

Freie Christliche Schulen Bonn/Rhein-Sieg Kreis

***Neubau Sporthalle
Campus „Im Klostergarten“
in Alfter-Oedekoven***

**Baugrundgutachten
1. Bericht**

Projekt - Nr. 2150034 BG G02

Bonn, 25.06.2019

Marius Römer, M.Sc. Geow.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| <u>1 Auftrag und Unterlagen</u> | 1 |
| <u>2 Durchgeführte Untersuchung</u> | 1 |
| <u>3 Untersuchungsergebnisse</u> | 3 |
| 3.1 Morphologie, Historie und Geologie | 3 |
| 3.1.1 Morphologie | 3 |
| 3.1.2 Bestand und Historie | 3 |
| 3.1.3 Geologie | 3 |
| 3.1.4 Erdbeben | 4 |
| 3.2 Hydrogeologie | 4 |
| 3.3 Schichtbeschreibung | 5 |
| 3.3.1 Humoser Oberboden / aufgefüllter humoser Oberboden | 5 |
| 3.3.2 Auffüllung | 6 |
| 3.3.3 Deckschichten | 6 |
| 3.3.4 Kiessande der Mittelterrasse | 8 |
| 3.3.5 Tertiäre Tone und Sande | 9 |
| 3.3.6 Charakteristische Baugrundkennwerte und Bodenklassen | 10 |
| 3.4 Betonaggressivität des Bodens | 13 |
| <u>4 Gründung</u> | 14 |
| 4.1 Gründungssituation | 14 |
| 4.2 Gründungsempfehlungen | 15 |
| 4.3 Gründung der außenliegenden Fundamente in den Deckschichten | 17 |
| 4.3.1 Aufnehmbare Sohldrücke | 17 |
| 4.4 Gründung der Fundamente im qualifizierten Bodenaufbau über den Deckschichten | 19 |
| 4.4.1 Aufnehmbare Sohldrücke | 19 |
| 4.5 Gründung des Gebäudes über eine Bodenplatte im Bodenaufbau | 21 |
| 4.6 Unterbau der Bodenplatte im Sporthallenbereich | 21 |
| <u>5 Bauausführung</u> | 22 |
| 5.1 Aushub | 22 |
| 5.2 Planum | 22 |
| 5.3 Wiederverfüllung/Flächenaufbau/Bodenaustausch | 22 |
| 5.4 Böschungen während der Bauzeit | 23 |
| 5.5 Baugrubensituation | 24 |
| 5.6 Verbau | 26 |
| 5.6.1 Allgemein | 26 |
| 5.6.2 Trägerbohlwandverbau | 26 |
| 5.6.3 Bohrpfahlwand | 27 |
| 5.6.4 Rückverankerung nach DIN EN 1537 | 27 |
| 5.7 Sicherung der Dauerböschungen | 28 |
| 5.8 Wasserhaltung | 28 |
| 5.9 Abdichtung und Auftriebssicherheit | 29 |
| <u>6 Bewertung Bodenaushub</u> | 31 |
| <u>7 Schlussbemerkung</u> | 32 |

1 Auftrag und Unterlagen

Am 03.April 2019 beauftragte der Träger der Freien Christlichen Schulen Bonn/Rhein-Sieg e.V. die Kühn Geoconsulting GmbH, die Baugrundsituation für die Errichtung eines nicht-unterkellerten Schulgebäudes in Hanglage, einer Sporthalle sowie Park- und Stellflächen in Alfter-Oedekoven zu erkunden und ein Baugrundgutachten zu erstellen. Das vorliegende Baugrundgutachten beschreibt die Baugrundsituation der geplanten Sporthalle. Die Situation des Schulgebäudes sowie der Park- und Stellflächen wird in gesonderten Baugrundgutachten beschrieben.

Zur Durchführung standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [U1]: Dohle + Lohse Architekten
Pläne und Schnitte des geplanten Gebäudes
Maßstab: 1:200
Stand: 11.02.2019

- [U2]: Dipl.-Ing. Ulrich Epp, Ö.b.V.I
Bestandsplan (als DWG, ohne Maßstabsangabe)
Lageplan mit Gebäuden (als DWG, ohne Maßstabsangabe)
Stand: o. A.

- [U3] Goldbeck Ost GmbH – GSB Schulen
Außenanlagenplan / Lageplan im Maßstab 1:500
Stand: 29.02.2019

- [U4] geoFact GmbH
Neubau Schulgebäude „Im Klostergarten“
Archäologische Prospektion der Bauflächen mit Geophysik (Magnetik, Georadar)
Ergebnisbericht
Stand: 04.05.2016

2 Durchgeführte Untersuchung

Am 06 und 07.05.2019 wurden auf dem Grundstück insgesamt 22 Rammkernsondierungen (RKS 1 bis RKS 22) mit Tiefen von 3,00 m bis 12,00 m durchgeführt, wobei die Sondierungen RKS 5 bis RKS 12 im Bereich der geplanten Sporthalle liegen und nachfolgend bewertet werden.

Zur Ermittlung der Dicke der humosen Oberböden und aufgefüllten humosen Oberböden wurden zudem Handschurfe durchgeführt.

Die Bohr- und Rammansatzpunkte wurden nach Lage und Höhe eingemessen. Der Höhenbezug war ein Kanaldeckel auf der Tempelstraße mit einer in [U2] angegebenen Deckelhöhe

von 99,60 m ü. NHN. Alle Maße und Höhen sind vor Baubeginn und im Zuge der weiteren Planung verantwortlich zu überprüfen.

An 6 aus den Bohrungen entnommenen Bodenproben wurden im Labor die Wassergehalte nach DIN EN ISO 17892-1:2014-03 ermittelt. Zudem wurde an einer Probe die Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN 18122:1997-01, die Kornverteilung nach DIN EN ISO 17892-4 sowie an einer Mischprobe des benachbarten Bauvorhabens (Schulgebäude) die Betonaggressivität des Bodens nach DIN 4030 bestimmt. Die Untersuchungsergebnisse sind in den Anlagen 1 (Lageplan), 2 (Bohrprofile), 3 (Labor), 4 (Grundbruch-/Setzungsberechnungen) und 5 (Betonaggressivität) dargestellt.

Zusätzlich wurden die entsprechenden historischen, geologischen und hydrogeologischen Karten ausgewertet.

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Morphologie, Historie und Geologie

3.1.1 Morphologie

Die untersuchte Fläche liegt in Alfter-Oedekoven und umfasst die Flurstücke 29, 137, 148, 217/34, 532 und 533 der Flur 4 in der Gemarkung Oedekoven.

Das Gelände steigt von Osten (Straße „Im Klostergarten“) nach Westen an und weist nach dem Lageplan [U2] Geländehöhen zwischen ca. 95,00 m ü. NHN im Osten und ca. 100,00 m ü. NHN im Westen auf. Auf einer Grundstückstiefe von ca. 90 m ergibt sich somit eine Höhendifferenz von ca. 5,0 m.

Zum nordöstlichen Nachbargrundstück besteht zudem eine ca. 2,0...2,5 m hohe und ca. 5,0...9,0 m breite Böschung. Das Nachbargrundstück liegt auf ca. 92,00...93,00 m ü. NHN.

3.1.2 Bestand und Historie

Das Grundstück ist nach aktuellen Luftbildern sowie dem Lageplan [U2] derzeit unbebaut und wird als Grün- und Weidefläche genutzt.

Nach den vorliegenden historischen topographischen Karten (ab Tranchot 1801-1823) wurde das Grundstück in der Vergangenheit als Gartenland genutzt und war nicht mit verzeichneten Gebäuden bebaut.

Im Jahr 2016 wurde durch das geophysikalische Büro geoFact eine archäologische Prospektion der Bauflächen mit geophysikalischen Methoden (Magnetik, Georadar) [U4] durchgeführt. Im hier relevanten Bereich 3 wurden dabei Hinweise auf verschiedene Strukturen (Kreissegmente) angetroffen. Eine Abstimmung mit der Bodendenkmalbehörde durch den Bauherrn findet bereits statt.

3.1.3 Geologie

Laut geologischer und ingenieurgeologischer Karte (5208 Bonn) und den Ergebnissen der Geländeuntersuchungen wird der oberflächennahe Untergrund aus lehmigen Deckschichten gebildet, die sich aus (umgelagerten) Lösslehmen und sonstigen umgelagerten Böden zusammensetzen. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um feinsandige, teilweise schwach kiesige und tonige Schluffe, schluffige Tone und vereinzelt um stark schluffige Kiese. Darunter folgen, lokal und relativ geringmächtig, Reste von schluffigen Kiessanden und Sanden der Mittelterrasse des Rheins. Prinzipiell können hier auch sehr harte, verkittete Bereiche vorkommen

(sog. Eisenkies mit schwarzen Manganausfällungen). Im Gegensatz zu den Kiessanden der Niederterrasse ist in der Mittelterrasse ein hoher Schluffanteil vorhanden. Die Kiessande und Sande der Mittelterrasse nur geringe Dicken auf und sind nicht durchgehend vorhanden. Darunter folgen die tertiären Schichten, welche aus einer Wechselfolge von Sanden, Schluffen und Tonen bestehen. Hierin sind zudem Braunkohlelagen eingeschaltet.

Die Baugrundverhältnisse sind insgesamt als sehr inhomogen zu bezeichnen, da die Dicke der Deckschichten und Kiessande/Sande stark wechselt. Weiterhin ist das Tertiär sehr inhomogen.

Die Deckschichten sind als gering durchlässig ($k_f < 10^{-6}$ m/s) und die tertiären Ablagerungen als sehr gering durchlässig einzustufen ($k_f < 10^{-8}$ m/s) einzustufen. Die Kiessande der Mittelterrasse sind aufgrund der schluffigen Anteile als durchlässig bis gering durchlässig ($k_f < 10^{-5}$ m/s) einzustufen. Aufgrund der geringen Dicke sowie der Tatsache, dass sie nicht durchgehend vorhanden sind, ist das Wasseraufnahmevermögen der Kiessande jedoch sehr gering.

Aus diesem Grund halten wir eine Versickerung von Oberflächenwasser auf dem Grundstück für nicht möglich.

Aufgrund der Untergrundverhältnisse wird das Bauvorhaben in die geotechnische Kategorie 2 nach DIN 1054 eingestuft.

3.1.4 Erdbeben

Nach Darstellung der Karte zu den Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen der Bundesrepublik Deutschland zur DIN 4149, Blatt Nordrhein-Westfalen im Maßstab 1:350.000 (Ausgabe Juni 2006), gehört Alfter-Oedekoven (Gemarkung Oedekoven) in Erdbebenzone 1 und Untergrundklasse T. Weiterhin sind aufgrund der o.g. Untergrundverhältnisse unter Berücksichtigung der DIN 4149 (Ausgabe April 2005), Abs. 5.2.3 die Baugrundklasse B (Kiessande, tertiäre Tone mit fester Konsistenz) und C (Deckschichten, verlehnte Kiessande, tertiäre Tone mit mind. steifer Konsistenz) anzusetzen.

3.2 Hydrogeologie

In den am 06./07.05.2019 durchgeführten Geländeuntersuchungen wurden im Bereich des geplanten Schulgebäudes keine vernässten Bereiche oder freie Wasserstände angetroffen.

Allerdings weisen die Deckschichten bei der Baugrunderkundung zum geplanten Schulgebäude (s. Baugrundgutachten 2150034_BG_G01) Schichtwasser auf, sodass prinzipiell auch hier mit Schichtwasser, dass sich auf geringer durchlässigen Bereichen aufstaut, gerechnet werden muss. Das Schichtwasser kann witterungsabhängig in variablen Mengen und Höhen auftreten.

Im Umfeld des geplanten Bauvorhabens befinden sich zwei Grundwassermessstellen, welche Daten über die Grundwasserverhältnisse liefern. Die Messstelle 076627512 - WECK BN 6 liegt ca. 160 m südlich des Bauvorhabens talabwärts auf einer Messpunkthöhe von 91,54 m ü. NN und somit ca. 3,5...8,5 m unterhalb der Geländeoberkante im Baufeld. Im Messzeitraum zwischen 1990 und 2018 (988 Messwerte) lag höchste gemessene Grundwasserstand bei 85,97 m ü. NHN (Flurabstand 5,70 m).

Die Messstelle 076535710 - WECK BN 2 befindet sich ca. 430 m nördlich des Bauvorhabens und liegt etwa höhenparallel auf einer Messpunkthöhe von 99,02 m ü. NHN. Der im Messzeitraum zwischen 1975 und 2018 (825 Messungen) höchste ermittelte Grundwasserstand beträgt 72,88 m ü. NHN.

Nach der Ingenieurgeologischen Karten 5208 Bonn beträgt der Flurabstand > 13,0 m.

Im Bereich Bonn-Duisdorf wird der Grundwasserstand zudem durch Grundwasserentnahmen anthropogen beeinflusst.

Nach den ermittelten Wasserständen liegt die Grundwasseroberfläche ca. 10,0 m unterhalb der derzeitigen Geländeoberkante. Da sich allerdings Schichtwasser auf gering-durchlässigen Bereichen des Untergrunds aufstaut, empfehlen wir für die Auftriebssicherheit einen Wasserstand an der Geländeoberkante anzusetzen.

Das Grundstück liegt außerhalb von festgesetzten und geplanten Wasserschutzgebieten.

3.3 Schichtbeschreibung

3.3.1 Humoser Oberboden / aufgefüllter humoser Oberboden

In der RKS 10 wurde ein humoser Oberboden oberhalb der Deckschichten angetroffen. Die Dicke des humosen Oberbodens betrug ca. 0,40 m.

Im restlichen Untersuchungsbereich (RKS 5 bis RKS 9, RKS 11, RKS 12) wurden zudem aufgefüllte humose Oberböden sowie humose aufgefüllte Böden bis in 0,30...0,80 m Tiefe angetroffen. In den aufgefüllten humosen Oberböden finden sich Ziegelbruchstücke, Mörtelbruch und Aschen als anthropogene Fremdbestandteile. Die ergänzend durchgeführten Schürfe zeigten Oberbodendicken von 0,40...0,60 m.

3.3.2 Auffüllung

In der RKS 5 stehen unterhalb der aufgefüllten Oberböden noch bis 1,50 m unter der Geländeoberfläche aufgefüllte Böden an.

Die Auffüllung setzt sich aus feinsandigen, schwach kiesigen Schluffen zusammen, die untergeordnet Aschen und Ziegelbruch aufweisen.

Aufgrund der in Abschnitt 3.1.2 beschriebenen Vornutzung können im Untergrund verbliebene Altfundamente oder Gebäudereste nicht ausgeschlossen werden.

Die Auffüllung weist nach der Bohrgutansprache eine steife Konsistenz auf.

Geotechnische Kennwerte für den Entwurf: Auffüllung

| | | | | |
|------------------------------|------|---|------|-------------------|
| Raumgewicht (erdfeucht) | 18,0 | - | 20,0 | kN/m ³ |
| Raumgewicht (unter Auftrieb) | 9,0 | - | 11,0 | kN/m ³ |
| Kohäsion | 2,5 | - | 0,0 | kN/m ² |
| Reibungswinkel | 27,5 | - | 30,0 | ° |
| Steifeziffer | 2,5 | - | 7,5 | MN/m ² |

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche: Auffüllung

| | | | | |
|---------------------------|------|---|-------|-------------------|
| Raumgewicht | 17,0 | - | 21,0 | kN/m ³ |
| Undrained Scherfestigkeit | 50,0 | - | 200,0 | kN/m ² |
| Wassergehalte | 10,0 | - | 40,0 | % |
| Plastizitätszahl | 10,0 | - | 20,0 | % |
| Konsistenzgrenzen | 0,5 | - | 1,3 | |

3.3.3 Deckschichten

Die Deckschichten reichen bis 3,20 m (RKS 11) und 7,20 m (RKS 9) unter GOK bzw. bis 95,11 m ü. NHN (RKS 11) bis 8878 m ü. NHN (RKS 9) und weisen Dicken von 2,30 m (RKS 5) bis 6,80 m (RKS 9) auf.

Bei den Deckschichten handelt es sich um überwiegend umgelagerte Löss/Lösslehme, welche sich aus feinsandigen, tlw. tonigen und schwach kiesigen bis kiesigen Schluffen zusammensetzen. Es treten auch schluffige Sande sowie feinsandige, schwach kiesige bis kiesige Tone und Tone auf. Bei Wassersättigung fließen die Deckschichten beim Anschnitt sofort aus.

An sechs Proben aus den Deckschichten wurden die Wassergehalte ermittelt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 dargestellt. Die relativ geringen Wassergehalte resultieren aus dem Sandanteil.

Tabelle 1: Ermittelte Wassergehalte und Konsistenzen der Deckschichten

| Probe | Entnahmetiefe | Boden | Wassergehalt [%] | Konsistenz |
|----------|---------------|----------------|------------------|------------|
| RKS 5/4 | 2,50-3,00 | U, t-t*, s, g' | 15,0 | Steif |
| RKS 6/4 | 1,60-2,60 | U, fs | 18,0 | Steif |
| RKS 8/4 | 2,60-3,40 | U, t*, g' | 20,3 | Steif |
| RKS 9/5 | 3,50-4,50 | U, fs, t'' | 18,6 | Steif |
| RKS 11/4 | 2,00-2,80 | T | 18,1 | Fest |
| RKS 12/4 | 1,80-2,80 | U, fs | 18,7 | Steif |

Die Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen der Probe RKS 11/4 zeigt eine Fließgrenze von 43,5 % und eine Ausrollgrenze von 17,6 %. Daraus ergibt sich eine Plastizitätszahl von 25,9 %. Die Probe ist als mittelplastisch zu bewerten (UM/TM).

Nach der Bohrgutansprache weisen die schluffigen Deckschichten eine steife und die tonigen Deckschichten eine halbfeste bis feste Konsistenz auf.

An der Probe RKS 8/3 (Entnahmetiefe 1,40-2,60 m) wurde zudem die Kornverteilung nach DIN EN ISO 17892-4 ermittelt. Der Schluff- und Tonanteil der Probe liegt bei ca. 48 %. Nach SEELHEIM lässt sich daraus ein k_f -Wert von $1,8 \times 10^{-5}$ m/s ableiten. Gemäß DWA-A 138 sind k_f -Werte aus der Kornverteilung um den Faktor 0,2 zu korrigieren. Dies würde einem k_f -Wert von $3,6 \times 10^{-6}$ m/s (nach SEELHEIM) entsprechen. Unter Berücksichtigung der Angaben der Ingenieurgeologischen Karten empfehlen wir allerdings für die Deckschichten einen k_f -Wert $< 10^{-6}$ m/s anzusetzen.

Geotechnische Kennwerte für den Entwurf: Deckschichten

| | | | | |
|------------------------------|------|---|------|-------------------|
| Raumgewicht (erdfeucht) | 19,0 | - | 20,0 | kN/m ³ |
| Raumgewicht (unter Auftrieb) | 9,0 | - | 10,0 | kN/m ³ |
| Kohäsion | 12,5 | - | 7,5 | kN/m ² |
| Reibungswinkel | 25,0 | - | 27,5 | ° |
| Steifeziffer | 10,0 | - | 15,0 | MN/m ² |

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche: Deckschichten

| | | | | |
|------------------------------|------|---|-------|-------------------|
| Raumgewicht | 17,0 | - | 21,0 | kN/m ³ |
| Undrainierte Scherfestigkeit | 50,0 | - | 200,0 | kN/m ² |
| Wassergehalte | 10,0 | - | 30,0 | % |
| Plastizitätszahl | 5,0 | - | 20,0 | % |
| Konsistenzzahl | 0,5 | - | 1,3 | |

Anmerkung

Der Lössboden wird unter anderem im ungestörten Zustand durch Zementierungskräfte (sog. "Kalkbrücken") zusammengehalten. Durch Wasserzufuhr geht die Primärvermittlung verloren, so dass das Material auch kleineren Belastungen keinen Widerstand leisten kann. Damit verliert das Gefüge an Festigkeit und es kann dann selbst ohne Lastaufbringung zu Umlagerungen im Korngerüst bis hin zu Zusammenbrüchen und Sackungen kommen.

3.3.4 Kiessande der Mittelterrasse

Die Kiessande der Mittelterrasse wurden im Bereich der geplanten Sporthalle bei den RKS 5 bis RKS 11 angetroffen. In der RKS 12 waren die Kiessande nicht vorhanden. Sie beginnen bei 3,20 m bis 7,20 m unter der Geländeoberkante bzw. ab 95,11 m ü. NHN (RKS 11) bis 88,78 m ü. NHN (RKS 9) und wurden lediglich in den Bohrungen RKS 5 und RKS 11 durchteuft. Dort weisen die Kiessande Dicken von 1,40 m (RKS 5) und 2,60 m (RKS 11) auf. Da es sich bei den Sondierungen um punktuelle Aufschlüsse handelt, kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich weitere, lokale Reste der Kiessande auf dem Grundstück finden. Es handelt sich um Reste der Mittelterrasse, welche sich im Übergangsbereich zu den überliegenden Deckschichten und darunterliegenden tertiären Tonen durch Umlagerungsprozesse mit diesen verzahnt haben. Eine genaue Schichtabgrenzung ist daher nicht immer möglich.

Die Kiessande der Mittelterrasse setzen sich aus schwach tonigen, stark schluffigen, sandigen Kiesen, schluffigen bis stark schluffigen, kiesigen Sanden und kiesigen, sandigen Tonen zusammen. Prinzipiell können auch weitere Lehmlinsen, stärker lehmige Abschnitte, Steinlagen, Blocklagen und stark verkittete Eisenkieslagen auftreten.

Die Kiessande sind nach den Bohrwiderständen mitteldicht bis dicht gelagert. Die bindigen Bereiche sind von einer halbfesten Konsistenz.

Geotechnische Kennwerte für den Entwurf: Kiessande (Mittelterrasse)

| | | | | |
|------------------------------|------|---|------|-------------------|
| Raumgewicht (erdfeuucht) | 19,0 | - | 21,0 | kN/m ³ |
| Raumgewicht (unter Auftrieb) | 11,0 | - | 13,0 | kN/m ³ |
| Kohäsion | 5,0 | - | 0,0 | kN/m ² |
| Reibungswinkel | 32,5 | - | 37,5 | ° |
| Steifeziffer | 40,0 | - | 80,0 | MN/m ² |

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche: Kiessande (Mittelterrasse)

| | | | | |
|-------------------|------|---|------|-------------------|
| Raumgewicht | 16,0 | - | 22,0 | kN/m ³ |
| Lagerungsdichte D | 0,3 | - | >0,8 | |

3.3.5 Tertiäre Tone und Sande

Die tertiären Tone und Sande wurden im Bereich der geplanten Sporthalle in den RKS 5, RKS 11 und RKS 12 ab Tiefen zwischen 5,20 m (RKS 5) und 7,00 m (RKS 12) unter Gelände bzw. bezogen auf NHN ab 95,51 m ü. NHN (RKS 11) bis 89,88 m ü. NHN (RKS 12) angetroffen und nicht durchteuft.

Es handelt sich um schluffige Tone, Tone, feinsandige, tonige bis stark tonige, schwach kiesige Schluffe, stark schluffige, sandige Kiese und schluffige Feinsande. Prinzipiell können auch Braunkohlelagen vorkommen, diese wurden in diesem Baufeld allerdings nicht angetroffen.

In den kiesigen Bereichen tritt Schichtwasser auf, das sich auf den undurchlässigen Tonen aufstaut.

Nach der Bohrgutansprachen sind die Tone der tertiären Schichten überwiegend von einer halbfesten Konsistenz. Die Schluffe sind von einer steifen bis halbfesten Konsistenz. Die Kiese und Sande sind mitteldicht bis dicht gelagert. Bei Wassersättigung fließen die tertiären Sande bei Anschnitt sofort aus (sogenannte: Fließsande).

Geotechnische Kennwerte für den Entwurf: tertiäre Sande und Kiessande

| | | | | |
|------------------------------|------|---|------|-------------------|
| Raumgewicht (erdfeucht) | 20,0 | - | 21,0 | kN/m ³ |
| Raumgewicht (unter Auftrieb) | 12,0 | - | 13,0 | kN/m ³ |
| Kohäsion | 5,0 | - | 2,5 | kN/m ² |
| Reibungswinkel | 32,5 | - | 37,5 | ° |
| Steifeziffer | 40,0 | - | 80,0 | MN/m ² |

Geotechnische Kennwerte für den Entwurf: tertiäre Tone und tonige Schluffe

| | | | | |
|------------------------------|------|---|------|-------------------|
| Raumgewicht (erdfeucht) | 21,0 | - | 22,0 | kN/m ³ |
| Raumgewicht (unter Auftrieb) | 11,0 | - | 12,0 | kN/m ³ |
| Kohäsion | 25,0 | - | 20,0 | kN/m ² |
| Reibungswinkel | 22,5 | - | 27,5 | ° |
| Steifeziffer | 20,0 | - | 30,0 | MN/m ² |

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche: tertiäre Sande und Kiessande

| | | | | |
|-------------------|------|---|------|-------------------|
| Raumgewicht | 16,0 | - | 21,0 | kN/m ³ |
| Lagerungsdichte D | 0,3 | - | 0,8 | |

Bautechnische Kennwerte für Homogenbereiche: tertiäre Tone und Schluffe

| | | | | |
|---------------------------|------|---|-------|-------------------|
| Raumgewicht | 18,0 | - | 22,0 | kN/m ³ |
| Undrained Scherfestigkeit | 50,0 | - | 200,0 | kN/m ² |
| Wassergehalte | 12,0 | - | 30,0 | % |
| Plastizitätszahl | 10,0 | - | 20,0 | % |
| Konsistenzgrenzen | 0,5 | - | 1,3 | |

3.3.6 Charakteristische Baugrundkennwerte und Bodenklassen

Für die Berechnung nach DIN 1054:2010-12 können die folgenden mittleren Baugrundkennwerte angesetzt werden:

Tabelle 2: Charakteristische Bodengrundkennwerte

| Boden-schicht | Wichte erd-feucht [kN/m³] | Wichte unter Auftrieb [kN/m³] | Kohäsion [kN/m²] | Reibungs-winkel [°] | Steife-modul [MN/m²] | Durchlässig-keitsbeiwert (abgeschätzt) [m/s] |
|-------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------|---------------------|----------------------|--|
| Auffüllung | 19,00 | 10,00 | 1,25 | 28,75 | 5,00 | 10 ⁻⁶ bis 10 ⁻⁹ |
| Deckschichten | 19,50 | 9,50 | 10,00 | 26,25 | 12,50 | 10 ⁻⁷ bis 10 ⁻¹¹ |
| Kiessande der Mittelter-rasse | 20,00 | 12,00 | 2,50 | 35,00 | 60,00 | 10 ⁻⁵ bis 10 ⁻⁹ |
| Tertiäre Sande und Kiese | 20,50 | 12,50 | *3,75 | *35,00 | *60,00 | 10 ⁻⁶ bis 10 ⁻⁹ |
| Tertiäre Tone und Schluffe | 21,50 | 11,50 | *22,50 | *25,00 | *25,00 | 10 ⁻⁸ bis 10 ⁻¹¹ |

*Für die wechsellagernden, tertiären Schichten kann bei Setzungsberechnungen bei > 3,0 m unter der Tertiäroberfläche ein mittlerer Steifemodul von 35,0 MN/m² angesetzt werden. Für die Grundbruchberechnungen werden die Scherbeiwerte des Tertiär-Tons angesetzt.

Tabelle 3: Bodenklassen nach DIN 18300 (2012)

| Bodenschicht | Bodenklassen nach DIN 18 300 (2012) |
|--|---|
| Oberboden und aufgefüllter humoser Oberboden | 1 |
| Auffüllung | 4* (bindig) ggf. 3 (nicht- bis gering-bindig) ggf. 5 bis 7 (Steinlagen) |
| Deckschichten | 4* (bindig) ggf. 3 (nicht- bis gering-bindig) |
| Kiessande der Mittelter-rasse | 3 (nicht bindig) 4* (bindig / verlehnte Bereiche) 6-7 (verkittete Bereiche, Blocklagen) |
| Tertiäre Sande und Kiese | 3 (nicht- bis gering-bindige Sande und Kiese) ggf. *4 (verlehnte Bereiche) |
| Tertiäre Tone und Schluffe | *4 bis 5 (mittel- und ausgeprägt plastische Tone) Ggf. 6 (Tone mit fester Konsistenz) |

Untergeordnete Klassen in ()

* Bkl. 4* Übergang in Bkl. 2 bei Vernässen möglich

Tabelle 4: Bodenklassen nach DIN 18 196 Frostempfindlichkeitsklassen und Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVE (Untergeordnete Klassen)

| Bodenschicht | Bodenklassen nach DIN 18 196 | Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTVE | Verdichtbarkeitsklassen nach ZTVE |
|--|--|--|-----------------------------------|
| Humoser Oberboden / aufgefüllter humoser Oberboden | OU | | |
| Auffüllung | A: UL/UM; SU (GW, GU, SW, X, Y,) | F3 | V3 |
| Deckschichten | UL/UM, TL/TM (SU, SU*) | F3 | V3 |
| Kiessande der Mittelterrasse | GW; GU; GU* UM/UA, TM/TA, SU, SU** | F2 (nichtbindig) F3 (bindig) | V2 (nichtbindig) V3 (bindig) |
| Tertiäre Sande und Kiese | GW; GU; GU* UM/UA, TM/TA, SU, SU** | F2 (nichtbindig) F3 (bindig) | V2 (nichtbindig) V3 (bindig) |
| Tertiäre Tone | TM, UM, TA, UA | F3 | V3 |

Untergeordnete Klassen in ().

Tabelle 5: Bohrbarkeitsklassen und Zusatzklassen nach DIN 18 301 (2012)

| Bodenschicht | Bohrbarkeitsklassen nach DIN 18 301 (2012) | Zusatzklassen nach DIN 18 301 (2012) |
|--|---|--------------------------------------|
| Humoser Oberboden / aufgefüllter humoser Oberboden | BO1 | |
| Auffüllung | BB2, BB3 | BS1 bis BS3 |
| Deckschichten | BB2, BB3 | |
| Kiessande der Mittelterrasse | BN1, BN2 (nichtbindig) BB2, BB3 (bindig) | BS1 bis BS3 |
| Tertiäre Sande und Kiese | BN1, BN2 (nichtbindig) BB2, BB3 (bindig) | BS1 bis BS3 |
| Tertiäre Tone und Schluffe | BB2 bis BB4 | |

Anmerkung:

Wir möchten darauf hinweisen, dass die 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 nachfolgenden Tabelle entnommen werden. Dabei muss beachtet werden, dass die Einteilung aufgrund von Erfahrungswerten und Werten aus Ingenieurgeologischen Karten mit vergleichbaren, geologischen Einheiten, vorgenommen wurde. Die nach der neuen DIN 18300-2015 geforderten Untersuchungen und die Laborversuche in statistisch ausreichender Anzahl wurden nur in eingeschränkter Form durchgeführt. Gleiches gilt auch für die umweltchemische Einordnung der Auffüllung anhand von Analysen.

Tabelle 6: Homogenbereiche nach DIN 18300-2015 und nach DIN 18301-2015

| Homogenbereiche*¹ nach DIN 18 300 - 2015 | Homogenbereiche*² nach DIN 18 301 - 2015 |
|--|--|
| Homogenbereich A 1 (aufgefüllte gemischtkörnige und bindige Böden) | Homogenbereich B 1 (aufgefüllte gemischtkörnige und bindige Böden) |
| Homogenbereich A 2 (humose Oberböden und aufgefüllte humose Oberböden) | Homogenbereich B 2 (humose Oberböden und aufgefüllte humose Oberböden) |
| Homogenbereich A 3 (Steine, Blöcke in der Auffüllung) | Homogenbereich B 3 (Steine, Blöcke in der Auffüllung) |
| Homogenbereich A 4 (bindige und nichtbindige Deckschichten, Kiessande, Tone mit weicher bis halbfester Konsistenz) | Homogenbereich B 4 (bindige und nichtbindige Deckschichten, Kiessande, Tone mit weicher bis halbfester Konsistenz) |
| Homogenbereich A 5 (Fließende Bodenarten ³ : bindige Böden mit flüssiger bis breiiger Konsistenz) | Homogenbereich B 5 (Fließende Bodenarten ³ : bindige Böden mit flüssiger bis breiiger Konsistenz) |
| Homogenbereich A 6 (Verkittete Bereiche der Kiessande, Tone mit fester Konsistenz) | Homogenbereich B 6 (Verkittete Bereiche der Kiessande, Tone mit fester Konsistenz) |

- *¹ Aushub mit Bagger (Homogenbereiche A1 – A6, A = Aushub)
- *² Bohrungen mit Drehbohranlage (Homogenbereiche B1 – B6, B = Bohren), auch für Bohrarbeiten beim Düsenstrahlverfahren
- *³ wurden hier nicht erbohrt, kann aber nach Wasserzutritt/Durchnässung nicht ausgeschlossen werden
- Gesonderte Homogenbereiche für belastete Böden sind nicht berücksichtigt und sind getrennt auszuweisen

3.4 Betonaggressivität des Bodens

Aus der Bohrung RKS 16 des benachbarten Bauvorhabens (Schulgebäude) wurden eine Mischprobe der Proben RKS 16-5, RKS 16-6, RKS 16-8, RKS 16-9 und RKS 16-10 (Entnahmetiefe: 2,0 m bis 6,4 m) erstellt und hinsichtlich ihrer Betonaggressivität nach DIN 4030 untersucht. Aufgrund der örtlichen Nähe sind die Ergebnisse auch auf das vorliegende Bauvorhaben übertragbar. Die Analyseergebnisse (Anlage 5) sind in Tabelle 7 zusammengestellt.

Tabelle 7: Expositionsclassen für Betonkorrosion durch chemischen Angriff durch Boden nach DIN 4030 Teil 1 (06/2008), Tabelle 4

| | Messwert | Einheit | Expositionsklasse | | |
|-------------------------------|----------|-----------------|-------------------|---------------------------------|--------------|
| | | | XA1 | XA2 | XA3 |
| SO ₄ ²⁻ | 170 | Mg/kg insgesamt | 2000 – 3000 | >3000-12000 | >12000-24000 |
| Säuregrad nach Baumann-Gully | < 4 | - | >200 | In der Praxis nicht anzutreffen | |

Nach den Ergebnissen für die untersuchte Bodenprobe aus RKS 16 (Anlage 5) liegen die ermittelten Parameter unterhalb der Expositionsklasse XA1 (schwach betonangreifend). Der Boden ist somit als nicht betonangreifend einzustufen (Tabelle 7).

4 Gründung

4.1 Gründungssituation

Der Bauherr plant die Errichtung einer Vier-Feld-Sporthalle an der Straße „Im Klostergarten“ in Alfter-Oedekoven.

Das Gelände steigt von Osten (Straße „Im Klostergarten“) nach Westen an und weist nach dem Lageplan [U2] Geländehöhen zwischen ca. 95,00 m ü. NHN im Osten und ca. 100,00 m ü. NHN im Westen auf. Auf einer Grundstückstiefe von ca. 90 m ergibt sich somit eine Höhendifferenz von ca. 5,0 m. Zum nordwestlichen Nachbargrundstück besteht zudem eine ca. 2,0...2,5 m hohe und ca. 5,0...9,0 m breite Böschung. Das Nachbargrundstück liegt auf ca. 92,00 m ü. NHN.

Die geplante Fertigfußbodenhöhe $\pm 0,00$ = OKF EG des Neubaus liegt nach [U1] auf 98,00 m ü. NHN. Die OKF liegt somit größtenteils über der derzeitigen Geländeoberkante. Somit wird für die Gründung des Hallenbodens ein Bodenaufbau notwendig. Ein Untergeschoss ist nach der vorliegenden Planung [U1] nicht vorgesehen.

Allerdings zeigt die vorliegende Planung, dass die Außenwände aufgrund der Geländemorphologie tiefer reichen als die OKF. An der Straße „Im Klostergarten“ liegt die Unterkante der Wände auf etwa 95,00 m ü. NHN, sodass hier eine Wandhöhe von ca. 3,0 m vorgesehen ist. Bei einer frostsicheren Gründung liegt die Gründungstiefe an der Straße bei ca. 94,20 m ü. NHN und steigt mit dem geplanten Geländeverlauf entsprechend an.

Nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchung gründet das geplante Gebäude in den Deckschichten.

Die aufgefüllten und humosen Böden sind aufgrund der humosen Anteile nicht für eine Gründung geeignet. Die Deckschichten sind insgesamt als gering- bis mitteltragfähig, die tertiären Schichten als mitteltragfähig einzustufen. Die Kiessande sind als mittel- bis hochtragfähig einzustufen.

Die Baugrunduntersuchungen für den Neubau des Schulgebäudes zeigen, dass in diesem Bereich auch Schichtwasser auftreten kann.

4.2 Gründungsempfehlungen

Die zuvor beschriebene Gründungssituation zeigt, dass für die Gründung des Hallenbodens der geplanten Sporthalle ein Bodenaufbau notwendig wird. Die Fundamente gründen dann im Bodenaufbau bzw. in den gewachsenen Deckschichten.

Prinzipiell sind die humose Auffüllung sowie der humose Oberboden abzuschleifen, da diese Böden für eine Gründung nicht geeignet sind.

Für die Herstellung des Bodenaufbaus gibt es zwei Möglichkeiten, die nachfolgend beschrieben werden:

Einerseits kann der Bodenaufbau „klassisch“ mit Tragschichtmaterial (Kiessand, Schotter) hergestellt werden, welcher lagenweise verdichtet eingebaut wird. Dafür wird das Baufeld bis auf eine bestimmte Höhe abgeschoben und dann das Tragschichtmaterial wie beschrieben eingebaut.

Alternativ kann der Bodenaufbau über eine qualifizierte Bodenverbesserung durchgeführt werden, was in der Regel die wirtschaftlichere Lösung darstellt. Dazu wird das hangseitige Aushubmaterial unter Nutzung eines Bindemittels (z.B. Dorosol C50) wieder eingebaut. Wir empfehlen, dass das Baufeld hangseitig bis auf ca. 2,0 m unterhalb der geplanten OKF (entspricht ca. 96,0 m ü. NHN) ausgehoben wird, sodass unterhalb der Fundamente ca. 1,0 m und unterhalb der Bodenplatte ca. 1,5 m Bodenaufbau anstehen. Das Aushubmaterial wird dann auf der talseitigen Seite qualifiziert unter Nutzung eines Bindemittels eingebaut. Auf dem Aushubplan ist bis in ca. 0,40 m Tiefe das Bindemittel einzufräsen. Mit dieser Variante kann die Entsorgungsmasse des Aushubs minimiert werden. Ggf. kann auch Aushubmaterial aus den weiteren Baumaßnahmen (Errichtung Schulgebäude) genutzt werden. Grundsätzlich ist die Eignung des Materials, insbesondere des stärker wassergesättigten Boden im Bereich der Baumaßnahme „Schulgebäude“ (s. Baugrundgutachten 2150034_BG_G01), anhand von Eignungsprüfungen zu ermitteln. Hierzu sind weitere Probennahmen und Laborversuche notwendig. Die oberen 0,50 m des Bodenaufbaus sind mit Tragschichtmaterial gemäß ZTV-T herzustellen, um eine gleichmäßige Lastverteilung der Bodenplatte zu gewährleisten.

Die Gründung der innenliegenden Fundamente und der Hallenbodenplatte erfolgt dann im Bodenaufbau. Die außenliegenden Wandscheiben werden abgetreppt gegründet, wobei eine Mindesteinbindetiefe von 0,80 m u. geplanter GOK aufgrund der Frostsicherheit gewährleistet werden muss. Die Gründung der außenliegenden Fundamente erfolgt in den Deckschichten.

Da der qualifizierte Bodenaufbau eine höhere Tragfähigkeit aufweist als die Deckschichten, wird es ggf. zu einem unterschiedlichen Trag-/Setzungsverhalten der außenliegenden und innenliegenden Fundamente kommen.

Falls es die Platzverhältnisse zulassen, besteht zudem die Möglichkeit, die Außengrenzen des Bodenaustauschs weiter heraus zu setzen. Dadurch würde das gesamte Gebäude im Bodenaustausch gründen, was zu einem einheitlicheren Trag-/Setzungsverhalten führt. Die Außenmauern sind dann als Stützmauern auszubilden.

Für den Bodenaufbau ist eine Entwässerung vorzusehen, damit sich zufließendes Tag- oder Schichtwasser nicht aufstauen kann.

Es ist zu beachten, dass die Außenwände im Verfüllbereich auf Erddruck der Verfüllung sowie die Belastung durch die Bodenplatte bemessen werden müssen. Ggf. können bauzeitliche Abstützungen notwendig werden.

Falls die in Abschnitt 4.3 ermittelten zulässigen Bodenpressungen nicht ausreichend sind, können alternative Gründungsmaßnahmen z.B. Tiefgründungen (Pfahlgründung) oder Bodenverbesserungen, wie z.B. ein „Spickpfahlsystem“, vorgesehen werden. Bei dem „Spickpfahlsystem“ handelt es sich um eine mit Geogitter bewehrte Schotter-Tragschicht mit Bohrpfählen zum Lastabtrag, die nicht an das Gebäude angebunden sind. Durch die Lastverteilung in der Tragschicht und den Lastabtrag über unbewehrte Betonbohrsäulen können die Setzungen und Verformungen der Bodenplatte reduziert werden. Die Bemessung erfolgt über 3D-FEM-Verformungsbetrachtungen, anhand derer das Raster und die Längen der Bohrbetonsäulen und die Dicke der Schotter-Tragschicht ermittelt werden.

Für beide Varianten sind allerdings weitere, ergänzende Untersuchungen (Großbohrung, Laborversuche) notwendig. Bei der Ausführung ergeben sich höhere Kosten als bei einer „konventionellen“ Gründung über Streifenfundamente oder einer Bodenplatte, wobei die Setzungen und Verformungen i.d.R. deutlich reduziert werden können.

Treten beim Aushub tiefer reichende Auffüllungen oder aufgeweichte Bereiche auf, so sind diese zu entfernen und der Bodenaustausch entsprechend tiefer zu führen. Da im Bereich des Nachbaraufelds (Schulgebäude) bei den Baugrunduntersuchungen Schichtwasser angetroffen wurde, empfehlen wir zur Ermittlung des tatsächlichen Wasserandrangs, dass im geplanten Baufeld ca. 4-5 Schürfe angelegt werden, um die anfallenden Wassermengen abschätzen

zu können. Abhängig von den Ergebnissen müssen dann die Art und der Umfang einer möglichen Wasserhaltung bestimmt werden.

Die Gründungs- und Aushubsohlen sind vom Baugrundgutachter abzunehmen.

4.3 Gründung der außenliegenden Fundamente in den Deckschichten

Für die Berechnung der aufnehmbaren Sohldrücke wird davon ausgegangen, dass die Lasten gleichmäßig in den steifen bis halbfesten Deckschichten gegründet werden.

4.3.1 Aufnehmbare Sohldrücke

Nachfolgend werden die im 0,50 m Bodenaustausch über den Deckschichten aufnehmbaren Sohldrücke für den Grenzzustand GEO 2 (Bemessungswert des Widerstandes) mit einer Teilsicherheit $\gamma_{Gr}=1,4$ für Einbindetiefen von 0,80 m berechnet. Grundlage für die Berechnungen sind die charakteristischen Baugrundkennwerte (Tabelle 2, Abschnitt 3.3). Für die Berechnung wird von ausreichend biegesteifen Einzel- und Streifenfundamenten ausgegangen, so dass die Setzungen in den kennzeichnenden Punkten maßgeblich sind. Für die Berechnung wurde der Schichtaufbau entsprechend DIN 4019 vereinfachend vereinheitlicht. Voraussetzung ist außerdem eine Lastaufbringung nach DIN 1054 sowie eine Mindestbreite der Fundamente von 0,50 m.

Für die aufnehmbaren Sohldrücke muss berücksichtigt werden, dass die einwirkenden Lasten bei der Bemessung der Statik zusätzlich noch mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten der Tabelle 2 der DIN 1054:2010-12 zu beaufschlagen sind.

Anhand der charakteristischen Baugrundkennwerte wurden für eine gleichmäßige Gründung im Bodenaustausch den steifen bis halbfesten Deckschichten die folgenden Sohldruckspannungen bezüglich des Grundbruchwiderstandes berechnet.

Tabelle 8: Aufnehmbare Sohldrücke für Einzel- und Streifenfundamente (Lastfall BS-P, $\gamma_{Gr}=1,4$, Grenzzustand GEO 2, unter Auftrieb)

| Fundamentbreite in m | 0,50 | 1,00 | 1,50 | 2,00 |
|---------------------------------------|--|------|------|------|
| | Aufnehmbare Sohldrücke [kN/m²] | | | |
| - bei Einbindetiefe von $\geq 0,80$ m | 250 | 270 | 290 | 320 |

Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden.

In der nachfolgend aufgeführten Tabelle 9 werden die zulässigen Sohldrücke unter Berücksichtigung der charakteristischen Lasten für die Gebrauchstauglichkeit/Setzungen (SLS-GZ

der Gebrauchstauglichkeit (= GZ 2_{alt}) angegeben. Es muss bei der Prüfung der Gebrauchstauglichkeit beachtet werden, dass die Sohldruckspannungen unter Berücksichtigung der charakteristischen bzw. repräsentativen Beanspruchungen/Einwirkungen unterhalb der Werte in Tabelle 9 (Setzungen nach DIN 4019 $\leq 2,0$ cm bzw. $\leq 3,0$ cm; SLS). Entsprechend DIN EN 1997-1, Abschnitt 2.4.8 sollten die Teilsicherheitsbeiwerte $_{Beanspruchungen}$ für die GZ der Gebrauchstauglichkeit gleich 1,0 gesetzt werden.

Zur Vorbemessung wurde davon ausgegangen, dass für den Neubau Setzungen und Setzungsunterschiede bis 2,0 cm bzw. 3,0 cm (Tabelle 9) zugelassen werden können. Treffen die Annahmen nicht zu, so bitten wir um Rücksprache damit die Sohldrücke entsprechend dem zulässigen Setzungsmaß, das durch den Statiker festzulegen ist, angegeben bzw. anhand ergänzender Setzungsberechnungen ermittelt werden können.

Tabelle 9: Aufnehmbare Sohldrücke für charakteristische Lasten bei Einzel- und Streifenfundamenten (Lastfall BS-P, Grenzzustand SLS, Setzungen auf 2,0 cm bzw. 3,0 cm begrenzt, unter Auftrieb)

| Fundamentbreite in m | 0,50 | 1,00 | 1,50 | 2,00 |
|--|--|------|------|------|
| | Aufnehmbare Sohldrücke [kN/m²] | | | |
| - bei Einbindetiefe von 0,80 m und zul. Setzungen von 2,0 cm | *250 | 170 | 130 | 110 |
| - bei Einbindetiefe von 0,80 m und zul. Setzungen von 3,0 cm | *250 | 260 | 200 | 170 |

Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden.
 Die aufnehmbaren Sohldrücke* entsprechen der Tabelle 8, da das Setzungskriterium nicht erreicht wird.

Die Setzungen und Setzungsunterschiede werden dann bis 2,0 cm bzw. 3,0 cm erreichen. Für die Fundamente muss eine ausreichende Bewehrung vorgesehen werden. Die Verträglichkeit der Setzungen und Setzungsunterschiede für das Gebäude ist vom Statiker zu bewerten.

Bei einem geringeren Abstand benachbarter Fundamente ($< 1,5 \dots 2,0 \cdot$ Fundamentbreite b) kommt es zu einer gegenseitigen Beeinflussung und damit verbunden zu einer Erhöhung der Setzungen. Auch bei größeren Fundamentbreiten als in Tabelle 9 angegeben oder unregelmäßiger Lastverteilung sind größere Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen zu erwarten. Um evtl. notwendige Abminderungen der aufnehmbaren Sohldrücke festzulegen, müssen dann nach Erstellung des Lastenplanes durch den Statiker noch Setzungsberechnungen nach DIN 4019, Teil 1, durch das Ing.-Büro Kühn Geoconsulting erfolgen.

Um ein Aufweichen zu verhindern, muss die Gründungssohle unmittelbar nach Aushub mit

Beton abgedeckt werden. Aufgeweichte Bereiche sind zu entfernen und durch Beton zu ersetzen.

Die Gründungs- und Aushubsohlen sind vom Baugrundgutachter abzunehmen.

4.4 Gründung der Fundamente im qualifizierten Bodenaufbau über den Deckschichten

Für die Berechnung der aufnehmbaren Sohldrücke wird davon ausgegangen, dass die Lasten gleichmäßig im mind. 1,0 m dicken Bodenaufbau über den steifen bis halbfesten Deckschichten gegründet werden.

4.4.1 Aufnehmbare Sohldrücke

Nachfolgend werden die im mind. 1,00 m Bodenaufbau über den Deckschichten aufnehmbaren Sohldrücke für den Grenzzustand GEO 2 (Bemessungswert des Widerstandes) mit einer Teilsicherheit $\gamma_{Gr}=1,4$ für Einbindetiefen von 0,80 m berechnet. Grundlage für die Berechnungen sind die charakteristischen Baugrundkennwerte (Tabelle 2, Abschnitt 3.3). Für die Berechnung wird von ausreichend biegesteifen Einzel- und Streifenfundamenten ausgegangen, so dass die Setzungen in den kennzeichnenden Punkten maßgeblich sind. Für die Berechnung wurde der Schichtaufbau entsprechend DIN 4019 vereinfachend vereinheitlicht. Voraussetzung ist außerdem eine Lastaufbringung nach DIN 1054 sowie eine Mindestbreite der Fundamente von 0,50 m.

Für die aufnehmbaren Sohldrücke muss berücksichtigt werden, dass die einwirkenden Lasten bei der Bemessung der Statik zusätzlich noch mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten der Tabelle 2 der DIN 1054:2010-12 zu beaufschlagen sind.

Anhand der charakteristischen Baugrundkennwerte wurden für eine gleichmäßige Gründung im Bodenaufbau den steifen bis halbfesten Deckschichten die folgenden Sohldruckspannungen bezüglich des Grundbruchwiderstandes berechnet.

Tabelle 10: Aufnehmbare Sohldrücke für Einzel- und Streifenfundamente (Lastfall BS-P, $\gamma_{Gr}=1,4$, Grenzzustand GEO 2, unter Auftrieb)

| Fundamentbreite in m | 0,50 | 1,00 | 1,50 | 2,00 |
|---------------------------------------|--|------|------|------|
| | Aufnehmbare Sohldrücke [kN/m²] | | | |
| - bei Einbindetiefe von $\geq 0,80$ m | 380 | 380 | 390 | 390 |

Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden.

In der nachfolgend aufgeführten Tabelle 11 werden die zulässigen Sohldrücke unter Berücksichtigung der charakteristischen Lasten für die Gebrauchstauglichkeit/Setzungen (SLS-GZ der Gebrauchstauglichkeit (= GZ 2_{alt})) angegeben. Es muss bei der Prüfung der Gebrauchstauglichkeit beachtet werden, dass die Sohldruckspannungen unter Berücksichtigung der charakteristischen bzw. repräsentativen Beanspruchungen/Einwirkungen unterhalb der Werte in Tabelle 11 (Setzungen nach DIN 4019 $\leq 2,0$ cm bzw. $\leq 3,0$ cm; SLS). Entsprechend DIN EN 1997-1, Abschnitt 2.4.8 sollten die Teilsicherheitsbeiwerte $_{e_{Beanspruchungen}}$ für die GZ der Gebrauchstauglichkeit gleich 1,0 gesetzt werden.

Zur Vorbemessung wurde davon ausgegangen, dass für den Neubau Setzungen und Setzungsunterschiede bis 2,0 cm bzw. 3,0 cm (Tabelle 11) zugelassen werden können. Treffen die Annahmen nicht zu, so bitten wir um Rücksprache damit die Sohldrücke entsprechend dem zulässigen Setzungsmaß, das durch den Statiker festzulegen ist, angegeben bzw. anhand ergänzender Setzungsberechnungen ermittelt werden können.

Tabelle 11: Aufnehmbare Sohldrücke für charakteristische Lasten bei Einzel- und Streifenfundamenten (Lastfall BS-P, Grenzzustand SLS, Setzungen auf 2,0 cm bzw. 3,0 cm begrenzt, unter Auftrieb)

| Fundamentbreite in m | 0,50 | 1,00 | 1,50 | 2,00 |
|--|--|------|------|------|
| | Aufnehmbare Sohldrücke [kN/m²] | | | |
| - bei Einbindetiefe von 0,80 m und zul. Setzungen von 2,0 cm | *380 | 250 | 160 | 140 |
| - bei Einbindetiefe von 0,80 m und zul. Setzungen von 3,0 cm | *380 | 380 | 270 | 220 |

Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden.

Die aufnehmbaren Sohldrücke* entsprechen der Tabelle 10, da das Setzungskriterium nicht erreicht wird.

Die Setzungen und Setzungsunterschiede werden dann bis 2,0 cm bzw. 3,0 cm erreichen. Für die Fundamente muss eine ausreichende Bewehrung vorgesehen werden. Die Verträglichkeit der Setzungen und Setzungsunterschiede für das Gebäude ist vom Statiker zu bewerten.

Bei einem geringeren Abstand benachbarter Fundamente ($< 1,5 \dots 2,0 \cdot$ Fundamentbreite b) kommt es zu einer gegenseitigen Beeinflussung und damit verbunden zu einer Erhöhung der Setzungen. Auch bei größeren Fundamentbreiten als in Tabelle 11 angegeben oder unregelmäßiger Lastverteilung sind größere Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen zu erwarten. Um evtl. notwendige Abminderungen der aufnehmbaren Sohldrücke festzulegen, müssen dann nach Erstellung des Lastenplanes durch den Statiker noch Setzungsberechnungen nach DIN 4019, Teil 1, durch das Ing.-Büro Kühn Geoconsulting erfolgen.

Um ein Aufweichen zu verhindern, muss die Gründungssohle unmittelbar nach Aushub mit Beton abgedeckt werden. Aufgeweichte Bereiche sind zu entfernen und durch Beton zu ersetzen.

Die Gründungs- und Aushubsohlen sind vom Baugrundgutachter abzunehmen.

4.5 Gründung des Gebäudes über eine Bodenplatte im Bodenaufbau

Bei Berechnung über die Bettungsziffer kann zur Vorbemessung für die Bodenplatte im Bodenaufbau, ausgehend von ca. 1,0...2,0 m breiten Laststreifen und charakteristischen Sohlendruckspannungen von 50,0 kN/m² - 150,0 kN/m², ein mittlerer Bettungsmodul von ca. 5,0...7,5 MN/m³ angesetzt werden. Zur Prüfung der Gebrauchstauglichkeit müssen die tatsächlich zulässigen Bettungsmoduli nach Festlegung der endgültigen Lasten in Abstimmung mit dem Statiker durch die Kühn Geoconsulting mittels Setzungsberechnungen ermittelt werden. Dies stellt eine zusätzliche Leistung dar, wofür Ihnen die Kühn Geoconsulting GmbH gerne zur Verfügung steht.

Die Gründungs- und Aushubsohlen sind vom Baugrundgutachter abzunehmen.

4.6 Unterbau der Bodenplatte im Sporthallenbereich

Die Gründung der Bodenplatte im Sporthallenbereich kann gebettet erfolgen, wobei eine Tragschicht aus Frostschutz- oder Tragschichtmaterial im Sinn der ZTV SoB-StB 04/09 bzw. ZTV T StB 95/2002 unter der Bodenplatte anzuordnen ist. Dabei ist von einer Mindestdicke von 0,3...0,4 m auszugehen, wobei diese je nach Verkehrsbelastung (z.B. zeitweise aufgestellte Tribünen, Hebebühnen etc.) auch dicker ausgeführt werden muss. Aufgrund der o.g. Geländesituation wird allerdings ein Bodenaufbau von mind. 1,5...2,0 m notwendig werden, sodass die erforderlichen Dicken zum derzeitigen Planungsstand erreicht werden. Sofern in der Aushubsohle aufgeweichte bindige Böden anstehen, ist die Tragschicht zu verdicken oder das Erdplanum zu verbessern. Hierfür sind bei der Ausschreibung entsprechende Positionen einzuplanen.

5 Bauausführung

5.1 Aushub

Beim Aushub fallen die Bodenklassen 1 (aufgefüllter Oberboden), 3 (nicht- bis schwach-bindige Auffüllung, nicht-bindige Kiessande und Sande) und 4 (bindige Auffüllung, Deckschichten, bindige Kiessande, tertiäre Tone) an. Gegebenenfalls können auch die Bodenklassen 5-6 (feste Schluffe und Tone) auftreten. Durchnässen die bindigen Böden beim Bearbeiten, so gehen sie in die Bodenklasse 2 über. Abhängig vom Humusgehalt sind die humosen Bereiche der Auffüllung auch der Bodenklasse 2 zuzuordnen. Alle Angaben zu den Bodenklassen beziehen sich auf die DIN 18 300 (2012).

Der Abbruch von möglicherweise vorhandenen Fundament- und Mauerwerksresten einer vorherigen Bebauung lässt sich nicht in das Klassifizierungsschema der DIN 18 300 einordnen und ist daher getrennt abzurechnen.

Für die Ausschreibung von Homogenbereichen nach DIN 18300-2015 sind diese in der Tabelle 6 angegeben.

5.2 Planum

Die anstehenden bindigen Auffüllungen, Deckschichten und tertiären Tone sind frost- und feuchtigkeitsempfindlich (F 3-Boden). Bei Zutritt von Wasser und/oder Befahren mit Gerät weichen sie tiefgründig auf und lassen sich dann nicht mehr bearbeiten. Dort, wo das Gelände während der Bauzeit befahren werden soll (Zufahrten oder Materiallagerplätze), müssen entsprechende Baustraßen (mindestens 0,5 m dicke Tragschicht mit verdichtungsfähigen Material auf einem Geotextil \geq GRK 3) angelegt werden.

Der Aushub muss über Kopf mit einer als Messer ausgebildeten Baggerschaufel erfolgen.

Alle Maßnahmen zum Schutz des Planums gegen Oberflächenwasser gemäß VOB sind unbedingt zu beachten.

5.3 Wiederverfüllung/Flächenaufbau/Bodenaustausch

Die bindige Auffüllung, die Deckschichten, die schluffigen Kiessande sowie die tertiären Tone lassen sich nicht ausreichend verdichten und sind deshalb nur zur Wiederverfüllung von nicht belasteten Flächen geeignet (z. B. Grünflächen), auf denen Setzungen in Kauf genommen werden können.

Im Bereich belasteter Flächen (Eingangsbereiche, Fahr- und Stellflächen) muss die Verfüllung mit gut verdichtbarem Material (Kiessand, Schotter) mit Tragschichteignung/Frostschutzqualität nach ZTV SoB-StB 04/07 lagenweise auf 100% der einfachen Proctordichte verdichtet erfolgen.

Das Erdplanum und der Oberbau von Fahrflächen müssen mit einem Geotextil (Filtervlies, mind. GRK ≥ 5) getrennt werden. Treten beim Aushub aufgeweichte Bereiche, alte Kanalgruben, Schächte usw. auf, so sind diese in Abstimmung mit dem Bodengutachter vollständig zu entfernen und durch einen Bodenaustausch in der o.g. Weise zu ersetzen. Die Aushubsohlen müssen, damit sie nicht aufweichen, unmittelbar nach dem Aushub abgedeckt werden.

Alternativ empfiehlt sich der Bodenaufbau mit einer qualifizierten Bodenverbesserung unter Nutzung eines Bindemittels (z.B. Dorosol C50) und des anfallenden Aushubmaterials durchzuführen, was i. d. R. die wirtschaftlichere Lösung darstellt. Dazu müssen ergänzende Untersuchungen (Probennahme in Schürfen, Eignungsprüfungen, Proctorversuche) durchgeführt werden.

5.4 Böschungen während der Bauzeit

Generell kann unter Beachtung der DIN 4124 für Böschungen bis zu einer Böschungshöhe von 5,0 m während der Bauzeit in der Auffüllung, den Kiessanden mit 45° und in den in den mindestens steifen Deckschichten und tertiären Tonen mit 60° geböscht werden. In der inhomogenen Auffüllung sowie unter Einfluss von Schichtwasser können Bereiche mit verringerter Scherfestigkeit auftreten, so dass eine Abflachung der Böschung erforderlich wird (z. B. Hang-/Schichtwasser und/oder beim Anschnitt von Leitungsräben und Arbeitsraumverfüllungen). Jenachdem, wie der Bodenaufbau durchgeführt wird, können sich bei dem derzeitigen Planungstand Geländeeinschnitte der Baugrube in das Gelände von $> 5,0$ m ergeben. Somit muss für die Böschungen $> 5,0$ m ein rechnerischer Nachweis der Standsicherheit nach DIN 4084 erfolgen.

Fundamentgräben können bis zu einer Aushubtiefe von 1,20 m senkrecht abgegraben werden. Oberhalb der Böschungsschulter müssen für Lasten wie z. B. Aushub, gelagertes Material, Hebewerkzeuge/Fahrzeuge, Baucontainer oder Fahrflächen die nach DIN 4124 erforderlichen Abstände eingehalten werden. Die Böschungen müssen gegen Erosion durch Oberflächenwasser geschützt werden.

Sofern aus den Böschungen Wasser austritt, muss das Wasser über entsprechende Dränpackungen gefasst und drucklos abgeleitet werden. Falls Böschungsbereiche ausfließen, muss eine Sicherung mit einem Schwerkraftfilter (Schotterschüttung auf Geotextil) erfolgen. Zum Einbau der Schotterpackung wird zusätzlicher Platzbedarf erforderlich.

Eine abschließende Bewertung bezüglich der Standsicherheitssituation der Baugrube kann erst nach Vorlage aller Bauunterlagen nach DIN 4124, Abschnitt 3 (z.B. Schalplan, Leitungen, Abstand angrenzender Bauwerke etc.) erfolgen.

5.5 Baugrubensituation

Die Beschreibung der Baugrubensituation basiert auf dem o.g. Gründungskonzept mit einem qualifizierten Bodenaufbau ab ca. 96,00 m ü. NHN. Da sich die gesamte Planung des Bauvorhabens in einem sehr frühen Stadium befindet, ist die Baugrubensituation im weiteren Planungsfortschritt neu zu bewerten.

Die Baugrube ergibt sich aus den Ausmaßen des geplanten Untergeschosses sowie eines ca. 0,80 m breiten Arbeitsraums. Die angenommene Aushubtiefe für den qualifizierten Bodenaufbau liegt auf ca. 96,00 m ü. NHN, wobei die Aushubsohlen der außenliegenden Fundamentgräben je nach Lage am Hang auch tiefer liegen. Unter Berücksichtigung der Geländehöhen von ca. ca. 95,00 m ü. NHN im Osten und ca. 100,00 m ü. NHN im Westen ergibt sich eine Baugrubentiefe von bis zu ca. 4,00 m bzw. am ansteigenden Hang auch höher.

In jedem Fall sind die Aushubgrenzen zu den Bestandsbauten nach DIN 4123 gem. Abbildung 1 zu überprüfen.

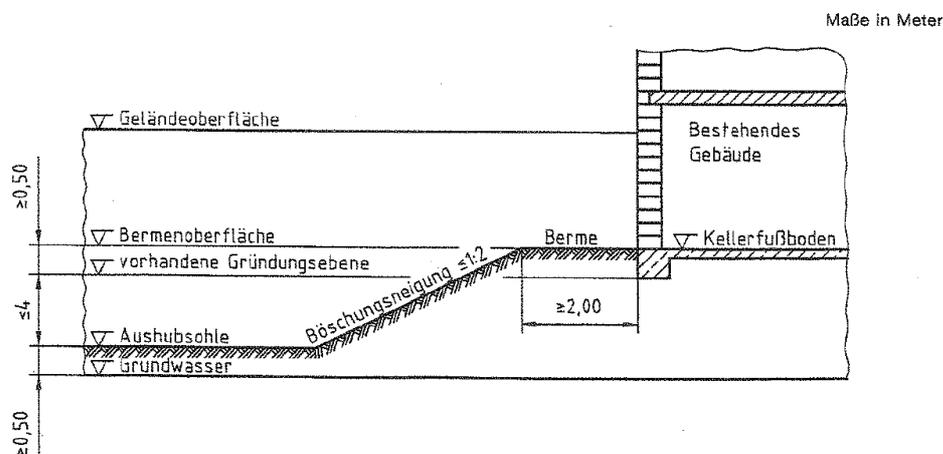


Abbildung 1: Bodenaushubgrenzen nach DIN 4123

Im Südosten (Straße) beträgt der Abstand zur Grundstücksgrenze ca. 5,6...9,0 m. An der nordöstlichen Baugrubenseite beträgt der minimale Abstand zur Grundstücksgrenze ca. 14,5 m. Im Nordwesten beträgt der Abstand vom geplanten Gebäude zur Grundstücksgrenze ca. 7,7 m. Im Südwesten ragt das geplante Gebäude bis zu ca. 31,5 m an die Grundstücksgrenze heran.

Die in Abschnitt 5.4 aufgeführten bauzeitlichen Böschungswinkel werden somit mit zunehmendem Einschnitt der Baugrube in das Gelände im eingehalten werden können, wobei sich bei einem möglichen Schichtwasserandrang die Böschungen abflachen werden, sodass sie dann bis zur Grundstücksgrenze oder darüber hinaus reichen können. Hier wird daher ggf. eine Baugrubensicherung notwendig werden.

Im Nordwesten / Nordosten werden die Böschungshöhen ca. 4,0...5,0 m betragen, sodass hier ggf. Standsicherheitsberechnungen nach DIN 4084 notwendig werden. Bei Schichtwasserandrang werden sich hier dann Böschungswinkel $< 45^\circ$ ergeben.

Insgesamt ist die Baugrundsituation für die Baugrube aufgrund der bei Schichtwasser zum Ausfließen neigenden Böden sowie dem Hangeinschnitt als problematisch zu bewerten. Zur Ermittlung des Schichtwasserandrangs und zur weiteren Beurteilung des Bodens empfehlen wir, im Vorfeld ca. 4-5 Schürfe durchzuführen.

Darauf aufbauend können dann Empfehlungen für die weitere Baugrubenplanung gegeben werden, da das Verbausystem und die zulässige Böschungsneigung in diesem Fall maßgeblich vom Schichtwasserandrang abhängen. Zudem werden ggf. zusätzliche Bohrungen im Bereich der Verbauachse notwendig werden.

Abhängig von den Ergebnissen muss zudem entschieden werden, ob und in welchem Umfang eine Wasserhaltung notwendig wird. Ggf. sind die gespannten Schichtwasserkörper mit Bohrungen zu entspannen.

Fazit:

Aufgrund des Einschnitts des geplanten Gebäudes in das Gelände und der möglichen Schichtwasserhorizonte ergibt sich eine komplexe Baugrubensituation, die eine Baugrubenplanung sowie ggf. Standsicherheitsberechnungen erforderlich machen. Dafür sind ergänzende Schürfe notwendig. Die Bewertung der Baugrubensituation ist im späteren Planungsverlauf anzupassen. Für die Baugrubenplanung steht Ihnen die Kühn Geoconsulting GmbH gerne zur

Verfügung.

5.6 Verbau

5.6.1 Allgemein

Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, werden die in Abschnitt 5.4 genannten Böschungswinkel in Teilbereichen ggf. nicht eingehalten werden können. Zudem kann aus dem Schichtwasserandrang ein abflachen der Böschungen notwendig werden, wodurch ggf. Sicherungsmaßnahmen notwendig werden. Die Baugrube muss dann durch eine Baugrubensicherung (abhängig vom Wasserandrang z.B. ein wasserdurchlässiger Trägerbohlwandverbau und/oder höherwertiger, verformungsarmer und wasserdichter Verbau) gesichert werden.

Die für die Berechnungen des Verbaus erforderlichen Bodenkennwerte können dem Abschnitt 3.3 entnommen werden.

Bei der Baugrubensicherung sind im Zuge der statischen Bemessung der Baugrubensicherung die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB, neueste Auflage) der Deutschen Gesellschaft f. Geotechnik zu beachten.

Grundsätzlich hat der AN dafür Sorge zu tragen, dass die eingesetzten Geräte den örtlichen Verhältnissen angepasst sind und an benachbarten Bauwerken keine Schäden eintreten können.

In jedem Falle müssen vor Durchführung von Baugrubensicherungen alle bestehenden Leitungen/Sparten genau bekannt sein.

Für die Herstellung der Baugrubensicherung werden Kampfmitteluntersuchungen notwendig werden. Hier muss eine entsprechende Anfrage zur Luftbildauswertung bei der Bezirksregierung Köln gestellt werden.

5.6.2 Trägerbohlwandverbau

Im lastabstrahlfreien Bereich der gepl. Baumaßnahme bietet sich für die Baugrubensicherung ein kostengünstiger Trägerbohlwandverbau ("Berliner Verbau" mit Holzausfachung oder Trägerverbau mit Spritzbetonverzug) an. Dies gilt nur, wenn kein zusätzlicher Lasteintrag vorhanden ist, anderenfalls ist ggf. eine Bohrpfahlwand als Baugrubenverbau notwendig. Die Löcher für die Träger müssen verrohrt gebohrt werden. Das Bohrverfahren ist der Nachbarbebauung so anzupassen, dass keine Schwingungsübertragungen stattfinden.

Der Hohlraum zwischen Träger und Bohrloch ist kraftschlüssig bis zur GOK zu verfüllen. Generell sind die Träger als verloren zu betrachten, da ein Ziehen zu Sackungen führen wird.

Es muss gewährleistet sein, dass sich kein Bodenentzug, z.B. durch Schichtwasserandrang, ergibt. Hierzu ist die Ausfachung ggf. mit einem Geotextil auszukleiden oder ein alternativer, wassersperrender Verbau zu wählen.

Beim Trägerverbau bzw. "Berliner Verbau" muss unbedingt auf eine satte Hinterfüllung ohne tiefreichende Störung geachtet werden.

Auch beim Ziehen des Verbaus darf es zu keiner Störung des anstehenden Bodens kommen, die zu Sackungen führen könnten. Der Verbau darf nur soweit zurückgebaut werden, wie er durch das Verfüllen entbehrlich geworden ist.

Grundsätzlich hat der AN dafür Sorge zu tragen, dass die eingesetzten Geräte den örtlichen Verhältnissen angepasst sind und an benachbarten Bauwerken keine Schäden eintreten können.

Für die Berechnung und Planung der Baugrubensicherung steht Ihnen die KÜHN Geoconsulting GmbH gerne zur Verfügung.

5.6.3 Bohrpfahlwand

Dort, wo ein höherer Lasteintrag erfolgt oder bei hohem Schichtwasserandrang, ist ggf. ein wasserdichter Verbau, z.B. eine verformungsarme, tangierende/aufgelöste Bohrpfahlwand vorzusehen.

5.6.4 Rückverankerung nach DIN EN 1537

Dort, wo zusätzliche Lasten auf den Verbau (z.B. Bestandsbebauung, Verkehrslasten Zufahrtsstraße) einwirken oder der Verbau wirtschaftlicher zu gestalten ist, muss der Verbau voraussichtlich rückverankert werden. Dies kann zudem wirtschaftlicher sein, da sich geringere Einbindetiefen ergeben können.

Für die Rückverankerung des Verbaus ergeben sich Bedarfsflächen in den angrenzenden Nachbargrundstücken. Um Stillstände zu vermeiden, sind entsprechende nachbarschaftliche Vereinbarungen frühzeitig und vor Baubeginn einzuholen. Weiterhin müssen die vorhandenen

Versorgungsleitungen höhen- und lagemäßig ermittelt werden (insbesondere Kanäle und Schächte), um die Ankerlagen entsprechend abzustimmen und ggf. zu verlegen oder steiler zu stellen. Für die Bemessung und Ausführung der Rückverankerung ist die DIN EN 1537 zu beachten.

5.7 Sicherung der Dauerböschungen

Die für die Bauzeit angegebenen Böschungswinkel aus Abschnitt 5.4 gelten nicht für die Dauerböschung. Für Dauerböschungen mit intensiver Begrünung müssen die Böschungswinkel ebenfalls mit Standsicherheitsberechnungen festgelegt werden, wobei Böschungen mit $>33,5^\circ$ (Böschungsverhältnis ca. 1:1,5) in der Regel nicht nachweisbar sein werden. Für steilere bzw. durch die zu überbrückende Höhe längere Böschungen im Hangbereich werden entsprechende Sicherungsmaßnahmen (z. B. Gabionenwände, Stützmauern) erforderlich, deren Standsicherheit durch statische Berechnungen nachgewiesen werden muss.

Das bei nasser Witterung aus den Böschungen austretende Schicht- bzw. Stauwasser muss in Dränpackungen gefasst und einer dauerhaften Vorflut zugeleitet werden. Hinter Stützwänden müssen Dränagen mit ausreichender Vorflut eingebaut werden. Bei unkontrolliertem Wasseraustritt können Nässe- und Frostschäden entstehen und die Standsicherheit ist gefährdet.

Maßnahmen zur Sicherung von Dauerböschungen müssen geplant und berechnet werden, wozu die Kühn Geoconsulting GmbH gerne zur Verfügung steht. Dazu sind maßstäbliche Schnitte der geplanten Baumaßnahme erforderlich, die auch die oberhalb liegende Bebauung miteinbeziehen.

5.8 Wasserhaltung

Die Durchlässigkeit der im Erdplanum/Untergrund anstehenden Schichten ist zum größten Teil gering bis sehr gering. Sie reicht nicht aus, um zufließendes Oberflächenwasser und auftretendes Schichtwasser versickern zu lassen.

In der Aushubphase muss mit gespanntem Schichtwasser gerechnet werden, da dieses bei der Baugrunderkundung zur Gründung des Schulgebäudes angetroffen wurde. Daher empfehlen wir, wie zuvor beschrieben, die Durchführung von 4-5 Schürfen zur Abschätzung des Schichtwasseranfalls. Darauf aufbauend ist dann die weitere Planung der Wasserhaltung vorzusehen. Die nachfolgenden Angaben erläutern die möglichen Arten der Wasserhaltung, abhängig vom Wasserandrang.

Aus den vorgenannten Gründen ist für die geplanten Baugruben mindestens eine offene Wasserhaltung einzuplanen. Es ist daher für die Baugrube ein umlaufender Dränggraben mit mehreren Pumpensümpfen ($d=1,0 \dots 1,5$ m) als offene Wasserhaltung einzuplanen. In Abhängigkeit vom Wasseranfall ist bei Bedarf eine mind. 0,3 m dicke Filterschicht aus gebrochenem, nullkornfreiem Material (auf einem Geotextil der GRK 5) in der Baugrubensohle einzurichten. Diese kann bei entsprechender Auslegung mit der Tragschicht (0,50 m) kombiniert werden.

Im Zuge der Baugrubenplanung sind die Böschungen und die potenziell erforderlichen Baugrubensicherungen so anzulegen, dass ein genügender Platz für die Pumpensümpfe und die Dränggräben vorhanden ist.

Sofern größere Mengen an Schichtwasser anstehen, sind die weiteren Maßnahmen mit dem geotechnischen Sachverständigen abzustimmen. Bei Bedarf muss eine geschlossene Wasserhaltung mittels Wellpoint-Anlage (gebohrte und verfilterte Kleinbrunnen) und Vakuumförderung eingerichtet werden.

Für die Entnahme und die Ableitung des geförderten Wassers müssen im Vorfeld die entsprechenden Genehmigungen bei den zuständigen Behörden eingeholt werden.

Die Wasserhaltung muss auch während der Arbeitspausen (Nachts, Wochenende) dauerhaft funktionstüchtig gehalten werden.

5.9 Abdichtung und Auftriebssicherheit

Da die Bodenplatte der Sporthalle nach den derzeitigen Planungen [U2] oberhalb der derzeitigen Geländeoberfläche liegen wird, empfehlen wir eine Abdichtung gegen nicht-drückendes Wasser nach der Wassereinwirkungsklasse W1.2 der DIN 18533-1, sofern für den Bodenaustausch eine Entwässerung (Dränage) vorgesehen wird, wofür allerdings zuerst die Ableitung des Dränwassers sowie die Genehmigungsfähigkeit geklärt werden muss. Kann oder darf keine Dränage angelegt werden, so ist nach DIN 18533-1 eine Abdichtung gegen drückendes Wasser nach der Wassereinwirkungsklasse W2.1 (bis zu einer Einbindetiefe von 3,0 m u. der geplanten GOK) vorzusehen.

Bei der Herstellung eines wasserundurchlässigen Bauwerks aus Beton muss hier gem. der DAfStb-Richtlinie (Dez. 2017) die Beanspruchungsklasse 1 für ständig und zeitweise drückendes Wasser berücksichtigt werden. Weiterhin sind bauseits bzw. durch den Fachplaner die Nutzungsklassen gem. Abs. 5. zu berücksichtigen.

Die die Gebäude umgebenden Flächen müssen mit Gegengefälle angelegt werden, damit der Zufluss von Oberflächenwasser zum Gebäude ausgeschlossen wird.

Die Auftriebssicherheit muss während aller Bauzustände sichergestellt werden. Bei einer Abdichtung gegen drückendes Wasser und somit ohne Drainage ist zu beachten, dass sich zulaufendes Wasser im Arbeitsraum ansammeln kann, sodass ein Wasserstand auf Geländehöhe anzusetzen ist.

6 Bewertung Bodenaushub

Im Bereich der geplanten Baumaßnahme wurde aufgefülltes oder umgelagertes Material erbohrt. Da es sich dabei nicht um den natürlich anstehenden Boden handelt, ist ggf. eine abfallbezogene Untersuchung zur Überprüfung der Möglichkeiten zur Verwertung/Entsorgung erforderlich.

Auffüllungen weisen häufig eine inhomogene, kleinräumig wechselnde Zusammensetzung auf. Sollte beim Aushub aufgefülltes Material auftreten, so ist dieses separat gesichert (z. B. in wasserdichten Containern) zu lagern. Für die weiteren erforderlichen Maßnahmen zum fachgerechten Handling der vorgefundenen Situation ist die Kühn Geoconsulting GmbH hinzuzuziehen. Die Aushubarbeiten sind jeweils zu unterbrechen, damit keine Folgeschäden (z.B. Vermischung unterschiedlich belasteter Belastungschichten) verursacht werden.

Die Untersuchung des Bodens erfolgt nach dem untergesetzlichen Regelwerk, der LAGA - Richtlinie M 20¹, zur Überprüfung einer möglichen Wiederverwertung. **Sofern die Konzentrationsvorgaben der Zuordnungsklassen der o.g. LAGA-Richtlinie überschritten werden, ist eine Verwertung nicht möglich. Für diesen Fall muss eine Untersuchung gemäß Deponieverordnung (DepV, 2009)² durchgeführt werden.**

Für die zuvor aufgeführten abfallbezogenen Untersuchungen (Analytik) und Bewertungen steht Ihnen die Kühn Geoconsulting GmbH gerne zur Verfügung.

Im Rahmen jedes Bauantrags ist die Bezirksregierung Düsseldorf – Kampfmittelbeseitigungsdienst Rheinland zu beteiligen. Die Anfrage muss über das Ordnungsamt der zuständigen Gemeinde gestellt werden, wobei ein Plan mit Flurstücksnummer, Flur und der Gemarkung übersandt werden muss, in dem das geplante BV eingetragen ist.

¹ **LAGA - Richtlinie:** Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen und Abfällen - Technische Regeln; Mitteilungen der LAGA M 20; Stand: 06.11.2003 bzw. 05.11.2004.

² **Deponieverordnung 2009** - Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung) DepV vom 27.04.2009; BGBl I Nr. 22 vom 29.04.2009, S. 900

7 Schlussbemerkung

Die Beschreibung der Boden- und Grundwasserverhältnisse beruht auf punktuellen Aufschlüssen, zwischen denen linear interpoliert wurde. Abweichungen in Bereichen zwischen den Untersuchungspunkten können nicht ausgeschlossen werden.

Der Untersuchungsumfang, die Untersuchungstiefe und die Aussagen im Baugrundgutachten beziehen sich auf den mitgeteilten Planungsstand und die zur Verfügung gestellten Planunterlagen.

Die im Gutachten getroffenen Aussagen beziehen sich nur auf die Einstufung des Bodens bezüglich seiner Eignung als Baugrund. Eine Altlastuntersuchung war nicht beauftragt.

Die Angaben zu den Bodenklassen basieren auf der VOB 2012. Die Einteilung in Homogenbereiche nach VOB, Ergänzungsband 2015, erfolgte auf Grundlage der für das o.g. Baugrundgutachten durchgeführten Geländeuntersuchungen und Laborarbeiten. Da nach der VOB, Ergänzungsband 2015, hierfür ein höherer Untersuchungsaufwand vorgegeben ist, kann die Einteilung in Homogenbereiche nur näherungsweise erfolgen

Aufgrund der Hanglage, dem Einschnitt des geplanten Gebäudes in das Gelände sowie möglichen Schichtwassers werden eine Baugrubenplanung sowie eine Standsicherheitsberechnung der rückwärtigen Böschung notwendig werden. Wir empfehlen zudem die Durchführung von 4-5 Schürfen zur Ermittlung des Schichtwasserandrangs und zur ergänzenden Beurteilung der Böden.

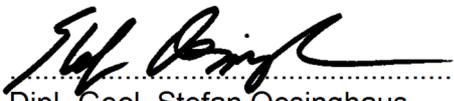
Es werden zudem für die Planung eines Verbaus sowie ggf. für die Gründung über Pfähle o. Ä. ergänzende Bohrungen, ggf. auch Großbohrungen, notwendig werden. Dies muss im Zuge der fortschreitenden Planung bewertet werden.

Der notwendige Geländeaufbau kann sowohl „klassisch“ über Tragschichtmaterial oder über eine qualifizierte Bodenverbesserung unter Nutzung des Aushubmaterials durchgeführt werden, wobei letzte Variante i.d.R. die wirtschaftlichere Lösung darstellt. Hierzu sind weitere Untersuchungen (Eignungsprüfungen) notwendig.

Dem Baugrundgutachter muss Gelegenheit zur Überprüfung des Baugrunds während der Aus-
hubarbeiten gegeben werden. Die Gründungssohlen sind vom Baugrundgutachter abzuneh-
men.

Bonn, 25.06.2019

Kühn Geoconsulting GmbH



Dipl.-Geol. Stefan Oesinghaus
Geschäftsführender Gesellschafter

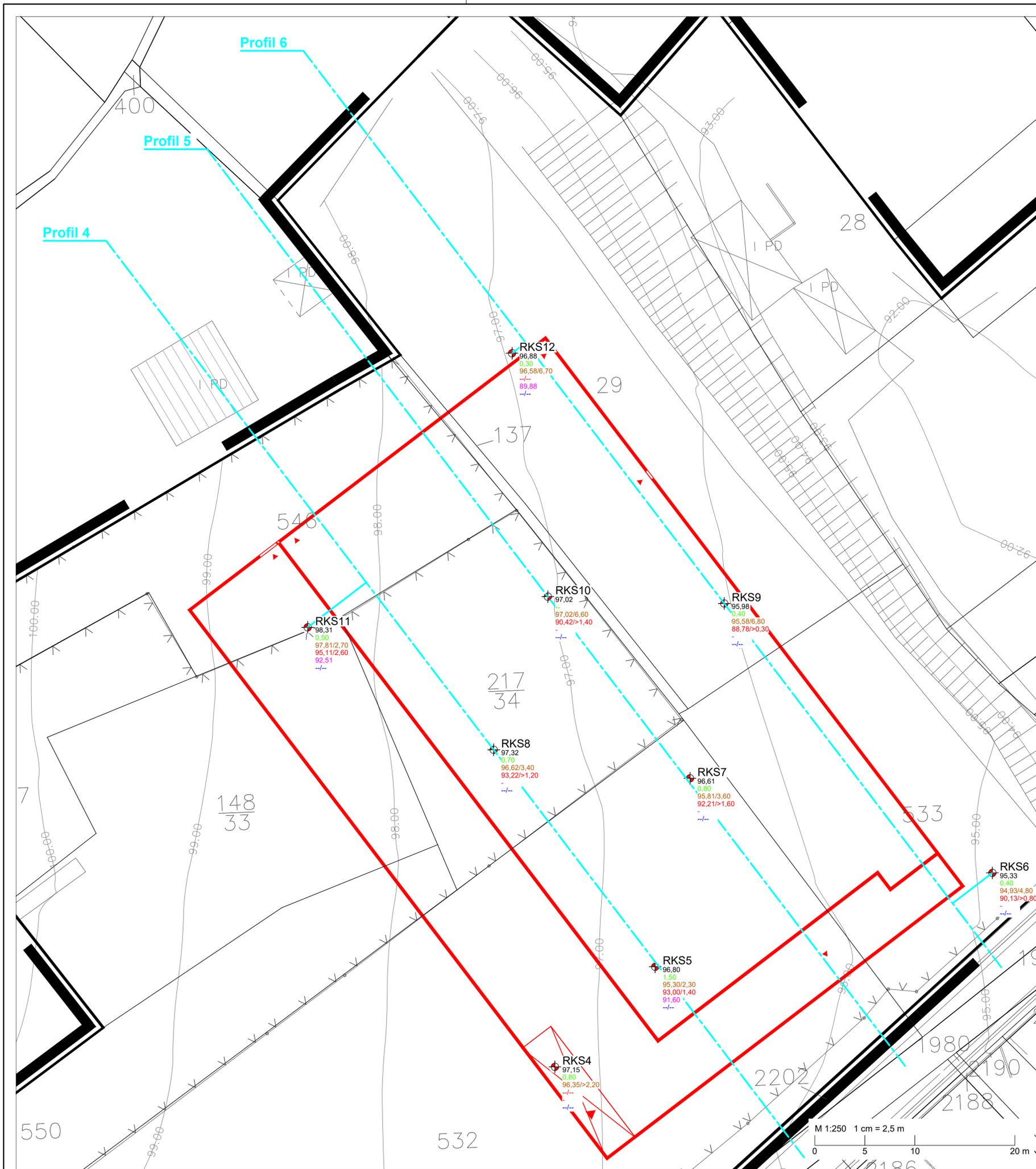


MARIUS ROMER, M.Sc. Geow.
Projektleiter Baugrund

Anlagen:

- 1 Lageplan
- 2 Profile
- 3 Labor (Kornverteilung)
- 4 Grundbruch-/Setzungsberechnungen
- 5 Ergebnisse Betonaggressivität Boden

Ø - Träger der Freien Christlichen Schulen Bonn/Rhein-Sieg, Herr Andreas Wiegel
3 x per Post (Buntspechtweg 1, 53123 Bonn)
1 x per E-Mail (Andreas.wiegel@fcsb.de)



Zeichenerklärung

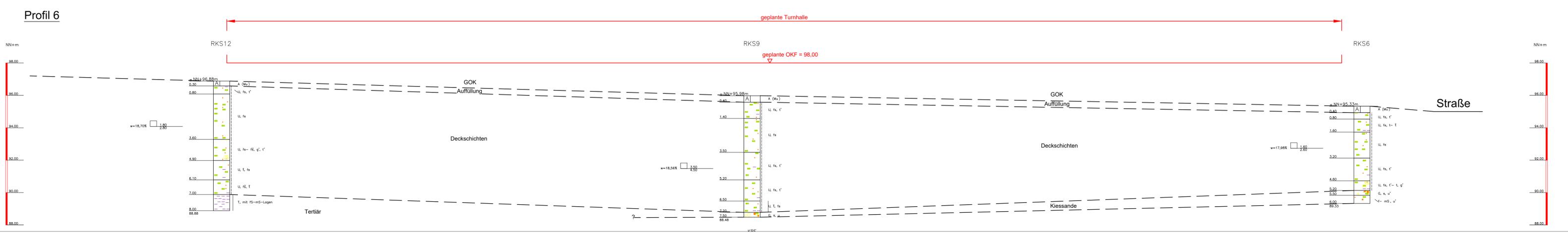
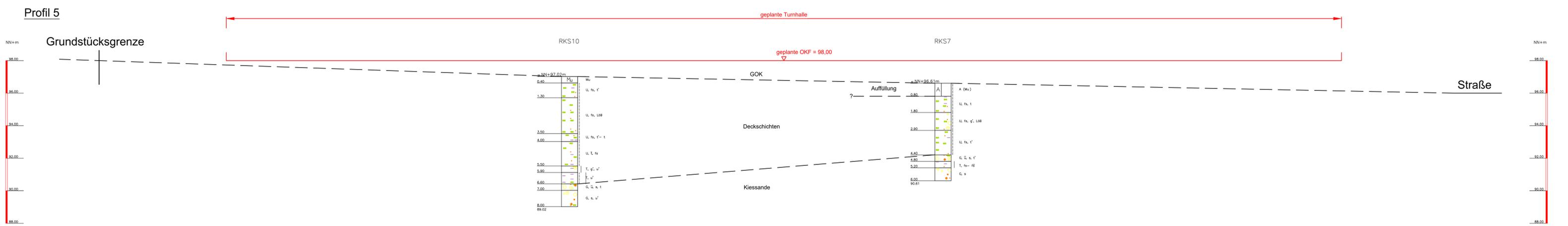
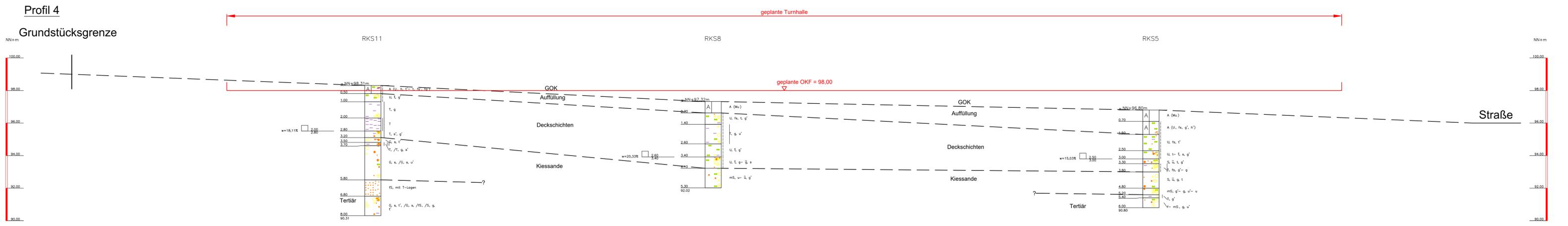
- + RKS11 Lage und Nummer der Rammkernsondierung
- 98,31 Höhe des Ansatzpunktes [m ü. NN]
- 0,50 Dicke Auffüllung [m]
- 97,81/2,70 OK Deckschichten [m ü. NN] / Dicke [m]
- 95,11/2,60 OK Kiessand [m ü. NN] / Dicke [m]
- 92,51 OK Tertiär [m ü. NN]
- /- Wasserstand [m ü. NN] / unter GOK [m]

- Profil 1 Lage und Nummer des Bohrprofils
- Neubau



| | | | |
|-------|------------------|-------|------|
| D | | | |
| C | | | |
| B | | | |
| A | | | |
| INDEX | Art der Änderung | Datum | Name |

| | | | |
|---|-----------|---|-------------------|
| Projekt / Bauvorhaben: | | | |
| Freie Christliche Schule Im Klostergarten, Alfter Oedekoven | | | |
| Auftraggeber / Bauherr: | | | |
| Träger der freien christlichen Schulen Bonn/Rhein-Sieg e.V. Buntspechtweg 1 53123 Bonn | | | |
| Planverfasser: | | | |
| KÜHN Geoconsulting GmbH Auf der Kaiserfuhr 39 D-53127 Bonn | | Tel.: +49 228 98972-0 Fax.: +49 228 98972-11 | |
| Planbenennung: | | Gutachten / Planungsstand: | |
| Lageplan | | Baugrundgutachten G02 - Turnhalle | |
| Anmerkungen: Alle Maße und Höhenangaben sind vor Baubeginn verantwortlich zu überprüfen. Alle Höhen nach Bau-niveaulement, kein Vermesseraufmaß. | | Plan erstellt nach Vorlagen von: | |
| Bearbeitung: | M. Römer | Plannamen: | 2150034_BG_G02_A1 |
| Zeichnung: | J. Kubsch | Plangröße: | 630 x 480 |
| Projekt-Nr.: | 2150034 | Maßstab: | 1 : 250 |
| | | Datum: | 25.06.2019 |
| | | Anlage: | 1 |



Zeichenerklärung nach DIN 4023

| Bodenarten nach DIN EN ISO 14688-1 | | Felsarten nach DIN EN ISO 14689-1 | |
|--------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------|
| Mutterboden | Mu | Fels, allgemein | Z |
| Auffüllung | A | Fels, verwittert | Zv |
| Ton | t | Kongl./Breklie | Gst |
| Schluff | u | Sandstein | Sst |
| Sand | s | Feinsandstein | Sstf |
| Kies | g | Schluffstein | Ust |
| Steine | x | Tonstein | Tst |
| Blöcke | y | Mergelstein | Mst |
| Lehm | l | Kalkstein | Kst |
| Mudde | f | Granit | Gr |
| Torf | h | Basalt | Ba |
| Braunkohle | bk | Tuff | Tu |
| Korngrößen | f, m, g | Klüftung | kü, kü* |
| Nebenteile | schwach, stark | Grundwasser angebohrt | ▽ |
| Konsistenz | brüglig, weich, halbfest, fest | Grundwasser nach Bohrende | ▽ |
| Feuchtigkeit | nass | Ruhwasserstand | ▽ |
| Schichtgrenzen, interpoliert | --- | Schichtwasser | ▽ |
| Rammsondierung nach DIN EN ISO 22476 | --- | Grundwasseranstieg | ▽ |
| Schlagarten für 10 cm Einringelung | --- | Grundwasser, versickert | ▽ |
| Splendenschwimmer | SPS | k _v -Wert-Bestimmung | ▽ |
| Splendenschwimmer | SPS | Sonderprobe | ▽ |
| Gemengeschwimmer | GS | Wassergehalt | ▽ |
| Rammgeschwimmer | RS | Glühverlust | ▽ |
| Falshohle | FH | kein Bohrfortschritt | ▽ |
| | | kein Rammfortschritt | ▽ |

| | | | |
|--|------------------|---|-------------------|
| D | | | |
| C | | | |
| B | | | |
| A | | | |
| INDEX | Art der Änderung | Datum | Name |
| Projekt / Bauvorhaben: | | | |
| Freie Christliche Schule | | | |
| Im Klostergarten, Alfter Oedekoven | | | |
| Auftraggeber / Bauherr: | | | |
| Träger der freien christlichen Schulen Bonn/Rhein-Sieg e.V. | | | |
| Buntspeschweg 1 53123 Bonn | | | |
| 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: | | | |
| Profil 4 - 6 | | Gutachten / Planungsstand: Baugrundgutachten G02 - Turnhalle | |
| Anmerkungen: Alle Maße und Höhenangaben sind vor Baubeginn verantwortlich zu überprüfen. Alle Höhen nach Bauinvelement, kein Vermesseraufmaß. | | | |
| Plan erstellt nach Vorlagen von: | | | |
| Bearbeitung: | M. Römer | Planname: | 2150034_BG_G02_A2 |
| Zeichnung: | J. Kubsch | Plangröße: | 1200 x 460 |
| Projekt-Nr.: | 2150034 | Maßstab: | 1 : 100 |
| | | Anlage: | 2 |

Auf der Kaiserfuhr 39
53127 Bonn
Tel.: (0228) 98972-0
Fax: (0228) 98972-11
www.geoconsulting.de

Prüfungsnr.: 2150034
Anlage: 3.1
zu: 2150034_BG_G02

Bestimmung der Korngrößenverteilung
kombinierte Sieb-/Schlamm-analyse
nach DIN EN ISO 17892-4

Prüfungsnr.: 2150034
Bauvorhaben: Schule im Klostergarten Oedekoven
(Sporthalle)
Ausgeführt durch: He
am: 24.05.2019
Bemerkung:

Entnahmestelle: Probe 8/3
Station: m rechts der Achse
Entnahmetiefe: m unter GOK
Bodenart:
Art der Entnahme:
Entnahme am: durch:

Siebanalyse:

Einwaage Siebanalyse me: 53,00 g %-Anteil der Siebeinwaage $me' = 100 - ma'$ me': 50,91
Abgeschlammter Anteil ma: 51,10 g %-Anteil der Abschlämzung $ma' = 100 - me'$ ma': 49,09
Gesamtgewicht der Probe mt: 104,10 g

| | Siebdurchmesser [mm] | Rückstand [g] | Rückstand [%] | Durchgang [%] |
|----|-------------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 | 63,000 | 0,00 | 0,00 | 100,0 |
| 2 | 31,500 | 0,00 | 0,00 | 100,0 |
| 3 | 16,000 | 0,00 | 0,00 | 100,0 |
| 4 | 8,000 | 9,30 | 8,93 | 91,1 |
| 5 | 4,000 | 10,90 | 10,47 | 80,6 |
| 6 | 2,000 | 7,80 | 7,49 | 73,1 |
| 7 | 1,000 | 6,50 | 6,24 | 66,9 |
| 8 | 0,500 | 4,30 | 4,13 | 62,7 |
| 9 | 0,250 | 3,90 | 3,75 | 59,0 |
| 10 | 0,125 | 4,50 | 4,32 | 54,7 |
| 11 | 0,063 | 5,80 | 5,57 | 49,1 |
| | Schale | 0,00 | 0,00 | 49,1 |

Summe aller Siebrückstände: S = 53,00 g Größtkorn [mm]: 16,00

Siebverlust: SV = me - S = 0,00 g

SV' = (me - S) / me * 100 = 0,00 %

| Fraktionsanteil | Prozentanteil |
|-----------------|---------------|
| Ton | 21,55 |
| Schluff | 27,08 |
| Sandkorn | 24,48 |
| Feinsand | 9,06 |
| Mittelsand | 6,07 |
| Grobsand | 9,34 |
| Kieskorn | 26,90 |
| Feinkies | 13,67 |
| Mittelkies | 13,23 |
| Grobkies | 0,00 |
| Steine | 0,00 |

| Durchgang [%] | Siebdurchmesser [mm] |
|---------------|----------------------|
| 10,0 | |
| 20,0 | |
| 30,0 | 0,011 |
| 40,0 | 0,031 |
| 50,0 | 0,070 |
| 60,0 | 0,297 |
| 70,0 | 1,442 |
| 80,0 | 3,801 |
| 90,0 | 7,397 |
| 100,0 | 15,997 |

Bemerkungen:

Auf der Kaiserfuhr 39
53127 Bonn
Tel.: (0228) 98972-0
Fax: (0228) 98972-11
www.geoconsulting.de

Prüfungsnr.: 2150034
Anlage: 3.1
zu: 2150034_BG_G02

Bestimmung der Korngrößenverteilung
kombinierte Sieb-/Schlamm-analyse
nach DIN EN ISO 17892-4

Prüfungsnr.: 2150034
Bauvorhaben: Schule im Klostergarten Oedekoven
(Sporthalle)
Ausgeführt durch: He
am: 24.05.2019
Bemerkung:

Entnahmestelle: Probe 8/3
Station: m rechts der Achse
Entnahmetiefe: m unter GOK
Bodenart:
Art der Entnahme:
Entnahme am: durch:

Aräometer Nr. : 9
Meniskuskorrektur mit Dispergierungsmittel: $C_m = -0,5000$ Dest. Wasser

Ermittlung der Trockenmasse

Durch Trocknen (nach der Schlamm-analyse)

Behälter Nr.: Trockene Probe + Behälter md + mB 893,11 g
Korndichte ρ_s : 2,650 g/cm³ Behälter mB 861,08 g
Referenzwert R'_0 : 0,000 Trockene Probe md 32,03 g
Referenzwert $R_0 = R'_0 + C_m$: -0,500 $\mu = md * (\rho_s - 1) / \rho_s = 100\%$ der Lesung 19,94 g
 $a = 100 / \mu * (R + C_\theta) = 5,01 * (R + C_\theta) \%$ von md

| Uhrzeit Vorgabe: | Abgelaufene Zeit s/m/h/d | Aräometer- lesung $R' = (\rho' - 1) * 10^3$ | Lesung + Meniskuskorr. $R = R' + C_m$ | Korndurch- messer d [mm] | Temperatur θ [°C] | Tauch- tiefe H_r [mm] | Korr.Lesung $R + C_\theta$ | Schlamm- probe a [%] | Gesamt- probe a_{tot} [%] |
|---------------------|--------------------------------|---|---|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 00:00:00 | | | | | | | | | |
| 00:00:30 | 30 s | 16,50 | 16,00 | 0,0766 | 19,0 | 153,70 | 16,50 | 82,73 | 49,10 |
| 00:01:00 | 1 m | 15,90 | 15,40 | 0,0546 | 19,0 | 156,19 | 15,90 | 79,73 | 47,31 |
| 00:02:00 | 2 m | 14,80 | 14,30 | 0,0392 | 19,0 | 160,75 | 14,80 | 74,21 | 44,04 |
| 00:05:00 | 5 m | 12,30 | 11,80 | 0,0256 | 19,0 | 171,10 | 12,30 | 61,68 | 36,60 |
| 00:15:00 | 15 m | 10,80 | 10,30 | 0,0150 | 19,0 | 177,32 | 10,80 | 54,15 | 32,14 |
| 00:45:00 | 45 m | 9,50 | 9,00 | 0,0087 | 19,5 | 182,70 | 9,50 | 47,64 | 28,27 |
| 02:00:00 | 2 h | 8,30 | 7,80 | 0,0054 | 19,5 | 187,67 | 8,30 | 41,62 | 24,70 |
| 06:00:00 | 6 h | 7,80 | 7,30 | 0,0032 | 19,5 | 189,75 | 7,80 | 39,11 | 23,21 |
| 00:00:00 | 1 d | 6,90 | 6,40 | 0,0016 | 18,7 | 193,47 | 6,90 | 34,60 | 20,53 |

Bemerkungen:

Prüfungs-Nr.: 2150034
 Bauvorhaben: Schule im Klostergarten Oedekoven
 (Sporthalle)
 Ausgeführt durch: He
 am: 24.05.2019
 Bemerkung:

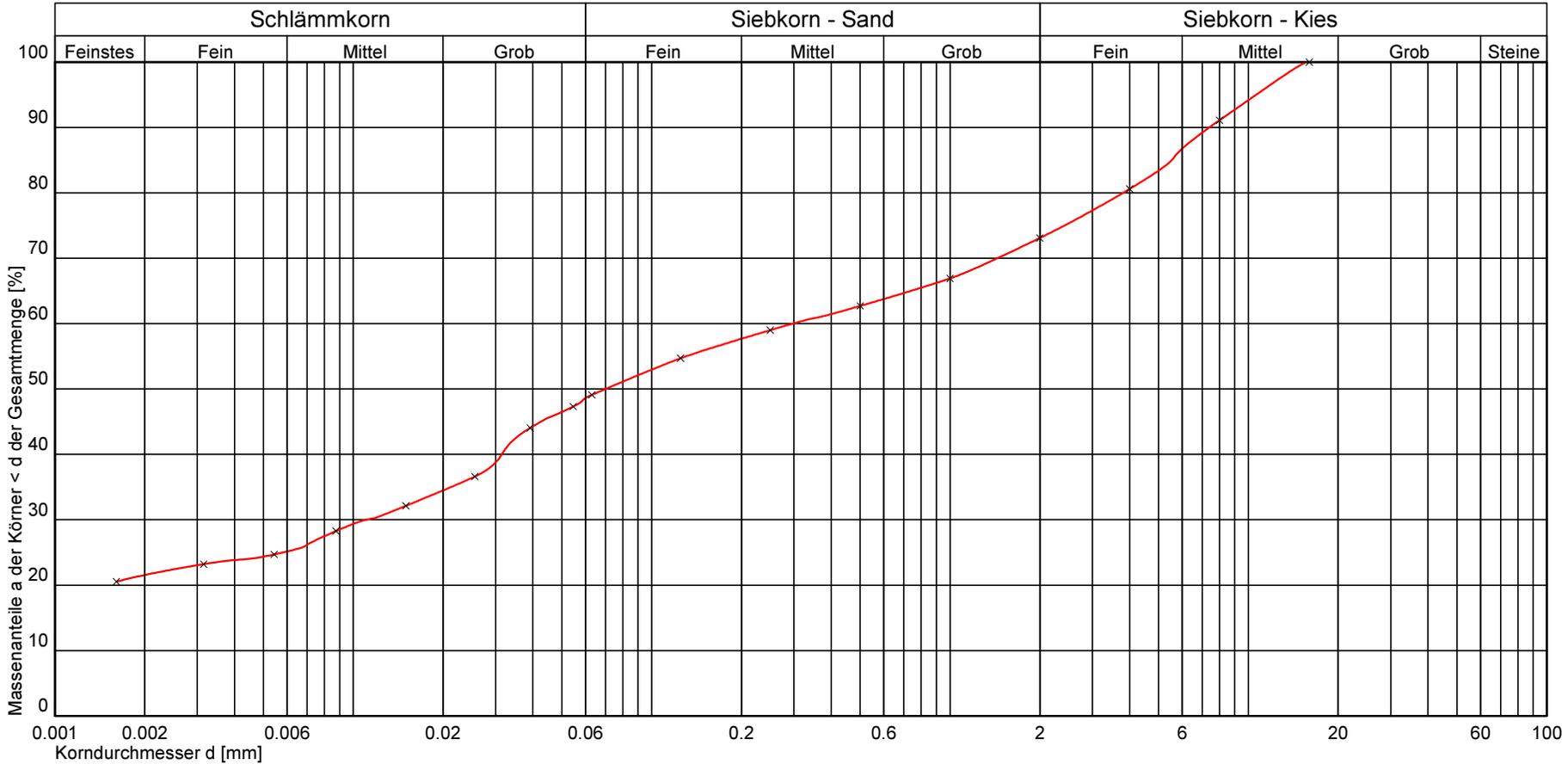
Bestimmung der Korngrößenverteilung
kombinierte Sieb-/Schlammnanalyse
 nach DIN EN ISO 17892-4

Entnahmestelle: Probe 8/3
 Station: m rechts der Achse
 Entnahmetiefe: m unter GOK
 Bodenart:
 Art der Entnahme:
 Entnahme am: durch:

Auf der Kaiserfuhr 39
 53127 Bonn
 Tel.: (0228) 98972-0
 Fax: (0228) 98972-11
 www.geocoonsulting.de

Prüfungsnr.: 2150034
 Anlage: 3.1
 zu: 2150034_BG_G02

Z:\2015\2150034 Freie Christliche Schule Im Klostergarten Oedekoven\Baugrundlabor\2150034-KV KOMB LAB



| | |
|---|---|
| Kurve Nr.: | |
| Arbeitsweise | |
| $C_U = d_{60}/d_{10} / C_C / \text{Median}$ | |
| Bodengruppe (DIN 18196) | UL |
| Geologische Bezeichnung | |
| kf-Wert | $1,750 \cdot 10^{-5}$ [m/s] nach Seelheim |
| Kornkennziffer | 2 3 2 3 0 U,fg',mg',gs',fs',ms',t |

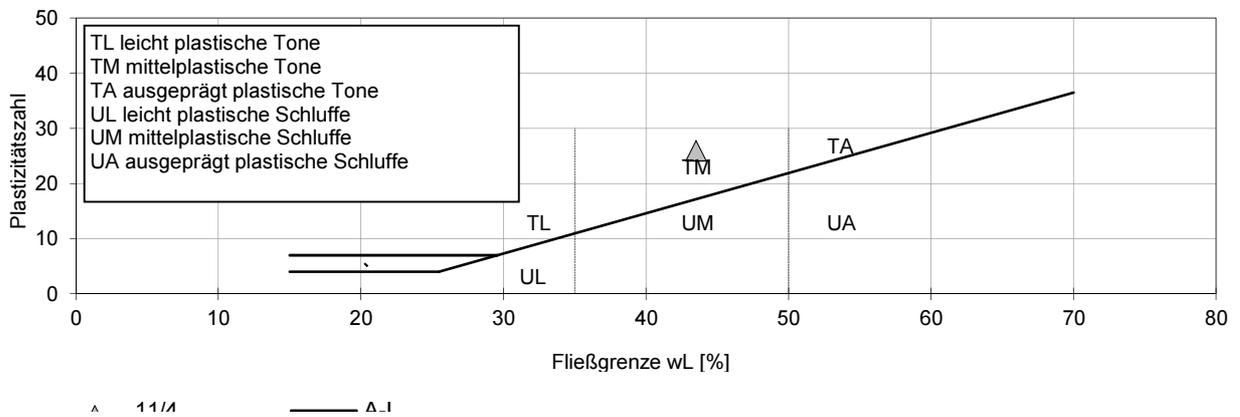
Bemerkungen

Freie Christliche Schulen Bonn/Rhein-Sieg-Kreis
 Neubau Sporthalle "Im Klostergarten" in Alfter-Oedekoven

Tab. 1: Bestimmung der Konsistenzgrenzen n. DIN 18122

| Proben-Nr. | Fließgrenze w_L [%] | Ausrollgrenze w_P [%] | Überkorn \ddot{u} [%] | Plastizitätszahl I_P ($I_P = w_L - w_P$) | Bemerkungen |
|------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--|---------------|
| 11/4 | 43,5 | 17,6 | | 25,9 | Deckschichten |

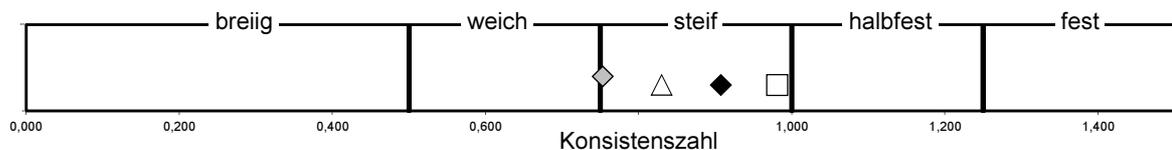
Bild 1: Darstellung im Plastizitätsdiagramm



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

| Proben-Nr. | Wassergehalt | | Konsistenzzahl I_c ($I_c = (w_L - w_{\ddot{u}}) / I_P$) | Konsistenz n. DIN 18122 | Bemerkungen |
|------------|--------------|-----------------------|---|----------------------------|-------------|
| | w [%] | $w_{\ddot{u}}$ [%] | | | |
| 11/4 | 18,1 | 18,1 | 0,981 | steif | |
| | 20,0 | 20,0 | 0,907 | steif | |
| | 22,0 | 22,0 | 0,830 | steif | |
| | 24,0 | 24,0 | 0,753 | steif | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Bild 2: Darstellung der Konsistenzen im Konsistenzbalken n. ATTERBERG



Bemerkung: w_s näherungsweise = 1,25 (n. Schultz/Muhs 1967)

Gründung in den Deckschichten

Einbindetiefe: $\geq 0,80$ m (Einzel-/Streifenfundamente)



Kühn Geoconsulting
Auf der Kaiserfuhr 39
53127 Bonn

BV: Sporthalle
Freie Christliche Schulen Bonn / Rhein-Sieg

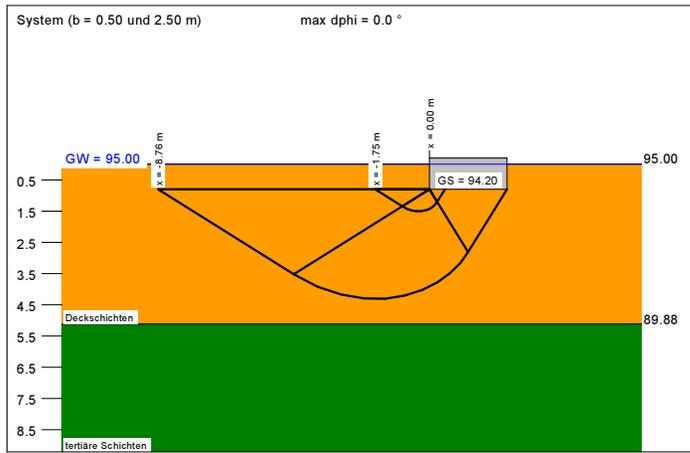
Bericht Nr.
2150034 BG G02
Anlage Nr.
4.1

Berechnungsgrundlagen:
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

$\gamma_{(G,Q)} = 0.000 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.000) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$
Oberkante Gelände = 95.00 m
Gründungssohle = 94.20 m
Grundwasser = 95.00 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Datei: 2150034BG_G02_A4.1_SF_0,8m.gdg
aufnehmbarer Sohldruck
Setzungen

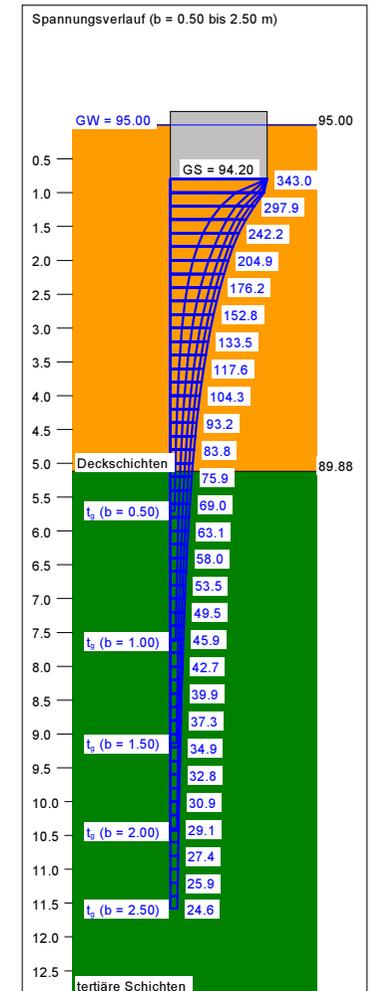
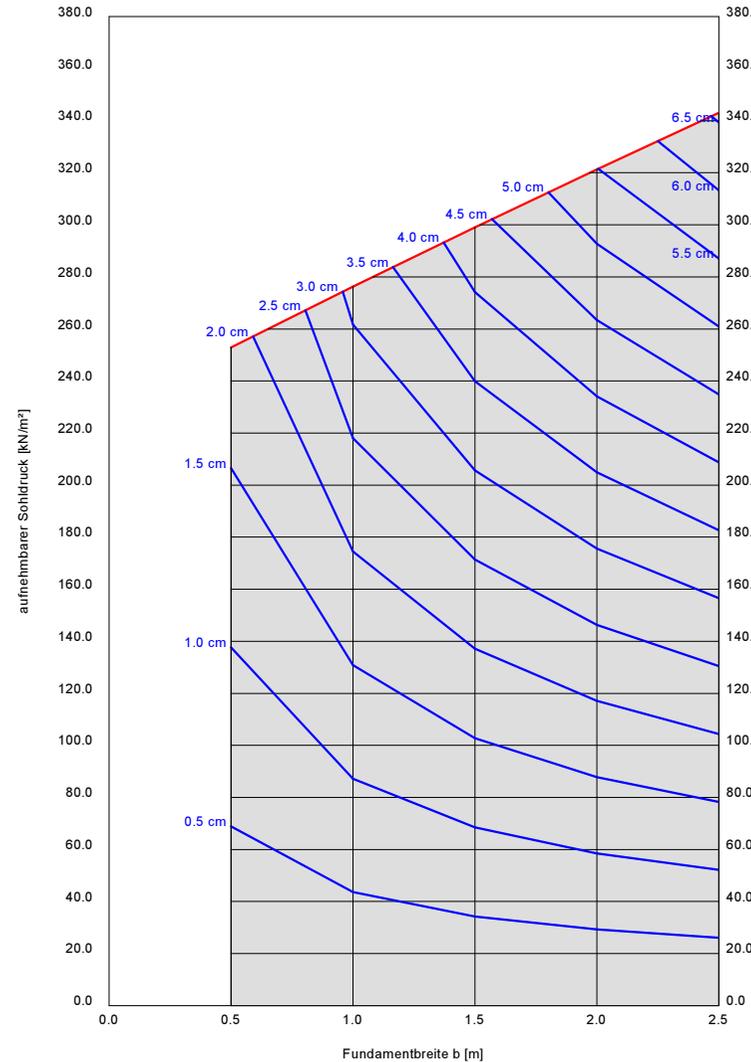
| Boden | Tiefe [m] | γ [kN/m ³] | γ' [kN/m ³] | ϕ [°] | c [kN/m ²] | E _s [MN/m ²] | v [-] | Bezeichnung |
|-------|-----------|-------------------------------|--------------------------------|------------|------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------|
| | 89.88 | 19.5 | 9.5 | 26.3 | 10.0 | 12.5 | 0.00 | Deckschichten |
| | <89.88 | 21.5 | 11.5 | 25.0 | 22.5 | 35.0 | 0.00 | tertiäre Schichten |

Oberkante Gelände = 95.00 m



| 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 _g [m] | UK LS [m] |
|-------|-------|-----------------------------------|--------------|--------|----------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|-----------|
| 10.00 | 0.50 | 252.9 | 126.4 | 1.84 | 26.3 | 10.00 | 9.50 | 7.60 | 5.70 | 1.50 |
| 10.00 | 1.00 | 276.3 | 276.3 | 3.17 | 26.3 | 10.00 | 9.50 | 7.60 | 7.62 | 2.20 |
| 10.00 | 1.50 | 299.1 | 448.6 | 4.36 | 26.3 | 10.00 | 9.50 | 7.60 | 9.14 | 2.90 |
| 10.00 | 2.00 | 321.3 | 642.7 | 5.49 | 26.3 | 10.00 | 9.50 | 7.60 | 10.43 | 3.60 |
| 10.00 | 2.50 | 343.0 | 857.6 | 6.57 | 26.3 | 10.00 | 9.50 | 7.60 | 11.58 | 4.30 |

zul $\sigma = \sigma_{01,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{01,k} / (1.40 \cdot 1.00) = \sigma_{01,k} / 1.40$
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.00



Gründung im Bodenaufbau (1,0 m) über Deckschichten

Einbindetiefe: $\geq 0,80$ m (Einzel-/Streifenfundamente)



Kühn Geoconsulting
Auf der Kaiserfuhr 39
53127 Bonn

BV: Sporthalle
Freie Christliche Schulen Bonn / Rhein-Sieg

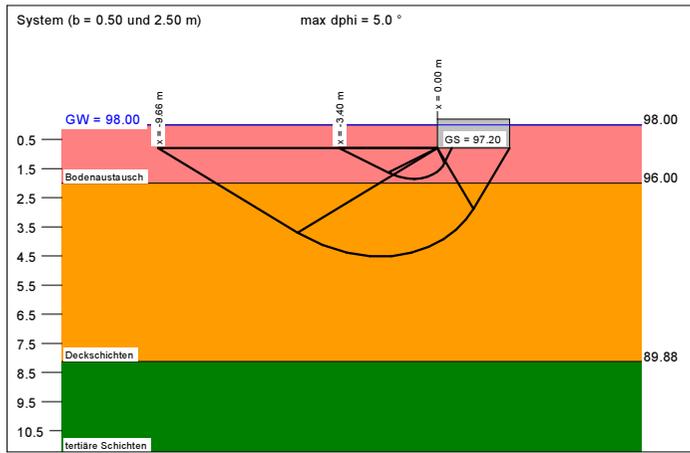
Report Nr.
2150034 BG G02
Anlage Nr.
4.2

Berechnungsgrundlagen:
 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

$\gamma_{(G,Q)} = 0.000 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.000) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.000$
 Oberkante Gelände = 98.00 m
 Gründungssohle = 97.20 m
 Grundwasser = 98.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 Datei: 2150034BG_G02_A4.2_SF_0,8m_Bodenaufbau.gdg
— aufnehmbare Sohldruck
— Setzungen

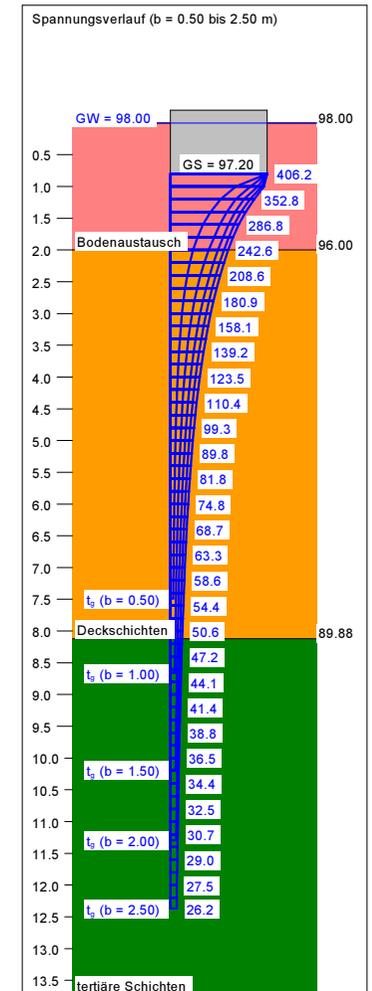
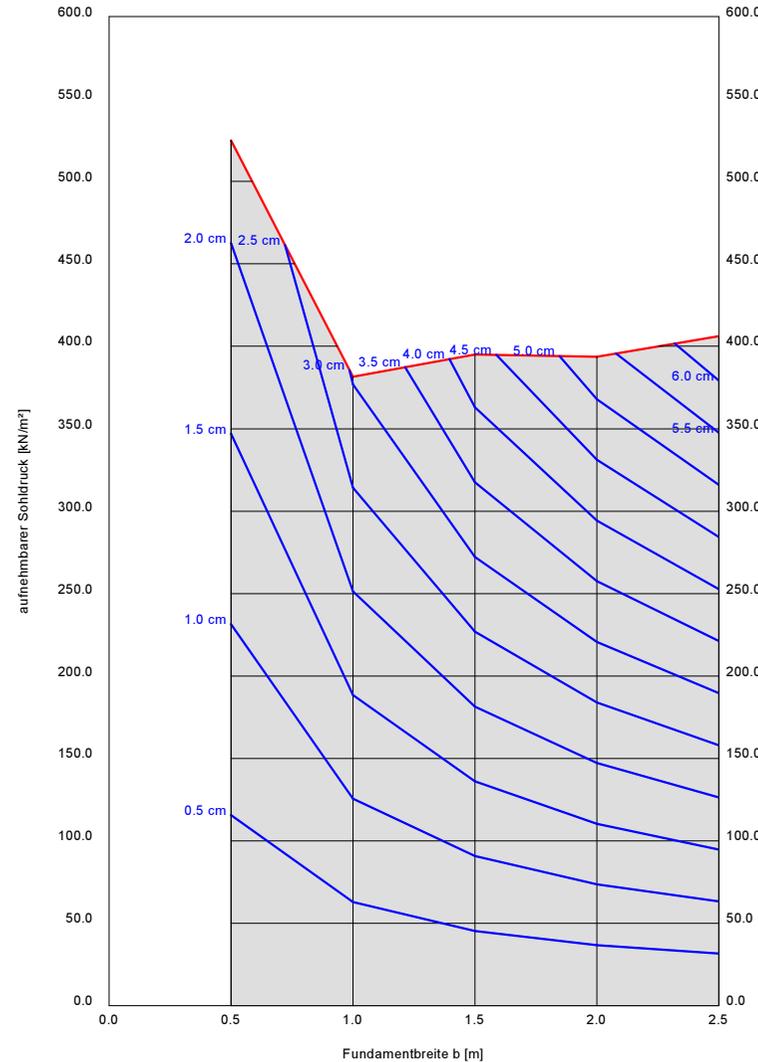
| Boden | Tiefe [m] | γ [kN/m ³] | γ' [kN/m ³] | ϕ [°] | c [kN/m ²] | E _s [MN/m ²] | v [-] | Bezeichnung |
|-------|-----------|-------------------------------|--------------------------------|------------|------------------------|-------------------------------------|-------|--------------------|
| | 96.00 | 20.0 | 12.0 | 37.5 | 1.3 | 60.0 | 0.00 | Bodenaustausch |
| | 89.88 | 19.5 | 9.5 | 26.3 | 10.0 | 12.5 | 0.00 | Deckschichten |
| | <89.88 | 21.5 | 11.5 | 25.0 | 22.5 | 35.0 | 0.00 | tertiäre Schichten |

Oberkante Gelände = 98.00 m



| 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 _g [m] | UK LS [m] |
|-------|-------|-----------------------------------|--------------|--------|----------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|-----------|
| 10.00 | 0.50 | 524.8 | 262.4 | 2.27 | 37.5 | 1.30 | 12.00 | 9.60 | 7.49 | 1.86 |
| 10.00 | 1.00 | 381.6 | 381.6 | 3.04 | 31.3 * | 5.08 | 11.64 | 9.60 | 8.66 | 2.46 |
| 10.00 | 1.50 | 395.0 | 592.5 | 4.35 | 29.8 * | 6.57 | 11.15 | 9.60 | 10.19 | 3.17 |
| 10.00 | 2.00 | 393.6 | 787.2 | 5.35 | 28.7 * | 7.32 | 10.85 | 9.60 | 11.29 | 3.83 |
| 10.00 | 2.50 | 406.2 | 1015.5 | 6.43 | 28.1 * | 7.81 | 10.63 | 9.60 | 12.37 | 4.51 |

* phi wegen 5° Bedingung abgemindert
 $zul \sigma = \sigma_{01,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{01,k} / (1.40 \cdot 1.00) = \sigma_{01,k} / 1.40$
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.00



Eurofins Umwelt West GmbH - Vorgebirgsstrasse 20 - D-50389 - Wesseling

**Kühn Geoconsulting GmbH
Auf der Kaiserfuhr 39
53127 Bonn****Titel: Prüfbericht zu Auftrag 01928852**
Prüfberichtsnummer: AR-19-AN-020853-01**Auftragsbezeichnung: 2150034_Gesamtschule_Alfter****Anzahl Proben: 1**
Probenart: Boden
Probenahmedatum: 06.05.2019
Probenehmer: Auftraggeber**Probeneingangsdatum: 24.05.2019**
Prüfzeitraum: 24.05.2019 - 13.06.2019

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

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

Das beauftragte Prüflaboratorium ist durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Die Akkreditierung gilt nur für den in der Urkundenanlage (D-PL-14078-01-00) aufgeführten Umfang.

Tizian Bajon
Prüfleiter
Tel. +49 2236 897 205Digital signiert, 14.06.2019
Dr. Francesco Falvo
Prüfleitung

| | |
|-------------------------------|-------------------------|
| Probenbezeichnung | 2150034_M P1 |
| Probenahmedatum/ -zeit | 06.05.2019 |
| Probennummer | 019109387 |

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

Probenvorbereitung Feststoffe

| | | | | | | |
|-----------------|----|-------|------------------------|-----|---|------|
| Fraktion < 2 mm | AN | LG004 | DIN ISO 11464: 2006-12 | 0,1 | % | 90,3 |
| Fraktion > 2 mm | AN | LG004 | DIN ISO 11464: 2006-12 | 0,1 | % | 9,7 |

Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz

| | | | | | | |
|--------------|----|-------|-----------------------|-----|-------|------|
| Trockenmasse | AN | LG004 | DIN EN 14346: 2007-03 | 0,1 | Ma.-% | 84,3 |
|--------------|----|-------|-----------------------|-----|-------|------|

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

| | | | | | | |
|---------------------------------|------|------|---------------------|---|----------|-----|
| Säuregrad nach Baumann Gully | FR/f | JE02 | DIN 4030-2: 2008-06 | 4 | ml/kg TS | < 4 |
|---------------------------------|------|------|---------------------|---|----------|-----|

Anionen aus der Originalsubstanz

| | | | | | | |
|----------------|------|------|---------------------|-----|----------|----|
| Sulfid, gesamt | FR/f | JE02 | DIN 4030-2: 2008-06 | 5,0 | mg/kg TS | 24 |
|----------------|------|------|---------------------|-----|----------|----|

Anionen aus dem Salzsäureauszug nach DIN 4030-2: 2008-06

| | | | | | | |
|---------------------------|----|-------|------------------------------------|----|----------|-----|
| Sulfat (SO ₄) | AN | LG004 | DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 | 20 | mg/kg TS | 170 |
|---------------------------|----|-------|------------------------------------|----|----------|-----|

Anionen aus dem Heißwasser-Auszug

| | | | | | | |
|--------------|----|-------|--------------------------------|----|----------|------|
| Chlorid (Cl) | AN | LG004 | DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 | 25 | mg/kg TS | < 25 |
|--------------|----|-------|--------------------------------|----|----------|------|

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Wesseling) analysiert. Die mit LG004 gekennzeichneten Parameter sind nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

Die mit FR gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt Ost GmbH (Bobritzsch-Hilbersdorf) analysiert. Die mit JE02 gekennzeichneten Parameter sind nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 D-PL-14081-01-00 akkreditiert.

/f - Die Analyse des Parameters erfolgte in Fremdvergabe.