

BV Neubau Kita Karlstr. 11 in Alt-Erkrath

Baugrunderkundung, Untersuchung der Auffüllungen – Geotechnischer Bericht

43 Seiten, 6 Anlagen, 2 Abbildungen, 14 Tabellen

Auftraggeber: Stadt Erkrath – Der Bürgermeister
FB Immobilienmanagement Neubau
Klinkerweg 7
40699 Erkrath

Berichtersteller: SakostaCAU GmbH
Niederlassung Düsseldorf
Liststr. 50
40470 Düsseldorf
Tel.: 0211 171831-0
Fax: 0211 171831-10

Projektleitung: Dipl.-Geol. B. Schulz

Projektnummer: 1801104-1

Düsseldorf, 07. März 2019

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	6
2	Verwendete Unterlagen	6
3	Projektgebiet, geplante Baumaßnahme	7
3.1	Projektgebiet	7
3.2	Geplante Baumaßnahme	8
4	Darstellung der Untergrundverhältnisse	9
4.1	Geologischer Überblick	9
4.2	Hydrologische, hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Verhältnisse	10
4.3	Erdbebengefährdung	11
4.4	Anthropogene Einflüsse	11
4.5	Kampfmittel, Bauhindernisse	11
4.6	Vorhandene Unterlagen und Erkenntnisse zu den Baugrund- und Grundwasserverhältnissen	12
5	Erkundungsmaßnahmen	13
5.1	Vorgesehener Erkundungsumfang	13
5.2	Baugrundaufschlüsse	13
5.3	Feldversuche	14
5.4	Bodenmechanische Laborversuche	14
5.5	Untersuchung von Feststoffen auf Verwertbarkeit	14
6	Erkundungsergebnisse	16
6.1	Baugrundaufschlüsse (Kleinrammbohrungen, Rammsondierungen)	16
6.2	Feldversuche	18
6.3	Laborversuche zur bodenmechanischen Klassifizierung	19
6.4	Untersuchung von Feststoffen auf Verwertbarkeit	20
7	Geotechnische Beurteilung	21
7.1	Vereinfachter Schichtenaufbau	21

7.2	Bemessungsgrundwasserspiegel.....	22
7.3	Ergänzende Angaben zu Einwirkungen aus Erdbeben.....	23
7.4	Klassifizierung der Baugrundsichten	23
7.5	Bautechnische Eigenschaften der Baugrundsichten.....	24
7.6	Wiedereinbaufähigkeit von Aushubmaterialien.....	25
7.7	Entsorgung von Aushubmaterialien.....	25
7.8	Schädliche Bodenveränderungen	26
7.9	Bodenmechanische Kennwerte.....	27
7.10	Homogenbereiche.....	28
8	Hinweise zur Bauausführung	29
8.1	Bemessungswerte des Sohlwiderstandes, Bettungsmoduli.....	29
8.2	Geböschte Baugruben, Aushub, Baugrubensohlen, Verfüllung.....	31
8.2.1	Geböschte Baugruben	31
8.2.2	Aushub.....	32
8.2.3	Baugrubensohlen.....	32
8.2.4	Verfüllung.....	33
8.3	Bauwasserhaltung, Ausbildung von Bauteilen, Abdichtung von Bauwerken.....	35
8.4	Fahrbahnen	36
8.5	Versickerungsfähigkeit im Untergrund.....	38
9	Wesentliche Schlussfolgerungen, abschließende Bemerkungen	39
10	Literatur- und Quellenverzeichnis	42

Anlagen

Anlage 1	Lageplan mit Darstellung der Aufschlüsse 1 : 500 (1 Plan)
Anlage 2	Bohrprofile der Kleinrammbohrungen und Rammdiagramm der schweren Rammsondierung (7 Seiten)
Anlage 3	Auswertung der PIV-Tests (3 Seiten)

Anlage 4	Bodenmechanische Laborversuche (Untersuchungsbericht B 6118 der AMM GmbH, 7 Seiten)
Anlage 5	Untersuchung von Feststoffen auf Verwertbarkeit (Untersuchungsberichte 1869459 und 1869460 der Dr. Graner & Partner GmbH nebst Bewertungstabellen, insgesamt 8 Seiten)
Anlage 6	Grundbruch- und Setzungsberechnungen (4 Seiten)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Lage des Projektgebietes o. M., ergänzt	7
Abbildung 2	Verdichtungsanforderungen nach ZTVA –StB	34

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Durchgeführte umwelttechnische Analysen	15
Tabelle 2	Erkundungsergebnisse	16
Tabelle 3	Ergebnisse der Versickerungsversuche (PIV-Tests)	18
Tabelle 4	Zusammenfassung der klassifizierenden bodenmechanischen Laborversuche	19
Tabelle 5	Auswertung der Konsistenzgrenzen (Durchlässigkeitsbeiwerte)	19
Tabelle 6	Beurteilung der Ergebnisse der Untersuchung von Feststoffen auf Verwertbarkeit	20
Tabelle 7	Vereinfachter Schichtenaufbau im Bereich der geplanten Bebauung (Baugrundmodell)	21
Tabelle 8	Klassifizierung der Baugrundsichten im bautechnisch relevanten Teufenbereich	23
Tabelle 9	Bodenmechanische Kennwerte	27
Tabelle 10	Homogenbereich Oberboden und anzugebende Kenngrößen gem. DIN 18320	28
Tabelle 11	Homogenbereiche (Lockergestein) und anzugebende Kenngrößen gem. DIN 18300, 2015 und DIN 18303, 2015	29
Tabelle 12	Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ und zugehörige	

	Setzungen s für Streifenfundamente (Länge 10 m) in Abhängigkeit der Fundamentbreite	30
Tabelle 13	Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ und zugehörige Setzungen s für Einzelfundamente ($a/b = 1$) in Abhängigkeit der Fundamentbreite	30
Tabelle 14	Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus	37

1 Veranlassung

Die Stadt Erkrath, FB Immobilienmanagement Neubau (kurz: Auftraggeberin) beabsichtigt, auf dem gegenständlichen Grundstück an der Karlstraße 11 in 40699 Erkrath den Neubau einer Kindertagesstätte (kurz: Kita). Für den NE'' Teil des Grundstücks ist seitens der zuständigen Ordnungsbehörde eine Überprüfung der zu überbauenden Flächen auf Kampfmittel empfohlen worden (vgl. [1]).

Vor diesem Hintergrund wurde die SakostaCAU GmbH, Niederlassung Düsseldorf (kurz: Sakosta) basierend auf ihrem Angebot vom 11.10.2018 [2] von der Auftraggeberin mit Ingenieurvertrag vom 14.11.2018 [3] beauftragt, auf dem Gelände eine Baugrunderkundung in Verbindung mit einer Untersuchung im Hinblick auf ggf. nach dem 08. Mai 1945 vorgenommene Auffüllungen durchzuführen und einen geotechnischen Bericht zu erarbeiten.

Im vorliegenden geotechnischen Bericht werden die Ergebnisse der Baugrunderkundung dargestellt und i. S. einer Baugrundbeurteilung/Gründungsberatung ausgewertet. Die Darstellung der Untersuchung der Auffüllungen ist integrativer Bestandteil dieses geotechnischen Berichts.

2 Verwendete Unterlagen

Als Grundlage für die Bearbeitung wurden von der Auftraggeberin

- 1 Luftbild mit Darstellung des Kanalbestands, April 2016 [4]
- 1 Luftbild mit Darstellung der Flurstücksgrenzen, Juli 2018 [5]
- 1 Auszug aus der Luftbildauswertung für die gegenständlichen Grundstücke, Juli 2018 [1]
- 1 Auszug aus der Machbarkeitsstudie („Variante 3 – 3er Gruppe erweiterbar“), ohne Datum [6]

digital zur Verfügung gestellt. Daneben wurden weitere Projektunterlagen, allgemein zugängliche Unterlagen und Literatur sowie die einschlägigen Normen, Vorschriften und technischen Regelwerke in der zum Zeitpunkt der Berichterstellung gültigen Fassung herangezogen. Auf verwendete Unterlagen wird erforderlichenfalls im Einzelfall durch entsprechende Querverweise auf das Literatur- und Quellenverzeichnis verwiesen.

3 Projektgebiet, geplante Baumaßnahme

3.1 Projektgebiet

Das Projektgebiet an der Karlstraße 11 liegt in 40699 Erkrath. Einen Überblick über die Lage des Projektgebietes gibt Abbildung 1. Das Projektgebiet (Gemarkung Erkrath, Flur 20, Flurstücke 346, 347 und 348 [7]) grenzt im S an o.g. Straße, im W und N an bebaute Grundstücke und im NE und E an landwirtschaftlich genutzte Flächen. Die Umgebungsbebauung im W und N ist überwiegend charakterisiert durch ein- und mehrgeschossige Wohnimmobilien, S´ der Karlstraße ist ein Schulzentrum situiert.

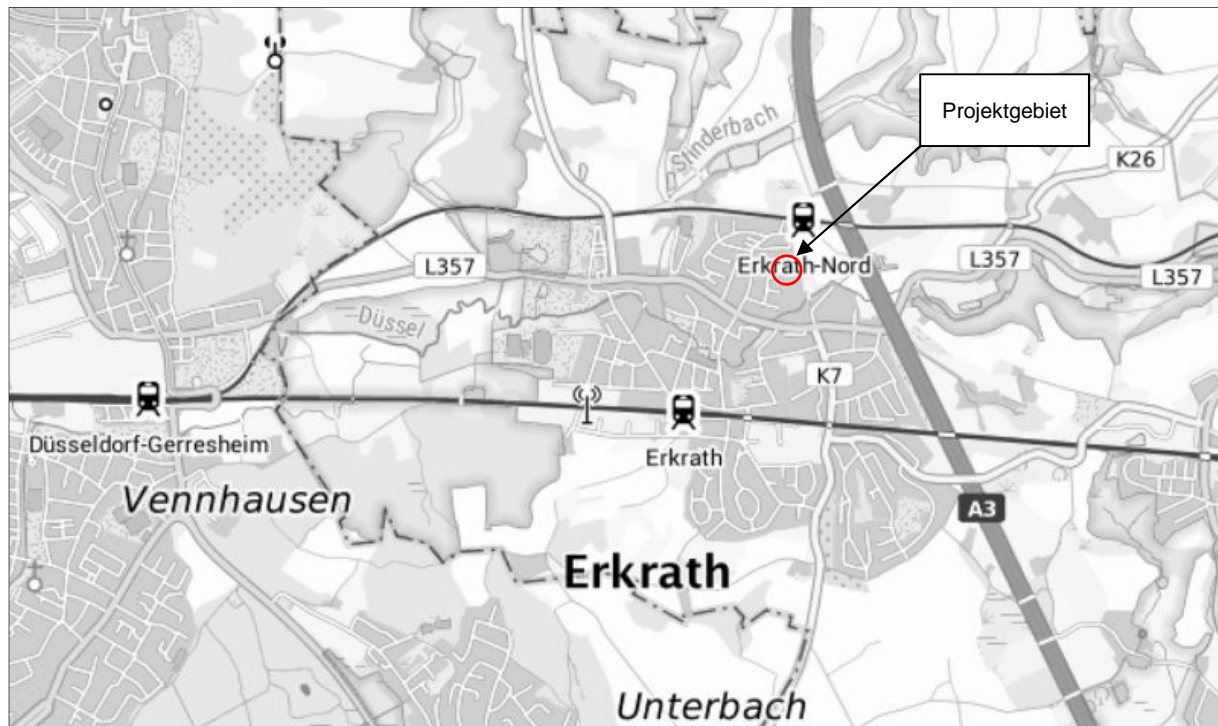


Abbildung 1 Lage des Projektgebietes o. M. [7], ergänzt

Das ca. 3.500 m² große Projektgebiet wurde früher als Erweiterungsfläche des Schulzentrums genutzt; 2 der pavillonartigen Gebäude sind im SE des Projektgebietes bei geänderter Nutzung noch erhalten. Das Gelände ist damit weitgehend unversiegelt, am N-Rand jedoch mit Ruderalvegetation, Gestrüpp und einigen Bäumen bewachsen.

Während am N´ Rand des Projektgebietes das Gelände mit rd. 8° Hangneigung nach NNW bis N ansteigt ist das eigentliche Projektgebiet bei einer – ausweislich der Einmessung der

Baugrundaufschlüsse (s. 5.2) – durchschnittlichen Geländehöhe von rd. 56,8 m NHN ¹ quasi eben.

3.2 Geplante Baumaßnahme

Das W´ der noch vorhandenen, pavillonartigen Gebäude soll rückgebaut werden. Im W´ Teil des Grundstücks (Flurstück 348) ist im SW, eingebettet in eine Außenspielfläche, die Errichtung einer nicht unterkellerten, 2-etagigen Kindertagesstätte von rd. 13 m * 23 m Grundfläche vorgesehen. Zwischen Außenspielfläche und Karlstraße ist die Schaffung von 8 Stellplätzen angedacht; ggf. wird am E´ Ende der Karlstraße eine Wendemöglichkeit für Lkw geschaffen. Zur Anpassung an die vorhandene Umgebung soll das Gelände im Bereich des Kita-Gebäudes und der Außenspielfläche durch Anschüttung von bis zu 3 m modelliert werden (vgl. [6]). Eine Überbauung der zur Überprüfung auf Kampfmittel empfohlenen Fläche ist nach derzeitigem Planungsstand ([6]; mdl. Mtt. der Auftraggeberin vom 07.02.2019) nicht vorgesehen. Zur Lage der geplanten Bebauung vgl. auch Anlage 1.

Über vorgenannte Angaben hinaus liegen keine näheren Angaben zur geplanten Bebauung (bspw. hinsichtlich einer Gründung auf „tragender Bodenplatte“, Streifen- oder Einzelfundamenten) vor. Unter Annahme dessen, dass die

- die geplante Erdgeschossfußbödenhöhe (kurz: EFH) der im Bereich des geplanten Gebäudes vorhandenen durchschnittlichen Geländeoberkante (kurz: GOK) von rd. 56,85 m ü. NHN entspricht
- der Fußbodenaufbau einschl. Wärmedämmung rd. 15 cm dick ist
- die Bodenplatte eine Dicke von 25 cm aufweist und einer 10 cm dicken Sauberkeitsschicht aufliegt

wird für die weitere Bearbeitung zunächst von einer Aushubtiefe für die Bodenplatte von 0,5 m bzw. einem Aushubniveau von 56,35 m ü. NHN ausgegangen.

Das auf den Dachflächen anfallende Niederschlagswasser soll nach Möglichkeit im Untergrund versickert werden.

¹ Da die Differenz zwischen dem alten Deutschen Haupthöhennetz DHHN 12 (m. ü. NN) und dem nunmehr gültigen DHHN 92 (m ü. NHN) für das Projektgebiet nicht ohne großen Aufwand ermittelt werden kann und die Höhenetze hier – ohne dies näher zu erläutern – näherungsweise gleich gesetzt werden können wird nachfolgend – unabhängig von der jeweiligen Datengrundlage – vereinfachend von Metern über Normalhöhennull (m ü. NHN) gesprochen

4 Darstellung der Untergrundverhältnisse

4.1 Geologischer Überblick

Regionalgeologischer Überblick

Geographisch gesehen liegt das Projektgebiet im N´ Bergischen Land.

Geologisch betrachtet ist das Projektgebiet Bestandteil des Paläozoikums des Rheinischen Schiefergebirges. Der oberflächennahe Untergrund wird hier – unter vgl.weise geringmächtiger tertiärer und quartärer Bedeckung – von devonischen Festgesteinen gebildet. Diese wurden während der variszischen Orogenese im Oberkarbon aufgefaltet. Dabei entstanden in etwa NE-SW streichende Großsättel und Mulden, die durch Spezialfaltung und Transversalschieferung noch weiter überprägt wurden. Der ursprüngliche Faltenbau ist durch senkrecht zum Streichen verlaufende Querstörungen mit steil stehendem Einfallen in zahlreiche Einzelschollen zerlegt.

Ausweislich der geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 100.000, Blatt C 4706 Düsseldorf [8] stehen im Projektgebiet Festgesteine des Oberdevons, d.h. die sog. Flinz-Schichten (Tonsteine) der Adorf-Stufe an, welche von tertiären Sedimenten in Form von oberoligozänen Grafenberger Schichten und von quartären (oberpleistozänen) Windablagerungen der Weichsel-Kaltzeit (Löss) überlagert werden. Struktureologisch liegt das Projektgebiet auf der Großstruktur (SE-Flanke) des WSW-ENE-streichenden Velberter-Sattels – einem weitgespannten Antiklinorium mit weiträumiger Internfaltung.

Oberflächennaher Schichtenaufbau

Nach [8] können die im bautechnisch relevanten Teufenbereich zu erwartenden Schichten wie folgt beschrieben werden:

- Oberpleistozän (Weichsel-Kaltzeit), Löss

Schwach feinsandige, schwach tonige Schluffe (bei örtlicher Umlagerung mit geringem Anteil an Grus und Steinen), meist oberflächennah entkalkt; gelb-, grau- bis rotbraun; meist 1 m bis 2 m mächtig. Mäßig konsolidiert, Neigung zum Fließen; wasser- und frostempfindlich; gering bis mäßig durchlässig

- Oberoligozän (Chatt), Grafenberg-Schichten

Feinsand, örtlich glaukonitisch, z. T. Tertiärquarzite, im unteren Abschnitt z. T. Ton; gelb, braun bis grüngrau (Tone braun). Meist dicht gelagert; frostempfindlich; mäßig durchlässig.

Daneben kann das Vorkommen von Auffüllungen nicht ausgeschlossen werden.

Nähere Angaben kleinmaßstäblicher Natur zur generellen Schichtenfolge, stratigraphischen Einordnung, lateralen Ausdehnung, zu Mächtigkeiten, Lithologie und insbesondere zum oberflächennahen Schichtaufbau liegen mangels entsprechender Kartenwerke nicht vor.

Auf weiterführende Darstellungen hinsichtlich der strukturgeologischen Verhältnisse, Bodenbildungen und Lagerstätten/Rohstoffe wird an dieser Stelle verzichtet, da sie für die Aufgabenstellung nicht relevant sind.

4.2 Hydrologische, hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Verhältnisse

Hydrologische Verhältnisse

Kleinräumig betrachtet liegt das Projektgebiet im Einzugsgebiet der \geq rd. 175 m SE´ gelegenen Düssel und entwässert sehr wahrscheinlich sowohl ober- als auch unterirdisch dorthin. Die Düssel fließt nach W ins Flussgebiet des Hauptvorfluters Rhein [9].

Festgesetzte, vorläufig gesicherte oder ermittelte Überschwemmungsgebiete sind für das Projektgebiet nicht ausgewiesen [9], [10].

Hydrogeologische Verhältnisse

Die hydrogeologischen Verhältnisse in den oberflächennahen Schichten können mangels weiterführender Unterlagen nur kurz wie folgt beschrieben werden:

Nach den Angaben im Fachinformationssystem ELWAS [9] liegt das Projektgebiet im Grundwasserkörper „Tertiär der östlichen Randstaffel der Niederrheinischen Bucht“ im hydrogeologischen Teilraum „Tertiär der Randstaffeln zum Schiefergebirge“ – die oligozänen Feinsande (Grafenberger Schichten) stellen hier einen in seiner Mächtigkeit stark schwankenden Porengrundwasserleiter mit geringer Durchlässigkeit dar. Die liegenden Festgesteine sind ein Kluftgrundwasserleiter sehr geringer bis geringer-, nur in Auflockerungszonen auch mäßiger Durchlässigkeit. Wenn überhaupt erfolgt – bei einem dem Grunde nach hohen Oberflächenabfluss – eine Grundwasserbewegung bei uneinheitlicher Grundwasseroberfläche/uneinheitlichem Grundwasserflurabstand eher oberflächennah in den oligozänen Feinsanden und der Felszersatzzone.

Darüber hinausgehende großräumige Angaben zu Grundwasservorkommen und –stockwerksgliederung, den Grundwasserständen und –spiegelschwankungen sowie den Grundwasserströmungsverhältnissen (Fließrichtung, hydraulische Gradienten) bzw. zur Grundwasserbeschaffenheit (z. B. betonangreifende Wirkung, Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe) liegen nicht vor.

Unabhängig davon ist von ungespannten Grundwasserverhältnissen auszugehen.

Wasserwirtschaftliche Verhältnisse

Ausweislich der Angaben in [9], [10], [11] liegt das Projektgebiet außerhalb der Schutzzonen von Wassergewinnungsanlagen und außerhalb von Heilquellenschutzgebieten [9], [10].

4.3 Erdbebengefährdung

Für die Abschätzung der generellen Erdbebengefährdung werden die schematische Darstellung der Erdbebenzonen der Bundesrepublik Deutschland der DIN EN 1998-1/NA (Bild NA.1), in welcher Erdbebenzonen 0, 1, 2 und 3 ausgewiesen sind, und die schematische Darstellung der geologischen Untergrundklassen in den Erdbebenzonen der Bundesrepublik Deutschland der DIN EN 1998-1/NA (Bild NA.2), welche den Einfluss der örtlichen, tieferen Untergrundverhältnisse auf die Erdbebenwirkung berücksichtigt, herangezogen. Für Nordrhein-Westfalen hatte der Geologische Dienst Nordrhein-Westfalen unter Bezug auf die nicht mehr gültige DIN 4149 die Untergrundverhältnisse des Landes bereits seismologisch beurteilt und die Erdbebenzonen und Untergrundklassen kartographisch dargestellt [12].

Gem. [12] liegt das Projektgebiet in der Erdbebenzone 0 (d. h. es handelt sich um ein Gebiet, dem gemäß dem zu Grunde gelegten Gefährdungsniveau rechnerisch ein Intensitätsintervall von 6,0 bis < 6,5 zugeordnet ist) und ist der geologischen Untergrundklasse T zuzuordnen. Zur Zuordnung einer Baugrundklasse s. 7.3.

4.4 Anthropogene Einflüsse

Recherchen hinsichtlich behördlich festgestellter Altlasten, Altlastenverdachtsflächen, Altablagerungen bzw. erheblicher Bodenverunreinigungen waren nicht Gegenstand der Beauftragung.

Eine vorsorglich durchgeführte Abfrage im Geoportal des Kreises Mettmann [13] am 07.02.2019 ergab keine diesbezüglichen Hinweise für das Projektgebiet. Da diese Abfrage keine amtliche Auskunft darstellt wird unabhängig davon empfohlen, ggf. bezüglich anthropogener Einflüsse eine entsprechende Anfrage an die zuständigen Fachbehörden des Kreises Mettmann zu richten.

4.5 Kampfmittel, Bauhindernisse

Recherchen hinsichtlich der Kampfmittelfreiheit bzw. Bauhindernissen waren nicht Gegenstand der Beauftragung.

Kampfmittel

Unabhängig davon kann der in Auszügen vorliegenden Stellungnahme der zuständigen Ord-

nungsbehörde [1] entnommen werden, dass ihrerseits für den NE'' Teil des Projektgebietes eine Überprüfung der „zu überbauenden Flächen“ auf Kampfmittel empfohlen wird. I. d. R. sind hierfür nach 1945 erfolgte Aufschüttungen bis auf das Geländeniveau 1945 abzuschieben.

Ausweislich der durchgeführten Kleinrammbohrungen (kurz: KRB), vgl. 6.1, stehen im NE'' Teil des Projektgebietes (vermutete) Auffüllungen in einer Mächtigkeit von 0,4 m bis 1,1 m, i. M. 0,75 m an. Wann diese Auffüllungen aufgeschüttet worden sind, kann der im Geoviewer Nordrhein-Westfalen [7] hinterlegten topographischen Karte 1936 – 1945 nicht eindeutig ² entnommen werden. Im Falle einer Überprüfung der betreffenden Fläche auf Kampfmittel sind daher diese Auffüllungen im Vorfeld der Überprüfung vollumfänglich abzuschieben.

Nach unserer gutachtlichen Erfahrung der letzten Monate sind unter „zu überbauenden Flächen“ nur Flächen zu verstehen, die mit Gebäuden, Garagen, Straßen und dgl. überbaut werden. Nur diese sind nach Abschieben der Auffüllungen, aufgefüllt nach dem 08.05.1945 ³, und vor Durchführung weitergehender Baumaßnahmen auf diesen Flächen auf Kampfmittel zu überprüfen. Diese Einschätzung ist von der zuständigen Ordnungsbehörde zu bestätigen.

Unabhängig davon

- wird unsererseits – insbesondere im Hinblick auf die geplante Folgenutzung – empfohlen, den NE'' Teil des Projektgebietes auf Kampfmittel überprüfen zu lassen
- ist bei der Bauausführung das Merkblatt für Baugrundeingriffe [14] grundsätzlich zu beachten.

Bauhindernisse

Am SW' und S' verlaufend angrenzend an das Projektgebiet einige Ver- und Entsorgungsleitungen. Ein Kabel der Telekom bindet zudem in das W' pavillonartige Gebäude auf Flurstück 347 ein. Diese Ver- und Entsorgungsleitungen sind bei der Planung und ggf. der Wahl von Bauverfahren zu berücksichtigen. Über weitere Bauhindernisse, bspw. Fundamentierungen weiterer ehemaliger pavillonartiger Gebäude, ist nichts bekannt.

4.6 Vorhandene Unterlagen und Erkenntnisse zu den Baugrund- und Grundwasserverhältnissen

Im Vorfeld der Festlegung des Untersuchungsprogramms wurde eine Recherche hinsichtlich

² Die Darstellung legt tendenziell den Schluss nahe, dass die Auffüllungen nach 1945 aufgeschüttet worden sind

³ Im vorliegenden Anwendungsfall - da keine zeitliche Zuordnung der Aufschüttung möglich ist - aller Auffüllungen

vorhandener geologischer, ingenieurgeologischer, hydrogeologischer Kartenwerke (vgl. 4.1 bis 4.3) und Grundwassermessstellen (kurz: GWM) bzw. bezüglich über das Internet zugänglicher Informationen durchgeführt, um einen Überblick über die geologischen, hydrogeologischen und wasserwirtschaftlichen Verhältnisse im Projektgebiet zu erhalten, eine Vorab-Einschätzung der Baugrundverhältnisse vornehmen zu können bzw. um vorhandene Datenquellen und deren Aussage- und Inhaltskraft zu erschließen und für besondere oder spätere Fragestellungen zugänglich zu machen. Über die in 4.1 bis 4.3 genannten Unterlagen hinaus konnten jedoch keine weiteren Angaben recherchiert und ausgewertet werden.

5 Erkundungsmaßnahmen

5.1 Vorgesehener Erkundungsumfang

Unter Berücksichtigung dessen, dass im näheren Umfeld des Projektgebietes keine Baugrundaufschlüsse vorhanden sind (vgl. 4.6), sah das Erkundungsprogramm zur ersten geotechnischen Bewertung vier, ca. 2 m bis 4 m tiefe, KRB zur Erkundung der Untergrundverhältnisse in Kombination mit einer, rd. 5 m tiefen, schweren Rammsondierung (kurz: DPH) zur Ermittlung der Lagerungsdichte rolliger Böden und zur indikativen Bestimmung der Konsistenz bindiger Böden vor. Die beiden KRB und die DPH im Bereich der geplanten Bebauung sollten bis zur Felsoberfläche (angenommen in einer Teufenlage von ≤ 5 m) niedergebracht werden.

Zur Verfeinerung der Bodenansprache und als Grundlage für die bodenmechanische Klassifizierung waren klassifizierende bodenmechanische Laborversuche in Form 1 Bestimmung der Korngrößenverteilung durch kombinierte Siebung/Sedimentation gemischtkörniger Böden und 2 Bestimmungen der Zustandsgrenzen bindiger Böden vorgesehen.

Die Entsorgungswege evtl. vorhandener Auffüllungen und der geogenen Böden sollten an Hand von 2 abfalltechnischen Untersuchungen repräsentativer Mischproben nach TR LAGA Boden 2004 und/oder ggf. LAGA M 20 1997 orientierend eingeschätzt werden.

5.2 Baugrundaufschlüsse

Das Aufschlussprogramm wurde am 22/23.11.2018 in Abstimmung auf die örtlichen- bzw. die angetroffenen Untergrundverhältnisse umgesetzt. Insgesamt wurden sieben (s. 5.3), 1,0 m bis 11,0 m tiefe, KRB gem. DIN EN ISO 22475-1 abgeteuft. Die mittlere Bohrtiefe betrug rd. 3,85 m. Die durchgängig aus allen angetroffenen Lockergesteinsschichten gewonnenen gestörten Proben wurden als Becherproben eingelagert. Die Bohrgutansprache/Er-

stellung der Schichtenverzeichnisse erfolgte gem. DIN 4022-1 und DIN EN ISO 14688-1⁴, die zeichnerische Darstellung der Bohrergebnisse nach DIN 4023. Die Rammtiefe der ausgeführten DPH gem. DIN EN ISO 22476-2 betrug 7,0 m.

Die Ansatzpunkte der KRB und DPH wurden nach der Lage in der Örtlichkeit und nach der Höhe unter Verwendung von Bezugspunkten mit örtlicher Anbindung (Kanaldeckel) eingemessen. Die Lage der Aufschlüsse im Projektgebiet ist in Anlage 1 dargestellt. Die Ansatzhöhe und die Tiefe können den entsprechenden Profilen bzw. Rammdiagrammen in Anlage 2 entnommen werden.

5.3 Feldversuche

In den zu erwartenden Untergrundverhältnissen erscheint eine Versickerung von Dachflächenwasser im Untergrund wenn überhaupt nur eingeschränkt möglich.

Zur Überprüfung dessen wurden auf Wunsch der Auftraggeberin (E-Mail vom 21.11.2018) am 23.11.2018 zusätzlich drei Versickerungsversuche im verrohrten Bohrloch (PIV-Tests) durchgeführt. Integrativer Bestandteil der Feldarbeiten (s. 5.2) waren daher drei zusätzliche, 1 m bis 2 m tiefe, KRB.

5.4 Bodenmechanische Laborversuche

Nach Vorliegen der Bohrprofile, d. h. unter Berücksichtigung der angetroffenen Bodenverhältnisse, wurden an 3 ausgewählten, repräsentativen Bodenproben klassifizierende bodenmechanische Laborversuche (Bestimmungen der Zustandsgrenzen) durchgeführt. Da im oberflächennahen Teufenbereich unterhalb der Auffüllungen ausschließlich bindige Bodenschichten erbohrt wurden, wurde gegenüber dem vorgesehenen Erkundungsumfang die Anzahl der Bestimmungen der Zustandsgrenzen erhöht und die Anzahl kombinierter Siebungen/Sedimentationen verringert bzw. von Proctorversuchen abgesehen.

5.5 Untersuchung von Feststoffen auf Verwertbarkeit

Im Rahmen der Bodenansprache wurde das in den KRB gewonnene Bohrgut vor Ort auch nach organoleptischen Gesichtspunkten (Aussehen, Geruch) beurteilt. Dabei wurden sowohl

⁴ Hinweis: DIN 4022-1 wurde im Januar 2003 hinsichtlich der Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden durch DIN EN ISO 14688-1 ersetzt (aktuelle Fassung: 2018-05). Da letztere sich in der Praxis jedoch noch nicht durchgesetzt hat und da die zu DIN 4022-1 analogen Kurzzeichen nach DIN 4023 weiter benutzt werden dürfen wird hier und nachfolgend auf eine Beschreibung nach DIN EN ISO 14688-1 verzichtet und stattdessen auf vorgenannte Kurzzeichen zurückgegriffen

in den Auffüllungen als auch in den natürlich anstehenden Böden neben den beschriebenen Fremdbestandteilen keine sensorischen Auffälligkeiten wie Gerüche oder Verfärbungen festgestellt (s. Tabelle 1).

Tabelle 1 Durchgeführte umwelttechnische Analysen

Bezeichnung	Aufschluss	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Entnahmedatum	Organoleptische Auffälligkeiten/ auffüllungstypische Bestandteile
MP 1/[A]	KRB 1	0,04 – 0,18	22.11.2018	Keine/keine
		0,18 – 1,00		
		1,00 – 1,70		Keine/Ziegelbruch 4 %, Schlacke 4 %
	KRB 2	0,20 – 0,50		Keine/Ziegelbruch 3 %, Betonreste 3 %
	KRB 3	0,00 – 0,50	23.11.2018	Keine/Ziegelbruch 2 %, Schlacke 2 %, Glas 2 %, Dichtungsbahn 2 %
		0,50 – 1,10		Keine/Betonreste 1 %
	KRB 4	0,00 – 0,40		Keine/keine
	KRB 5	0,40 – 0,70		Keine/Schlacke 1 %, Betonreste 1 %
	KRB 6	0,20 – 1,10		Keine/keine
	KRB 7	0,00 – 0,15		Keine/Betonreste 3 %
		0,15 – 1,60		Keine/ Ziegelbruch 2 %, Schlacke 4 %, Betonreste 4 %
MP 2/Geogen	KRB 1	1,70 – 4,00	22.11.2018	Keine/keine
	KRB 2	0,50 – 1,00		
		1,00 – 3,00		
	KRB 3	1,10 – 2,00	23.11.2018	
	KRB 4	0,40 – 1,00		
		1,00 – 2,00		

Fett grün: Tiefenbereich mit mehreren Schichten/Einzelproben

Zur orientierenden Untersuchung auf Wiederverwertbarkeit wurden die im Aushubbereich, teilweise unter Oberboden bzw. Oberflächenbefestigungen, vorhandenen Böden zu repräsentativen Mischproben (kurz: MP) zusammengeführt (s. Tabelle 1) ⁵ und auf den Parameterumfang der Technischen Regeln der LAGA 2004 für Boden (kurz: LAGA '04) [15] im Feststoff (kurz: i. F.)/im Eluat (kurz: i. E.) untersucht (s. 6.4). Dabei wurde nach aufgefüllten Böden mit – zumeist geringen – mineralischen Fremdbestandteilen < 10 % ⁶ und anstehenden

⁵ Um eine ausreichende Probemenge zu erhalten wurden auch die geogenen Böden der KRB 3 und der KRB 4 in die Mischprobenbildung einbezogen

geogenen Böden unterschieden.

6 Erkundungsergebnisse

6.1 Baugrundaufschlüsse (Kleinrammbohrungen, Rammsondierungen)

Untergrundverhältnisse

Auf Basis der Bohrerergebnisse, des Rammdiagramms der DPH und seiner Interpretation (s. hierzu bspw. [16], [17]) und geotechnischer Aspekte ⁷ ist unter der – teilweise vorhandenen – Oberflächenbefestigung aus Asphalt bzw. dem bereichsweise in einer Mächtigkeit von 0,2 m bis 0,4 m aufgetragenen Oberboden unter Vernachlässigung geringmächtiger, anders zusammengesetzter (Zwischen)lagen vom Hangenden ins Liegende nach der in Tabelle 2 beschriebenen Schichtenfolge (nachfolgend Baugrundsichten, kurz: BGS) zu unterscheiden:

Tabelle 2 Erkundungsergebnisse

BGS	Geol. Bezeichnung	Tiefe Schichtunterkante [m u. GOK]	(Rest)-mächtigkeit [m]	Vorherrschende Zusammensetzung	Lagerungsdichte/Konsistenz	Bemerkungen
1	Auffüllungen ¹⁾	0,4 bis 1,7; i. M. 1,0	0,3 bis 1,66; i. M. 0,95	Kies-Sand-Gemische, schluffig bis stark schluffig, schwach tonig bis tonig und Schluffe, (selten stark) feinsandig, schwach tonig bis tonig, lokal schwach kiesig o. kiesig	Locker/weich, selten steif	In allen KRB angetroffen. Zumeist gemischtkörnig mit hohem Feinkornanteil bzw. feinkörnig; zumeist bindig

⁶ Da eine baupraktische Trennung der in KRB 7 lokal begrenzt festgestellten, „nestartigen“ Lage mit mineralischen Fremdbestandteilen von 10 % kaum möglich ist, wurden in der MP sowohl die Auffüllungen ohne bzw. mit mineralischen Fremdbestandteilen < 10 % als auch diese Auffüllung mit mineralischen Fremdbestandteilen von 10 % zusammengeführt und zunächst – auf der sicheren Seite liegend – angenommen, dass diese als Boden mit mineralischen Fremdbestandteilen < 10 % zu betrachten sind

⁷ Nach unserer gutachtlichen Erfahrung kann aus den Schlagzahlen N_{10} von Rammsondierungen nur bedingt auf die Konsistenz bindiger Böden geschlossen werden. Für die Beurteilung der Konsistenz bindiger Böden ist daher bevorzugt auf die Ansprache der Konsistenz am Bohrgut bzw. die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche (Bestimmung der Zustandsgrenzen) abzustellen

BGS	Geol. Bezeichnung	Tiefe Schicht- unterkante [m u. GOK]	(Rest)- mächtigkeit [m]	Vorherrschende Zusammen- setzung	Lagerungsdichte/ Konsistenz	Bemerkungen
2	Löss ²⁾	≥ 1,0 bis 4,0; i. M. ≥ 2,3	≥ 0,4 bis 2,5; i. M. ≥ 1,25	Schluff, feinsandig, tonig, lokal schwach kiesig, lokal Kalk- konkretionen	Die Schlagzahlen N ₁₀ der DPH deuten auf eine weiche bis steife, zumeist aber weiche Konsistenz hin. Ausweislich der Handspezifikation ist von einer wei- chen bis steifen, vorwiegend wei- chen Konsistenz auszugehen	In allen KRB ange- troffen. Feinkörnig, bindig
3	Grafenberg- Schichten ²⁾	≥ 7, bis 8,5; i. M. 7,75	≥ 4,0 bis 4,5; i. M. 4,25	Schluff, (zumeist stark) feinsandig, zumeist tonig	Die Schlagzahlen N ₁₀ der DPH deuten auf eine (mit der Tiefe zunehmende) breiige bis steife, vorwiegend weiche bis steife Konsis- tenz hin. Ausweislich der Handspezifikation ist von einer wei- chen bis steifen, vorwiegend wei- chen Konsistenz auszugehen	Nur in KRB 1 und KRB 2 erbohrt. Feinkörnig, bindig
4 a	Verwitterungszo- ne der Flinz- Schichten	9,0	0,5	Schluff, feinsandig, tonig	Ausweislich der Handspezifikation: Weich	Nur in KRB 1 erbohrt. Feinkörnig, bindig
4 b	Flinz-Schichten	≥ 11,0	≥ 2,0	Kies (Tonstein), schwach sandig, schwach schluffig, schwach tonig	K. A.	Nur in KRB 1 erbohrt. Vollständig verwit- terter bis zersetzter Fels (Verwitterungs- stufen 4 und 5 nach DIN EN ISO 14689-1

¹⁾ Vereinzelt angetroffene, oberbodenartige Auffüllungen und Böden, die wahrscheinlich – aber nicht eindeutig – den Auffüllungen zugeordnet werden können (KRB 4, KRB 6) wurden – da eine baupraktische Trennung kaum möglich ist – den Auffüllungen zugeordnet; nachfolgend wird vereinfachend von „Auffüllungen“ gesprochen

²⁾ Die Differenzierung erfolgte an Hand des höheren Feinsandanteils der tiefer liegenden Schichten – eine tatsächliche stratigraphische Einstufung, die nur mit unverhältnismäßig großem Aufwand zu leisten- und für die bautechnischen Eigenschaften nur von nachrangiger Bedeutung wäre – ist damit nicht verbunden

Das aus dem geologischen Überblick gewonnene Bild des Untergrundaufbaus im Projektge-

biet wird durch die Baugrundaufschlüsse dem Grunde nach bestätigt. Allerdings wurde im Löss ein höherer Feinsand- und Tonanteil als in [8] beschrieben angesprochen und die Grafenberg-Schichten sind, in Verbindung mit einem deutlichen Tonanteil, eher als Schluffe denn als Feinsande anzusprechen.

Insgesamt wäre nach diesen Erkundungsergebnissen innerhalb des generellen Schichtenaufbaus nur mit vergleichsweise geringen vertikalen und lateralen Wechseln in der Verbreitung bzw. Zusammensetzung der einzelnen Schichten zu rechnen.

Grundwasserspiegel während der Felduntersuchungen

Die erbohrten Bodenschichten wurden in erdfeuchtem, bei bindiger Ausbildung häufig auch in feuchtem, Zustand angetroffen. Oxidationsmerkmale, Klopfwasser oder sehr feuchte Bereiche, welche Hinweise auf einen zusammenhängenden Grundwasserspiegel sein könnten, wurden während der Erkundungsarbeiten in KRB 1 in 4 m bis 7 m Teufe (Oxidationsmerkmale) bzw. in KRB 2 in 3 m bis 5 m Teufe (Klopfwasser, sehr feuchte Bereiche) festgestellt. Unter Berücksichtigung der allgemeinen hydrogeologischen Verhältnisse werden diese jedoch auf temporäres Stau-/Schichtenwasser, gebunden an den Feinstkornanteil dieser Böden, zurückgeführt. Nasse Bereiche, welche mit hoher Wahrscheinlichkeit Hinweis auf einen zusammenhängenden Grundwasserspiegel sind, wurden in KRB 1 ab 8,5 m Teufe vorgefunden.

6.2 Feldversuche

Zur Einschätzung der Versickerungsfähigkeit im oberflächennahen Untergrund wurden drei Versickerungsversuche mit fallender Druckhöhe im verrohrten Bohrloch (PIV-Tests) durchgeführt. Die Versuchsprotokolle sind in Anlage 3 beigefügt, die Versuchsergebnisse in Tabelle 3 zusammengefasst:

Tabelle 3 Ergebnisse der Versickerungsversuche (PIV-Tests)

Aufschluss	Versuchstiefe [m u. GOK]	Datum	BGS	Bodenart gem. DIN 4022-1 ¹⁾	Bodengruppe gem. DIN 18196	Mittlerer Durchlässigkeits- beiwert k_f [m/s]	Durchlässigkeit gem. DIN 18130-1
KRB 5	1,00	23.11.2018	2	U, t, fs	(TL)	$3,10 \cdot 10^{-7}$	Schwach durchlässig
KRB 6	2,00			U, fs, t'		$2,83 \cdot 10^{-8}$	
KRB 7				U, t, fs		Nicht bestimmbar	Sehr schwach durchlässig

¹⁾ Gem. Geländeansprache

6.3 Laborversuche zur bodenmechanischen Klassifizierung

Konsistenzgrenzen, Zustandsformen

Zur genauen Einordnung bindiger Böden und ihrer plastischen Eigenschaften im Bereich der geplanten Bebauung wurden an insgesamt 3 Boden(misch)proben Bestimmungen der Konsistenzgrenzen und der Zustandsform nach DIN 18122-1 durchgeführt. Die zur Angabe der jeweiligen Konsistenz erforderlichen natürlichen Wassergehalte wurden gem. DIN EN ISO 17892-1 bestimmt. Die ermittelten natürlichen Wassergehalte und Zustandsformen dieser Böden sind ebenfalls in Tabelle 4 angegeben. Die Wassergehalte an der Fließ- und Ausrollgrenze sowie die Plastizitäts- und Konsistenzzahl können dem Untersuchungsbericht in Anlage 3 entnommen werden.

Die Ergebnisse der klassifizierenden bodenmechanischen Laborversuche und die hieraus abgeleiteten Bodengruppen gem. DIN 18196 sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4 Zusammenfassung der klassifizierenden bodenmechanischen Laborversuche

Aufschluss	Entnahmetiefe [m u. GOK]	BGS	Bodenart gem. DIN 4022-1 ¹⁾	Kornanteil < 0,063 mm [Gew.-%]	Wassergehalt w_t [%]	Zustandsform	Bodengruppe gem. DIN 18196
KRB 1	1,70 – 2,70 2,70 – 3,70 3,70 – 4,00	2	U, fs, t	-	(19,6) 20,6	Weich	TL
KRB 2	0,50 – 1,00		U, t, fs*, g*		(9,9) 10,1	Halbfest	ST*
	1,00 – 2,00 2,00 – 3,00		U, t, fs		(18,4) 18,6	Steif	TL

¹⁾ Gem. Geländeansprache

Auswertung der Konsistenzgrenzen – Durchlässigkeitsbeiwerte

Tabelle 5 Auswertung der Konsistenzgrenzen (Durchlässigkeitsbeiwerte)

BGS	Bodengruppe gem. DIN 18196	(Mittlerer) Durchlässigkeitsbeiwert k_f nach ENGEL [m/s]	Durchlässigkeit gem. DIN 18130-1
2	ST*	$3,3 \cdot 10^{-8}$	Sehr schwach durchlässig
	TL	$4,5 \cdot 10^{-9}$	

Aus den Fließgrenzen w_L /Plastizitätszahlen I_P wurden ergänzend – ohne dies hier näher zu erläutern – die (mittleren) Durchlässigkeitsbeiwerte k_f nach ENGEL abgeleitet. Die abgeleiteten

ten Durchlässigkeitsbeiwerte sind in Tabelle 5 dargestellt und gem. DIN 18130-1 bewertet.

6.4 Untersuchung von Feststoffen auf Verwertbarkeit

Im vorliegenden Anwendungsfall können wahrscheinlich auch die, häufig bindigen, Auffüllungen auf Grund des – zumeist geringen – Anteils an mineralischen Fremdbestandteilen < 10 % als Boden entsorgt werden. Die beiden repräsentativen MP wurden daher durch die Dr. Graner & Partner GmbH i. F. und i. E. auf den Parameterumfang der LAGA '04 [15], Tabellen II.1.2-2 bis II.1.2-5 untersucht. Die Analysenergebnisse sind in den Prüfberichten in Anlage 5 enthalten.

Den untersuchten MP werden in Tabelle 6 unter Angabe aller für eine Einstufung > Z 0 relevanten Parameter die Einbauklassen nach LAGA '04 [15] zugeordnet. Da die untersuchten aufgefüllten Bodenmaterialien nicht bodenartspezifisch zugeordnet werden können bzw. kleinräumig wechseln und bei der Baumaßnahme sehr wahrscheinlich als Gemisch verschiedener Bodenarten anfallen werden, wurden für deren Zuordnung nach LAGA '04 [15] die Zuordnungswerte für die Bodenart „Lehm/Schluff“ berücksichtigt. Dies gilt sinngemäß ob der – auch bodenmechanisch belegten – Zusammensetzung für die geogenen Schluffe wechselnden Feinsand- und Tonanteils.

Tabelle 6 Beurteilung der Ergebnisse der Untersuchung von Feststoffen auf Verwertbarkeit

Bezeichnung	Untersuchungsbereich	Prüfbericht nach LAGA '04 [15]		
			Einbauklasse	Für eine Einstufung > Z 0 relevante Parameter	Bemerkungen
MP 1/[A]	Auffüllungen	1869459 (11.12.2018)	Z 2 ¹⁾	0,55 % TOC i. F. ^{2) 3)} (Z 1) 15 µg/l Arsen i. E. (Z 1.2)	Die generelle Zuordnung in die Einbauklasse Z 2 bliebe von einer veränderten Einstufung des TOC-Gehaltes unberührt
MP 2/Geogen	Geogene Schluffe	1869460 (11.12.2018)	Z 0	N. zutr.	-

¹⁾ In hydrogeologisch günstigen Gebieten Z 1

²⁾ Bei einem C:N-Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-% – es würde dann die Einbauklasse Z 0 zutreffen

³⁾ Das C:N-Verhältnis ist nicht bekannt und kann nur durch entsprechende zusätzliche Elementaranalysen oder ersatzweise durch Bestimmungen des gesamten Kohlenstoff- und Stickstoff-Gehaltes ermittelt werden

Danach sind die, häufig bindigen, Auffüllungen nach LAGA '04 [15] auf Grund der ermittelten, leicht erhöhten TOC-Gehalte i. F. bzw. der leicht erhöhten Arsen-Gehalte i. E. dem

Grunde nach der Einbauklasse Z 2 zuzuordnen, in hydrogeologisch günstigen Gebieten würde die Einbauklasse Z 1 zutreffen. In den geogenen, schluffigen Böden wurden keine relevanten Schadstoff-Gehalte ermittelt.

Unabhängig von der abfallrechtlichen Einstufung werden zudem für alle analysierten und in Anhang 2 der BBodSchV [18] unter Ziffer 4 bzw. Ziffer 1.4 aufgeführten Parameter sowohl die Vorsorgewerte für Böden (Ziffer 4) als auch die Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden – Mensch, Kinderspielflächen und Wohngebiete (Ziffer 1.4) eingehalten.

7 Geotechnische Beurteilung

7.1 Vereinfachter Schichtenaufbau

Aus den Ergebnissen der durchgeführten Felduntersuchungen/Laborversuche sowie den wenigen bekannten Informationen und Hinweisen zum Untergrundaufbau wird – unter Vernachlässigung bautechnisch nicht relevanter Böden (Oberboden; eingeschaltete, geringmächtige Zwischenlagen abweichender Zusammensetzung; nur sehr begrenzt vorkommende Böden) – für den Bereich der geplanten Bebauung der in Tabelle 7 dargestellte vereinfachte Schichtenaufbau (Baugrundmodell) abgeleitet:

Tabelle 7 Vereinfachter Schichtenaufbau im Bereich der geplanten Bebauung (Baugrundmodell)

BGS	Geol. Bezeichnung	Höhenlage Schichtunterkante ¹⁾	(Rest) mächtigkeit [m]	Vorherrschende Zusammensetzung; Bodengruppen gem. DIN 18196	Lagerungsdichte/ Konsistenz	Bemerkungen
1	Auffüllungen	55,35 bis 56,1; i. M. 55,65	0,7 bis 1,7; i. M. 1,2	Kies- und Sand-Schluff-Gemische wechselnden Feinkornanteils, zumeist bindig und Schluffe, (selten stark) feinsandig, schwach tonig bis tonig, lokal schwach kiesig; GU, SU, GU*, SU*, TL	Locker/weich	0 – 10 %, i. M. rd. 4 % mineralische Fremdbestandteile
2	Löss	53,05 bis 53,75; i. M. 53,4	2,3 bis 2,5; i. M. 2,4	Schluff, feinsandig, tonig, lokal schwach kiesig; ST*, TL	Weich bis halbfest, vorwiegend weich bis steif	
3	Grafenberg-Schichten	48,55 bis ≤ 49,75; i. M. 48,55	≥ 4,0 bis 4,5; i. M. 4,25	Schluff, (zumeist stark) feinsandig, zumeist tonig; SU*, ST*, TL	In den oberen 2 m weich bis steif, vorwiegend weich ; darunter weich bis steif, vorwiegend steif	

BGS	Geol. Bezeichnung	Höhenlage Schichtunterkante ¹⁾	(Rest) mächtigkeit [m]	Vorherrschende Zusammensetzung; Bodengruppen gem. DIN 18196	Lagerungsdichte/ Konsistenz	Bemerkungen
4 a	Verwitterungszone der Flinz-Schichten	48,05	0,5	Schluff, feinsandig, tonig; ST*, TL	Weich	
4 b	Flinz-Schichten, vollständig verwittert bis zersetzt	≤ 46,05	≥ 2,0	Kies (Tonstein), schwach sandig, schwach schluffig, schwach tonig; GU, GT	Annahme: Mitteldicht bis dicht	

Fett: Bodengruppe durch klassifizierende bodenmechanische Laborversuche belegt

Insgesamt ist unter Berücksichtigung aller Befunde trotz lokaler Unterschiede innerhalb des generellen Schichtenaufbaus nur mit vergleichsweise geringen vertikalen und lateralen Wechseln in der Verbreitung bzw. Zusammensetzung der einzelnen Schichten zu rechnen.

7.2 Bemessungsgrundwasserspiegel

Der Grundwasserkörper des Rechtsrheinischen Schiefergebirges ist gekennzeichnet durch überwiegenden Oberflächenabfluss. Eine Grundwasserbewegung erfolgt wenn überhaupt oberflächennah in der Zersatzzone des Festgesteins. Während der Erkundungsarbeiten wurden im erkundeten Teufenbereich Hinweise auf einen zusammenhängenden Grundwasserspiegel in 8,5 m Teufe (48,55 m ü. NHN) festgestellt.

Auf Basis der Ergebnisse der hydrogeologischen Recherchen, der Feldbefunde und der topographischen Verhältnisse (nach S bis SE abfallende Fels Oberfläche) ist mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass sowohl der bauzeitlich wiederkehrende hohe Grundwasserstand GW_{Bau} als auch der über eine Nutzungsdauer des Bauwerks von 100 Jahren zu erwartende höchste Grundwasserstand ($HHGW_{100}$) unterhalb des bautechnisch relevanten Teufenbereichs liegen. Die Grundwasserverhältnisse werden für die Bemessung **indikativ** wie folgt eingeschätzt:

- Bauzeitlich wiederkehrender hoher Grundwasserstand $GW_{Bau, \text{indikativ}}$: 50,0 m ü. NHN
- Höchster zu erwartender Grundwasserstand ($HHGW_{100, \text{indikativ}}$): 51,5 m ü. NHN.

Damit liegen sowohl der indikative bauzeitlich wiederkehrende hohe Grundwasserstand $GW_{Bau, \text{indikativ}}$ als auch der indikative höchste zu erwartende Grundwasserstand $HHGW_{100, \text{indikativ}}$ deutlich unter Baugrubensohlniveau. Es ist jedoch davon auszugehen, dass in allen – v. A. in den bindigen – Bodenschichten Stau-/Schichtenwasser auftritt.

7.3 Ergänzende Angaben zu Einwirkungen aus Erdbeben

Unter Berücksichtigung der erkundeten Untergrundverhältnisse ist das Projektgebiet der Baugrundklasse C gem. DIN EN 1998-1/NA zuzuordnen. Als Kombination von Baugrund und geologischem Untergrund sind damit die Untergrundverhältnisse C-T bei einer Bemessung nach DIN EN 1997-1 bzw. DIN EN 1998-1 ff. zu berücksichtigen.

7.4 Klassifizierung der Baugrundsichten

Tabelle 8 Klassifizierung der Baugrundsichten im bautechnisch relevanten Teufenbereich

BGS	Geol. Bezeichnung	Bodengruppe gem. DIN 18196	Bodenart gem. ATV-DVWK – A 127	Bodenklasse gem. DIN 18300, 2012	Frostemp- findlichkeits- klasse gem. ZTV E-StB 17	Verdichtbar- keitsklasse gem. ZTV A- StB 97/06
1	Auffüllungen	GU, SU	G 2	3 (5)	F 2 ²⁾	V 1
		GU*, SU*	G 3	4 (5) ¹⁾	F 3	V 2
		TL	G 4			V 3
2	Löss	ST*	G 3	4 ¹⁾		V 2
		TL	G 4			V 3
3	Grafenberg- Schichten	SU*, ST*	G 3			V 2
		TL	G 4			V 3

Fett: Bodengruppe durch klassifizierende bodenmechanische Laborversuche belegt

¹⁾ Für wassergesättigte Schluffe und Tone/bindige Böden (flüssige bis breiige Konsistenz, d. h. Konsistenzzahl $I_c \leq 0,5$) würde Bodenklasse 2 gelten

³⁾ Nach ZTV E-StB 17 zu F 1 gehörig bei einem Anteil an Korn $< 0,063$ mm von ≤ 5 Massen-% bei $C_u \geq 15,0$ oder ≤ 15 Massen-% bei $C_u \leq 6,0$

Nach den vorliegenden Erkenntnissen können die BGS unter zusätzlicher Berücksichtigung der überholten DIN 18300, 2012 bzw. DIN 18301, 2012⁸ für Entwurfszwecke wie in Tabelle 8 angegeben klassifiziert werden.

⁸ DIN18300, 2012 wurde am 01.08.2015 zurückgezogen. Die nunmehr gültige DIN 18300, 2016 wurde deutlich verändert und enthält keine Bodenklassen mehr (zu den nach DIN 18300, 2016 auszuweisenden Homogenbereichen s. 7.10)

7.5 Bautechnische Eigenschaften der Baugrundsichten

BGS 1

Die Kies- und Sand-Schluff-Gemische wechselnden Feinkornanteils und die leicht plastischen Tone der Auffüllungen sind ob ihrer zumeist bindigen Ausprägung von zumeist mittlerer bis großer Erosionsempfindlichkeit und zumeist sehr großer Frostempfindlichkeit. Auf Grund ihrer sehr geringen bis mittleren Verformbarkeit wären sie für Gründungsarbeiten dem Grunde nach brauchbar bis gut geeignet. Für die Erstellung von Erd-/Baustraßen wären sie dem Grunde nach weniger geeignet bis geeignet, für die Herstellung von (Damm)schüttungen wären sie nur mäßig brauchbar.

Unabhängig davon sind diese Böden bei lockerer Lagerungsdichte/weicher Konsistenz ohne Nachverdichtung nicht zur setzungsarmen Abtragung höherer Lasten bzw. ggf. nur mit Zusatzmaßnahmen zur setzungsarmen Abtragung konzentrierter Lasten geeignet.

BGS 2, BGS 3

Die Sand-Ton-Gemische hohen Feinkornanteils und die leicht plastischen Tone des Löss sowie die Sand-Schluff- und Sand-Ton-Gemische hohen Feinkornanteils und die leicht plastischen Tone der Grafenberg-Schichten sind bei mittlerer bis großer Erosionsempfindlichkeit und großer bis sehr großer Frostempfindlichkeit ob ihrer geringen bis mittleren Verformbarkeit – bei zumindest steifer Konsistenz – für Gründungsarbeiten brauchbar, für Erd- und Baustraßen allerdings weniger geeignet bis brauchbar und für (Damm)schüttungen nur mäßig brauchbar bis brauchbar.

Allerdings sind diese Böden insbesondere bei weicher Konsistenz nur mit Zusatzmaßnahmen (bspw. Bodenpolster) zur setzungsarmen Abtragung konzentrierter Lasten geeignet.

Ergänzend sind zu den bautechnischen Eigenschaften der genannten BGS folgende Hinweise zu geben:

Die bindige Bereiche sind je nach Zusammensetzung bei hoher Wassersättigung bewegungsempfindlich und neigen zu Aufweichungen. Dieser Zustand kann auch durch starke Niederschläge oder sonstige Wasserzutritte hervorgerufen werden. Unter Wassereinfluss/bei Anschneiden unter Wasser, d. h. auch in Bereichen mit Staunässe, kann insbesondere für die Schluffe bei entsprechender Konsistenz nicht ausgeschlossen werden, dass sie auf Grund eines partiell vergleichsweise engen Bildsamkeitsbereiches (insbesondere BGS 2), der einen vergleichsweise raschen Übergang von einer weichen bis steifen- in eine breiige und flüssige Zustandsform bedingt, fließgefährdet sind. Im feuchten oder vernässten Zustand können sie auf dynamische Belastungen mit Änderungen einer häufig vorhandenen weichen bis steifen Konsistenz zu breiig, einhergehend mit Gefügestörungen, welche die Belastungs-

empfindlichkeit dieser Böden erhöhen, reagieren. Die Fließgefährdung träfe ebenso auf Sande hohen Schluff- oder Tongehaltes zu. Stark schluffige bzw. tonige Sande sollten daher in Folge ihrer bindigen Anteile und der damit verbundenen Wasser- und Frostempfindlichkeit wie Schluffe behandelt werden.

7.6 Wiedereinbaufähigkeit von Aushubmaterialien

BGS 1

Die Kies- und Sand-Schluff-Gemische wechselnden Feinkornanteils und die leicht plastischen Tone der Auffüllungen sind ob ihrer Inhomogenität mit mineralischen Fremdbestandteilen von teilweise > 5 %, ihrer bodenmechanischen Eigenschaften und ihrer überwiegend mäßigen bis mittleren-guten Verdichtbarkeit zum verdichteten Einbau nur bedingt geeignet und sollten (insbesondere bei weicher Konsistenz) bevorzugt abgefahren werden.

Für diese Böden wäre – bei vergleichbarer abfallrechtlicher Einstufung (s. 6.4 und 7.7) – nur im erdfeuchten Zustand überhaupt eine Wiederverfüllung innerhalb der Baumaßnahme (bspw. für Andeckmaßnahmen in Grünbereichen) denkbar. Sofern ein Wiedereinbau dieser Böden in verdichteter Form vorgesehen wird, sollte dieser in engen Wassergehaltsgrenzen unter Berücksichtigung des optimalen Wassergehaltes (es ist dann die Durchführung von Proctorversuchen zielführend) erfolgen. Aufgeweichte bzw. durchnässte bindige Partien sind zu separieren und abzufahren.

BGS 2, BGS 3

Für die gemischt- und feinkörnigen bindigen Böden des Löss und der Grafenberg-Schichten gelten bei überwiegend mäßiger, nur untergeordnet mittlerer Verdichtbarkeit vorstehende-Ausführungen zur BGS 1 sinngemäß.

7.7 Entsorgung von Aushubmaterialien

Auffüllungen

Für die als überwiegend bindiger Boden mit – zumeist geringen – mineralischen Fremdbestandteilen < 10 % anzusprechenden Auffüllungen (MP 1/[A]) wurden maßgebende Schadstoff-Gehalte in Form leicht erhöhter TOC-Gehalte i. F./Arsen-Gehalte i. E. bestimmt. Entsprechende Materialien (Einbauklasse Z 2) können einer ordnungsgemäßen Wiederverwertung unter bestimmten Randbedingungen (eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen) zugeführt werden. In hydrogeologisch günstigen Gebieten wäre auch ein eingeschränkt offener Einbau möglich.

Geogene Böden

Für die geogenen Böden (MP 2/Geogen) wurden keine maßgebenden Schadstoff-Gehalte bestimmt. Sie können einer ordnungsgemäßen Wiederverwertung in bodenähnlichen Anwendungen (Einbauklasse Z 0, uneingeschränkter Einbau) zugeführt werden.

Sowohl den Auffüllungen als auch den geogenen Böden kann die Abfallschlüssel-Nr. 17 05 04 „Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen“ zugeordnet werden.

Ergänzende Hinweise

Bei einer Wiederverwertung der geogenen Böden in bodenähnlichen Anwendungen sind die präzisierenden Regelungen des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen vom 17.09.2014 [19] zu beachten.

Es wird auch darauf hingewiesen, dass in durch die Untersuchungen nicht erfassten Bereichen andere und in erster Linie höhere Schadstoffgehalte nicht ausgeschlossen werden können. Sollten im Zuge von Arbeiten sensorische Auffälligkeiten an den Böden festgestellt werden (z. B. Verfärbungen, Geruch), sollten zu deren Beurteilung und zur Festlegung der weiteren Vorgehensweise die Auftraggeberin und/oder ihr Vertreter bzw. Fachgutachter verständigt werden. In Abhängigkeit der Schadstoffgehalte ist über die weitere Entsorgung der Materialien zu entscheiden.

Es wird empfohlen, im Zuge der Bauausführung nach Möglichkeit v. A. die BGS 1 im Sinne einer Reduzierung der Entsorgungskosten unter fachgutachterlicher Begleitung zu separieren, aufzumieten, zu beproben und einer Deklarationsanalytik⁹ zur Trennung der Verwertungswege Z 0, Z 0*, Z 1 und > Z 1 zu unterziehen. Nach Aushub sollten die Baugrubensohlen vom Fachgutachter in Augenschein genommen werden.

Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, in den Vergabeunterlagen entsprechende Positionen für eine Analytik nach LAGA '04 [15], Tabellen II.1.2-2 bis II.1.2-5 für Boden und (Zulage)positionen für die Verwertung des Bodens (Einbauklassen Z 0 bis Z 2) aufzunehmen.

7.8 Schädliche Bodenveränderungen

Wie aus der LAGA-Analytik abgeleitet werden kann (s. 6.4), halten alle untersuchten MP

⁹ Sofern seit der bereits durchgeführten Analytik mehr als 6 Monate vergangen sind, werden auf jeden Fall erneute Deklarationsanalysen erforderlich

(Auffüllungen, geogene Böden) – sofern im Analyseumfang enthalten – die Vorsorgewerte gem. BBodSchV [18], Anhang 2, Ziffer 4 und damit auch die Prüfwerte gem. Anhang 2, Ziffer 1.4 für den Wirkungspfad Boden – Mensch, Kinderspielflächen und Wohngebiete ein.

Nach gutachtlicher Ersteinschätzung sind – vorbehaltlich einer Bestätigung durch Analyse auf die in der LAGA '04 [15] nicht erfassten Parameter¹⁰ – keine schädlichen Bodenveränderungen i. S. der BBodSchV [18] zu besorgen. Auf Basis der analysierten Parameter steht einem Wiedereinbau dieser Böden vor Ort und einer Nutzung der Grundstücksflächen als Kinderspielflächen/Wohngebiete nach gutachtlichem Dafürhalten nichts entgegen.

7.9 Bodenmechanische Kennwerte

Entsprechend den Ergebnissen unserer Untersuchungen können in Verbindung mit DIN 1055-2, weiteren Regelwerken sowie allgemeiner Erfahrung für die BGS bei erdstatischen Berechnungen die in Tabelle 9 angegebenen bodenmechanischen Kennwerte angesetzt werden.

Tabelle 9 Bodenmechanische Kennwerte

BGS; Lagerungs- dichte/ Konsistenz	Boden- gruppe gem. DIN 18196	γ_k [kN/m³]	γ'_k [kN/m³]	ϕ'_k [°]	c'_k [kN/m²]	$c_{u,k}$ [kN/m²]	$E_{s,k}$ [MN/m²]	K _r -Wert [m/s]
1; locker/weich	GU, SU, GU*, SU*, TL	16 – 19 16,5	8,5 – 9,5 9	25 – 32,5 30	0	0 – 60 0	5 – 20 15	$2 \cdot 10^{-5}$ - $1 \cdot 10^{-11}$
2; vorw. weich bis steif	ST*, TL	16,5 – 20 20	9 – 10,5 10	25 – 37,5 27,5	0 – 10 7,5	0 – 150 85	5 – 12 10	$5 \cdot 10^{-7}$ - $5 \cdot 10^{-9}$
3; vorw. weich	SU*, ST*, TL	16,5 – 19 16,5	9	25 – 32,5 30	0	0 – 60 0	5 – 7 7	$2 \cdot 10^{-6}$ - $1 \cdot 10^{-9}$
3; vorw. steif		18 – 20 18	10 – 10,5 10,5	25 – 37,5 32,5	0 – 10 0	0 – 150 0	10 – 12 12	
4 a; weich	ST*, TL	16,5 – 19 19	9	25 – 32,5 27,5	0	0 – 60 30	6 – 8 6	$1 \cdot 10^{-5}$ - $1 \cdot 10^{-6}$
4 b; mitteldicht bis dicht	GU, GT	19 – 21 19	11,5 – 13,5 11,5	35 – 40 37,5		0	50 – 90 80	

Fett: Bodengruppe durch klassifizierende bodenmechanische Laborversuche belegt

Ebenda sind jeweils in der ersten Zeile, bspw. für den Nachweis von Grenzzuständen, untere/obere charakteristische Werte i. S. von DIN 1054 und in der jeweils zweiten Zeile charak-

¹⁰ Aldrin, DDT, Hexachlorbenzol, Hexachlorcyclohexan und Pentachlorphenol

teristische Werte i. S. von DIN EN 1997-1 angegeben.

Die angegebenen Bodenparameter basieren auf den vorliegenden Untersuchungsergebnissen und auf Erfahrungswerten mit vergleichbaren Böden. Sie beziehen sich auf die erkundeten BGS im ungestörten Zustand und gelten für die angegebenen Lagerungsdichten und Konsistenzen.

7.10 Homogenbereiche

Nach DIN 18300 (Erdarbeiten), 2016 sind Böden und Fels entsprechend ihres Zustands vor dem Lösen in Homogenbereiche einzuteilen. Ein Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Bodenschichten, der – unter zusätzlicher Berücksichtigung umweltrelevanter Inhaltsstoffe – für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist. Oberboden ist unabhängig von seinem Zustand vor dem Lösen ein eigener Homogenbereich.

In Tabelle 10 sind zunächst die gem. DIN 18320 anzugebenden Kenngrößen für den Homogenbereich Oberboden zusammengestellt:

Tabelle 10 Homogenbereich Oberboden und anzugebende Kenngrößen gem. DIN 18320

Homogenbereich (BGS)	Geol./ortsübliche Bezeichnung	Boden-gruppen ¹⁾	Boden-gruppen ²⁾	Massenanteile Steine/Blöcke/große Blöcke ³⁾		
				[%]		
				Steine	Blöcke	Große Blöcke
I (-)	Oberboden	SU, ST, SU*, ST*, UL	4, 6, 8	0		

¹⁾ Gem. DIN 18196

²⁾ Gem. DIN 18915

³⁾ Gem. DIN EN ISO 14688-1

Das gegenständliche Bauvorhaben ist der geotechnischen Kategorie 1 nach DIN 4020 zuzuordnen, so dass für Erd- und damit auch Verbauarbeiten ¹¹ nur wenige ausgewählte Kenngrößen anzugeben sind (vgl. DIN 18300, 2016 und DIN 18303, 2016). Die BGS im bautechnisch relevanten Teufenbereich werden den in Tabelle 11 dargestellten 2 weiteren Homogenbereichen zugeordnet.

¹¹ Es wird davon ausgegangen, dass keine Bohrarbeiten erforderlich werden

Tabelle 11 Homogenbereiche (Lockergestein) und anzugebende Kenngrößen gem. DIN 18300, 2015 und DIN 18303, 2015

Homogen- bereich (BGS)	Geol./ ortsübliche Bezeichnung	Boden- gruppen ¹⁾	Massenanteile Steine/ Blöcke/große Blöcke ²⁾			Plastizität/ Konsistenz ²⁾	Lagerungs- dichte ³⁾
			Steine	Blöcke	Gr. Blöcke		
II (BGS 1)	Auffüllung	GU, SU, GU*, SU*, TL	0 – 40	0 – 30	0	Weich	Locker
III (BGS 2, BGS 3)	Löss, Gra- fenberg- Schichten	SU*, ST* , TL	0			Weich bis halbfest	-

¹⁾ Gem. DIN 18196

²⁾ Gem. DIN EN ISO 14688-1

³⁾ Gem. DIN EN ISO 14688-2

8 Hinweise zur Bauausführung

8.1 Bemessungswerte des Sohlwiderstandes, Bettungsmoduli

Nach den Befunden unserer Untersuchungen ist davon auszugehen, dass Bodenplatten (angenommene Dicke einschl. Fußbodenaufbau 0,40 m, vgl. 3.2) in den Auffüllungen lockerer Lagerungsdichte/weicher Konsistenz zu liegen kommen. Streifen- bzw. Einzelfundamente binden unter Berücksichtigung eines frostfreien Gründungsniveaus von min. 0,8 m unter GOK teilweise in die Auffüllungen-, teilweise (im N' Bereich der geplanten Bebauung) in die BGS 2 weicher bis steifer Konsistenz ein.

Bemessungswerte des Sohlwiderstandes (Streifen-/Einzelfundamente)

Zur ersten Ermittlung von Bemessungswerten des Sohlwiderstandes möglicher Streifen- und Einzelfundamente wurden unter Berücksichtigung des Baugrundmodells gem. Tabelle 7, des HHGW_{100, indikativ}, der charakteristischen Bodenkennwerte i. S. von DIN EN 1997-1 gem. Tabelle 9 sowie zulässiger Setzungen in einer Größenordnung von ≤ 2 cm mit dem Programm Footing (Version 8.22) der GGU Software GmbH Grundbruch- und Setzungsberechnungen (Bemessungssituation BS-P) gem. DIN EN 1997-1 und DIN 1054 durchgeführt ^{12 13}.

¹² Mangels konkreter Angaben wurde, basierend auf Erfahrungswerten, das Verhältnis H/V mit 0,001-, das Verhältnis $Q/(Q+G)$ mit 0,3 angesetzt

¹³ Nachverdichtungen des Bodens auf Gründungsniveau und Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Fundamenten sind hierin nicht berücksichtigt

Im Ergebnis dieser Berechnungen können mit Streifen- bzw. Einzelfundamenten in Abhängigkeit der Fundamentbreite zunächst die in Tabelle 12 bzw. Tabelle 13 aufgeführten Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ ¹⁴ angesetzt werden (Zwischenwerte können jeweils linear interpoliert werden).

Tabelle 12 Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ und zugehörige Setzungen s für Streifenfundamente (Länge 10 m) in Abhängigkeit der Fundamentbreite

Einbindetiefe in BGS 1 [m]	Parameter	Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ [kN/m²] und zugehörige Setzung s [cm] von Streifenfundamenten mit der Breite ...			
		0,40 [m]	0,50 [m]	0,60 [m]	0,70 [m]
0,8	s [cm]	1,55	2,0		
	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	267	276	245	220
1,0	s [cm]	-			
	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]		267	236	214

Tabelle 13 Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ und zugehörige Setzungen s für Einzelfundamente ($a/b = 1$) in Abhängigkeit der Fundamentbreite

Einbindetiefe in BGS 1 [m]	Parameter	Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ [kN/m²] und zugehörige Setzung s [cm] von Streifenfundamenten mit der Breite ...			
		0,40 [m]	0,50 [m]	0,60 [m]	0,70 [m]
0,8	s [cm]	0,8	1,09	1,38	1,68
	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	361	380	395	407
1,0	s [cm]		1,44	1,78	2,0
	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]		454	464	448

Konkrete Angaben zu den Einwirkungen und den Fundamenten und damit den auftretenden Spannungen liegen nicht vor. Jedoch liegen o.g. Werte für Streifenfundamente bereits für kleine Fundamentbreiten vollumfänglich über- bzw. für die Einzelfundamente sehr deutlich über den erfahrungsgemäß für vergleichbare Gebäude erforderlichen Bemessungswerten des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ in einer Größenordnung von 75 kN/m² bis 125 kN/m².

¹⁴ Der Vollständigkeit halber wird darauf hingewiesen, dass es sich bei den Bemessungswerten des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ nicht um zulässige Bodenpressungen σ_{zul} gem. DIN 1054, 1976 oder aufnehmbare Sohldrücke σ_{zul} gem. DIN 1054, 2005 handelt – diese sind jeweils etwa um den Faktor 1,4 kleiner als die Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$

Bettungsmoduli (Bodenplatte)

Ob der sehr heterogenen Zusammensetzung der BGS 1 und des relativ großen Anteils anthropogener Fremdbestandteile wird empfohlen, unter der Bodenplatte zur Vergleichmäßigung der Auflagerbedingungen einen Bodenaustausch von mindestens rd. 0,3 m vorzunehmen. Dieser kann zugleich als Schotterflächenfilter genutzt werden (vgl. 8.2.3, 8.3).

Zur Vorbemessung von elastisch gebetteten Bodenplatten für Flächengründungen kann für vorgenannten Anwendungsfall zur Einhaltung einer zulässigen Setzung in einer Größenordnung von ≤ 2 cm zunächst ein Bettungsmodul von $k_s = 2 \text{ MN/m}^3$ bis 4 MN/m^3 angesetzt werden.

Es wird empfohlen, zur Festlegung und Optimierung des Gründungskonzeptes für die geplante Neubebauung mit Festliegen der Abmaße und Einwirkungen gesonderte Betrachtungen auf Basis von Grundbruch- und Setzungsberechnungen durchzuführen.

8.2 Geböschte Baugruben, Aushub, Baugrubensohlen, Verfüllung

Für die Herstellung von Baugruben sind die Ausführungen der einschlägigen DIN-Normen wie z.B. DIN 4124 und ggf. DIN 18303 sowie die mitgeltenden Normen und technischen Regelungen zu beachten.

8.2.1 Geböschte Baugruben

Baugruben für das geplante Gebäude können ausweislich der Untersuchungsergebnisse dem Grunde nach als frei geböschte Baugruben ohne Verbau gem. DIN 4124 erstellt werden. Böschungen unter 1,25 m Höhe können i. A. senkrecht ausgeführt werden wenn die anschließende Geländeoberfläche nicht stärker als 1:10 geneigt ist. Bei einer Baugrubentiefe von $> 1,25$ m ist für eine freie Abböschung ein Böschungswinkel von 45° möglich, welcher ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit nicht überschritten werden darf.

Voraussetzung ist u. A., dass die Böschungskronen in einem Abstand von $\geq 1,0$ m (Baufahrzeuge bis 12 t Gesamtgewicht) bzw. $\geq 2,0$ m (Baufahrzeuge von 12 t bis 40 t Gesamtgewicht) von der Böschungskante lastfrei gehalten werden.

Bei Böschungshöhen < 5 m ist ein Standsicherheitsnachweis nach DIN 4084 i.d.R. nicht erforderlich. Sofern die in DIN 4124 beschriebenen Randbedingungen nicht eingehalten werden¹⁵ sind, ebenso wie bei steileren Böschungen und tieferen Baugruben, statische Nach-

¹⁵ Im vorliegenden Anwendungsfall sind nach DIN 4124, 4.2.7 die obenstehenden Ausführungen nicht gültig wenn ungünstige Einflüsse wie bspw. nicht oder nur wenig verdichtete Auffüllungen oder Zufluss von Schichtenwasser die

weise gem. DIN EN 1997-1, DIN 1054 und EAB zu führen und die Baugruben erforderlichenfalls durch einen Verbau zu sichern.

Auf Grund der mittleren bis großen Erosionsempfindlichkeit der Böden der BGS 1 und der BGS 2 sollte bei längeren Standzeiten von Böschungen ein Schutz vor Abwaschungen, z. B. durch eine Folie, vorgesehen werden. Die Folie ist dabei so anzubringen, dass auch kein Wasser darunter gelangen kann (Beton-, Bitumenriegel oder Eingraben der Folie am oberen Böschungsrand).

8.2.2 Aushub

Die anstehenden feinkörnigen, bindigen Böden (Schluffe der BGS 1) und die Sande hohen Schluffgehaltes der BGS 2 sind empfindlich gegenüber Änderungen des Spannungszustandes, bspw. durch dynamische Einwirkungen (Erschütterungen), und damit bewegungsempfindlich und unter Wassereinfluss/bei Anschneiden unter Wasser fließgefährdet.

Der Aushub in diesen Schichten sollte daher materialschonend und möglichst erschütterungsarm erfolgen. Es wird empfohlen, den Aushub in diesen Schichten ab etwa 0,5 m oberhalb der planmäßigen Baugrubensohlen nur noch mit vor Kopf arbeitenden Geräten und mit zahnfreier Baggerschaufel, auf den letzten Dezimetern ggf. in Handschachtung, vorzunehmen.

Nicht verdichtungsfähige und aufgeweichte bzw. durchnässte bindige Böden und Böden mit organischen Beimengungen sind abzufahren.

Ist auf Grund wechselnder Bodenschichten ein getrenntes Lösen einzelner geeigneter Böden nicht möglich, sind diese vor einem Wiedereinbau zu homogenisieren.

Wird die Wiederverfüllung bindiger Böden vorgesehen, sollten diese möglichst bei trockener Witterung ausgehoben werden, separiert und gegen Vernässung geschützt werden (ausreichendes Gefälle und Abwälzung der Bodenmieten, Abdeckung).

8.2.3 Baugrubensohlen

Die Böden der BGS 1 und der BGS 2 sind von überwiegend großer Witterungsempfindlichkeit. Diese Böden sollten daher vor übermäßiger Feuchtigkeit geschützt und nicht mit schwerem Gerät befahren werden. Das Befahren des Rohplanums, aber auch das Begehen, ist soweit wie möglich zu reduzieren.

Die (temporären) Baugrubensohlen sollten zum Schutz vor Aufweichungen unmittelbar abgedeckt bzw. – in Abhängigkeit von den Ergebnissen örtlicher Inaugenscheinnahme – mit

einer rd. 0,3 m mächtigen Tragschicht (Schotterflächenfilter aus Böden der Bodengruppen GW, GI oder GU) oder einer mind. 10 cm starken Magerbetonschicht geschützt werden. Es wird empfohlen, das Rohplanum aus entwässerungstechnischen Gründen mit einem ausreichenden Quergefälle zu versehen und das anfallende Niederschlags-, Schichten-/Stauwasser mit in Pumpensümpfen angeordneten Schmutzwasserpumpen zu heben.

Evtl. aufgeweichter/vernässter oder gestörter Boden ist zusätzlich auszuheben und ebenfalls durch Bodenaustausch der Bodengruppen GW, GI, GU zu ersetzen (lagenweiser Einbau in Schichtdicken ≤ 30 cm, Verdichtung auf 100 % D_{Pr}).

Zur Vergleichmäßigung der Auflagerbedingungen sind die Baugrubensohlen gleichmäßig zu verdichten. Es wird empfohlen, bei sichtbar feuchtem Gründungsplanum vor den Verdichtungsarbeiten die Sohlen der Baugruben unter Berücksichtigung der optimalen Wassergehalte abtrocknen zu lassen und die Gründungssohlen/Sohlen der Baugruben zumindest exemplarisch mittels dyn. Plattendruckversuche gem. TP BF-StB-B 8.3 nachzuprüfen (orientieren der Zielwert $E_{vd} \geq 25$ MN/m², der genaue Wert ist in Abhängigkeit der statischen Anforderungen festzulegen und durch entsprechende Versuche zu kalibrieren, vgl. 8.2.4).

Unabhängig davon sollten dynamische Verdichtungsarbeiten nur im unbedingt erforderlichen Umfang durchgeführt- und nachfolgende Auflockerungen des Gründungsplanums durch Bautätigkeiten vermieden werden sowie die Beton-Sauberkeitsschicht zeitnah eingebracht werden.

Es wird empfohlen, die Gründungssohlen/Sohlen der Fundamentgruben vom Baugrundgutachter abnehmen zu lassen.

8.2.4 Verfüllung

Aushubgruben

Aushubgruben, die wieder verfüllt werden müssen sind ebenfalls mit Böden der Bodengruppen GW, GI oder GU (lagenweiser Einbau in Schichtdicken ≤ 30 cm, Verdichtung auf 100 % D_{Pr}) zu verfüllen.

Bei der Verwendung von Austauschböden ist auf eine ausreichende Filterstabilität der einzubauenden Böden zu achten.

Der Wiedereinbau aller Böden sollte lagenweise unter an das Verdichtungsgerät angepasster Verdichtung erfolgen. Im Bereich von Verkehrswegen und in zu überbauenden Bereichen sollten wiedereinzubauende Materialien dabei mindestens auf 100 % Proctordichte verdichtet werden.

Bei Wiederverwendung bindiger Böden sind diese in engen Wassergehaltsgrenzen (vgl. 7.6) und in erdfeuchtem Zustand wiedereinzubauen (Dicke der Lagen $\leq 0,3$ m) und möglichst

statisch zu verdichten (Schafffußwalze o. Ä.). Dies gilt sinngemäß für stark schluffige Sande und Kiese. Bei ungünstiger, niederschlagsreicher Witterung sind Verfüllarbeiten mit bindigen Böden einzustellen bzw. auf rolliges Material umzustellen. In den Vergabeunterlagen wären entsprechende Positionen vorzusehen und entsprechendes Bodenmaterial auf der Baustelle vorzuhalten.

Kanalbauarbeiten

Im Hinblick auf Verfüllungen im Straßenraum sind bei Kanalbauarbeiten Bodengruppen nach Arbeitsblatt DWA-A 139 dem Grunde nach und unter Berücksichtigung der Verdichtungsanforderungen wie in Abbildung 2 dargestellt wieder einbaubar¹⁶.

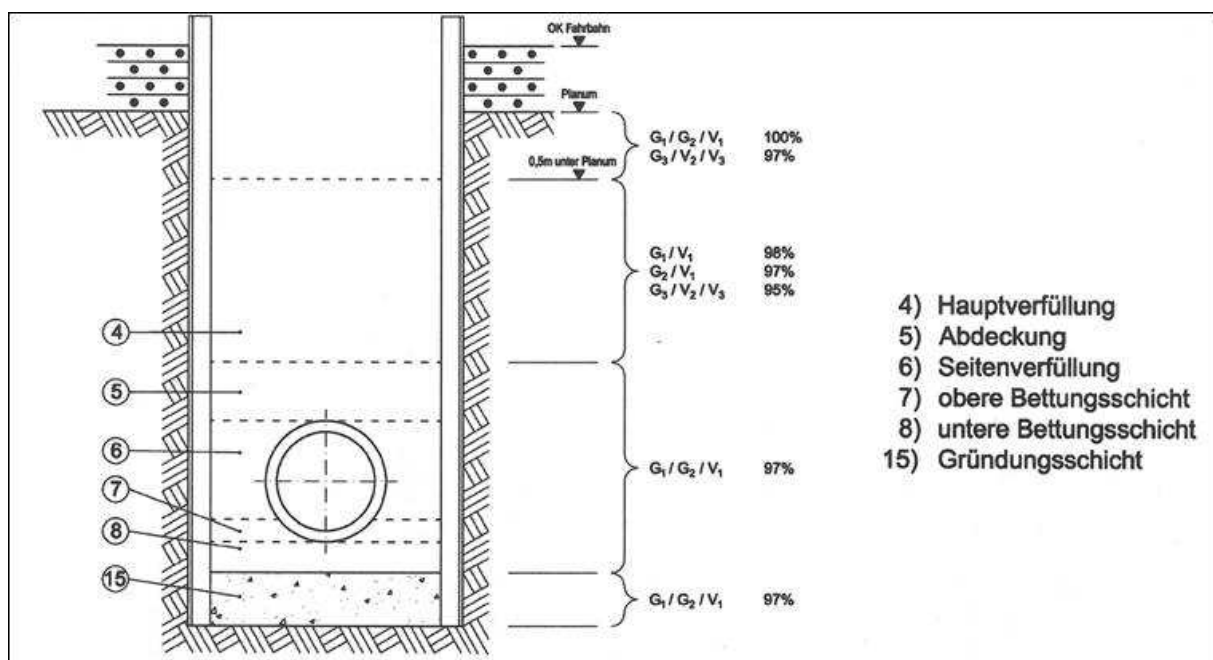


Abbildung 2 Verdichtungsanforderungen nach ZTVA –StB [20]

Die fachgerechte Verdichtung aller Einbaumaterialien sollte durch geeignete Feld- und/oder Laboruntersuchungen überprüft werden (z. B. mittels dynamischer Plattendruckversuche oder Rammsondierungen; idealerweise kalibriert an Proctorversuchen/Dichtebestimmungen oder mittels statischer Plattendruckversuche).

¹⁶ Es wird darauf hingewiesen, dass in der derzeit gültigen ZTVA-StB 12 diese Abbildung nicht mehr enthalten ist, dort wird lediglich auf die Anforderungen der Netzbetreiber verwiesen. Weitergehende/abweichende Anforderungen nach Arbeitsblatt DWA-A 139 bzw. DIN EN 1610 bleiben hiervon unberührt

8.3 Bauwasserhaltung, Ausbildung von Bauteilen, Abdichtung von Bauwerken

Bauwasserhaltung

Auf Basis der Recherchen zu den bestehenden Grundwasserverhältnissen und auf Grund der Erkundungsergebnisse ist davon auszugehen, dass die Aushubsohlen bei einer angenommenen max. Aushubtiefe von $\leq 0,8$ m bis $\leq 1,0$ m deutlich oberhalb des – indikativen – bauzeitlich wiederkehrenden hohen Grundwasserspiegels $\text{GW}_{\text{Bau, indikativ}}$ von 50,00 m ü. NHN liegen. Eine bauzeitliche Grundwasserhaltung ist nicht erforderlich.

Auf Grund der auf Niveau Baugrubensohle häufig anstehenden bindigen Böden mit nach derzeitigem Kenntnisstand zu erwartenden vorherrschenden Durchlässigkeitsbeiwerten k_f in einer Größenordnung von $5 \cdot 10^{-7}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-11}$ m/s und den darunter folgenden, weiteren bindigen BGS ist davon auszugehen, dass der Baugrube zutretendes Schichten- oder Niederschlagswasser nicht zeitnah versickert.

Es wird empfohlen, das Rohplanum mit einem ausreichenden Quergefälle zu versehen, einen rd. 0,3 m mächtigen Schotterflächenfilter aus Böden der Bodengruppen GW, GI oder GU aufzubringen und das anfallende Stau-, Schichten- und Niederschlagswasser über eine offene Wasserhaltung mit in Pumpensümpfen angeordneten Schmutzwasserpumpen zu heben (s. auch 8.2.3). Erforderlichenfalls kann im Bereich der Baugrubensohle zusätzlich eine mit filterstabilem Material ummantelte Dränageleitung verlegt und über Brunnenschachtringe und Pumpen an die Wasserhaltung angebunden werden. Die Dränageleitung ist nach Abschluss der Verfüllarbeiten rückzubauen oder zu verdämmen und an den Endpunkten wasserdicht zu verschließen.

Im Sinne einer Reduzierung der anfallenden Wassermengen kann eine Durchführung der Tiefbauarbeiten in niederschlagsarmen Zeiten zielführend sein.

Unabhängig davon sollte an der Geländeoberfläche zufließendes Wasser grundsätzlich vor den Baugruben abgefangen und abgeleitet werden. Die Sohle der Baugrube sollte während frost- und niederschlagsreicher Perioden durch geeignete Maßnahmen geschützt werden.

Für den Fall, dass Stau-, Schichten und/oder Niederschlagswasser gehoben sowie in einen Vorfluter/die Kanalisation eingeleitet werden muss, wird eine rechtzeitige Abstimmung mit den zuständigen Genehmigungsbehörden respektive dem Betreiber des Abwassernetzes empfohlen. Zur Feststellung der Genehmigungsfähigkeit der Einleitung gehobenen Grundwassers wären dann noch entsprechende chemische Analysen erforderlich.

Ausbildung von Bauteilen

Da die erdberührten Wände und Bauteile über dem HHGW_{100, indikativ} von 51,5 m ü. NHN liegen ist bei der Ausbildung von Bauteilen nach gutachtlicher Einschätzung keine betonangrei-

fende Wirkung infolge chemischen Angriffs durch Grundwasser und keine Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe zu besorgen.

Abdichtung von Bauwerken

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass im Bereich der Bodenplatte überwiegend wenig durchlässige Böden mit einem k_f -Wert $\leq 5 \cdot 10^{-7}$ m/s anstehen bzw. verbleiben. Unter Berücksichtigung einer Nutzungsdauer von 100 Jahren für die geplante Bebauung liegt die Abdichtungsebene der Bodenplatte mehr als 50 cm oberhalb des HHGW₁₀₀,
indikativ. Bei Ausbildung eines Schotterflächenfilters (vgl. 8.1, 8.2.3) ist die Einwirkung auf Bodenfeuchte beschränkt, die Bodenplatte kann für die Wassereinwirkungsklasse W1.1-E gem. DIN 18533-1, 5.1.2.2/8.5.1 abgedichtet werden. Voraussetzung hierfür ist, dass der Schotterflächenfilter eine ausreichende Mächtigkeit aufweist, d.h. wenn in Abhängigkeit der Wasserdurchlässigkeit der unterlagernden Bodenschichten und der Menge des in den verfüllten Arbeitsraum eindringenden Oberflächen- und Sickerwassers eine die erdberührten Bauteile beanspruchende Stauwasserbildung sicher vermieden wird. Alternativ wäre eine Abdichtung für die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E gegen drückendes Wasser mit mäßiger Einwirkung gem. DIN 18533-1, 5.1.3.2/8.6.1 möglich – der Bemessungsgrundwasserstand ist in diesem Anwendungsfall auf GOK anzusetzen.

Eine Abdichtung der Bauteile für die Wassereinwirkungsklasse W1.2-E unter Ausbildung einer Dränung gegen Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser gem. DIN 18533-1, 5.1.2.3/8.5.1 ist nach gutachtlichem Dafürhalten auf Grund des Wartungsaufwandes nicht angezeigt.

8.4 Fahrbahnen

Für die Bemessung eines Fahrbahnaufbaues sind die RStO 12 sowie die ZTV E-StB 17 zu beachten. Für etwaige Straßenbauarbeiten/die Schaffung von Abstellflächen wird in Anlehnung an die RStO 12 zunächst von einem Straßenaufbau für die Belastungsklasse Bk1,0 ausgegangen.

Unter der Annahme, dass die ursprüngliche Geländeoberfläche beibehalten wird und eine Bauweise mit Asphaltdecke im Neubau¹⁷ zur Anwendung gelangt befinden sich bei Berücksichtigung der angetroffenen Bodenverhältnisse unterhalb der Asphaltdecke Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 gem. ZTV E-StB 17. Erkrath liegt nach der Frosteinwirkungszonenkarte (Bild 6 in RStO 12) in der Frosteinwirkungszone I. Für den Aufbau der Verkehrsflächen ist dann eine Minstdicke des frostsicheren Straßenaufbaus für Fahrbahnen

¹⁷ Bei einer Erneuerung der vorhandenen Fahrbahn im Bereich der Karlstraße würden andere Randbedingungen gelten, s. hierzu RStO 12

auf Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 in Anlehnung an die RStO 12 entsprechend Tabelle 14 zu wählen.

Tabelle 14 Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus

Bezug RStO 12	(Mehr- oder Minder-) dicken [cm]	Bemerkungen
Tabelle 6, Zeile 2 (Richtwert)	60	-
Tabelle 7, Zeile 1.1	± 0	
Tabelle 7, Zeile 2.2		
Tabelle 7, Zeile 3.1	+ 5	
Tabelle 7, Zeile 4.2	± 0	Es wurde von einer Lage der Gradiente auf Geländehöhe bis Damm ≤ 2 m und einer Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen ausgegangen – diese Annahmen sind im Zuge der Planung der Verkehrsflächen zu überprüfen
Tabelle 7, Zeile 5.2	- 5	
Gesamtdicke	60	-

Gem. RStO 12/ZTV SoB-StB 04/07 werden unter o.g. Voraussetzungen folgende Anforderungen an den Straßenoberbau gestellt:

Oberkante Frostschutzschicht

- Verformungsmodul $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ (Verdichtungsgrad von etwa $D_{Pr} \geq 103 \%$)
- Verhältniswert $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,2$.

Oberkante Planum

- Verformungsmodul $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$.

Es ist davon auszugehen, dass im Bereich des Neu-Planums des Oberbaus überwiegend weiche Böden der BGS 1 anstehen, welche hinsichtlich dynamischer Belastung aus Verkehr voraussichtlich keine ausreichende Tragfähigkeit bei der Prüfung mit Lastplattendruckversuchen aufweisen würden. Um die erforderliche Tragfähigkeit des Planums herzustellen wird bei im Planum anstehenden feinkörnigen bindigen Böden unzureichender Tragfähigkeit empfohlen,

- unter Berücksichtigung der ZTV E – StB 17 einen (Teil)bodenaustausch von zunächst 35 cm einzubringen
- als Bodenaustauschmaterial Schotter gem. ZTVT StB 95/02 bzw. ZTV SoB-StB 04/07

zu verwenden

- den Schotter lagenweise (min. Einbaudicke $\geq 3 \cdot \text{Größtkorn}$, max. Einbaudicke 0,2 m) einzubauen und zu verdichten
- hierzu ein rd. 2 m * 3 m großes Probefeld anzulegen und die Tragfähigkeit auf OK Bodenaustausch mittels (bevorzugt) statischer Lastplattendruckversuche nachzuweisen
- bei Nicht-Erreichen der erforderlichen E_{v2} – Werte die Schichtdicke des Bodenaustauschs sukzessive zu erhöhen.

Bei ggf. großflächig anstehenden, breiigen bis weichen feinkörnigen bindigen Böden größerer Mächtigkeit ist unterhalb des Bodenaustauschs ein geotextiles Vlies mit Trennfunktion zu verlegen¹⁸. Zu verwenden wäre ein geotextiles Vlies mit folgenden Kennwerten:

- Geotextil-Robustheitsklasse (GRK) ≥ 3
- Charakteristische Öffnungsweite O_{90} : $0,06 < \text{erf. } O_{90} < 0,2 \text{ mm}$ (TL Geok E-StB 05, M Geok E).

Das Geotextil ist mit einer seitlichen Überlappung von 0,5 m zu verlegen. Die Tragfähigkeit auf Höhe des Planums ist durch Plattendruckversuche nachzuweisen.

8.5 Versickerungsfähigkeit im Untergrund

Gem. Arbeitsblatt DWA A-138 [21]

- sollte eine Versickerung nur in Böden mit einem Durchlässigkeitsbeiwert $k_f > 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ erfolgen
- sollte die Mächtigkeit des Sickerraums, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, grundsätzlich mindestens 1 m betragen
- sollten sich im hydraulischen Einflussbereich keine Verunreinigungen, z. B. Altlasten, oder anthropogene bzw. geogene Stoffanreicherungen mit hohem Freisetzungspotenzial befinden.

Im hydraulischen Einflussbereich sind keine Verunreinigungen oder Stoffanreicherungen mit

¹⁸ Mit dem Vlies wird verhindert, dass bei der Verdichtung des Bodenaustausches die bindigen Böden in den Bodenaustausch eingearbeitet werden und diesen verschlechtern

hohem Freisetzungspotenzial festgestellt worden. Die anstehenden BGS sind sehr schwach durchlässig bis schwach durchlässig. Unter Berücksichtigung der in DWA A-138 definierten Korrekturfaktoren für mittels Feldmethoden bestimmte Durchlässigkeitsbeiwerte und die ungesättigte Bodenzone ergibt sich eine zu erwartende Durchlässigkeit in einer Größenordnung von $k_f \leq 3 \cdot 10^{-7}$ m/s. Die aus den Feldversuchen/bodenmechanischen Laborversuchen abgeleiteten Durchlässigkeitsbeiwerte der oberflächennahen BGS lassen keine ausreichende Durchlässigkeit erwarten.

Da ausweislich der Bodenansprache auch in den tieferen BGS keine wesentlich höheren Durchlässigkeitsbeiwerte zu erwarten sind erscheint es insgesamt nicht angeraten, auf den gegenständlichen Untersuchungsflächen eine Versickerung von Niederschlagswasser im Untergrund zu planen.

9 Wesentliche Schlussfolgerungen, abschließende Bemerkungen

Wesentliche Schlussfolgerungen

Entsprechend den durchgeführten Untersuchungen und unserer gutachtlichen Einschätzung ergeben sich die folgenden wesentlichen Schlussfolgerungen:

- Es liegen relativ homogene Baugrundverhältnisse vor. Unter geringmächtigen Auffüllungen stehen im bautechnisch relevanten Teufenbereich vorrangig bindige Böden von weicher bis steifer Konsistenz an
- Inwieweit eine Überprüfung der betreffenden Fläche auf Kampfmittel obsolet ist, ist mit der zuständigen Ordnungsbehörde abzustimmen. Im Falle einer Überprüfung der betreffenden Fläche auf Kampfmittel sind die vorhandenen Auffüllungen im Vorfeld der Überprüfung vollumfänglich abzuschieben
- Im Hinblick auf die Entsorgung von Aushubmaterialien sind die Auffüllungen mit – zumeist geringen – mineralischen Fremdbestandteilen $< 10 \%$ der Einbauklasse Z 2 (in hydrogeologisch günstigen Gebieten Z 1) zuzuordnen, die geogenen Böden der Einbauklasse Z 0
- Schädliche Bodenveränderungen i. S. der BBodSchV sind sehr wahrscheinlich nicht zu besorgen. Einem Wiedereinbau von Ausbauböden vor Ort und einer Nutzung der Grundstücksflächen als Kinderspielflächen/Wohngebiet steht sehr wahrscheinlich nichts entgegen
- Konkrete Angaben zu den Einwirkungen/den Fundamenten und damit den auftretenden Spannungen liegen nicht vor. Die mit Streifen- oder Einzelfundamenten erreichbaren Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ liegen bereits ohne Zusatzmaß-

nahmen über den erfahrungsgemäß für vergleichbare Gebäude erforderlichen Bemessungswerten des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$. Das Gebäude kann flach gegründet werden. Zur abschließenden Festlegung des Gründungskonzeptes sollten mit Festliegen der Abmaße und Einwirkungen gesonderte Betrachtungen auf Basis von Grundbruch- und Setzungsberechnungen erfolgen

- Eine bauzeitliche Grundwasserhaltung ist nicht erforderlich
- Bei der Ausbildung von Bauteilen ist keine betonangreifende Wirkung infolge chemischen Angriffs durch Grundwasser und keine Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe zu besorgen
- Erdberührte Wände und die Bodenplatte liegen oberhalb des Bemessungsgrundwasserspiegels HHGW_{100, indikativ} von 51,5 m ü. NHN – bei Ausbildung eines Schotterflächenfilters können diese dem Grunde nach für die Wassereinwirkungsklasse W1.1-E (einwirkende Bodenfeuchte) gem. DIN 18533-1, 5.1.2.2/8.5.1 abgedichtet werden. Alternativ wäre eine Abdichtung für die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E gegen drückendes Wasser mit mäßiger Einwirkung gem. DIN 18533-1, 5.1.3.2/8.6.1 möglich
- Für den Aufbau etwaiger Verkehrsflächen (Annahme: Bauweise mit Asphaltdecke) wird empfohlen, eine Minstdicke des frostsicheren Straßenaufbaus für Fahrbahnen auf Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 zu wählen (nachzeitigem Kenntnisstand 60 cm)
- Es erscheint insgesamt nicht angeraten, auf den gegenständlichen Untersuchungsflächen eine Versickerung von Niederschlagswasser im Untergrund zu planen
- Darüber hinausgehende geotechnische Untersuchungen im Sinne einer Hauptuntersuchung sind wahrscheinlich nicht erforderlich.

Abschließende Bemerkungen

Unabhängig davon ist darauf hinzuweisen, dass die Erkundung des Baugrundes durch Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen zwangsläufig nur punktförmige Aufschlüsse über den Aufbau des Untergrundes ergibt. Auf Grund des nicht horizontbeständigen Baugrundes muss gegenüber dem von uns festgestellten Schichtenaufbau örtlich und auch auf eng begrenztem Raum mit Abweichungen gerechnet werden. Im Zuge von Erd- und Gründungsarbeiten ist daher sorgfältig zu überprüfen, ob die angetroffenen Baugrundverhältnisse mit den im Gutachten beschriebenen übereinstimmen. Im Zweifelsfall ist die Sakosta zur weiteren Beratung hinzu zu ziehen.

Der geotechnische Bericht ist nur in seiner Gesamtheit gültig.

Die Sakosta ist gerne bereit, bei dem weiteren Vorgehen beratend zur Seite zu stehen und fachliche Entscheidungshilfen zu geben.

Düsseldorf, März 2019


i. A. Dipl.-Geol. H. Zuther


i. A. Dipl.-Geol. B. Schulz

Verteiler: Stadt Erkrath – Der Bürgermeister, FB Immobilienmanagement Neubau (3 Exemplare, 1 x digital im pdf-Format)

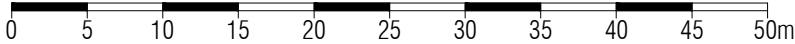
10 Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] Bezirksregierung Düsseldorf, Kampfmittelbeseitigungsdienst Rheinland: Luftbilddauswertung Erkrath, Karlstr. (Karte vom 27.07.2018; AZ: 22.5-3-5158004-196/18)
- [2] SakostaCAU GmbH: BV Neubau Kita Karlstraße 11 in Alt-Erkrath; Baugrunderkundung,/geotechnischer Bericht und Untersuchung der Auffüllungen – Angebot. Düsseldorf, 11.10.2018
- [3] Ingenieurvertrag für freiberufliche Leistungen „Kita, Karlst.“ Zwischen der Stadt Erkrath, Geschäftsbe-
reich III, Fachbereich 65-N Immobilienmanagement Neubau und der SakostaCAU GmbH, Niederlas-
sung Düsseldorf vom 14.11./09.11.2018
- [4] N. N.: Luftbild mit Darstellung des Kanalbestands 1 :750. Ohne Ortsangabe, 28.04.2016.-
(doc00077520180920100733.pdf)
- [5] Stadt Erkrath, FB 65: Luftbild mit Darstellung der Flurstücksgrenzen 1 : 750. Ohne Ortsangabe,
04.07.2018.- (Luftbild.pdf)
- [6] mrr architekten (Planverfasser): Machbarkeitsstudie für den Neubau einer Kita, Karlstr. 11, 40699 Er-
krath – Lageskizze Variante 3 – 3er Gruppe erweiterbar mit Grundrissen, Schnitt und Ansicht West o.
M. Düsseldorf, ohne Datum.- (18004_3-Gruppen_Variante 3.pdf)
- [7] Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen: Geoportal NRW (<https://www.geoportal.nrw>)
- [8] Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen [Hrsg.]: Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen
1:100.000, Blatt C 4706 Düsseldorf. Krefeld : GD NRW, 2007.- (2. Aufl.)
- [9] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nord-
rhein-Westfalen: Fachinformationssystem ELWAS (<http://www.elwasweb.nrw.de>)
- [10] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nord-
rhein-Westfalen: NRW Umweltdaten vor Ort (<http://www.uvo.nrw.de>)
- [11] http://www.brd.nrw.de/umweltschutz/gewaesserschutz/Wasserversorgung_Wasserschutzgebiete.html
- [12] Geologischer Dienst Nordrhein – Westfalen [Hrsg.]: Karte der Erdbebenzonen und geologischen Un-
tergrundklassen der Bundesrepublik Deutschland 1 : 350.000, Bundesland Nordrhein–Westfalen. Kre-
feld : GD NRW, 2006
- [13] https://geoportalme.prrev1.kreis-mettmann.de/ASWeb/ASC_Frame/portal.jsp
- [14] Merkblatt für Baugründeingriffe 30.03.2016. ([https://www.brd.nrw.de/ordnung_gefahrenabwehr/kampf-
mittelbeseitigung/service/_Merkblatt_f__r_Baugründeingriffe.pdf](https://www.brd.nrw.de/ordnung_gefahrenabwehr/kampf-
mittelbeseitigung/service/_Merkblatt_f__r_Baugründeingriffe.pdf))
- [15] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Technische Regeln „Anforderungen an die stoffliche Verwertung
von mineralischen Abfällen: Teil II: Technische Regeln für die Verwertung 1.2 Bodenmaterial (TR Bo-
den)“, Stand 05.11.2004

- [16] Technische Universität München, Zentrum Geotechnik (Hrsg.): Studienunterlagen Grundbau und Bodenmechanik – Teil E: Klassifikation der Böden, Bild E04.10 (<http://www.gb.bv.tum.de>)
- [17] Technische Universität München, Zentrum Geotechnik (Hrsg.): Studienunterlagen Grundbau und Bodenmechanik – Teil E: Klassifikation der Böden, Bild E04.20 (<http://www.gb.bv.tum.de>)
- [18] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 3 Absatz 4 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465) geändert worden ist
- [19] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: Bodenschutz – Auf- und Einbringen von Materialien unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht. Düsseldorf, 17.09.2014.- (Aktenzeichen IV-4-547-02-05)
- [20] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.: Arbeitsblatt DWA-A 139 Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen. Hennef : DWA, Dezember 2009
- [21] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.: Arbeitsblatt DWA-A 138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Hennef : DWA, April 2005

Anlagen

Anlage 1
Lageplan mit Darstellung der Aufschlüsse 1 : 500
(1 Plan)



Legende:

KRB



= Kleinrammbohrung

DPH



= Schwere Rammsondierung



SakostaCAU GmbH
Niederlassung Düsseldorf
Liststraße 50
40470 Düsseldorf
Tel.: +49 (0)211 / 171 831-0
Fax: +49 (0)211 / 171 831-10
mail: duesseldorf@sakostacau.de
www.sakostaCAU.de

Auftraggeber:

Stadt Erkrath Fachbereich 65-N
Immobilienmanagement Neubau
Klinkerweg 7-9
40699 Erkrath

Projekt:

BV Neubau Kita Karlstr. 11
in Alt-Erkrath

Planinhalt: Lageplan mit Darstellung der Aufschlüsse

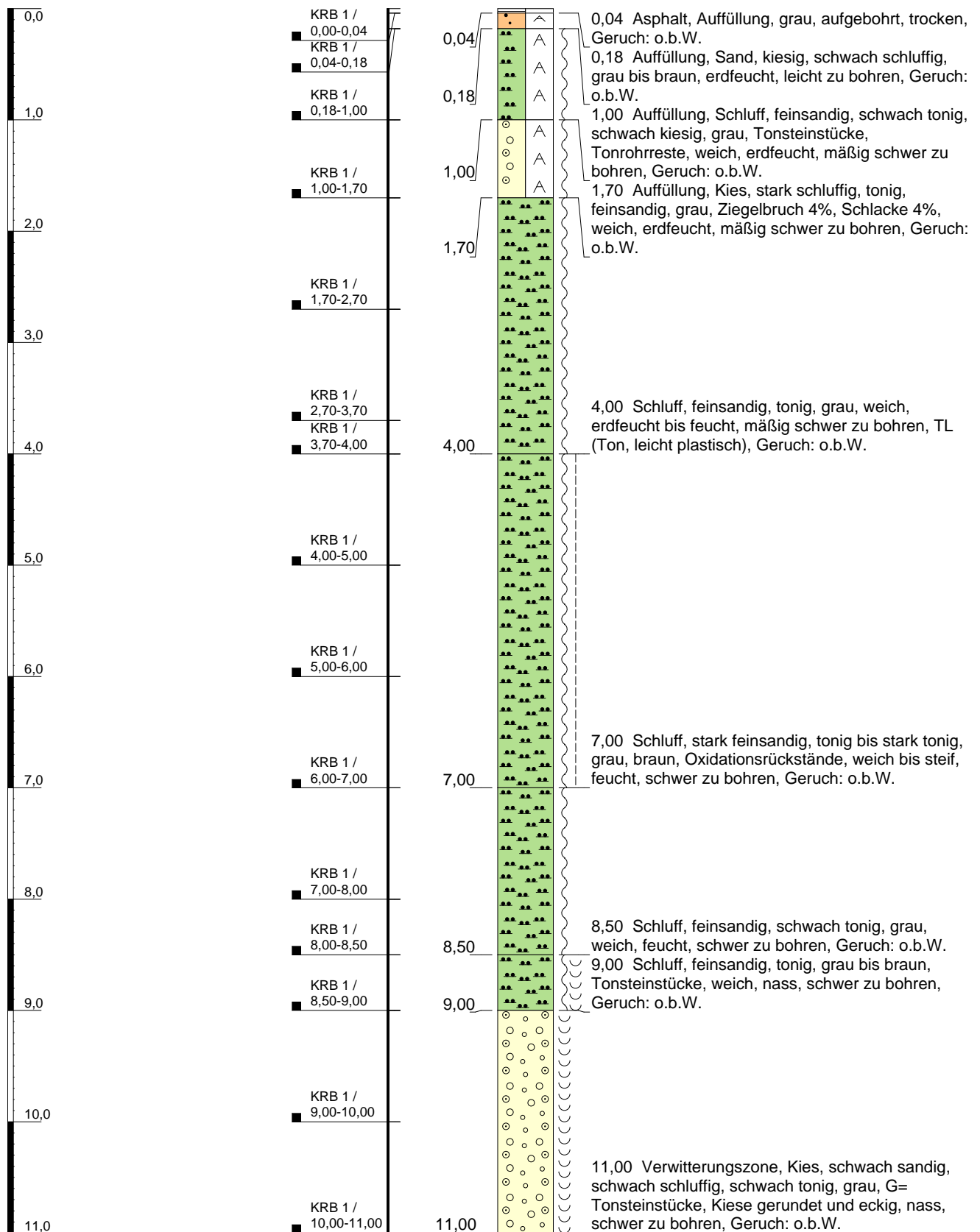
Plangrundlage: Lageplan 18004_3-Gruppen_Variante 3.pdf

Blattgröße: DIN A3

Maßstab:	Name:	Signum:	Datum:	Projekt-Nr.:	Anlagen-Nr.:
1:500	bearbeitet:	BSC	10.12.2018	1801104-1	1
	gezeichnet:	GOE	10.12.2018		
	geprüft:	BSC	11.12.2018		

Anlage 2
Bohrprofile der Kleinrammbohrungen und
Rammdiagramm der schweren Rammsondierung
(7 Seiten)

KRB 1



Projekt: BV Neubau KiTa Karlstr.

Bohrung: KRB 1

Auftraggeber: Stadt Erkrath FB Immobilienmanagement

Bohrfirma: SakostaCAU GmbH

Bearbeiter: TSC / MKR

Projekt-Nr.: 1801104-1

Höhenmaßstab: 1:50

Datum: 22.11.2018

Anlage:

Ansatzhöhe: 57,05 m NHN

Sakosta
 Ingenieur- und Sachverständigenleistungen
 Boden | Bauten | Umwelt

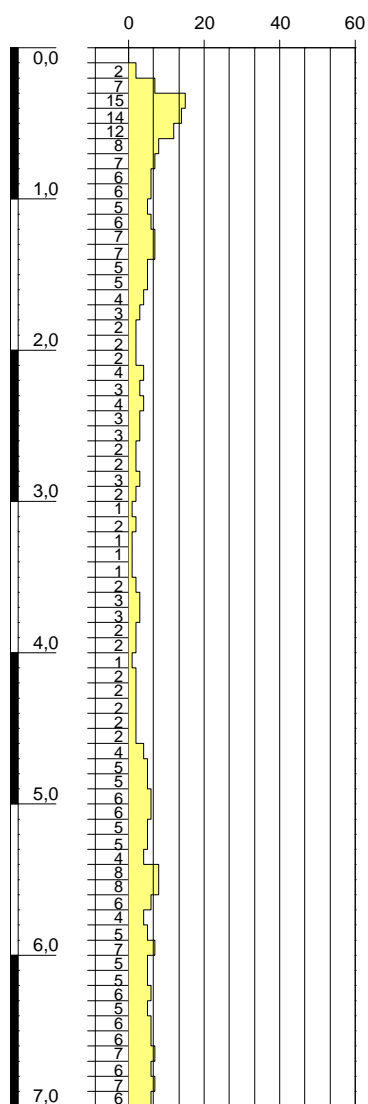
SakostaCAU GmbH
 Niederlassung Düsseldorf
 Liststraße 50
 40470 Düsseldorf

T +49 211 17 18 31-0
 F +49 211 17 18 31-10
 @ duesseldorf@sakostacau.de
 www.sakostaCAU.de

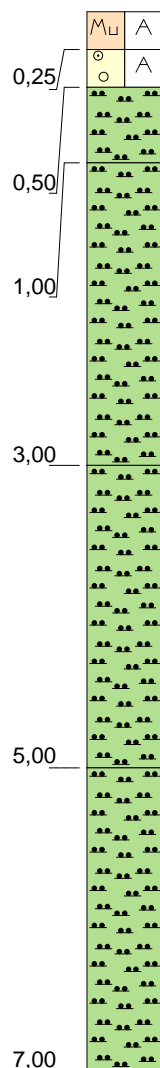
m u. GOK

DPH 2

KRB 2



KRB 2 /	0,00-0,25
KRB 2 /	0,25-0,50
KRB 2 /	0,50-1,00
KRB 2 /	1,00-2,00
KRB 2 /	2,00-3,00
KRB 2 /	3,00-4,00
KRB 2 /	4,00-5,00
KRB 2 /	5,00-6,00
KRB 2 /	6,00-7,00



0,25 Mutterboden, Auffüllung, stark durchwurzelt, dunkelgrau, erdfeucht, leicht zu bohren, Geruch: o.b.W.

0,50 Auffüllung, Kies, sandig, schwach schluffig, graubraun, Wurzelreste, Ziegelbruch 3%, Betonreste 3%, erdfeucht, leicht zu bohren, Geruch: o.b.W.

1,00 Schluff, tonig, stark feinsandig, schwach kiesig, graubraun, Quarz, Tonsteinstücke, halbfest, erdfeucht, mäßig schwer zu bohren, ST* (Sand, stark tonig), Geruch: o.b.W.

3,00 Schluff, tonig, feinsandig, braun, steif, erdfeucht, mäßig schwer zu bohren, TL (Ton, leicht plastisch), Geruch: o.b.W.

5,00 Schluff, tonig, stark feinsandig, braun, weich, feucht bis sehr feucht, mäßig schwer zu bohren, ab 4,20 m u. GOK Klopfwasser, Geruch: o.b.W.

7,00 Schluff, tonig, stark feinsandig, braun, weich, feucht, mäßig schwer zu bohren, Geruch: o.b.W.

Projekt: BV Neubau KiTa Karlstr.

Bohrung: KRB 2

Auftraggeber: Stadt Erkrath FB Immobilienmanagement

Bohrfirma: SakostaCAU GmbH

Bearbeiter: TSC / MKR

Projekt-Nr.: 1801104-1

Höhenmaßstab: 1:50

Datum: 22.11.2018

Anlage:

Ansatzhöhe: 56,77 m NHN



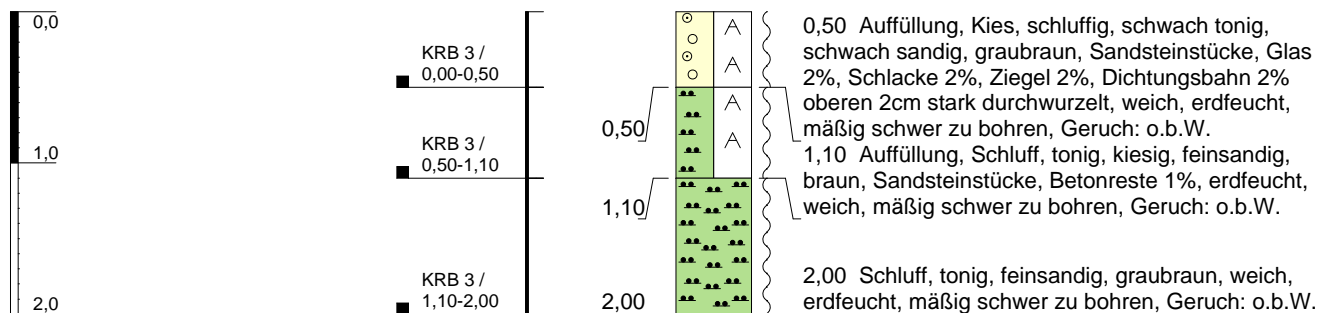
Ingenieur- und Sachverständigenleistungen
Boden | Bauten | Umwelt

SakostaCAU GmbH
Niederlassung Düsseldorf
Liststraße 50
40470 Düsseldorf

T +49 211 17 18 31-0
F +49 211 17 18 31-10
@ duesseldorf@sakostacau.de
www.sakostaCAU.de

m u. GOK

KRB 3



Projekt: BV Neubau KiTa Karlstr.

Bohrung: KRB 3

Auftraggeber: Stadt Erkrath FB Immobilienmanagement

Bohrfirma: SakostaCAU GmbH

Bearbeiter: TSC / MKR

Projekt-Nr.: 1801104-1

Höhenmaßstab: 1:50

Datum: 23.11.2018

Anlage:

Ansatzhöhe: 56,39 m NHN

Sakosta
Ingenieur- und Sachverständigenleistungen
Boden | Bauten | Umwelt
SakostaCAU GmbH
Niederlassung Düsseldorf
Liststraße 50
40470 Düsseldorf
T +49 211 17 18 31-0
F +49 211 17 18 31-10
@ duesseldorf@sakostacau.de
www.sakostaCAU.de

KRB 4

0,0
1,0
2,0

KRB 4 /
0,00-0,40
KRB 4 /
0,40-1,00
KRB 4 /
1,00-2,00

0,40
1,00
2,00

A
A

0,40 Auffüllung?, Schluff, feinsandig, schwach tonig, durchwurzelt, grau, weich, erdfeucht, mäßig schwer zu bohren, Geruch: o.b.W.
1,00 Schluff, tonig, schwach feinsandig, braun bis grau, Wurzelreste, weich, erdfeucht, mäßig schwer zu bohren, Geruch: o.b.W.
2,00 Schluff, tonig, stark feinsandig, graubraun, (Kalkablagerungen)?, weich, erdfeucht, mäßig schwer zu bohren, Geruch: o.b.W.

Projekt: BV Neubau KiTa Karlstr.

Bohrung: KRB 4

Auftraggeber: Stadt Erkrath FB Immobilienmanagement

Bohrfirma: SakostaCAU GmbH

Bearbeiter: TSC / MKR **Projekt-Nr.:** 1801104-1 **Höhenmaßstab:** 1:50

Datum: 23.11.2018 **Anlage:** **Ansatzhöhe:** 56,82 m NHN

Sakosta
Ingenieur- und Sachverständigenleistungen
Boden | Bauten | Umwelt

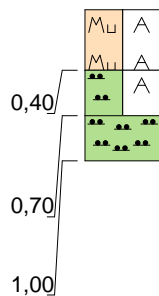
SakostaCAU GmbH
Niederlassung Düsseldorf
Liststraße 50
40470 Düsseldorf

T +49 211 17 18 31-0
F +49 211 17 18 31-10
@ duesseldorf@sakostacau.de
www.sakostaCAU.de

KRB 5

0,0
1,0

■	KRB 5 /	0,00-0,40
■	KRB 5 /	0,40-0,70
■	KRB 5 /	0,70-1,00



0,40 Mutterboden, Auffüllung, feinsandig, stark schluffig, tonig, schwach kiesig, stark durchwurzelt, dunkelgrau, Betonreste 2%, Ziegelbruch 2%, erdfeucht, mäßig schwer zu bohren, Geruch: o.b.W.

0,70 Auffüllung, Schluff, tonig, stark feinsandig, schwach kiesig, grau, Betonreste 1%, Schlacke 1%, weich bis steif, erdfeucht, mäßig schwer zu bohren, Geruch: o.b.W.

1,00 Schluff, tonig, feinsandig, graubraun, steif, erdfeucht, mäßig schwer zu bohren, Versickerungsversuch, Geruch: o.b.W.

Projekt: BV Neubau KiTa Karlstr.

Bohrung: KRB 5

Auftraggeber: Stadt Erkrath FB Immobilienmanagement

Bohrfirma: SakostaCAU GmbH

Bearbeiter: TSC / MKR

Projekt-Nr.: 1801104-1

Höhenmaßstab: 1:50

Datum: 23.11.2018

Anlage:

Ansatzhöhe: 56,80 m NHN

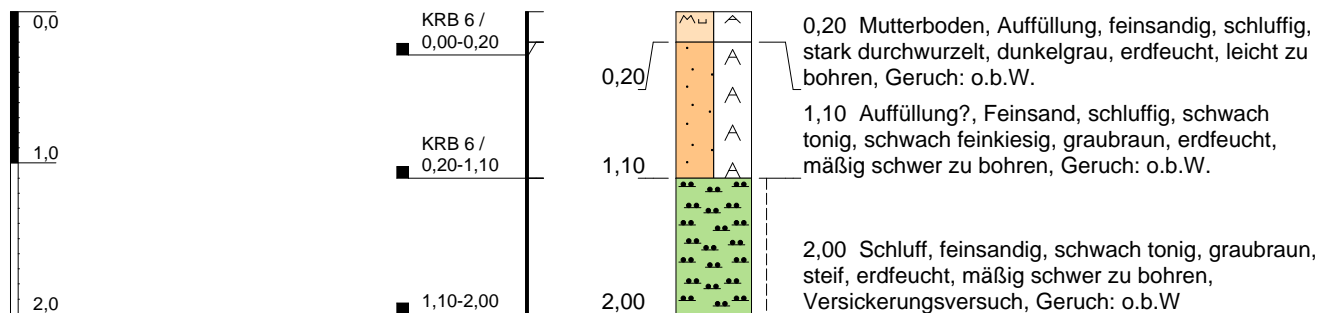
Sakosta
Ingenieur- und Sachverständigenleistungen
Boden | Bauten | Umwelt

SakostaCAU GmbH
Niederlassung Düsseldorf
Liststraße 50
40470 Düsseldorf

T +49 211 17 18 31-0
F +49 211 17 18 31-10
@ duesseldorf@sakostacau.de
www.sakostaCAU.de

m u. GOK

KRB 6



Projekt: BV Neubau KiTa Karlstr.

Bohrung: KRB 6

Auftraggeber: Stadt Erkrath FB Immobilienmanagement

Bohrfirma: SakostaCAU GmbH

Bearbeiter: TSC / MKR

Projekt-Nr.: 1801104-1

Höhenmaßstab: 1:50

Datum: 23.11.2018

Anlage:

Ansatzhöhe: 56,75 m NHN

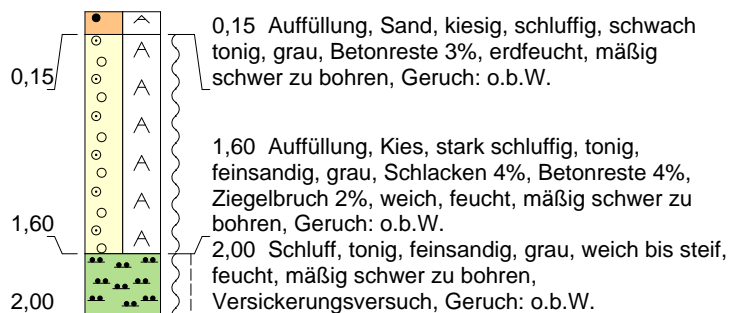
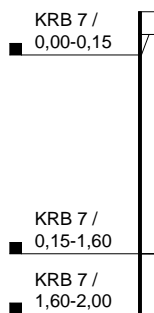
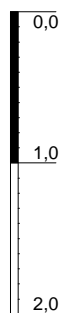
Sakosta
Ingenieur- und Sachverständigenleistungen
Boden | Bauten | Umwelt

SakostaCAU GmbH
Niederlassung Düsseldorf
Liststraße 50
40470 Düsseldorf

T +49 211 17 18 31-0
F +49 211 17 18 31-10
@ duesseldorf@sakostacau.de
www.sakostaCAU.de

m u. GOK

KRB 7



Projekt: BV Neubau KiTa Karlstr.

Bohrung: KRB 7

Auftraggeber: Stadt Erkrath FB Immobilienmanagement

Bohrfirma: SakostaCAU GmbH

Bearbeiter: TSC / MKR

Projekt-Nr.: 1801104-1

Höhenmaßstab: 1:50

Datum: 23.11.2018

Anlage:

Ansatzhöhe: 56,98 m NHN

Sakosta
Ingenieur- und Sachverständigenleistungen
Boden | Bauten | Umwelt

SakostaCAU GmbH
Niederlassung Düsseldorf
Liststraße 50
40470 Düsseldorf

T +49 211 17 18 31-0
F +49 211 17 18 31-10
@ duesseldorf@sakostacau.de
www.sakostaCAU.de

Anlage 3

Auswertung der PIV-Tests

(3 Seiten)

Projek-Nr.: 1801104-1

Projekt: BV Neubau Kita Karlstr. 11 in Alt-Erkrath,
Baugrunderkundung/Geotechnischer Bericht

Datum: 23.11.2018

Aufschluss: KRB 5 (bei KRB 2); -1,00 m

Bearbeiter: Tsc/Bsc

Untergrund: U, t, fs

Durchmesser Bohrloch (2r₂): 0,060 m

Tiefe Bohrloch: 1,00 m

Innendurchmesser Verrohrung (2r₁): 0,045 m

Rohroberkante über Gelände: 0,00 m

Wassertemperatur: 8,00 °C

Korrekturfaktor C_t: 1,40 [-]

Formel: $k_f = \Pi \cdot \Delta H \cdot C_t / (5,5 \cdot h \cdot \Delta t')$
 mit ΔH = Versickerte Wassersäule zw. H₁ u. H₂ [m]
 mit h = Mittlere Druckhöhe, $h = (h_1 + h_2) / 2$ [m]
 mit C_t = Korrekturfaktor der Temperatur (k_t bei 20°C)
 mit $\Delta t'$ = Zeit zw. H₁ u. H₂, wobei $t' = (t \times r_2) / r_1^2$ [m/s]

Auswertung gem. Heft Nr. 15 der Schriftenreihe des BDG
"Versickerung von Niederschlagswasser aus geowissenschaftlicher Sicht"

Lfd. Nr.	Zeit	Differenz zur ersten Messung	Norm. Absinkzeit zw. H ₁ und H ₂	Wasserstand im Bohrloch	Mittlere Druckhöhe	Absenkung im Bohrloch	Abgelesener Wasserstand unter ROK	Durchlässig- keitsbeiwert k _f
	[Std:min:s]	Δt [s]	$\Delta t'$ [s/m]	H [m]	h [m]	ΔH [m]	[m]	[m/s]
1	10:00:30			1,000			0,000	
2	10:01:00	30	1778	0,992	0,996	0,008	0,008	3,61E-06
3	10:02:00	90	5333	0,988	0,994	0,012	0,012	1,81E-06
4	10:05:00	270	16000	0,988	0,994	0,012	0,012	6,03E-07
5	10:10:00	570	33778	0,985	0,993	0,015	0,015	3,58E-07
6	10:15:00	870	51556	0,980	0,990	0,020	0,020	3,13E-07
7	10:20:00	1170	69333	0,970	0,985	0,030	0,030	3,51E-07
8	10:25:00	1470	87111	0,968	0,984	0,032	0,032	2,99E-07
9	10:30:00	1770	104889	0,967	0,984	0,033	0,033	2,56E-07
10	10:45:00	2670	158222	0,967	0,984	0,033	0,033	1,70E-07
11	11:00:00	3570	211556	0,967	0,984	0,033	0,033	1,27E-07
12								
13								
14								

** Letzte Messung am 23.11.2018 um 11:00 Uhr

Mittelwert: 7,90E-07

Mittelwert: 3,10E-07

Bewertung der Durchlässigkeit nach DIN 18130-1: Schwach durchlässig (Werte 4 bis 11)

Unterschrift Bearbeiter:



Liststraße 50 · 40470 Düsseldorf

Projekt-Nr.: 1801104-1

Projekt: BV Neubau Kita Karlstr. 11 in Alt-Erkrath,
Baugrunderkundung/Geotechnischer Bericht

Datum: 23.11.2018

Aufschluss: KRB 6 (bei KRB 2); -2,00 m

Bearbeiter: Tsc/Bsc

Untergrund: U, fs, t'Durchmesser Bohrloch ($2r_2$): 0,060 m

Tiefe Bohrloch: 2,00 m

Innendurchmesser Verrohrung ($2r_1$): 0,045 m

Rohroberkante über Gelände: 0,00 m

Wassertemperatur: 8,00 °C

Korrekturfaktor C_t : 1,40 [-]

Formel: $k_f = \Pi \cdot \Delta H \cdot C_t / (5,5 \cdot h \cdot \Delta t')$

mit ΔH = Versickerte Wassersäule zw. H_1 u. H_2 [m]

mit h = Mittlere Druckhöhe, $h = (h_1 + h_2) / 2$ [m]

mit C_t = Korrekturfaktor der Temperatur (k_f bei 20°C)

mit $\Delta t'$ = Zeit zw. H_1 u. H_2 , wobei $t' = (t \times r_2) / r_1^2$ [m/s]

Auswertung gem. Heft Nr. 15 der Schriftenreihe des BDG
"Versickerung von Niederschlagswasser aus geowissenschaftlicher Sicht"

Lfd. Nr.	Zeit	Differenz zur ersten Messung	Norm. Absinkzeit zw. H_1 und H_2	Wasserstand im Bohrloch	Mittlere Druckhöhe	Absenkung im Bohrloch	Abgelesener Wasserstand unter ROK	Durchlässig- keitsbeiwert k_f
	[Std:min:s]	Δt [s]	$\Delta t'$ [s/m]	H [m]	h [m]	ΔH [m]	[m]	[m/s]
1	11:20:30			1,970			0,030	
2	11:21:00	30	1778	1,970	1,970	0,000	0,030	0,00E+00
3	11:22:00	90	5333	1,970	1,970	0,000	0,030	0,00E+00
4	11:25:00	270	16000	1,969	1,970	0,001	0,031	2,54E-08
5	11:35:00	870	51556	1,968	1,969	0,002	0,032	1,58E-08
6	11:40:00	1170	69333	1,964	1,967	0,006	0,036	3,52E-08
7	11:50:00	1770	104889	1,960	1,965	0,010	0,040	3,88E-08
8	12:00:00	2370	140444	1,960	1,965	0,010	0,040	2,90E-08
9	12:10:00	2970	176000	1,959	1,965	0,011	0,041	2,54E-08
10								
11								
12								
13								
14								

** Letzte Messung am 23.11.2018 um 12:10 Uhr

Mittelwert: 2,12E-08

Mittelwert: 2,83E-08

Bewertung der Durchlässigkeit nach DIN 18130-1: Schwach durchlässig (Werte 4 bis 9)

Unterschrift Bearbeiter:



Sakosta CAU GmbH
Liststraße 50 / 40470 Düsseldorf

Projek-Nr.: 1801104-1

Projekt: BV Neubau Kita Karlstr. 11 in Alt-Erkath,
Baugrunderkundung/Geotechnischer Bericht

Datum: 23.11.2018

Aufschluss: KRB 7 (bei KRB 1); -2,00 m

Bearbeiter: Tsc/Bsc

Untergrund: U, t, fs

Durchmesser Bohrloch ($2r_2$): 0,060 m

Tiefe Bohrloch: 2,00 m

Innendurchmesser Verrohrung ($2r_1$): 0,045 m

Rohroberkante über Gelände: 0,00 m

Wassertemperatur: 8,00 °C

Korrekturfaktor C_t : 1,40 [-]

Formel: $k_f = \Pi \cdot \Delta H \cdot C_t / (5,5 \cdot h \cdot \Delta t')$
mit ΔH = Versickerte Wassersäule zw. H_1 u. H_2 [m]
mit h = Mittlere Druckhöhe, $h = (h_1 + h_2) / 2$ [m]
mit C_t = Korrekturfaktor der Temperatur (k_f bei 20°C)
mit $\Delta t'$ = Zeit zw. H_1 u. H_2 , wobei $t' = (t \times r_2) / r_1^2$ [m/s]

Auswertung gem. Heft Nr. 15 der Schriftenreihe des BDG
"Versickerung von Niederschlagswasser aus geowissenschaftlicher Sicht"

Lfd. Nr.	Zeit	Differenz zur ersten Messung	Norm. Absinkzeit zw. H_1 und H_2	Wasserstand im Bohrloch	Mittlere Druckhöhe	Absenkung im Bohrloch	Abgelesener Wasserstand unter ROK	Durchlässig- keitsbeiwert k_f
	[Std:min:s]	Δt [s]	$\Delta t'$ [s/m]	H [m]	h [m]	ΔH [m]	[m]	[m/s]
1	09:05:00			0,620			1,380	
2	09:06:00	60	3556	0,620	0,620	0,000	1,380	0,00E+00
3	09:07:00	120	7111	0,620	0,620	0,000	1,380	0,00E+00
4	09:10:00	300	17778	0,620	0,620	0,000	1,380	0,00E+00
5	09:15:00	600	35556	0,620	0,620	0,000	1,380	0,00E+00
6	09:20:00	900	53333	0,620	0,620	0,000	1,380	0,00E+00
7	09:25:00	1200	71111	0,620	0,620	0,000	1,380	0,00E+00
8	09:35:00	1800	106667	0,620	0,620	0,000	1,380	0,00E+00
9	09:50:00	2700	160000	0,620	0,620	0,000	1,380	0,00E+00
10								
11								
12								
13								
14								

** Letzte Messung am 23.11.2018 um 09:50 Uhr

Mittelwert: 0,00E+00

Bewertung der Durchlässigkeit nach DIN 18130-1: Sehr schwach durchlässig

Unterschrift Bearbeiter:



Poststraße 50 · 40470 Düsseldorf

Anlage 4

Bodenmechanische Laborversuche

(Untersuchungsbericht B 6118 der AMM GmbH, 7 Seiten)

AMM GmbH

Gesellschaft für Altlastenmanagement, Mineralstoffverwertung und Materialprüfung mbH
Gessertshausener Straße 3, 86356 Neusäß

Tel.: 0821 – 48 688-0
Fax.: 0821 – 48 688-66
e-mail: info@ammgmbh.com
web: www.ammgmbh.com

Untersuchungsbericht B 6118

Auftraggeber:	SakostaCAU GmbH
Auftragsnummer:	1
Projektleiter:	Herr Schulz
Projektnummer:	1801104-1
Probenahmedatum:	22./23.11.2018
Probenort:	Neubau Kita, Karlstraße 11, Erkrath
Probengefäß:	PE-Eimer, Probenglas
Zu untersuchende Parameter:	Wassergehalt, Zustandsgrenzen
Zeitraum der Prüfung:	07.12. – 11.12.2018

AMM GmbH	Untersuchungsbericht: B 6118		
Gessertshausener Straße 3	Projekt:	Neubau Kita, Karlstraße 11, Erkrath	
86356 Neusäß	Auftraggeber:	SakostaCAU GmbH, Herr Schulz	
Tel.: 0821-48688-20 / Fax: -66	Bearbeiter:	Frau Rehwinkel	
Wassergehalt DIN 18 121	Datum:	11.12.2018	
	Labornummer:	MP KRB1 / 1,7 - 4,0	

Schale Nr. 1	Schale u. Probe feucht [g]	= 77.40 g	Schale u. Probe trocken [g]	= 66.90 g
	Schale u. Probe trocken [g]	= 66.90 g	Gewicht Schale [g]	= 13.20 g
	Wassergehalt [g]	= 10.50 g	Probe trocken G [g]	= 53.70 g
			Wassergehalt [%]	= 19.55 %
Schale Nr. 2	Schale u. Probe feucht [g]	= 73.10 g	Schale u. Probe trocken [g]	= 63.60 g
	Schale u. Probe trocken [g]	= 63.60 g	Gewicht Schale [g]	= 15.10 g
	Wassergehalt [g]	= 9.50 g	Probe trocken G [g]	= 48.50 g
			Wassergehalt [%]	= 19.59 %
			Mittel	= 19.57 %

AMM GmbH	Untersuchungsbericht: B 6118		
Gessertshausener Straße 3	Projekt:	Neubau Kita, Karlstraße 11, Erkrath	
86356 Neusäß	Auftraggeber:	SakostaCAU GmbH, Herr Schulz	
Tel.: 0821-48688-20 / Fax: -66	Bearbeiter:	Frau Rehwinkel	
Wassergehalt DIN 18 121	Datum:	11.12.2018	
	Labornummer:	KRB2 / 0,5 - 1,0	

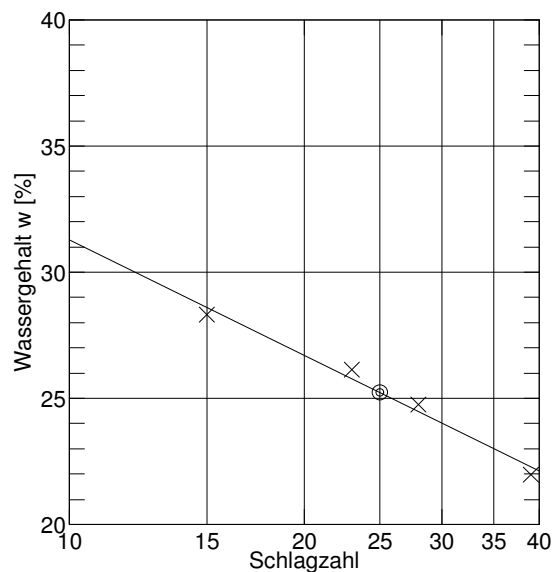
Schale Nr. 1	Schale u. Probe feucht [g]	= 82.50 g	Schale u. Probe trocken [g]	= 76.50 g
	Schale u. Probe trocken [g]	= 76.50 g	Gewicht Schale [g]	= 15.40 g
	Wassergehalt [g]	= 6.00 g	Probe trocken G [g]	= 61.10 g
			Wassergehalt [%]	= 9.82 %
Schale Nr.	Schale u. Probe feucht [g]	= 83.90 g	Schale u. Probe trocken [g]	= 77.60 g
	Schale u. Probe trocken [g]	= 77.60 g	Gewicht Schale [g]	= 14.00 g
	Wassergehalt [g]	= 6.30 g	Probe trocken G [g]	= 63.60 g
			Wassergehalt [%]	= 9.91 %
			Mittel	= 9.86 %

AMM GmbH	Untersuchungsbericht: B 6118		
Gessertshausener Straße 3	Projekt:	Neubau Kita, Karlstraße 11, Erkrath	
86356 Neusäß	Auftraggeber:	SakostaCAU GmbH, Herr Schulz	
Tel.: 0821-48688-20 / Fax: -66	Bearbeiter:	Frau Rehwinkel	
Wassergehalt DIN 18 121	Datum:	11.12.2018	
	Labornummer:	MP KRB2 / 1,0 - 3,0	

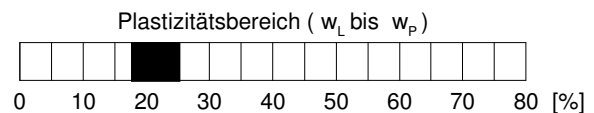
Schale Nr. 1	Schale u. Probe feucht [g]	= 79.50 g	Schale u. Probe trocken [g]	= 69.40 g
	Schale u. Probe trocken [g]	= 69.40 g	Gewicht Schale [g]	= 13.60 g
	Wassergehalt [g]	= 10.10 g	Probe trocken G [g]	= 55.80 g
			Wassergehalt [%]	= 18.10 %
Schale Nr. 2	Schale u. Probe feucht [g]	= 83.00 g	Schale u. Probe trocken [g]	= 72.10 g
	Schale u. Probe trocken [g]	= 72.10 g	Gewicht Schale [g]	= 14.00 g
	Wassergehalt [g]	= 10.90 g	Probe trocken G [g]	= 58.10 g
			Wassergehalt [%]	= 18.76 %
			Mittel	= 18.43 %

AMM GmbH	Untersuchungsbericht: B 6118		
Gessertshausener Straße 3	Projekt:	Neubau Kita, Karlstraße 11, Erkrath	
86356 Neusäß	Auftraggeber:	SakostaCAU GmbH, Herr Schulz	
Tel.:0821-48688-20 / Fax:-66	Bearbeiter:	Frau Hofstetter	
Zustandsgrenzen DIN 18 122	Datum:	11.12.2018	
	Probenbezeichnung:	KRB2 / 0,5 - 1,0	

		Fließgrenze				Ausrollgrenze			
Behälter-Nr.									
Zahl der Schläge		15	23	28	39				
Feuchte Probe + Behälter	$m_f + m_B$ [g]	21.20	16.11	16.01	20.73	3.69	3.58	3.66	
Trockene Probe + Behälter	$m_t + m_B$ [g]	16.78	13.02	13.07	17.21	3.31	3.22	3.29	
Behälter	m_B [g]	1.19	1.19	1.19	1.20	1.19	1.20	1.21	
Wasser	$m_f - m_t = m_w$ [g]	4.42	3.09	2.94	3.52	0.38	0.36	0.37	
Trockene Probe	m_t [g]	15.59	11.83	11.88	16.02	2.13	2.02	2.08	Mittel
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$	[%]	28.3	26.1	24.8	22.0	17.7	17.6	17.7	17.7



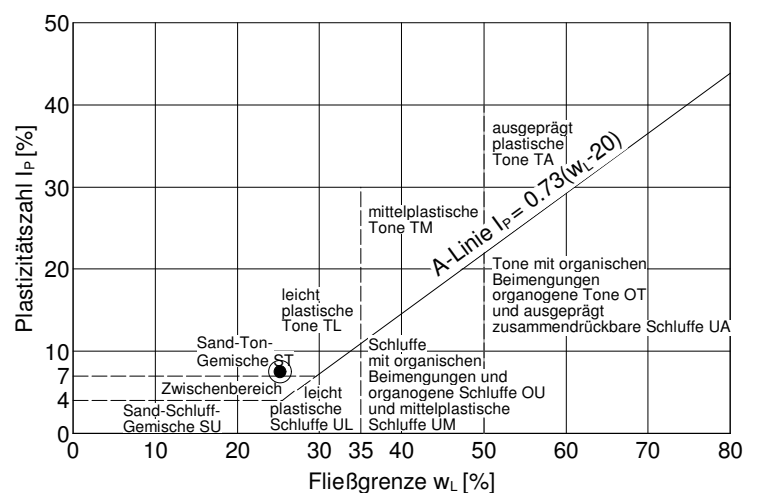
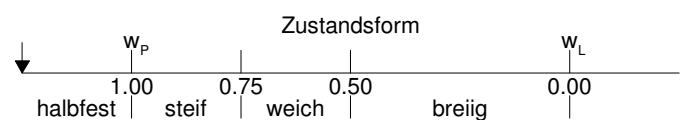
Überkornanteil $\ddot{u} = 1.6 \%$
 Wassergeh. Überkorn $w_{\ddot{u}} =$
 Wassergehalt $w_N = 9.9 \%$, $w_{N\ddot{u}} = 10.1 \%$
 Fließgrenze $w_L = 25.2 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 17.7 \%$



Plastizitätszahl $I_p = w_L - w_P = 7.5 \%$

Liquiditätsindex $I_L = \frac{w_{N\ddot{u}} - w_P}{I_p} = -1.013$

Konsistenzzahl $I_c = \frac{w_L - w_{N\ddot{u}}}{I_p} = 2.013$



Anlage 5

Untersuchung von Feststoffen auf Verwertbarkeit

(Untersuchungsberichte 1869459 und 1869460 der Dr. Graner & Partner GmbH
nebst Bewertungstabellen, insgesamt 8 Seiten)

Dr. Graner & Partner GmbH, Lochhausener Str. 205, 81249 München

SakostaCAU GmbH
Liststraße 50

40470 Düsseldorf

München, 10.12.2018

Prüfbericht 1869459

Auftraggeber: SakostaCAU GmbH
Projektleiter: Herr Schulz
Auftragsnummer: 52481
Auftraggeberprojekt: 1801104-1 BV Neubau Kita Karlstr. 11
Probenahmedatum: 22.12.2018
Probenahmeort: Erkrath
Probenahme durch: SakostaCAU
Probengefäße: Eimer
Eingang am: 06.12.2018
Zeitraum der Prüfung: 06.12.2018 - 10.12.2018

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand. Die in den zitierten Normen und Richtlinien angegebenen Messunsicherheiten werden eingehalten. Die aktuellen Ausgabestände der verwendeten Prüfverfahren können auf unserer Homepage (<https://www.labor-graner.de/qualitaetssicherung.html>) eingesehen werden. Unsachgemäße Probengefäße können zu Verfälschungen der Messwerte führen. Prüfergebnisse von Mischproben die unterhalb des Grenzwertes liegen, können trotzdem zu Grenzwertüberschreitungen von einer oder mehreren Teilproben führen. Um die Überprüfung des Grenzwertes sicher zu gewährleisten, wird angeraten, gemäß Prüfvorschrift die Einzelproben zu untersuchen. Mikrobiologisches Untersuchungsmaterial wird nach der Auswertung sofort vernichtet. Eine auszugsweise Vervielfältigung des Prüfberichtes ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Prüflaborleitung erlaubt.

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

Arzneimittel, Lebensmittel, Kosmetika, Bedarfsgegenstände, Wasser, Boden, Luft, Medizinprodukte
Analytik, Entwicklung, Qualitätskontrolle, Beratung, Sachverständigengutachten, amtliche Gegenproben,
Mikrobiologie, Arzneimittelzulassung, Abgrenzungsfragen AMG/LFGB
Amtsgericht München Nr. 84402, Geschäftsführer: Dr. Manfred Holz
Bankverbindung: Genossenschaftsbank Aubing eG (BLZ 701 694 64) Kto.-Nr. 69922
BIC: GENODEFIM07, IBAN: DE30 7016 9464 0000 0699 22

Prüfbericht:

1869459

10.12.2018

Probenbezeichnung:	MP1 / [A]			
Probenahmedatum:	22.12.2018			
Labornummer:	1869459-001			
Material:	Feststoff, Gesamtfraktion			
	Gehalt	Einheit	Best.gr.	Verfahren
Trockenrückstand	92	%		DIN EN 14346
Cyanid gesamt	0,35	mg/kg TS	0,2	DIN ISO 17380
Arsen	3,9	mg/kg TS	1	DIN EN ISO 11885
Blei	9,4	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885
Cadmium	0,18	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 11885
Chrom	16	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885
Kupfer	7,7	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885
Nickel	7,3	mg/kg TS	0,5	DIN EN ISO 11885
Quecksilber	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 12846
Thallium	u.d.B.	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885
Zink	51	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885
TOC	0,55	% TS	0,1	DIN EN 13137
EOX	u.d.B.	mg/kg TS	0,5	DIN 38414-17
Kohlenwasserstoffe	120	mg/kg TS	50	DIN EN 14039
Kohlenwasserstoffe C10 - C22	u.d.B.	mg/kg TS	50	DIN EN 14039
Benzol	u.d.B.	µg/kg TS	100	DIN 38407-9
Toluol	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Ethylbenzol	u.d.B.	µg/kg TS	100	
m-Xylol + p-Xylol	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Styrol	u.d.B.	µg/kg TS	100	
o-Xylol	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Cumol	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Summe der bestimmten BTXE	0	µg/kg TS		
1,1-Dichlorethen	u.d.B.	µg/kg TS	200	DIN ISO 22155
Dichlormethan	u.d.B.	µg/kg TS	500	
trans-1,2-Dichlorethen	u.d.B.	µg/kg TS	200	
1,1-Dichlorethan	u.d.B.	µg/kg TS	200	
cis-1,2-Dichlorethen	u.d.B.	µg/kg TS	200	
1,2-Dichlorethan	u.d.B.	µg/kg TS	500	
Trichlormethan	u.d.B.	µg/kg TS	100	
1,1,1-Trichlorethan	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Tetrachlormethan	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Trichlorethen	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Tetrachlorethen	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Summe der bestimmten LHKW	0	µg/kg TS		

Prüfbericht:

1869459

10.12.2018

Probenbezeichnung:	MP1 / [A]			
Probenahmedatum:	22.12.2018			
Labornummer:	1869459-001			
Material:	Feststoff, Gesamtfraktion			
	Gehalt	Einheit	Best.gr.	Verfahren
Naphthalin	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	DIN ISO 18287
Acenaphthylen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Acenaphthen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Fluoren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Phenanthren	0,017	mg/kg TS	0,01	
Anthracen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Fluoranthren	0,036	mg/kg TS	0,01	
Pyren	0,036	mg/kg TS	0,01	
Benz(a)anthracen	0,028	mg/kg TS	0,01	
Chrysen	0,026	mg/kg TS	0,01	
Benzo(b)fluoranthren	0,034	mg/kg TS	0,01	
Benzo(k)fluoranthren	0,011	mg/kg TS	0,01	
Benzo(a)pyren	0,022	mg/kg TS	0,01	
Indeno(123-cd)pyren	0,016	mg/kg TS	0,01	
Dibenz(ah)anthracen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Benzo(ghi)perylene	0,025	mg/kg TS	0,01	
Summe der 16 PAK nach EPA	0,251	mg/kg TS		
Summe der 15 PAK (o. Naph.)	0,251	mg/kg TS		
PCB Nr. 28	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	DIN EN 15308
PCB Nr. 52	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	
PCB Nr. 101	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	
PCB Nr. 153	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	
PCB Nr. 138	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	
PCB Nr. 180	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	
Summe der bestimmten PCB	0	mg/kg TS		

Prüfbericht: 1869459

10.12.2018

Probenbezeichnung:	MP1 / [A]			
Probenahmedatum:	22.12.2018			
Labornummer:	1869459-001			
Material:	Feststoff, Gesamtfraktion			
	Gehalt	Einheit	Best.gr.	Verfahren
Bestimmungen im Eluat - (DIN EN 12457-4)				
pH-Wert	9,5			DIN 38404-5
Elektrische Leitfähigkeit	94	µS/cm		DIN EN 27888
Chlorid	u.d.B.	mg/l	1	DIN EN ISO 10304-1
Sulfat	3,3	mg/l	2	DIN EN ISO 10304-1
Cyanid gesamt	u.d.B.	mg/l	0,005	DIN EN ISO 14403
Arsen	15	µg/l	2,5	DIN EN ISO 17294-2
Blei	u.d.B.	µg/l	2,5	DIN EN ISO 17294-2
Cadmium	u.d.B.	µg/l	0,5	DIN EN ISO 17294-2
Chrom	u.d.B.	µg/l	5	DIN EN ISO 17294-2
Kupfer	u.d.B.	µg/l	10	DIN EN ISO 17294-2
Nickel	u.d.B.	µg/l	10	DIN EN ISO 17294-2
Quecksilber	u.d.B.	µg/l	0,05	DIN EN ISO 12846
Zink	u.d.B.	µg/l	10	DIN EN ISO 17294-2
Phenolindex	u.d.B.	mg/l	0,008	DIN EN ISO 14402



Dr. C. Wellmann

Dr. C. Wellmann, (stellv. Laborleitung)

Erläuterungen zu Abkürzungen:

KbE: Koloniebildende Einheiten
 n.n.: nicht nachweisbar
 u.d.B.: unter der Bestimmungsgrenze
 Best.gr.: Bestimmungsgrenze
 n.b.: nicht bestimmt

Zusammenfassung der Analysenergebnisse mit Bewertung gemäß LAGA



Angaben zur Probe:

Auftraggeber:	Stadt Erkrath, FB Immobilienmanagement Neubau
Vorhabenbezeichnung:	BV Neubau Kita Karlstraße 11 in Alt-Erkrath
Projektnummer:	1801104-1
Probenbezeichnung:	MP 1/[A]
Probenbereich:	Baugrundsicht 1
Zeitpunkt der Probenahme:	22./23.11.2018

Niederlassung Düsseldorf
Liststraße 50
40470 Düsseldorf

Feststoffanalyse Bewertung gem. LAGA 2004 Boden*

Parameter	Dimension	Ergebnis	Zuordnungswerte nach LAGA			
			Z 0 (Sand)	Z 0 (Lehm/Schluff)	Z 0 (Ton)	Z 0* ¹⁾
Arsen AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	3,9	10	15	20	15 ²⁾
Blei AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	9,4	40	70	100	140
Cadmium AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	0,18	0,4	1	1,5	1 ³⁾
Chrom (gesamt) AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	16	30	60	100	120
Kupfer AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	7,7	20	40	60	80
Nickel AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	7,3	15	50	70	100
Quecksilber AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	u.d.B.	0,1	0,5	1	1
Thallium AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	u.d.B.	0,4	0,7	1	0,7 ⁴⁾
Zink AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	51	60	150	200	300
Cyanide (gesamt) nach DIN ISO 17380	mg/kg TS	0,35				
TOC nach DIN EN 13137	Masse-%	0,55	0,5 (1,0) ⁵⁾	0,5 (1,0) ⁵⁾	0,5 (1,0) ⁵⁾	0,5 (1,0) ⁵⁾
EOX nach DIN 38414-S17	mg/kg TS	u.d.B.	1	1	1	1 ⁶⁾
Kohlenwasserstoffe nach DIN EN 14039	mg/kg TS	u.d.B.	100	100	100	200 (400) ⁷⁾
Σ BTEX nach DIN 38407-9	mg/kg TS	k.S.m.	1	1	1	1
Σ LHKW nach DIN ISO 22155	mg/kg TS	k.S.m.	1	1	1	1
Σ PCB ₆ nach DIN 38414-S20	mg/kg TS	k.S.m.	0,05	0,05	0,05	0,1
Σ PAK ₁₆ nach US-EPA Methode 8270	mg/kg TS	0,251	3	3	3	3
Benzo(a)pyren nach DIN ISO 18287	mg/kg TS	0,022	0,3	0,3	0,3	0,6

Feststoffanalyse Bewertung gem. LAGA 2004 Boden*

Parameter	Dimension	Ergebnis	Zuordnungswerte nach LAGA	
			Z 1	Z 2
Arsen AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	3,9	45	150
Blei AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	9,4	210	700
Cadmium AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	0,18	3	10
Chrom (gesamt) AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	16	180	600
Kupfer AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	7,7	120	400
Nickel AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	7,3	150	500
Quecksilber AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	u.d.B.	1,5	5
Thallium AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	u.d.B.	2,1	7
Zink AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	51	450	1500
Cyanide (gesamt) nach DIN ISO 17380	mg/kg TS	0,35	3	10
TOC nach DIN EN 13137	Masse-%	0,55	1,5	5
EOX nach DIN 38414-S17	mg/kg TS	u.d.B.	3 ⁶⁾	10
Kohlenwasserstoffe nach DIN EN 14039	mg/kg TS	u.d.B.	300 (600) ⁷⁾	1000 (2000) ⁷⁾
Σ BTEX nach DIN 38407-9	mg/kg TS	k.S.m.	1	1
Σ LHKW nach DIN ISO 22155	mg/kg TS	k.S.m.	1	1
Σ PCB ₆ nach DIN 38414-S20	mg/kg TS	k.S.m.	0,15	0,5
Σ PAK ₁₆ nach US-EPA Methode 8270	mg/kg TS	0,251	3 (9) ⁸⁾	30
Benzo(a)pyren nach DIN ISO 18287	mg/kg TS	0,022	0,9	3

Zusammenfassung der Analysenergebnisse mit Bewertung gemäß LAGA



Angaben zur Probe:

Auftraggeber:	Stadt Erkrath, FB Immobilienmanagement Neubau
Vorhabenbezeichnung:	BV Neubau Kita Karlstraße 11 in Alt-Erkrath
Projektnummer:	1801104-1
Probenbezeichnung:	MP 1/[A]
Probenbereich:	Baugrundschrift 1
Zeitpunkt der Probenahme:	22./23.11.2018

Niederlassung Düsseldorf
Liststraße 50
40470 Düsseldorf

Eluatanalyse Bewertung gem. LAGA 2004 Boden*

Parameter	Dimension	Ergebnis	Zuordnungswerte nach LAGA			
			Z 0 / Z0* ¹⁾	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
Elektrische Leitfähigkeit EN 27888 (C8)	µS/cm	94	250	250	<u>1.500</u>	2.000
pH-Wert nach DIN 38404-C 5	-	9,5	6,5-9,5	6,5-9,5	<u>6-12</u>	5,5-12
Chlorid nach EN ISO 10304-2 (D20)	mg/l	u.d.B.	30	30	<u>50</u>	100⁹⁾
Sulfat nach EN ISO 10304-2 (D20)	mg/l	3,3	20	20	<u>50</u>	200
Arsen nach ISO 11885 11969 5961 EN 1483 DIN 38406E6	µg/l	<u>15</u>	14	14	<u>20</u>	60¹⁰⁾
Quecksilber nach ISO 11885 11969 5961 EN 1483 DIN 38406E6	µg/l	u.d.B.	<0,5	<0,5	<u>1</u>	2
Cadmium nach ISO 11885 11969 5961 EN 1483 DIN 38406E6	µg/l	u.d.B.	1,5	1,5	<u>3</u>	6
Blei nach ISO 11885 11969 5961 EN 1483 DIN 38406E6	µg/l	u.d.B.	40	40	<u>80</u>	200
Chrom (ges.) nach ISO 11885 11969 5961 EN 1483 DIN 38406E6	µg/l	u.d.B.	12,5	12,5	<u>25</u>	60
Kupfer nach ISO 11885 11969 5961 EN 1483 DIN 38406E6	µg/l	u.d.B.	20	20	<u>60</u>	100
Nickel nach ISO 11885 11969 5961 EN 1483 DIN 38406E6	µg/l	u.d.B.	15	15	<u>20</u>	70
Zink nach ISO 11885 11969 5961 EN 1483 DIN 38406E6	µg/l	u.d.B.	150	150	<u>200</u>	600
Cyanide (ges.) nach DIN 38405-D13	µg/l	u.d.B.	5	5	<u>10</u>	20
Phenolindex ²⁾ nach DIN 38409-H16	µg/l	u.d.B.	20	20	<u>40</u>	100,00

Bewertung (Bodenart Lehm/Schluff): **Z 2 (Z 1)** 0,55 % TOC i. F.; 15 µg/l Arsen i. E.

* Analytikumfang Prüfbericht gemäß LAGA Boden 2004

Z0: Zuordnungswerte für den uneingeschränkten Einbau - Verwertung von Bodenmaterial in bodenähnlichen Anwendungen

u.d.B. = unter der Bestimmungsgrenze

k.S.m. = keine Summenbildung möglich, da Einzelparameter u.d.B.

¹⁾ Maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen

²⁾ Der Wert 15 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 20 mg/kg

³⁾ Der Wert 1 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,5 mg/kg

⁴⁾ Der Wert 0,7 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,0 mg/kg

⁵⁾ Bei einem C:N-Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-%

⁶⁾ Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen

⁷⁾ Die angegebenen Zuordnungswerte gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C₁₀ bis C₂₂. Der Gesamtgehalt, bestimmt nach E DIN EN 14039 (C₁₀ bis C₄₀), darf insgesamt den in Klammern genannten Wert nicht überschreiten

⁸⁾ Bodenmaterial mit Zuordnungswerten > 3 mg/kg und ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden

⁹⁾ Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 300 mg/l

¹⁰⁾ Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l

Datum der Durchführung: 06.12. - 10.12.2018

Prüfbericht Nr.: 1869459

Datum der Bearbeitung: 11.12.2018

Bearbeiter: B. Schulz

Telefon: 0211 171831-23

Telefax: 0211 171831-10

e-mail: b.schulz@sakostaCAU.de

Dr. Graner & Partner GmbH, Lochhausener Str. 205, 81249 München

SakostaCAU GmbH
Liststraße 50

40470 Düsseldorf

München, 10.12.2018

Prüfbericht 1869460

Auftraggeber: SakostaCAU GmbH
Projektleiter: Herr Schulz
Auftragsnummer: 52481
Auftraggeberprojekt: 1801104-1 BV Neubau Kita Karlstr. 11
Probenahmedatum: 22.12.2018
Probenahmeort: Erkrath
Probenahme durch: SakostaCAU
Probengefäße: Eimer
Eingang am: 06.12.2018
Zeitraum der Prüfung: 06.12.2018 - 10.12.2018

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand. Die in den zitierten Normen und Richtlinien angegebenen Messunsicherheiten werden eingehalten. Die aktuellen Ausgabestände der verwendeten Prüfverfahren können auf unserer Homepage (<https://www.labor-graner.de/qualitaetssicherung.html>) eingesehen werden. Unsachgemäße Probengefäße können zu Verfälschungen der Messwerte führen. Prüfergebnisse von Mischproben die unterhalb des Grenzwertes liegen, können trotzdem zu Grenzwertüberschreitungen von einer oder mehreren Teilproben führen. Um die Überprüfung des Grenzwertes sicher zu gewährleisten, wird angeraten, gemäß Prüfvorschrift die Einzelproben zu untersuchen. Mikrobiologisches Untersuchungsmaterial wird nach der Auswertung sofort vernichtet. Eine auszugsweise Vervielfältigung des Prüfberichtes ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Prüflaborleitung erlaubt.

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

Arzneimittel, Lebensmittel, Kosmetika, Bedarfsgegenstände, Wasser, Boden, Luft, Medizinprodukte
Analytik, Entwicklung, Qualitätskontrolle, Beratung, Sachverständigengutachten, amtliche Gegenproben,
Mikrobiologie, Arzneimittelzulassung, Abgrenzungsfragen AMG/LFGB
Amtsgericht München Nr. 84402, Geschäftsführer: Dr. Manfred Holz
Bankverbindung: Genossenschaftsbank Aubing eG (BLZ 701 694 64) Kto.-Nr. 69922
BIC: GENODEFIM07, IBAN: DE30 7016 9464 0000 0699 22

Prüfbericht:

1869460

10.12.2018

Probenbezeichnung:	MP2 / Geogen			
Probenahmedatum:	22.12.2018			
Labornummer:	1869460-001			
Material:	Feststoff, Gesamtfraktion			
	Gehalt	Einheit	Best.gr.	Verfahren
Trockenrückstand	86	%		DIN EN 14346
Cyanid gesamt	u.d.B.	mg/kg TS	0,2	DIN ISO 17380
Arsen	7,0	mg/kg TS	1	DIN EN ISO 11885
Blei	8,8	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885
Cadmium	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 11885
Chrom	14	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885
Kupfer	7,1	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885
Nickel	11	mg/kg TS	0,5	DIN EN ISO 11885
Quecksilber	u.d.B.	mg/kg TS	0,1	DIN EN ISO 12846
Thallium	u.d.B.	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885
Zink	37	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 11885
TOC	0,20	% TS	0,1	DIN EN 13137
EOX	u.d.B.	mg/kg TS	0,5	DIN 38414-17
Kohlenwasserstoffe	u.d.B.	mg/kg TS	50	DIN EN 14039
Kohlenwasserstoffe C10 - C22	u.d.B.	mg/kg TS	50	DIN EN 14039
Benzol	u.d.B.	µg/kg TS	100	DIN 38407-9
Toluol	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Ethylbenzol	u.d.B.	µg/kg TS	100	
m-Xylol + p-Xylol	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Styrol	u.d.B.	µg/kg TS	100	
o-Xylol	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Cumol	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Summe der bestimmten BTXE	0	µg/kg TS		
1,1-Dichlorethen	u.d.B.	µg/kg TS	200	DIN ISO 22155
Dichlormethan	u.d.B.	µg/kg TS	500	
trans-1,2-Dichlorethen	u.d.B.	µg/kg TS	200	
1,1-Dichlorethan	u.d.B.	µg/kg TS	200	
cis-1,2-Dichlorethen	u.d.B.	µg/kg TS	200	
1,2-Dichlorethan	u.d.B.	µg/kg TS	500	
Trichlormethan	u.d.B.	µg/kg TS	100	
1,1,1-Trichlorethan	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Tetrachlormethan	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Trichlorethen	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Tetrachlorethen	u.d.B.	µg/kg TS	100	
Summe der bestimmten LHKW	0	µg/kg TS		

Prüfbericht:

1869460

10.12.2018

Probenbezeichnung:	MP2 / Geogen			
Probenahmedatum:	22.12.2018			
Labornummer:	1869460-001			
Material:	Feststoff, Gesamtfraktion			
	Gehalt	Einheit	Best.gr.	Verfahren
Naphthalin	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	DIN ISO 18287
Acenaphthylen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Acenaphthen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Fluoren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Phenanthren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Anthracen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Fluoranthren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Pyren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Benz(a)anthracen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Chrysen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Benzo(b)fluoranthren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Benzo(k)fluoranthren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Benzo(a)pyren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Indeno(123-cd)pyren	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Dibenz(ah)anthracen	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Benzo(ghi)perylene	u.d.B.	mg/kg TS	0,01	
Summe der 16 PAK nach EPA	0	mg/kg TS		
Summe der 15 PAK (o. Naph.)	0	mg/kg TS		
PCB Nr. 28	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	DIN EN 15308
PCB Nr. 52	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	
PCB Nr. 101	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	
PCB Nr. 153	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	
PCB Nr. 138	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	
PCB Nr. 180	u.d.B.	mg/kg TS	0,005	
Summe der bestimmten PCB	0	mg/kg TS		

Prüfbericht: 1869460

10.12.2018

Probenbezeichnung:	MP2 / Geogen			
Probenahmedatum:	22.12.2018			
Labornummer:	1869460-001			
Material:	Feststoff, Gesamtfraktion			
	Gehalt	Einheit	Best.gr.	Verfahren
Bestimmungen im Eluat - (DIN EN 12457-4)				
pH-Wert	7,5			DIN 38404-5
Elektrische Leitfähigkeit	40	µS/cm		DIN EN 27888
Chlorid	u.d.B.	mg/l	1	DIN EN ISO 10304-1
Sulfat	2,6	mg/l	2	DIN EN ISO 10304-1
Cyanid gesamt	u.d.B.	mg/l	0,005	DIN EN ISO 14403
Arsen	2,9	µg/l	2,5	DIN EN ISO 17294-2
Blei	u.d.B.	µg/l	2,5	DIN EN ISO 17294-2
Cadmium	u.d.B.	µg/l	0,5	DIN EN ISO 17294-2
Chrom	u.d.B.	µg/l	5	DIN EN ISO 17294-2
Kupfer	u.d.B.	µg/l	10	DIN EN ISO 17294-2
Nickel	u.d.B.	µg/l	10	DIN EN ISO 17294-2
Quecksilber	u.d.B.	µg/l	0,05	DIN EN ISO 12846
Zink	u.d.B.	µg/l	10	DIN EN ISO 17294-2
Phenolindex	u.d.B.	mg/l	0,008	DIN EN ISO 14402



Dr. C. Wellmann

Dr. C. Wellmann, (stellv. Laborleitung)

Erläuterungen zu Abkürzungen:

KbE: Koloniebildende Einheiten
 n.n.: nicht nachweisbar
 u.d.B.: unter der Bestimmungsgrenze
 Best.gr.: Bestimmungsgrenze
 n.b.: nicht bestimmt

Zusammenfassung der Analysenergebnisse mit Bewertung gemäß LAGA



Angaben zur Probe:

Auftraggeber:	Stadt Erkrath, FB Immobilienmanagement Neubau
Vorhabenbezeichnung:	BV Neubau Kita Karlstraße 11 in Alt-Erkrath
Projektnummer:	1801104-1
Probenbezeichnung:	MP 2/Geogen
Probenbereich:	Baugrundsicht 2
Zeitpunkt der Probenahme:	22./23.11.2018

Niederlassung Düsseldorf
Liststraße 50
40470 Düsseldorf

Feststoffanalyse Bewertung gem. LAGA 2004 Boden*

Parameter	Dimension	Ergebnis	Zuordnungswerte nach LAGA			
			Z 0 (Sand)	Z 0 (Lehm/Schluff)	Z 0 (Ton)	Z 0* ¹⁾
Arsen AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	7	10	15	20	15 ²⁾
Blei AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	8,8	40	70	100	140
Cadmium AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	u.d.B.	0,4	1	1,5	1 ³⁾
Chrom (gesamt) AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	14	30	60	100	120
Kupfer AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	7,1	20	40	60	80
Nickel AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	11	15	50	70	100
Quecksilber AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	u.d.B.	0,1	0,5	1	1
Thallium AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	u.d.B.	0,4	0,7	1	0,7 ⁴⁾
Zink AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	37	60	150	200	300
Cyanide (gesamt) nach DIN ISO 17380	mg/kg TS	u.d.B.				
TOC nach DIN EN 13137	Masse-%	0,2	0,5 (1,0) ⁵⁾	0,5 (1,0) ⁵⁾	0,5 (1,0) ⁵⁾	0,5 (1,0) ⁵⁾
EOX nach DIN 38414-S17	mg/kg TS	u.d.B.	1	1	1	1 ⁶⁾
Kohlenwasserstoffe nach DIN EN 14039	mg/kg TS	u.d.B.	100	100	100	200 (400) ⁷⁾
Σ BTEX nach DIN 38407-9	mg/kg TS	k.S.m.	1	1	1	1
Σ LHKW nach DIN ISO 22155	mg/kg TS	k.S.m.	1	1	1	1
Σ PCB ₆ nach DIN 38414-S20	mg/kg TS	k.S.m.	0,05	0,05	0,05	0,1
Σ PAK ₁₆ nach US-EPA Methode 8270	mg/kg TS	k.S.m.	3	3	3	3
Benzo(a)pyren nach DIN ISO 18287	mg/kg TS	u.d.B.	0,3	0,3	0,3	0,6

Feststoffanalyse Bewertung gem. LAGA 2004 Boden*

Parameter	Dimension	Ergebnis	Zuordnungswerte nach LAGA	
			Z 1	Z 2
Arsen AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	7	<u>45</u>	150
Blei AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	8,8	<u>210</u>	700
Cadmium AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	u.d.B.	<u>3</u>	10
Chrom (gesamt) AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	14	<u>180</u>	600
Kupfer AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	7,1	<u>120</u>	400
Nickel AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	11	<u>150</u>	500
Quecksilber AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	u.d.B.	<u>1,5</u>	5
Thallium AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	u.d.B.	<u>2,1</u>	7
Zink AAS/ICP nach DIN EN ISO 11885 (E22)/DIN EN 1483	mg/kg TS	37	<u>450</u>	1500
Cyanide (gesamt) nach DIN ISO 17380	mg/kg TS	u.d.B.	<u>3</u>	10
TOC nach DIN EN 13137	Masse-%	<u>0,2</u>	<u>1,5</u>	5
EOX nach DIN 38414-S17	mg/kg TS	u.d.B.	<u>3⁶⁾</u>	10
Kohlenwasserstoffe nach DIN EN 14039	mg/kg TS	u.d.B.	<u>300 (600)⁷⁾</u>	1000 (2000)⁷⁾
Σ BTEX nach DIN 38407-9	mg/kg TS	k.S.m.	<u>1</u>	1
Σ LHKW nach DIN ISO 22155	mg/kg TS	k.S.m.	<u>1</u>	1
Σ PCB ₆ nach DIN 38414-S20	mg/kg TS	k.S.m.	<u>0,15</u>	0,5
Σ PAK ₁₆ nach US-EPA Methode 8270	mg/kg TS	k.S.m.	<u>3 (9)⁸⁾</u>	30
Benzo(a)pyren nach DIN ISO 18287	mg/kg TS	u.d.B.	<u>0,9</u>	3

Zusammenfassung der Analysenergebnisse mit Bewertung gemäß LAGA



Angaben zur Probe:

Auftraggeber:	Stadt Erkrath, FB Immobilienmanagement Neubau
Vorhabenbezeichnung:	BV Neubau Kita Karlstraße 11 in Alt-Erkrath
Projektnummer:	1801104-1
Probenbezeichnung:	MP 2/Geogen
Probenbereich:	Baugrundschrift 2
Zeitpunkt der Probenahme:	22./23.11.2018

Niederlassung Düsseldorf
Liststraße 50
40470 Düsseldorf

Eluatanalyse Bewertung gem. LAGA 2004 Boden*

Parameter	Dimension	Ergebnis	Zuordnungswerte nach LAGA			
			Z 0 / Z0* ¹⁾	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
Elektrische Leitfähigkeit EN 27888 (C8)	µS/cm	40	250	250	<u>1.500</u>	2.000
pH-Wert nach DIN 38404-C 5	-	7,5	6,5-9,5	6,5-9,5	<u>6-12</u>	5,5-12
Chlorid nach EN ISO 10304-2 (D20)	mg/l	u.d.B.	30	30	<u>50</u>	100⁹⁾
Sulfat nach EN ISO 10304-2 (D20)	mg/l	2,6	20	20	<u>50</u>	200
Arsen nach ISO 11885 11969 5961 EN 1483 DIN 38406E6	µg/l	2,9	14	14	<u>20</u>	60¹⁰⁾
Quecksilber nach ISO 11885 11969 5961 EN 1483 DIN 38406E6	µg/l	u.d.B.	<0,5	<0,5	<u>1</u>	2
Cadmium nach ISO 11885 11969 5961 EN 1483 DIN 38406E6	µg/l	u.d.B.	1,5	1,5	<u>3</u>	6
Blei nach ISO 11885 11969 5961 EN 1483 DIN 38406E6	µg/l	u.d.B.	40	40	<u>80</u>	200
Chrom (ges.) nach ISO 11885 11969 5961 EN 1483 DIN 38406E6	µg/l	u.d.B.	12,5	12,5	<u>25</u>	60
Kupfer nach ISO 11885 11969 5961 EN 1483 DIN 38406E6	µg/l	u.d.B.	20	20	<u>60</u>	100
Nickel nach ISO 11885 11969 5961 EN 1483 DIN 38406E6	µg/l	u.d.B.	15	15	<u>20</u>	70
Zink nach ISO 11885 11969 5961 EN 1483 DIN 38406E6	µg/l	u.d.B.	150	150	<u>200</u>	600
Cyanide (ges.) nach DIN 38405-D13	µg/l	u.d.B.	5	5	<u>10</u>	20
Phenolindex ²⁾ nach DIN 38409-H16	µg/l	u.d.B.	20	20	<u>40</u>	100,00

Bewertung (Bodenart Lehm/Schluff):

Z 0

* Analytikumfang Prüfbericht gemäß LAGA Boden 2004

Z0: Zuordnungswerte für den uneingeschränkten Einbau - Verwertung von Bodenmaterial in bodenähnlichen Anwendungen

u.d.B. = unter der Bestimmungsgrenze

k.S.m. = keine Summenbildung möglich, da Einzelparameter u.d.B.

¹⁾ Maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen

²⁾ Der Wert 15 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 20 mg/kg

³⁾ Der Wert 1 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,5 mg/kg

⁴⁾ Der Wert 0,7 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,0 mg/kg

⁵⁾ Bei einem C:N-Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-%

⁶⁾ Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen

⁷⁾ Die angegebenen Zuordnungswerte gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C₁₀ bis C₂₂. Der Gesamtgehalt, bestimmt nach E DIN EN 14039 (C₁₀ bis C₄₀), darf insgesamt den in Klammern genannten Wert nicht überschreiten

⁸⁾ Bodenmaterial mit Zuordnungswerten > 3 mg/kg und ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden

⁹⁾ Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 300 mg/l

¹⁰⁾ Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l

Datum der Durchführung: 06.12. - 10.12.2018

Prüfbericht Nr.: 1869460

Datum der Bearbeitung: 11.12.2018

Bearbeiter: B. Schulz

Telefon: 0211 171831-23

Telefax: 0211 171831-10

e-mail: b.schulz@sakostaCAU.de

Anlage 6

Grundbruch- und Setzungsberechnungen

(4 Seiten)

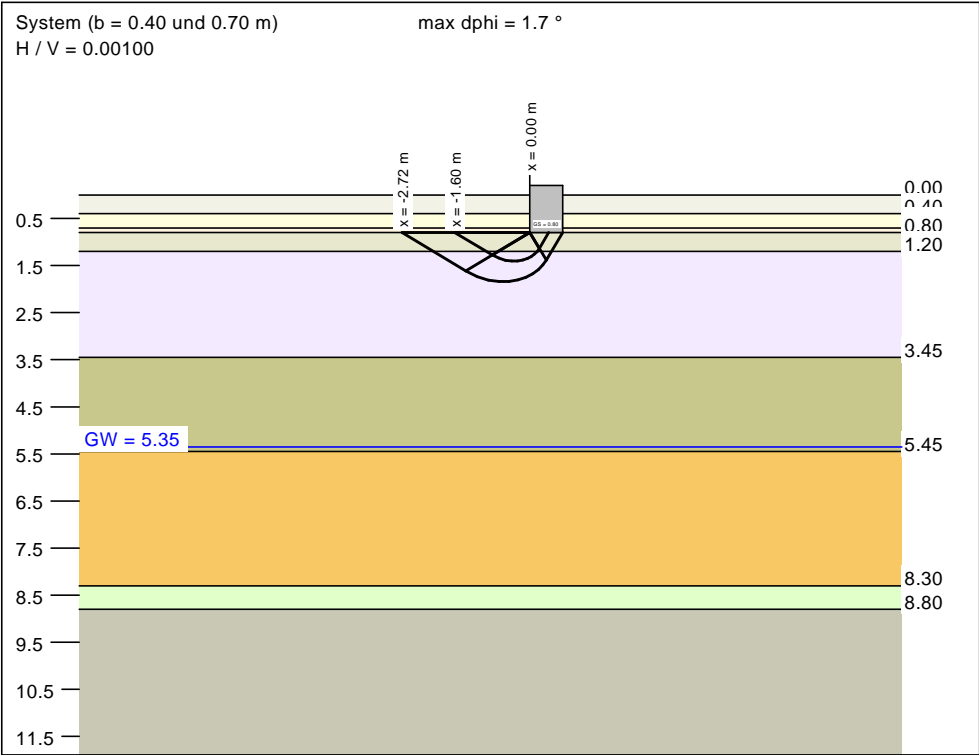
Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	ϕ [°]	c [kN/m²]	E_s [MN/m²]	E [MN/m²]	ν [-]	Bezeichnung
	16.5	9.0	30.0	0.0	15.0	10.1	0.33	BGS 1, l/w
	16.5	9.0	30.0	0.0	15.0	10.1	0.33	BGS 1, l/w
	16.5	9.0	30.0	0.0	15.0	10.1	0.33	BGS 1, l/w
	16.5	9.0	30.0	0.0	15.0	10.1	0.33	BGS 1, l/w
	20.0	10.0	27.5	7.5	10.0	6.2	0.35	BGS 2, w - st
	16.5	9.0	30.0	0.0	7.0	4.7	0.33	BGS 3, w
	18.0	10.5	32.5	0.0	12.0	8.4	0.32	BGS 3, st
	19.0	9.0	27.5	0.0	6.0	3.7	0.35	BGS 4 a, w
	19.0	11.5	37.5	0.0	80.0	62.6	0.28	BGS 4 b, md

Berechnung erfolgt mit E und ν $[E = (1 - \nu - 2 \cdot \nu^2) / (1 - \nu) \cdot E_s]$

GGU-FOOTING / Version 8.22 / 24.09.2015
Berechnungsgrundlagen:
Mehrere Streifenfundamente
Norm: EC 7
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Streifenfundament (a = 10.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$

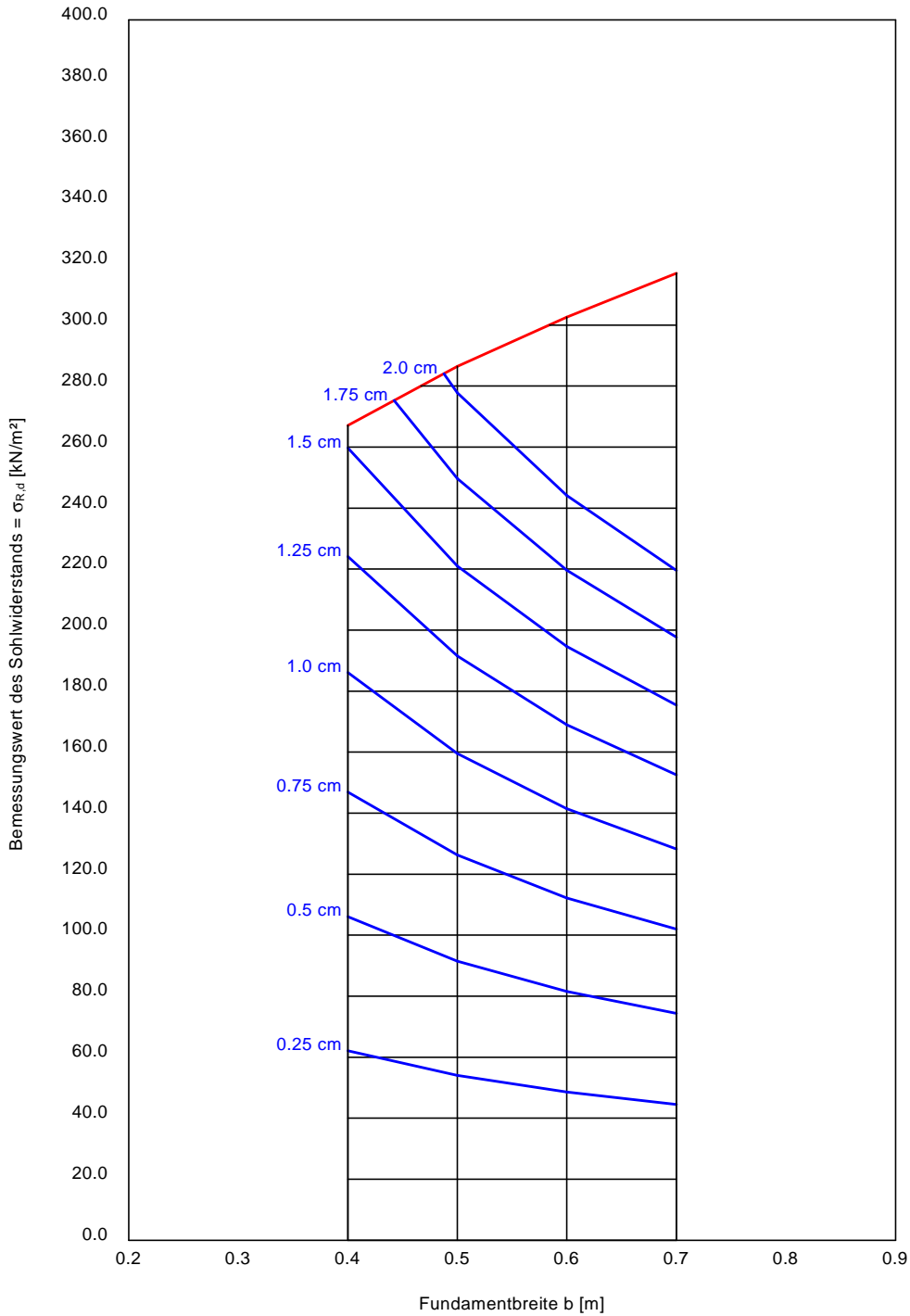
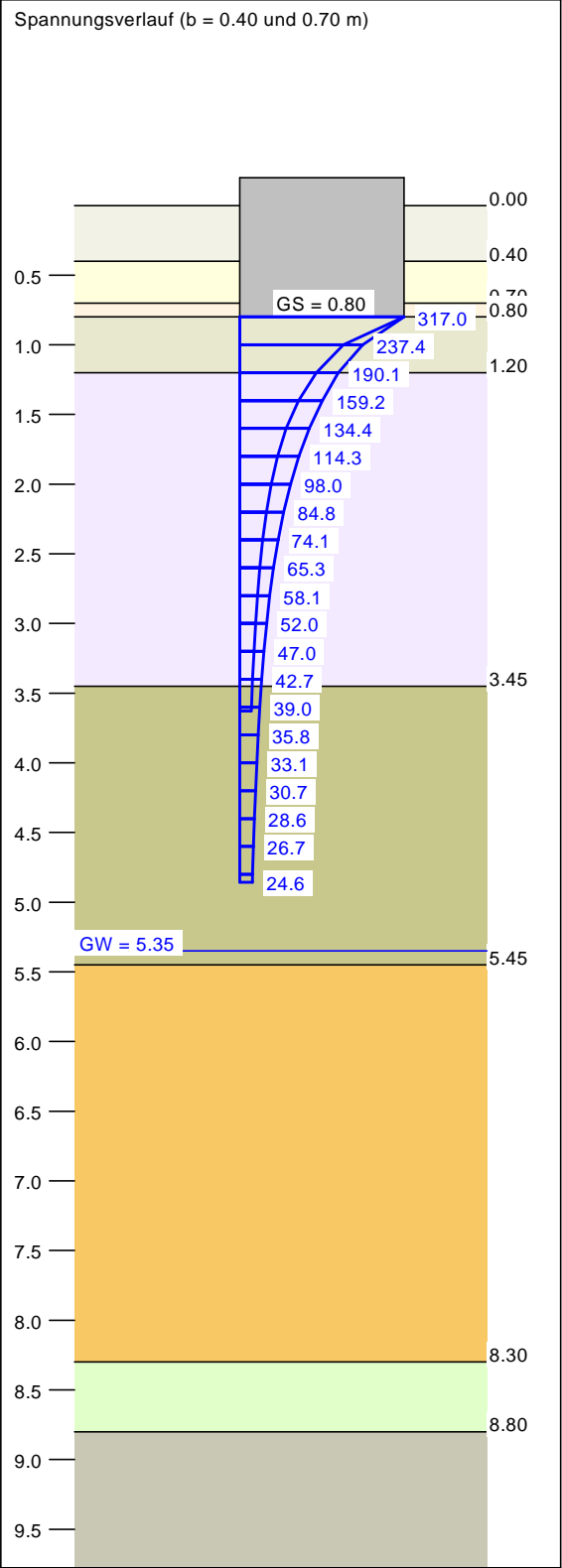
$\gamma_Q = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.300
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.300 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.300) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.395$
H/V = 0.0010
Gründungssohle = 0.80 m
Grundwasser = 5.35 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt

Datei: 1801104-1_GGU_Footing_SF_0-8.gdg
— Sohlbruck
— Setzungen



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	zul $\sigma/\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	σ_{U} [kN/m²]	t_g [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m³]
10.00	0.40	267.1	106.9	191.5	1.55	28.8	3.64	17.19	13.20	3.63	1.41	12.3
10.00	0.50	286.4	143.2	205.3	2.08	28.5	4.39	17.60	13.20	4.08	1.55	9.9
10.00	0.60	302.6	181.5	216.9	2.61	28.4	4.90	17.92	13.20	4.48	1.70	8.3
10.00	0.70	317.0	221.9	227.2	3.16	28.3	5.26	18.16	13.20	4.86	1.84	7.2

zul $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{d,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{d,k} / (1.40 \cdot 1.40) = \sigma_{d,k} / 1.95$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.30



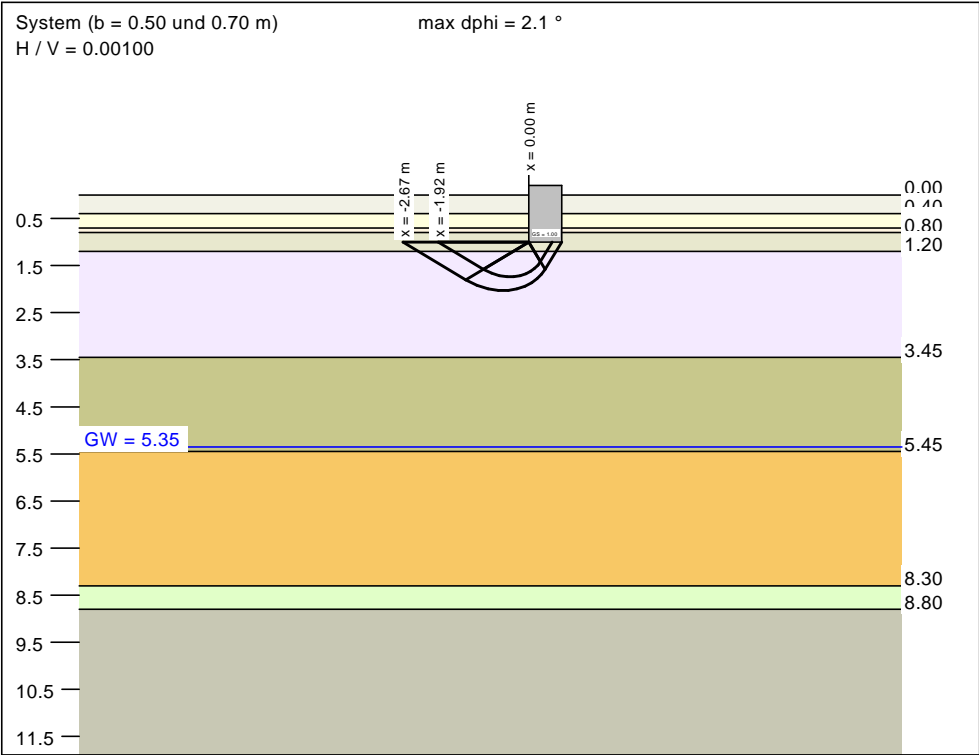
Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	ϕ [°]	c [kN/m²]	E_s [MN/m²]	E [MN/m²]	ν [-]	Bezeichnung
	16.5	9.0	30.0	0.0	15.0	10.1	0.33	BGS 1, l/w
	16.5	9.0	30.0	0.0	15.0	10.1	0.33	BGS 1, l/w
	16.5	9.0	30.0	0.0	15.0	10.1	0.33	BGS 1, l/w
	16.5	9.0	30.0	0.0	15.0	10.1	0.33	BGS 1, l/w
	20.0	10.0	27.5	7.5	10.0	6.2	0.35	BGS 2, w - st
	16.5	9.0	30.0	0.0	7.0	4.7	0.33	BGS 3, w
	18.0	10.5	32.5	0.0	12.0	8.4	0.32	BGS 3, st
	19.0	9.0	27.5	0.0	6.0	3.7	0.35	BGS 4 a, w
	19.0	11.5	37.5	0.0	80.0	62.6	0.28	BGS 4 b, md

Berechnung erfolgt mit E und ν $[E = (1 - \nu - 2 \cdot \nu^2) / (1 - \nu) \cdot E_s]$

GGU-FOOTING / Version 8.22 / 24.09.2015
Berechnungsgrundlagen:
Mehrere Streifenfundamente
Norm: EC 7
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Streifenfundament (a = 10.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$

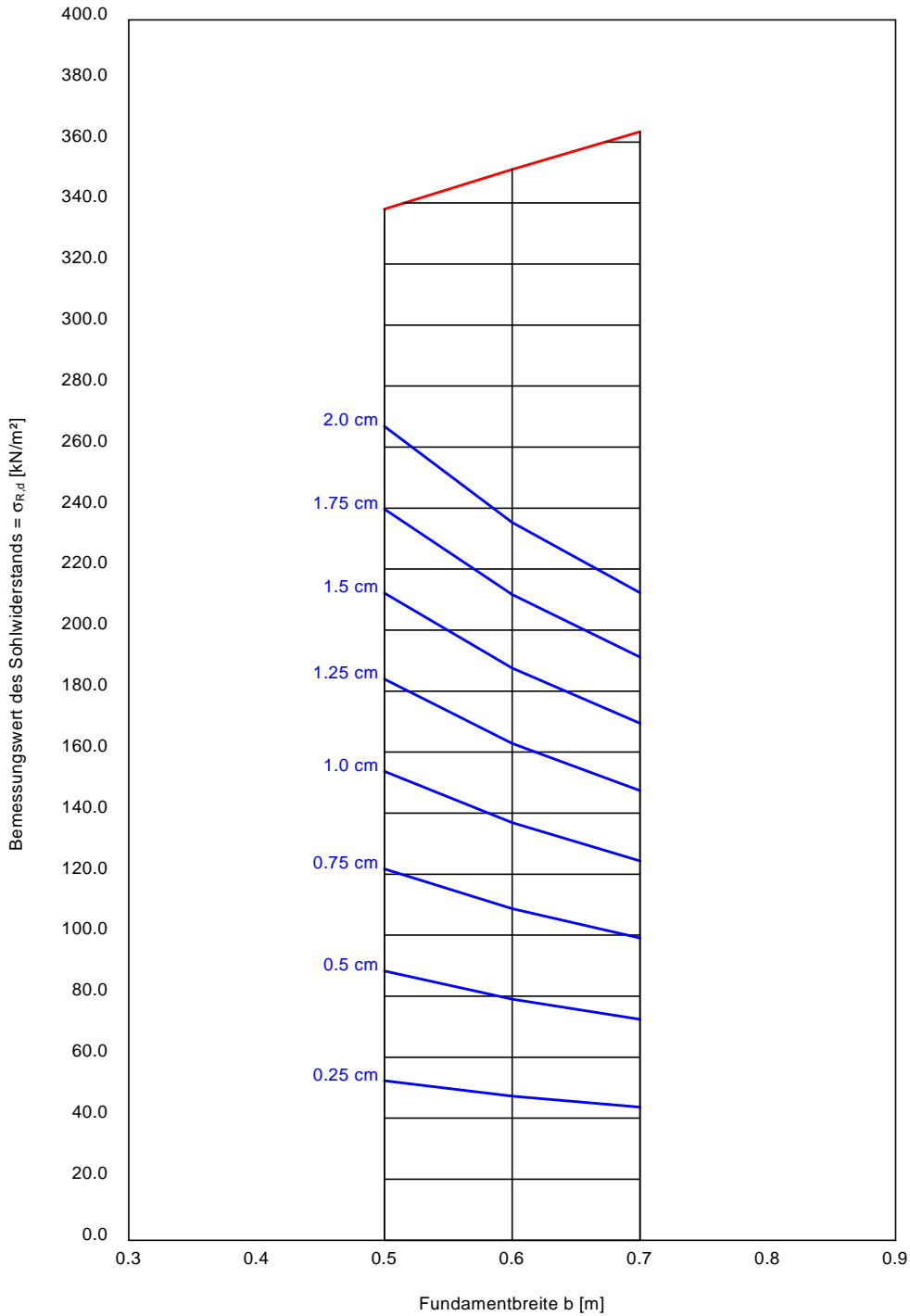
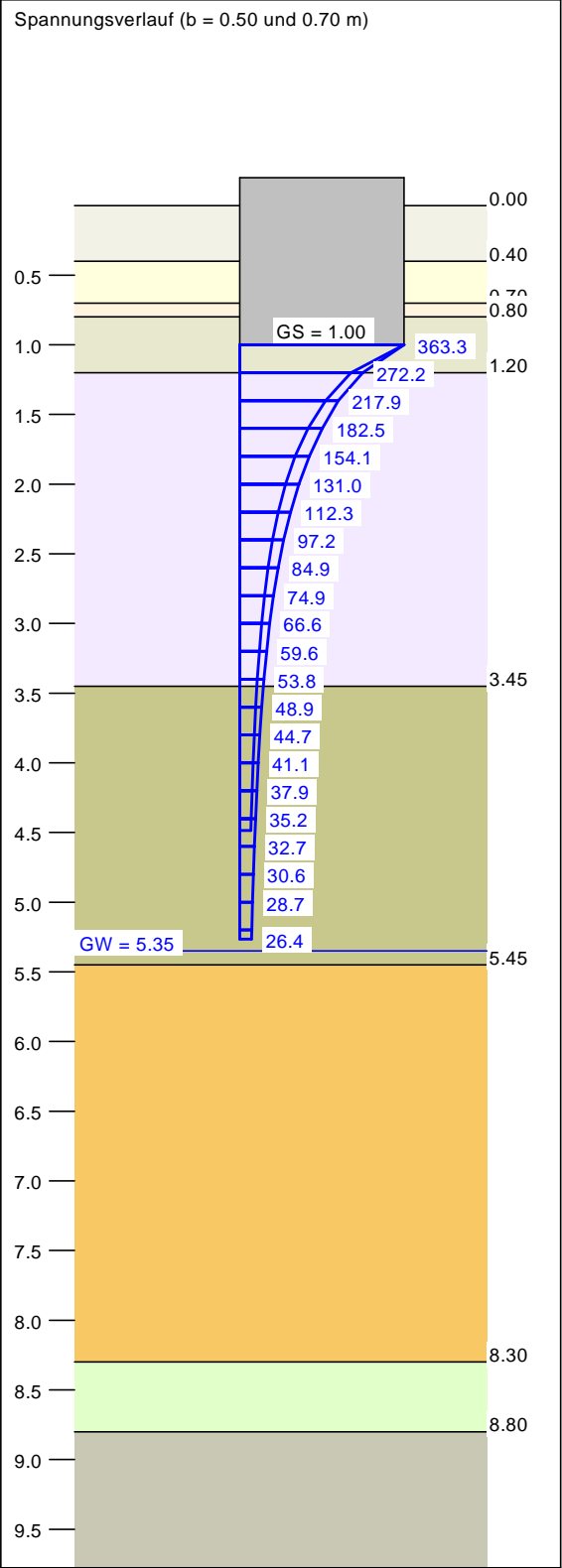
$\gamma_Q = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.300
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.300 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.300) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.395$
H/V = 0.0010
Gründungssohle = 1.00 m
Grundwasser = 5.35 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt

Datei: 1801104-1_GGU_Footing_SF_1-0.gdg
— Sohlldruck
— Setzungen



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	zul $\sigma/\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	σ_U [kN/m²]	t_g [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m³]
10.00	0.50	338.0	169.0	242.3	2.68	28.0	5.92	18.64	16.50	4.49	1.74	9.1
10.00	0.60	351.0	210.6	251.6	3.27	27.9	6.18	18.85	16.50	4.89	1.88	7.7
10.00	0.70	363.3	254.3	260.5	3.88	27.9	6.37	19.00	16.50	5.26	2.03	6.7

zul $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{d,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{d,k} / (1.40 \cdot 1.40) = \sigma_{d,k} / 1.95$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.30



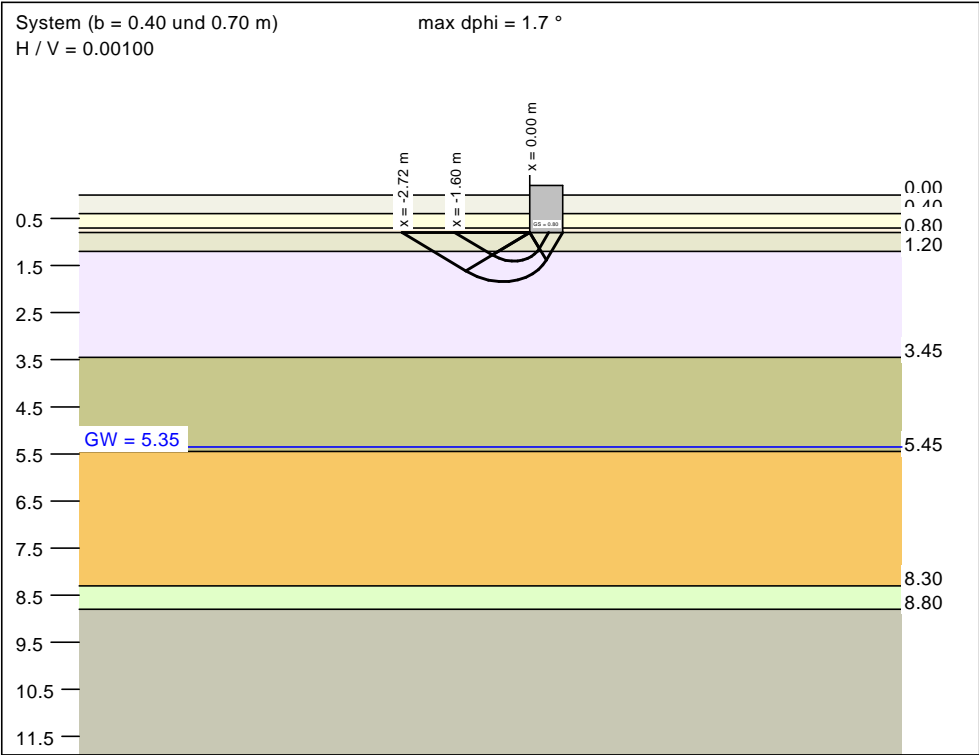
Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	ϕ [°]	c [kN/m²]	E_s [MN/m²]	E [MN/m²]	ν [-]	Bezeichnung
	16.5	9.0	30.0	0.0	15.0	10.1	0.33	BGS 1, l/w
	16.5	9.0	30.0	0.0	15.0	10.1	0.33	BGS 1, l/w
	16.5	9.0	30.0	0.0	15.0	10.1	0.33	BGS 1, l/w
	16.5	9.0	30.0	0.0	15.0	10.1	0.33	BGS 1, l/w
	20.0	10.0	27.5	7.5	10.0	6.2	0.35	BGS 2, w - st
	16.5	9.0	30.0	0.0	7.0	4.7	0.33	BGS 3, w
	18.0	10.5	32.5	0.0	12.0	8.4	0.32	BGS 3, st
	19.0	9.0	27.5	0.0	6.0	3.7	0.35	BGS 4 a, w
	19.0	11.5	37.5	0.0	80.0	62.6	0.28	BGS 4 b, md

Berechnung erfolgt mit E und ν $[E = (1 - \nu - 2 \cdot \nu^2) / (1 - \nu) \cdot E_s]$

GGU-FOOTING / Version 8.22 / 24.09.2015
Berechnungsgrundlagen:
Mehrere Einzelfundamente
Norm: EC 7
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$

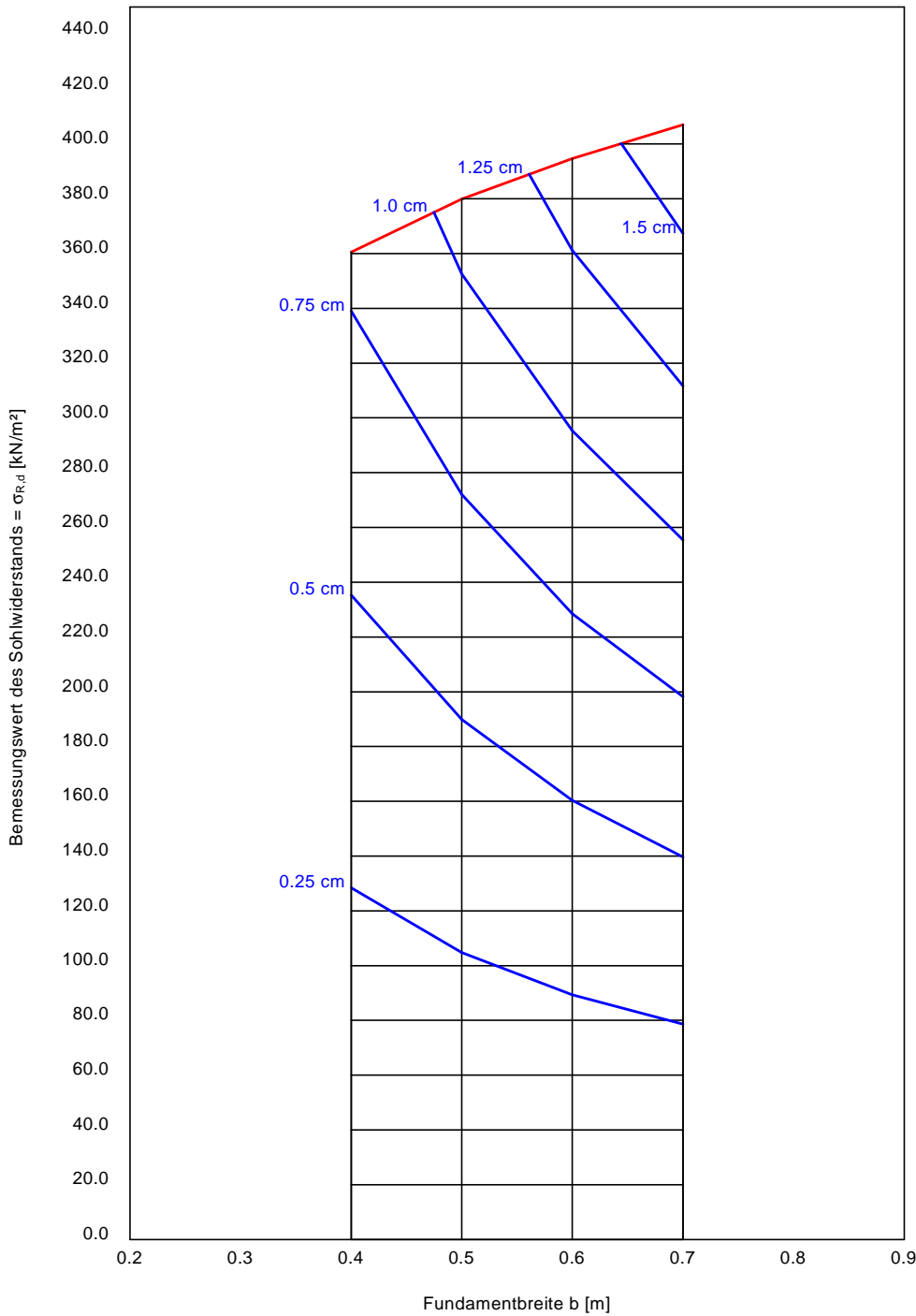
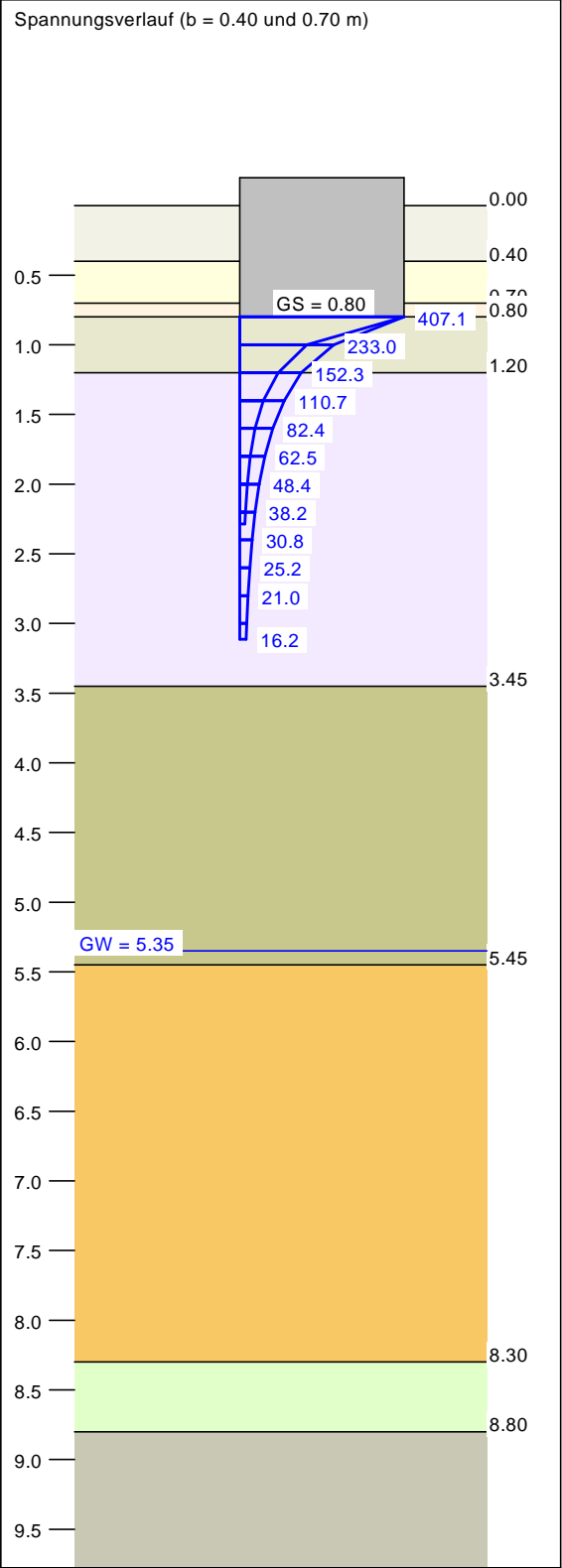
$\gamma_Q = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.300
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.300 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.300) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.395$
H/V = 0.0010
Gründungssohle = 0.80 m
Grundwasser = 5.35 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt

Datei: 1801104-1_GGU_Footing_EF_0-8.gdg
— Sohldruck
— Setzungen



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{n,d}$ [kN]	zul $\sigma/\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	$\sigma_{\text{Ü}}$ [kN/m²]	t_g [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m³]
0.40	0.40	360.6	57.7	258.5	0.80	28.8	3.64	17.19	13.20	2.28	1.41	32.2
0.50	0.50	380.0	95.0	272.4	1.09	28.5	4.39	17.60	13.20	2.58	1.55	25.1
0.60	0.60	394.7	142.1	283.0	1.38	28.4	4.90	17.92	13.20	2.85	1.70	20.5
0.70	0.70	407.1	199.5	291.8	1.68	28.3	5.26	18.16	13.20	3.11	1.84	17.4

zul $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{\text{d},k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{\text{d},k} / (1.40 \cdot 1.40) = \sigma_{\text{d},k} / 1.95$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.30



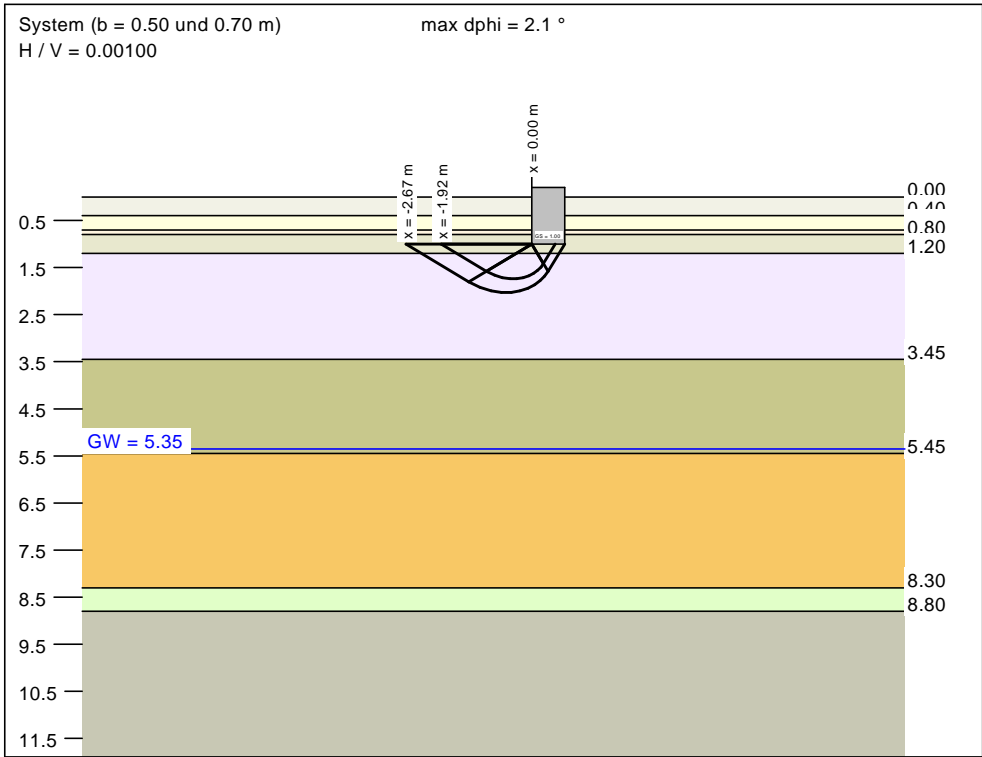
Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	ϕ [°]	c [kN/m²]	E_s [MN/m²]	E [MN/m²]	ν [-]	Bezeichnung
	16.5	9.0	30.0	0.0	15.0	10.1	0.33	BGS 1, l/w
	16.5	9.0	30.0	0.0	15.0	10.1	0.33	BGS 1, l/w
	16.5	9.0	30.0	0.0	15.0	10.1	0.33	BGS 1, l/w
	16.5	9.0	30.0	0.0	15.0	10.1	0.33	BGS 1, l/w
	20.0	10.0	27.5	7.5	10.0	6.2	0.35	BGS 2, w - st
	16.5	9.0	30.0	0.0	7.0	4.7	0.33	BGS 3, w
	18.0	10.5	32.5	0.0	12.0	8.4	0.32	BGS 3, st
	19.0	9.0	27.5	0.0	6.0	3.7	0.35	BGS 4 a, w
	19.0	11.5	37.5	0.0	80.0	62.6	0.28	BGS 4 b, md

Berechnung erfolgt mit E und ν $[E = (1 - \nu - 2 \cdot \nu^2) / (1 - \nu) \cdot E_s]$

GGU-FOOTING / Version 8.22 / 24.09.2015
Berechnungsgrundlagen:
Mehrere Einzelfundamente
Norm: EC 7
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$

$\gamma_Q = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.300
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.300 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.300) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.395$
H/V = 0.0010
Gründungssohle = 1.00 m
Grundwasser = 5.35 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt

Datei: 1801104-1_GGU_Footing_EF_1-0.gdg
— Sohldruck
— Setzungen



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{n,d}$ [kN]	zul $\sigma/\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	σ_U [kN/m²]	t_g [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m³]
0.50	0.50	454.1	113.5	325.5	1.44	28.0	5.92	18.64	16.50	2.85	1.74	22.7
0.60	0.60	464.1	167.1	332.7	1.78	27.9	6.18	18.85	16.50	3.12	1.88	18.7
0.70	0.70	473.0	231.8	339.1	2.12	27.9	6.37	19.00	16.50	3.39	2.03	16.0

zul $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{d,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{d,k} / (1.40 \cdot 1.40) = \sigma_{d,k} / 1.95$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.30

