



Krefelder Höfe
Bebauung Uerdinger Straße 245
in Krefeld

Baugrundgutachten
(1. Bericht)

Projekt - Nr. 2220127_BG_G01

Bonn, den 27. Juni 2022

Dipl.-Geologe A. Mayer

Inhaltsverzeichnis

1 Auftrag, Unterlagen	1
2 Geotechnische Kategorie, durchgeführte Untersuchung	1
3 Untersuchungsergebnisse	3
3.1 Topografie	3
3.2 Orientierende historische Recherche	4
3.3 Kampfmittel, Archäologie	4
3.4 Geologie	4
3.5 Erdbeben	5
3.6 Hydrogeologie	6
3.7 Schichtbeschreibung	10
3.8 Charakteristische Baugrundkennwerte und Bodenklassen	14
4 Gründung	17
4.1 Allgemeine Angaben	17
4.2 Tragfähigkeit, Setzungsverhalten, Gründungsempfehlungen	17
4.3 Gründungsangaben	19
5 Bauausführung	25
5.1 Aushub, Bodenklassen, Homogenbereiche, Kampfmittel	25
5.2 Erdplanum, Baustraßen	26
5.3 Wiederverfüllung Erdaushub	26
5.4 Geländeauffüllung, Arbeitsraumverfüllung	27
5.5 Baugrubensicherung	27
5.6 Wasserhaltung	31
5.7 Abdichtung, Drainage	33
6 Bewertung Bodenaushub	34
7 Schlussbemerkung	36

Anlagen

- 1 Lageplan
- 2 Profile
- 3 Laborergebnisse
- 4 Fundamentdiagramme

1 Auftrag, Unterlagen

Die [REDACTED] beauftragte am 23.03.2022 das Ingenieurbüro Kühn Geoconsulting GmbH für das o.g. Bauvorhaben eine Baugrunduntersuchung durchzuführen und ein Baugrundgutachten zu erstellen. Weiterhin erhielten wir den Auftrag für eine orientierende abfallbezogene Bodenuntersuchung. Hierzu werden die Untersuchungsergebnisse in einem gesonderten Bericht zusammengefasst.

Zur Durchführung standen uns die folgenden Unterlagen zur Verfügung:

[U 1] form A Architekten GbR:

- Lageplan und Bestand, M. 1:500, Stand 28.03.2022 (Entwurf)
- Grundriss Untergeschoss, M. 1:200, Stand 04.05.2022 (Entwurf)
- Systemschnitte A-A und B-B, M. 1:200, Stand 01.03.2022 (Entwurf)

[U 2] Architekten Wyes - Dollen:

- Parkhotel (Bestand), Grundriss KG und EG, M. 1:100, Stand 24.04.2008

[U 3] Kommunalbetrieb Krefeld:

- Lageplan Kanalauskunft Abwasser, M. 1:500, Stand 24.03.2022

[U 4] Der Lageplan eines Vermessers liegt noch nicht vor.

Weiterhin wurden die folgenden Unterlagen recherchiert und ausgewertet:

Geologische (GK), hydrologische (HyK) und Ingenieurgeologische Karten (IGK) 1:25.000,
Blatt 5108 Krefeld

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Naturschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (LANUV.NRW): Recherche online veröffentlichter hydrogeologischer Daten und Grundwasserauskunft (10.05.2022)

Geologischer Dienst NRW (GD.NRW): Recherche online veröffentlichte Schichtenverzeichnisse tiefer reichender Bohrungen

Bezirksregierung Köln: Recherche online veröffentlichter historischer topografischer Karten (TIM-online) und hydrologischer Daten (NRW Umweltdaten vor Ort (UvO))

2 Geotechnische Kategorie, durchgeführte Untersuchung

Das geplante Gebäude ist nach den uns vorliegenden, o.g. Unterlagen sowie unter Berücksichtigung der Untergrundverhältnisse der Geotechnischen Kategorie 2 nach DIN 1054:2010-12 zuzuordnen.

Vor Durchführung der Geländearbeiten wurden bei den Versorgungsträgern die Leitungspläne

recherchiert. Aufgrund unklarer privater Leitungslagen wurden zusätzlich an 11 Untersuchungspunkten Suchschürfe angelegt (siehe E-Mail vom 08.04.2022). Am 07., 13. und 14.04. (jw. 2 Bohrtrupps) sowie am 05.05.2022 (1 Bohrtrupp) wurden 17 Rammkernbohrungen (RKS1-8 und RKS10-18; Ø 50-25 mm) und 3 mittelschwere Rammsondierungen (DPM1-3, nach DIN EN ISO 22476) durchgeführt. Die geplante RKS9 konnte aufgrund der örtlichen Verhältnisse (befestigte Terrasse) nicht erfolgen.

Die Bohr- und Rammsatzpunkte wurden nach Lage und Höhe eingemessen. Der Höhenbezug wurde über einen Kanaldeckel auf der Uerdinger Straße hergestellt, dessen Höhe im Lageplan [U 3] des Kommunalbetriebs Krefeld mit 33,83 m NHN angegeben wird (siehe Abb. 1). Die Lage des Kanaldeckels KD1 ist im Lageplan (An-

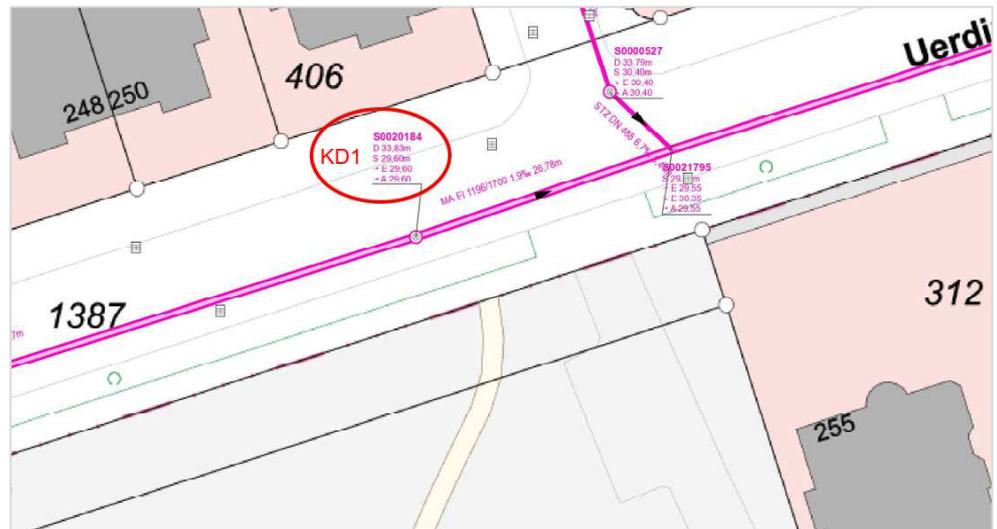


Abb. 1: Ausschnitt Lageplan [U 3] mit Bezugshöhenpunkt KD1

lage 1) dargestellt. Alle Maße und Höhen sind vor Baubeginn und im Zuge der weiteren Planung verantwortlich zu überprüfen.

An ausgewählten Bodenproben wurden die folgenden Laborversuche zur Kontrolle und Bestimmung der Bodenkennwerte durchgeführt:

Bestimmung Fließ-/Ausrollgrenzen (n. DIN 18122)	2 Stück
Bestimmung Proben die Wassergehalte (n. DIN 18121)	6 Stück

Anmerkungen: Für die Höhenangabe des im Lageplan [U 3] dargestellten Kanaldeckels KD1, der für die Eimessung der Untersuchungspunkte zugrunde gelegt wurde, ist das Höhenbezugssystem nicht angegeben. Wahrscheinlich handelt es sich um Höhenangaben im NHN-System. Während die Höhenangaben in den Planunterlagen [U 1] und [U 2] sowie bei den online recherchierten Daten dem neuen NHN-System entsprechen, werden in den älteren Kartenwerken (hydrologische und geologische Karte usw.) die Höhen in [m ü NN] angegeben. Zwischen dem alten und dem neuen Höhensystemen ergibt sich nach Darstellung der Bezirks-

regierung Köln für den Untersuchungsbereich eine Höhendifferenz von etwa +40 mm. Für geologische und hydrologische Fragestellungen kann die damit verbundene Ungenauigkeit i.d.R. aufgrund der natürlichen Schwankungsbreite von z.B. Schichtgrenzen oder aufgrund der Interpolation zwischen z.B. Isolinien aus großmaßstäblichen Karten usw. vernachlässigt werden. Bei speziellen Fragestellungen muss die Höhendifferenz durch den ÖbVI ermittelt werden, damit sie entsprechend berücksichtigt werden kann. In diesem Fall bitten wir um Rücksprache damit ggf. eine entsprechende Anpassung erfolgen kann.

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Topografie

Auf dem Grundstück befindet sich z.Z. ein unterkellertes Hotel, das vollständig zurückgebaut werden soll. Ansonsten handelt es sich um parkartige Grünflächen. Das Hotel ist unterkellert, wobei die OKF KG auf einem Niveau von ca. 31,95 m NHN liegt. Der Untergrund unter dem Hotel ist nicht sicher bekannt, da aufgrund der Grundwasserverhältnisse bislang keine Bohrungen durch die Bodenplatte erfolgten. Es liegt wahrscheinlich in den Hochflutsanden.

Das Grundstück steigt nach Darstellung der online veröffentlichten Karten bei TIM-online leicht von der Uerdinger Str. mit 33,9 m nach Süden bis auf ca. 34,6 m NHN an, wobei das bestehende Hotel im Bereich einer kleinen, wahrscheinlich künstlich hergestellten Geländeerhöhung liegt.

Das Bauvorhaben liegt nach den Angaben der Bezirksregierung Köln (tim-online.nrw.de) in der Gemarkung Bockum der Gemeinde Krefeld.

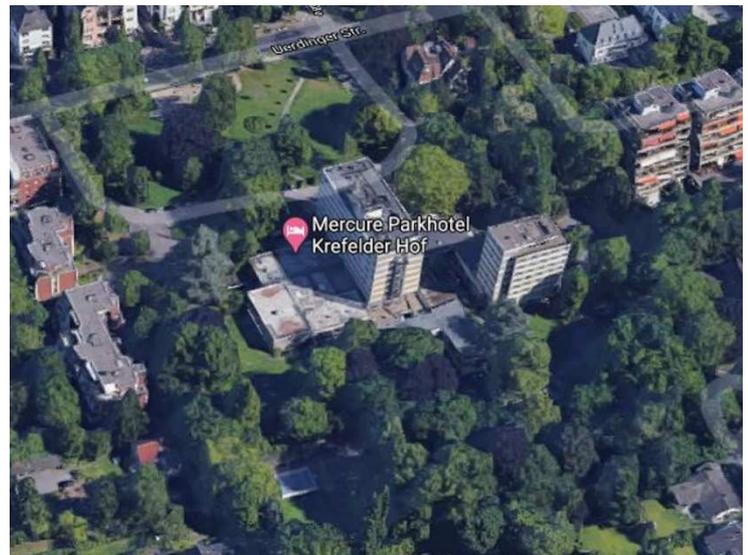


Abb. 2: Luftbild (form A)

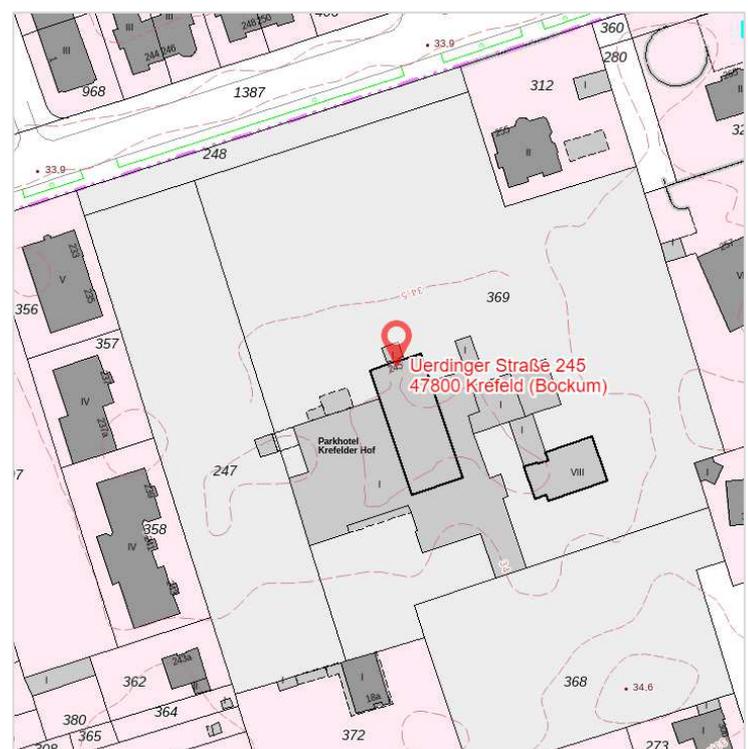


Abb. 3: Ausschnitt digitale topografische Karte (2003-2011) 1:10.000 (tim-online.nrw.de)

3.2 Orientierende historische Recherche

Eine erste historische Recherche alter topografischer Karten (TK 25, Blatt 4605 Krefeld) und auch der geologischen Karte weisen darauf hin, dass entlang der Uerdinger Straße eine alte Bebauung vorhanden und das Grundstück von Wegen durchzogen war. Hier findet sich auch die Bezeichnung Tiergarten.

Es haben sich keine Hinweise auf ältere größere Abgrabungen oder Aufschüttungen ergeben.

3.3 Kampfmittel, Archäologie

In wieweit Belange der Denkmalpflege tangiert werden, sollte frühzeitig mit den entsprechenden Fachbehörden abgestimmt werden, da sich z.B. für ggf. erforderliche Grabungen entsprechende Bauunterbrechungen bzw. Verzögerungen ergeben.



Abb. 4: Ausschnitt digitale topografische Karte 1891-1912/1936-1945 (tim-online.nrw.de)

Grundsätzlich kann das Vorhandensein von Kampfmitteln nicht ausgeschlossen werden. Daher müssen entsprechende Kampfmitteluntersuchungen erfolgen. Hierfür muss im Vorfeld durch den Bauherrn ein Antrag auf Luftbilddauswertung bei Stadt Krefeld gestellt werden. Weitere Hinweise sind in Abs. 5.1 zusammengestellt.

3.4 Geologie

Nach Darstellung der geologischen Karte 1:25.000, Blatt 4605 Krefeld, stehen im Untergrund die Kiessande der Niederterrasse an, die von schluffig-sandigen Hochflutablagerungen sowie aufgefüllten Böden überdeckt werden. Unter den Kiessanden stehen mit den Grafenberger Sanden tertiäre Ablagerungen an.

Im südlichen Grundstücksbereich liegen nach der Ingenieurgeologischen Karte ab ca. 10 m Tiefe unter den Kiessanden der **Niederterrasse** die Ablagerungen der Krefelder **Rinnenterrasse**, die bindig ausgebildet und z.T. mit Torfeinlagerungen durchsetzt ist. Auch diese Ablagerungen sind gut konsolidiert. Sie wurden in den durchgeführten Bohrungen bis in 10,0 m Tiefe noch nicht erreicht. Jedoch liegt nach Darstellung des GLD.NRW im unmittelbaren Bereich des gepl. Bauvorhabens eine 30,0 m tief reichende Bohrung (DABO 131384). Danach

reichen die Terrassenablagerungen des Rheins mind. 30,0 m tief unter Gelände, wobei zwischen 10,0 und 25,4 m Tiefe Feinsande auftreten, die der Rinnenterrasse („Krefelder Schichten“) zuzuordnen sind. Zwischen 10,1 und 13,3 m Tiefe ist eine Tonlage eingeschaltet und zwischen 13,3 und 19,5 m Tiefe ist der Feinsand mit Ton durchsetzt. Die Krefelder Schichten können auch Torfeinlagerungen aufweisen. Nach der IGK25 reichen die Kiessande ca. 30 bis 33 m tief unter Gelände.

Die **Hochflutablagerungen** reichen etwa 3,0 bis 5,7 m tief unter Gelände. Sie sind insbesondere im oberen Bereich, also bis ca. 1,0 bis 3,0 m Tiefe, stärker bindig (Hochflutlehm) und darunter meist sandig (Hochflutsand) ausgebildet, wobei auch hier in unterschiedlichen Tiefen bindige Lagen auftreten.

Abgeschlossen wird das natürliche Bodenprofil von einem **humosen Oberboden**.

Da das Areal wahrscheinlich im Bereich des bestehenden Hotels angeschüttet wurde und bedingt durch Arbeitsraumverfüllungen, befestigte Wege, Leitungsgräben u.ä. treten in fast allen Bohrungen **aufgefüllte Böden** auf.

Nach Darstellung des GLD.NRW (online-Recherche) ergibt sich für den weiträumigeren Untersuchungsbereich kein Gefährdungspotential des Untergrunds.

3.5 Erdbeben

Nach Darstellung der vom Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen zur DIN 4149 herausgegebenen Karte mit den Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen im Maßstab 1:350.000 (Ausgabe Juni 2006), sind für die Gemarkung Bockum, in der das gepl. Bauvorhaben nach den uns vorliegenden Unterlagen liegt, folgende Angaben anzusetzen:

Erdbebenzone	0
Untergrundklasse	T

Unter Berücksichtigung der DIN 4149 (Ausgabe April 2005), Abs. 5.2.3 sind die folgenden Baugrundklassen anzusetzen:

Baugrundklasse B:	kiesig-sandigen Terrassenablagerungen des Rheins
Baugrundklasse C:	schluffig-sandigen Hochflutablagerungen

Im südlichen und westlichen Teil der Niederrheinischen Bucht sind Flachbeben (Herdtiefen ca. 7 bis 8 km Tiefe) verbreitet.

Die im vorliegenden Bericht getroffenen Angaben zur Gemarkung müssen durch den ÖbV kontrolliert und die Angaben zu den Erdbebenzonen und Untergrundklassen müssen durch

den Tragwerksplaner bzw. durch die entsprechenden Fachplaner überprüft werden.

3.6 Hydrogeologie

3.6.1 Wasserstandsmessungen

In den meisten der durchgeführten Bohrungen wurden Wasserstände gemessen. Die gemessenen Wasserstände lagen zwischen ca. 2,06 m (RKS18) und 3,75 m (RKS10) unter Gelände bzw. zwischen 30,85 m (RKS15) und 31,09 m NHN (RKS17). In den Bohrungen RKS7, 11, 12, 14 und RKS16 konnten keine Wasserstände gemessen werden, da die Bohrungen in den sandigen Böden direkt nach Ziehen des Bohrgestänges zufielen. Aber auch hier zeigen die nassen Bodenschichten in etwa vergleichbare Wasserstände. Bei den gemessenen Wasserständen handelt es sich um das Grundwasser.

Weiterhin treten auch oberhalb der Grundwasserstände vereinzelt feuchte bis klopfnasse Lagen, meist in sandigere Lagen über weniger durchlässigen schluffigen Bodenschichten, in den Hochflutablagerungen und aufgefüllten Böden auf. Dies weist darauf hin, dass hier grundsätzlich auch Schicht-/Stauwasser auftritt, wobei der Wasseranfall von den Niederschlagsverhältnissen abhängt.

3.6.2 Grundwasserrecherche und höchster Grundwasserstand

Die Ingenieurgeologische Karte 1:25.000, Blatt 4605 Krefeld, gibt für den Grundstücksbereich einen Grundwasserstand von in etwa 30,5 m ü NN für den Zeitraum Jan.-Apr. 1967 an, wobei es sich nach den Erläuterungen um einen sehr hohen Grundwasserstand handelt, der danach bis zur Veröffentlichung der Karte 1989 nicht mehr erreicht wurde. Die Hydrologische Karte von NRW 1:25.000, Blatt 4605 Krefeld, gibt einen Grundwasserstand von ebenfalls 30,5 m ü. NN mit Stand von 1978 an.

Aufgrund der in den Bohrungen gemessenen Grundwasserstände, die bei ca. 31,0 m NHN und damit über den o.g. Literaturangaben liegen, erfolgte eine Anfrage beim LANUV. Das LANUV teilte uns am 10.05.2022 für das Grundstück die folgenden Grundwasserstände mit:

- höchster gemessener Grundwasserstand (1953-2020): etwa 31,5 m NHN (= HGW)
- mittlerer Grundwasserstand: etwa 30,5 m NHN
- niedrigster Grundwasserstand: etwa 28,5 m NHN

Der höchste gemessene Grundwasserstand trat 1988 im Zusammenhang mit einem extremen Hochwasserereignis des Rheins (HW88) auf. Hinsichtlich der Grundwasserstände muss berücksichtigt werden, dass eine Prognose bezügl. eines weiteren Anstiegs nicht möglich ist und

bedingt durch die Interpolation der Werte aus verschiedenen Messstellen und der Messintervalle nicht sichergestellt sein kann, dass immer die höchsten Wasserstände ermittelt wurden. Daher wird seitens des LANUV auch ein gegenüber der Darstellung der Grundwassergleichen in der Grundwasserkarte, die für das Bauvorhaben für das HW88 einen Grundwasserstand von ca. 31,0 m NHN zeigt, ein um 0,5 m höherer Grundwasserstand (HGW = 31,5 m NHN) angegeben.

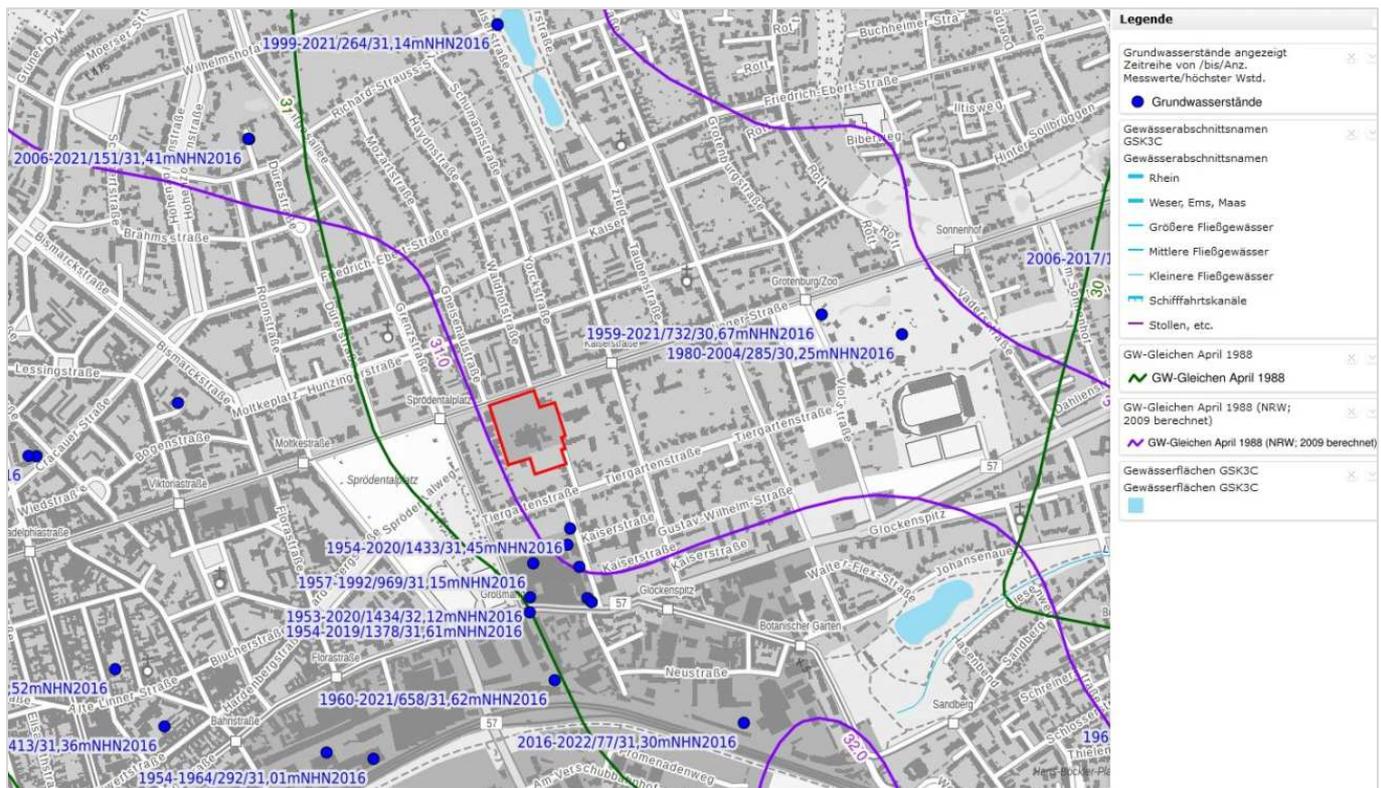


Abb. 5: Grundwasserstand nach Angaben LANUV.NRW (Stand 10.05.2022)

Im Bereich Krefeld zeigt sich seit mehreren Jahrzehnten ein grundsätzlicher Trend ansteigender Grundwasserstände. In zumindest den letzten etwa 30 Jahren, zu denen uns Daten aus vereinzelt Messstellen vorliegen, sind die Grundwasserstände um grob interpoliert 0,5...1,5 m angestiegen. Als Beispiel ist in Abb. 6 die Ganglinie der Grundwassermessstelle 086561285 (Glockenspitze 29) dargestellt. Gegenüber 1988 zeigt sich



Abb. 6: Ausschnitt Grundwassermessstellen Krefeld (UvO, Stand 20.02.2022)

hier ein mittlerer Anstieg um etwa 1,0 m, was nach STROTMANN (2013; Natur am Niederrhein 28) u.a. auf einen sinkenden Trinkwasserverbrauch und einen massiven Rückgang der industriellen Grundwasserentnahme zurückzuführen ist. Weiterhin wird ein zukünftiger Anstieg des Grundwassers im Zusammenhang mit dem Klimawandel diskutiert. Weiterhin zeigt die Ganglinie der Messstelle, dass durch eine lokale Grundwasserentnahme, wie sie sich hier ab 2017 darstellt, die Wasserstände sehr stark beeinflusst werden. Aus den Messstellen lässt sich die jährliche Schwankungsbreite nur sehr ungenau ableiten, da die Messungen tw. 14-tägig, meist nur monatlich erfolgen. Die jährliche Schwankungsbreite liegt bei etwa 1,0...1,5 m.

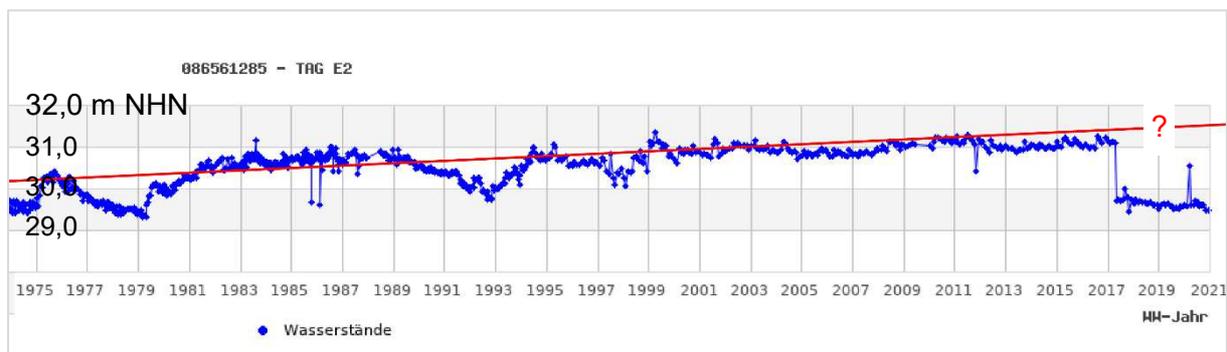


Abb. 7. Ganglinie Grundwassermessstelle 086561285

Aus den vorliegenden Daten kann die weitere Entwicklung der seit Jahrzehnten ständig ansteigenden Grundwasserstände und wahrscheinlich auch infolge des Klimawandels auf Dauer höheren Grundwasserstände nicht sicher abgeschätzt werden. Aus den o.g. Gründen und da in den durchgeführten Bohrungen im April 2022 bereits Grundwasserstände von ca. 31,0 m NHN ermittelt wurden und diese nicht im Zusammenhang mit einem extremen Hochwasser auftraten, empfehlen wir zur Vorbemessung in erster Näherung einen Sicherheitszuschlag von 1,0 m zu berücksichtigen und einen Grundwasserstand von 32,5 m NHN (HGWs) als Bemessungswasserstand zugrunde zu legen und für den Neubau in Bezug auf die Abdichtung und Auftriebssicherheit zu berücksichtigen.

3.6.3 Durchlässigkeiten Bodenschichten, Betonaggressivität

Die auf Grundlage von Erfahrungs- und Literaturwerten abgeschätzten k_f -Werte können für eine erste Vorbemessung angesetzt werden.

Hochflutlehme:	U, fs / T, u, fs	10^{-6} - 10^{-7} / 10^{-8} - 10^{-9} m/s
Hochflutsande:	S, u* / S, u / S	$<1 \cdot 10^{-6}$ / 10^{-5} - 10^{-6} / 10^{-4} m/s
Sande und Kiese:	G, s / S, g	$\sim 1 \cdot 10^{-4}$ m/s
Verlehmte/dichte Kiessande:	G, s, u'-u / S, g, u'-u	$\leq 1 \cdot 10^{-6}$ m/s

Für die hier überwiegend auftreten Hochflutsande, die locker bis tw. mitteldicht gelagert sind und wechselnde bindige Anteile aufweisen, erfolgten stichprobenhaft drei Versickerungsversuche (open-end-test) im Bohrloch. Die Auswertung erfolgte nach USBR Earth Manual. Danach ergeben sich für die untersuchten höchstens schwach schluffigen Hochflutsande kf-Werte zwischen $7 \cdot 10^{-5}$ und $2 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Für planerische Aufgaben oder für eine Bemessung (z.B. Versickerungsanlagen, Wasserhaltungsmaßnahmen o.ä.) müssen die Durchlässigkeiten auf jeden Fall vor Ort anhand von Versuchen in den entsprechenden Tiefen bzw. für die einzelnen Schichten ermittelt werden.

Aus den Bohrlöchern konnten keine ausreichenden Wassermengen zur Bestimmung der Beton- und Stahlaggressivität n. DIN 4030 gefördert werden. Zur Festlegung der Expositionsclassen müssen daher noch Grundwasserproben in ausgebauten Pegeln entnommen und untersucht werden.

3.6.4 Hochwasser, Wasserschutzzone

Das Bauvorhaben liegt nach Darstellung des LANUV NRW (Stand 26.04.2022) nicht im Bereich festgesetzter oder ermittelter Überschwemmungsgebiete (Abb. 8) und nicht innerhalb festgelegter oder geplanter Wasserschutzgebiete (Abb. 9).



Abb. 8: Überschwemmungsgebiete (UvO, 26.04.2022)

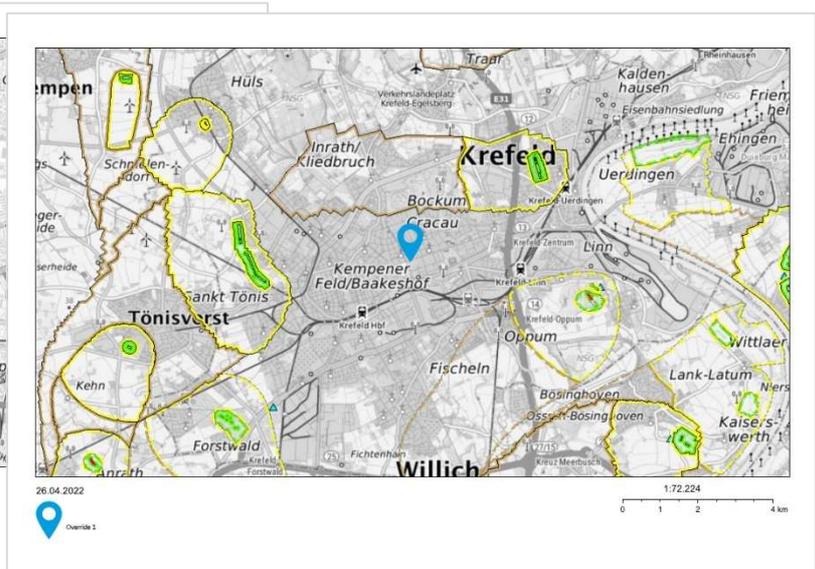


Abb. 9: Wasserschutzgebiete (UvO, 26.04.2022)

3.7 Schichtbeschreibung

3.7.1 Humoser Oberboden

Bei RKS16 wurde ein humoser Oberboden angetroffen, der unmittelbar auf den Hochflutablagerungen liegt. Er ist hier 0,30 m dick. Ansonsten liegen auf dem Baugrundstück aufgefüllte, außerhalb der befestigten Flächen meist lehmig-sandige Böden, die im oberen Bereich humos ausgebildet sind. Der aufgefüllte humose Oberboden ist in den Bohrungen ca. 0,20 bis 0,40 m dick. Grundsätzlich kann nicht ausgeschlossen werden, dass bereichsweise auch größere Dicken auftreten.

Der humose Oberboden gehört zur Bodenklasse 1 und humose Lehme zu Bodenklasse 4 bzw. 2 (n. DIN 18300).

Inwieweit der humose Oberboden ggf. für vegetationstechnische Zwecke geeignet ist, muss bei Bedarf gesondert nach DIN 18915 geprüft werden.

3.7.2 Auffüllungen

In fast allen Bohrungen, außer in RKS16, wurden aufgefüllte Böden angetroffen, die zwischen ca. 0,25 und 2,10 m tief unter Gelände (GOK) reichen. Die größeren Auffüllungsdicken sind wahrscheinlich bei RKS14 (2,10 m dicke Auffüllung) auf die Arbeitsraumverfüllung der Keller des Hotels, bei RKS10 (1,40 m Auffüllung) auf eine Geländeauffüllung im Bereich des Hotels und bei z.B. RKS4 und RKS7 (1,60-1,70 m Auffüllung) auf die Weg-/Parkplatzbefestigungen zurück zu führen. Dagegen treten auch bei z.B. bei RKS17 auch 1,60 m Auffüllungen auf, obwohl die Bohrung im Bereich von Grünflächen liegt. Grundsätzlich kann nicht ausgeschlossen werden, dass ggf. auch lokal, wie z.B. im Bereich von alten Kanälen, Schächten u.ä., auch größere Auffüllungsdicken auftreten können.

Es ist nicht bekannt, ob im Untergrund noch alte Bauwerksteile (Bodenplatte, Kellerwände, Fundamente, Schächte, Kanäle u.ä.) vorhanden sind. Da das Grundstück wahrscheinlich auch außerhalb der noch bestehenden Bebauung früher teilweise bebaut war (s. Abs. 3.), kann das Auftreten alter Bauwerksteile oder auch daraus herrührender Bauschuttreste (s. Abb. 10) nicht ausgeschlossen werden.



Abb. 10: Ziegelsteine in Auffüllung

Die aufgefüllten Böden bestehen aus sandigen, tw. kiesigen Schluffen, die meist eine steif bis

tw. halbfest Konsistenz haben. Weiterhin treten lehmige Stein- und Bauschuttlagen (z.B. RKS4: 0,55-1,50 m u. GOK), Kiessand- und Schotterschichten u.a. im Bereich der Wege auf. Nach dem Bohrwiderstand sind die Kiessand-/Schotterschichten meist mitteldicht, bereichsweise aber auch locker oder dicht und die Stein- und Bauschuttlagen dicht bis mitteldicht gelagert.

Die aufgefüllten Böden sind mit Bauschuttanteilen, Ziegelsteinen bzw. Ziegelbruchstücken, vereinzelt Basaltbruch und Mörtel sowie vereinzelt mit Glas (z.B. RKS2, 11), Kohlestückchen (RKS8), Metallresten (RKS10), Plastik/Kabelresten (RKS11), Schlacke (z.B. RKS11, 14), Keramikstücke und Asche (z.B. RKS12) durchsetzt. Humose Anteile finden sich vor allem im oberen Bereich der Auffüllungen immer wieder. Bereichsweise wurde der alte Mutterboden, wie bei z.B. RKS17 (d = 0,30 m), vor Herstellung der Geländeauffüllung nicht (vollständig) abgeschoben. Er wird hier der Auffüllung zugeschlagen.

Als Flächenbefestigungen wurden in den Bohrungen Pflastersteine, tw. mit Betonbettung (RKS11: 22 cm) und Sickerpflaster mit einer Kiessandschicht als Unterbau aber darunter auch aufgefüllte Lehme (RKS15) angetroffen.

Baugrundkennwerte (Geotechn. Kennwerte f. Entwurf):

		bindige Auffüllung		kiesig-sandige Auffüllungen		
Raumgewicht	erdfeucht	17,0	- 18,0	19,0	- 20,0	kN/m ³
	unter Auftrieb	7,0	- 8,0	11,0	- 12,0	kN/m ³
Kohäsion		7,5	- 0,0	2,5	- 0,0	kN/m ²
Reibungswinkel		27,5	- 30,0	30,0	- 35,0	°
Steifeziffer		5,0	- 10,0	15,0	- 45,0	MN/m ²

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche:

	bindige Auffüllungen		
Raumgewicht	15,0	- 21,0	kN/m ³
Undränierte Scherfestigkeit	50,0	- 100,0	kN/m ²
Wassergehalte	10,0	- 30,0	%
Plastizitätszahl	10,0	- 20,0	%
Konsistenzzahl	0,5	- 1,5	
	kiesig-sandige Auffüllungen		
Raumgewicht	18,0	- 22,0	kN/m ³
Lagerungsdichte D	0,5	- >0,8	
Lagerungsdichte D (Schutt)	>0,8		

3.7.3 Hochflutablagerungen

Die Hochflutablagerungen reichen 3,00 m (RKS18) bis 5,70 m (RKS10) unter GOK. Sie sind insbesondere im oberen Bereich bis in Tiefen von ca. 0,70 bis 2,90 m unter GOK bindig (Hoch-

flutlehm) und darunter meist sandig (Hochflutsand) ausgebildet, wobei auch hier in unterschiedlichen Tiefen bindige Lagen auftreten.

Generell lassen sich die oberen Hochflutlehme und die unteren Hochflutsande unterscheiden, wobei sich durch eine wechselnde Zusammensetzung auch Übergänge zwischen den beiden Schichten ergeben.

Die Hochflutlehme bestehen aus schwach bis stark tonigen, z.T. schwach sandigen Schluffen und teilweise aus schluffigen Tonen. Die Lehme weisen nach der Geländeansprache eine steife bis halbfeste Konsistenz auf. In den Hochflutlehmern sind auch enggestufte Sandlagen eingeschaltet.

Die Hochflutsande bestehen im oberen Bereich aus Sanden und Mittelsanden und können mit Schlufflagen durchzogen sein und bereichsweise Feinkies-/Kieslagen und -anteile aufweisen. Vereinzelt sind in den Hochflutsanden dünne schwach humose Sand- (RKS5: 3,00-3,20 m; RKS7: 3,80-4,40 m Tiefe) eingeschaltet. Im unteren Bereich sind die Hochflutsande bereichsweise auch schwach kiesig bis kiesig ausgebildet.

An zwei Bodenproben aus den Hochflutlehmern wurden die Fließgrenzen mit 34,7 bzw. 39,1 und die Ausrollgrenzen mit 16,3 bzw. 20,4 % und an ausgewählten Proben wurden Wassergehalte zwischen ca. 13 und 22 % ermittelt. Damit weisen die untersuchten Proben aus den Hochflutlehmern eine steife bis halbfeste Konsistenz auf, was mit der Geländeansprache korrespondiert. Bei den Hochflutlehmern handelt es sich um leicht bis mittelplastische Tone nach DIN 18196. Erfahrungsgemäß können auch leicht bis mittelplastische Schluffe auftreten.

Nach den Ergebnissen der mittelschweren Rammsondierungen sind die oberen stärker sandigen Hochflutsande überwiegend locker bis teilweise mitteldicht und die unteren kiesig-sandigen Bereiche meist mitteldicht bis bereichsweise dicht und nur selten locker gelagert. Mit der mittelschweren Rammsonde (DPM n. DIN EN ISO 22476) entsprechen über dem Grundwasser Schlagzahlen $N_{10} < 10$ einer lockeren, $N_{10} \approx 10 \dots 25$ einer mitteldichten und $N_{10} > 25$ einer dichten Lagerung. Da im Grundwasser bei sandig-kiesigen Böden geringere Eindringwiderstände als über Wasser ermittelt werden, können die Schlagzahlen der mittelschweren Rammsonde DPM zur Vorbemessung mit dem Faktor 1,5...2,0 beaufschlagt werden.

Baugrundkennwerte Hochflutablagerungen (Geotechn. Kennwerte f. Entwurf):

		Hochflutlehme		Hochflutsande				
Raumgewicht	erdfeucht	19,0	-	21,0	17,0	-	19,0	kN/m ³
	unter Auftrieb	9,0	-	11,0	9,0	-	11,0	kN/m ³
Kohäsion		10,0	-	5,0	0,0	(-	2,5)	kN/m ²
Reibungswinkel		25,0	-	30,0	30,0	-	32,5	°
Steifeziffer		10,0	-	15,0	15,0	-	25,0	MN/m ²

Bautechnische Kennwerte Hochflutablagerungen für Homogenbereiche:

Hochflutlehme				
Raumgewicht	16,0	-	22,0	kN/m ³
Undrainede Scherfestigkeit	50,0	-	200,0	kN/m ²
Wassergehalte	10,0	-	30,0	%
Plastizitätszahl	10,0	-	30,0	%
Konsistenzzahl	0,5	-	1,4	
Hochflutsande				
Raumgewicht	16,0	-	22,0	kN/m ³
Lagerungsdichte D	0,1	-	0,5	

3.7.4 Kiessande

Die Kiessande beginnen nach den Bohrungen zwischen 3,00 m (RKS18) bis 5,70 m (RKS10) unter GOK bzw. zwischen 30,00 m (RKS1) und 28,49 m NHN (RKS17). Unter Berücksichtigung der Angaben unter Abs. 3.4 reichen die Kiessande der Niederterrasse, Mittelterrasse und der Krefelder Schichten ca. 30 bis 33 m unter Gelände und sind damit ca. 25 bis 30 m dick.

Nach den bis zu 10,0 m tief unter GOK reichenden Bohrungen handelt es sich bei den Ablagerungen der Niederterrasse um kiesige Sande und sandige Kiese in wechselnder Zusammensetzung, wobei der Kiesanteil in den Bohrungen häufig mit der Tiefe zunimmt. Weiterhin treten Sandlagen auf und können erfahrungsgemäß auch Lehmlagen eingeschaltet sein. RKS10 musste in 9,70 m Tiefe unter GOK aufgrund von Bohrhindernissen abgebrochen werden. Hier wurden in der Bohrung Sandsteinbruchstücke gefördert, die zeigen, dass hier grundsätzlich auch größere Steine/Blöcke oder Findlinge auftreten können. Erfahrungsgemäß können auch verkittete Lagen auftreten.

Baugrundkennwerte (Geotechn. Kennwerte f. Entwurf):

Kiessande				
Raumgewicht	erdfeucht	19,0	-	20,0 kN/m ³
	unter Auftrieb	11,0	-	12,0 kN/m ³
Kohäsion				0,0 kN/m ²
Reibungswinkel		35,0	-	37,5 °
Steifeziffer		80,0	-	120,0 MN/m ²

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche:

Kiessande				
Raumgewicht		16,0	-	22,0 kN/m ³
Lagerungsdichte D		0,3	-	>0,8
Abrasion		Angaben siehe Anhang		

In den Kiessanden wurden mit der mittelschweren Rammsonde bei DPM2 und DPM3 pro 10 cm Eindringtiefe (N10) unter Grundwasser Schlagzahlen von N10 ≈ 10 in den oberen 1,0 bis 3,0 m der hier häufig kiesigen Sande und darunter in den stärker kiesigen Ablagerungen

Schlagzahlen von $N_{10} \approx 20$ ermittelt. Da die Eindringwiderstände unter Wasser geringer sind, können die Schlagzahlen in etwa mit dem Faktor 1,5...2,0 beaufschlagt werden. Damit sind die Kiessande insbesondere im oberen Bereich mitteldicht und mit zunehmender Tiefe dicht gelagert (PLACZEK 1985). DPM1 zeigt anhand der hier unter Grundwasser ermittelten Schlagzahlen N_{10} , die überwiegend über 20 bis teilweise 40 betragen, dass auch dichte bis sehr dichte Bereiche auftreten.

3.8 Charakteristische Baugrundkennwerte und Bodenklassen

Die in Tab. 1 zusammengestellten charakteristischen Baugrundkennwerte können zur Bemessung angesetzt werden. In Tab. 2 sind die Bodenklassen nach DIN 18 196 und in Tab. 3 Bodenklassen nach DIN 18300 bzw. DIN 18301 zusammengestellt.

Tab 1: Charakteristische Baugrundkennwerte

	Wichte		Kohäsion [kN/m ²]	Reibungs- winkel [°]	Steifemodul [MN/m ²]
	erdfeucht [kN/m ³]	unter Auftrieb [kN/m ³]			
Auffüllungen:					
bindige Böden	17,5	7,5	3,75	28,75	5,0 ¹⁾
kiesig-sandige Böden	19,5	11,5	1,25	32,5	15,0 ¹⁾
Hochflutablagerungen					
Hochflutlehme	20,0	10,0	7,5	27,5	12,5
Hochflutsande	18,0	10,0	0,0	31,25	20,0
Kiessande	19,5	11,5	1,25	37,5	100,0

Anmerkungen: 1) unterer Grenzwert aufgrund wechselnder Zusammensetzung angesetzt

Tab. 2: Bodenklassen nach DIN 18196

Bodenart	Bodenklassen nach DIN 18 196
Humoser Oberboden	OH
Auffüllungen	A bzw. kiesig-sandig: GW-GI, S-SI, GU-GU*, SU-SU* bindig: UL/UM, TL/TM, OU/OT, OH
Hochflutablagerungen	TL/UL, TM/UM SE, SU-SU*, SW
Kiessande	SW, GI, SI, GW, SE, GE Schlufflagen: GU-GU*, SU-SU*, TL/TM; Steinlagen

Tab. 3: Bodenklassen nach DIN 18300:2012 und DIN 18301:2006

	Bodenklassen (Bkl.) (n. DIN 18300:2012)	Bohrbarkeits- und Zusatzklassen (n. DIN 18301:2006)
Humoser Oberboden	Bkl. 1	BO 1
Auffüllungen	Bkl. 3 (nicht bindige Sande/Kies-sande), Bkl. 4 (bindige/gemischt-körnige Böden) ¹⁾ , Bkl. 5-7 ²⁾ , Bkl. 2 (humose Lehme)	BN, BB 2 – BB 4 ¹⁾ , BS 1 – BS 4, BO 1
Hochflutablagerungen	Bkl. 4 (bindige/gemischtkörnige Böden) ¹⁾ , Bkl. 6 (feste Lehme), Bkl. 5-7 ²⁾ , Bkl. 3 (sandige Böden)	BB 2 – BB 4 ¹⁾ , BS 1 – BS 4, BN 1 – BN 2, BO 1
Kiessande	Bkl. 3, Bkl. 4 (Lehmlagen, bindige/gemischtkörnige Böden) ¹⁾ , Bkl. 5-7 ²⁾	BN 1 – BN 2, BS 1 – BS 4, BB 2 – BB 4, Steine/Blöcke > 600 mm

Anmerkungen: 1) Übergang bindiger/gemischtkörniger Böden in Bkl2 / BB1 bei Durchnässung bzw. Wasserzutritt möglich, 2) Steine-/lagen/Blöcke abhängig von Menge und Größe

In Absatz 3.5 sind die zur Einteilung der Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 und nach DIN 18301:2015 erforderlichen bautechnischen Kennwerte angegeben und in Tab. 4 die entsprechenden Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 und nach DIN 18301:2015 zusammengestellt.

Tab. 4: Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 und nach DIN 18301:2015

Homogenbereiche *1 nach DIN 18300:2015	Homogenbereiche *2 nach DIN 18301:2015
Homogenbereich A 1 (humoser Oberboden)	Homogenbereich B 1 (humoser Oberboden)
Homogenbereich A 2 (aufgefüllte Böden)	Homogenbereich B 2 (aufgefüllte Böden)
Homogenbereich A 3 (Hochflutablagerungen)	Homogenbereich B 3 (Hochflutablagerungen)
Homogenbereich A 4 (Hochflutsande, Kiessande)	Homogenbereich B 4 (Hochflutsande, Kiessande)
Homogenbereich A 5 (Stein-/Schutt-/Blocklagen in Auffüllungen, Kiessanden)	Homogenbereich B 5 (Stein-/Schutt-/Blocklagen in Auffüllungen, Kiessanden)
Homogenbereich A 6 (Fließende Bodenarten ³⁾ : bindige Böden mit flüssiger bis breiiger Konsistenz [Auffüllung, Hochflutlehme, Lehmlagen])	Homogenbereich B 6 (Fließende Bodenarten ³⁾ : bindige Böden mit flüssiger bis breiiger Konsistenz [Auffüllung, Hochflutlehme, Lehmlagen])

Anmerkungen: *1 Aushub mit Bagger (Homogenbereiche A1 – A5, A = Aushub), *2 Bohrungen mit Drehbohranlage (Homogenbereiche B1 – B5, B = Bohren), *3 wurden hier nicht erbohrt, kann aber nach Wasserzutritt/Durchnässung nicht ausgeschlossen werden

Wir weisen darauf hin, dass die hier gemachten Angaben zur DIN 18300 und zur DIN 18301 auf dem Stand der VOB 2012 basieren. Die im Ergänzungsband 2015 überarbeiteten DIN-Normen und die darin enthaltene Einteilung der Böden in Homogenbereiche können der Tabelle 4 entnommen werden. Dabei muss beachtet werden, dass die Einteilung aufgrund von Erfahrungswerten und Angaben aus der Ingenieurgeologischen Karten IGK (4605 Krefeld) sowie den angrenzenden Kartenblättern IGK 4506 (Duisburg), IGK 4606 (Düsseldorf-Kaiserswerth) und IGK 4706 (Düsseldorf) mit vergleichbaren, geologischen Einheiten, vorgenommen wurde. Die nach der neuen DIN 18300:2015 erforderlichen Untersuchungen und Laborversuche in statistisch ausreichender Anzahl können nur in eingeschränkter Form durchgeführt werden, ansonsten sind aufwändige Großbohrungen und Schürfe erforderlich.

4 Gründung

4.1 Allgemeine Angaben

Auf dem Baugrundstück ist die Errichtung [REDACTED] geplant, die zwischen zwei und acht Geschossen aufweisen. Die Gebäude sind überwiegend unterkellert (Haus 1, 3 und 4 sind teilunterkellert) und über eine Tiefgarage miteinander verbunden, die über die Gebäudegrundrisse hinausgeht und große Bereiche des Grundstückes umfasst. Die Fußbodenoberkante (OKFF EG) wird in den Schnitten [U 1] mit 34,10 m NHN (= ± 0,00) und die OKF des Kellergeschosses und der Tiefgarage (OKF KG/TG) werden mit -3,30 bzw. 3,50 m (30,80 bzw. 30,60 m NHN) angegeben.

4.2 Tragfähigkeit, Setzungsverhalten, Gründungsempfehlungen

4.2.1 Nicht unterkellerte Gebäude

Grundsätzlich muss für die nicht unterkellerten Gebäudeteile eine frostfreie Gründung erfolgen. Hierfür muss die Gründungssohle der Fundamente mind. 0,80 m unter dem geplanten Gelände liegen. Damit liegt die Gründungssohle (GrÜT) hier bei < 33,3 m NHN. Im Gründungsniveau der nicht unterkellerten Gebäudebereiche stehen aufgefüllte Böden (z.B. RKS7), Hochflutlehme (z.B. RKS16) oder Hochflutsande (z.B. RKS12) an.

Da die aufgefüllten Böden inhomogen zusammengesetzt sind, aus kiesig-sandigen und vor allem auch bindigen Böden bestehen und keine ausreichende Tragfähigkeit aufweisen, ist eine Gründung in den Auffüllungen nicht möglich und die Fundamente müssen immer mit Beton bis auf die „gewachsenen Böden“ vertieft werden.

Damit liegt dann die Gründungssohle der nicht unterkellerten Gebäudeteile in den Hochflutlehmten bzw. in den Hochflutsanden. Da diese Böden eine zumindest geringe (Sande) bis mittlere Tragfähigkeit (Sande) aufweisen, ist hier grundsätzlich eine Mischgründung gem. den Angaben unter Abs. 4.3.2 (Mischgründung in Hochflutablagerungen) möglich. Bei einer Mischgründung werden die Hochflutlehmte für die Bemessung berücksichtigt und damit können nur geringere Bodenpressungen als in den Hochflutsanden angesetzt werden. Weiterhin weisen die Lehme ein ungünstigeres Setzungsverhalten als die Sande und insbesondere die Kiessande auf. Während in nichtbindigen Böden (Hochflutsande, Kiessande) die Setzungen in der Regel, wie in DIN 4019 angegeben, bereits zu etwa 85-100 % mit Ende der Bauzeit, bzw. bis zur Beendigung der Lasteintragung eingetreten sind, dauern bei bindigen Böden (Hochflutlehmten) etwa 40-60 % der Konsolidationssetzungen noch mehrere Monate bis ca. 1,5 Jahre nach Fertigstellung des Gebäudes an.

Aus den Gründen empfehlen wir die nicht unterkellerten Gebäude/Gebäudebereiche einheitlich über Fundamentvertiefungen in den Hochflutsanden gem. den Angaben in Abs. 4.3.3 (Gründung Hochflutsande) und damit genauso wie die unterkellerten Gebäude zu gründen. In diesem Fall ergeben sich Fundamentvertiefungen von ca. 0,5-1,5 m und bei RKS12 bis zu ca. 2,3 m. Bei Fundamentvertiefungen über 1,5...2,0 m empfehlen wir Blockfundamente oder Brunnenringe für die Vertiefungen vorzusehen und die darüber liegenden Streifenfundamente als Balken auszubilden. Bei den Fundamentvertiefungen sind die hohen Grundwasserstände zu beachten (s. Aabs. 4.2.2).

Werden die nicht unterkellerten Gebäudeteile in den Hochflutlehmen/-sanden gem. Abs. 4.3.2 (Mischgründung) und das Untergeschoss in den Hochflutsanden gem. Abs. 4.3.3 gegründet so müssen die Setzungsunterschiede anhand von Setzungsberechnungen (n. DIN 4020) kontrolliert werden.

4.2.2 Unterkellerte Gebäude

Für das Kellergeschoss und die Tiefgarage wird die OKFF mit 30,80 bzw. 30,60 m NHN angegeben. Unter Annahme einer Fundamenteinbindetiefe von mind. 0,5 m liegt die Gründungssole dann auf 30,3...30,1 m NHN.

In diesem Niveau stehen einheitlich die Hochflutsande an, die eine mittlere Tragfähigkeit aufweisen. Hier kann die Gründung entsprechend den Angaben unter Abs. 4.3.3 (Gründung Hochflutsande) erfolgen.

Treten z.B. bedingt durch die Anordnung und Spannweiten der Stützen in der Tiefgarage, insbesondere im Bereich der bis zu 8-geschossigen Bebauung, höhere Lasten oder müssen geringere Setzungen und Setzungsunterschiede eingehalten werden, als es die Hochflutsande zulassen, so können die Fundamente mit Beton bis auf die Kiessande vertieft werden. Hierfür sind Fundamentvertiefungen zwischen ca. 0,5 und 2,0 m erforderlich. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass die Baugrubensohle für das Untergeschoss bereits etwa 0,65 m unterhalb des aktuell ermittelten Grundwasserspiegels (ca. 30,85...31,09 m NHN) liegt und der Aushub nur im Schutz einer geschlossenen Wasserhaltung möglich ist. Daher sollten die Vertiefungen dann z.B. als Bohrbrunnen in Innenschachtung mittels Greiferbohrung oder als verrohrte Bohrungen/SOB-Bohrungen hergestellt werden. Hierbei darf es zu keinem Bodenzug kommen. In den Kiessanden können dann die unter Abs. 4.3.4 (Gründung Kiessand) gemachten Angaben angesetzt werden.

Wird das Untergeschoss größtenteils in den Hochflutsanden, gem. Abs. 4.3.3, und z.B. höher belastete Fundamente, Treppenhäuser u.ä. in den Kiessanden gem. Abs. 4.3.4 gegründet so müssen die Setzungsunterschiede anhand von Setzungsberechnungen (n. DIN 4020) kontrolliert werden. Da die Hochflutsande rel. dünn sind, beeinflussen die Kiessande das Setzungsverhalten. Auch in den Hochflutsanden kann das Setzungsverhalten daher nur anhand von Setzungsberechnungen konkreter ermittelt werden.

4.3 Gründungsangaben

4.3.1 Allgemeine Angaben zur Gründung über Einzel- und Streifenfundamente

Für eine einheitliche Gründung über Einzel-/Streifenfundamente wurden die aufnehmbaren Sohldrücke mit einer Teilsicherheit von $\gamma_{Gr} = 1,4$ für den Grenzzustand GZ1B bzw. GEOII (Bemessungswert des Widerstandes) für 0,50 m, 0,80 m und 1,00 m Einbindetiefe für BS-P n. DIN 1054:2010-12 (bzw. Lastfall LF1) berechnet (s. Fundamentdiagramme Anlage 4) und in den Tabellen zur Mischgründung (Abs. 4.3.2) und zur Gründung in den Hochflutsanden (Abs. 4.3.2) bzw. Kiessanden (Abs. 4.3.3) zusammengestellt. Zwischenwerte können aus den entsprechenden Fundamentdiagrammen abgegriffen bzw. interpoliert werden.

Grundlage für die Berechnungen sind die in Tab. 1 zusammengestellten charakteristischen Baugrundkennwerte. Für die Ermittlung der aufnehmbaren Sohldrücke wurde das Schichtbild, wie auch in der DIN 4019 beschrieben, vereinfachend vereinheitlicht und die in den Fundamentdiagrammen angegebenen Schichtdicken berücksichtigt. Aufgrund der z.T. stark schwankenden Schichtdicken erfolgten die Berechnungen auf der sicheren Seite liegend für typische Bodenprofile. Die entsprechenden Bohrungen und die angesetzten Schichtdicken sind in den Berechnungsprotokollen Anlage 4 angegeben. Weiterhin wurde der höchste gemessene Grundwasserstand (HGW = 31,5 m NHN) berücksichtigt.

Die Grenztiefe wurde gem. DIN 4019 mit 20% festgelegt. Für die Berechnung wird von ausreichend biegesteifen Fundamenten ausgegangen, so dass die Setzungen in den kennzeichnenden Punkten maßgeblich sind. Voraussetzung ist außerdem eine Lastaufbringung nach DIN 1054:2010-12 sowie eine Mindesteinbindetiefe und Mindestbreite der Fundamente von 0,50 m.

Für die statischen Berechnungen muss berücksichtigt werden, dass die einwirkenden Lasten mit den entspr. Teilsicherheitsbeiwerten nach Tabelle A2.1 der DIN 1054:2010-12 zu beaufschlagt sind.

Die aufnehmbare Sohldrücke (σ_{zul}) wurden unter Berücksichtigung des Grundbruchwiderstand $\gamma_{Gr} = 1,4$ (BS-P bzw. LF1) für den Nachweis der Tragfähigkeit n. DIN 1054:2010-12 (GZ1B bzw. GEOII) ermittelt und für die unterschiedlichen Böden in den Tabellen Tab. 5 (Mischgründung), Tab. 7 (Gründung Hochflutsande) und Tab. 9 (Gründung Kiessand) zusammengestellt.

Weiterhin muss bei der Prüfung der Gebrauchstauglichkeit beachtet werden, dass die zulässigen Sohldrücke unter Berücksichtigung der charakteristischen Lasten unterhalb der Werte in den Tabellen Tab. 6 (Mischgründung), Tab. 8 (Gründung Hochflutsande) und Tab. 10 (Gründung Kiessande) bleiben. Hierbei wurden für die Mischgründung Setzungen nach DIN 4019 $\leq 2,0$ cm und für die Gründung in den Hochflutsanden und Kiessanden $\leq 1,0$ cm (SLS bzw. GZ2) zugrunde gelegt. Alternativ werden auch für die Gründung in den Hochflutsanden in Tab. 8 (Gründung Hochflutsande) und für die Gründung in den Kiessanden in Tab. 10 die zulässigen Sohldrücke für Setzungen $\leq 2,0$ cm angegeben.

Die Setzungen betragen für alleine stehende Fundamente unter voller Ausnutzung der in Tab. 6 (Mischgründung) genannten Sohldrücke bis zu 2,0 cm und für die in den Tabellen Tab. 8 (Gründung Hochflutsande) und Tab. 10 (Gründung Kiessand) genannten Sohldrücke bis zu 1,0 cm bzw. 2,0 cm. Die Setzungsunterschiede können erfahrungsgemäß aufgrund der wechselnden Zusammensetzung und der unterschiedlichen Dicken der Schichten ebenfalls bis zu 2,0 cm bei einer Mischgründung und bis zu 1,0 cm bzw. 2,0 cm bei der Gründung in den Hochflutsanden und Kiessanden betragen.

Zur Vorbemessung wurde hierbei davon ausgegangen, dass für den gepl. Neubau Setzungen und Setzungsunterschiede bis 2,0 cm für eine Mischgründung (gem. Abs. 4.3.2) bzw. bis 1,0 cm für die Gründung in den Hochflutsanden (gem. Abs. 4.3.3) bzw. Kiessanden (gem. Abs. 4.3.4) zugelassen werden können. Können größere Setzungen/Setzungsunterschiede zugelassen werden, so ergeben sich höhere Sohldrücke, die aus den entsprechenden Fundamentdiagrammen Anlage 4 abgegriffen werden können. Für die Gründung in den Hochflutsande bzw. in den Kiessanden wurden in Tab. 8 bzw. Tab. 10 bereits zusätzlich die zulässigen Sohldrücke für Setzungen $\leq 2,0$ cm angegeben. Müssen geringere Setzungen/Setzungsunterschiede eingehalten werden, so reduzieren sich die zulässigen Sohldrücke entsprechend. Können gegenüber den o.g. Werten abweichende Setzungen/Setzungsunterschiede zugelassen werden, so bitten wir um Rücksprache damit die Sohldrücke entsprechend dem zulässigen Setzungsmaß angegeben bzw. anhand zusätzlicher Setzungsberechnungen ermittelt werden können.

Bei einem geringeren Abstand zwischen den Fundamenten (ca. $< 1,5 \dots 2,0 \cdot b$) oder großen und hoch belasteten Bauwerken kommt es zu einer gegenseitigen Beeinflussung und Lastüberlagerung („Setzungsmulde“) und damit verbunden zu einer Erhöhung der Setzungen. Bei Fundamentbreiten $\geq 2,5$ m oder einer unregelmäßigen Lastverteilung sind größere Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen zu erwarten. Um die Setzungen und Setzungsunterschiede zu ermitteln und evtl. notwendige Abminderungen der aufnehmbaren Sohldrücke festzulegen, müssen dann nach Vorlage des Lastenplanes durch den Statiker noch ergänzende Setzungsberechnungen nach DIN 4019, Teil 1, durch das Ing.-Büro Kühn Geoconsulting erfolgen.

Bei der Bewehrung der Fundamente muss berücksichtigt werden, dass die anstehenden Böden eine kleinräumig wechselnde Zusammensetzung und Dicke aufweisen und die daraus resultierenden Setzungsdifferenzen aufgenommen werden können müssen.

Treten aufgefüllte Bereiche in der Gründungssohle auf, so müssen diese immer vollständig zu entfernt und die Fundamente mit Beton auf den tragfähigen Boden zu vertieft werden. Weiterhin sind die Angaben zur Fundamentvertiefung gem. Abs. 4.2 zu beachten. Die Aushubsohlen der Fundamente müssen in den Hochflutlehmen unmittelbar nach Aushub mit Beton geschützt werden, da sie ansonsten aufweichen können. Die Fundamentvertiefungen müssen unmittelbar nach Aushub mit Beton verfüllt werden.

Die Fundamente der nicht unterkellerten Gebäudeteile müssen bis ins Gründungsniveau des angrenzenden Untergeschosses abgetrept heruntergeführt werden. Die Kellerwände müssen die zusätzlichen Lasten aufnehmen können. Die Arbeitsräume müssen insbesondere in diesen Bereichen lagenweise verdichtet hergestellt und hierbei die Angaben unter Abs. 5.4 beachtet werden.

4.3.2 Mischgründung Hochflutablagerungen

Für eine Mischgründung über Einzel-/Streifenfundamente in den Hochflutlehmen und Hochflutsanden können die in Tab. 5 und Tab. 6 zusammengestellten Sohldrücke angesetzt werden.

Die aufnehmbaren Sohldrücke σ_{zul} wurden für den Nachweis der Tragfähigkeit nach DIN 1054:2010-12 (BS-P) berechnet (Tab. 5) und sind für die verschiedenen Einbindetiefen (0,50 m, 0,80 m und 1,00 m) in den Fundamentdiagrammen Anlage 4.1 bis 4.3 dargestellt.

In Tab. 6 sind die Sohldrücke zur Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit (SLS) angegeben

(Ableitung mit charakteristischen Einwirkungen), wobei zur Vorbemessungen zulässige Setzungen bis $\leq 2,0$ cm angenommen wurden. Ansonsten gelten die Angaben in Abs. 4.3.1.

Tab. 5: Aufnehmbare Sohldrücke σ_{zul} bei Mischgründung unter Berücksichtigung Grundbruchwiderstand $\gamma_{Gr} = 1,4$ (BS-P) für Nachweis der Tragfähigkeit n. DIN 1054:2010-12 (GZ1B)

Fundamentbreite [m]	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
	Aufnehmbare Sohldrücke [kN/m ²] für Einzel-/Streifenfundamente				
Einbindetiefe 0,50 m (A 4.1)	275	325	355	395	430
Einbindetiefe 0,80 m (A 4.2)	335	380	420	465	460
Einbindetiefe 1,00 m (A 4.3)	375	415	460	510	680

Tab. 6: Sohldrücke zur Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit (Ableitung mit charakteristischen Einwirkungen (SLS)) bei Mischgründung

Fundamentbreite [m]	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
	Aufnehmbare Sohldrücke [kN/m ²] für Einzel-/Streifenfundamente				
	Setzungen $\leq 2,0$ cm				
Einbindetiefe 0,50 m (A 4.1)	275	195	160	140	130
Einbindetiefe 0,80 m (A 4.2)	305	205	165	150	135
Einbindetiefe 1,00 m (A 4.3)	310	210	170	150	140

Anmerkungen: Lastfall BS-P; Setzungen begrenzt auf $\leq 2,0$ cm, die mit * gekennzeichneten Werte entspr. Tab. 5, da das o.g. Setzungskriterium nicht erreicht wird

4.3.3 Gründung Hochflutsande

Für eine einheitliche Gründung über Einzel-/Streifenfundamente in den Hochflutsanden können die in Tab. 7 und Tab. 8 zusammengestellten Sohldrücke angesetzt werden.

Die aufnehmbaren Sohldrücke σ_{zul} wurden für den Nachweis der Tragfähigkeit nach DIN 1054:2010-12 (BS-P) berechnet (Tab. 7) und sind für die verschiedenen Einbindetiefen (0,50 m bzw. 1,00 m) in den Fundamentdiagrammen Anlage 4.4 und 4.5 dargestellt.

In Tab. 8 sind die Sohldrücke zur Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit (SLS) angegeben (Ableitung mit charakteristischen Einwirkungen), wobei zur Vorbemessungen zulässige Setzungen bis $\leq 1,0$ cm und alternativ bis $\leq 2,0$ cm angenommen wurden. Ansonsten gelten die Angaben in Abs. 4.3.1.

Tab. 7: Aufnehmbare Sohldrücke σ_{zul} bei Gründung in Hochflutsanden unter Berücksichtigung Grundbruchwiderstand $\gamma_{Gr} = 1,4$ (BS-P) für Nachweis der Tragfähigkeit n. DIN 1054:2010-12 (GZ1B)

Fundamentbreite [m]	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
	Aufnehmbare Sohldrücke [kN/m ²] für Einzel-/Streifenfundamente				
Einbindetiefe 0,50 m (A 4.4)	135	180	400	550	690
Einbindetiefe 1,00 m (A 4.5)	215	430	610	770	895

Tab. 8: Sohldrücke zur Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit (Ableitung mit charakteristischen Einwirkungen (SLS)) bei Gründung in Hochflutsanden

Fundamentbreite [m]	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
	Aufnehmbare Sohldrücke [kN/m ²] für Einzel-/Streifenfundamente				
	Setzungen $\leq 1,0$ cm				
Einbindetiefe 0,50 m (A 4.4)	135	180	160	145	135
Einbindetiefe 1,00 m (A 4.5)	210	220	190	170	155
	Setzungen $\leq 2,0$ cm				
Einbindetiefe 0,50 m (A 4.4)	135	180	315	280	260
Einbindetiefe 1,00 m (A 4.5)	210	425	365	325	300

Anmerkungen: Lastfall BS-P; Setzungen begrenzt auf $\leq 1,0$ cm bzw. 2,0 cm, die mit * gekennzeichneten Werte entspr. Tab. 7, da das o.g. Setzungskriterium nicht erreicht wird

4.3.4 Gründung Kiessande

Für eine einheitliche Gründung über Einzel-/Streifenfundamente in den Kiessanden können die in Tab. 9 und Tab. 10 zusammengestellten Sohldrücke angesetzt werden.

Die aufnehmbare Sohldrücke σ_{zul} wurden für den Nachweis der Tragfähigkeit nach DIN 1054:2010-12 (BS-P) berechnet (Tab. 9) und sind für eine Einbindetiefe von 0,50 m im Fundamentdiagramm Anlage 4.6 dargestellt.

Tab. 9: Aufnehmbare Sohldrücke σ_{zul} bei Gründung in Kiessanden unter Berücksichtigung Grundbruchwiderstand $\gamma_{Gr} = 1,4$ (BS-P) für Nachweis der Tragfähigkeit n. DIN 1054:2010-12 (GZ1B)

Fundamentbreite [m]	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
	Aufnehmbare Sohldrücke [kN/m ²] für Einzel-/Streifenfundamente				
Einbindetiefe 0,50 m (A 4.6)	390	535	670	805	935

In Tab. 10 sind die Sohldrücke zur Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit (SLS) angegeben

(Ableitung mit charakteristischen Einwirkungen), wobei zur Vorbemessungen zulässige Setzungen bis $\leq 1,0$ cm und alternativ bis $\leq 2,0$ cm angenommen wurden. Ansonsten gelten die Angaben in Abs. 4.3.1.

Tab. 10: Sohldrücke zur Überprüfung der Gebrauchstauglichkeit (Ableitung mit charakteristischen Einwirkungen (SLS)) bei Gründung in Kiessanden

Fundamentbreite [m]	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
	Aufnehmbare Sohldrücke [kN/m ²] für Einzel-/Streifenfundamente				
	Setzungen $\leq 1,0$ cm				
Einbindetiefe 0,50 m (A 4.6)	390	535	465	390	345
	Setzungen $\leq 2,0$ cm				
Einbindetiefe 0,50 m (A 4.6)	390	535	670	740	645

Anmerkungen: Lastfall BS-P; Setzungen begrenzt auf $\leq 1,0$ cm bzw. 2,0 cm, die mit * gekennzeichneten Werte entspr. Tab. 9, da das o.g. Setzungskriterium nicht erreicht wird

4.3.5 Gründung über elastisch gebettete Balken/Bodenplatte (erste Vorbemessung)

Bei Berechnung der Gründung über die Bettungsziffer kann für eine erste Vordimensionierung des Bettungsmoduls die Beziehung (Bodenpressung / Setzung = Bettungsmodul) zugrunde gelegt werden.

In Tab. 11 sind für eine erste Vorbemessung die Bettungsmoduln (ks-Wert) für einen 1,0 bis 2,0 m breiten Laststreifen mit einer Belastung von etwa 50 bis 150 kN/m² für die Mischgründung in den Hochflutablagerungen bzw. mit einer Belastung von ca. 50 bis 250 kN/m² in den Hochflutsanden und 50 bis 400 kN/m² in den Kiessanden unter Berücksichtigung der für die Einzel-/Streifenfundamente aus Anlage 4.1, 4.4 und 4.6 resultierenden Setzungen angegeben.

Für größere Bodenplatten ergeben sich nach Erfahrungswerten bedingt durch Einflusstiefe und Überlagerung bei Flächenlasten von ca. 50 bis 150 kN/m² in den Hochflutablagerungen Bettungsmoduln von ca. 4...8 MN/m³ und in den Hochflutsanden von ca. 5...12 MN/m³ bzw. in den Kiessanden zwischen ca. 15...50 MN/m³.

Da das Bettungsmodul den Quotienten von Sohlnormalspannung und der entsprechenden Setzung darstellt, dürfen die o.g. ks-Werte nur zur Vorbemessung angesetzt werden. Eine Festlegung exakter Angaben zum Bettungsmodul kann nur anhand ergänzender Setzungsbeziehung (n. DIN 4019) durch die Kühn Geoconsulting GmbH auf Grundlage entsprechender Lastangaben des Statikers erfolgen und muss dann iterativ abgestimmt werden.

Tab. 11: Vorbemessung Bettungsmodul für Laststreifen ($b = 1,0 \dots 2,0$ m) unter Berücksichtigung Setzung aus Anlage A4 für Einzel-/Streifenfundament mit 0,5 m Einbindetiefe

Laststreifen Breite [m]	1,0	2,0	1,0	2,0
Mischgründung Hochflutablagerungen (Angaben siehe Anlage A4.1)				
Last [kN/m ²]	50		150	
Setzungen [cm]	0,5	0,75	1,5	2,0
Bettungsmodul [MN/m ³]	10	6,5	10	7,5
Gründung Hochflutsande (Angaben siehe Anlage A4.4)				
Last [kN/m ²]	50		250	
Setzungen [cm]	0,25	0,4	1,5	1,75
Bettungsmodul [MN/m ³]	20	12,5	16,5	14
Gründung Kiessand (Angaben siehe Anlage A4.16)				
Last [kN/m ²]	100		400	
Setzungen [cm]	0,2	0,3	0,65	1,0
Bettungsmodul [MN/m ³]	50	35	60	40

5 Bauausführung

5.1 Aushub, Bodenklassen, Homogenbereiche, Kampfmittel

Beim Aushub fallen aufgefüllte Böden, Hochflutlehme, Hochflutsande und Kiessande an. Die Bodenklassen nach DIN 18300 sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Vernässen die bindigen Böden der Auffüllungen oder Hochflutablagerungen beim Aushub, so gehen sie in die Bodenklasse 2 (n. DIN 18 300) über.

Neben Kanälen und Entwässerungsleitungen und der bestehenden, abzureißenden Bebauung können ggf. auch alte Bauwerksteile (Fundamente, Kellerwände, Bodenplatten u.ä.) im Untergrund vorhanden sein, deren Ausmaß erst bei Aushub sichtbar wird. Der Abbruch lässt sich nicht in das Klassifizierungsschema der DIN 18300 einordnen und ist getrennt abzurechnen.

In Absatz 3.7 und 3.8 sind die zur Einteilung der Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 und nach DIN 18301:2015 erforderlichen bautechnischen Kennwerte angegeben.

Nach § 16 BauO NW müssen Grundstücke für bauliche Anlagen geeignet sein. Dies bedeutet unter anderem, dass sie frei von Kampfmitteln sein müssen. Dies gilt vor allem, wenn Bohr- oder Rammarbeiten für Verbauarbeiten o.ä. erfolgen. Im Rahmen von Baugenehmigungsverfahren werden Bauherren vom Bauaufsichtsamt aufgefordert, ihr Baugrundstück auf mögliche

Kampfmittel hin überprüfen zu lassen. Danach muss der Bauherr vor Beginn eines Bauvorhabens die Kampfmittelfreiheit nachweisen. In Krefeld ist hierfür bei der Feuerwehr Krefeld (Stadtverwaltung Krefeld, Fachbereich 37, 47792 Krefeld) ein formloser Antrag auf Luftbildauswertung zu stellen (siehe: <https://www.krefeld.de/de/feuerwehr/kampfmittelbeseitigung>). Die Bearbeitungszeit beträgt zur Zeit ca. 4 bis 6 Wochen.

5.2 Erdplanum, Baustraßen

Die anstehenden bindigen Böden der Auffüllungen und der Hochflutablagerungen sind stark frost- und feuchtigkeitsempfindlich (F3-Boden n. ZTV E-StB 09). Bei Zutritt von Wasser und/oder Befahren mit Gerät weichen sie tiefgründig auf und lassen sich dann nicht mehr bearbeiten. Auch in den enggestuften Hochflutsanden kommt es durch den Bauverkehr zur Zerstörung der Aushubsohle, die insbesondere in bindigen Bereichen nicht durch eine Nachverdichtung behoben werden kann. In den Bereichen, in denen die Aushub-/Gründungssohle aufgeweicht oder zerstört ist, muss dann ein Bodenaustausch erfolgen. Der Aushub muss daher rückschreitend über Kopf mit einer den Bodenverhältnissen angepassten Baggerschaufel erfolgen.

Dort, wo das Gelände während der Bauzeit befahren werden soll (Zufahrten oder Materiallagerplätze), müssen entsprechende Baustraßen (mindestens 0,5 m dicke Tragschicht mit verdichtungsfähigem Material auf einem Geotextil \geq GRK 3) angelegt und ggf. nachgearbeitet werden.

Der Einbau der Baustraße, eines Bodenaustausches, einer Geländeauffüllung o.ä. muss vor Kopf erfolgen. Die Verdichtungsgeräte müssen auf die anstehenden Böden und Einbaudicken abgestimmt werden, damit die anstehenden Böden nicht zerstört werden. Alle Maßnahmen zum Schutz des Planums gegen Oberflächenwasser gemäß VOB sind unbedingt zu beachten.

Werden die o.g. Vorgehensweisen nicht eingehalten oder nicht rechtzeitig ausgeführt, so können die bindigen Böden in Bodenklasse 2 (n. DIN 18 300) übergehen, was zu entsprechenden Mehrkosten führt.

5.3 Wiederverfüllung Erdaushub

Die beim Aushub anfallenden Hochflutlehme und bindigen Lagen der Hochflutsande und Kies-sande lassen sich nicht ausreichend verdichten und sind nicht zur Verfüllung später belasteter bzw. überbauter Flächen geeignet. Der Bodenaushub kann daher (vorbehaltlich entspr. wasserrechtlicher Genehmigung) nur in Flächen, in denen Sackungen in Kauf genommen werden

können, wie z.B. in Gärten, Grünflächen, Lärmschutzwällen u.ä. Bereichen eingebaut werden.

Werden die höchstens schwach schluffigen Hochflutsande und die Kiessande getrennt gelöst und in geeigneter Weise zwischengelagert werden, so können hiermit nach Rücksprache und Kontrolle des Materials durch den Baugrundgutachter auch Arbeitsraumverfüllungen und Geländeauffüllungen (vorbehaltlich einer wasserrechtl. Genehmigung) hergestellt werden. Voraussetzung ist, dass das Material vor Einbau die Anforderungen gem. Abs. 5.4 erfüllt.

5.4 Geländeauffüllung, Arbeitsraumverfüllung, Bodenaustausch

Zur Verfüllung später überbauter Arbeitsräume (unter nicht unterkellerten Gebäudebereichen, Terrassen, Hauszugang u.ä.), für einen Bodenaustausch oder eine Geländeauffüllung muss ein gut abgestuftes und verdichtungsfähiges Mineralgemisch (z.B. Kiessand oder Naturschotter, hinsichtl. Feinkornanteil/Raumbeständigkeit mind. Tragschichtqualität gem. ZTV SoB-StB 04) verwendet werden. Soll hier z.B. RCL-Material o.ä. eingebaut werden, so muss die entspr. wasserrechtliche Genehmigung eingeholt werden.

Um spätere Sackungen auszuschließen muss das Material lagenweise eingebaut und verdichtet werden. Es muss ein Verdichtungsgrad von 100 % der einfachen Proctordichte (Dpr) erreicht werden. Die Verdichtungsgeräte müssen an die Einbaudicken und Untergrundverhältnisse angepasst werden, damit die in der Aushubsohle anstehenden Böden (F 3-Boden) nicht gestört werden. Der Verdichtungserfolg muss anhand von Plattendruckversuchen (n. DIN 18134) und bei Einbaudicken > 0,75 m anhand von Rammsondierungen (n. DIN EN ISO 22476) nachgewiesen werden.

Werden Auffüllungen angetroffen, die bis unter Gründungsniveau reichen, so müssen die Fundamente mit Beton vertieft oder ein Bodenaustausch (s.o.) erfolgen. Auch die z.B. beim Rückbau alter Fundamente oder des Untergeschosses des Altbaus entstehenden Baugruben müssen mit dem o.g. Material lagenweise verfüllt und verdichtet (100 % Dpr) werden.

5.5 Baugrubensicherung

5.5.1 Allgemeine Angaben

Das geplante Gebäude liegt nach einer ersten Abschätzung unter Berücksichtigung der derzeitigen Planunterlagen etwa 5,8 m neben der Uerdinger Straße und im Süden bzw. Westen mind. ca. 9,5 m neben der bestehenden Bebauung. Auch ansonsten betragen die Abstände zu den nach den Planunterlagen unbebauten Nachbargrundstücksbereichen mehr als 10,0 m bis auf einen Bereich im Süden; hier sind es nur ca. 4,8 m.

Im Rahmen einer Baugrubenplanung empfehlen wir die o.g. Abstände zwischen Neubau und Grundstücksgrenze bzw. Nachbarbebauung, die vorab aus den Planunterlagen grob abgegriffen wurden, hinsichtlich der tatsächlichen Baugrubentiefe zu kontrollieren. Weiterhin müssen die Nutzung der Nachbargrundstücke (Straße, unterkellerte/nicht unterkellerte Nachbargebäude u.ä.) und die Wasserhaltungsmaßnahmen (Reichweite Absenkrichter, Böschungssicherung mittels Schwerkraftfilter usw.) berücksichtigt werden.

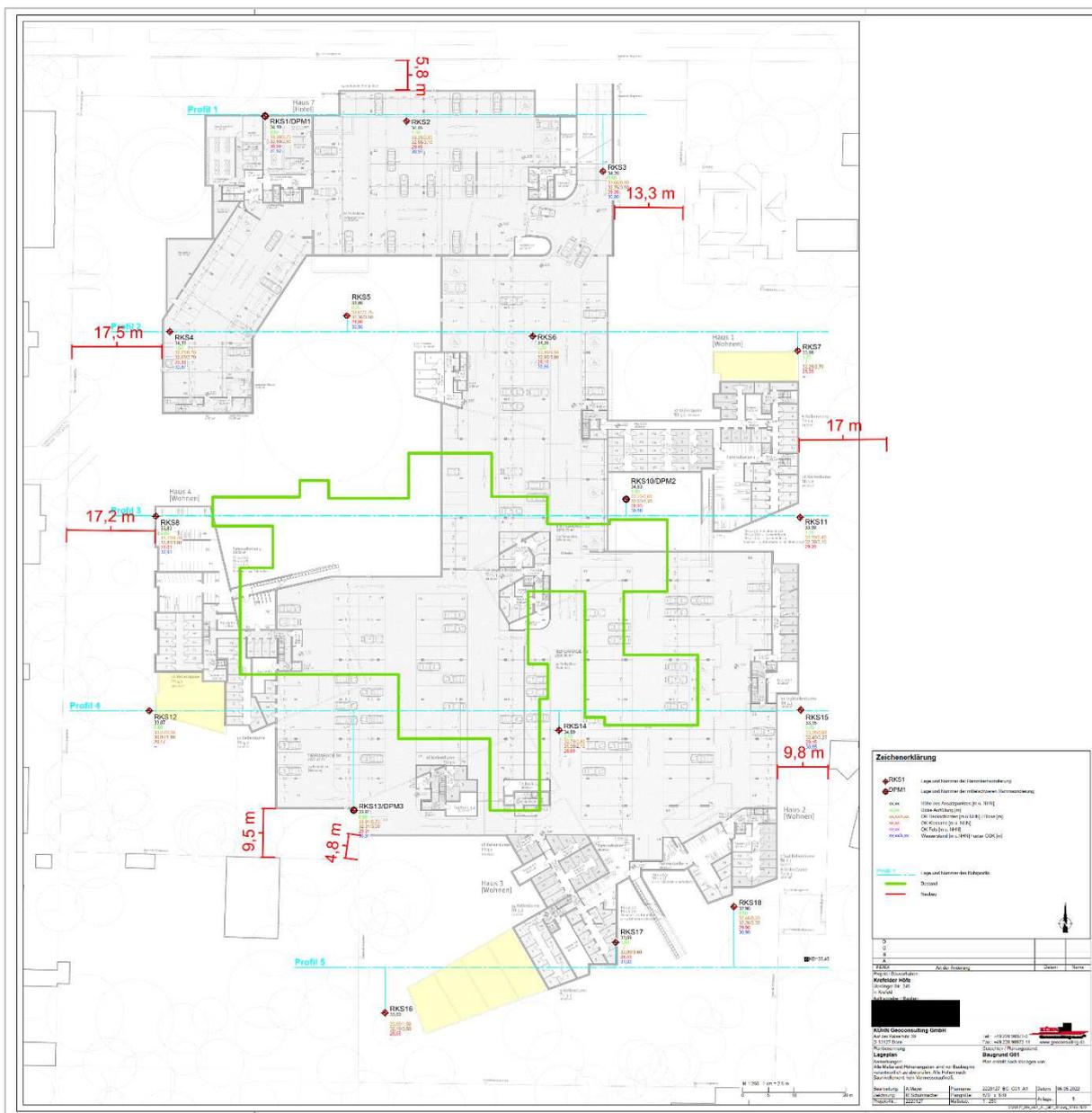


Abb. 11: Lageplan mit ungefähren Abständen zwischen Neubau und Grundstücksgrenze

Die Baugrube reicht etwa 3,75 bis fast 5,0 m unter Gelände. Da hier, wie unter Abs. 5.5.2

angegeben, überwiegend Böschungswinkel $\leq 45^\circ$ eingehalten werden müssen, reicht die Baugrube bis (fast) an die Uerdingerstraße und auch im Süden sehr nahe an die Grundstücksgrenze. Insbesondere wenn aufgrund der Grundwasserstände zusätzlich ein Schwerkraftfilter zur Sicherung der Baugrubenböschungen berücksichtigt werden muss, reicht der Abstand vor allem in diesen beiden Bereichen nicht mehr aus. Daher muss wahrscheinlich teilweise ein Verbau vorgesehen werden. Für die Uerdingerstraße muss dann bei der Bemessung z.B. auch der Straßenverkehr angesetzt werden.

Ansonsten kann die Baugrube wahrscheinlich überwiegend mit Böschungen angelegt werden, wobei auch hier natürlich die Grundwasserstände zu berücksichtigen sind.

5.5.2 Baugrubenböschungen

Unter Beachtung der DIN 4124 kann in den Hochflutlehmen mit 60° und in den Hochflutsanden und Kiessanden sowie in aufgefüllten Böden mit 45° geböschet werden. In den aufgefüllten Böden können sich auch flachere Böschungswinkel (ca. $35-40^\circ$) einstellen.

Die o.g. Böschungswinkel gelten nur für den Aushub oberhalb des Grundwassers. Im Grundwasser ist der Aushub nur im Schutz einer Wasserhaltung und/oder eines Verbaus möglich. Auch bei Schichtwasserzutritten können die Böschungen in den enggestuften Hochflutsanden nachbrechen und müssen dann gesichert werden.

Fundamentgräben/-vertiefungen können unter Beachtung der DIN 4124 bis zu einer Aushubtiefe von 1,20 m senkrecht abgegraben werden. Da die Hochflutsande aus enggestuften Sanden bestehen, wird es hier jedoch erfahrungsgemäß zu einem häufig auch größeren Mehrausbruch bis hin zu den o.g. Böschungswinkeln kommen. Die Baugeräte müssen einen ausreichenden Sicherheitsabstand einhalten und die Gräben/Löcher dürfen auf keinen Fall betreten werden. Der Aushub und die unmittelbar anschließende Verfüllung mit Beton müssen abschnittsweise erfolgen.

Die o.g. Böschungswinkel gelten nur für erdfeuchte Böden und für Böschungshöhen bis 5,0 m. Eine abschließende Bewertung bezüglich der Standsicherheitssituation von Baugrube kann erst nach Vorlage aller Bauunterlagen nach DIN 4124, Abschnitt 3 (z.B. Schalplan, Leitungen, Abstand angrenzender Bauwerke etc.) erfolgen. Können die in DIN 4124 genannten Mindestabstände und zulässigen Lasteintragungen aus Verkehrslasten (z.B. Bauverkehr, Autokran) nicht eingehalten werden oder ergeben sich Böschungshöhen über 5,0 m, so muss in jedem

Fall eine Standsicherheitsberechnung nach DIN 4084 erfolgen, wobei sich meist flachere Böschungswinkel als die o.g. ergeben.

Aufgrund der hohen Grundwasserstände empfehlen wir auch bei geringeren Baugrubentiefen die Standsicherheit der Böschung unter Berücksichtigung der Wasserhaltungsmaßnahmen rechnerisch nachzuweisen, weil sich auch hier eine geringere Böschungsneigung und damit verbunden eine größere Ausdehnung der Baugrube ergeben kann.

Die Böschungen sind gegen Erosion durch Oberflächenwasser zu schützen.

5.5.3 Verbau

Wird ein Verbau notwendig, so können die für die Berechnungen erforderlichen Bodenkennwerte dem Abschnitt 3.7 bzw. 3.8 entnommen werden. Bei der Bemessung und konstruktiven Ausbildung des Verbaus sind die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (E-AB) der „Deutschen Gesellschaft für Geotechnik“ zu berücksichtigen.

Ein Trägerverbau mit Holz- oder Spritzbetonverzug („Berliner Verbau“) kann nur im Bereich von Straßen oder unbebauten Grundstücken zur Ausführung kommen. Hierbei muss unbedingt auf eine satte Hinterfüllung ohne tiefreichende Störungen geachtet werden, da es sonst insbesondere in den aufgefüllten und in den stark sandigen Böden zum Herausrieseln kommen kann, was dann die gesamte Standsicherheit gefährden kann. Außerdem sollten die Verbausträger einen entsprechend geringen Abstand haben. Im Untergrund stehen aufgefüllte Böden und Kiessande an, in denen Bohrhindernissen auftreten können. Die Ausfachung muss im Grundwasserbereich mit einem Filtervlies hinterlegt werden, damit es durch ausfließendes Wasser zu keinem Bodenentzug kommen kann. Teilweise können alte, im Untergrund verborgene Bauteile (ehem. Keller, Trümmerschutt u.ä.) auftreten. Daher müssen je nach erforderlicher Einbindetiefe entsprechend schwere Bohrgeräte für die Herstellung der Löcher für die Träger eingesetzt und die Bohrungen verrohrt ausgeführt werden.

Im Bereich angrenzender Gebäude und auch z.B. im Bereich empfindlicher Leitungen muss ein verformungsarmer Verbau, wie eine tangierende oder aufgelöste Bohrpfahlwand zur Ausführung kommen. Bei der Planung, Herstellung und Ausführung der Pfahlwand sind die DIN EN 1536 und die DIN 1054/2005 zu beachten. Es ist entsprechend schweres Bohrgerät zur Durchörterung der Auffüllungen und Kiessande auszuwählen. Es muss mit Meißelarbeiten, zum Beispiel bei alten Bauwerksresten u.ä., gerechnet werden.

Sofern eine Rückverankerung nach DIN 1537 erforderlich wird, muss der Lastabtrag im Kiessand erfolgen. Vorhandene Versorgungsleitungen, Keller usw. müssen höhen- und lage-mäßig ermittelt werden, um die Ankerlagen entsprechend abzustimmen und ggf. zu verlegen oder steiler zu stellen. Für die Bemessung und Ausführung einer Rückverankerung ist die DIN 1537 zu beachten. Es müssen hierbei die Verformungen im Bereich der Anker (Setzungsmulde, bohrtechn. bedingte Verformungen) berücksichtigt werden. Es ergeben sich durch die Anker Bedarfsflächen in den angrenzenden Flächen.

Werden die Verbauträger, bzw. die Baugrubensicherungen auf öffentlichem (städtischem) Grund oder auf den Nachbargrundstücken eingebracht, oder ergeben sich für die Rückverankerung des Verbaus Bedarfsflächen in angrenzenden Grundstücken (öffentlicher Straßenraum, Nachbargrundstücke), so sind frühzeitig und vor Baubeginn die städtische Genehmigung sowie die nachbarschaftliche Gestattung einzuholen um Stillstände zu vermeiden. Hierfür sind entsprechende, z.T. erhebliche Nutzungsentgelte an die Stadt bzw. Abstandszahlungen an die Nachbarn zu entrichten. In Abhängigkeit der notwendigen Sicherungsmaßnahmen, sind entsprechende Schadensausgleichzahlungen an die Stadt zu entrichten.

Auch wenn die eingesetzten Verbau- und Ankergeräte den örtlichen Verhältnissen angepasst werden, können durch die Verbauarbeiten Schäden an der Nachbarbebauung, Straßenkörpern oder Leitungstrassen nicht vollständig ausgeschlossen werden. Daher muss eine entsprechende Beweissicherung erfolgen.

Liegt ein Kampfmittelverdacht vor, so müssen, wie oben beschrieben, die Verbauträger vorsondiert werden, was mit einem entsprechendem Zeit- und Kostenaufwand verbunden ist.

5.6 Wasserhaltung

5.6.1 Nicht unterkellerte Gebäudebereiche

Die in der Aushubsohle der nicht unterkellerten Gebäudebereiche anstehenden bindigen Böden (Auffüllungen, Hochflutlehme, Lehmlagen in Hochflutsanden) sind schlecht durchlässig und zusetzendes Wasser kann nicht ausreichend versickern. Insbesondere bei starken, lang anhaltenden Niederschlägen sammelt sich dann Wasser auf der Aushubsohle, was zum Aufweichen und damit zur Zerstörung des Bodens führt. Weiterhin kann sich zutretendes Stau-/Schichtwasser in der Baugrube sammeln.

Damit dies hier insbesondere aufgrund der z.T. beim Aushub freigelegten großen Flächen

nicht geschieht, muss eine ausreichende Planumsentwässerung mit Gefälle und offene Wasserhaltung vorgesehen werden.

5.6.2 Wasserhaltung Kellergeschoss

Die zur Vorbemessung angenommene Baugrubensohle liegt im Bereich des Untergeschosses auf einer Höhe von ca. 30,1...30,3 m und damit ca. 0,5 bis 1,0 m unter dem zum Zeitpunkt der Geländearbeiten angetroffenen Grundwasserspiegel von 30,7 bis 31,1 m NHN. Wird der höchste tatsächlich bislang gemessenen Grundwassersstand angesetzt (31,0...31,5 m NHN) berücksichtigt, so liegt die Baugrubensohle ca. 1,5...2,0 m unter Wasser.

Um die tatsächlichen Wasserstände zu kontrollieren und den Wasserandrang abschätzen zu können, empfehlen wir anhand von 4 provisorischen Grundwasserpegeln die Grundwasserstände bis Baubeginn mittels Datenlogger zu überwachen. Auf jeden Fall müssen mit ausreichendem Vorlauf vor Baubeginn Baggerschürfe hergestellt und der Grundwasserstand kontrolliert und der Wasseranfall ermittelt werden. Dann können abschließend die erforderlichen Wasserhaltungsmaßnahmen geprüft und abgestimmt werden und eine Bemessung der Wasserhaltung erfolgen.

Aufgrund der hohen Grundwasserstände und damit es nicht zum hydraulischen Grundbruch oder zur Auflockerung der Gründungssohle kommt, muss der Aushub für das Untergeschoss im Schutz einer geschlossenen Wasserhaltung über Dränstränge oder Vakuumanlagen erfolgen. Schwerkraftbrunnen sind eher nicht geeignet.

Wir empfehlen für das Bauvorhaben eine Variantenstudie durchzuführen und damit die Auswirkungen und Kosten der verschiedenen Möglichkeiten für die Wasserhaltung unter Berücksichtigung der geplanten Baugrubenabmessungen, Aushubabschnitte und Aushubtiefen durchzuführen und hierbei auch den Einfluss der Wasserhaltung auf die Umgebung zu ermitteln.

Um den Aufwand für die Wasserhaltung und vor allem die geförderten Wassermengen zu reduzieren, empfiehlt sich bei der Bemessung die Größe der einzelnen Aushubabschnitte für die Baugrube anzupassen. Auch kann durch eine Anhebung der Gründungs- bzw. Baugrubensohle der Aufwand für die Wasserhaltungsmaßnahmen ggf. erheblich reduziert werden. Weiterhin muss die Reichweite der durch die verschiedenen Wasserhaltungsmaßnahmen erzeugte Absenktrichter berücksichtigt werden, da es insbesondere in den locker gelagerten Hochflutsanden durch eine Grundwasserabsenkung, die bis in den Bereich der angrenzenden

Bebauung reicht, auch hier zu Setzungen kommen kann.

Bei den Wasserhaltungsmaßnahmen darf es zu keinem Bodenentzug kommen.

Für die Wasserhaltungsmaßnahmen sind eine wasserrechtliche Genehmigung und Einleitgenehmigung erforderlich. Hierfür ist ein gewisser zeitlicher Vorlauf notwendig.

5.7 Abdichtung, Drainage

5.7.1 Allgemeine Angaben

Bei einer Planung der Abdichtung der erdberührten Bauteile nach DIN18533-1:2017-07 muss auf jeden Fall berücksichtigt werden, dass Bodenfeuchte auftritt und die Auffüllungen und insbesondere die Hochflutlehm und tw. auch die schluffigen Hochflutsande eine geringe Durchlässigkeit ($k_f < 10^{-4}$ m/s) aufweisen. Daher muss damit gerechnet werden, dass sich zeitweise versickerndes Oberflächen- und Schichtwasser aufstauen kann. Damit dem Gebäude nicht zusätzlich versickerndes Oberflächenwasser zugeführt wird, müssen z.B. die umgebenden Flächen so ausgebildet werden, dass das Gefälle vom Gebäude wegführt.

Weiterhin müssen die hohen Grundwasserstände berücksichtigt werden. Das LANUV gibt für den Bereich des Baugrundstücks die Grundwassergleichen für 1988 mit 31,0 m NHN an (Abb. 6) und für einen Grundwasserstand von 31,5 m NHN (= HGW) an. Aufgrund der in den letzten Jahrzehnten stetig ansteigenden Grundwasserstände und den bei den Geländearbeiten gemessenen Grundwasserstände von i.M. ca. 31,0 m NHN empfehlen wir einen Sicherheitszuschlag von mind. 1,0 m und damit in erster Näherung einen Wasserstand von mind. 32,5 m NHN (HGWs) zu berücksichtigen.

5.7.2 Nicht unterkellerte Gebäude

Für die nicht unterkellerten Gebäudebereiche muss für die Bodenplatte und für ggf. erdberührten Außenwände (Höhe < 3,0 m), wie z.B. an Rampen, Aufzugsunterfahrten u.ä., mit einer mäßigen Einwirkung von drückendem Wasser gerechnet werden. Dies entspricht der Wassereinwirkungsklasse W2.1-E nach DIN18533-1.

In Kombination mit einer auf Dauer funktionstüchtigen Drainage nach DIN4095, die die Bildung von Stauwasser zuverlässig vermeidet, kann die Wassereinwirkungsklasse W1.2-E angesetzt werden. Für das anfallende Dränwasser muss dann eine ausreichend bemessene und sichere sowie rückstaufreie Vorflut geschaffen werden, wobei eine Versickerung in den Kiessanden

möglich ist. Alle unter die Drainage reichenden Bauteile (z.B. Pumpenschächte, Aufzugsunterfahrten u.ä.) müssen wasserdicht und auftriebssicher ausgebildet werden.

Für alle unter das Niveau des Bemessungshochwasser reichenden Bauteile sind die Angaben unter Abs. 5.7.3 und 5.7.4 zu beachten.

5.7.3 Unterkellerte Gebäude

Wird für das Untergeschoss für die Bemessung der o.g. Bemessungswasserstand, der in erster Näherung mit mind. 32,5 m NHN (HGWs) abgeleitet wurde, zugrunde gelegt, so muss unter Berücksichtigung der Einbindetief des Gebäudes von > 3,0 m eine hohe Einwirkung von drückendem Wasser und die Wassereinwirkungsklasse W2.2-E n. DIN18533-1 muss berücksichtigt werden.

5.7.4 Ausführung von wasserundurchlässigen Bauwerken

Alternativ zu einer Abdichtung nach DIN18533, oder wenn eine Dränage aus genehmigungstechnischen Gründen nicht hergestellt werden kann, ist auch eine entsprechend betontechnologische Ausführung möglich.

Bei der Herstellung eines wasserundurchlässigen Bauwerks aus Beton muss gem. der DAfStb-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)“ (2017-12) für nicht unterkellerte Gebäude die Beanspruchungsklasse 1 für zeitweise aufstauendes Sickerwasser und nicht drückendes Wasser berücksichtigt werden. Die Beanspruchungsklasse 2 kann nur für Bauteile angesetzt werden, auf die lediglich das feuchte Erdreich oder nichtstauendes Sickerwasser einwirken, was hier nur in Zusammenhang mit einer dauerhaft rückstaufreien Drainage nach DIN 4095 gegeben ist.

Für die unterkellerten Gebäude/Bauteile ist dann gem. der DAfStb-Richtlinie die Beanspruchungsklasse 1 für ständig oder zeitweise drückendes Grund- und Schichtwasser anzusetzen.

Weiterhin sind bauseits bzw. durch den Fachplaner die Nutzungsklassen und bauphysikalischen Anforderungen aus der Nutzung zu berücksichtigen.

6 Bewertung Bodenaushub

Bei den durchgeführten Geländeuntersuchungen wurden aufgefüllte Böden angetroffen. Die Zusammensetzung ist unter Abs. 3.7.1 und weiterreichend im Bericht 2220127_AL_G01 zur Deklarationsanalytik beschrieben. Im Bericht 2220127_AL_G01 werden weiterhin Angaben

zur Verwertung und Entsorgung gemacht.

Grundsätzlich muss aber bei aufgefüllten Böden berücksichtigt werden, dass sie eine inhomogene und rasch wechselnde Zusammensetzung aufweisen und eine mögliche Belastung nicht ausgeschlossen werden kann. Treten beim Aushub auffällige, bisher nicht festgestellte Bodenverunreinigungen auf, so sind diese Bereiche entsprechend zu separieren und zwischen zu lagern, damit eine Vermengung und damit eine ggf. unsachgemäße Entsorgung/Wiederverwertung unterschiedlich belasteter Böden vermieden wird. Auffüllungsmaterial wird nach Aushub im Sinne des Abfall- und Kreislaufwirtschaftsgesetzes zu Abfall und/oder Reststoff, der ordnungsgemäß zu verwerten bzw. zu entsorgen ist. Für die erforderlichen Verwertungs- und Entsorgungsmaßnahmen ist das aufgefüllte Aushubmaterial durch entsprechende Analysen zu deklarieren. Die Untersuchung des Bodens erfolgt nach dem untergesetzlichen Regelwerk, der LAGA - Richtlinie M 20, zur Überprüfung einer möglichen Wiederverwertung. Sofern die Konzentrationsvorgaben der Zuordnungsklassen der LAGA-Richtlinie überschritten werden, ist eine Verwertung nicht möglich. Für diesen Fall muss eine Untersuchung gemäß Deponieverordnung (DepV, 2009) durchgeführt werden.

Für Schwarzdecken ist mittels Untersuchung der Parameter polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und Phenole der Belastungsgrad (u.a. Teergehalt) zu klären. Die Untersuchungen und Bewertungen für eine Verwertung/Entsorgung erfolgen nach den Vorgaben der LAGA - Richtlinie M 20 für Straßenaufbruch und im Sinne der RuVA-StB 01.

In Abhängigkeit der Annahmestelle muss ggf. auch der „gewachsene Boden“ deklariert werden. Hier ist dann eine Abstimmung mit der Erdbaufirma/Entsorger erforderlich.

7 Schlussbemerkung

Die Beschreibung der Boden- und Grundwasserverhältnisse beruht auf punktuellen Aufschlüssen, zwischen denen linear interpoliert wurde. Daher können Abweichungen vom dargestellten Verlauf der Schichtgrenzen nicht ausgeschlossen werden.

Die Aussagen im Gutachten beziehen sich nur auf die Einstufung des Bodens bezüglich seiner Eignung als Baugrund. Im Bericht 2220127_AL_G01 zur Deklarationsanalytik weiterhin Angaben zur Verwertung und Entsorgung gemacht.

Der Untersuchungsumfang, die Untersuchungstiefe und die Aussagen im Baugrundgutachten beziehen sich auf den mitgeteilten Planungsstand und die zur Verfügung gestellten Planunterlagen. Sofern sich die Planung ändert, muss das Gutachten und ggf. der Untersuchungsumfang der neuen Planung angepasst werden.

Wir weisen darauf hin, dass es durch Baubehelfe, Baugrubensicherungen etc. zu besonderen Lasteinwirkungen oder tiefen Baugrundeingriffen kommen kann, die durch die o.g. geotechnischen Untersuchungen nicht abgedeckt sind. Hier sind dann in jedem Fall ergänzende Abstimmungen mit dem geotechnischen Sachverständigen erforderlich.

Aufgrund der Untergrundverhältnisse empfehlen wir eine Abstimmung mit dem Tragwerksplaner und das Setzungsverhalten anhand von Setzungsberechnungen (n. DIN 4019) zu kontrollieren, insbesondere da neben unterkellerten Gebäudeteilen auch nichtunterkellerte geplant sind und sich damit unterschiedliche Gründungsverhältnisse ergeben, sowie aufgrund der vorliegenden unterschiedlichen Schichtdicken.

Weiterhin müssen die Grundwasser zumindest in (provisorischen) Grundwassermessstellen, beobachtet und der Wasseranfall in Schürfen ermittelt werden, da die Baugrubensohle unter dem Grundwasserstand liegt und hier weitreichende Maßnahmen zur Grundwasserhaltung erforderlich sind. Anhand einer Variantenstudie können der Aufwand und die Kosten, sowie der Einfluss auf die Nachbarbebauung unter Berücksichtigung einer in z.B. Teilabschnitten hergestellten Baugrube oder für eine Anhebung der Baugrubensohle abgeschätzt werden.

Im Zusammenhang mit der Baugrubenplanung müssen auch die Wasserhaltungsmaßnahmen berücksichtigt werden, die sich diese durch z.B. Schwerkräftfilter im Böschungsbereich auf die Größe der Baugrube auswirken können.

Dem Baugrundgutachter muss Gelegenheit zur Überprüfung und Abnahme der Gründungssohlen und zur Kontrolle des Baugrunds während der Aushubarbeiten gegeben werden.

Bonn, den 27. Juni 2022

Kühn Geoconsulting GmbH



Dipl.-Geol. STEFAN OESINGHAUS
Geschäftsführender Gesellschafter



Dipl.-Geol. ANDREAS MAYER
Baugrundgutachter, Fachbereichsleiter

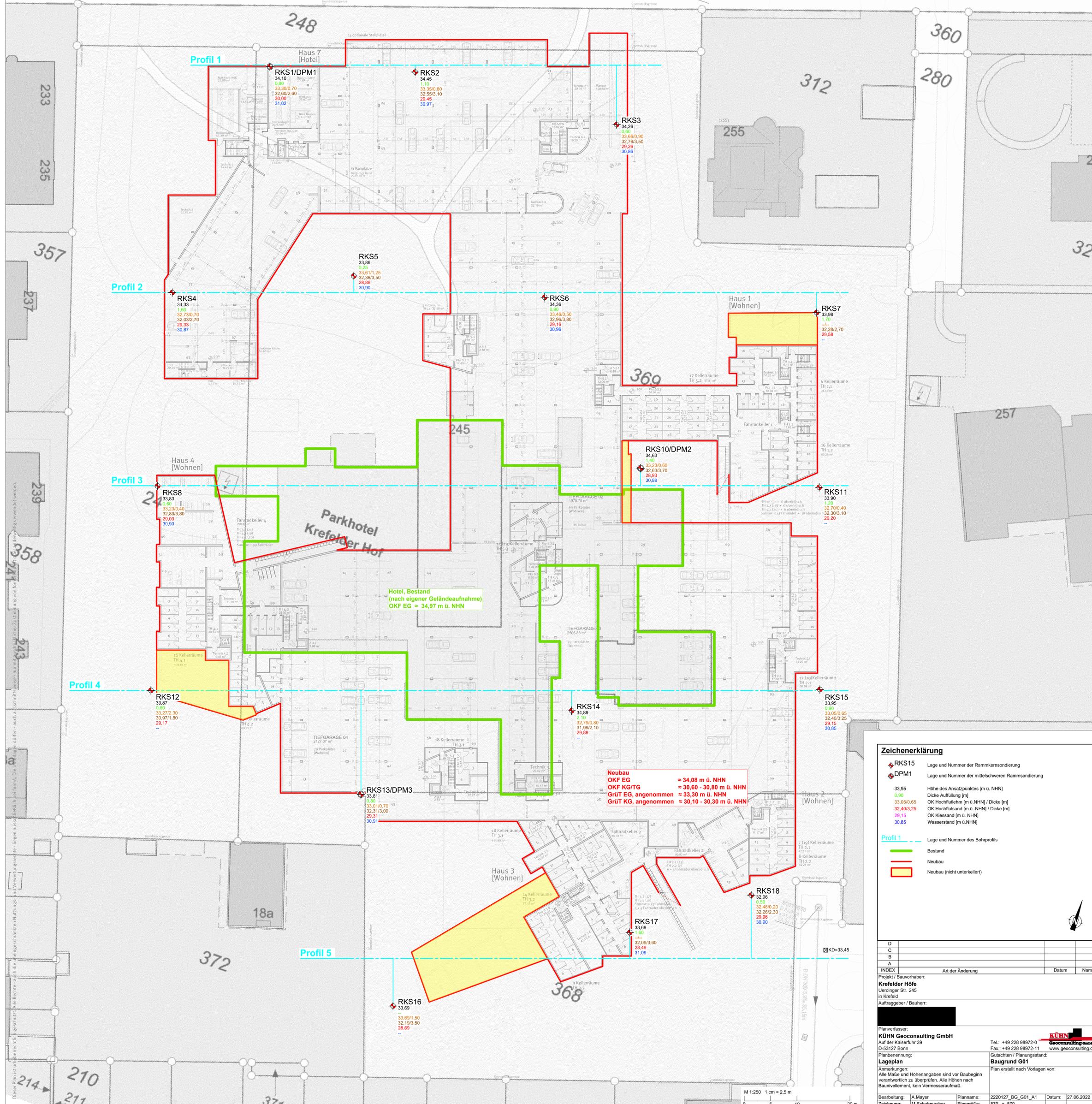
Anlagen 1 Lageplan
 2 Bohrprofile
 3 Laborergebnisse
 4 Fundamentdiagramme

Ø



vorab per E-Mail:





Hotel, Bestand
(nach eigener Geländeaufnahme)
OKF EG ≈ 34,97 m ü. NHN

Neubau
OKF EG ≈ 34,08 m ü. NHN
OKF KG/TG ≈ 30,60 - 30,80 m ü. NHN
Grüt EG, angenommen ≈ 33,30 m ü. NHN
Grüt KG, angenommen ≈ 30,10 - 30,30 m ü. NHN

Zeichenerklärung

- RKS15 Lage und Nummer der Rammkernsondierung
- DPM1 Lage und Nummer der mittelschweren Rammsondierung
- 33,95 Höhe des Ansatzpunktes [m ü. NHN]
- 0,80 Dicke Auffüllung [m]
- 33,05/0,65 OK Hochflutlehm [m ü. NHN] / Dicke [m]
- 32,40/3,25 OK Hochflutsand [m ü. NHN] / Dicke [m]
- 29,15 OK Kiessand [m ü. NHN]
- 30,85 Wasserstand [m ü. NHN]

Profil 1

- Lage und Nummer des Bohrprofils
- Bestand
- Neubau
- Neubau (nicht unterkellert)

INDEX	Art der Änderung	Datum	Name
D			
C			
B			
A			

Projekt / Bauverfahren:
Krefelder Höfe
Uerdinger Str. 245
in Krefeld
Auftraggeber / Bauherr:

Planverfasser:
KÜHN Geoconsulting GmbH
Auf der Kaiserfuhr 39
D-53127 Bonn
Tel.: +49 228 98972-0
Fax: +49 228 98972-11
www.geoconsulting.de

Planbenennung:
Lageplan
Anmerkungen:
Alle Maße und Höhenangaben sind vor Baubeginn verantwortlich zu überprüfen. Alle Höhen nach Baunivellement, kein Vermesseraufmaß.

Gulachten / Planungsstand:
Baugrund G01
Plan erstellt nach Vorlagen von:

Bearbeitung: A.Mayer
Zeichnung: M.Schuhmacher
Projekt-Nr.: 2220127

Planname: 2220127_BG_G01_A1
Plangröße: 870 x 870
Maßstab: 1:250

Datum: 27.06.2022
Anlage: 1

M 1:250 1 cm = 2,5 m

0 5 10 20 m

Dieser Plan ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Rechte an den gezeichneten Anlagen sind vorbehalten. Die Rechte an den gezeichneten Anlagen sind vorbehalten. Die Rechte an den gezeichneten Anlagen sind vorbehalten.

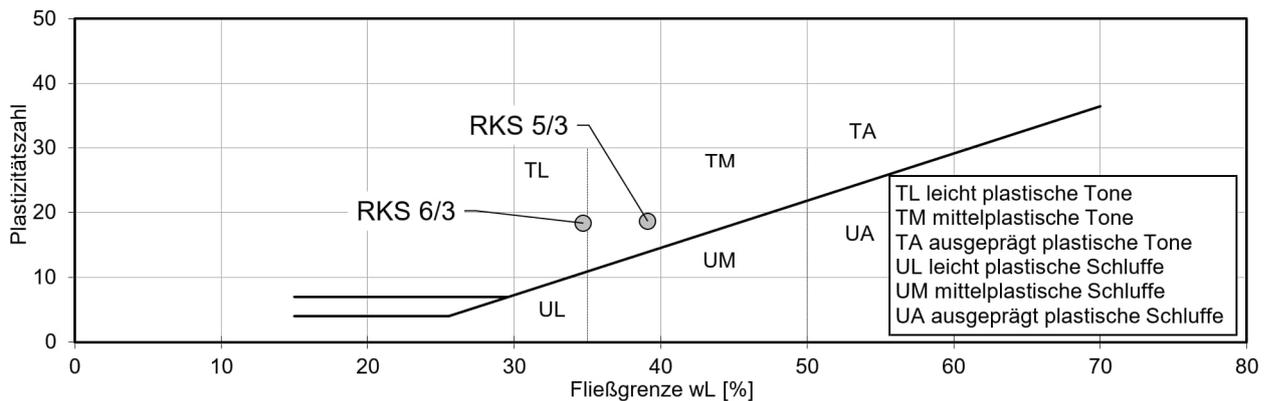
BV „Krefelder Höfe“, Uerdinger Straße 245 in Krefeld

Bericht: 2220127_BG_G01
Anlage: 3
Datum: 27.06.2022

Tab. 1: Bestimmung der Konsistenzgrenzen n. DIN 18122

Proben-Nr.	Fließgrenze w_L [%]	Ausrollgrenze w_P [%]	Überskorn \ddot{u} [%]	Plastizitätszahl I_P ($I_P = w_L - w_P$)	Bemerkungen
RKS 5/3	39,1	20,4	0,0	18,7	
RKS 6/3	34,7	16,3	0,0	18,4	

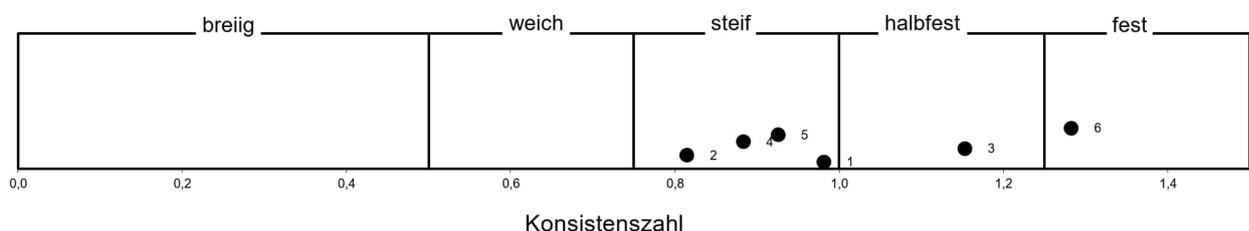
Bild 1: Darstellung im Plastizitätsdiagramm



Tab. 2: Bestimmung der Wassergehalte n. DIN 18121 und Ermittlung der Konsistenz

Ifd.-Nr / Proben-Nr.	Wassergehalt		Konsistenzzahl I_C	Konsistenz n. DIN 18122	Bemerkungen	
	w in [%]	$w_{\ddot{u}}$ in [%]				
1	RKS 1/4	18,7	18,7	0,98	steif	
2	RKS 2/3	21,8	21,8	0,81	steif	
3	RKS 5/3	17,5	17,5	1,15	halbfest	
4	RKS 6/3	18,5	18,5	0,88	steif	
5	RKS 10/3	19,7	19,7	0,93	steif	
6	RKS 16/3	13,1	13,1	1,28	fest	
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Bild 2: Darstellung der Konsistenzen im Konsistenzbalken n. ATTERBERG



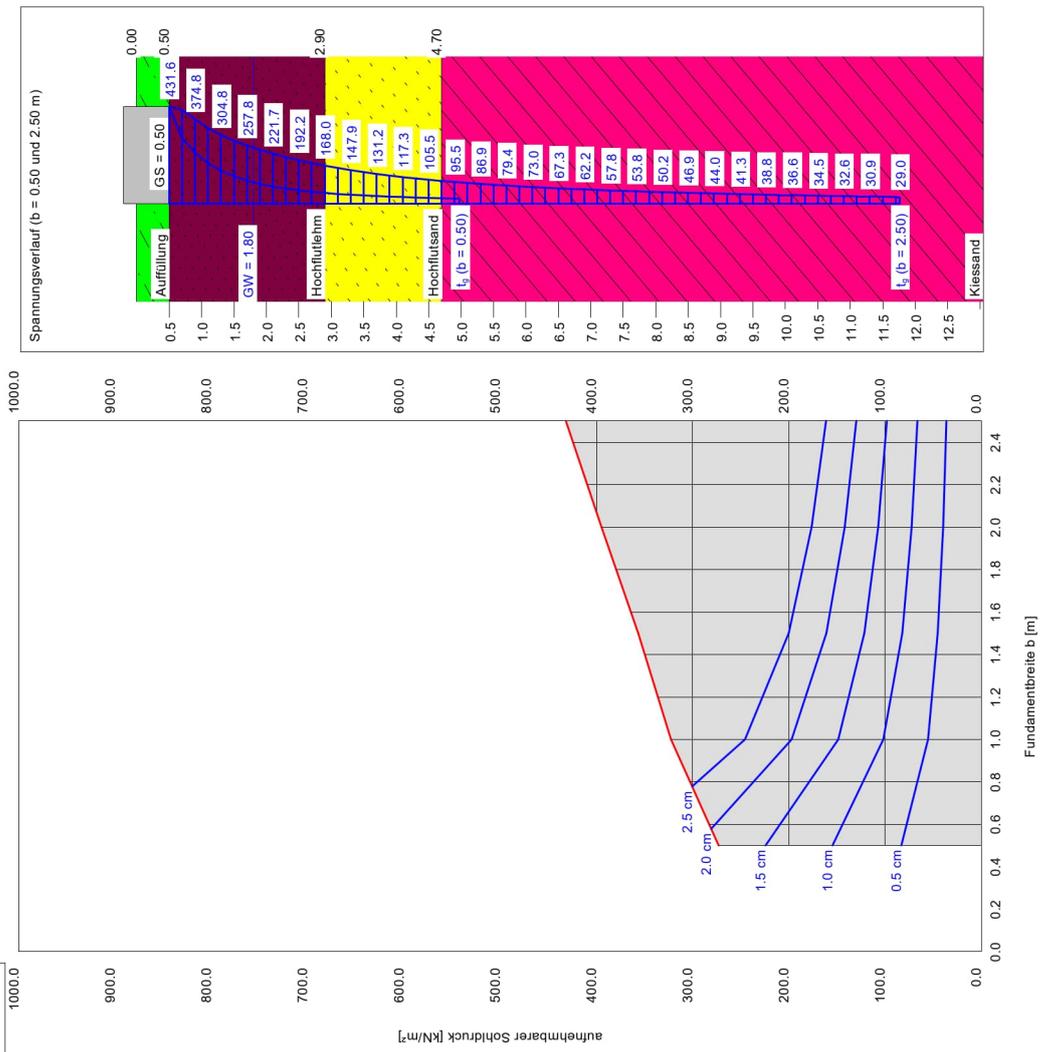
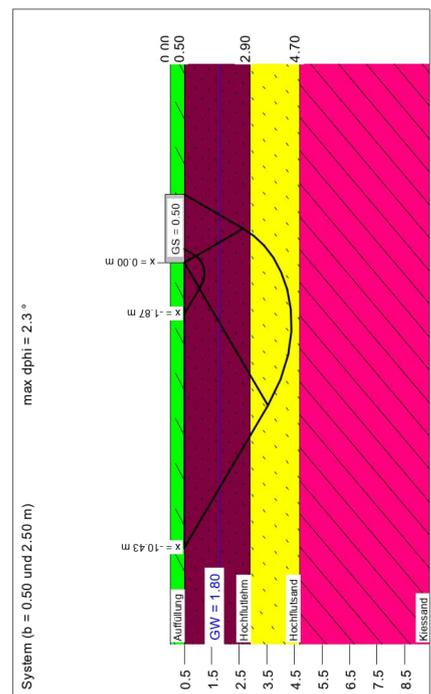
BV Krefelder Höfe, Uerdinger Straße 245 in Krefeld

Mischgründung (Hochflutablagerungen) über Einzel-/Streifenfundamente (h = 0,50 m) - RKS12

Berechnungsgrundlagen:
Lastfall BS-P n. DIN 1054:2010-12
Norm: EC 7
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Streifenfundament (a = 10.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.00$
 $\gamma_Q = 1.00$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.000
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.000 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.000) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.000$
Gründungssohle = 0.50 m
Grundwasser = 1.80 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenzflächen spannungsvariabel bestimmt
Datei: 2220127_BG_G01_A41.gdg
— aufnehmbarer Sohldruck
— Setzungen

Boden	Tiefe [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	Bezeichnung
	0.50	17.5	7.5	28.8	3.8	5.0	Auffüllung
	2.90	20.0	10.0	27.5	7.5	12.5	Hochflutlehm
	4.70	18.0	10.0	31.3	0.0	20.0	Hochflutsand
	>4.70	19.5	11.5	37.5	1.3	100.0	Kiessand



a [m]	b [m]	zul σ [kN/m ²]	zul R [kN/m]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ ₂ [kN/m ³]	σ ₀ [kN/m ²]	t ₀ [m]	UK LS [m]
10.00	0.50	272.9	136.5	1.84	27.5	7.50	20.00	8.75	4.98	1.23
10.00	1.00	322.5	322.5	3.30	27.5	7.50	19.64	8.75	7.20	1.95
10.00	1.50	356.5	534.7	4.50	27.5	7.50	17.46	8.75	8.89	2.68
10.00	2.00	394.4	788.9	5.69	29.0	4.66	15.73	8.75	10.40	3.56
10.00	2.50	431.6	1079.0	6.84	29.5	3.60	14.67	8.75	11.76	4.39

$zul \sigma = \sigma_{m,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{m,k} / (1.40 \cdot 1.00) = \sigma_{m,k} / 1.40$

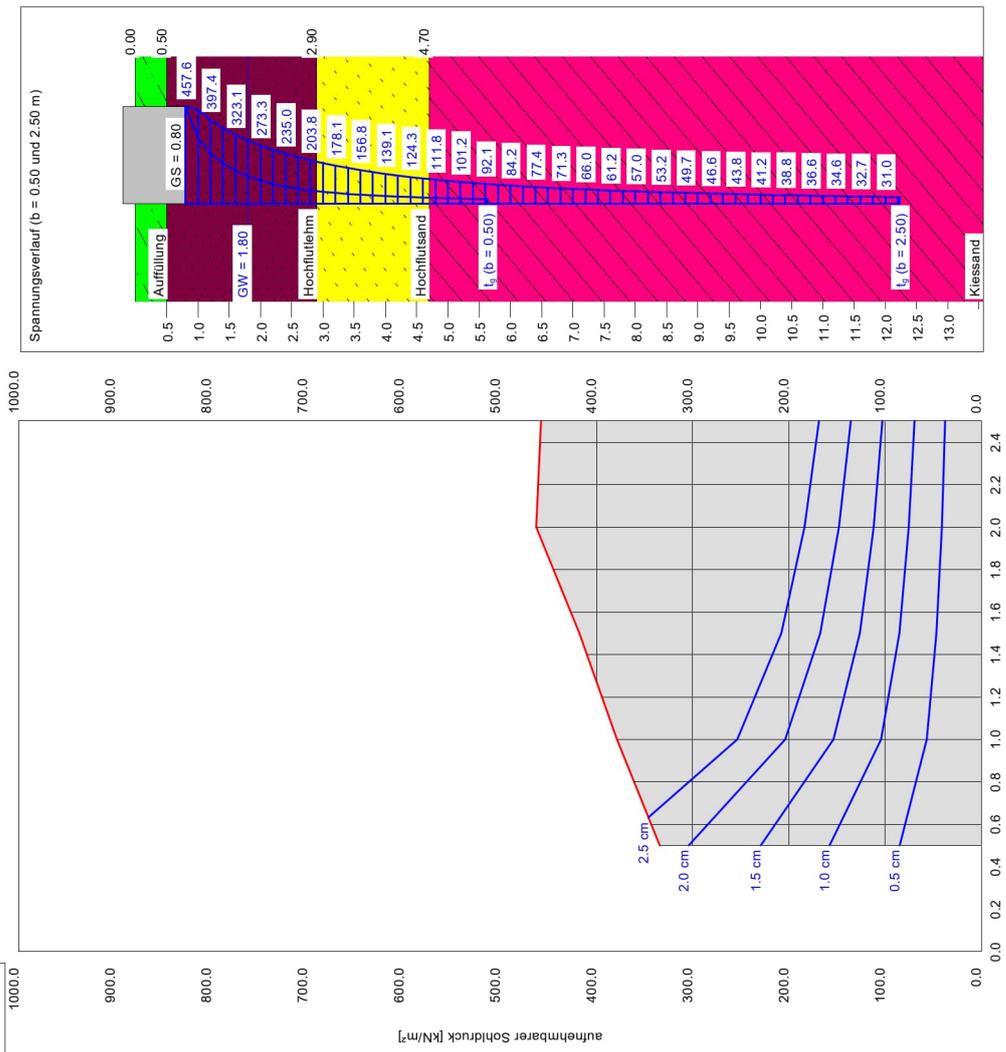
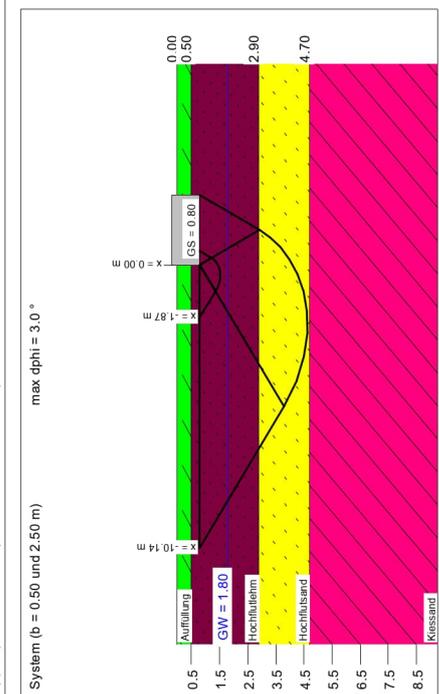
BV Krefelder Höfe, Uerdinger Straße 245 in Krefeld

Mischgründung (Hochflutablagerungen) über Einzel-/Streifenfundamente (h = 0,80 m) - RKS12

Berechnungsgrundlagen:
 Lastfall BS-P n. DIN 1054:2010-12
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 10.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.00$
 $\gamma_Q = 1.00$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.000
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.000 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.000) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.000$
 Gründungssohle = 0.80 m
 Grundwasser = 1.80 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 m
 Grenziefen spannungsvariabel bestimmt
 Datei: 2220127_BG_G01_A42.gdg
 — aufnehmbarer Sohldruck
 — Setzungen

Boden	Tiefe [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	Bezeichnung
■	0.50	17.5	7.5	28.8	3.8	5.0	Auffüllung
■	2.90	20.0	10.0	27.5	7.5	12.5	Hochflutlehm
■	4.70	18.0	10.0	31.3	0.0	20.0	Hochflutsand
■	>4.70	19.5	11.5	37.5	1.3	100.0	Kiessand



a [m]	b [m]	zul σ [kN/m ²]	zul R [kN/m]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ ₂ [kN/m ³]	σ ₀ [kN/m ²]	t ₀ [m]	UK LS [m]
10.00	0.50	334.0	167.0	2.20	27.5	7.50	20.00	14.75	5.63	1.53
10.00	1.00	378.5	378.5	3.76	27.5	7.50	18.26	14.75	7.90	2.25
10.00	1.50	417.5	626.3	5.10	28.3	6.01	15.96	14.75	9.68	3.04
10.00	2.00	462.6	925.1	6.43	29.3	3.98	14.53	14.75	11.29	3.89
10.00	2.50	457.6	1144.0	6.96	28.9*	3.20	13.76	14.75	12.23	4.62

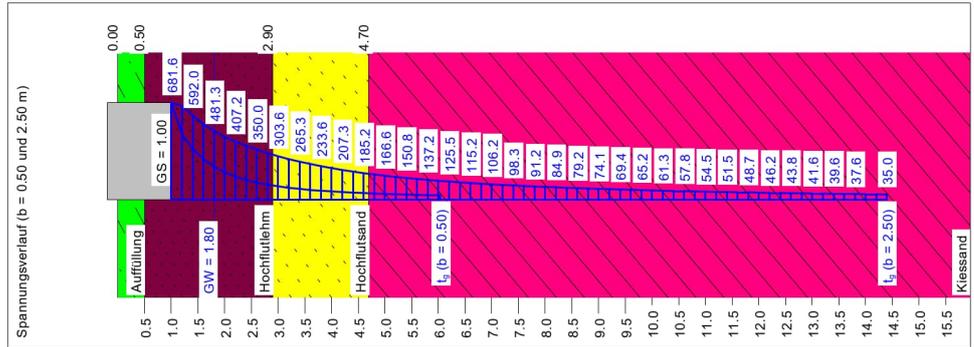
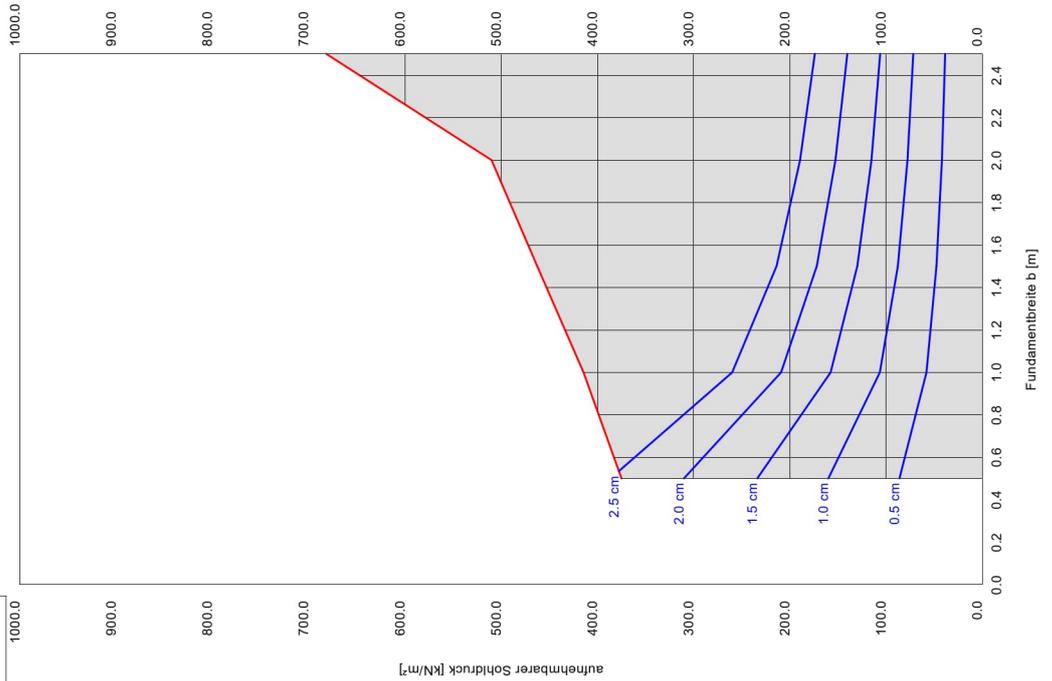
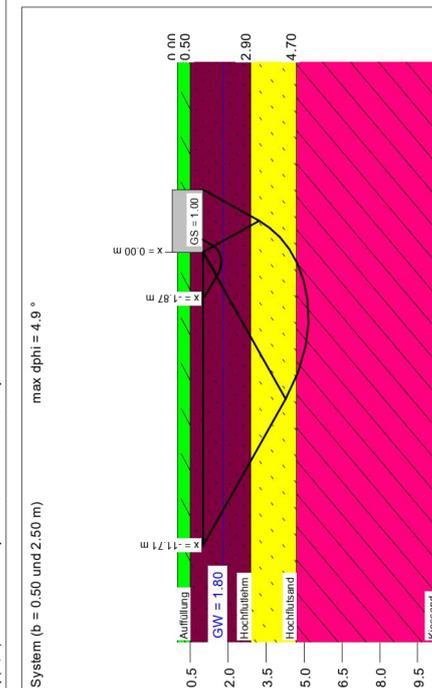
* phi wegen 5° Bedingung abgemindert

BV Krefelder Höfe, Uerdinger Straße 245 in Krefeld

Mischgründung (Hochflutablagerungen) über Einzel-/Streifenfundamente (h = 1,00 m) - RKS12

Berechnungsgrundlagen:
 Lastfall BS-P n. DIN 1054:2010-12
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 10.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.00$
 $\gamma_Q = 1.00$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.000
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.000 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.000) \cdot \gamma_G$

Boden	Tiefe [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	Bezeichnung
	0.50	17.5	7.5	28.8	3.8	5.0	Auffüllung
	2.90	20.0	10.0	27.5	7.5	12.5	Hochflutlehm
	4.70	18.0	10.0	31.3	0.0	20.0	Hochflutsand
	>4.70	19.5	11.5	37.5	1.3	100.0	Kiessand



a [m]	b [m]	zul σ [kN/m ²]	zul R [kN/m]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ ₂ [kN/m ³]	σ ₀ [kN/m ²]	t ₀ [m]	UK LS [m]
10.00	0.50	374.8	187.4	2.42	27.5	7.50	20.00	18.75	6.03	1.73
10.00	1.00	414.4	414.4	4.02	27.5	7.50	17.02	18.75	8.33	2.45
10.00	1.50	462.3	693.5	5.49	28.8	5.02	14.87	18.75	10.22	3.28
10.00	2.00	509.8	1019.5	6.89	29.5	3.56	13.69	18.75	11.85	4.12
10.00	2.50	681.6	1704.0	10.12	31.5*	3.00	12.88	18.75	14.39	5.18

* phi wegen 5° Bedingung abgemindert

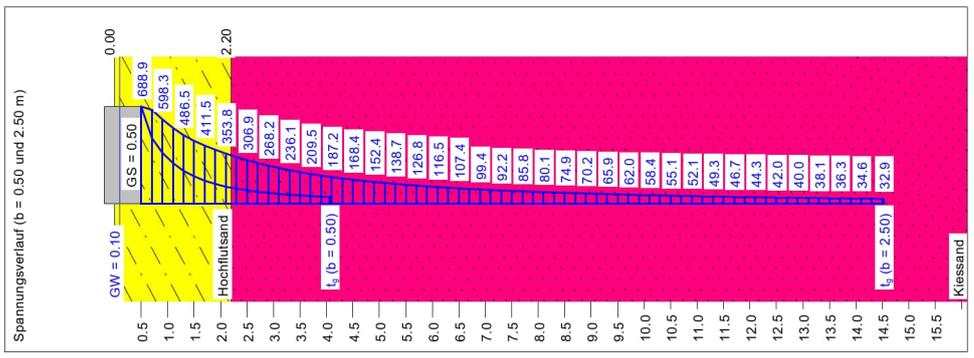
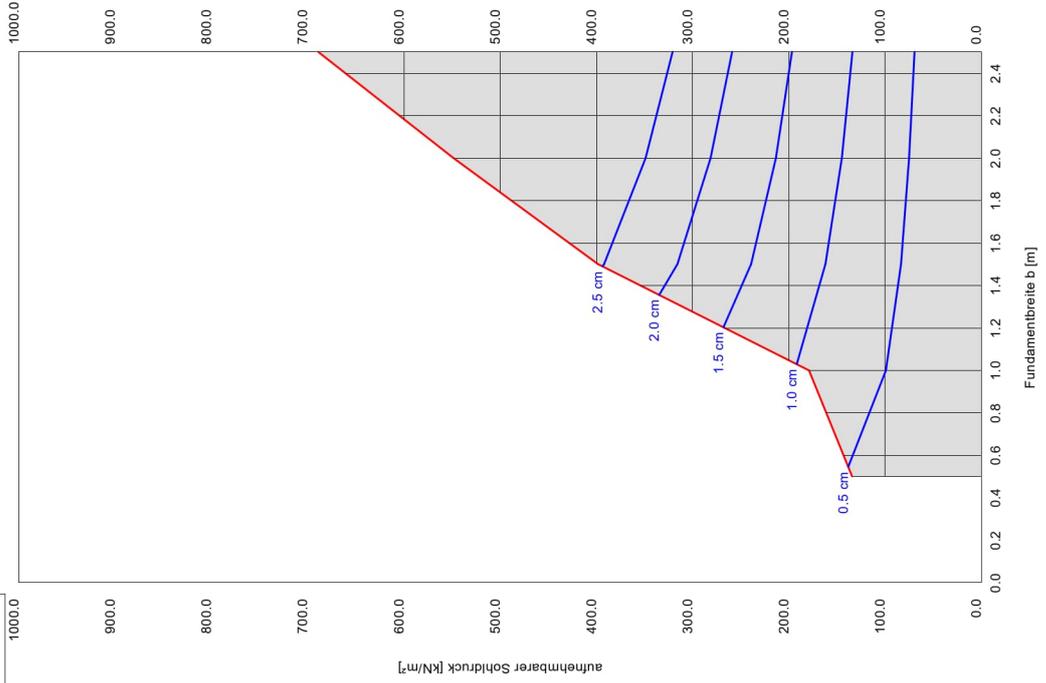
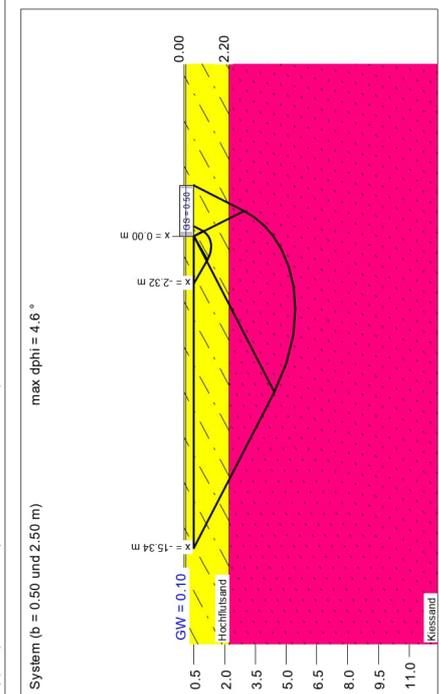
BV Krefelder Höfe, Uerdinger Straße 245 in Krefeld

Gründung Hochflutsande über Einzel-/Streifenfundamente (h = 0,50 m) - RKS17

Berechnungsgrundlagen:
Lastfall BS-P n. DIN 1054:2010-12
Norm: EC 7
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Streifenfundament (a = 10.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.00$
 $\gamma_Q = 1.00$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.000
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.000 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.000) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.000$
Gründungssohle = 0.50 m
Grundwasser = 0.10 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenzflächen spannungsvariabel bestimmt
Datei: 2220127_BG_G01_A44.gdg
— aufnehmbare Sohldruck
— Setzungen

Boden	Tiefe [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	Bezeichnung
■	2.20	18.0	10.0	31.3	0.0	20.0	Hochflutsand
■	>2.20	19.5	11.5	37.5	1.3	100.0	Kiessand



a [m]	b [m]	zul σ [kN/m ²]	zul R [kN/m]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_v [kN/m ²]	t_{90} [m]	UK LS [m]
10.00	0.50	134.3	67.2	0.47	31.3	0.00	10.00	5.80	4.06	1.33
10.00	1.00	178.9	178.9	0.92	31.3	0.00	10.00	5.80	6.00	2.16
10.00	1.50	398.3	597.4	2.54	34.7	0.69	10.37	5.80	9.73	3.33
10.00	2.00	548.4	1096.7	3.99	35.5	0.86	10.62	5.80	12.28	4.39
10.00	2.50	688.9	1722.4	5.52	35.9	0.96	10.78	5.80	14.53	5.45

$zul \sigma = \sigma_{mk} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{mk} / (1.40 \cdot 1.00) = \sigma_{mk} / 1.40$

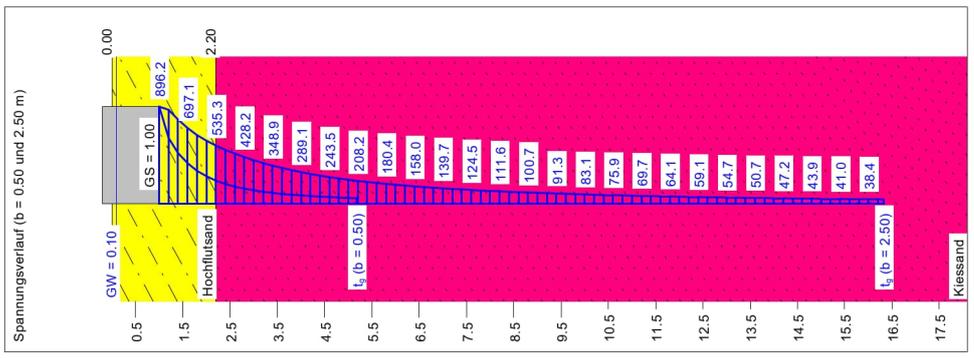
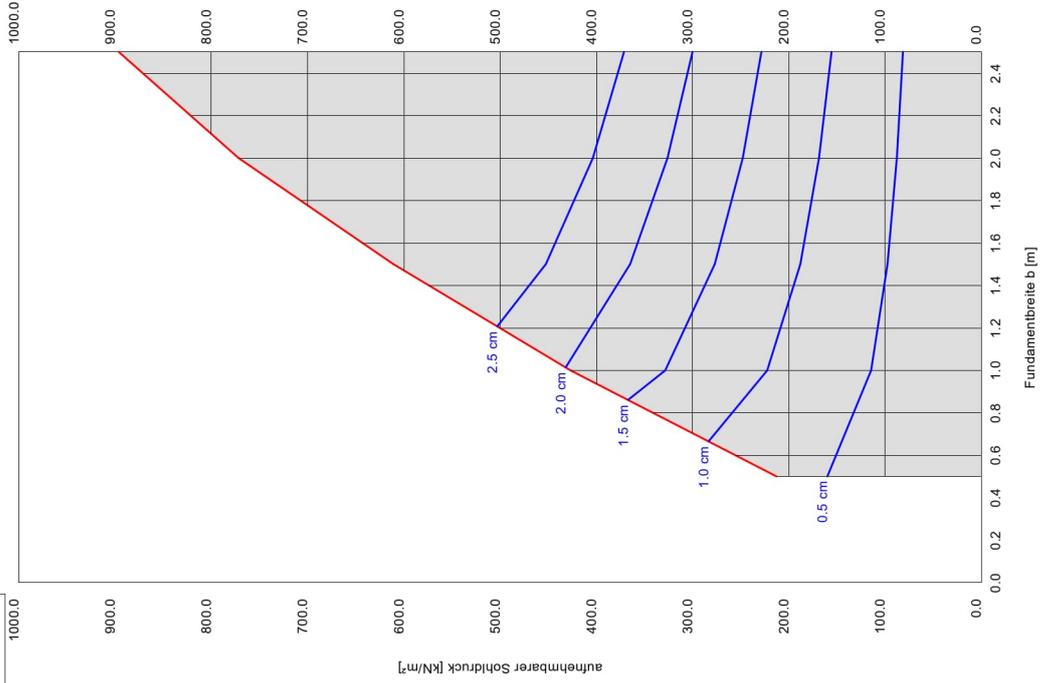
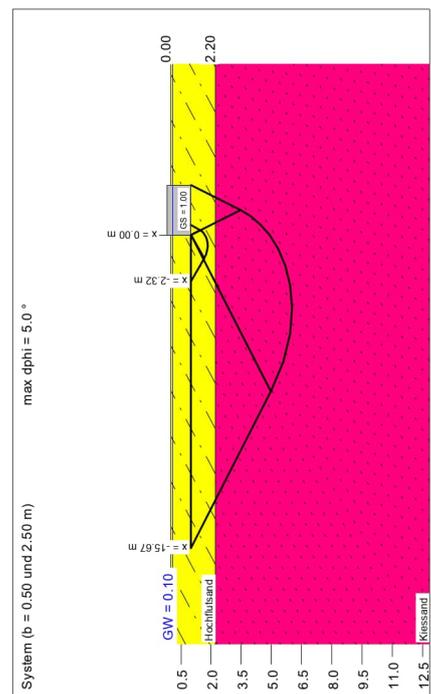
BV Krefelder Höfe, Uerdinger Straße 245 in Krefeld

Gründung Hochflutsande über Einzel-/Streifenfundamente (h = 1,00 m) - RKS17

Berechnungsgrundlagen:
Lastfall BS-P n. DIN 1054:2010-12
Norm: EC 7
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Streifenfundament (a = 10.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.00$
 $\gamma_Q = 1.00$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.000
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.000 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.000) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.000$
Gründungssohle = 1.00 m
Grundwasser = 0.10 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenzflächen spannungsvariabel bestimmt
Datei: 2220127_BG_G01_A45.gdg
— aufnehmbarer Sohldruck
— Setzungen

Boden	Tiefe [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	Bezeichnung
■	2.20	18.0	10.0	31.3	0.0	20.0	Hochflutsand
■	>2.20	19.5	11.5	37.5	1.3	100.0	Kiessand



a [m]	b [m]	zul σ [kN/m ²]	zul R [kN/m]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ ₂ [kN/m ³]	σ ₀ [kN/m ²]	t ₀ [m]	UK LS [m]
10.00	0.50	212.6	106.3	0.67	31.3	0.00	10.00	10.80	5.18	1.83
10.00	1.00	426.8	426.8	1.97	34.5	0.65	10.31	10.80	8.84	2.87
10.00	1.50	611.0	916.5	3.41	35.6	0.89	10.67	10.80	11.80	3.93
10.00	2.00	771.5	1543.1	4.90	36.1	1.00	10.86	10.80	14.29	4.99
10.00	2.50	896.2	2240.5	6.26	36.3*	1.06	10.98	10.80	16.32	6.02

* phi wegen 5° Bedingung abgemindert

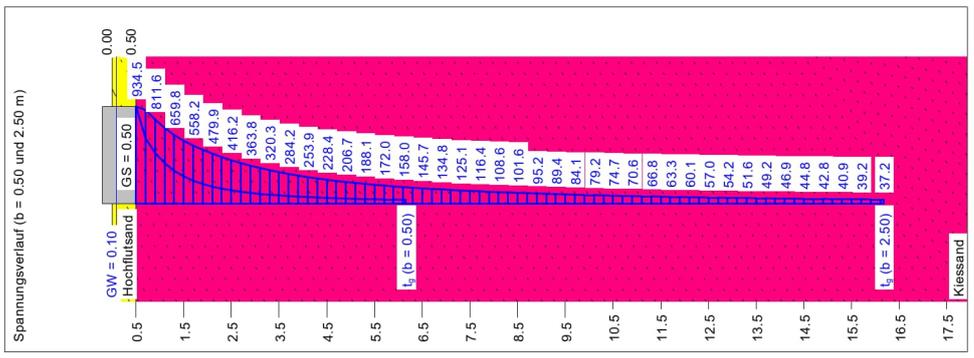
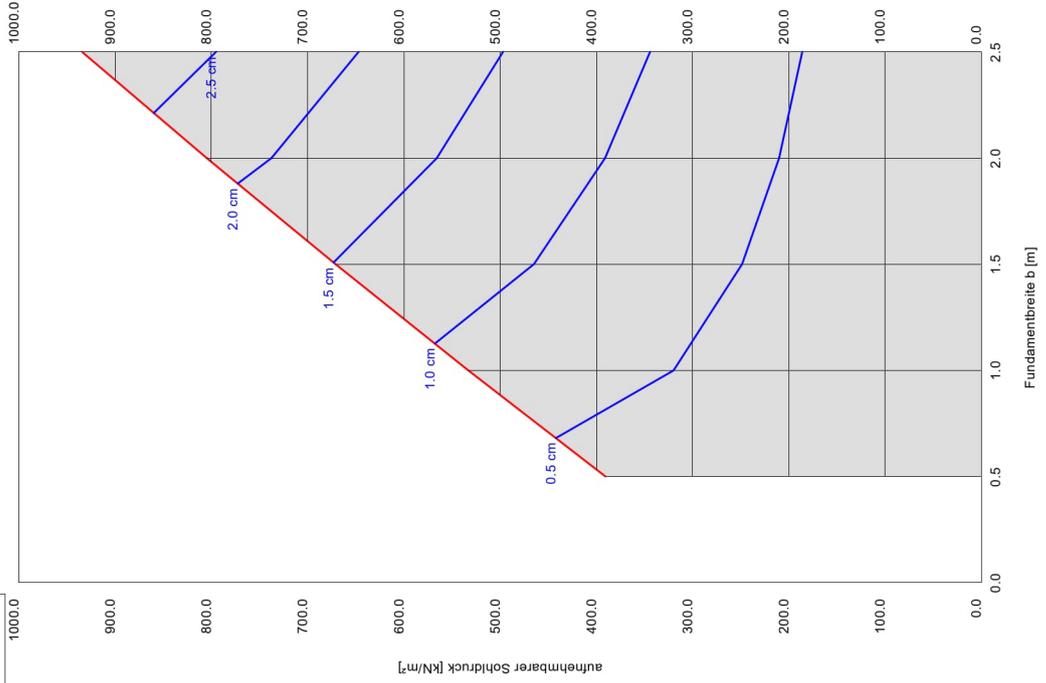
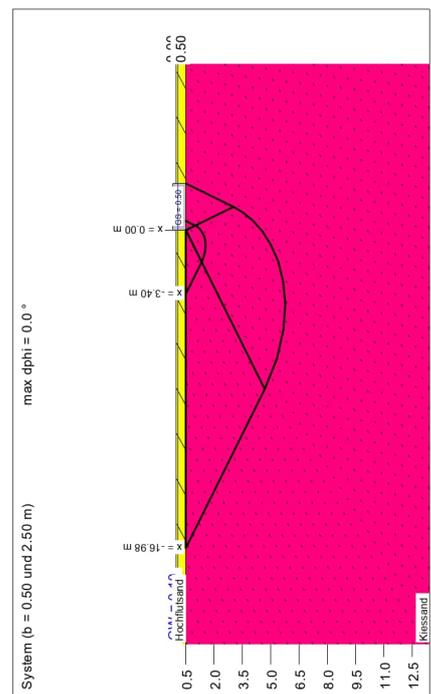
BV Krefelder Höfe, Uerdinger Straße 245 in Krefeld

Gründung Kiessande über Fundamentvertiefung (h = 0,50) - RKS14

Berechnungsgrundlagen:
Lastfall BS-P n. DIN 1054:2010-12
Norm: EC 7
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Streifenfundament (a = 10.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.00$
 $\gamma_Q = 1.00$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.000
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.000 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.000) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.000$
Gründungssohle = 0.50 m
Grundwasser = 0.10 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
Datei: 2220127_BG_G01_A46.gdg
— aufnehmbarer Sohldruck
— Setzungen

Boden	Tiefe [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	Bezeichnung
■	0.50	18.0	10.0	31.3	0.0	20.0	Hochflutsand
■	>0.50	19.5	11.5	37.5	1.3	100.0	Kiessand



a [m]	b [m]	zul σ [kN/m ²]	zul R [kN/m]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ ₂ [kN/m ³]	σ ₀ [kN/m ²]	t ₀ [m]	UK LS [m]
10.00	0.50	390.6	195.3	0.37	37.5	1.30	11.50	5.80	6.15	1.56
10.00	1.00	532.9	532.9	0.88	37.5	1.30	11.50	5.80	9.24	2.61
10.00	1.50	671.0	1006.5	1.49	37.5	1.30	11.50	5.80	11.83	3.67
10.00	2.00	804.9	1609.8	2.20	37.5	1.30	11.50	5.80	14.11	4.72
10.00	2.50	934.5	2336.2	2.98	37.5	1.30	11.50	5.80	16.17	5.78

$zul \sigma = \sigma_{mk} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{mk} / (1.40 \cdot 1.00) = \sigma_{mk} / 1.40$