnommenen Proben mit geplantem Aushub nicht „verfallen“. Entsprechend können bei Bedarf im Nachgang ein halbes Jahr vor Baubeginn weitere umwelttechnische Untersuchungen der zu entsorgenden Böden veranlasst werden.



Die Auswertung der Analysenergebnisse zeigt die relativ homogene Einstufung der Bodenproben aus den Betrachtungsbereichen und ist wie folgt zu bewerten:

MP 1 – KRB C1 bis KRB C3 – Baufeld C (südlicher Bereich)

Der ermittelte pH-Wert von 9,8 der Mischprobe liegt nach $LAGA_{\text{Boden}}$ im Bereich der Zuordnungswerte

Z 1.2

und zählt gemäß Deponieverordnung zur Deponieklasse

DK 0.

MP 2 – KRB C4 bis KRB C7 – Baufeld C (nördlicher Bereich)

Die untersuchten Parameter der Mischprobe liegen nach $LAGA_{\text{Boden}}$ im Bereich der Zuordnungswerte

Z 0

und zählt gemäß Deponieverordnung zur Deponieklasse

DK 0.

MP 3 – KRB C8 und KRB C10 – Baufeld C1

Die untersuchten Parameter der Mischprobe liegen nach $LAGA_{\text{Boden}}$ im Bereich der Zuordnungswerte

Z 0

und zählt gemäß Deponieverordnung zur Deponieklasse

DK 0.



MP 4 – KRB C1 bis KRB C8 und KRB C10 – Baufeld C + C1

Die untersuchten Parameter der Mischprobe liegen nach $LAGA_{\text{Boden}}$ im Bereich der Zuordnungswerte

Z 0

und zählt gemäß Deponieverordnung zur Deponieklasse

DK 0.

Die Analysenergebnisse und eine Übersicht sind dem Prüfbericht der Eurofins Umwelt Nord GmbH in der Anlage 23127/5-C zu entnehmen.

Die Ergebnisse der Altgutachten weisen chemische Belastungen von Z 0 bis Z 2 bzw. nach erfolgter Abstufung von DK 0 auf und sind dem vorliegenden Bericht (Unterlage 2.2.3) zu entnehmen.

6 Bodenmechanische Kennwerte (k-Werte)

6.1 Anstehende Böden

Aufgrund der in den Aufschlüssen angegebenen Bodenschichtung, der bodenmechanischen Laboruntersuchungen, unserer Bodenansprache, den Ergebnissen der schweren Rammsondierungen und elektrischen Spitzendrucksondierungen sowie den Erkenntnissen der Altgutachten können den erbohrten Böden die in der Tab. 3 aufgeführten charakteristischen Kennwerte für erdstatische Berechnungen zugrunde gelegt werden.



Bodenart	Wichte	Schерparameter*			Steifemodul
		γ/γ' [kN/m ³]	φ'_k [°]	C'_k [kN/m ²]	
Auffüllung, Sande, teils mit Fremdbestandteile, humos, schluffig und kiesig; locker	18/11	30,0	0,0	-	5 - 15
Auffüllung, Sande, teils mit Fremdbestandteile, humos, schluffig und kiesig; mitteldicht	18/11	32,5	0,0	-	10 - 20
Auffüllung, Sande, teils mit Fremdbestandteile, humos, schluffig und kiesig; dicht	19/11	32,5	0,0	-	15 - 30
Aufgefüllter Schluff, weich	20/11	27,5	5 – 10	-	4 - 12
Sande gewachsen, teils stark schluffig, schwach humos und kiesig, wasserführend, mitteldicht	18/11	32,5	0,0	-	15 - 30
Mudde, gewachsen	12/2	20,0	10	30	1,0 - 1,5
Torf, gewachsen	11/1	15,0	5	10 – 30	0,3 - 0,8
Geschiebelehm, weich	20/11	27,5	5 – 10	30 – 80	4 - 12
Geschiebelehm, steif	20/11	27,5	10 – 15	50 – 100	10 - 20
Geschiebemergel, steif	22/12	32,5	15	70 – 120	15 - 35
Geschiebemergel, halbfest	22/12	32,5	15 – 20	120 – 250	35 - 55

Tabelle 3: Charakteristische Bodenkennwerte für erdstatische Berechnungen



6.2 Verfüll- und Austauschböden

Als Austausch- und Verfüllböden, wie er auch z.B. im Zuge von Bodenersatzmaßnahmen für den Aufbau eines Sandpolsters verwendet werden kann, sind schluffarme Mittelsande zu verwenden (enthaltener Schluffgehalt ≤ 3 Gew.-%, Feinsandgehalt ≤ 10 Gew.-%, Ungleichförmigkeit $U \geq 3$).

Diese sind lagenweise einzubauen und auf mindestens mitteldichte Lagerung zu verdichten. Die zu erzielende, mindestens mitteldichte Lagerung ist bei Einbaudicken ab 1,0 m mittels "Leichter Rammsondierungen" (DPL) gemäß DIN EN ISO 22476-2:2012-03 an mehreren Prüfstellen nachzuweisen.

Zu erreichen sind Schlagzahlen $n_{10} \geq 10$ Schläge pro 10 cm Eindringung des Sondiergestänges der DPL unterhalb einer oberflächennahen Auflockerungszone von ca. 30 cm. Die Ergebnisse sind dem Bodengutachter rechtzeitig vor Überbauung des Sandpolsters vorzulegen.

Die in Verfüllungsbereichen einzubauenden Sande können in erdstatischen Berechnungen wie folgt angesetzt werden mit

$$\begin{aligned}\gamma/\gamma' &= 19/11 \text{ kN/m}^3 \\ \varphi'_k &= 35^\circ \\ c'_k &= 0 \text{ kN/m}^2 \\ E_{s,k} &= 40 \text{ MN/m}^2.\end{aligned}$$

Sofern alternative Verfüllmaterialien zum Einsatz kommen sollen, sind die entsprechenden Eignungsprüfungen zur geotechnischen Bewertung vorzulegen, die abschließende Entscheidung über die Einbaubarkeit obliegt dem Bodengutachter.

Gemäß der aktuellen Fassung der DIN 18300:2016-09 (VOB/C: ATV Erdarbeiten) entfällt die bisher gültige Beurteilung der „Lösbarkeit“ eines Bodens anhand der Boden- und Felsklassen 1 bis 7. Stattdessen werden nun Bodenschichten bzw. Bodenhorizonte zu sog. „Homogenbereichen“ zusammengefasst.

Die Unterteilung in Homogenbereiche erfolgt mit der Angabe spezifischer Eigenschaften und Bodenkennwerte (u. a. undrainierte Scherfestigkeit, Plastizitäts- und Konsistenzzahl nach DIN 18122-1, Lagerungsdichte nach DIN 18126).

Zur Einordnung der angetroffenen Böden in Homogenbereiche gemäß der aktuellen DIN 18300 sind im Zuge der weiteren Projektplanung bedarfsweise zusätzliche bodenmechanische Laborversuche notwendig.

Sofern eine Einteilung der Aushubböden in Homogenbereiche bei der späteren Ausschreibung für die Erd- und Bohrarbeiten berücksichtigt werden soll, können wir die einzelnen Bodenarten bei Bedarf näher definieren.



7 Gründungsempfehlungen

7.1 Geplante Geotechnische Kategorien

Baumaßnahmen werden gemäß DIN 1054:2010-12 in Abhängigkeit von deren projektspezifischen Randbedingungen und den daraus resultierende Planungsanforderungen in drei graduell abgestufte Geotechnische Kategorien (GK) untergeteilt.

Diese orientieren sich im Hinblick auf das Zusammenwirken von Bauwerk und Baugrund an dem zu erwartenden Schwierigkeitsgrad:

- GK 1 geringer Schwierigkeitsgrad
- GK 2 mittlerer Schwierigkeitsgrad
- GK 3 hoher Schwierigkeitsgrad

Wir nehmen für dieses Bauvorhaben aufgrund der vorhandenen Erkundungsergebnisse vorerst einen mittleren Schwierigkeitsgrad an und teilen ein mögliches Bauwerk ein in die

Geotechnische Kategorie GK 2.

7.2 Gründungsart und Tragfähiger Baugrund

Im Bereich von Bebauung muss als Gründungsträger bei einer Flachgründung grundsätzlich geeigneter, also setzungsunempfindlicher und ausreichend tragfähiger Baugrund vollflächig unter Beachtung der Lastausstrahlung vorhanden sein.

Dies ist generell der Fall, wenn im gesamten Druckausstrahlungsbereich eines Fundamentes bzw. einer lastverteilender Gründungsplatte mitteldicht gelagerter Sand oder bindiger Boden in mindestens steifer Konsistenz bis in ausreichende Tiefe ansteht.

Gemäß den uns vorliegenden Planunterlagen und Informationen gehen wir von folgenden Gründungssohlen aus:

- Wohngebäude Baufeld C: ca. NHN +17,0 m
- KiTa Baufeld C1: ca. NHN +19,2 m



Nach Auswertung der vorliegenden Baugrundaufschlüsse sind die o.g. Voraussetzungen für einen tragfähigen Baugrund in den druckbeanspruchten Bodenschichten in partiellen Teilbereichen der aktuell geplanten Grundrissflächen jedoch nicht erfüllt.

Grundsätzlich sind im Untergrund sehr heterogene Baugrundverhältnisse aufgrund vorhandener geologischer Schichtgrenzen zu erwarten. Übergeordnet stehen in den Bauflächen unterhalb der zumeist sandigen Auffüllungen mit eher geringen anthropogenen Beimengungen gewachsene Sande sowie mächtige gewachsene Geschiebeböden in Form von Geschiebelehm und -mergel an.

Allerdings wurden besonders im südlichen Grundrissbereich des Baufeldes C sowie im nördlichen Bereich des Baufeldes C1 setzungsempfindliche organische Weichschichten (Torf und partiell Mudde) erkundet.

Wiederholt weisen wir auf die Anlage 23127/2.2 hin, in der die ungefähre Lage der organischen Weichschicht grob abgeschätzt und als Lageplan dargestellt ist. Zum Eingrenzen sowie Verifizierung der genauen Lage sind zusätzliche Baugrundaufschlüsse notwendig.

Da im Bereich der aktuell geplanten Gebäudegrundrisse organischen Weichschichten anstehen, kann aus setzungstechnischen Gründen zum jetzigen Zeitpunkt vorerst keine Flachgründung von Hochbauten oberhalb der geringtragfähigen Weichschichten erfolgen.

Zur sicheren Abtragung der Lasten und Minimierung der Verformungen empfehlen wir deshalb für die geplanten Bauwerke

eine Tiefgründung auf Pfählen.

7.2.1 Optionale Flachgründungsvarianten im Falle einer Umplanung

Da sich wie bereits beschrieben geologische Schichtgrenzen im Untergrund des gesamten Projektgebietes befinden, ist es durchaus möglich unter Vorbehalt einer notwendigen Umplanung der Grundrissflächen der geplanten Neubauten eine Flachgründung durchzuführen.

Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass sich der spätere Druckausstrahlungsbereich außerhalb der setzungsempfindlichen organischen Weichschichten inkl. eines Sicherheitsabstandes befindet. Ggfs. sind zusätzliche Baugrundaufschlüsse zur Eingrenzung der genauen Lage der Weichschichten durchzuführen.



Die Möglichkeit einer Umplanung der geplanten Neubauten ist zu prüfen. Im ersten Ansatz kann bspw. die Lage des Wohngebäudes (Baufeld C) in nördlicher Richtung, während der KiTa-Neubau (Baufeld C1) wohl eher in südwestlicher Richtung zu verlegen wäre.

Auf Höhe der o.g. angenommenen Gründungsebenen stehen nach Umplanung dann zum Großteil sandige Auffüllungen mit geringen Fremd Beimengungen an, wobei auch gewachsene und aufgefüllte Sande und bindige Geschiebelehmsschichten mit erhöhten schluffigen und teils humosen Anteilen und Fremd Beimengungen anstehen können.

Bei anstehenden regellosen Auffüllungen, lockeren Sanden oder weichen bindigen Geschiebeböden kann vorerst von einer eher geringen Tragfähigkeit ausgegangen werden, so dass diese Bodenschichten vollständig aus dem lastabtragenden Bereich zu entfernen und mit verdichtungsfähigem Material wieder zu verfüllen sind.

Die unterlagernden Baugrundschiebung in Form von gewachsenen Sanden, Geschiebelehm- und Geschiebemergelschichten sind als überwiegend mitteldicht bzw. überwiegend steif und damit als tragfähig bis gut tragfähig zu bewerten.

Im Rahmen von Baugruben- bzw. Gründungssohlenabnahmen respektive Abnahmen von Erdplanien soll über die Notwendigkeit, den ggfs. erforderlichen Umfang und die Tiefe eines durchzuführenden Bodenaustausches sowie die Tragfähigkeit des Bodens auf endgültigem Gründungsniveau entschieden werden.

Nach Auswertung der vorliegenden Baugrundaufschlüsse sind somit die o.g.

Grundvoraussetzungen für einen tragfähigen Baugrund für Flachgründungen, erst nach erfolgter Umplanung der Grundrissflächen der Neubauten in Verbindung mit Teilbodenaustauschmaßnahmen und in Abhängigkeit der bauwerksspezifischen Lasteinwirkungen erfüllt.

Elementare Voraussetzung für eine sichere Flachgründung ist jedoch, dass während der gesamten Aushubarbeiten der Grundwasserstand einen Mindestabstand zu den Gründungssohlen von mindestens 0,5 m aufweist, was bei diesem Bauvorhaben in Anbetracht des vorläufigen bauzeitlichen Bemessungswasserstand (BS-T) jedoch gegeben sein dürfte. Ggfs. werden bei erhöhten Stauwasservorkommen bauzeitliche Wasserhaltungsmaßnahmen notwendig.

Sofern bei den Aushubarbeiten bindige, aufgeweichte oder organische Bodenschichten auf Gründungsniveau angetroffen werden, ist generell der Baugrundgutachter hinzuzuziehen, um die weiteren Vorgehensweisen festzulegen.

7.2.1.1 Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ und Setzungsabschätzung für mögliche Flachgründungen

Auf Grundlage der in Tabelle 3 angegebenen Bodenkennwerte und angenommenen Fundamenten (hier in Form von Streifenfundamenten ggf. mit integrierter elastisch gebetteter Sohlplatte) mit maximalen Längen der Streifenfundamente von ca. $l = 128$ m (Baufeld C) bzw. ca. $l = 47$ m sowie variierenden Breiten von $b = 0,60 - 1,40$ m (durchlaufend) wurde für die jeweiligen Neubauten exemplarisch der Bemessungswert des Sohlwiderstandes nach dem Teilsicherheitskonzept EC 7 ermittelt.

Wir weisen hierbei explizit auf die Hinweise des Abschnitts 7.2.1 hin. Das für die Grundbruch- und Setzungsberechnungen angesetzte Bodenbemessungsprofil spiegelt nicht den aktuellen Planungsstand wider und berücksichtigt nicht den Einfluss von organischen Weichschichten.

Die Berechnung erfolgte mit dem grundbauspezifischen Programm GGU Footing, Version 9.04 vom 02.11.2020.

Wohngebäude (Baufeld C):

Wir geben vor dem erläuterten Hintergrund für die Vorbemessung folgende Spanne für den Bettungsmodul vor:

Für die Bemessung einer Sohlplatte kann der Bettungsmodul k_s vorab mit $k_s = 5 - 12,5$ MN/m³ in den Ansatz gebracht werden. Unter Außenwände/Plattenrändern kann der Bettungsmodul 25% erhöht angesetzt werden.

Zur Begrenzung von Setzungen auf $s \leq 2$ cm wurde der Bemessungswert des Sohlwiderstandes auf etwa $\sigma_{R,d} = 240$ kN/m² begrenzt.

KiTa (Baufeld C1):

Wir geben vor dem erläuterten Hintergrund für die Vorbemessung folgende Spanne für den Bettungsmodul vor:

Für die Bemessung einer Sohlplatte kann der Bettungsmodul k_s vorab mit $k_s = 5 - 12,5$ MN/m³ in den Ansatz gebracht werden. Unter Außenwände/Plattenrändern kann der Bettungsmodul 25% erhöht angesetzt werden.

Zur Begrenzung von Setzungen auf $s \leq 2$ cm wurde der Bemessungswert des Sohlwiderstandes auf etwa $\sigma_{R,d} = 220$ kN/m² begrenzt.



Wir weisen darauf hin, dass der Bettungsmodul kein Bodenkennwert ist, da er in Abhängigkeit von der Fundamentgeometrie und -belastung sowie von der zu erwartenden baugrundbedingten Setzung steht.

Nach Vorlage von konkreten Bauwerkslasten und Fundamentplänen sollten in Abhängigkeit der tatsächlich zur Ausführung kommenden Gründung die o.g. Annahmen verifiziert bzw. angepasst werden.

Gegebenenfalls sind die Bemessungswerte im Zuge der weiteren Planungsschritte an sich später neu ergebene Randbedingungen anzupassen.

Nach DIN 4019:2015-05 können in der Baufläche in Abhängigkeit des betrachteten Bauwerks und vom Bemessungswert des Sohlwiderstandes, der im ersten Ansatz in einer Größenordnung von 240 kN/m² bzw. 220 kN/m² angenommen wurde, für die Streifenfundamente exemplarisch Setzungen in einer Größenordnung von

- Wohngebäude Baufeld C: etwa 0,9 cm bis 1,9 cm
- KiTa Baufeld C1: etwa 0,9 cm bis 1,9 cm

angenommen werden.

Wegen der natürlichen Schwankung der Steifemoduln in den Böden muss damit gerechnet werden, dass die Setzungen um ca. ±25 % unter- oder überschritten werden.

Es ist seitens der Tragwerkplanung zu prüfen, inwieweit die projektspezifisch errechneten Setzungen als bauwerksverträglich eingestuft werden können.

7.3 Empfohlene Pfahlarten für Hochbauten bei aktuellem Planungsstand

Aufgrund der teilweisen Nähe zu den bereits bestehenden, angrenzenden Baulichkeiten und den geologischen Randbedingungen sollten bei der Tiefgründung bevorzugt nur erschütterungsarme Verfahren eingesetzt werden. Generell können bei Ortbetonrammpfählen aufgrund der schlagenden Herstellungsweise Schwingungen im Untergrund entstehen, die Schäden in der näheren Umgebung verursachen können. Organische Weichschichten (hier: Torf und Mudde) gelten generell als schwingungs- und setzungsempfindlich.

Die Risikoabschätzung sowie -bewertung ist von der bauausführenden Seite zu prüfen, da vereinzelt Ortbetonrammpfähle auch in solchen anspruchsvollen Gebieten durchgeführt werden.



Für eine Tiefgründung kommen daher u.E. Bohrpfähle nach DIN EN 1536, Voll- und Teilverdrängungsbohrpfähle, die laut EA Pfähle von 2012 ebenfalls nach DIN EN 1536 zu bemessen sind sowie mit entsprechendem Monitoring, Ortbetonrammpfähle nach DIN EN 12699, in Frage.

Gemäß aktuellem Kenntnisstand sind, aufgrund der geologischen Schichtgrenzen, auch abgetreppte Tiefgründungsvarianten mit unterschiedlichen Absetztiefen, aus Kostengründen zu erwähnen.

Bei Vollverdrängungsbohrpfählen sowie Ortbetonrammpfähle besteht das potentielle Restrisiko, dass infolge des vollständigen Verdrängungsprozesses im Boden die erforderlichen Absetztiefen trotz voller Maschinenauslastung verfahrensbedingt nicht erreicht werden können.

Weiterhin besteht das Risiko, dass Hindernisse die Herstellung von Voll- und Teilverdrängungsbohrpfähle und Ortbetonrammpfähle behindern.

Auf Grundlage der Projekterfahrung ist zu beachten, dass besonders im Grundrissbereich ehemaliger Bestandsbaulichkeiten auf dem Projektgebiet mit Hindernissen gerechnet werden muss.

Im Zuge der Abstimmung von Gründungsverfahren könnte seitens der Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft (BUKEA), ohne weitere Kenntnisse zur Schichten- und Stauwasserbelastung, die Verwendung von Verdrängungsbohr- und Rammpfählen als bevorzugte Gründungsvariante, abgelehnt werden. Grund ist die Vermutung von Schadstoffverschleppungen des Schichten- und Stauwassers in tiefere Bodenschichten. Im Zuge dessen könnte eine chemische Grundwasseranalyse notwendig werden. Die ermittelten Parameter werden dann den Geringfügigkeitsschwellenwerten der LAWA gegenübergestellt.

Die Erlaubnis für die Ausführung von Tiefgründungselementen wird in Hamburg durch die BUKEA erteilt und beruht auf einer projektspezifischen Einzelfallentscheidung. Die und weitere Kontrollanalysen können ebenfalls von unserem Büro organisiert werden.



7.4 Baugrundbedingte Vorgaben für die Tiefgründung

7.4.1 Bemessungswasserstände

Auf Grundlage der angetroffenen Wasserstände, der Daten des Geoportals der FHH, unseren Erfahrungen sowie den Bemerkungen über die korrespondierenden Grundwasserstände von dem Bramfelder See (s. Abschnitt 4.6) geben wir vorläufig folgende orientierende Bemessungswasserstände vor, die in geotechnischen Untersuchungen als Stau- und Grundwasserstand anzusetzen und in der vertiefenden geotechnischen Untersuchung zu bestätigen sind.

Für den **Bemessungsstauwasserstand (BS-A)** ist unter Berücksichtigung der zum Teil hochanstehenden bindigen und organischen Bodenschichten, den unterschiedlichen Schluffanteilen der aufgefüllten und gewachsenen Sande sowie der teils anthropogenen Auffüllungen und den daraus resultierenden Stauwasserständen von einem Druckwasserspiegel auszugehen, der etwa auf Höhe der jeweiligen Geländeoberkante und demnach auf einer Höhe von ca. **NHN +20,0 m** angenommen werden kann.

Für den **ständigen Bemessungsgrundwasserstand (BS-P)** werden die erkundeten Wasserstände gemäß Abschnitt 4.6 von uns auf sicherer Seite liegend mit einem erhöhten Sicherheitszuschlag versehen. Zunächst wird der Bemessungswasserstand vorläufig auf einer Höhe von **NHN +18,0 m** angesetzt.

Der **bauzeitliche Bemessungswasserstand (BS-T)** wird auf Grundlage der maximal angetroffenen Wasserstände, der Gewässeroberfläche des Bramfelder Sees sowie der maximalen Grundwassergleichen auf einer Höhe von ca. **NHN +15,5 m** angesetzt und spiegelt somit den vermutlich tatsächlichen Wasserstand im Baufeld wider.

Die Wasserstände sind im Allgemeinen stark witterungsabhängig. Nach niederschlagsreichen Wetterperioden sowie nach der Schneeschmelze kann von einem Anstieg der Schwankungsbreiten der Elb- und Grundwasserstände ausgegangen werden. Daher empfiehlt es sich die tieferführenden Erdarbeiten möglichst in den niederschlagsärmeren Sommermonaten durchzuführen.

In dem Zusammenhang empfehlen wir den Bemessungswasserstand nach einem gewissen Zeitraum des Monitorings der Grundwassermessstelle anzupassen.



7.4.2 Oberkante des tragfähigen Baugrundes

Im Sinne der DIN-Normen für Tiefgründungen sowie der EA „Pfähle“ können die, unterhalb der partiell vorkommenden regellosen Auffüllungen, weichen Geschiebeböden, lockeren Sande und partiell erkundeten organischen Weichschichten, anstehenden gewachsenen Sande sowie Geschiebeböden für das Absetzen der Pfähle als ausreichend tragfähig angesehen werden, wenn diese durchgehend in mindestens mitteldichter Lagerung bzw. steif-plastischer Konsistenz vorliegen. Darin sollten Spitzenwiderstände von $q_c \geq 10 \text{ MN/m}^2$ (nicht bindige Böden) bzw. undrainierte Scherfestigkeiten von $c_{uk} \geq 100 \text{ kN/m}^2$ (bindige Böden) erzielt werden.

Aufgrund der Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse, insbesondere der tieferreichenden Spitzendrucksondierungen ergeben sich innerhalb des Baufeldes relativ uneinheitliche Tiefenlagen des tragfähigen Baugrundes.

In Teilbereichen sind die Oberkanten des tragfähigen Baugrunds höher anzusetzen und ggfs. durch verdichtende Aufschlüsse räumlich einzugrenzen.

Der Grund für die relativ uneinheitlichen Tiefenlagen des tragfähigen Baugrundes sind die bereits beschriebenen geologischen Schichtgrenzen.

Der angetroffene, tragfähige Baugrund kann größtenteils als mindestens steif-plastischer Geschiebeboden (meist Geschiebemergel) interpretiert werden. Zudem sind auch mindestens mitteldichte, wasserführende Sande im Einflussbereich der Tiefgründungselemente.

Gemäß den Reibungswerten der Spitzendrucksondierungen stehen die Geschiebebodenschichten bis in größeren Tiefen an und werden wiederkehrend von sandigen Schichtkomplexen durchfahren.

In der nachfolgenden Tabelle 4 wird die Oberkante des tragfähigen Baugrundes angegeben. Hierbei werden im ersten Zuge vorläufig die für die Tiefgründungselemente relevanten Oberkanten angegeben. In partiellen Bereichen sind ggfs. aufgrund fehlender organischen Weichschichten sowie ausreichender Lagerungsdichten bzw. Konsistenzen für Flachgründungen oberflächennah ausreichende Tragfähigkeiten anzusetzen.

Die Mindestabsetztiefe der Pfähle sollte gemäß EA „Pfähle“ mindestens 2,5 m unter der OK des tragfähigen Baugrundes liegen. Die Absetztiefe ist so zu wählen, dass die Mächtigkeit der tragfähigen Bodenschicht unterhalb der Pfahlfußfläche nicht weniger als drei Pfahlfußdurchmesser und mindestens 1,5 m beträgt. Dies sollte hier generell gegeben sein.



Die Mindestabsetztiefe von Pfahlelementen ist in Abhängigkeit des gewählten Tiefgründungselementes und des entsprechenden Durchmessers gemäß EA „Pfähle“ zu bemessen.

Baugrunderkundung	OK Gelände	OK tragfähiger Baugrund
CPT C1	NHN +20,14 m	ca. 9,0 m u. GOK ca. ab NHN +11,1 m
CPT C2	NHN +20,29 m	ca. 10,0 m u. GOK ca. ab NHN +10,3 m
CPT C2/3	NHN +20,70 m	ca. 5,5 m u. GOK ca. ab NHN +15,2 m
CPT C3/5	NHN +20,70 m	ca. 6,0 m u. GOK ca. ab NHN +14,7 m (im Falle einer Flachgründung Oberflächennah möglich)
CPT C6	NHN +20,27 m	ca. 6,5 m u. GOK ca. ab NHN +13,8 m (im Falle einer Flachgründung Oberflächennah möglich)
CPT 2a (Altaufschluss)	NHN +19,40 m	ca. 5,5 m u. GOK ca. ab NHN +13,9 m (im Falle einer Flachgründung Oberflächennah möglich)
CPT 12 (Altaufschluss)	NHN +20,30 m	ca. 5,5 m u. GOK ca. ab NHN +14,8 m (im Falle einer Flachgründung Oberflächennah möglich)
CPT C8	NHN +20,68 m	ca. 7,5 m u. GOK ca. ab NHN +13,2 m
CPT C10	NHN +20,21 m	ca. 5,0 m u. GOK ca. ab NHN +15,2 m

Tabelle 4: Oberkante des tragfähigen Baugrundes

Im vorliegenden Fall sind die größtenteils anstehenden Geschiebemergelschichten zum Absetzen der Pfahlfüße besonders gut geeignet, da dadurch relativ hohe Pfahltragfähigkeiten erzielt werden können.



7.5 Pfahlbemessung für Hochbauten

7.5.1 Allgemeine Grundlagen

Die Vorgaben der aktuellen Empfehlungen des Arbeitskreises "Pfähle" von 2012 (nachfolgend: EA Pfähle) der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik und die maßgebenden Pfahlnormen sind zu beachten sofern im Nachfolgenden oder Vorstehenden keine anderen Festlegungen oder Empfehlungen erfolgen.

Die äußere und innere Tragfähigkeit und Pfahlabmessungen der letztlich zur Ausführung kommenden Pfähle sollte vom Pfahlhersteller eigenverantwortlich festgelegt werden.

7.5.2 Bemessung von Bohrpfählen nach DIN EN 1997 bzw. DIN EN 1536

Die Bemessung von Bohrpfählen nach DIN EN 1997 bzw. DIN EN 1536 mit Durchmessern zwischen 30 cm bis 3 m kann anhand der untenstehenden Tabelle erfolgen. Die dort angegebenen charakteristischen Pfahlspitzendrücke und -mantelreibungswerte sind Erfahrungswerte und basieren auf den gemäß DIN 1054:2010 anwendbaren Tabellen 5.12 bis 5.15 der EA Pfähle.

Bodenart	EA Pfähle-Zuordnung	
	Char. Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ [kN/m ²]	Char. Mantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]
■ Auffüllung, Sande, geringe Fremdbeimengungen, schluffig und humos, locker bis dicht	(aufgrund Heterogenität zunächst nicht betrachtet)	(aufgrund Heterogenität zunächst nicht betrachtet)
■ Sande, gew., teils stark schluffig, schwach humos und schwach kiesig, größtenteils mitteldicht, zumeist wasserführend	(aufgrund Heterogenität zunächst nicht betrachtet)	(aufgrund Heterogenität zunächst nicht betrachtet)
■ Torf und partiell Mudde, gew.	- / -	- / -
■ Oberflächennaher Geschiebelehm, weich	- / -	- / -



■ Geschiebelehm, steif	$s/D_s 0,02$	375	40
	$s/D_s 0,03$	475	
	$s/D_s 0,1 \triangleq s_g$	850	
■ Geschiebemergel, steif	$s/D_s 0,02$	500	50
	$s/D_s 0,03$	600	
	$s/D_s 0,1 \triangleq s_g$	1.100	
■ Geschiebemergel, halbfest	$s/D_s 0,02$	800	65
	$s/D_s 0,03$	1.000	
	$s/D_s 0,1 \triangleq s_g$	1.500	

Tabelle 5: Zuordnung der Böden zur Bohrpfahlbemessung nach Tabellenwerten der EA-Pfähle

Die einschlägigen Bemessungsregeln der aktuellen Normung sind zu beachten.

Eine Pfahlgründung ist grundsätzlich setzungsarm, aber nicht absolut setzungsfrei. Für nach der EA Pfähle dimensionierte Bohrpfähle auf Grundlage von Erfahrungswerten ist, bei einer sach- und fachgerechten Herstellung, mit vertikalen Pfahlkopfsetzungen zwischen 1 cm und 2 cm in den Geschiebeböden zu rechnen.

Dabei ist der Mindestabstand zu den unterlagernden bindigen Bodenschichten von $> 3 \cdot D$ zu beachten. Bei geringeren Abständen der Pfahlfüße zu den bindigen Bodenschichten oder bei Einbindung der Pfähle in die bindigen Bodenschichten sind größeren Setzungen zu erwarten und detailliertere und weitere Bemessungen durchzuführen.

7.5.3 Bemessung von Teilverdrängungsbohrpfählen nach DIN EN 1536

Eine allgemeingültige Aussage über Erfahrungswerte der Pfahlwiderstände ist nur bedingt möglich, da sich die verschiedenen Typen der Teilverdrängungsbohrpfähle in der Herstellung und vielen Merkmalen unterscheiden.

Entsprechend den Empfehlungen der EA Pfähle können für die Ermittlung der charakteristischen Widerstände auf Grundlage von Erfahrungswerten die gleichen Bemessungsvorgaben wie für einfache Bohrpfähle gem. den Tabellen 5.12 bis 5.15 herangezogen werden.



Demzufolge ist für die Bemessung von Teilverdrängungsbohrpfählen Tabelle 5 des vorgenannten Abschnittes anzuwenden.

Bei Anwendung der vorgenannten Bemessungsansätze ist bei Teilverdrängungsbohrpfählen mit baugrundbedingten Setzungen zwischen etwa 1 cm und 2 cm zu rechnen.

7.5.4 Bemessung von Vollverdrängungsbohrpfählen nach DIN EN 12699

Bei der Festlegung des maßgebenden mittleren Spitzenwiderstandes q_c der Drucksonde bzw. der charakteristischen undrainierten Scherfestigkeit $c_{u,k}$ ist zwischen dem

- für den Pfahlspitzendruck maßgebenden Bereich ($1 \cdot D_s$ ober- bis $4 \cdot D_s$ unterhalb des Pfahlfußes) und dem
- für die Pfahlmantelreibung maßgebenden Bereich (Mittelwert der betreffenden Schicht)

des Bodens zu unterscheiden.

Die Bemessung und die Herstellung der Schraubpfähle erfolgen nach Eurocode 7 sowie den nationalen Normen DIN 1054, DIN EN 12699 und nach den EA-Pfählen und kann anhand der untenstehenden Tabelle erfolgen. Die dort angegebenen charakteristischen Pfahlspitzendrücke und -mantelreibungswerte sind Erfahrungswerte und basieren auf den gemäß DIN 1054:2010 anwendbaren Tabellen 5.20 bis 5.23 des Atlaspfahlsystems der EA Pfähle.



Bodenart	EA Pfähle-Zuordnung		
	Char. Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ [kN/m ²]	Char. Mantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]	
■ Auffüllung, Sande, geringe Fremd- beimengungen, schluffig und humos, locker bis dicht	(aufgrund Heterogenität zunächst nicht betrachtet)	(aufgrund Heterogenität zu- nächst nicht betrachtet)	
■ Sande, gew., teils stark schluffig, schwach humos und schwach kiesig, größtenteils mitteldicht, zumeist was- serführend	(aufgrund Heterogenität zunächst nicht betrachtet)	(aufgrund Heterogenität zu- nächst nicht betrachtet)	
■ Torf und partiell Mudde, gew.	- / -	- / -	
■ Oberflächennaher Geschiebelehm, weich	- / -	- / -	
■ Geschiebelehm, steif	s/D _s 0,02	650	50
	s/D _s 0,03	775	
	s/D _s 0,1 \triangleq s _g	1.450	
■ Geschiebemergel, steif	s/D _s 0,02	850	70
	s/D _s 0,03	1.000	
	s/D _s 0,1 \triangleq s _g	1.700	
■ Geschiebemergel, halbfest	s/D _s 0,02	1.200	90
	s/D _s 0,03	1.500	
	s/D _s 0,1 \triangleq s _g	2.200	

Tabelle 6: Zuordnung der Böden zur Schraubpfahlbemessung nach Tabellenwerten der EA-Pfähle

8 Baupraktische Hinweise

8.1 Pfähle

Wir empfehlen grundsätzlich die Herstellung möglicher Pfähle vor einem endgültigen Aushub einer Baugrube für bspw. Fundamentunterkanten entweder vom vorhandenen Geländeniveau oder von einer durch den Bohrunternehmer eigenverantwortlich festzulegenden Voraushubebene.



Hindernisse im Baugrund, z.B. in Form von Steinen, Findlingen oder reliktsicherer Bebauung, können nicht ausgeschlossen werden. Je nach auszuführendem Pfahltyp können u.U. Räumungsbohrungen erforderlich werden.

Die im Einbindungsbereich der Pfähle anstehenden Sandbänderungen innerhalb der Geschiebeböden sind voraussichtlich wasserführend. Die Pfahlspitzen liegen mehrere Meter unter der Druckhöhe des 1. Hauptgrundwasserleiters. Bei der Pfahlherstellung ist daher der Problematik eines hydraulischen Grundbruchs im offenen Bohrloch Rechnung zu tragen.

Das Herstellungsverfahren ist entsprechend an die Grundwasserverhältnisse anzupassen (z. B. durch Bohren mit Wasserüberdruck/Wasserauflast).

Im Falle einer Bohrpfahl-Herstellung muss nach dem Erreichen der Endteufen die Bohrlochsohle bei der verrohrten Bohrpfahlherstellung gereinigt und die Schwebteile aus dem Bohrwasser entfernt werden. Da die Unterkanten der Bohrung demnach im Grundwasser liegen, muss der Pfahl im Kontraktorverfahren betoniert werden.

Mögliche Pfahlabtreppungen sollten i. d. R. nicht steiler als unter einer Neigung von 30° von Außenkante zu Außenkante ausgeführt werden.

Zwischen den einzelnen Pfahlfüßen ist ein gegenseitiger Pfahlachsabstand von mindestens $3 \times D_s$ einzuhalten. Bei Pfahlgruppen ist das Setzungsverhalten unter Berücksichtigung der Pfahlgruppenwirkung gesondert zu untersuchen.

Es ist nicht auszuschließen, dass im Zuge des Baugenehmigungsverfahrens aus Gründen des vorbeugenden Grundwasserschutzes behördliche Auflagen der BUKEA zur Pfahlherstellung erfolgen, die darauf abzielen, vertikale Schadstoffverschleppungen in den tieferen Untergrund infolge der Pfahlherstellung zu verhindern bzw. zu minimieren.

Dabei kann es sich z.B. um Einschränkungen der Pfahltypen oder besondere Sicherungsmaßnahmen (Einsatz einer 60° -Spitze bei Teilverdrängungsbohrpfählen, das Vorsehen einer Dichtungsplombe oder andere Schutzvorrichtungen) für die abgesetzten Pfahlelemente handeln.

Sofern die in diesem Bericht genannten Pfahltypen ausgeschlossen werden, sind in Abstimmung mit uns die Bemessungsvorgaben für weitere Pfahltypen anzupassen, deren Einsatz bereits in den Vorwegen abgestimmt wurde.

Unbewehrte Ortbetonpfähle oder nicht bis zum Fuß bewehrte Pfähle sind zur Lastabtragung nicht zulässig. Es ist eine Mindestlängsbewehrung gemäß Tabelle 4 der DIN EN 1536 über die gesamte Pfahllänge einzulegen, sofern statische Berechnungen nicht zu einem höheren Bewehrungsgrad führen.



Bei Zugpfählen (ggf. Ankerlagen) sollten immer Pfahlprobelastungen durchgeführt werden. Auch Handbuch EC 7-1 lässt eine Abschätzung der Zugpfahlwiderstände aus Erfahrungswerten nur in Ausnahmefällen zu.

Der durchschnittliche Betonverbrauch ist arbeitstäglich anhand der Lieferscheine für den Beton zu ermitteln und umgehend der Bauleitung des Auftraggebers mitzuteilen. Ab einem Betonmehrverbrauch von 15 % ist der Auftraggeber bzw. dessen Bauüberwachung zu benachrichtigen. Unter Umständen werden dann Abstimmungen über das weitere Vorgehen erforderlich.

Ungewöhnliche Betonverluste bei einzelnen Pfählen sind dem Auftraggeber bzw. dessen Bauüberwacher sofort mitzuteilen, damit über das weitere Vorgehen entschieden werden kann.

In Abhängigkeit der geometrischen oder belastungsbedingten Randbedingungen (z. B. bei Geländeaufhöhungen) sind ggf. negative Mantelreibung und Seitendruck auf Pfähle gemäß den Ansätzen der aktuellen EA Pfähle zu berücksichtigen.

Zur Qualitätssicherung der Pfahlherstellung empfehlen wir nach einer ausreichenden Betonaushärtung dynamische Integritätsprüfungen (Low-Strain-Methode) durch ein von der Statischen Prüfstelle der Freien und Hansestadt Hamburg anerkanntes Prüfinstitut durchzuführen.

Gemäß der aktuellen EA Pfähle sollten entweder

- sämtliche Bauwerkspfähle (bei einer Gesamtzahl von 20 oder weniger Pfählen) oder
- 20 Pfähle zzgl. 10 % der darüberhinausgehenden Pfähle (mindestens jedoch 3 Stück)

geprüft werden. Je nach Prüfergebnis ist über das weitere Vorgehen zu entscheiden.

Sollten dynamische Pfahlprobelastungen (High-Strain-Methode) durchgeführt werden, empfehlen wir 2 Pfähle zu untersuchen. Die Versuche können vor Ort nach dem CASE-Verfahren ausgewertet werden, um einen ersten Anhalt über die Größe der Grenzlast zu erhalten.

Maßgebend für die tatsächliche Grenzlast ist jedoch eine Auswertung nach dem CAPWAP-Verfahren. Die zuverlässigere CAPWAP-Auswertung ist auch dann durchzuführen, wenn die CASE-Auswertung eine ausreichende Traglast nachweist.



Die Auswahl des projektspezifisch optimalen Pfahlsystems hängt u.a. von der hydrogeologischen Situation, Art und Menge der nachgewiesenen Schadstoffe sowie Mächtigkeit der zu durchbohrenden geologischen Barriere ab (wasserundurchlässige, bindige oder organische Bodenschicht als Horizontalsperre).

8.2 Baugruben und Verbauten

Mögliche Baugruben oder Verbauten sind aus geotechnischer Sicht nach DIN 4124 "Baugruben und Gräben, Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau" sowie nach den Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB) zu bemessen und auszuführen.

Generell ist als wirtschaftlichste Lösung die geböschte bzw. teilgeböschte Bauweise zu nennen, sofern es die Platzverhältnisse zulassen. Hierbei ist ein Böschungswinkel von ca. 45 Grad in rolligen Böden einzuhalten. Bei bindigem Boden können Böschungen bis ca. 60 Grad ausgeprägt werden. Auf den Abstand von Baufahrzeugen zu den Baugruben mit den entsprechenden zulässigen Achslasten und Abständen ist zu achten.

Im Zuge der Herstellung von geböschten und teilgeböschten Baugruben kann es in Abhängigkeit von der Niederschlagsituation bei angeschnittenen Böschungsflächen und wassergesättigten Bodenverhältnissen zu temporärem Wasseraustritt im Böschungsbereich kommen. Zur Verhinderung von Erosionsschäden und schollenartigen Abrutschen von Bodenschichten empfehlen wir deshalb, insbesondere in den regenreichen Herbst- und Wintermonaten mögliche Baugrubenböschungen vollflächig mit bspw. Planen oder Kokosmatten gegen Wasserzutritt zu schützen.

Für tiefreichende Baugruben oder bei Platzmangel können in Abhängigkeit von der Baugrubentiefe der einzelnen Neubauten und den Wasserhaltungsmaßnahmen konventionelle Trägerbohlverbauten (Berliner Verbau) oder wasserdichte Spundwandverbauten empfohlen werden.

Besonders im Hinblick auf die erkundeten organischen Weichschichten kann eine wasserdichte Baugrubenherstellung notwendig werden, sodass im Zuge von bauzeitlichen Wasserhaltungsmaßnahmen der Einfluss auf den Wasserhaushalt minimiert wird (Absenktrichter, Wichteänderungen, etc.). Im ersten Zuge ist die Herstellung der Spundbohlen in die unterlagernde wasserundurchlässigen Geschiebeböden denkbar (Trogbaugruben), die als natürliche Dichtsohle fungieren und so eine nahezu wasserdichte Baugrube bilden.

Für diese Baugruben ist jedenfalls eine gesonderte Untersuchung und Bemessung der Baugruben durchzuführen.



Entsprechend dem erdstatischen Nachweis ist im Einzelfall zu prüfen, welche Kopfverformung des Verbaus hinsichtlich etwaiger Schäden an ggfs. nahegelegenen Ver- und Entsorgungsleitungen noch akzeptiert werden kann. Dies gilt insbesondere für die Verkehrslasten.

Für die Verbauelemente ist mindestens der aktive Erddruck E_a anzusetzen. Für ggfs. ausgesteifte Verbauelemente mit geringerer Kopfauslenkung ist aufgrund der verformungsärmeren Ausbildung und folglich größeren Wandbelastungen der

erhöhte aktive Erddruck ($\frac{1}{2} E_a + \frac{1}{2} E_0$)

in den Ansatz zu bringen. E_0 ist darin als Erdruhedruck definiert.

Für die Bemessung von Stahlbetonteilen empfehlen wir, den Erdruhedruck anzusetzen. Mit diesem Ansatz wären aus der Verfüllung resultierende Verdichtungsdrücke mit ausreichender Sicherheit abgedeckt.

Üblicherweise erfolgt die Einbringung der Träger mit einem hochfrequenten Vibrationsbär mit resonanzfreiem An- und Ablaufen. In diesem Zusammenhang wäre zu prüfen, inwieweit die Verbauträger aufgrund der beschriebenen Randbedingungen zum Schutz naheliegender Bestandsleitungen oder anderer Bauteile erschütterungsarm eingebracht werden müssen. In diesem Fall müssen die Träger in vorgebohrte Löcher eingestellt werden. Hierbei ist wiederholt auf die empfindliche Gasleitung hinzuweisen.

8.3 Wasserhaltung und Trockenhaltung Bauteile

Wie aus den Eintragungen der gemessenen Wasserständen, den Hinweisen von Abschnitt 4.6 und den angegebenen Bemessungswasserständen (Abschnitt 7.4.1) erkennbar, befindet sich der bauzeitliche Bemessungswasserstand (BS-T) auf einer Höhe von ca. NHN +15,5 m und daher unterhalb der angenommenen Gründungssohle des Wohngebäudes im Baufeld C (ca. NHN +17,0 m) bzw. den zusätzlichen vorsorglichen 0,5 m mächtigen Bodenaustausch (im Falle einer Flachgründung).

Das Wasser sollte im Allgemeinen mindestens etwa 0,50 m unterhalb von geplanten Gründungssohlen liegen.

Sofern keine außergewöhnlichen Wasserstandsschwankungen auftreten, besteht zur Trockenhaltung der Baugrubensohlen kein Erfordernis für eine großflächige Grundwasserabsenkung.



Oberhalb der erkundeten Baugrundsichten können sich oberflächennah Stau- bzw. Schichtenwässer bilden.

Generell kann ein noch höherer Aufstau von Wasser aufgrund jahreszeitlicher und witterungsbedingter Schwankungen nicht ausgeschlossen werden, sodass eine bauzeitliche Wasserhaltung in der Baugrube eingeplant werden sollte.

Die zu wählende Art der Wasserhaltungsmaßnahmen hängt schlussendlich von den Gründungssohlen und den Bodenschichtungen ab, innerhalb derer die Entwässerung stattfinden soll.

Grundsätzlich liegt Baugrubenwasser mit Absenktiefen von 1,0 m bis 2,0 m im Anwendungsbereich von offenen Wasserhaltungsmaßnahmen (einstaffelige Anlage) in Abhängigkeit von den Durchlässigkeiten der wasserführenden Bodenformationen. Dabei können die offenen Wasserhaltungen beispielsweise als Ring- und Querleitungen aus kokosummantelten Drainageleitungen und Pumpensämpfen ausgeführt werden.

Bei den hier angetroffenen Durchlässigkeiten der Sande auf der Höhe der geplanten Gründungssohle für die Tiefgarage, kann auch eine Horizontaldrainage empfohlen werden.

Vor Baubeginn kann die Größe des Stau- bzw. Grundwasserzuflusses in Baggerschürfen an verschiedenen Stellen überprüft und abgeschätzt werden. Bei wider Erwarten größeren Zuflussmengen, welche mit einer herkömmlichen offenen Wasserhaltung nicht mehr gefasst werden können, ist der Bodengutachter zu Rate zu ziehen, um in Abstimmung mit dem Bauherrn weitere Maßnahmen festzulegen. Ggfs. sind dann lokal begrenzt tiefsaugende, vakuumbeaufschlagte KleinfILTERbrunnen einzusetzen.

Wie eingangs erwähnt, empfehlen wir zunächst rechtzeitig vor Baubeginn die Installation bauzeitlicher Beobachtungspegel außerhalb der Baugrube.

Die Prüfung des sich einstellenden Wasserstandes kann mit hinreichender Genauigkeit mittels Kabellichtlot erfolgen. Alternativ sind elektrische Datenlogger einzusetzen, die eine lückenlose Abfrage der Wasserstände erlauben.

Im Falle von Wasserhaltungsmaßnahmen auch Tageswasserhaltungsmaßnahmen werden wasserrechtliche Anträge bei der zuständigen Behörde notwendig. Im Hinblick auch auf die Erlaubnisanträge zur wasserrechtlichen Genehmigung einer temporären Absenkung und einer temporären Einleitung von Baugrubenwasser (2 Anträge), empfehlen wir vorsorglich die Anträge rechtzeitig vorab (min. 6 – 12 Monate) einzureichen. Sofern es der Bauablauf zulässt, sollten die Erdarbeiten generell möglichst in der sturmflutarmen Zeit, also bevorzugt in den Sommermonaten, durchgeführt werden.



Prinzipiell sei darauf hingewiesen, dass die Fassung, Entnahme und Einleitung von Stau-/Grundwasser genehmigungs- und gebührenpflichtig ist. Die Erlaubnis für die Einleitung von Baugrubenwasser bzw. Förderwasser in das öffentliche Sietnetz oder in oberirdische Gewässer wird durch die Behörde (BUKEA) erteilt und beruht jeweils auf einer projektspezifischen Einzelfallentscheidung.

Grundsätzlich ist das "Merkblatt zum Umgang mit Baugrubenwasser (Wasserhaltungsmaßnahmen auf Baustellen)" der FHH, Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft, mit Stand vom 08.10.2015 zu beachten.

Orientierend empfehlen wir somit, auch im Sinne einer langfristigen Sicherheit, in Abhängigkeit des Bauwerks und der geplanten Untergeschosse, vorläufig die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E nach DIN 18533-1 anzusetzen. Im Falle einer funktionalen Drainage nach DIN 4095 ist durchaus auch die Wassereinwirkungsklasse W1.2-E anwendbar.

Eine detaillierte Planung der Wasserhaltung, der Drainage zur gesicherten Trockenhaltung möglicher Gebäude bzw. zur Grundstückentwässerung ist nicht Gegenstand dieses 1. Berichtes.

8.4 Wiederverwendung des Aushubmaterials

Geotechnisch:

Gemäß den vorliegenden Erkenntnissen über die zumeist sandigen Auffüllungen sowie unterlagernden gewachsenen Sande und Geschiebeböden weist das potenzielle Aushubmaterial unterschiedlich hohe humose, anthropogene oder schluffige Anteile auf.

Aus bodenmechanischer Sicht sind die mit Bauschutt verunreinigten, humosen und schluffigen Bodenmaterialien grundsätzlich nicht zum Wiedereinbau in technische Bauwerke geeignet.

Böden ohne humose, anthropogene und geringere schluffige Anteile können aus bodenmechanischer Sicht eingeschränkt wiederverwendet werden. Hierzu ist die geotechnische Eignung mittels Labor- bzw. Feldversuche im Einzelfall nachzuweisen.

Umwelttechnisch:

Im Rahmen der Baugrunderkundung waren Untersuchungen von Bodenproben gemäß LAGA TR Boden und gemäß Deponieverordnung Bestandteil der Beauftragung.



Gemäß den vorliegenden LAGA-Ergebnissen sind die untersuchten Böden aus umwelttechnischer Sicht als LAGA Z 0 bis Z 1.2 zu bewerten, was einem uneingeschränkten Einbau (Z 0) und einem Einbau unter hydrogeologisch günstigen Gebieten (Z 1.2) entspricht.

Für eine Entsorgung der Bodenmassen können die Bodenmaterialien gemäß DepV der Deponieklasse DK 0 zugeordnet werden.

Ersatzbaustoffverordnung:

Am 16.07.2021 wurde im Bundesgesetzblatt veröffentlicht, dass der Bundestag und der Bundesrat die sogenannte Mantelverordnung verabschiedet haben. Die Mantelverordnung bündelt die Ersatzbaustoffverordnung (EBV) sowie die Neufassung des Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV). Im Zuge der Einführung der Mantelverordnung werden Änderungen an der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung vorgenommen. Die Mantelverordnung ist nach einer Übergangsfrist von zwei Jahren ab den 01.08.2023 in Kraft getreten.

Das derzeitig als Beurteilungsgrundlage in der Praxis herangezogene Regelwerk für die Verwertung von mineralischen Abfällen, die LAGA-Mitteilung 20 (LAGA-M 20), bildet weder eine bundeseinheitliche noch eine rechtsverbindliche Grundlage für die ordnungsgemäße und schadlose Verwertung und wird durch die Ersatzbaustoffverordnung (EBV) abgelöst werden.

Mit Inkrafttreten der EBV wurden für die Verwertung von Ersatzbaustoffen andere Bezeichnungen eingeführt, die Bezeichnungen der TR LAGA Boden und der LAGA Bauschutt entfallen in Bezug auf die Wiederverwertung bzw. werden durch die der EBV ersetzt.

Diese lauten für Bodenmaterial BM-0 (Sand, Lehm/Schluff, Ton), BM-0*, BM-F0*, BM-F1, BM-F2, BM-F3 und sind aufgrund des geänderten Parameterumfangs, der geänderten Analyseverfahren - zukünftig wird in der EBV ein 2 zu 1 Eluat, statt wie in der TR LAGA Boden ein 10 zu 1 Eluat hergestellt - und der geänderten Bewertungskriterien nur grob und annähernd vergleichbar.



Es deutet sich jedoch an, dass sehr grob folgende Gleichstellung vorgenommen werden kann:

- | <u>EBV</u> | <u>TR LAGA Boden</u> |
|----------------|----------------------|
| • BM-0 | ~ Z 0 |
| • BM-0*/BM-F0* | ~ Z 0* |
| • BM-F1 | ~ Z 1.1 |
| • BM-F2 | ~ Z 1.2 |
| • BM-F3 | ~ Z 2 |

Es wird empfohlen ein Verwertungs- und Entsorgungskonzept vor Ausführung von Abbruch- und Erdarbeiten zu erarbeiten und mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

8.4.1 Vorläufige Kostenschätzung der Aushubmaterialien

Für die Berechnungen der vorläufigen Entsorgungskosten gehen wir im ersten Ansatz von den bereits beschriebenen maximalen Aushubebenen (Gründungssohle inkl. 0,5 m Bodenaustausch) wie folgt aus:

- max. Aushubebene Baufeld C: ca. 3,5 m u. GOK (ca. NHN +16,5 m)
- max. Aushubebene Baufeld C1: ca. 1,3 m u. GOK (ca. NHN +18,7 m)

Außerdem gehen wir vorläufig von einer vollflächigen rechteckigen Baugrube für die beiden Neubauten aus, die sich ca. 1,0 m außerhalb der Grundrissflächen befindet, wodurch die folgenden Grundrissflächen angesetzt werden können:

- Fläche Baufeld C: ca. 8.420 m²
- Fläche Baufeld C1: ca. 2.700 m²

Demnach ergibt sich eine Gesamtaushubkubatur sowie eine ungefähre Tonnage (Umrechnungsfaktor ~2) des entstehenden Bodenmaterials von ca.:

- **Kubatur Baufeld C:** ca. 29.470 m³ (ca. 60.000 to.)
- **Kubatur Baufeld C1:** ca. 3.510 m³ (ca. 7.000 to.)



In Anbetracht der Bohrprofile aus den Anlagen 23127/3.1-C bis -/3.5-C können die zusammengestellten Mischproben (MP 1 bis MP 4) ungefähr dem prozentualen Anteil der späteren Massen zugeordnet werden:

- Massenverteilung Baufeld C: ca. 40 % MP 1 / 40 % MP 2 / 20 % MP 4
- Massenverteilung Baufeld C1: ca. 90 % MP 3 / 10 % MP 4

Auf Basis aktueller Angebotsanfragen und Ausschreibungen ist von den Größenordnungen der angegebenen Netto-Einheitspreise auszugehen.

Damit ergibt sich der mittlere Einheitspreis aus den grob abgeschätzten Massenanteilen und den Einheitspreisen für den anfallenden Aushub wie folgt:

- Z 0: ca. 12,00 €/to.
- Z 1.1: ca. 18,00 €/to.
- Z 1.2/DK 0: ca. 35,00 €/to.
- Z 2/DK 0: ca. 35,00 €/to.
- DK 0: ca. 35,00 €/to.
- DK I: ca. 60,00 €/to.
- DK II: ca. 70,00 €/to.
- DK III: ca. 100,00 €/to.

Somit werden die vorläufigen **Gesamtkosten** für die einzelnen Baufelder C und C1 wie folgt grob abgeschätzt:

Baufeld C

- MP 1: 60.000 to. x 0,4 = 24.000 to. x 35,00 €/to. = 840.000,00 €
- MP 2: 60.000 to. x 0,4 = 24.000 to. x 12,00 €/to. = 288.000,00 €
- MP 4: 60.000 to. x 0,2 = 12.000 to. x 12,00 €/to. = 144.000,00 €
- zzgl. 10 % für Unvorhergesehenes / Risiko ca. = 127.200,00 €

Summe Verwertungs-/Entsorgungskosten ca. = 1.399.200,00 €

Baufeld C1

- MP 3: 7.000 to. x 0,9 = 6.300 to. x 12,00 €/to. = 75.600,00 €
- MP 4: 7.000 to. x 0,1 = 700 to. x 12,00 €/to. = 8.400,00 €
- zzgl. 10 % für Unvorhergesehenes / Risiko ca. = 8.400,00 €

Summe Verwertungs-/Entsorgungskosten ca. = 92.400,00 €



Bei unseren Angaben handelt es sich lediglich um orientierende Angaben und grobe Schätzungen. Es wurde keine Deklaration der Gesamtcharge des Bodenaushubs vorgenommen.

Hinweis:

Wir weisen darauf hin, dass die o.g. Kostenschätzung auf Basis der orientierenden Schadstoffanalysen beruht. Demzufolge können die projektspezifisch und tatsächlichen Belastungsklassen im Zuge der Aushubarbeiten bzw. der empfohlenen Rasterfeld- bzw. Haufwerksbeprobung abweichen. Weiterhin sind die angesetzten Einheitspreise marktüblichen Preisschwankungen ausgesetzt, die für die Zukunft nicht seriös abgeschätzt werden können, sodass diese Kostenaufstellung als grobüberschlägige Schätzung zu verstehen ist.

8.5 Weitere Hinweise

Baugeräte

Die äußere Standsicherheit von schweren Baugerten wie z.B. eingesetzte Pfahlbohrgeräte oder Hochbaukräne ist für jeden Bauzustand zu gewährleisten und nach Erfordernis rechnerisch für den individuellen Einzelfall nachzuweisen.

Beweissicherung

Zur Abwehr unberechtigter Schadensersatzansprüchen empfehlen wir, im Hinblick auf die Bestandsleitungen und angrenzende Bebauung, rechtzeitig vor Baubeginn die Durchführung einer Beweissicherung.

Hindernisse im Untergrund

Hindernisse im Baugrund, z. B. in Form von Steinen, Findlingen oder Reste reliktscher Bebauung können grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden und ggfs. die Bauarbeiten behindern.

Sicherungsmaßnahmen gegen Bodengasbildung

Aufgrund der im Untergrund partiell anstehenden organischen Weichschichten können sich ggfs. Bodengase (z.B. Methan und Kohlendioxid) bilden und im Boden aufsteigen. Die Gase können sich unter versiegelten und/oder bebauten Flächen anreichern und langfristig sogar in bauliche Anlagen eindringen.



Synergetisch könnte der bereits beschriebene Flächenfilter unterhalb auszubildender Sohlen auch als Gasdrainage genutzt werden.

Grundsätzlich sind zur Abwehr dieser Gefahren für Neubauvorhaben vorsorglich Gas-sicherungsmaßnahmen vorzusehen. Sollten keine genauen Kenntnisse über die Bodengasbelastung vorliegen, können zur Überprüfung Bodenluftuntersuchungen durchgeführt werden.

Sollten bei den Untersuchungen kein Methan nachgewiesen werden und die Konzentrationen für Kohlendioxid unter 5 Vol.-% liegen, sind keine Sicherungsmaßnahmen erforderlich.

Wir empfehlen daher, diesen Sachverhalt für mögliche Neubauvorhaben im weiteren Planungsverlauf zu thematisieren und die grundsätzliche Notwendigkeit dieser Zusatzmaßnahme rechtzeitig vor Baubeginn mit der zuständigen Genehmigungsbehörde abzustimmen.

Bodenbemessungsprofil

Für erdstatische Berechnungen sind vorläufig die einzelnen Bodenprofile entsprechend der bodenmechanischen Kennwerte der Tabelle 3 in den Ansatz zu bringen.

Aufgrund des heterogenen Schichtenaufbaus ist ein verallgemeinertes Bodenbemessungsprofil über den gesamten Untersuchungsraum nicht wirtschaftlich und zielführend. Für detailliertere Bodenbemessungsprofile empfehlen wir eine vertiefende Untersuchung durchzuführen. In-situ können sich ggf. Abweichungen zu dem Profilen ergeben, aus denen sich u.U. zusätzliche gründungstechnische Maßnahmen ergeben können.

In jedem Fall ist bei Einzelbetrachtungen die jeweilige Bodenschichtung bzw. Spitzendrucksondierung des nächstgelegenen Aufschlusses analog der zugehörigen Bohrprofilardarstellungen der Anlagen 23127/3.1-C bis -/3.5-C zu berücksichtigen.

9 Zusammenfassung

Im Rahmen der Siedlungsentwicklung „Steilshoop-Nord“ wird auf den insgesamt etwa 17.900 m² großen Baufeldern C und C1 den Neubau eines unterkellerten Wohngebäudes mit einer Grundfläche von ca. 4.400 m² (Baufeld C) sowie die Errichtung einer Kindertagesstätte inkl. Gewerbe- und Wohnräume sowie Parkplatzflächen mit einer Grundfläche von ca. 2.100 m² (Baufeld C1) geplant.



Gemäß den mitgeschickten Planunterlagen liegt bereits ein Geotechnischer Bericht sowie eine Stellungnahme für das Baufeld C und C1 vor. Im Rahmen dieses Berichts wird sich teils auf die vorhandenen Erkundungsergebnisse der Altaufschlüsse der o.g. Altgutachten bezogen.

Wir wurden vom Bauherrn mit der Durchführung einer ergänzenden Baugrunduntersuchung, der Erstellung einer allgemeinen Gründungsbeurteilung sowie einer orientierenden Schadstoffanalyse des Baugrundes beauftragt.

Baugrund

Unterhalb der partiell versiegelten Oberfläche in Form von Pflastersteinen bzw. ab Geländeoberkante folgen sandige und teils bindige Auffüllungen mit max. Schichtmächtigkeiten von lokal ca. 3,7 m, die in Abhängigkeit der Fremd Beimengungen heterogen als locker bis dicht zu beschreiben sind.

Unterhalb der Auffüllungen folgen heterogene Baugrundverhältnisse in Form von gewachsenen geringmächtigen Sanden, partiell organische Weichschichten in Form von Torf und partiell Mudde sowie zum Großteil mächtige gewachsene Geschiebeeböden.

Das Vorkommen der organischen Weichschichten ist auf den südlichen Bereich des Baufeldes C und auf den nördlichen Bereich des Baufeldes C1 begrenzt.

Gemäß den Ergebnissen der schweren Rammsondierungen sowie der elektrischen Spitzendrucksondierungen können, mit Ausnahme der regellosen Auffüllungen, oberflächennahen Geschiebelehm bzw. Sande und den organischen Weichschichten, die übrigen Baugrundsichten als überwiegend mitteldicht bzw. steif-plastisch beschrieben werden.

Zur Tiefe sind die gewachsenen Geschiebemergelschichten und vereinzelt Sandbänderungen als mindestens mitteldicht bzw. steif bis halbfest zu bewerten.

Wir gehen davon aus, dass im Projektgebiet vollflächig gewachsene Geschiebemergelschichten in größeren Mächtigkeiten anstehen.

Wasserstände

Während der Aufschlussarbeiten konnte Grundwasser sowohl nach Bohrende in den jeweils offenen Bohrlöchern eingemessen werden (ca. NHN +10,4 m bis ca. NHN +18,3 m) als auch auf oberflächennahen Niveaus angebohrt werden.



Die Bemessungswasserstände wurden für die verschiedenen Bemessungssituationen angegeben.

BS-A	NHN +20,0 m
BS-P	NHN +18,0 m
BS-T	NHN +15,5 m

Einzelergebnisse zu den gemessenen Wasserständen sind den Eintragungen in den Bohrprofilen auf Anlagen 23127/3.1-C bis -/3.5-C zu entnehmen. Die Legende ist zu beachten.

Wir empfehlen zur langfristigen Erfassung der Wasserstände ein Monitoring mittels Beobachtungspegel während der Bauzeit. Mithilfe von Grundwassermessstellen lassen sich Stau- und Grundwasserstände verifizieren. Die Pegel könnten zudem vorsorglich als Entspannungsbrunnen ausgebaut werden.

Analytik

Auftragsgemäß wurde im Zuge der Baugrunderkundung eine orientierende chemische Untersuchung am potentiellen Aushubmaterial als erste Orientierung für die Entsorgung des Aushubmaterials durchgeführt.

Die analytischen Untersuchungen der ausgewählten Mischproben ergaben eine Zuordnung gemäß TR LAGA von Z 0 bis Z 1.2 und gemäß DepV von DK 0.

Gründung

Flachgründungen von Hochbauten sind aufgrund der zu erwartenden, bauwerksunverträglichen Setzungen und Setzungsdifferenzen infolge der partiell erkundeten organischen Weichschichten nach aktuellem Planungsstand auszuschließen. Daher wird eine Gründungsempfehlung zugunsten einer **Tiefgründung** abgegeben.

Wir weisen darauf hin, dass im Falle einer Umplanung (neue Lage der Neubauten) durchaus eine Flachgründungsvariante denk- und ausführbar ist.

Als mögliche Pfahlsysteme werden zunächst Bohrpfähle und Voll- bzw. Teilverdrängungsbohrpfähle für Hochbauten näher beschrieben. Die Herstellung von Ortbetonrammpfählen kann ggfs. ebenfalls planerisch nachverfolgt werden. Hier sollte die bauausführende Firma zwingend die Risikoabschätzung von Schäden in der Umgebung durch Schwingungen und die technische Umsetzung (Rammpfählbarkeit) der anstehenden Böden eruiert werden.

Hinsichtlich einer etwaigen Grundwassergefährdung durch die Pfahlbohrarbeiten (Kontaminationsverschleppung) sind u.U. behördliche, einschränkende Auflagen zu beachten.



Charakteristische Pfahlwiderstände für die empfohlenen Pfahlelemente sowie die Oberkante des tragfähigen Baugrundes und daraus abzuleitende Setzungen werden vorab ermittelt.

Im Falle einer Flachgründung nach erfolgter Umplanung wurden ebenfalls Hinweise und Empfehlungen zu Bodenaustauschmaßnahmen, zu Sohlabnahmen sowie zu Erdbauarbeiten gegeben. Weiterhin wurden im Rahmen überschlägiger Grundbruch- und Setzungsberechnungen die Bemessungswerte des Sohldruckwiderstandes, die Bettungsmoduli sowie die zu erwartende Setzungsabschätzung angegeben, die dem Abschnitt 7.2.1 zu entnehmen sind.

Wiederholt sind ggfs. ergänzende Baugrundaufschlüsse, besonders im Bereich von Baufeld C notwendig, da zum Zeitpunkt der Baugrundaufschlüsse die Zugänglichkeit nicht gegeben war.

Weiterhin werden Hinweise zur geplanten Gründung mit einhergehenden Bodenaustausch-, Bodeneinbringungsmaßnahmen und Wasserhaltungsmaßnahmen gegeben, die auch wirtschaftlich überschlägig betrachtet werden.

Hinweise zu möglichen Baugrubenverbauten, Wasserhaltungsmaßnahmen, Bodenbemessungsprofil, Beweissicherungsmaßnahmen und zur dauerhaften Abdichtung gegen drückendes Wasser werden in Abschnitt 8 näher erläutert.

O + P Geotechnik GmbH



A.Nr. 23127

Anlage 1-C

BV Steilshoop-Nord – Baufeld C und C1

in

Hamburg-Steilshoop

-

1. Geotechnischer Bericht

Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

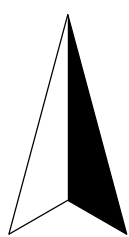
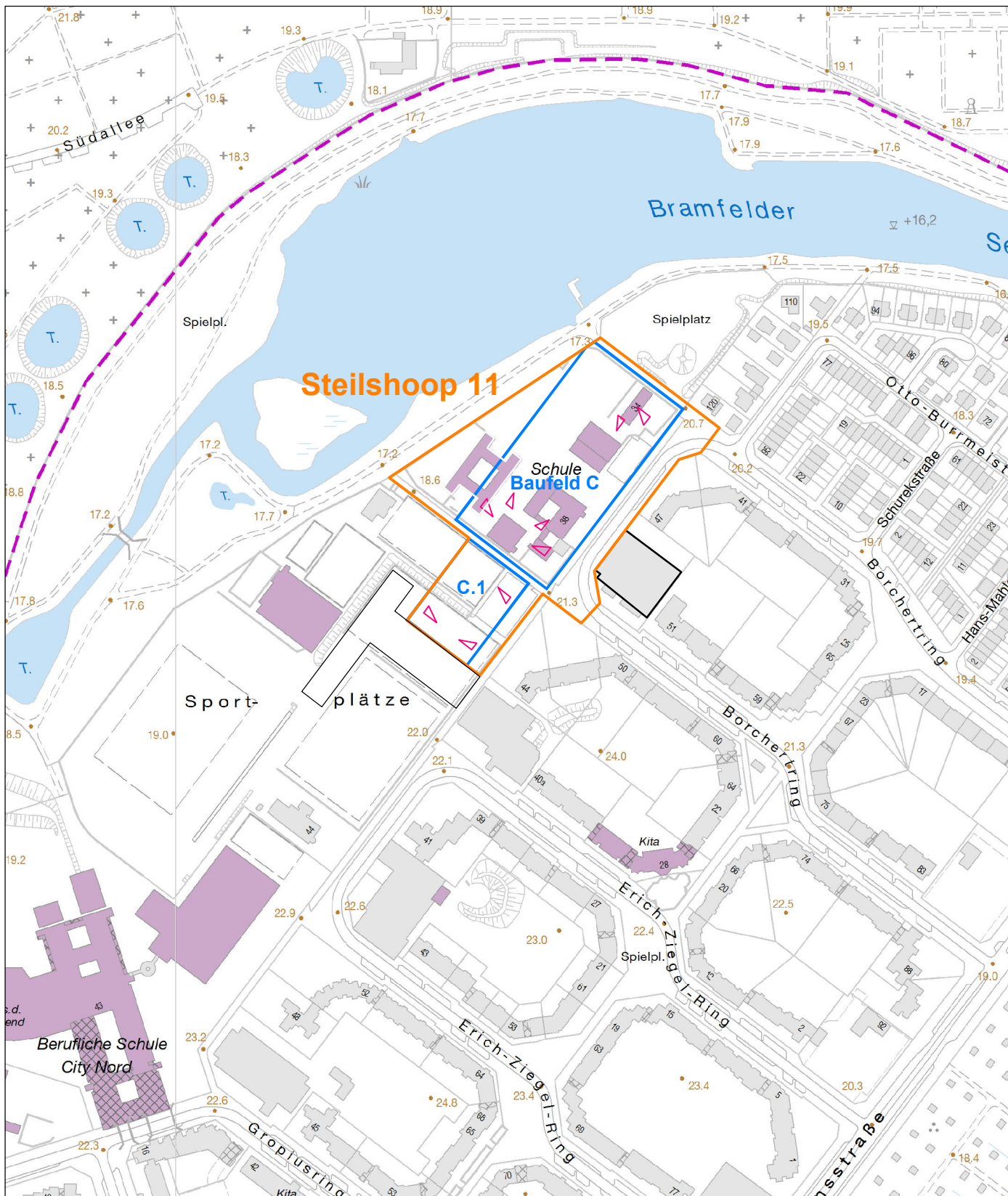
Übersichtsplan



(Lageplan)

O + P Geotechnik GmbH

22761 Hamburg · Mendelssohnstraße 15 F

Fax 040-890 56 65 · Tel 040-810 00 90



Anlage: 23127 / 1-C	Steilshoop Nord	Änderungen
i. M.: 1 : 4.000	Baufeld C + C1	Sc 11.08.25
Gez.:   25.03.24		
Ges.:	Übersichtsplan	

	O + P Geotechnik GmbH	
	Wendenstraße 6	Telefon (040) 8 10 00 90
	20097 Hamburg	Telefax (040) 8 90 56 65

A.Nr. 23127

Anlage 2-C

BV Steilshoop-Nord – Baufeld C und C1

in

Hamburg-Steilshoop

-

1. Geotechnischer Bericht

Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

Lage der Aufschlüsse und ungefähre Lage der organischen
Weichschicht

O + P Geotechnik GmbH

22761 Hamburg · Mendelssohnstraße 15 F

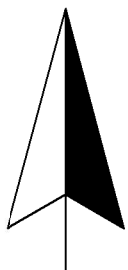
Fax 040-890 56 65 · Tel 040-810 00 90

Steilshoop 11

Schule Baufeld C

C.1

plätze



Legende:

- Sondierungen (BS) von Liebermann (2019)
- Kleinrammbohrungen (KRB)
- DPH
- CPT

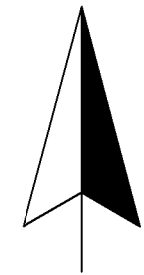
Anlage: 23127 / 2.1-C	Steilshoop Nord Baufeld C + C1	Änderungen
i. M.: 1 : 1.000		11.08.25
Gez.: 11.04.24	Lage der Aufschlüsse	
Ges.:		
O + P Geotechnik GmbH Wendenstraße 6 20097 Hamburg		Telefon (040) 8 10 00 90 Telefax (040) 8 90 56 65

Basis der Darstellung: Digitale Karte 1:5.000 (DK 5)
 Vervielfältigt mit Zustimmung der Freien und Hansestadt Hamburg
 Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung 2017

Steilshoop 11

Baufeld C

C.1



Legende:

- Altaufschlüsse aus dem GeoPortal
- Sondierungen (BS) von Liebermann (2019)
- Kleinrammbohrungen (KRB)
- DPH
- CPT
- Bohrungen mit Torf

Anlage: 23127 / 2.2-C

i. M.: 1 : 1.000

Gez.: 11.04.24

Ges.:

Steilshoop Nord

Baufeld C + C1

**ungefähre Lage der
organischen Weichschichten**

Änderungen

11.08.25



O + P Geotechnik GmbH

Wendenstraße 6
20097 Hamburg

Telefon (040) 8 10 00 90
Telefax (040) 8 90 56 65

A.Nr. 23127

Anlage 3-C

BV Steilshoop-Nord – Baufeld C und C1

in

Hamburg-Steilshoop

-

1. Geotechnischer Bericht

Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

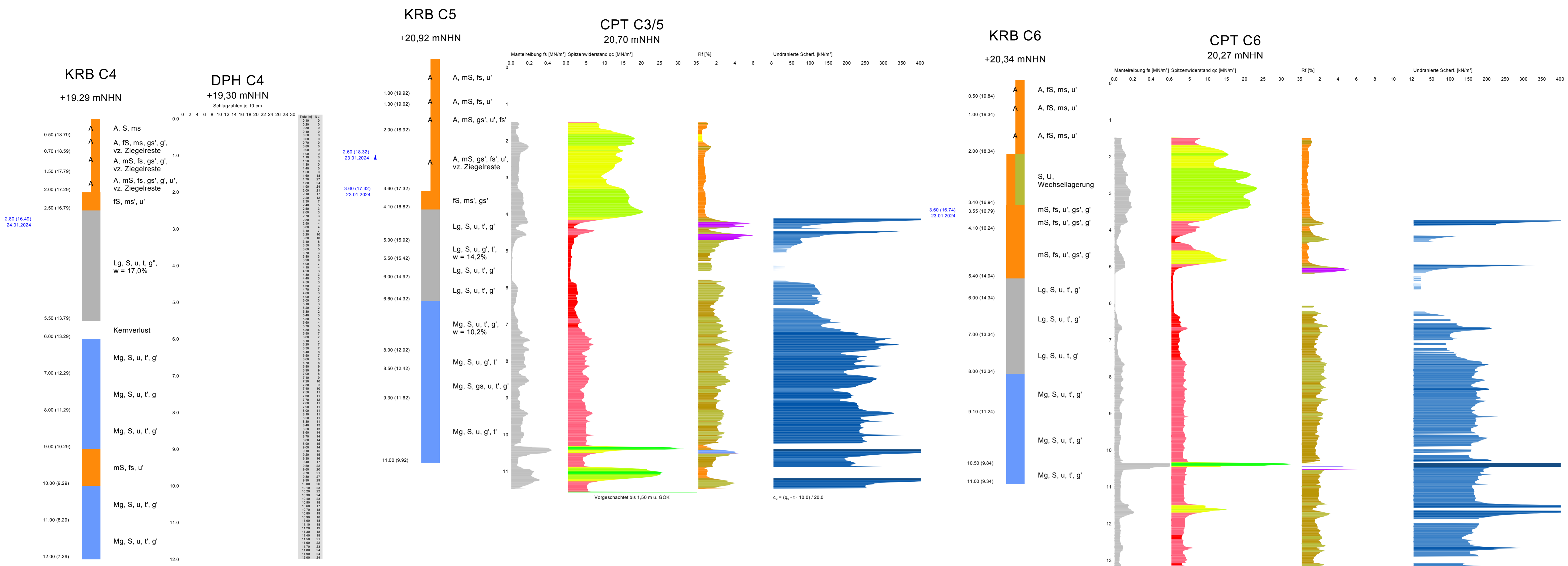
Baugrundaufschlüsse

(Sondierprofile)

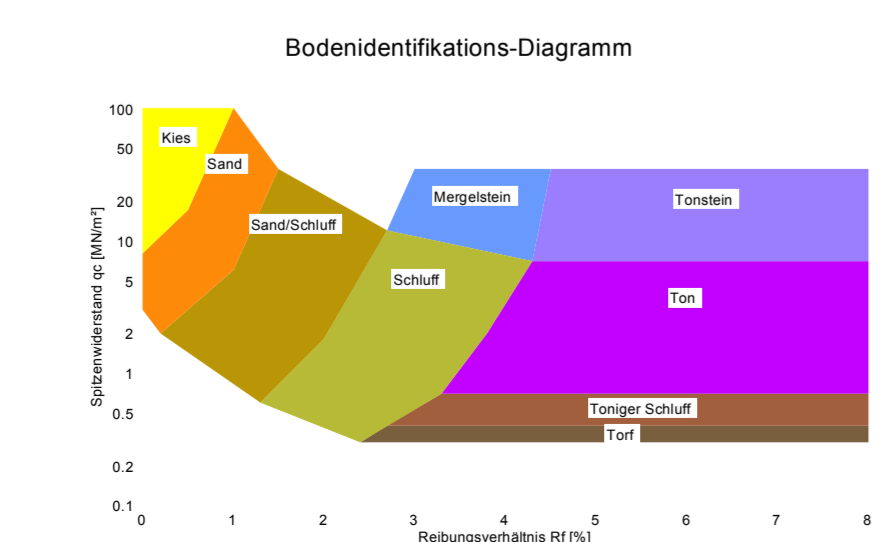
O + P Geotechnik GmbH

22761 Hamburg · Mendelssohnstraße 15 F

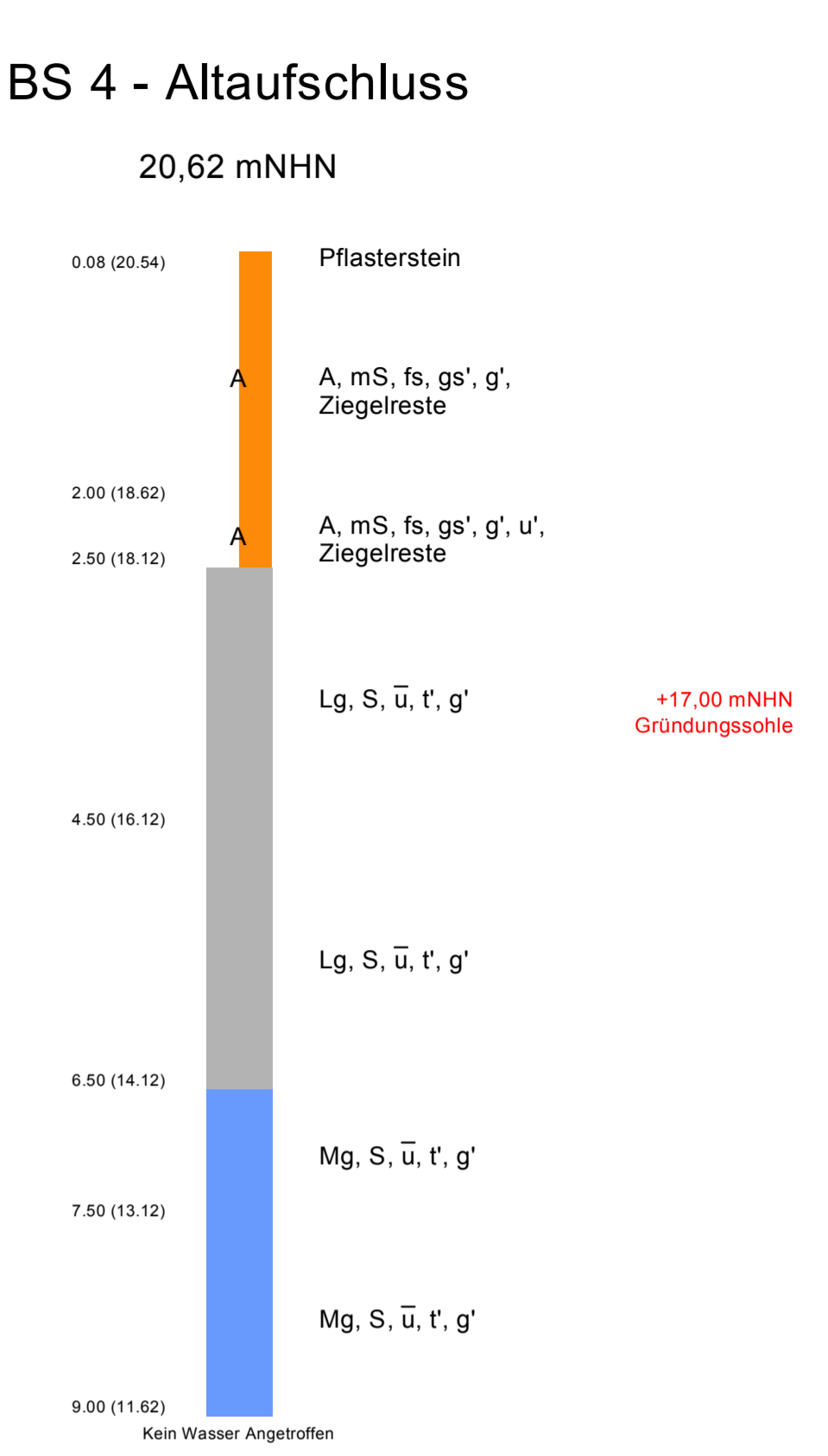
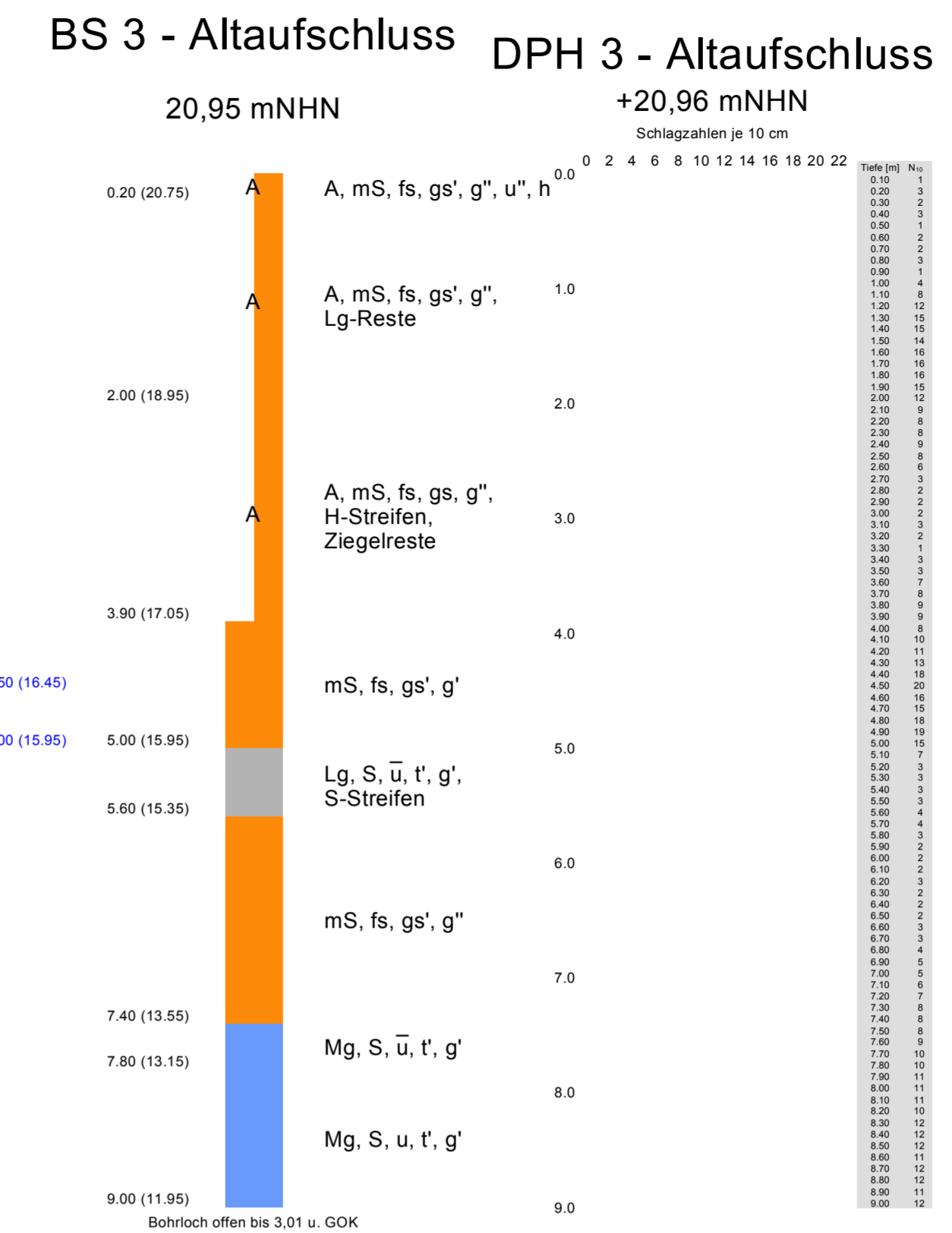
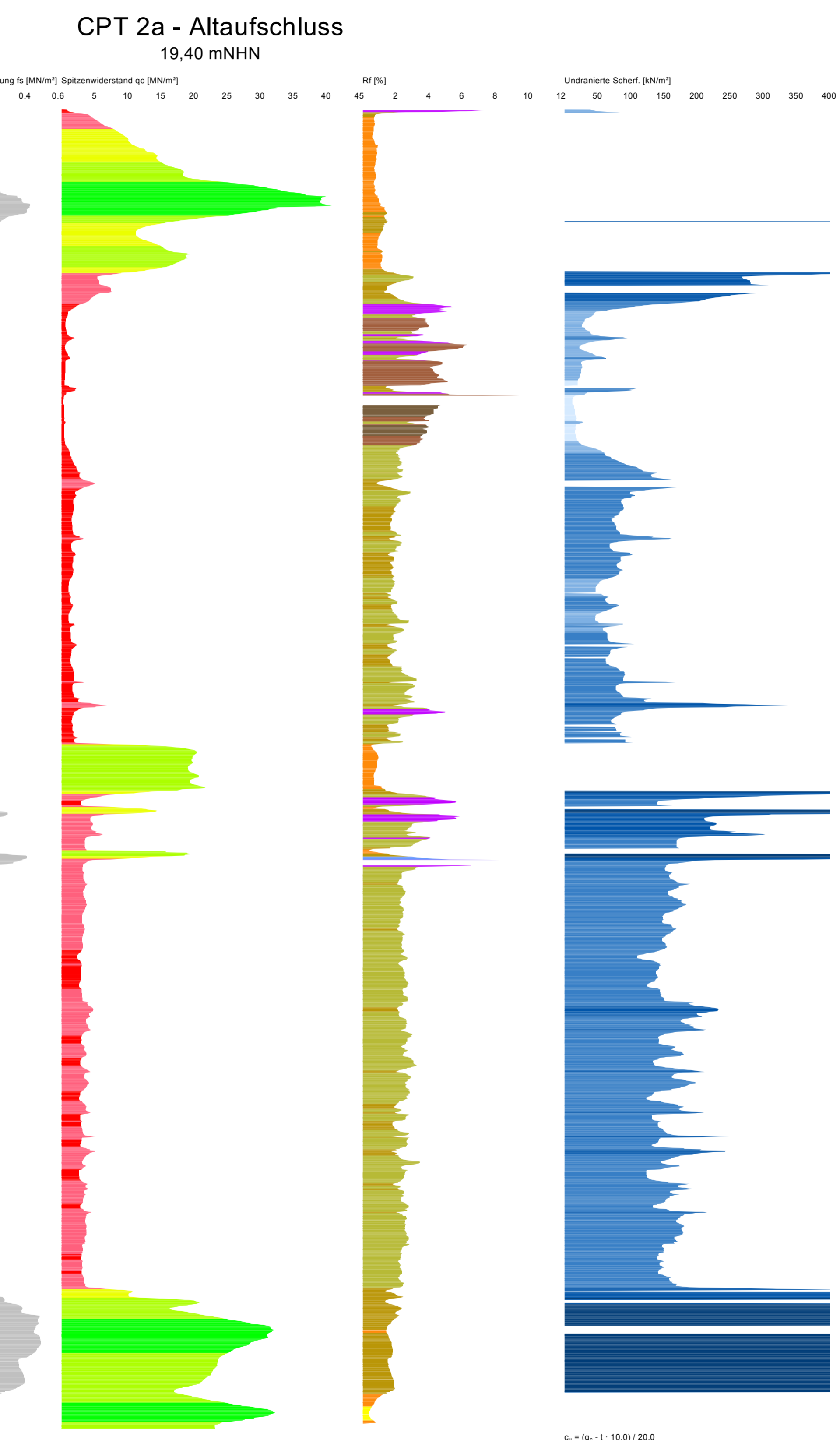
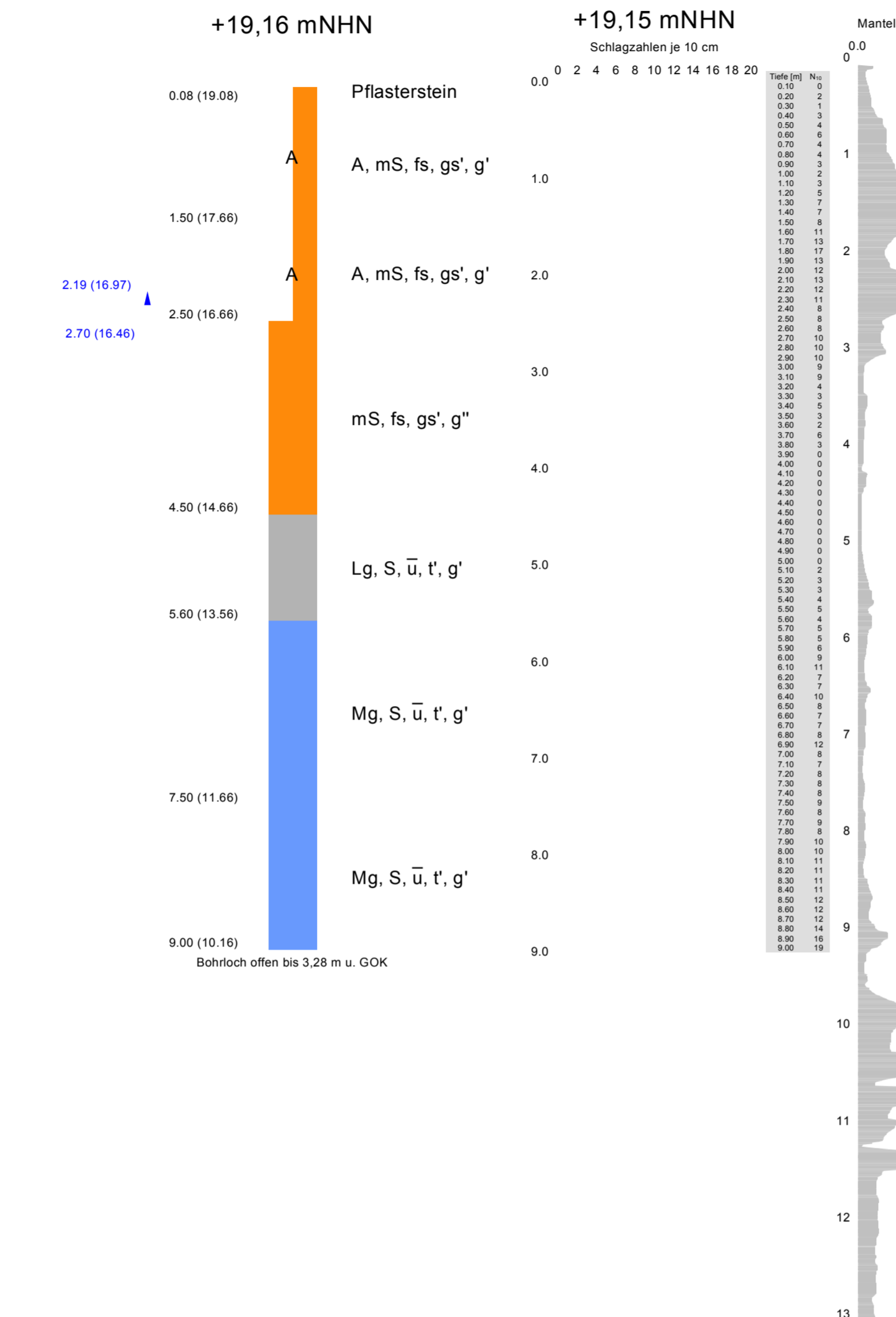
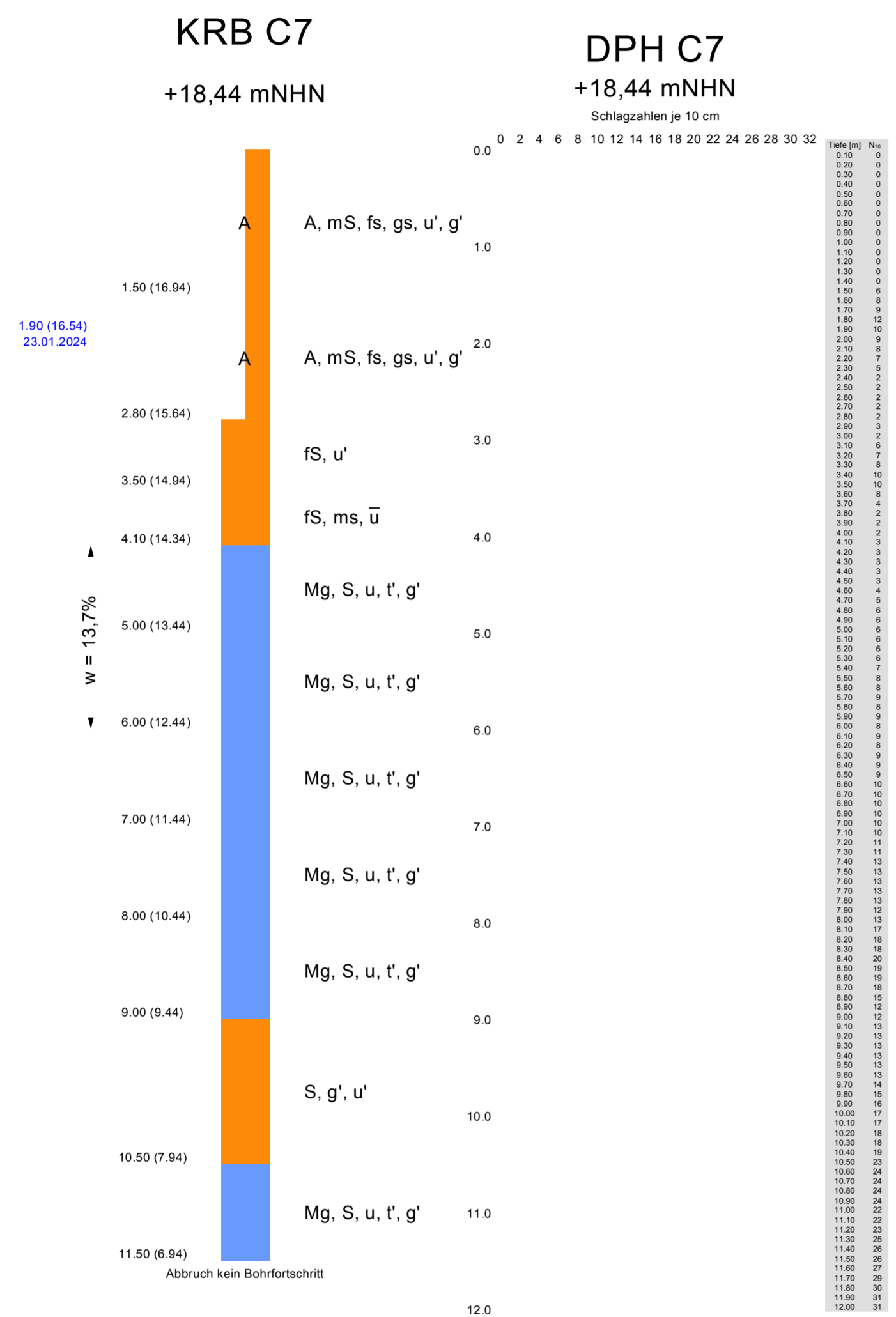
Fax 040-890 56 65 · Tel 040-810 00 90



- Legende**
- klüftig
 - fest
 - halbfest - fest
 - halbfest
 - steif - halbfest
 - steif
 - weich - steif
 - weich
 - breitig - weich
 - breitig
 - nass
- Geschiebemergel
 - Geschiebelehm
 - A Auffüllung
 - Mittelsand
 - Feinsand
 - Sand
 - Schluff



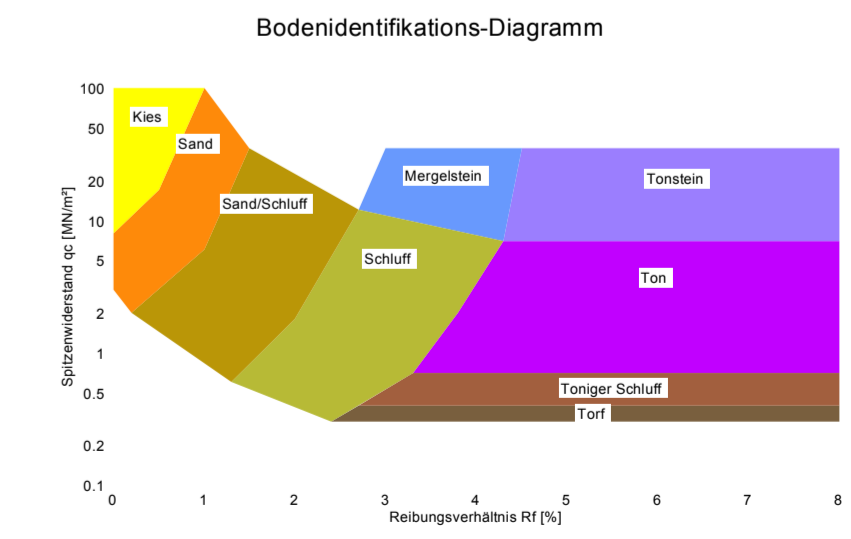
- Legende Spitzwiderstand**
- sehr locker
 - locker
 - mitteldicht
 - dicht
 - sehr dicht
- GW angebohrt
GW Bohrende
GW Ruhe



- Legende**
- klüftig
 - fest
 - halbfest - fest
 - halbfest
 - steif - halbfest
 - steif
 - weich - steif
 - weich
 - breiig - weich
 - breiig
 - nass
 - Geschiebemergel
 - Geschiebelehm
 - A
 - Mittelsand
 - Feinsand
 - Sand

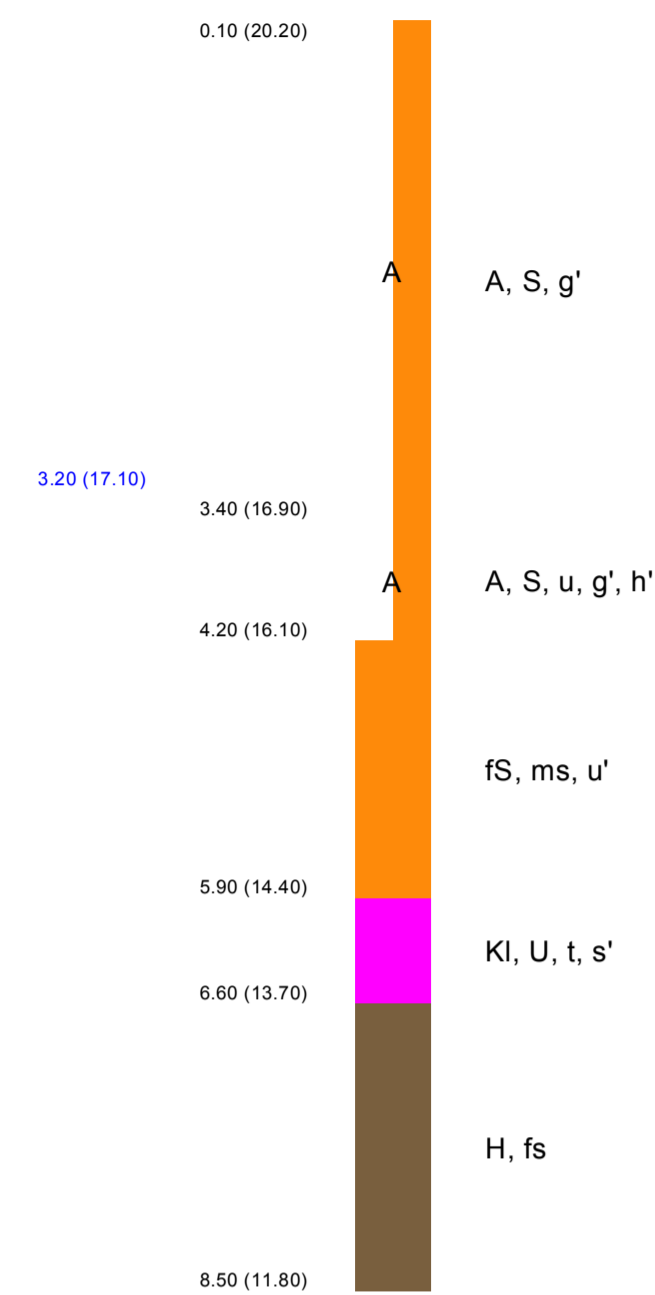
- Legende Spitzwiderstand**
- sehr locker
 - locker
 - mitteldicht
 - dicht
 - sehr dicht

- GW angebohrt
- GW Bohrende
- GW Ruhe



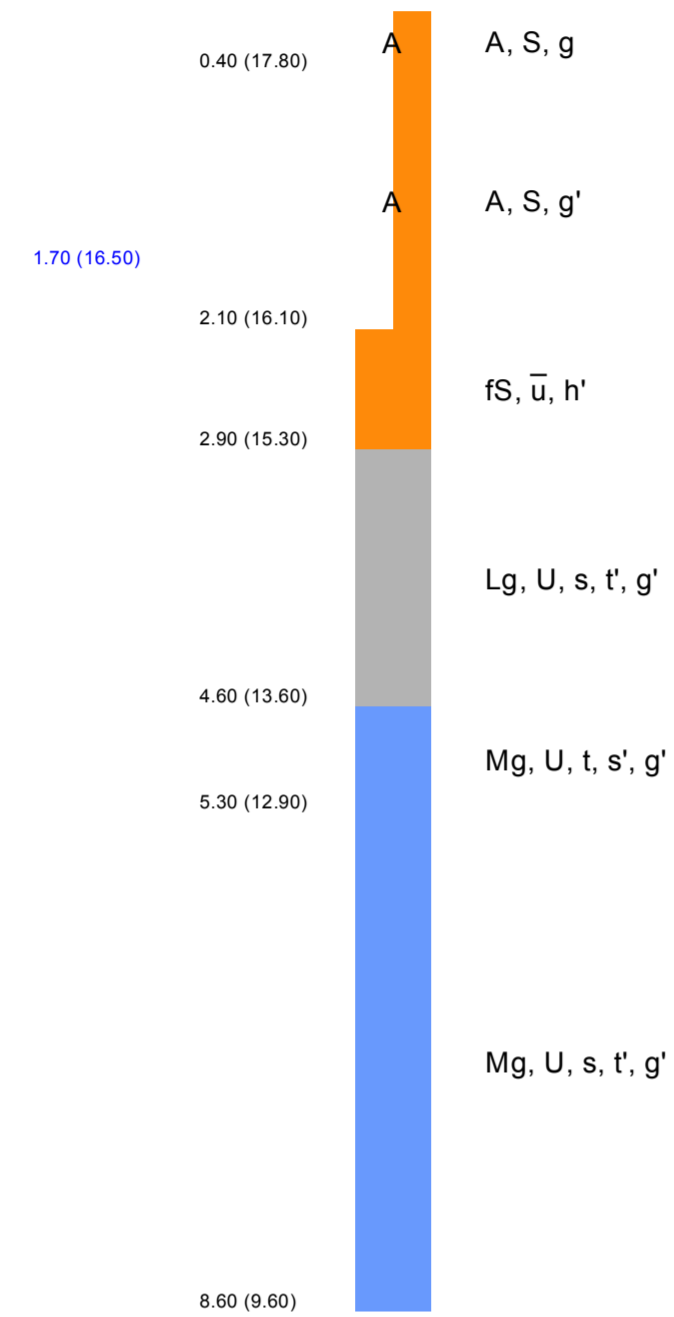
BS 8 - Altaufschluss

20,30 mNHN



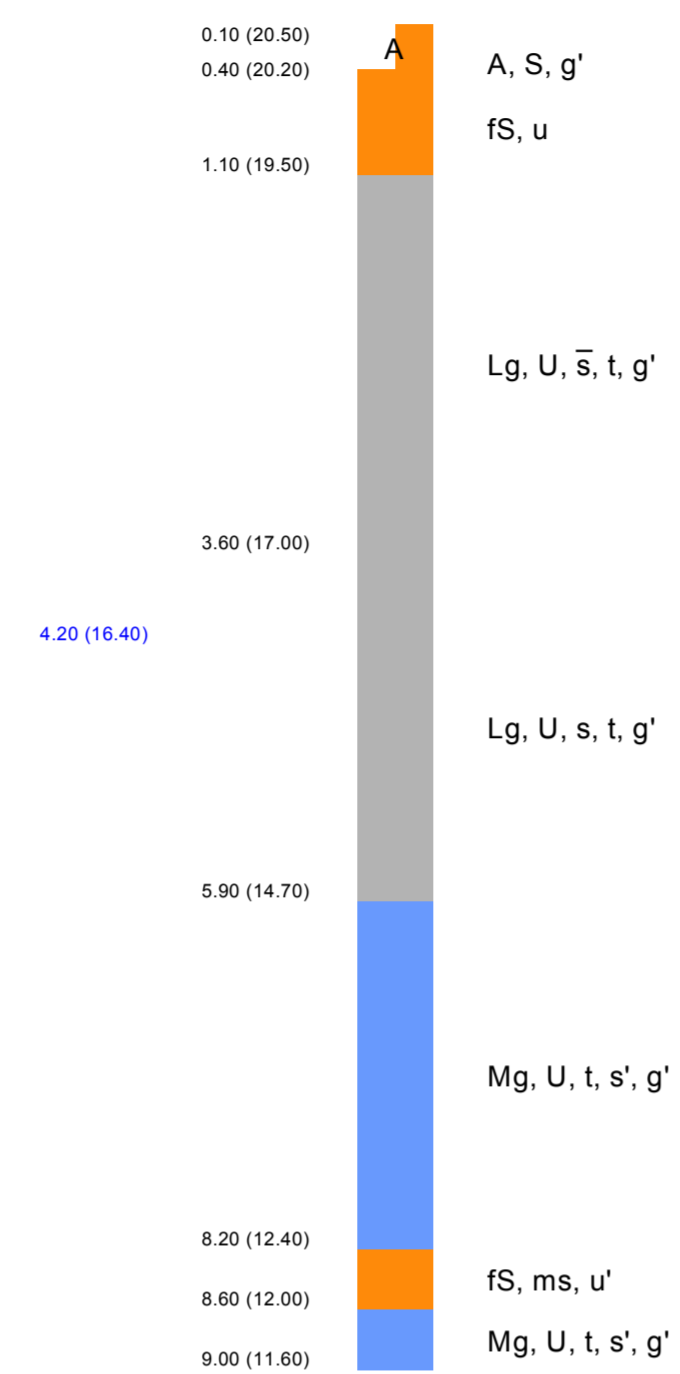
BS 10 - Altaufschluss

18,20 mNHN



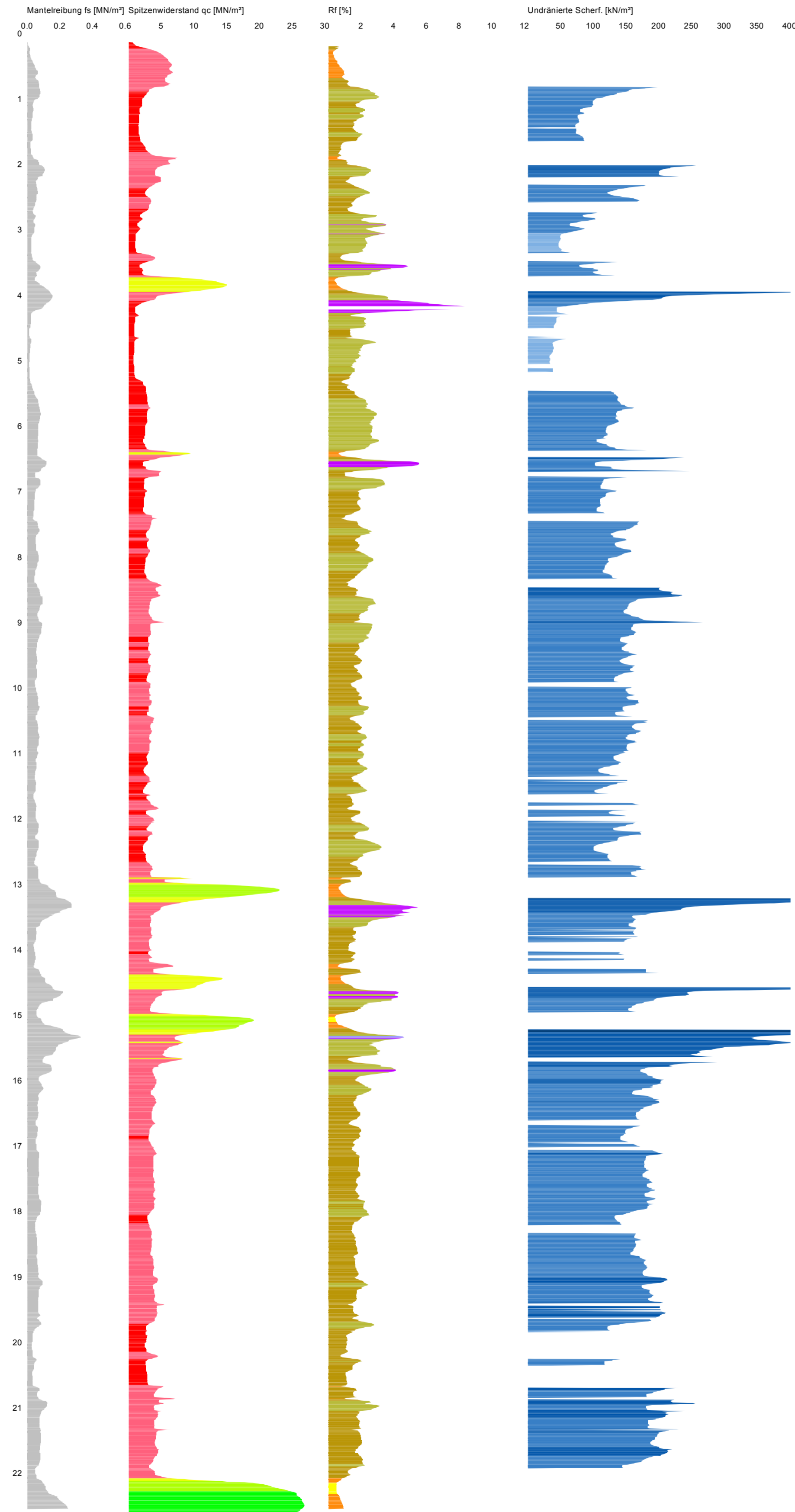
BS 11 - Altaufschluss

20,60 mNHN



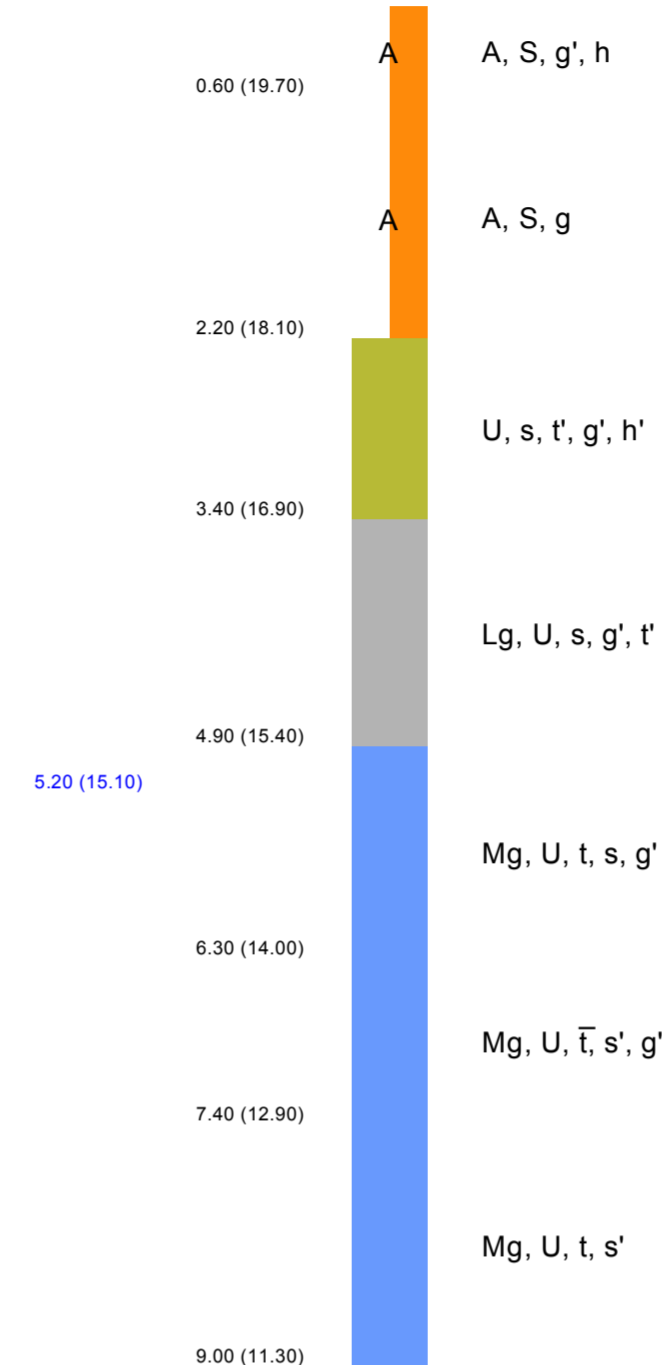
CPT 12 - Altaufschluss

20,30 mNHN



BS 13 - Altaufschluss

20,30 mNHN



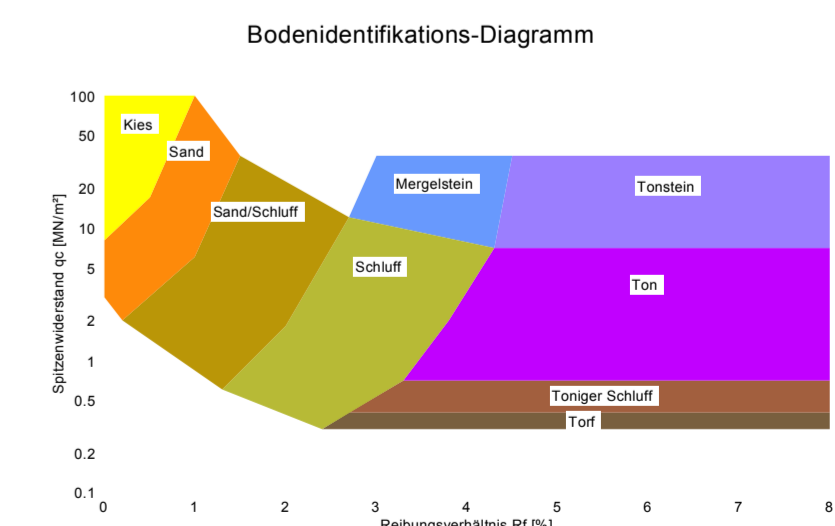
+17,00 mNHN
Gründungssohle

Legende

- klüftig
- fest
- halbfest - fest
- halbfest
- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich
- breiig - weich
- breiig
- nass
- Geschiebemergel
- Geschiebelehm
- Auffüllung
- Torf
- Feinsand
- Sand
- Schluff

- #### Legende Spitzwiderstand
- sehr locker
 - locker
 - mitteldicht
 - dicht
 - sehr dicht

- GW angebohrt
- GW Bohrende
- GW Ruhe



O + P Geotechnik GmbH
Grundbau, Bodenmechanik
und Umwelttechnik
Auftraggeber : SAGA Hamburg
Bauort : Steilshoop Nord, Hamburg
Bauvorhaben : Baufeld C

Baugrundaufschlüsse

Maßstab : H 1:50
Bearbeiter : 19.03.2024
Gezeichnet : 22.03.2024
Geprüft : 22.03.2024

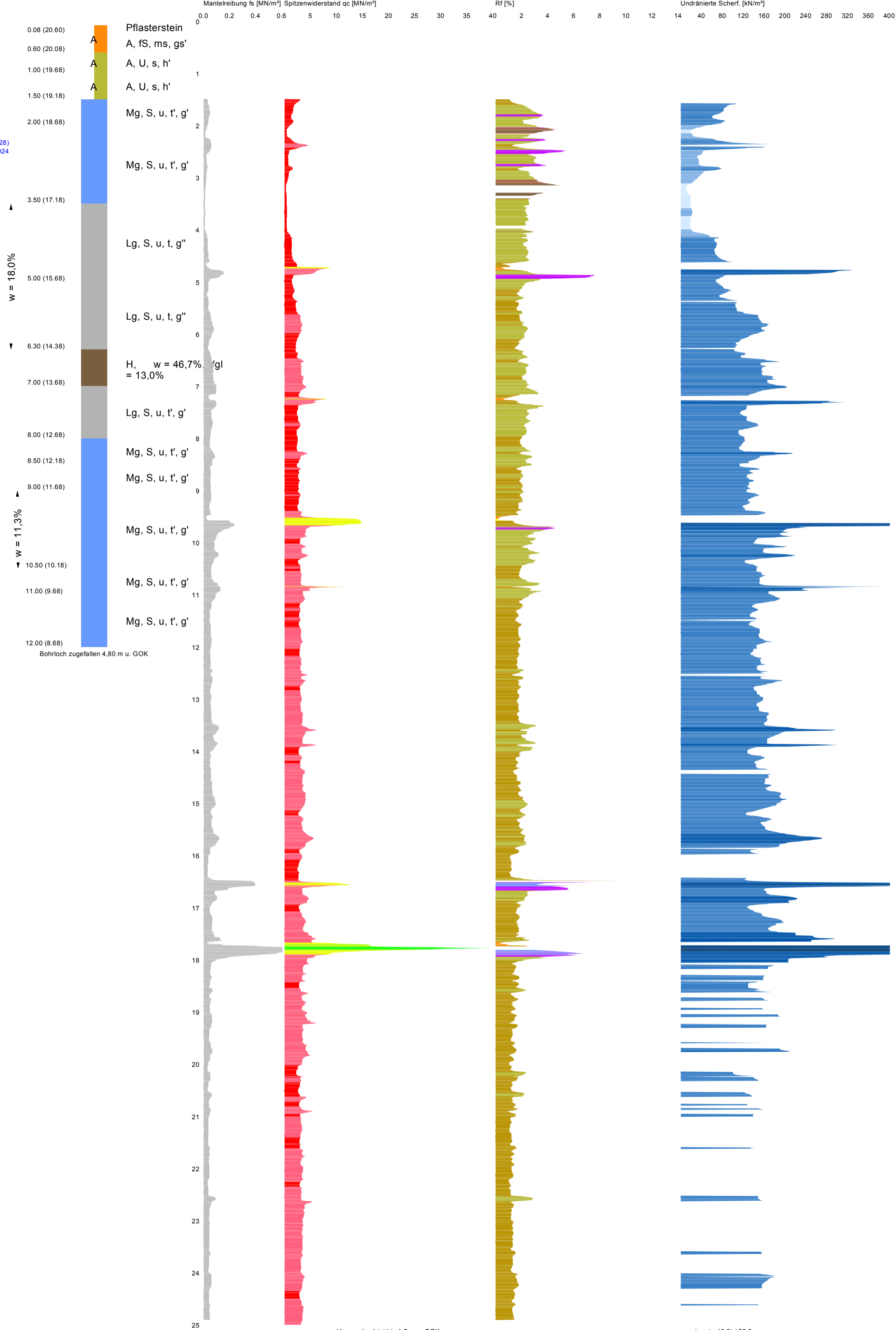
Plan-Nr.:

23127/3.4-C

$$c_u = (q_u - 1 \cdot 10.0) / 20.0$$

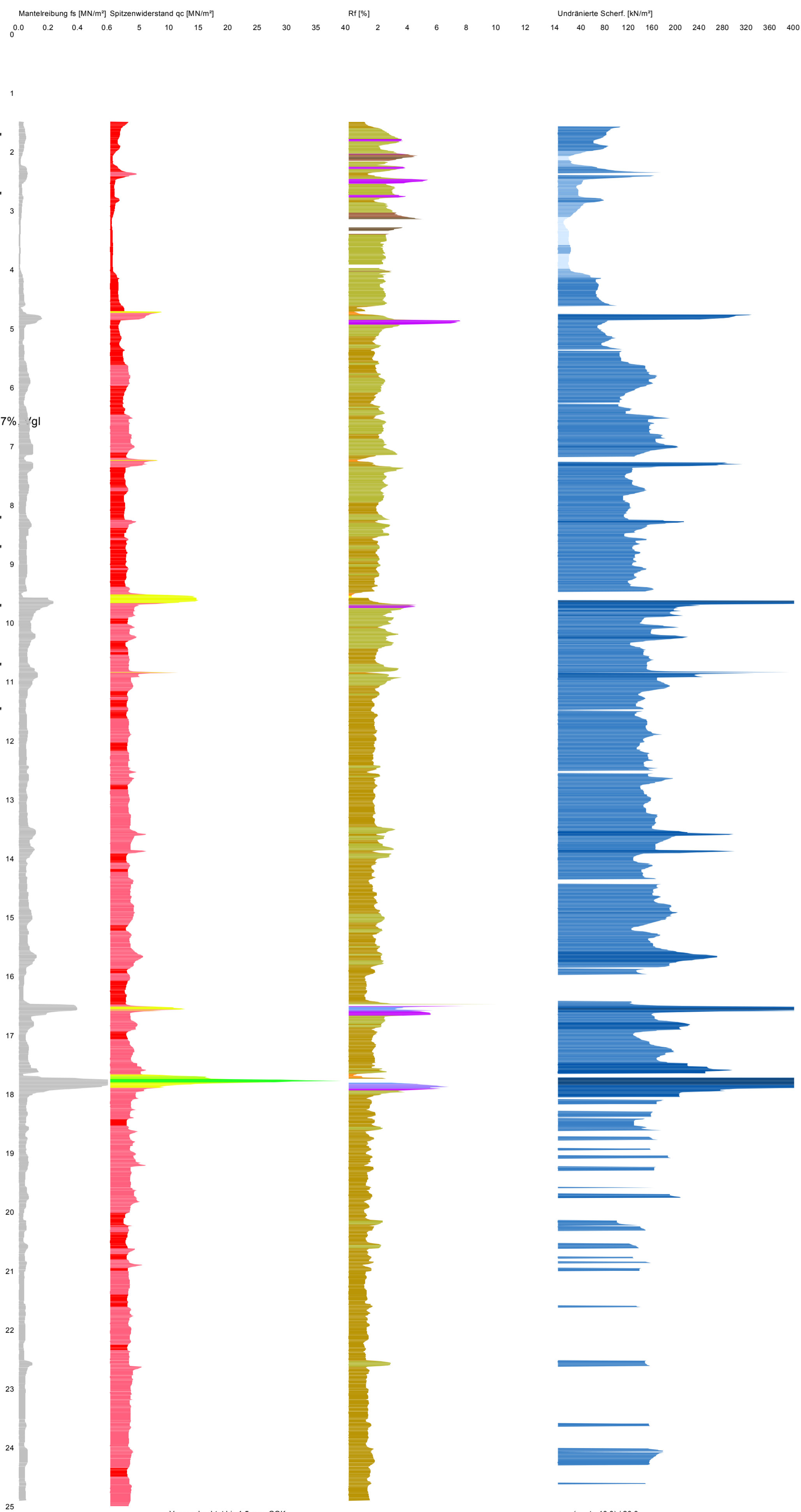
KRB C8

+20,68 mNHN



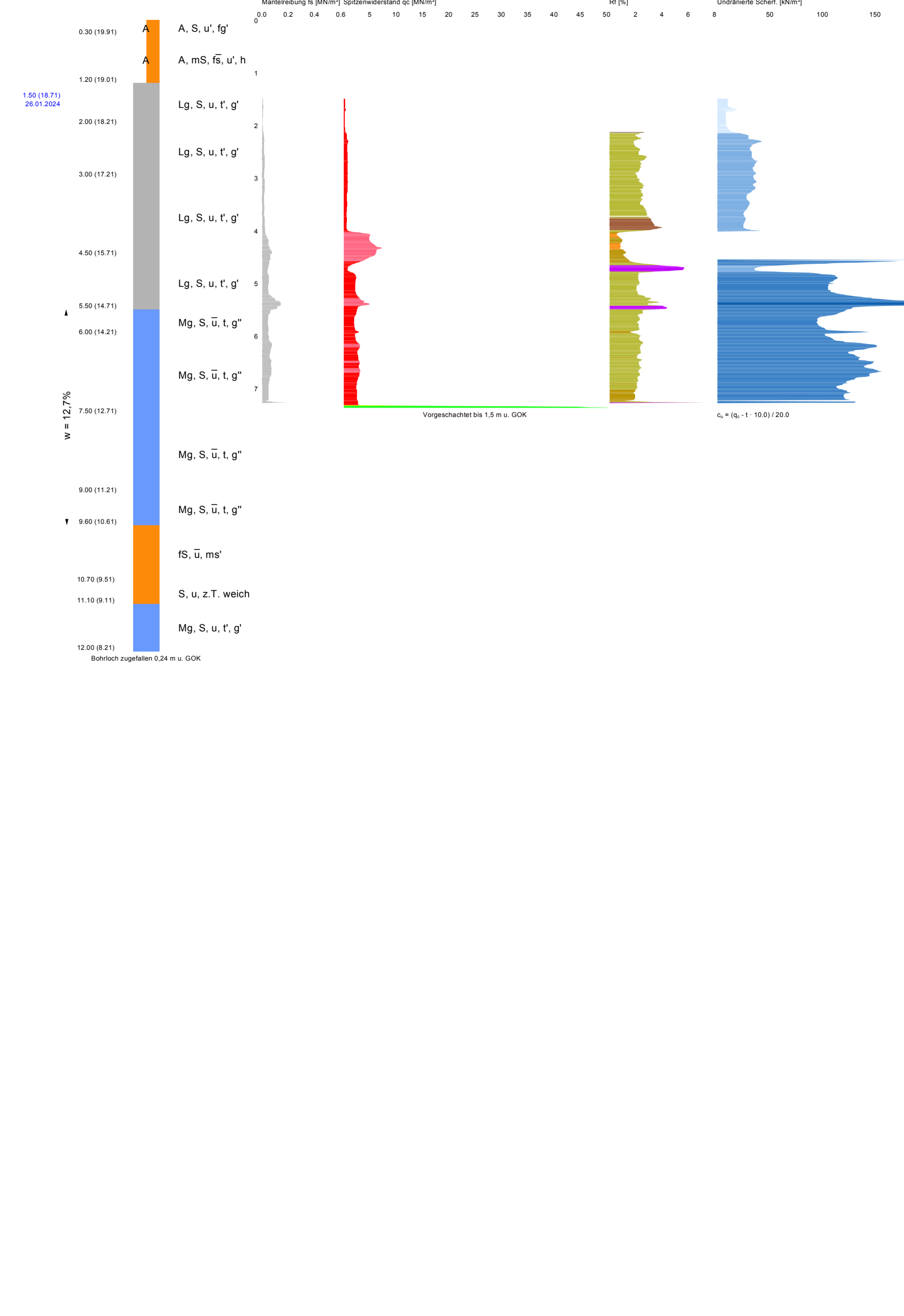
CPT C8

+20,68 mNHN



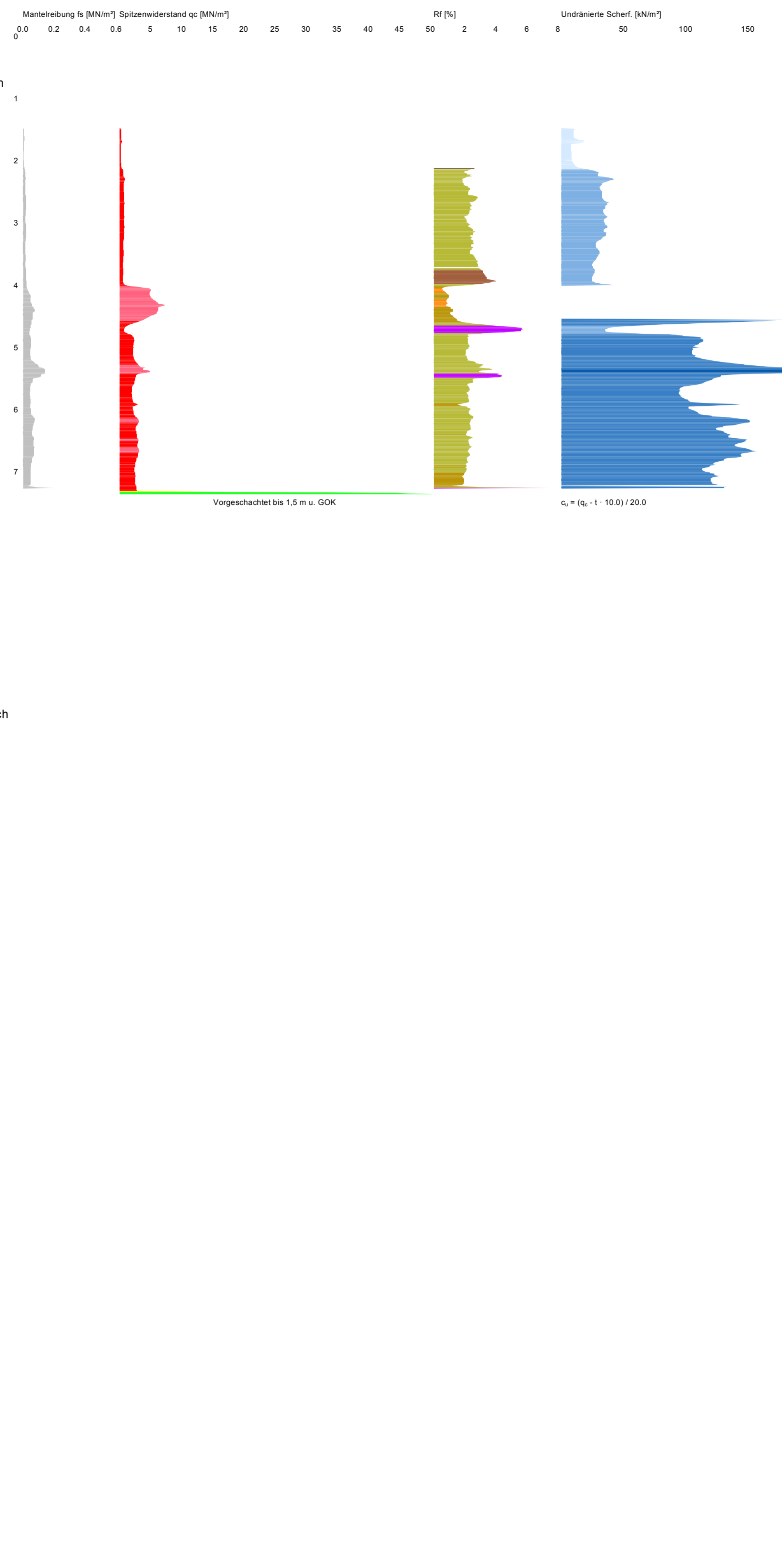
KRB C10

+20,21 mNHN



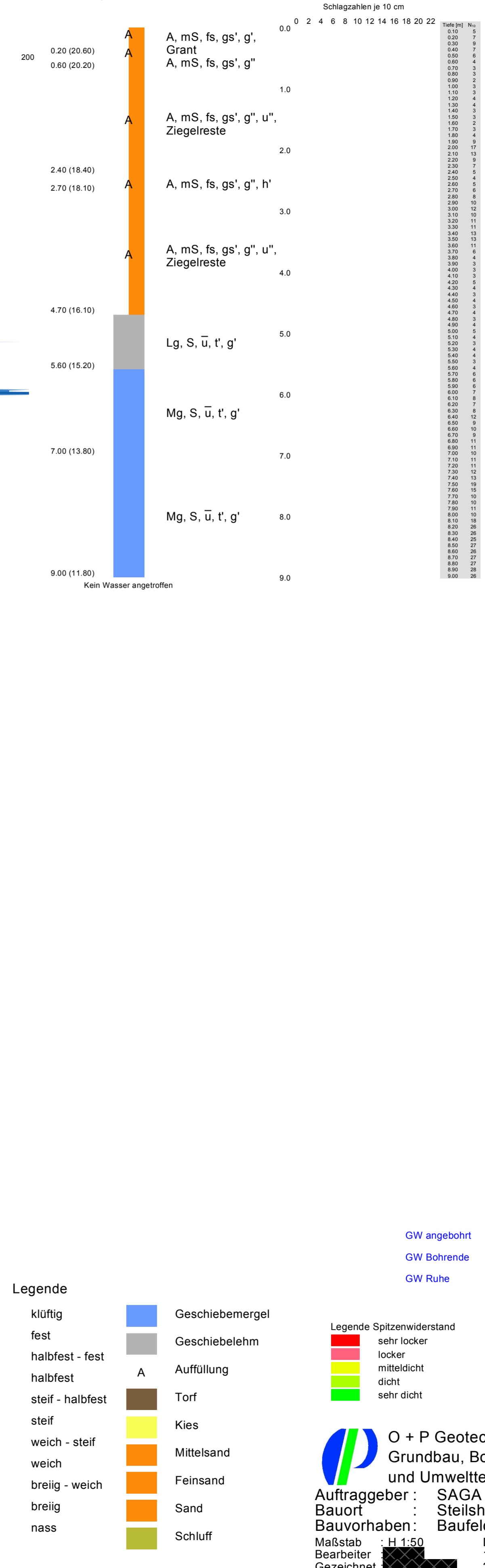
CPT C10

20,21 mNHN



BS 5 - Altaufschluss

20,80 mNHN



BS 7 - Altaufschluss

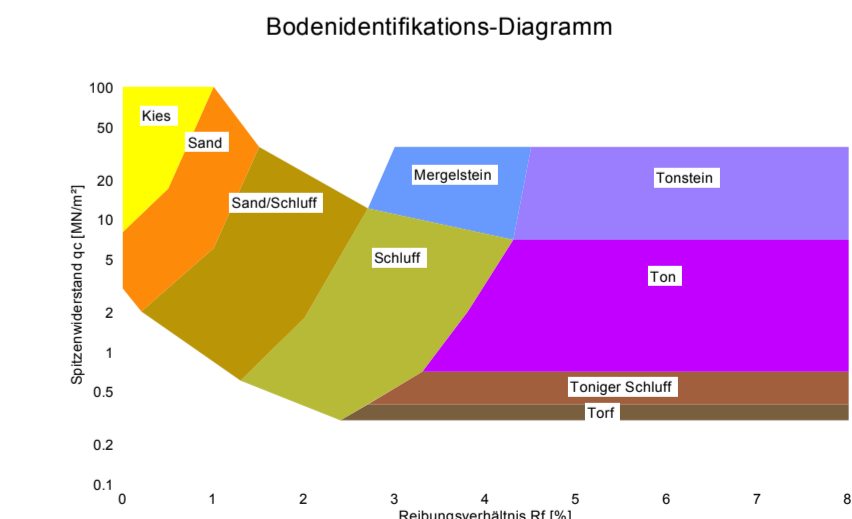
20,80 mNHN



Legende

- klüftig
 - fest
 - halbfest - fest
 - halbfest
 - steif - halbfest
 - steif
 - weich - steif
 - weich
 - breiig - weich
 - breiig
 - nass
- Geschiebemergel
 - Geschiebelehm
 - Auffüllung
 - Torf
 - Kies
 - Mittelsand
 - Feinsand
 - Sand
 - Schluff

- #### Legende Spitzwiderstand
- sehr locker
 - locker
 - mitteldicht
 - dicht
 - sehr dicht



O + P Geotechnik GmbH
 Grundbau, Bodenmechanik und Umwelttechnik
 Baugrundaufschlüsse

Auftraggeber : SAGA Hamburg
 Bauort : Steilshoop Nord, Hamburg
 Bauvorhaben : Baufeld C

Maßstab : H: 1:50
 Bearbeiter : [Redacted]
 Gezeichnet : [Redacted]
 Geprüft : [Redacted]

Datum : 19.03.2024
 22.03.2024
 22.03.2024

Plan-Nr.: 23127/3.5-C

A.Nr. 23127

Anlage 4-C

BV Steilshoop-Nord – Baufeld C und C1

in

Hamburg-Steilshoop

-

1. Geotechnischer Bericht

Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

Kornverteilungen

O + P Geotechnik GmbH

22761 Hamburg · Mendelssohnstraße 15 F

Fax 040-890 56 65 · Tel 040-810 00 90

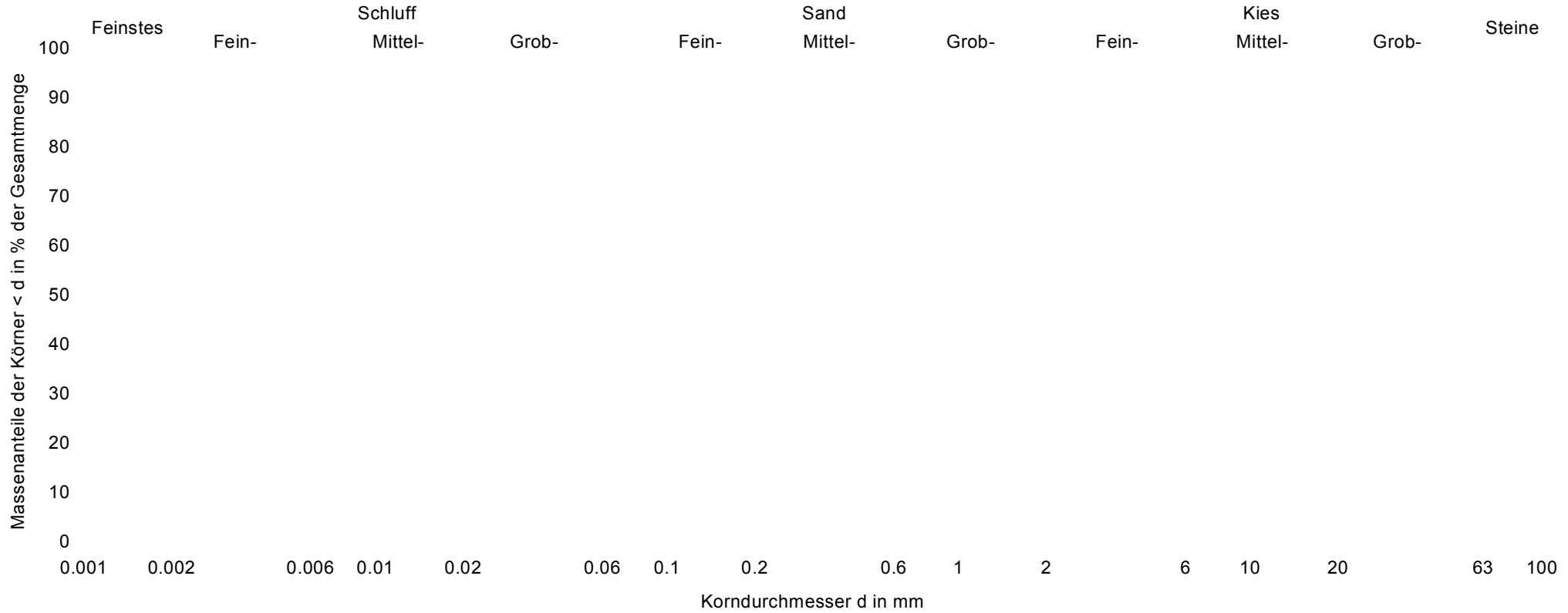
Körnungslinie

Steilshoop Nord, Hamburg
Baufeld C

Auftragsnummer: 23127

Probe entnommen am: 23.+24.01.2024

Art der Entnahme: Kleinrammbohrung



Bezeichnung:	KRB C 1/5	KRB C 1/9 - 1/12
Bodenart:	fS + mS, u', gs''	S, u, t', g''
Entnahmestelle:	Kleinrammbohrung C1	Kleinrammbohrung C1
Tiefe:	4,00-5,30 m u. GOK	8,10-11,70 m u. GOK
k [m/s] nach Beyer:	$5.6 \cdot 10^{-5}$	-
Cu/Cc	2.9/1.3	-/-
T/U/S/G [%]:	- /6.5/93.2/0.3	12.5/18.3/65.9/3.4
Bodengruppe (DIN 18196):	SU	SU*
Frostempfindlichkeit:	F1	F3
Art der Siebung:	Nasssiebung	Kombinierte Analyse
Signatur		

Bemerkungen:

Bearbeiter:

Datum: 22.03.2024



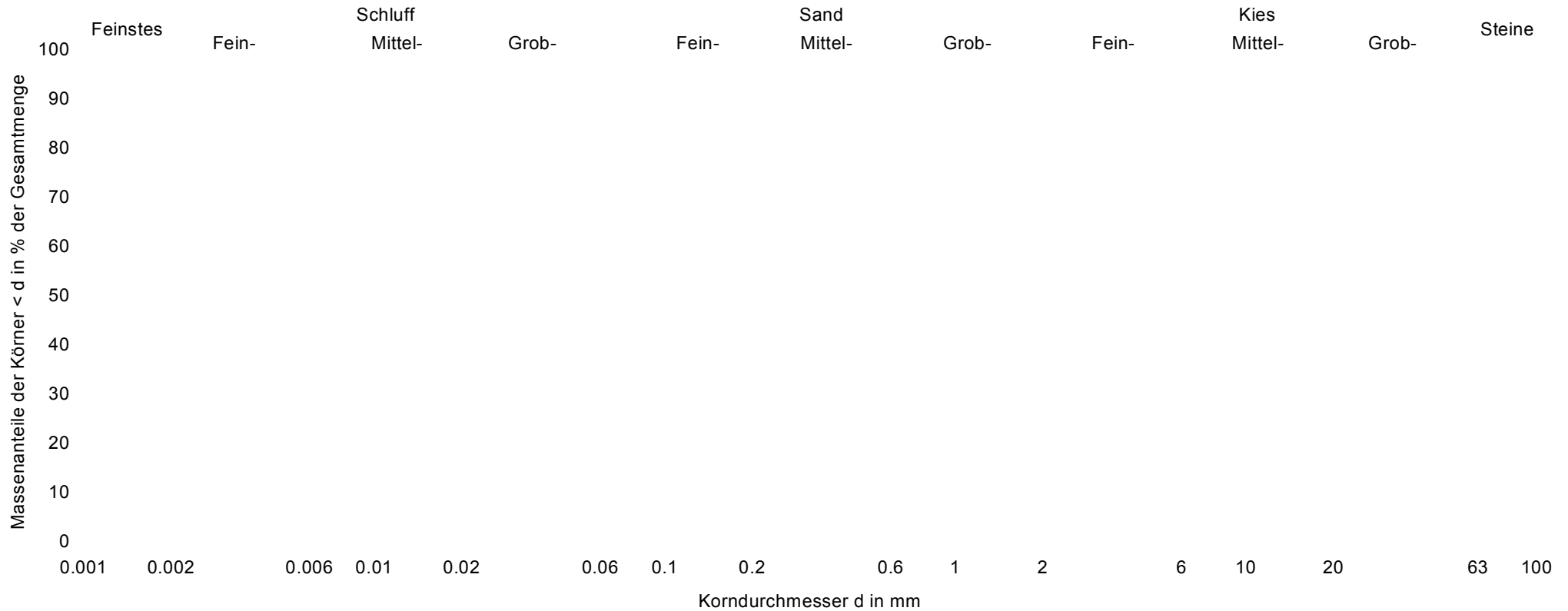
Körnungslinie

Steilshoop Nord, Hamburg
Baufeld C

Auftragsnummer: 23127

Probe entnommen am: 23.+24.01.2024

Art der Entnahme: Kleinrammbohrung



Bezeichnung:	KRB C 2/1 - 2/4	KRB C 2/5	KRB C 2/8 + 2/9
Bodenart:	mS, fs, gs, u'', g''	mS, fs, gs, u', g'	mS, f̄s, u', gs'
Entnahmestelle:	Kleinrammbohrung C2	KRB C2	Kleinrammbohrung C2
Tiefe:	0,00-3,00	3,00-3,70 m u. GOK	5,20-6,50 m u. GOK
k [m/s] nach Beyer:	$8.7 \cdot 10^{-5}$	$7.4 \cdot 10^{-5}$	-
Cu/Cc	3.6/1.1	4.4/1.1	-/-
T/U/S/G [%]:	- /4.9/93.0/2.1	- /6.7/87.3/6.0	- /11.7/88.0/0.3
Bodengruppe (DIN 18196):	SE	SU	SU
Frostempfindlichkeit:	F1	F1	F2
Art der Siebung:	Nasssiebung	Nasssiebung	Nasssiebung
Signatur			

Bemerkungen:

Bearbeiter:

Datum: 22.03.2024



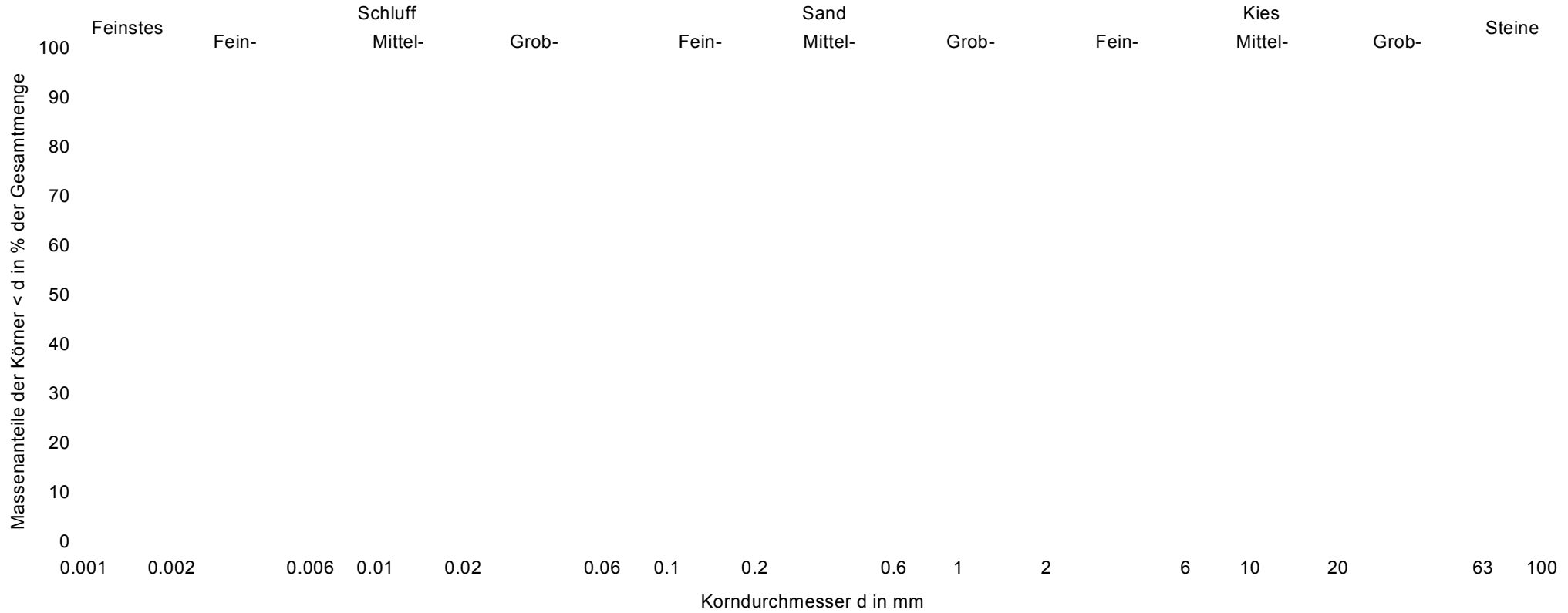
Körnungslinie

Steilshoop Nord, Hamburg
Baufeld C

Auftragsnummer: 23127

Probe entnommen am: 23.+24.01.2024

Art der Entnahme: Kleinrammbohrung



Bezeichnung:	KRB C 3/5 - 3/9	KRB C 3/10 - 3/13	KRB C 4/6	KRB C 6/5 - 6/7
Bodenart:	S, u, t, g"	S, u, t, g"	S, u, t', g"	mS, fs, u', gs', g'
Entnahmestelle:	Kleinrammbohrung C3	Kleinrammbohrung C3	Kleinrammbohrung C4	Kleinrammbohrung C6
Tiefe:	2,40-6,60 m u. GOK	6,60-12,00 m u. GOK	2,50-5,50 m u. GOK	3,40-5,40 m u. GOK
k [m/s] nach Beyer:	-	-	-	-
Cu/Cc	-/-	-/-	-/-	-/-
T/U/S/G [%]:	16.5/18.9/63.0/1.6	16.7/21.7/58.7/2.8	12.2/16.3/69.9/1.5	- /11.2/78.4/10.5
Bodengruppe (DIN 18196):	SU*	SU*	SU*	SU
Frostempfindlichkeit:	F3	F3	F3	F2
Art der Siebung:	Kombinierte Analyse	Kombinierte Analyse	Kombinierte Analyse	Nasssiebung
Signatur				

Bemerkungen:

Bearbeiter:

Datum: 22.03.2024



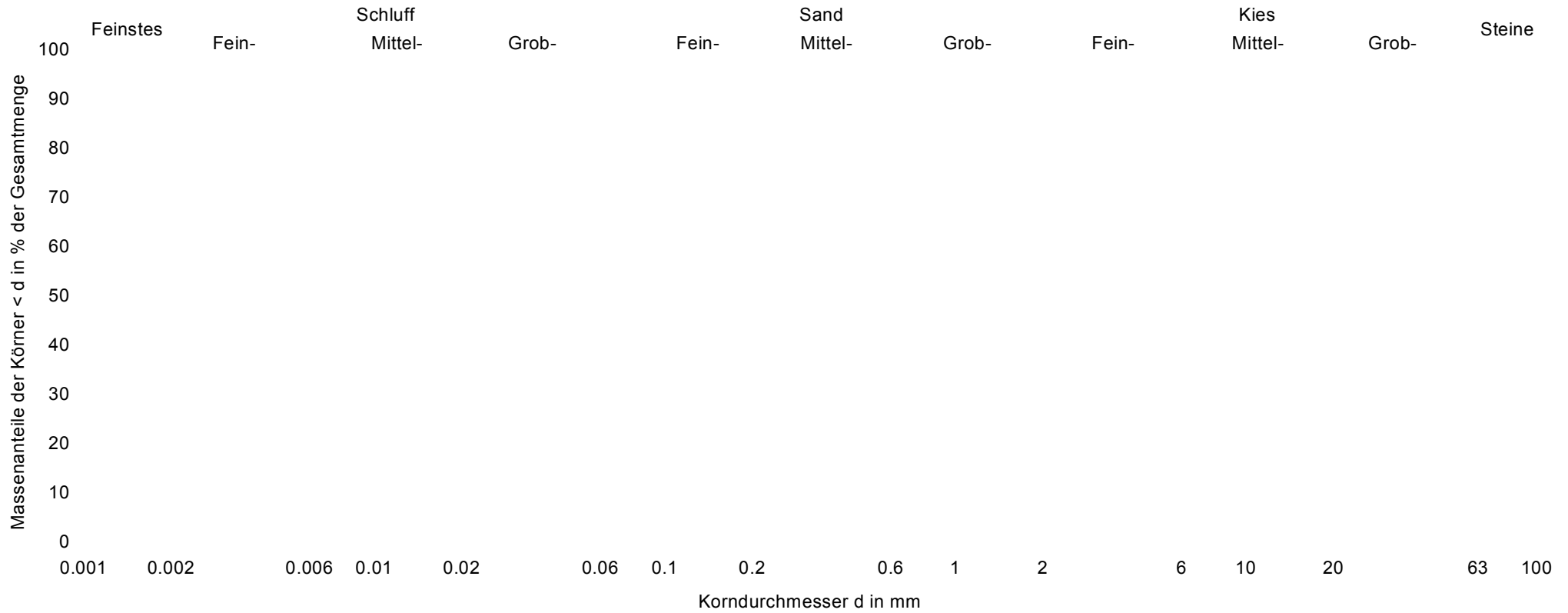
Körnungslinie

Steilshoop Nord, Hamburg
Baufeld C

Auftragsnummer: 23127

Probe entnommen am: 23.+24.01.2024

Art der Entnahme: Kleinrammbohrung



Bezeichnung:	KRB C 7/1 + 7/2	KRB C 7/10
Bodenart:	mS, fs, gs, u', g'	S, g', u'
Entnahmestelle:	Kleinrammbohrung C7	Kleinrammbohrung C7
Tiefe:	0,00-2,80 m u. GOK	9,00-10,50 m u. GOK
k [m/s] nach Beyer:	$7.4 \cdot 10^{-5}$	$1.2 \cdot 10^{-4}$
Cu/Cc	5.0/1.4	5.4/1.2
T/U/S/G [%]:	- /6.7/87.3/6.0	- /6.9/80.4/12.6
Bodengruppe (DIN 18196):	SU	SU
Frostempfindlichkeit:	F1	F1
Art der Siebung:	Nasssiebung	Nasssiebung
Signatur		

Bemerkungen:

Bearbeiter:

Datum: 22.03.2024



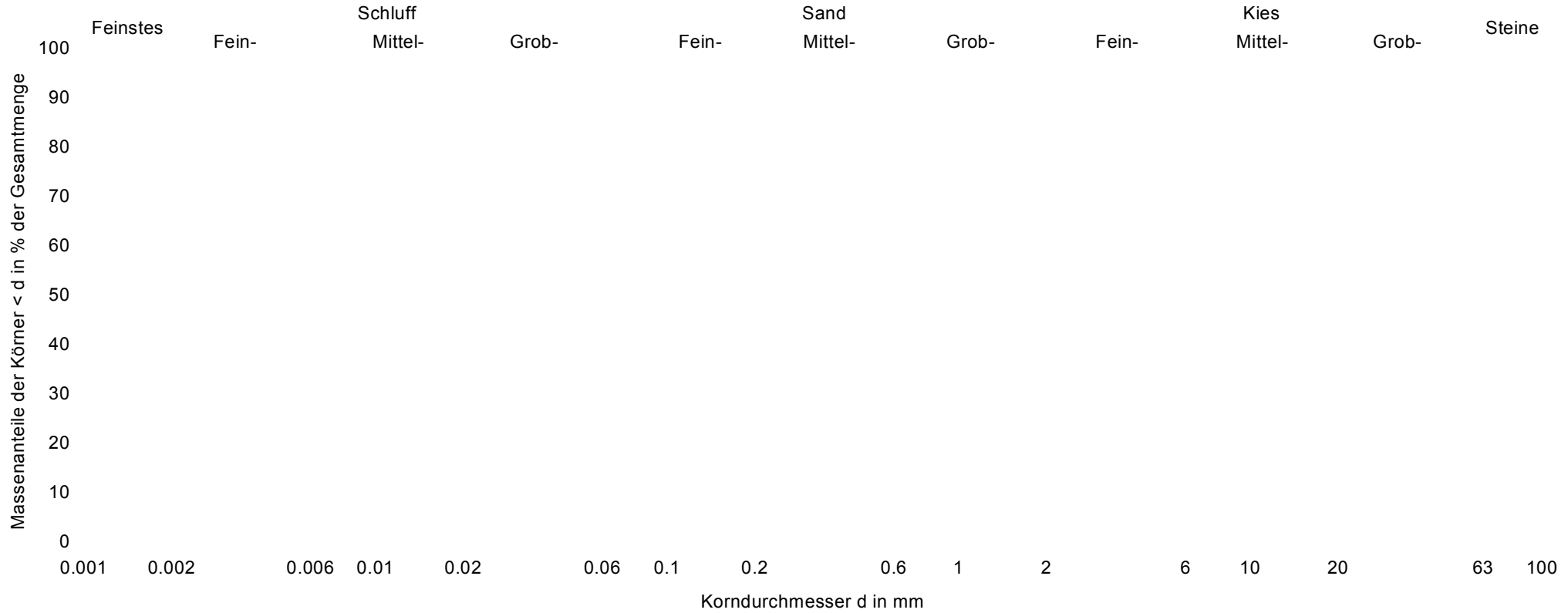
Körnungslinie

Steilshoop Nord, Hamburg
Baufeld C

Auftragsnummer: 23127

Probe entnommen am: 23.+24.01.2024

Art der Entnahme: Kleinrammbohrung



Bezeichnung:	KRB C 8/6 + 8/7	KRB C 8/11+ 8/12	Bemerkungen:
Bodenart:	S, u, t, g"	S, t, u', g"	
Entnahmestelle:	Kleinrammbohrung C8	Kleinrammbohrung C8	
Tiefe:	3,50-6,30 m u. GOK	8,50-10,90 m u. GOK	
k [m/s] nach Beyer:	-	-	
Cu/Cc	-/-	-/-	
T/U/S/G [%]:	15.8/19.9/61.9/2.5	21.7/9.6/66.5/2.1	
Bodengruppe (DIN 18196):	SU*	ST*	
Frostempfindlichkeit:	F3	F3	
Art der Siebung:		Kombinierte Analyse	
Signatur			

Bearbeiter:

Datum: 22.03.2024



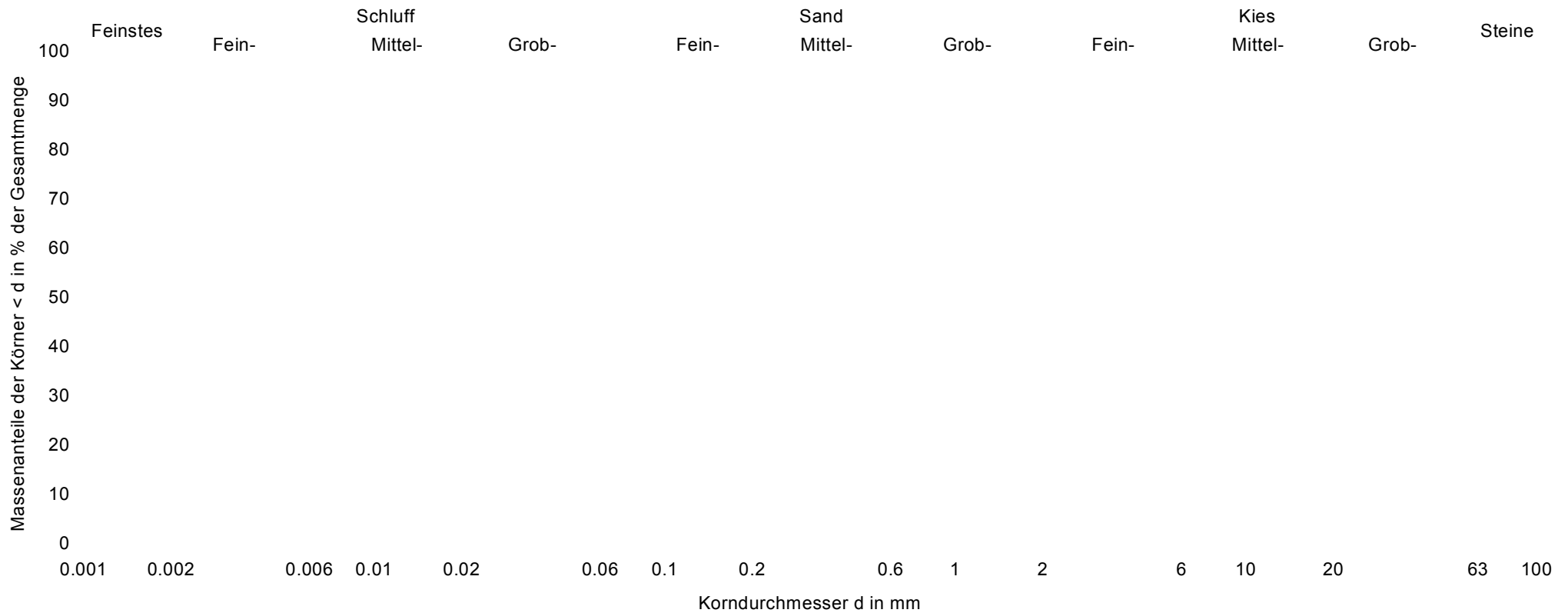
Körnungslinie

Steilshoop Nord, Hamburg
Baufeld C

Auftragsnummer: 23127

Probe entnommen am: 23.+24.01.2024

Art der Entnahme: Kleinrammbohrung



Bezeichnung:	KRB C 10/7 - 10/10	KRB C 10/11
Bodenart:	S, \bar{u} , t, g"	fS, \bar{u} , ms'
Entnahmestelle:	Kleinrammbohrung C10	KRB C10
Tiefe:	5,50-9,60 m u. GOK	9,60-10,70
k [m/s] nach Beyer:	-	-
Cu/Cc	-/-	-/-
T/U/S/G [%]:	16.1/37.8/43.4/2.7	- /33.1/66.7/0.2
Bodengruppe (DIN 18196):		SU*
Frostempfindlichkeit:	-	F3
Art der Siebung:	Kombinierte Analyse	Nasssiebung
Signatur		

Bemerkungen:

Bearbeiter:

Datum: 22.03.2024



A.Nr. 23127

Anlage 5-C

BV Steilshoop-Nord – Baufeld C und C1

in

Hamburg-Steilshoop

-

1. Geotechnischer Bericht

Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

Übersicht und Prüfzertifikat des chemischen Labor Eurofins -
Detailergebnisse chemische Bodenanalysen

O + P Geotechnik GmbH

22761 Hamburg · Mendelssohnstraße 15 F

Fax 040-890 56 65 · Tel 040-810 00 90

angewendete Vergleichstabelle: LAGA TR Boden (2004) Tabelle II.1.2.-2/-4 + -3/-5

Bezeichnung	Einheit	BG	Methode	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	Z0 Sand	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2
Probennummer				324037898	324037899	324037890	324037891					
Anzuwendende Klasse(n):				Z1.2	Z0 Sand	Z0 Sand	Z0 Sand					
Probenvorbereitung												
Königswasseraufschluss (angewandte Methode)			L8-DIN EN 13657:2003-01;F5:DIN EN ISO 54321:2021-4	unter Rückfluss	unter Rückfluss	unter Rückfluss	unter Rückfluss					
Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz												
Trockenmasse	Ma.-%	0,1	DIN EN 14346, Verfahren A: 2007-03	91,1	89,6	89,3	90,7					
Elemente aus dem Königswasseraufschluss nach DIN EN 13657: 2003-01												
Arsen (As)	mg/kg TS	0,8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	2,1	2,2	3,0	1,6	10	15	45	45	150
Blei (Pb)	mg/kg TS	2	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	9	6	14	11	40	140	210	210	700
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,4	1	3	3	10
Chrom (Cr)	mg/kg TS	1	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	4	7	5	5	30	120	180	180	600
Kupfer (Cu)	mg/kg TS	1	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	5	3	7	5	20	80	120	120	400
Nickel (Ni)	mg/kg TS	1	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	3	4	5	3	15	100	150	150	500
Thallium (Tl)	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,4	0,7	2,1	2,1	7
Quecksilber (Hg)	mg/kg TS	0,07	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	0,1	1	1,5	1,5	5
Zink (Zn)	mg/kg TS	1	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	25	25	31	23	60	300	450	450	1500
Anionen aus der Originalsubstanz												
Cyanide, gesamt	mg/kg TS	0,5	DIN ISO 17380: 2013-10	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5			3	3	10
Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz												
TOC	Ma.-% TS	0,1	DIN EN 15936: 2012-11 (AN,L8: Ver.A; FG,F5: Ver.B)	0,2	0,1	0,3	0,2	0,5	0,5	1,5	1,5	5
EOX	mg/kg TS	1,0	DIN 38414-17 (S17): 2017-01	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1	1	3	3	10
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg TS	40	DIN EN 14039: 2005-01/LAGA KW/04: 2019-09	< 40	< 40	< 40	< 40	100	200	300	300	1000
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS	40	DIN EN 14039: 2005-01/LAGA KW/04: 2019-09	< 40	< 40	< 40	< 40		400	600	600	2000
BTEX aus der Originalsubstanz												
Benzol	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
Toluol	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
Ethylbenzol	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
m-/p-Xylol	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
o-Xylol	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
Summe BTEX	mg/kg TS		berechnet	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	1	1	1	1	1
LHKW aus der Originalsubstanz												
Dichlormethan	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
trans-1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
Chloroform (Trichlormethan)	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
1,1,1-Trichlorethen	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
Tetrachlormethan	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
Trichlorethen	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
Tetrachlorethen	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
1,1-Dichlorethen	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
Summe LHKW (10 Parameter)	mg/kg TS		berechnet	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	1	1	1	1	1
PCB aus der Originalsubstanz												
PCB 28	mg/kg TS	0,01	DIN EN 15308: 2016-12	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01					
PCB 52	mg/kg TS	0,01	DIN EN 15308: 2016-12	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01					
PCB 101	mg/kg TS	0,01	DIN EN 15308: 2016-12	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01					
PCB 153	mg/kg TS	0,01	DIN EN 15308: 2016-12	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01					
PCB 138	mg/kg TS	0,01	DIN EN 15308: 2016-12	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01					
PCB 180	mg/kg TS	0,01	DIN EN 15308: 2016-12	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01					
Summe 6 DIN-PCB exkl. BG	mg/kg TS		DIN EN 15308: 2016-12	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5
PAK aus der Originalsubstanz												
Naphthalin	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
Acenaphthylen	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
Acenaphthen	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
Fluoren	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.					
Phenanthren	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,09	< 0,05	n.n.	n.n.					
Anthracen	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	< 0,05	n.n.	n.n.	n.n.					
Fluoranthren	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,32	0,09	0,09	< 0,05					
Pyren	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,25	0,07	0,08	< 0,05					
Benzo[<i>a</i>]anthracen	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,23	0,06	0,07	< 0,05					
Chrysen	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,16	< 0,05	< 0,05	n.n.					
Benzo[<i>b</i>]fluoranthren	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,20	0,05	0,07	n.n.					
Benzo[<i>k</i>]fluoranthren	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,08	< 0,05	< 0,05	n.n.					
Benzo[<i>a</i>]pyren	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,15	< 0,05	< 0,05	n.n.	0,3	0,6	0,9	0,9	3
Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyren	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,11	< 0,05	< 0,05	n.n.					
Dibenzo[<i>a,h</i>]anthracen	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	< 0,05	n.n.	n.n.	n.n.					
Benzo[<i>ghi</i>]perylene	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,10	< 0,05	< 0,05	n.n.					
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	mg/kg TS		DIN ISO 18287: 2006-05	1,69	0,27	0,31	(n. b.)	3	3	3	3	30
Physikal.-chem. Kenngrößen a.d. 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01												
pH-Wert			DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04	9,8	8,9	8,5	7,9	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	5	DIN EN 27888 (C8): 1993-11	90	66	97	56	250	250	250	1500	2000
Anionen aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01												
Chlorid (Cl)	mg/l	1,0	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	30	30	30	30	100
Sulfat (SO4)	mg/l	1,0	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	13	2,7	4,1	4,3	20	20	20	50	200
Cyanide, gesamt	µg/l	5	DIN EN ISO 14403-2: 2012-10	< 5	< 5	< 5	< 5	5	5	5	10	20
Elemente aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01												
Arsen (As)	µg/l	1	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	5	2	1	< 1	14	14	14	20	60
Blei (Pb)	µg/l	1	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	< 1	< 1	< 1	< 1	40	40	40	80	200
Cadmium (Cd)	µg/l	0,3	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	1,5	1,5	1,5	3	6
Chrom (Cr)	µg/l	1	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	< 1	< 1	< 1	12,5	12,5	12,5	25	60
Kupfer (Cu)	µg/l	5	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	< 5	< 5	< 5	< 5	20	20	20	60	100
Nickel (Ni)	µg/l	1	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	< 1	< 1	< 1	< 1	15	15	15	20	70
Quecksilber (Hg)	µg/l	0,2	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink (Zn)	µg/l	10	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	< 10	< 10	< 10	< 10	10	150	150	200	600
Org. Summenparameter aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01												
Phenolindex, wasserdampflich	µg/l	10	DIN EN ISO 14402 (H37): 1999-12	< 10	< 10	< 10	< 10	20	20	20	40	100
Zusätzliche Messungen: Probenvorbereitung Feststoffe												
Probenbegleitprotokoll				siehe Anlage	siehe Anlage	siehe Anlage	siehe Anlage					
Probenmenge inkl. Verpackung	kg		DIN 19747: 2009-07	1,00	1,10	1,10	0,750					
Fremdstoffe (Art)			DIN 19747: 2009-07	keine	keine	keine	keine					
Fremdstoffe (Menge)	g		DIN 19747: 2009-07	0,0	0,0	0,0	0,0					
Siebrückstand > 10mm			DIN 19747: 2009-07	nein	nein	nein	nein					
Fremdstoffe (Anteil)	%	0,1	DIN 19747: 2009-07	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1					
Rückstellprobe	g	100	Hausmethode	390	624	470	600					
Zusätzliche Messungen: Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz												
Glühverlust (550 °C)	Ma.-% TS	0,1	DIN EN 15169: 2007-05	0,7	0,6	1,1	0,7					
Extrahierbare lipophile Stoffe	Ma.-% TS	0,02	LAGA KW/04: 2019-09									

Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	mg/l	150	DIN EN 15216: 2008-01	< 150	< 150	< 150	< 150				
Zusätzliche Messungen: Anionen aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01											
Fluorid	mg/l	0,2	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	0,2	0,2	0,4	< 0,2				
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	mg/l	0,005	DIN EN ISO 14403-2: 2012-10	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005				
Zusätzliche Messungen: Elemente aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01											
Antimon (Sb)	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001				
Barium (Ba)	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	0,008	0,010	0,007				
Molybdän (Mo)	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,002	0,003	0,001	0,003				
Selen (Se)	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001				
Zusätzliche Messungen: Org. Summenparameter aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01											
Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	mg/l	1,0	DIN EN 1484 (H3): 2019-04	2,9	2,6	2,0	3,1				

n.b. : nicht berechenbar

n.u. : nicht untersucht

Detaillierte Informationen zu den verwendeten Grenz-, Zuordnungs-, Parameter-, Maßnahme- oder Richtwerten sind dem Original-Regelwerk zu entnehmen

angewendete Vergleichstabelle: DepV, DK 0 - III (04.07.2020)

Bezeichnung	Einheit	BG	Methode	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	DK 0	DK I	DK II	DK III
Probennummer				324037888	324037889	324037890	324037891				
Anzuwendende Klasse(n):				DK 0	DK 0	DK 0	DK 0				
Probenvorbereitung											
Probenmenge inkl. Verpackung	kg		DIN 19747: 2009-07	1,00	1,10	1,10	0,750				
Fremdstoffe (Menge)	g		DIN 19747: 2009-07	0,0	0,0	0,0	0,0				
Fremdstoffe (Anteil)	%	0,1	DIN 19747: 2009-07	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1				
Rückstellprobe	g	100	Hausmethode	390	624	470	600				
Probenbegleitprotokoll				siehe Anlage	siehe Anlage	siehe Anlage	siehe Anlage				
Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz											
Trockenmasse	Ma.-%	0,1	DIN EN 14346, Verfahren A: 2007-03	91,1	89,6	89,3	90,7				
Organischer Anteil des Trockenrückstandes der Originalsubstanz											
Glührverlust (550 °C)	Ma.-% TS	0,1	DIN EN 15169: 2007-05	0,7	0,6	1,1	0,7	3	3	5	10
TOC	Ma.-% TS	0,1	DIN EN 15936: 2012-11 (AN,LR: Ver.A; FG,FS: Ver.B)	0,2	0,1	0,3	0,2	1	1	3	6
Feststoffkriterien aus der Originalsubstanz											
Benzol	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
Toluol	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
Ethylbenzol	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
m-/p-Xylol	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
o-Xylol	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
Styrol	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
Isopropylbenzol (Cumol)	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
Summe BTEX + Styrol + Cumol	mg/kg TS		berechnet	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	6			
PCB 28	mg/kg TS	0,01	DIN EN 15308: 2016-12	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01				
PCB 52	mg/kg TS	0,01	DIN EN 15308: 2016-12	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01				
PCB 101	mg/kg TS	0,01	DIN EN 15308: 2016-12	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01				
PCB 153	mg/kg TS	0,01	DIN EN 15308: 2016-12	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01				
PCB 138	mg/kg TS	0,01	DIN EN 15308: 2016-12	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01				
PCB 180	mg/kg TS	0,01	DIN EN 15308: 2016-12	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01				
PCB 118	mg/kg TS	0,01	DIN EN 15308: 2016-12	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01				
Summe PCB (7)	mg/kg TS		DIN EN 15308: 2016-12	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	1			
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg TS	40	DIN EN 14039: 2005-01/LAGA KW/04: 2019-09	< 40	< 40	< 40	< 40				
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS	40	DIN EN 14039: 2005-01/LAGA KW/04: 2019-09	< 40	< 40	< 40	< 40	500			
Naphthalin	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
Acenaphthylen	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
Acenaphthen	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
Fluoren	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
Phenanthren	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,09	< 0,05	n.n.	n.n.				
Anthracen	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	< 0,05	n.n.	n.n.	n.n.				
Fluoranthren	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,32	0,09	0,09	< 0,05				
Pyren	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,25	0,07	0,08	< 0,05				
Benzo[a]anthracen	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,23	0,06	0,07	< 0,05				
Chrysen	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,16	< 0,05	< 0,05	n.n.				
Benzo[b]fluoranthren	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,20	0,05	0,07	n.n.				
Benzo[k]fluoranthren	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,08	< 0,05	< 0,05	n.n.				
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,15	< 0,05	< 0,05	n.n.				
Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,11	< 0,05	< 0,05	n.n.				
Dibenzo[a,h]anthracen	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	< 0,05	n.n.	n.n.	n.n.				
Benzo[ghi]perylen	mg/kg TS	0,05	DIN ISO 18287: 2006-05	0,10	< 0,05	< 0,05	n.n.				
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	mg/kg TS		DIN ISO 18287: 2006-05	1,69	0,27	0,31	(n. b.)	30			
Extrahierbare lipophile Stoffe	Ma.-% TS	0,02	LAGA KW/04: 2019-09	< 0,02	0,05	< 0,02	< 0,02	0,1	0,4	0,8	4
Eluatkriterien nach DIN EN 12457-4: 2003-01											
pH-Wert			DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04	9,8	8,9	8,5	7,9	5,5 - 13	5,5 - 13	5,5 - 13	4 - 13
Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	mg/l	1,0	DIN EN 1484 (H3): 2019-04	2,9	2,6	2,0	3,1	50	50	80	100
Phenolindex, wasserdampflichflüchtig	mg/l	0,01	DIN EN ISO 14402 (H37): 1999-12	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,1	0,2	50	100
Arsen (As)	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	0,002	0,001	< 0,001	0,05	0,2	0,2	2,5
Blei (Pb)	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,003	0,05	0,2	1	5
Cadmium (Cd)	mg/l	0,0003	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	0,004	0,05	0,1	0,5
Kupfer (Cu)	mg/l	0,005	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,2	1	5	10
Nickel (Ni)	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,4	0,2	1	4
Quecksilber (Hg)	mg/l	0,0002	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,001	0,005	0,02	0,2
Zink (Zn)	mg/l	0,01	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	< 0,01	< 0,01	0,01	0,4	2	5	20	20
Chlorid (Cl)	mg/l	1,0	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	< 1,0	< 1,0	< 1,0	80	1500	1500	2500	2500
Sulfat (SO4)	mg/l	1,0	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	13	2,7	4,1	4,3	100	2000	2000	5000
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	mg/l	0,005	DIN EN ISO 14403-2: 2012-10	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,01	0,1	0,5	1
Fluorid	mg/l	0,2	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	0,2	0,2	0,4	< 0,2	1	5	15	50
Barium (Ba)	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	0,008	0,010	0,007	2	5	10	30
Chrom (Cr)	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,05	0,3	1	7
Molybdän (Mo)	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,002	0,003	0,001	0,003	0,05	0,3	1	3
Antimon (Sb)	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	0,006	0,03	0,07	0,5
Selen (Se)	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	< 0,001	< 0,001	0,001	< 0,001	0,01	0,03	0,05	0,7
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	mg/l	150	DIN EN 15216: 2008-01	< 150	< 150	< 150	< 150	400	3000	6000	10000
Zusätzliche Messungen: Probenvorbereitung Feststoffe											
Fremdstoffe (Art)			DIN 19747: 2009-07	keine	keine	keine	keine				
Siebrückstand > 10mm			DIN 19747: 2009-07	nein	nein	nein	nein				
Königswasseraufschluss (angewandte Methode)			LR:DIN EN 13657:2003-01;F5:DIN EN ISO 54321:2021-4	unter Rückfluss	unter Rückfluss	unter Rückfluss	unter Rückfluss				
Zusätzliche Messungen: Anionen aus der Originalsubstanz											
Cyanide, gesamt	mg/kg TS	0,5	DIN ISO 17380: 2013-10	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5				
Zusätzliche Messungen: Elemente aus dem Königswasseraufschluss nach DIN EN 13657: 2003-01											
Arsen (As)	mg/kg TS	0,8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	2,1	2,2	3,0	1,6				
Blei (Pb)	mg/kg TS	2	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	9	6	14	11				
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2				
Chrom (Cr)	mg/kg TS	1	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	4	7	5	5				
Kupfer (Cu)	mg/kg TS	1	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	5	3	7	5				
Nickel (Ni)	mg/kg TS	1	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	3	4	5	3				
Quecksilber (Hg)	mg/kg TS	0,07	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07				
Thallium (Tl)	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2				
Zink (Zn)	mg/kg TS	1	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	25	25	31	23				
Zusätzliche Messungen: Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz											
EOX	mg/kg TS	1,0	DIN 38414-17 (S17): 2017-01	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0				
Zusätzliche Messungen: BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe aus der Originalsubstanz											
Summe BTEX	mg/kg TS		berechnet	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)				
Zusätzliche Messungen: LHKW aus der Originalsubstanz											
Dichlormethan	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
trans-1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
Chloroform (Trichlormethan)	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
Tetrachlormethan	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
Trichlorethen	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
Tetrachlorethen	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-07	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
1,1-Dichlorethen	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155: 2016-0								

Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	mg/kg TS		DIN ISO 18287: 2006-05	1,69	0,27	0,31	(n. b.)				
Zusätzliche Messungen: PCB aus der Originalsubstanz											
Summe 6 DIN-PCB exkl. BG	mg/kg TS		DIN EN 15308: 2016-12	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)	(n. b.)				
Zusätzliche Messungen: Phys.-chem. Kenngrößen aus dem 10:1-Schütteleluat nach DIN EN 12457-4: 2003-01											
Temperatur pH-Wert	°C		DIN 38404-4 (C4): 1976-12	21,2	20,5	21,1	18,6				
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm		DIN EN 27888 (C8): 1993-11	90	66	97	56				
Wasserlöslicher Anteil	Ma.-%	0,15	DIN EN 15216: 2008-01	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15				
Zusätzliche Messungen: Anionen aus dem 10:1-Schütteleluat nach DIN EN 12457-4: 2003-01											
Cyanide, gesamt	µg/l	5	DIN EN ISO 14403-2: 2012-10	< 5	< 5	< 5	< 5				

n.b. : nicht berechenbar

n.u. : nicht untersucht

Detaillierte Informationen zu den verwendeten Grenz-, Zuordnungs-, Parameter-,
Maßnahme- oder Richtwerten sind dem Original-Regelwerk zu entnehmen

Eurofins Umwelt Nord GmbH - Stenzelring 14 b - 21107 Hamburg

KOP Geotechnik GmbH
Mendelsohnstraße 15 F
22761 Hamburg

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 32407871

Prüfberichtsnummer: AR-24-JH-005738-01

Auftragsbezeichnung: BV 23127 Steilshoop Nord - Baufeld C+ C1

Anzahl Proben: 4

Probenart: Boden

Probenehmer: keine Angabe, Probe(n) wurde(n) an das Labor ausgehändigt

Probeneingangsdatum: 12.03.2024

Prüfzeitraum: 12.03.2024 - 25.03.2024

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. 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.

Anhänge:

XML_Export_AR-24-JH-005738-01.xml



Outside Account Manager

Digital signiert, 25.03.2024



Prüfleitung

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		MP 1	MP 2	MP 3
				BG	Einheit	324037888	324037889	324037890

Probenvorbereitung Feststoffe

Probenbegleitprotokoll	AN/f					siehe Anlage	siehe Anlage	siehe Anlage
Probenmenge inkl. Verpackung	AN/f	L8	DIN 19747: 2009-07		kg	1,00	1,10	1,10
Fremdstoffe (Art)	AN/f	L8	DIN 19747: 2009-07			keine	keine	keine
Fremdstoffe (Menge)	AN/f	L8	DIN 19747: 2009-07		g	0,0	0,0	0,0
Siebrückstand > 10mm	AN/f	L8	DIN 19747: 2009-07			nein	nein	nein
Fremdstoffe (Anteil)	AN/f	L8	DIN 19747: 2009-07	0,1	%	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Rückstellprobe	AN/f		Hausmethode	100	g	390	624	470
Königswasseraufschluss (angewandte Methode)	AN/f	L8	L8:DIN EN 13657:2003-01;F5:DIN EN ISO 54321:2021-4			unter Rückfluss	unter Rückfluss	unter Rückfluss

Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz

Trockenmasse	AN/f	L8	DIN EN 14346, Verfahren A: 2007-03	0,1	Ma.-%	91,1	89,6	89,3
--------------	------	----	------------------------------------	-----	-------	------	------	------

Anionen aus der Originalsubstanz

Cyanide, gesamt	AN/f	L8	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

Arsen (As)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,8	mg/kg TS	2,1	2,2	3,0
Blei (Pb)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	2	mg/kg TS	9	6	14
Cadmium (Cd)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,2	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Chrom (Cr)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg TS	4	7	5
Kupfer (Cu)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg TS	5	3	7
Nickel (Ni)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg TS	3	4	5
Quecksilber (Hg)	AN/f	L8	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,07	mg/kg TS	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Thallium (Tl)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,2	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Zink (Zn)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg TS	25	25	31

Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz

Glühverlust (550 °C)	AN/f	L8	DIN EN 15169: 2007-05	0,1	Ma.-% TS	0,7	0,6	1,1
TOC	AN/f	L8	DIN EN 15936: 2012-11 (AN,L8: Ver.A; FG,F5: Ver.B)	0,1	Ma.-% TS	0,2	0,1	0,3
EOX	AN/f	L8	DIN 38414-17 (S17): 2017-01	1,0	mg/kg TS	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Extrahierbare lipophile Stoffe	AN/f	L8	LAGA KW/04: 2019-09	0,02	Ma.-% TS	< 0,02	0,05	< 0,02
Kohlenwasserstoffe C10-C22	AN/f	L8	DIN EN 14039: 2005-01/LAGA KW/04: 2019-09	40	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN/f	L8	DIN EN 14039: 2005-01/LAGA KW/04: 2019-09	40	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		MP 1	MP 2	MP 3
				BG	Einheit	324037888	324037889	324037890

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe aus der Originalsubstanz

Benzol	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
Toluol	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
Ethylbenzol	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
m-/p-Xylol	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
o-Xylol	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
Summe BTEX	AN/f		berechnet		mg/kg TS	(n. b.) ²⁾	(n. b.) ²⁾	(n. b.) ²⁾
Isopropylbenzol (Cumol)	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
Styrol	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
Summe BTEX + Styrol + Cumol	AN/f		berechnet		mg/kg TS	(n. b.) ²⁾	(n. b.) ²⁾	(n. b.) ²⁾

LHKW aus der Originalsubstanz

Dichlormethan	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
trans-1,2-Dichlorethen	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
cis-1,2-Dichlorethen	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
Chloroform (Trichlormethan)	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
1,1,1-Trichlorethan	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
Tetrachlormethan	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
Trichlorethen	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
Tetrachlorethen	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
1,1-Dichlorethen	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
1,2-Dichlorethan	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
Summe LHKW (10 Parameter)	AN/f		berechnet		mg/kg TS	(n. b.) ²⁾	(n. b.) ²⁾	(n. b.) ²⁾

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		MP 1	MP 2	MP 3
				Probennummer	BG	Einheit	324037888	324037889

PAK aus der Originalsubstanz

Naphthalin	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
Acenaphthylen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
Acenaphthen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
Fluoren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
Phenanthren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,09	< 0,05	n.n. ¹⁾
Anthracen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
Fluoranthren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,32	0,09	0,09
Pyren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,25	0,07	0,08
Benzo[a]anthracen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,23	0,06	0,07
Chrysen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,16	< 0,05	< 0,05
Benzo[b]fluoranthren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,20	0,05	0,07
Benzo[k]fluoranthren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,08	< 0,05	< 0,05
Benzo[a]pyren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,15	< 0,05	< 0,05
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,11	< 0,05	< 0,05
Dibenzo[a,h]anthracen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	n.n. ¹⁾	n.n. ¹⁾
Benzo[ghi]perylen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	0,10	< 0,05	< 0,05
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05		mg/kg TS	1,69	0,27	0,31
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05		mg/kg TS	1,69	0,27	0,31

PCB aus der Originalsubstanz

PCB 28	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 52	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 101	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 153	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 138	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
PCB 180	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe 6 DIN-PCB exkl. BG	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12		mg/kg TS	(n. b.) ²⁾	(n. b.) ²⁾	(n. b.) ²⁾
PCB 118	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Summe PCB (7)	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12		mg/kg TS	(n. b.) ²⁾	(n. b.) ²⁾	(n. b.) ²⁾

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

pH-Wert	AN/f	L8	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			9,8	8,9	8,5
Temperatur pH-Wert	AN/f	L8	DIN 38404-4 (C4): 1976-12		°C	21,2	20,5	21,1
Leitfähigkeit bei 25°C	AN/f	L8	DIN EN 27888 (C8): 1993-11	5	µS/cm	90	66	97
Wasserlöslicher Anteil	AN/f	L8	DIN EN 15216: 2008-01	0,15	Ma.-%	< 0,15	< 0,15	< 0,15
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	AN/f	L8	DIN EN 15216: 2008-01	150	mg/l	< 150	< 150	< 150

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

Fluorid	AN/f	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	0,2	mg/l	0,2	0,2	0,4
Chlorid (Cl)	AN/f	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,0	mg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Sulfat (SO ₄)	AN/f	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,0	mg/l	13	2,7	4,1
Cyanide, gesamt	AN/f	L8	DIN EN ISO 14403-2: 2012-10	0,005	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	AN/f	L8	DIN EN ISO 14403-2: 2012-10	0,005	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		MP 1	MP 2	MP 3
				BG	Einheit	324037888	324037889	324037890
Elemente aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01								
Antimon (Sb)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Arsen (As)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,005	0,002	0,001
Barium (Ba)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,005	0,008	0,010
Blei (Pb)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Cadmium (Cd)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0003	mg/l	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003
Chrom (Cr)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,001	< 0,001	< 0,001
Kupfer (Cu)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Molybdän (Mo)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,002	0,003	0,001
Nickel (Ni)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Quecksilber (Hg)	AN/f	L8	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0002	mg/l	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Selen (Se)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001	< 0,001	0,001
Zink (Zn)	AN/f	L8	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

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN/f	L8	DIN EN 1484 (H3): 2019-04	1,0	mg/l	2,9	2,6	2,0
Phenolindex, wasserdampflich	AN/f	L8	DIN EN ISO 14402 (H37): 1999-12	0,01	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	Probenbezeichnung		MP 4
				BG	Einheit	324037891
Probenvorbereitung Feststoffe						
Probenbegleitprotokoll	AN/f					siehe Anlage
Probenmenge inkl. Verpackung	AN/f	L8	DIN 19747: 2009-07		kg	0,750
Fremdstoffe (Art)	AN/f	L8	DIN 19747: 2009-07			keine
Fremdstoffe (Menge)	AN/f	L8	DIN 19747: 2009-07		g	0,0
Siebrückstand > 10mm	AN/f	L8	DIN 19747: 2009-07			nein
Fremdstoffe (Anteil)	AN/f	L8	DIN 19747: 2009-07	0,1	%	< 0,1
Rückstellprobe	AN/f		Hausmethode	100	g	600
Königswasseraufschluss (angewandte Methode)	AN/f	L8	L8:DIN EN 13657:2003-01;F5:DIN EN ISO 54321:2021-4			unter Rückfluss

Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz

Trockenmasse	AN/f	L8	DIN EN 14346, Verfahren A: 2007-03	0,1	Ma.-%	90,7
--------------	------	----	------------------------------------	-----	-------	------

Anionen aus der Originalsubstanz

Cyanide, gesamt	AN/f	L8	DIN ISO 17380: 2013-10	0,5	mg/kg TS	< 0,5
-----------------	------	----	------------------------	-----	----------	-------

Elemente aus dem Königswasseraufschluss nach DIN EN 13657: 2003-01

Arsen (As)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,8	mg/kg TS	1,6
Blei (Pb)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	2	mg/kg TS	11
Cadmium (Cd)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,2	mg/kg TS	< 0,2
Chrom (Cr)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg TS	5
Kupfer (Cu)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg TS	5
Nickel (Ni)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg TS	3
Quecksilber (Hg)	AN/f	L8	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,07	mg/kg TS	< 0,07
Thallium (Tl)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,2	mg/kg TS	< 0,2
Zink (Zn)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	1	mg/kg TS	23

Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz

Glühverlust (550 °C)	AN/f	L8	DIN EN 15169: 2007-05	0,1	Ma.-% TS	0,7
TOC	AN/f	L8	DIN EN 15936: 2012-11 (AN,L8: Ver.A; FG,F5: Ver.B)	0,1	Ma.-% TS	0,2
EOX	AN/f	L8	DIN 38414-17 (S17): 2017-01	1,0	mg/kg TS	< 1,0
Extrahierbare lipophile Stoffe	AN/f	L8	LAGA KW/04: 2019-09	0,02	Ma.-% TS	< 0,02
Kohlenwasserstoffe C10-C22	AN/f	L8	DIN EN 14039: 2005-01/LAGA KW/04: 2019-09	40	mg/kg TS	< 40
Kohlenwasserstoffe C10-C40	AN/f	L8	DIN EN 14039: 2005-01/LAGA KW/04: 2019-09	40	mg/kg TS	< 40

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		MP 4
				BG	Einheit	324037891

BTEX und aromatische Kohlenwasserstoffe aus der Originalsubstanz

Benzol	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Toluol	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Ethylbenzol	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
m-/p-Xylol	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
o-Xylol	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Summe BTEX	AN/f		berechnet		mg/kg TS	(n. b.) ²⁾
Isopropylbenzol (Cumol)	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Styrol	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Summe BTEX + Styrol + Cumol	AN/f		berechnet		mg/kg TS	(n. b.) ²⁾

LHKW aus der Originalsubstanz

Dichlormethan	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
trans-1,2-Dichlorethen	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
cis-1,2-Dichlorethen	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Chloroform (Trichlormethan)	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
1,1,1-Trichlorethan	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Tetrachlormethan	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Trichlorethen	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Tetrachlorethen	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
1,1-Dichlorethen	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
1,2-Dichlorethan	AN/f	L8	DIN EN ISO 22155: 2016-07	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Summe LHKW (10 Parameter)	AN/f		berechnet		mg/kg TS	(n. b.) ²⁾

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		MP 4
				BG	Einheit	324037891
PAK aus der Originalsubstanz						
Naphthalin	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Acenaphthylen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Acenaphthen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Fluoren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Phenanthren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Anthracen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Fluoranthren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05
Pyren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05
Benzo[a]anthracen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05
Chrysen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Benzo[b]fluoranthren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Benzo[k]fluoranthren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Benzo[a]pyren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Dibenzo[a,h]anthracen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Benzo[ghi]perylen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	n.n. ¹⁾
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05		mg/kg TS	(n. b.) ²⁾
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05		mg/kg TS	(n. b.) ²⁾

PCB aus der Originalsubstanz

PCB 28	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01
PCB 52	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01
PCB 101	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01
PCB 153	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01
PCB 138	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01
PCB 180	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01
Summe 6 DIN-PCB exkl. BG	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12		mg/kg TS	(n. b.) ²⁾
PCB 118	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12	0,01	mg/kg TS	< 0,01
Summe PCB (7)	AN/f	L8	DIN EN 15308: 2016-12		mg/kg TS	(n. b.) ²⁾

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

pH-Wert	AN/f	L8	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04			7,9
Temperatur pH-Wert	AN/f	L8	DIN 38404-4 (C4): 1976-12		°C	18,6
Leitfähigkeit bei 25°C	AN/f	L8	DIN EN 27888 (C8): 1993-11	5	µS/cm	56
Wasserlöslicher Anteil	AN/f	L8	DIN EN 15216: 2008-01	0,15	Ma.-%	< 0,15
Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen	AN/f	L8	DIN EN 15216: 2008-01	150	mg/l	< 150

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

Fluorid	AN/f	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	0,2	mg/l	< 0,2
Chlorid (Cl)	AN/f	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,0	mg/l	< 1,0
Sulfat (SO4)	AN/f	L8	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,0	mg/l	4,3
Cyanide, gesamt	AN/f	L8	DIN EN ISO 14403-2: 2012-10	0,005	mg/l	< 0,005
Cyanid leicht freisetzbar / Cyanid frei	AN/f	L8	DIN EN ISO 14403-2: 2012-10	0,005	mg/l	< 0,005

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		MP 4
				BG	Einheit	324037891
Elemente aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4: 2003-01						
Antimon (Sb)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,001
Arsen (As)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Barium (Ba)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,007
Blei (Pb)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,003
Cadmium (Cd)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,0003	mg/l	< 0,0003
Chrom (Cr)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Kupfer (Cu)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,005	mg/l	< 0,005
Molybdän (Mo)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	0,003
Nickel (Ni)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Quecksilber (Hg)	AN/f	L8	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,0002	mg/l	< 0,0002
Selen (Se)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,001	mg/l	< 0,001
Zink (Zn)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	0,01	mg/l	0,01

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

Gelöster org. Kohlenstoff (DOC)	AN/f	L8	DIN EN 1484 (H3): 2019-04	1,0	mg/l	3,1
Phenolindex, wasserdampflich	AN/f	L8	DIN EN ISO 14402 (H37): 1999-12	0,01	mg/l	< 0,01

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akkr. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ nicht nachweisbar

²⁾ nicht berechenbar

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Vorgebirgsstrasse 20, Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit L8 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.

Probenbegleitprotokoll nach DIN 19747 - Juli 2009 - Anhang A

Probennummer 324037888
Probenbeschreibung MP 1

Probenvorbereitung

Probenehmer keine Angabe, Probe(n) wurde(n) an das Labor ausgehändigt
 Probenahmeprotokoll (von der Feldprobe zur Laborprobe) liegt vor: Nein
 Fremdstoffe (Menge): 0,0 g
 Fremdstoffe (Anteil): < 0,1 %
 Fremdstoffe (Art): keine
 Siebrückstand > 10mm: nein
 Siebrückstand wird auf < 10mm zerkleinert und dem Siebdurchgang beigemischt.
 Probenteilung / Homogenisierung durch: Fraktionierendes Teilen
 Rückstellprobe: 390 g

Probenaufarbeitung (von der Prüfprobe zur Messprobe) ****)

Nr.	DK0	DKI, II, III	REK	Parameter	Zerkleinern **)	Trocknen	Feinzerkleinern ***)	Probenmenge
0	X	X	X	Trockenmasse	< 5 mm	Nein	Nein	15 g
1.01	X	X		Glühverlust	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	10 g
1.02	X	X		TOC	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	2 g
2.01	X			BTEX	Originalprobe (Stichprobe)	Nein	Nein	20 g + 20 ml Methanol
2.02 + 2.04	X		X	PAK/PCB	< 5 mm	Nein	Nein	12,5 g
2.03	X			MKW (C10 - C40)	< 5 mm	Nein	Nein	20 g
2.07	X	X		Lipophile Stoffe	< 5 mm	Verreiben mit Natriumsulfat	Nein	20 g
2.08 - 2.14			X	Metalle, Königswasser-aufschluss	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	3 g
3.01 - 3.21	X	X	X	Eluat	Nein/ < 10 mm	Nein	Nein	100 g
1.01/1.02 *)	X	X		C-elementar	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	2 g
1.01/1.02 *)	X	X		AT4	< 10 mm	Nein	Nein	300 g
1.01/1.02 *)	X	X		GB21	< 10 mm	Nein	Nein	200 g
1.01/1.02 *)	X	X		Brennwert	< 5 mm	105 °C	< 150 µm	5 g

Die Ergebnisse beziehen sich auf das sortenreine Prüfprobenmaterial nach Entfernung der Fremdmaterialien gemäß DIN 19747:2009-07.

- *) Zusatzparameter bei Überschreitung der genannten Grenzwerte
- **) Zerkleinern mittels Backenbrecher
- ***) Feinzerkleinerung mittels Laborbackenbrecher
- ****) Maximalumfang; gilt nur für die beauftragten Parameter

Probenbegleitprotokoll nach DIN 19747 - Juli 2009 - Anhang A

Probennummer 324037889
Probenbeschreibung MP 2

Probenvorbereitung

Probenehmer keine Angabe, Probe(n) wurde(n) an das Labor ausgehändigt
Probenahmeprotokoll (von der Feldprobe zur Laborprobe) liegt vor: Nein
Fremdstoffe (Menge): 0,0 g
Fremdstoffe (Anteil): < 0,1 %
Fremdstoffe (Art): keine
Siebrückstand > 10mm: nein
Siebrückstand wird auf < 10mm zerkleinert und dem Siebdurchgang beigemischt.
Probenteilung / Homogenisierung durch: Fraktionierendes Teilen
Rückstellprobe: 624 g

Probenaufarbeitung (von der Prüfprobe zur Messprobe) ****)

Nr.	DK0	DKI, II, III	REK	Parameter	Zerkleinern **)	Trocknen	Feinzerkleinern ***)	Probenmenge
0	X	X	X	Trockenmasse	< 5 mm	Nein	Nein	15 g
1.01	X	X		Glühverlust	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	10 g
1.02	X	X		TOC	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	2 g
2.01	X			BTEX	Originalprobe (Stichprobe)	Nein	Nein	20 g + 20 ml Methanol
2.02 + 2.04	X		X	PAK/PCB	< 5 mm	Nein	Nein	12,5 g
2.03	X			MKW (C10 - C40)	< 5 mm	Nein	Nein	20 g
2.07	X	X		Lipophile Stoffe	< 5 mm	Verreiben mit Natriumsulfat	Nein	20 g
2.08 - 2.14			X	Metalle, Königswasser-aufschluss	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	3 g
3.01 - 3.21	X	X	X	Eluat	Nein/ < 10 mm	Nein	Nein	100 g
1.01/1.02 *)	X	X		C-elementar	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	2 g
1.01/1.02 *)	X	X		AT4	< 10 mm	Nein	Nein	300 g
1.01/1.02 *)	X	X		GB21	< 10 mm	Nein	Nein	200 g
1.01/1.02 *)	X	X		Brennwert	< 5 mm	105 °C	< 150 µm	5 g

Die Ergebnisse beziehen sich auf das sortenreine Prüfprobenmaterial nach Entfernung der Fremdmaterialien gemäß DIN 19747:2009-07.

- *) Zusatzparameter bei Überschreitung der genannten Grenzwerte
- **) Zerkleinern mittels Backenbrecher
- ***) Feinzerkleinerung mittels Laborbackenbrecher
- ****) Maximalumfang; gilt nur für die beauftragten Parameter

Probenbegleitprotokoll nach DIN 19747 - Juli 2009 - Anhang A

Probennummer 324037890

Probenbeschreibung MP 3

Probenvorbereitung

Probenehmer keine Angabe, Probe(n) wurde(n) an das Labor ausgehändigt

Probenahmeprotokoll (von der Feldprobe zur Laborprobe) liegt vor: Nein

Fremdstoffe (Menge): 0,0 g

Fremdstoffe (Anteil): < 0,1 %

Fremdstoffe (Art): keine

Siebrückstand > 10mm: nein

Siebrückstand wird auf < 10mm zerkleinert und dem Siebdurchgang beigemischt.

Probenteilung / Homogenisierung durch: Fraktionierendes Teilen

Rückstellprobe: 470 g

Probenaufarbeitung (von der Prüfprobe zur Messprobe) ****)

Nr.	DK0	DKI, II, III	REK	Parameter	Zerkleinern **)	Trocknen	Feinzerkleinern ***)	Probenmenge
0	X	X	X	Trockenmasse	< 5 mm	Nein	Nein	15 g
1.01	X	X		Glühverlust	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	10 g
1.02	X	X		TOC	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	2 g
2.01	X			BTEX	Originalprobe (Stichprobe)	Nein	Nein	20 g + 20 ml Methanol
2.02 + 2.04	X		X	PAK/PCB	< 5 mm	Nein	Nein	12,5 g
2.03	X			MKW (C10 - C40)	< 5 mm	Nein	Nein	20 g
2.07	X	X		Lipophile Stoffe	< 5 mm	Verreiben mit Natriumsulfat	Nein	20 g
2.08 - 2.14			X	Metalle, Königswasser-aufschluss	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	3 g
3.01 - 3.21	X	X	X	Eluat	Nein/ < 10 mm	Nein	Nein	100 g
1.01/1.02 *)	X	X		C-elementar	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	2 g
1.01/1.02 *)	X	X		AT4	< 10 mm	Nein	Nein	300 g
1.01/1.02 *)	X	X		GB21	< 10 mm	Nein	Nein	200 g
1.01/1.02 *)	X	X		Brennwert	< 5 mm	105 °C	< 150 µm	5 g

Die Ergebnisse beziehen sich auf das sortenreine Prüfprobenmaterial nach Entfernung der Fremdmaterialien gemäß DIN 19747:2009-07.

*) Zusatzparameter bei Überschreitung der genannten Grenzwerte

**) Zerkleinern mittels Backenbrecher

***) Feinzerkleinerung mittels Laborbackenbrecher

****) Maximalumfang; gilt nur für die beauftragten Parameter

Probenbegleitprotokoll nach DIN 19747 - Juli 2009 - Anhang A

Probennummer 324037891

Probenbeschreibung MP 4

Probenvorbereitung

Probenehmer keine Angabe, Probe(n) wurde(n) an das Labor ausgehändigt

Probenahmeprotokoll (von der Feldprobe zur Laborprobe) liegt vor: Nein

Fremdstoffe (Menge): 0,0 g

Fremdstoffe (Anteil): < 0,1 %

Fremdstoffe (Art): keine

Siebrückstand > 10mm: nein

Siebrückstand wird auf < 10mm zerkleinert und dem Siebdurchgang beigemischt.

Probenteilung / Homogenisierung durch: Fraktionierendes Teilen

Rückstellprobe: 600 g

Probenaufarbeitung (von der Prüfprobe zur Messprobe) ****)

Nr.	DK0	DKI, II, III	REK	Parameter	Zerkleinern **)	Trocknen	Feinzerkleinern ***)	Probenmenge
0	X	X	X	Trockenmasse	< 5 mm	Nein	Nein	15 g
1.01	X	X		Glühverlust	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	10 g
1.02	X	X		TOC	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	2 g
2.01	X			BTEX	Originalprobe (Stichprobe)	Nein	Nein	20 g + 20 ml Methanol
2.02 + 2.04	X		X	PAK/PCB	< 5 mm	Nein	Nein	12,5 g
2.03	X			MKW (C10 - C40)	< 5 mm	Nein	Nein	20 g
2.07	X	X		Lipophile Stoffe	< 5 mm	Verreiben mit Natriumsulfat	Nein	20 g
2.08 - 2.14			X	Metalle, Königswasser-aufschluss	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	3 g
3.01 - 3.21	X	X	X	Eluat	Nein/ < 10 mm	Nein	Nein	100 g
1.01/1.02 *)	X	X		C-elementar	< 5 mm	40 °C	< 150 µm	2 g
1.01/1.02 *)	X	X		AT4	< 10 mm	Nein	Nein	300 g
1.01/1.02 *)	X	X		GB21	< 10 mm	Nein	Nein	200 g
1.01/1.02 *)	X	X		Brennwert	< 5 mm	105 °C	< 150 µm	5 g

Die Ergebnisse beziehen sich auf das sortenreine Prüfprobenmaterial nach Entfernung der Fremdmaterialien gemäß DIN 19747:2009-07.

*) Zusatzparameter bei Überschreitung der genannten Grenzwerte

**) Zerkleinern mittels Backenbrecher

***) Feinzerkleinerung mittels Laborbackenbrecher

****) Maximalumfang; gilt nur für die beauftragten Parameter