

INGENIEURGRUPPE PTM

Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH
Beratende Ingenieure



Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Bericht Nr. 24 - 18278

**Projekt: Neubau eines
Feuerwehrgerätehauses
in der Ortschaft Schülern**

**Auftraggeber: Stadt Schneverdingen
- Die Bürgermeisterin -
Schulstraße 3
29640 Schneverdingen**

Auftrag: Geotechnischer Bericht

erteilt am: 31. Mai 2024

vom: 20. November 2024

STANDORT TOSTEDT

Elsterbogen 18
21255 Tostedt
+49 4182 28770
tostedt@dr-beusse.de

STANDORT HAMBURG

Wilkenweg 6
21149 Hamburg
+49 40 70382356
hamburg@dr-beusse.de

STANDORT BREMEN

Opitzstraße 17
28755 Bremen
+49 421 89813724
bremen@dr-beusse.de

GESCHÄFTSFÜHRENDER GESELLSCHAFTER

Dipl.-Geol. Jens Schmitz
AG Tostedt | HRB 4060
Finanzamt Buchholz i.d.N.
USt-Id. Nr. DE 180 892 056

BANKVERBINDUNG

Kreissparkasse Stade
DE87 2415 1116 0000 4204 22
NOLADE21STK

MITGLIEDSCHAFTEN

DGGT
BWK
DWA
VSVI
IK Niedersachsen

INGENIEURGRUPPE PTM

 Arnsberg
 Bautzen
 Bremen
 Danzig
 Dortmund
 Hamburg
 Jena
 Riga
 Stade
 Tostedt



I Inhaltsverzeichnis

	Seite
II Tabellenverzeichnis	3
III Anlagenverzeichnis	3
1 Auftrag und Vorgang	4
2 Bearbeitungsunterlagen	4
3 Örtliche Situation und Bauwerk	7
4 Baugrund	8
4.1 Erkundung	8
4.2 Aufbau	8
4.3 Wasser	10
4.4 Geotechnische Gefährdung	11
4.5 Tragfähigkeit	11
4.6 Versickerungsfähigkeit	12
4.6.1 Vorbemerkungen	12
4.6.2 Versuche	13
4.6.3 Bewertung	13
4.7 Umweltgefährdung	14
5 Homogenbereiche, Bodenklassifikationen und -kennwerte	15
5.1 Vorbemerkungen	15
5.2 Homogenbereiche für Erdarbeiten: DIN 18 300	16
5.3 Charakteristische Bodenkennwerte	17
6 Baugrund- und Gründungsbeurteilung	18
6.1 Eingangsdaten	18
6.2 Grundbruch- und Setzungsberechnung	20
6.3 Bettungsmodul	21
7 Hinweise zur Bauausführung	23
7.1 Erd- und Gründungsarbeiten	23
7.2 Bauwerksabdichtung und Wasserhaltungsmaßnahmen	25
7.3 Allgemein	26
8 Zusammenfassung	27



II Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 4-1: Vereinfachter Baugrundaufbau	9
Tabelle 5-1: Homogenbereiche für Erdarbeiten: DIN 18 300	16
Tabelle 6-1: Ergebnisse der Grundbruch- und Setzungsberechnungen (BS-P)	20
Tabelle 6-2: Errechnete Bettungsmoduln für die Sohlplatte	22

III Anlagenverzeichnis

1	1 Blatt	Lageplan
2	4 Blatt	Säulendiagramme der abgeteufte Kleinbohrungen
3	3 Blatt	Grundbruch- und Setzungsberechnungen für ein Feuerwehrgerätehaus (BS-P)



1 Auftrag und Vorgang

Die Stadt Schneverdingen beabsichtigt den Neubau eines Feuerwehrgerätehauses in der Ortschaft Schülern (Schneverdingen). Für die Realisierung des Projektes ist die Kenntnis der vorhandenen Baugrundsituation erforderlich. Aus diesem Grund erhielt die Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH, Elsterbogen 18 aus 21255 Tostedt, am 31. Mai 2024 durch die Stadt Schneverdingen, vertreten durch Frau Panning, den Auftrag für die Durchführung einer Baugrunduntersuchung und -beurteilung sowie die Erstellung eines Geotechnischen Berichtes.

Im nachfolgenden Bericht wird der erkundete Baugrund ingenieurgeologisch beschrieben und bodenmechanisch bewertet. Es werden Aussagen zu den Grundwasserständen gemacht sowie Grundbruch- und Setzungsberechnungen durchgeführt.

2 Bearbeitungsunterlagen

Zur Bearbeitung standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- a) Lageplan, mit Stand vom 22. März 2024, Maßstab im Original 1 : 250, Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung - LGN, übergeben durch Frau Panning (Stadt Schneverdingen) am 15. Mai 2024 in digitaler Form
- b) Geologische Karte mit Eisrandlagen, Maßstab 1 : 50.000, eingesehen auf dem Kartenserver des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) am 21. November 2024 (URL: [https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permlink=1ePQFf0t](https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=1ePQFf0t))
- c) Hydrogeologische Karte, Maßstab 1 : 200.000, eingesehen auf dem Kartenserver des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) am 21. November 2024 (URL: <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=ZAbbdND>)
- d) Gefahrenhinweiskarten mit Angaben zu Erdfall- und Senkungsgebieten, Massenbewegungen sowie setzungs- und hebungsempfindlichen Baugrund, ohne Maßstab, eingesehen am 21. November 2024 auf dem NIBIS®-Kartenserver des Landesamtes für Bergbau Energie und Geologie (URL: <https://nibis.lbeg.de/cardo-map3/?permalink=ZAbbdND>)



- e) Übersichtskarte mit Darstellung von Bohrungen und Profilbohrungen, ohne Maßstab, eingesehen am 21. November 2024 auf dem NIBIS®-Kartenserver des Landesamtes für Bergbau Energie und Geologie (URL: <https://nibis.lbeg.de/cardo-map3/?permalink=1bJFFqJX>)
- f) Schichtenverzeichnisse der durchgeführten Kleinbohrungen, Unterlagen des aufstellenden Büros
- g) DWA - A 138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Hrsg. DWA e.V., Hennef 2005
- h) Grundbau-Taschenbuch Teil 1: Geotechnische Grundlagen, 7. Auflage 2008, Hrsg. Karl Josef Witt
- i) Grundbau-Taschenbuch Teil 2: Geotechnische Verfahren, 7. Ausgabe 2009, Hrsg. Karl Josef Witt
- j) Grundbau-Taschenbuch Teil 3, Gründungen und geotechnische Bauwerke, 8. Auflage 2017, Hrsg. Witt, K.-J.
- k) Dachroth, W.: Handbuch der Baugeologie und Geotechnik, 2017
- l) Floss, R.: Handbuch ZTV E-StB - Kommentar und Leitlinien mit Kompendium Erd- und Felsbau
- m) DIN-Normen

DIN 1 054	Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
DIN 1 055	Einwirkung auf Tragwerke - Teil 2 Bodenkenngößen
DIN 4 017	Baugrund - Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flachgründungen
DIN 4 018	Baugrund - Berechnung der Sohldruckverteilung unter Flächengründungen
DIN 4 019	Baugrund - Setzungsberechnung bei lotrechter, mittiger Belastung
DIN 4 020	Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1 997
DIN 4 124	Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten



DIN 18 196	Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
DIN 18 300	VOB - Teil C: ATV - Erdarbeiten
DIN 18 533	Abdichtung von erdberührten Bauteilen
DIN EN 1 997	Eurocode 7 - Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
DIN EN ISO 14 688	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Böden
DIN EN ISO 22 475	Geotechnische Erkundung und Untersuchung



3 Örtliche Situation und Bauwerk

Ausweislich der vorliegenden Bearbeitungsunterlagen befindet sich das Erkundungsgebiet im Landkreis Heidekreis in der Stadt Schneverdingen. Die zu untersuchende Fläche liegt in der Ortschaft Schülern, auf dem östlichen Abschnitt des Flurstückes 134/3, westlich der Straße „Alter Schulweg“. Im Westen und Süden grenzt das Gelände der Sportanlage des SV Schülern e.V.. Im Norden verläuft der *Kröpelbach*. Die Lage des Baufeldes ist in der Bearbeitungsunterlage a) gekennzeichnet und kann der Anlage 1 entnommen werden.

Die maximalen Außenabmessungen des Feuerwehrgerätehauses können entsprechend der Darstellung in der Bearbeitungsunterlage a) mit rund $a = b = 15,96$ m angegeben werden. Weitere Bauwerksdaten oder Bau-, Last- und Fundamentpläne, außer den in Abschnitt 2 erwähnten Unterlagen, standen dem aufstellenden Büro nicht zur Verfügung.

Die Erkundungsarbeiten wurden unter Einhaltung der Meldefrist der Aufschlussarbeiten, entsprechend dem Geologiedatengesetz - GeolDG, durch das aufstellende Büro im Zeitraum am 08. Juli 2024 durchgeführt.

Die Geländetopografie ist insgesamt als eben zu beschreiben. Ausgehend von den Ansatzpunkten der ausgeführten Feldarbeiten konnte eine Höhendifferenz von etwa 0,40 m gemessen werden. Großflächig betrachtet steigt das Gelände in Richtung Osten an.

Anhand der vorliegenden Daten über das geplante Bauwerk sowie der Kenntnisse über den örtlichen Baugrund wurde das Bauvorhaben für die Planung der Untersuchungen gemäß der DIN EN 1 997-1 (bzw. DIN 4 020) in die Geotechnische Kategorie GK 1 eingestuft.



4 Baugrund

4.1 Erkundung

Insgesamt sind vier Kleinbohrungen (BS) nach DIN EN ISO 22 475 (NW 80 mm) im Untersuchungsgebiet bis zu einer Endteufe von maximal 6,30 m niedergebracht worden.

An allen Ansatzpunkten konnte die projektierte Tiefe von 7,00 m unter Geländeoberkante aufgrund einer zu festen Konsistenz anstehender Böden nicht erreicht werden. Die Bohrungen mussten in Tiefen ab 4,90 m abgebrochen werden.

Die Ansatzpunkte der Kleinbohrungen (BS) sind auf dem Lageplan in der **Anlage 1** dargestellt. Die Lage und die Ansatzhöhen der Untersuchungspunkte wurden mittels GNSS (HPES) mit einer Genauigkeit von ± 2 cm (Lage) bzw. ± 3 cm (Höhe) eingemessen.

4.2 Aufbau

Das in den Bohrungen gewonnene Bohrgut wurde durch unseren betreuenden Ingenieurgeologen angesprochen und beschrieben. Die entsprechenden Bodenschichten sind in Form von Säulendiagrammen aufgetragen und dem Bericht als **Anlage 2** beigefügt. Die dort benannten Lagerungsdichten sind anhand der Geschwindigkeit des Bohrfortschritts abgeschätzt worden.

Einen Anhalt über den geologischen Aufbau gibt die Bearbeitungsunterlage b). Demnach stehen im Untersuchungsgebiet weichselzeitliche Sande, als lückenhaft als Geschiebedecksand ausgebildet, über drenthezeitlicher Grundmoräne in Form von Geschiebelehm an. Ein dementsprechender Baugrundaufbau ist im Liegenden von Oberboden in einer homogenen Schichtung erkundet worden.

Den Beginn der erkundeten Schichtenfolge bildet **Oberboden** (Mutterboden) in lockerer Lagerung. Die erkundete Schichtmächtigkeit beträgt zwischen 0,60 m und 0,70 m. Der Oberboden ist als ein Sand mit schwach schluffigen und schwach humosen bis humosen Beimengungen zu beschreiben. Zudem sind Lagen aus Geschiebelehm und Bauschuttreste enthalten.



Im Liegenden steht bis in eine Tiefe von 4,40 m unter Geländeoberkante **Geschiebelehm** an. Bei dem Geschiebelehm handelt es sich bodenmechanisch um einen Schluff mit stark sandigen, schwach tonigen bis tonigen sowie schwach kiesigen bis kiesigen Anteilen im Nebengemenge. Zum Zeitpunkt der Erkundungsarbeiten ist der Geschiebelehm in weicher bis steifer Konsistenz und mit zunehmender Tiefe in steifer Konsistenz angesprochen worden.

Mit der Tiefe erhöht sich der Kalkgehalt, so dass die gemischtkörnigen Böden als **Geschiebemergel** zu bewerten sind. Aufgrund der plastischen Eigenschaften ist der Geschiebemergel als stark sandiger und toniger, kiesführender Schluff anzusprechen. Die Konsistenz ist überwiegend als halbfest einzustufen.

In der nachfolgenden Tabelle wird ein vereinfachter Baugrundaufbau angegeben, der die erkundeten Schichten im Hinblick auf die Lage und die Tiefe zusammenfasst. Der vereinfachte Baugrundaufbau ist nicht als allgemeingültige Schichtung über das ganze Erkundungsgebiet zu verstehen.

Schichtunterkante [m NHN]	Erkundet in Bohrung	Bezeichnung	Lagerungsdichte / Konsistenz
+71,52 bis +72,01	BS 1 bis BS 4	Oberboden (Mutterboden)	locker
+67,97 bis +68,71	BS 1 bis BS 4	Geschiebelehm	weich bis steif, steif
+66,07 bis +67,71	BS 1 bis BS 4	Geschiebemergel	steif bis halbfest, halbfest

Tabelle 4-1: Vereinfachter Baugrundaufbau

Hinweis:

Baugrundaufschlüsse basieren auch bei Einhaltung der nach den gültigen Vorschriften vorgegebenen Rasterabstände zwangsläufig auf punktuellen Aufschlüssen, sodass Abweichungen von den vorstehend beschriebenen Verhältnissen zwischen den Ansatzpunkten nicht völlig ausgeschlossen werden können.



4.3 Wasser

Der Wasserstand des oberen Grundwasserstockwerks liegt entsprechend der Bearbeitungsunterlage c), abhängig von der Durchlässigkeit der anstehenden Böden sowie der Fließrichtung, auf Höhenkoten zwischen +65,00 m NHN und +70,00 m NHN (großräumige Betrachtung).

Nach den Bohrarbeiten wurden die Bohrlöcher kurzzeitig mit Peilrohren versehen und mittels Lichtlot in allen vier Bohrlöchern ein Wasserstand gemessen. Dieser lag zum Zeitpunkt der Erkundung zwischen 0,60 m und 1,70 m unterhalb der Geländeoberkante. Dies entspricht Höhenkoten zwischen +70,91 m NHN und +71,77 m NHN.

Im Vergleich der vorliegenden Höhenkoten mit der Hydrogeologischen Karte liegen die Grundwassergleichen unterhalb der gemessenen Wasserstände. Dementsprechend handelt es sich um Schichten- bzw. Stauwasser.

Hinweis:

Bei den gemessenen Wasserständen handelt es sich um noch nicht beruhigte Wasserstände nach dem Bohrende, die jahreszeitlich und witterungsbedingt auch höher oder niedriger ausfallen können.

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, dass die Böden mit höherem Feinkornanteil (hier: Geschiebeböden) Wasser binden und ein Wasserabfluss nur stark zeitlich verzögert stattfindet. Niederschlagswasser kann sich daher aufstauen und die anstehenden Böden aufweichen.

Auf dem praktisch wasserundurchlässigen Geschiebelehm / -mergel kann sich infolge starker Niederschläge ein Stauwasserhorizont ausbilden, der bereichsweise bis an die Geländeoberkante reichen kann.

Ein Bemessungswasserstand kann lediglich durch das Auswerten von weiterführenden historischen Daten (Grundwasserganglinien) oder der Durchführung eines Grundwassermonitorings mit Langzeitaufzeichnungen verifiziert werden. **Ohne weitere Maßnahmen ist daher der Bemessungswasserstand auf Höhe der Geländeoberkante festzulegen (siehe auch Hinweise in Abschnitt 6 und 7).**



4.4 Geotechnische Gefährdung

Die Einschätzung der Gefährdungssituation erfolgt in Anlehnung an die Bewertung der Gefahrenhinweiskarte des Online - Kartenservers des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) (Bearbeitungsunterlage d)). Die Gefährdungskategorie (GK) der Erdfallgefährdung im Gips- und Karbonatkarst richtet sich nach dem Vorhandensein von wasserlöslichem Gestein und der Entfernung zu bekannten Erdfällen. Eine Empfehlung zu weiteren Sicherungsmaßnahmen für Bauwerke - entsprechend den „konstruktiven Anforderungen für Wohngebäude in erdfallgefährdeten Gebieten“ - richtet sich nach der ermittelten Erdfallgefährdungskategorie.

Die Gefahrenhinweiskarte weist die nächstgelegene Salzstockhochlage etwa 9 km in westlicher Richtung und keine Erdfälle innerhalb der Untersuchungsfläche aus. Sie ist somit nicht im Erdfallkataster registriert. Der nächstgelegene, registrierte Erdfall ist ausweislich der Bearbeitungsunterlage d) circa 11 km in Richtung Südostenn entfernt. Hinsichtlich der Bearbeitungsunterlage d) ist die Untersuchungsfläche in die Erdfallgefährdungskategorie (EGK) 0 einzuordnen.

Gemäß den Informationen der Karte handelt es sich bei den Untersuchungsgebiet um nicht hebungs- und setzungsempfindliche Locker- und Festgesteine mit üblichen lastabhängigen Setzungen.

4.5 Tragfähigkeit

Nachfolgend werden die Tragfähigkeitseigenschaften der anstehenden Baugrundschiehtungen im Hinblick auf die geplante Baumaßnahme bewertet. Diese Angaben basieren auf Erfahrungswerten, die sich aufgrund von Erkenntnissen aus Baumaßnahmen mit vergleichbarer Beschaffenheit ergeben. Es handelt sich jedoch um Annahmen, die anhand der durchgeführten punktuellen Aufschlüsse getroffen wurden. Eine Änderung der bodenmechanischen Gegebenheiten zwischen den Ansatzpunkten kann nicht ausgeschlossen werden.

Der Oberboden (Mutterboden) ist aufgrund seiner bodenmechanischen Zusammensetzung und der Lagerungsdichte nicht zum Abtrag von Lasten geeignet.

Die Tragfähigkeitseigenschaften der gemischtkörnigen Böden in Form von Geschiebelehm und Geschiebemergel variieren mit der Konsistenz. Sie stehen im plastischen bis halbfesten Konsistenzbereich an.



In der weichen bis steifen Konsistenz ist der Geschiebelehm als eingeschränkt tragfähig zu bewerten. Bei steifer Konsistenz sind die gemischtkörnigen Böden als ausreichend tragfähig einzustufen. In steifer bis halbfester und halbfester Konsistenz weist der Geschiebemergel gute Tragfähigkeitseigenschaften hinsichtlich des Abtrags der Bauwerkslasten auf.

4.6 Versickerungsfähigkeit

4.6.1 Vorbemerkungen

Die Bemessung von Versickerungselementen erfolgt im Allgemeinen nach dem von der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. herausgegebenen Arbeitsblatt DWA-A 138 („Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“, Bearbeitungsunterlage g)).

Danach kommen für die Anlage von Versickerungselementen nur Lockergesteine in Frage, deren Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Wert) im Bereich von $1,0 \cdot 10^{-3}$ m/s bis $1,0 \cdot 10^{-6}$ m/s liegen. Diese sind in der Regel mitteldörnige und feinkörnige Sande mit keinem oder nur geringem Schluff- und Tonanteil. Bei k_f -Werten von kleiner als $1,0 \cdot 10^{-6}$ m/s ist eine Entwässerung ausschließlich über die Versickerung mit zeitweiliger Speicherung nicht gewährleistet, so dass eine ergänzende Ableitungsmöglichkeit vorzusehen ist.

Darüber hinaus muss gemäß dem Arbeitsblatt A 138 für die Neuerrichtung von Versickerungselementen oder für eine Oberflächenversickerung berücksichtigt werden, dass unterhalb der Sohle der Versickerungseinrichtung ein Sickerraum von mindestens 1,00 m bis zum mittleren höchsten Grundwasserstand zur Verfügung steht.



4.6.2 Versuche

Die Überprüfung der Versickerungsfähigkeit des anstehenden Baugrunds sollten auftragsgemäß an einem Ansatzpunkt durch einen in-situ-Versickerungsversuch nach HEITFELD et al. durchgeführt werden.

Entsprechend den Angaben der **Anlage 2** sind die entsprechenden bodenmechanischen Eigenschaften der anstehenden Böden nicht umfänglich gegeben. Es konnte daher an keinem der vier Ansatzpunkte ein-situ-Versickerungsversuch durchgeführt werden.

Aus diesem Grund wurde für die Beurteilung der Versickerungsfähigkeit die Bodensprache und die aufgenommenen Schichtmächtigkeiten (vgl. **Anlage 2**) herangezogen

4.6.3 Bewertung

Erfahrungsgemäß weisen die anstehenden gemischtkörnigen Böden im Bereich des Baufeldes Durchlässigkeitsbeiwerte von k_f -Werte von $> 1,0 \cdot 10^{-6}$ m/s auf. Aufgrund der hohen Feinkornanteile und den damit verbundenen hydraulischen Eigenschaften der Böden können diese als nicht ausreichend durchlässig für die Anlage von Versickerungselementen beschrieben werden.

Über dem Grundwasserspiegel (vgl. Abschnitt 4.3) steht aufgrund der geringen Wasserdurchlässigkeit der Böden kein ausreichender Sickerraum für die Bemessung einer Versickerungseinrichtung nach DWA-A 138 zur Verfügung.

Nach den angetroffenen Bodenverhältnissen ist somit großflächig betrachtet eine oberflächennahe Niederschlagsversickerung nicht möglich und die Entwässerung des Grundstückes kann über eine Versickerung daher nicht gewährleistet werden.

Hinweise:

Bei den durchgeführten Untersuchungen handelt es sich um punktuelle Aufschlüsse. Daher kann keine Aussage über die Baugrundverhältnisse der gesamten Fläche und somit der flächenmäßigen Ausdehnung der versickerungsfähigen Böden getroffen werden, da die Durchlässigkeiten im Untergrund variieren.

Die Beurteilung des erforderlichen Sickerraumes im Sinne der Bearbeitungsunterlage g) bezieht sich immer auf den höchsten mittleren Grundwasserstand.



4.7 Umweltgefährdung

Während der im Zuge des Gutachtens durchgeführten Geländearbeiten wurden an dem Bohrgut keine sensorisch wahrnehmbaren Auffälligkeiten festgestellt. Weitergehende Arbeiten im Hinblick auf das Erfassen umweltgefährdender Stoffe erscheinen daher bei dem jetzigen Kenntnisstand nicht notwendig.

Ausgebaute Böden, die nicht wieder eingebaut, bautechnisch anderweitig verwendet oder deponiert werden müssen sowie Böden oder bodenähnliche Stoffe, die organoleptische Auffälligkeiten oder augenscheinlich anthropogene Anteile aufweisen, sind vorab hinsichtlich einer chemischen Belastung zu untersuchen.

Grundsätzlich gilt, dass sich das Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein umweltgefährdender Schadstoffe nur durch weiterführende Untersuchungen wie z. B. historische Erkundung, evtl. eine erneute Probenahme und durch chemische Analysen nachweisen lässt. Die hierfür notwendigen Arbeiten sind aber nicht Bestandteil unseres Auftrags.



5 Homogenbereiche, Bodenklassifikationen und -kennwerte

5.1 Vorbemerkungen

Die Homogenbereiche sollen alle Kennwerte enthalten, die für das „Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten“ (sowie im Hinblick auf die Entsorgung) relevant sind. Die jeweils zu berücksichtigende ATV macht dabei Vorgaben, welche Eigenschaften und Kennwerte dabei festgestellt und angegeben werden müssen. Hierzu ist ferner das geplante Bauvorhaben, der erforderliche Maschineneinsatz sowie eine angedachte Wiederverwendung des Bodens für die Angabe der Homogenbereiche i. d. R. vorab erforderlich. Diese Angaben standen uns zum Zeitpunkt der Berichtserstellung nicht vollständig zur Verfügung.

Die Eigenschaften und Kennwerte müssen dabei in Bandbreiten angegeben werden, die sich aus den Ergebnissen der Laborversuche sowie den Erfahrungswerten des beratenden Ingenieurs / des aufstellenden Büros ergeben. Allerdings können genaue Angaben nur für beauftragte Versuche gemacht werden. Angaben, die ausschließlich auf Erfahrungswerten beruhen können nur für vorplanerische Zwecke herangezogen werden. Sofern genauere Angaben gefordert werden, muss eine Abstimmung mit der Unterzeichnerin und ggf. Nachuntersuchungen und weitere Laborversuche erfolgen.

Gemäß der DIN 18 300 erfolgt keine Einstufung des **Oberbodens** in die Homogenbereiche. Für den ausschreibungstechnischen Umgang verweisen wir auf die DIN 18 320, die DIN 18 915 sowie die Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV).

In der nachfolgenden Tabelle 5-1 erfolgt die Angabe von Homogenbereichen. Dabei werden die erkundeten Bodenschichten betrachtet, die im Zuge von Erdarbeiten im Sinne der DIN 18 300 angeschnitten werden. Aufgrund von fehlenden Eingangsdaten wird für die Gründung des Feuerwehrgerätehauses eine Flachgründung über Streifen- und Einzelfundamente angenommen. Ausgehend von der Geländeoberkante werden die anstehenden Böden daher bis zur Tiefe von maximal 1,50 m bewertet.

Ausweislich der erkundeten Baugrundverhältnisse in Wechselwirkung mit dem geplanten Bauwerk erfolgt die Einstufung in die geotechnische Kategorien GK 1.



Die nachfolgend angegebenen Kennwerte und Eigenschaften beruhen auf Erfahrungswerten aus Versuchsergebnissen von vergleichbaren Böden sowie auf der Bodenansprache nach DIN EN ISO 14 688. Die den angegebenen Kennwerten und Eigenschaften zu Grunde gelegten Normen sind dem Abschnitt 2 dieses Berichts zu entnehmen.

Wir weisen darauf hin, dass die auszugsweise Angabe der aufgeführten Homogenbereiche für ausschreibungstechnische Zwecke nur in Verbindung mit dem Vortext erfolgen darf.

5.2 Homogenbereiche für Erdarbeiten: DIN 18 300

Parameter	Einheit	E-I
Ortsübliche Bezeichnung	[-]	Geschiebelehm
Anteil Steine ^{(1), (2), (3)} (>63 mm - 200 mm)	%	< 20
Anteil Blöcke ^{(1), (2), (3)} (>200 mm - 630 mm; >630 mm)	%	< 10
Konsistenz ⁽⁴⁾	[-]	weich bis steif, steif
Konsistenzzahl I_C ^{(1), (4)}	[-]	0,50 - 1,00
Bodengruppe	[-]	ST*, TL
Frostempfindlichkeitsklasse	[-]	F3

⁽¹⁾ Abweichungen von +/- 10 % von den dargestellten Wertebereichen sind möglich.

⁽²⁾ Hindernisse in Form von Steinen >63 mm und Findlingen in den Geschiebeböden können nicht ausgeschlossen werden. Dieses muss bei den Erdarbeiten berücksichtigt werden.

⁽³⁾ Die Ermittlung des Massenanteils an war kein Bestandteil des Auftrags. Anhand des teleskopierten Sondierverfahrens mit einer maximalen Nennweite von 80 mm ist es nicht möglich, die Massenanteile von Steinen und Blöcken entsprechend DIN EN ISO 14699-1 durch Sortieren, Sieben und Wiegen mit Bezug auf eine Aushubmasse zu bestimmen. Daher können die o.g. Massenanteile nur eine Schätzung darstellen, die unter Berücksichtigung der Genese der Ablagerungen, Geländebefunden, der Beschaffenheit des Bohrgutes sowie anhand von Erfahrung erfolgt.

⁽⁴⁾ Die gemischtkörnigen Böden neigen unter Wassereinwirkung und / oder dynamischer Belastung zum Aufweichen und Ausfließen. Sodann kommt es zu einer Veränderung der Lagerung, die dem angegebenen Wertebereich nicht mehr entspricht.

Tabelle 5-1: Homogenbereiche für Erdarbeiten: DIN 18 300



5.3 Charakteristische Bodenkennwerte

Aufgrund uns vorliegenden Versuchsergebnissen aus vergleichbaren Bodenarten sind für erdstatische Berechnungen und Planungen die Werte der nachfolgenden Tabelle anzusetzen.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich um charakteristische Kennwerte handelt und dass insbesondere die Steifigkeiten von Böden abhängig vom Spannungszustand des Bodens sind. Genauere Angaben können allerdings nur über weiterführende Laborversuche erfolgen, die nicht im Umfang dieses Auftrages enthalten sind.

Die Angabe der Steifemoduln erfolgt hier für erstbelastete Böden.

Bodenschicht	Bodengruppe DIN 18 196	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]
Oberboden locker	OH	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
Geschiebelehm^{*)} weich bis steif	ST*, TL	19	10	30,0	5,0	10
steif		20	10	32,0	7,5	15
Geschiebemergel^{*)} steif bis halbfest	ST*, TL	21	11	32,0	10,0	30
halbfest		21	11	34,0	15,0	40

^{*)} Unter Lasteinwirkung und / oder dynamischer Belastung kommt es zu einem Aufweichen und / oder Ausfließen. Sodann muss mit einer Verschlechterung der hier angegebenen Werte gerechnet werden.

Tabelle 5-2: Bodenkennwerte (charakteristische Werte)



6 Baugrund- und Gründungsbeurteilung

6.1 Eingangsdaten

Aufgrund der erkundeten Baugrundsichtungen und unter Berücksichtigung der nachfolgend getroffenen Annahmen sowie der Hinweise in Abschnitt 7 ist eine Flachgründung des neuen Gebäudes möglich.

Zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung standen uns keine Last- und Fundamentpläne oder weiterführende Bauwerksinformationen außer den in Abschnitt 2 erwähnten zur Verfügung.

In Anlehnung an den vorliegenden Lageplan mit skizzierten Grundriss (Bearbeitungsunterlage a)) werden vereinfachend maximale Abmessungen von rund $a = b = 15,96$ m angesetzt. Für die Grundbruch- und Setzungsberechnungen gehen wir davon aus, dass der Lastabtrag über umlaufende Streifenfundamente erfolgt, welche frostfrei mindestens 0,80 m in den Baugrund einbinden. Die Abmessungen der Einzelfundamente werden mit einem Seitenverhältnis von $a / b = 1,00$ m berücksichtigt.

Der Lastabtrag über die Sohlplatte wird in dem Abschnitt „Bettungsmodul“ betrachtet. Die Sohlplattenstärke wird mit einer Stärke von 0,30 m angesetzt.

Die Ermittlung der Gründungskoten erfolgt unter der Annahme einer einheitlich hergestellten Gründungsebene nach dem Abschieben des Oberbodens. Dementsprechend werden folgende Gründungskoten in Ansatz gebracht:

OK Gelände / OK Sohlplatte	= +71,70 m NHN (gemittelte Höhe GOK),
UK Sohlplatte	= +71,40 m NHN,
UK Streifen-/ Einzelfundament	= +70,90 m NHN.

In den Aufschlüssen wurde in einer mittleren Tiefe von 1,10 m unter Geländeoberkante Wasser angetroffen. Generell ist ein **Bemessungswasserstand** aus langjährigen Beobachtungsdaten zu ermitteln (siehe Abschnitt 4.3). Sofern diese Daten nicht vorliegen, ist dieser entsprechend den gängigen Regelwerken auf Höhe der Geländeoberkante anzusetzen.

Grundsätzlich kann sich auf dem praktisch wasserundurchlässigen Geschiebelehm / -mergel infolge starker Niederschläge ein Stauwasserhorizont ausbilden, der bereichsweise bis an die Geländeoberkante reichen kann.



Durch einen Bodenaustausch und den Einbau eines gut durchlässigen Materials kann das zeitweise aufstauende Wasser jedoch mit einer dauerhaft funktionsfähigen Drainage im Bereich des Bauwerkes gefasst und abgeführt werden (**siehe auch die Hinweise in Abschnitt 7**). Der höchste zu erwartende Grundwasserstand (zeHGW) kann in diesem Fall auf Höhe der Drainageleitung (Unterkante) abgeschätzt und angesetzt werden. Dieser Ansatz wurde in Hinsicht auf eine wirtschaftliche Betrachtung den Grundbruch- und Setzungsberechnungen mit zeHGW = +71,20 m NHN zu Grunde gelegt.

Die Gründungsebene befindet sich entsprechend der in der **Anlage 2** dargestellten, erkundeten Baugrundsichtungen im Bereich von Geschiebeböden in Form von Geschiebelehm. Diese Böden können aufgrund der bodenmechanischen Eigenschaften im Baugrund verbleiben. Sie sind hierfür unter Berücksichtigung eines Lastausbreitungswinkels von 45° zur Herstellung einer Sauberkeitsschicht mindestens bis 0,20 m unter Gründungssohle durch geeignetes Bodenersatzmaterial auszutauschen.

Aufgrund der bodenmechanischen Eigenschaften der gemischtkörnigen Böden kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Boden bei den Aushubarbeiten dräniert und ausfließt.

Für Geländemodellierungsarbeiten, eine Lastverteilungsschicht sowie für Arbeitsraumverfüllungen wird für die erdstatischen Berechnungen ein schluffarmer, verdichtungsfähiger und steinfreier Füll-sand mit folgenden Bodenkennwerten betrachtet, welcher auf eine mindestens mitteldichte Lagerung verdichtet wird:

- Wichte γ_k = 18,0 kN/m³
- Wichte unter Auftrieb γ'_k = 10,0 kN/m³
- Reibungswinkel φ'_k = 32,5 °
- Steifemodul $E_{s,k}$ = 40,0 MN/m²

Für den Aufbau des Baugrundmodells und für die Berechnungen wurde das Programm GGU - FOOTING, Version 9.15 (Hrsg. Prof. Buß) verwendet. Das Programm ermöglicht den Nachweis von Fundamenten entsprechend der aktuellen DIN 4 017 und DIN 4 019, unter Berücksichtigung des Teilsicherheitskonzeptes nach DIN 1 054: 2010 bzw. dem EC 7.



6.2 Grundbruch- und Setzungsberechnung

Die Grundbruch- und Setzungsberechnungen erfolgten anhand der Baugrundsichtung aus der Bohrung BS 4 unter dem Ansatz der Teilsicherheitsbeiwerte für die Ständige Bemessungssituation BS-P.

In der nachfolgenden Tabelle werden die Ergebnisse der Grundbruch- und Setzungsberechnungen beispielhaft dargestellt. Die Berechnungsergebnisse für weitere Fundamentbreiten, den darunter anzusetzenden Sohlwiderständen und den damit verbundenen Setzungsbeträgen sind der **Anlage 3** zu entnehmen.

Bohrung	Gründungs-kote [m NHN]	Fundamentform	Abmessungen a · b [m]	$\sigma_{R,d}^{(1)}$ [kN/m ²]	zul. $\sigma/\sigma_{E,k}^{(2)}$ [kN/m ²]	Setzungen S _{max} [cm]
BS 3	+70,90	Streifenfundament	15,96 · 0,50	275	193	≤ 1,5
		Streifenfundament	5,00 · 0,50	275	193	≤ 1,5
		Einzelfundament	1,00 · 1,00	450	315	≤ 2,0

(1) Der Sohlwiderstand wurde für die Vermeidung eines Grundbruchs auf das angegebene Maß begrenzt. Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ muss im Rahmen der Tragwerksplanung mit dem Bemessungswert der Sohldruckbeanspruchung $\sigma_{E,d}$ verglichen werden, der sich aus den teilsicherheitsbehafteten Bemessungslasten (ständig, veränderlich) des Bauwerkes ergibt.

(2) $\sigma_{E,k}$ errechnet sich aus dem Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ unter Berücksichtigung eines Verhältnisses der veränderlichen Lasten (Q) zu den Gesamtlasten (G+Q) von 0,50 [-].

Tabelle 6-1: Ergebnisse der Grundbruch- und Setzungsberechnungen (BS-P)

Ausweislich der durchgeführten Berechnungen ist die Grundbruchsicherheit mit $V_d / R_d \leq 1,0$ für die ständige Bemessungssituation BS-P unter der angegebenen Last und den angesetzten Fundamentabmessungen für das Bauwerk gewährleistet.

Die errechneten Setzungsbeträge stellen sich nur ein, sofern der freigegebene Sohlwiderstand vollständig ausgenutzt wird und die angegebenen Fundamentabmessungen eingehalten werden. Auf Basis der vorliegenden Baugrundaufschlüsse und Berechnungen ist mit keiner bauwerksunverträglichen Schiefstellung zu rechnen. Allerdings muss gewährleistet werden, dass die auftretenden Verformungen sicher durch die Gründung aufgenommen werden können.

Eine Optimierung der Sohlwiderstände kann nur unter Berücksichtigung genauerer Lastangaben angegeben werden.



6.3 Bettungsmodul

Die nachfolgende Angabe des Bettungsmoduls berücksichtigt eine EDV-gestützte Berechnung anhand der ungünstigsten Baugrundsichtung in Anlehnung an die DIN 4 018 nach dem Bettungsmodulverfahren. Dabei wird berücksichtigt, dass der Sohldruck (hier: zul. σ) verhältnismäßig zu der dazugehörigen Einsenkung (Setzungen) des Fundaments ist. Ferner wird bei der Berechnung des Bettungsmoduls angenommen, dass die erkundeten Baugrundsichten unterhalb der angesetzten Fundamentplatte nahezu waagerecht verlaufen.

Es wird von einem Lastabtrag über die Sohlplatte ausgegangen. Die Berechnung der Bettungsmoduln für die Sohlplatte basiert auf der Grundlage der durchgeführten Grundbruch- und Setzungsberechnungen (siehe Tabelle 6-1). Für den Neubau wird die Bohrung BS 4 für die erdstatischen Berechnen herangezogen.

Rechnerisch wird ein idealisiertes Streifenfundament betrachtet, welches beispielsweise den durch tragende Wände belasteten Bereich der Sohlplatte simuliert. Die mitwirkende Plattenbreite errechnet sich über die Dicke der Sohlplatte (Annahme: $d = 30$ cm) und einer aufgehenden Wandstärke unter Berücksichtigung eines Lastausbreitungswinkels von 45° . Im Randbereich ergibt sich somit eine Plattenbreite von rund $b_f = 95,0$ cm (Annahme Wand $d = 36,0$ cm). Für (nicht-) tragende Wände ergeben sich unter diesem Ansatz Plattenbreiten von $b_f = 75,0$ cm (Annahme Wand: $d = 17,0$ cm).

Die Ermittlung des Bettungsmoduls erfolgt unter Berücksichtigung der Annahme, dass die Pressungen in den Randbereichen höher sind als in den Feldbereichen. So wurde zum einen ein Plattenstreifen mit einem Lastansatz von $\sigma_{E,k} = 275$ kN/m² berücksichtigt, welcher beispielsweise den Bereich unter tragenden Wänden betrachten soll.

Zum anderen wurde für den Nachweis der schwächer belasteten Feldbereiche ein Plattenausschnitt mit den Abmessungen von $a = b = 5,00$ m als „Einzelfundament“ und einem Lastansatz von $\sigma_{E,k} = 105$ kN/m² für den Neubau angesetzt.

Als günstig wirkende Auflast wird eine Flächenlast von $7,50$ kN/m² für die Berechnung der idealisierten Streifenfundamente angesetzt. Die Auflast berücksichtigt die monolithische Verbindung der Sohlplatte zwischen den Rand- und Feldbereichen und simuliert die Wirkung der Sohlplatte gegen Grundbruch. Sie errechnet sich unter Berücksichtigung der Plattenstärke von $0,30$ m und einer Wichte von Stahlbeton mit $\gamma_{rc,k} = 25,00$ kN/m³.



Die angesetzten Abmessungen und Belastungen sowie die daraus resultierenden Bettungsmoduln sind in der nachfolgenden Tabelle 6-2 angegeben.

Bohrung	Bereich / Gründungskote [m NHN]	Abmessungen a · b [m]	Einwirkung ^{*)} $\sigma_{E,k}$	Setzungen s [cm]	Bettungsmodul k_s [MN/m ³]
BS 4	Rand / Streifen / +71,40	ideal. Streifenfundament 15,96 · 0,95	275 kN/m ²	≤ 2,5	8,5
BS 4	Rand / Streifen / +71,40	ideal. Streifenfundament 5,00 · 0,95	275 kN/m ²	≤ 2,0	10,0
BS 4	Feld / Streifen / +71,40	ideal. Streifenfundament 10,00 · 0,75	275 kN/m ²	≤ 2,0	10,5
BS 4	Rand / Streifen / +71,40	ideal. Streifenfundament 5,00 · 0,75	275 kN/m ²	≤ 2,0	11,5
BS 4	Sohlplatte / +71,40	„Einzelfundament“ 5,00 · 5,00	105 kN/m ²	≤ 2,0	5,0

*) In der DIN 4 018 findet der Sohlwiderstand gemäß der aktuellen Normierung keine Anwendung. Daher wird hier der zulässige Sohl Druck als Sohlpressung berücksichtigt.

Tabelle 6-2: Errechnete Bettungsmoduln für die Sohlplatte

Hinweis:

Bei der Berechnung des Bettungsmoduls handelt es sich um Näherungswerte, die auf der sicheren Seite liegend berechnet und angegeben wurden. Für die Berechnung muss neben den Abmessungen der zu betrachtenden Fundamentierung die Einwirkung (hier: $\sigma_{E,k}$ bzw. $\sigma_{R,d}$) unter dem Ansatz der Baugrundsichtung vorgegeben werden. Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung liegen diese Angaben aus der Tragwerksplanung sowie das dabei verwendete Berechnungsverfahren nicht vor, sodass die Angaben auf Annahmen der Unterzeichnerin beruhen.

Bei einer Veränderung der Gebäudeabmessungen bzw. der Gebäudelage oder sonstigen, gründungsrelevanten Änderungen sind gegebenenfalls erneute Untersuchungen oder Berechnungen durchzuführen, um repräsentative Ergebnisse zu erhalten.



7 Hinweise zur Bauausführung

Auf Basis der durchgeführten Bodenuntersuchungen und der vorliegenden Planungsunterlagen ergeben sich für die geplante Bebauung folgende, orientierenden Maßnahmen:

7.1 Erd- und Gründungsarbeiten

- Der anstehende Oberboden im Bereich der Bebauung ist unter Berücksichtigung einer Lastausbreitung von 45° vollständig abzuschieben,
- sofern der Oberboden für nichtbautechnische Zwecke auf dem Grundstück wiederverwendet werden soll (z. B. Andeckarbeiten), ist auf eine möglichst erosionsgeschützte Lagerung zu achten (unter 45° aufhalden, Böschungsbereiche glattziehen oder begrünen, Dammkrone mit Neigung ausbilden),
- abzufahrender Oberboden muss im Hinblick auf den Chemismus gemäß den Vorgaben der BBodSchV untersucht werden,
- zu entsorgende Böden unterhalb des Oberbodens sind vorab im Hinblick auf den Chemismus hinsichtlich der Vorgaben der Ersatzbaustoffverordnung oder der Bundes - Bodenschutz- und Altlastenverordnung zu untersuchen,
- Fremdbestandteile und humose Bereiche sind unterhalb der Gründungselemente bzw. innerhalb des Lastausbreitungsbereichs vollständig auszukoffern und durch ein geeignetes Bodenersatzmaterial zu ersetzen (siehe weiter unten),
- der Geschiebelehm / -mergel kann Steine >63 mm und Findlinge führen, so dass bei den Erdarbeiten mit Hindernissen gerechnet werden muss,
- die Arbeitsebene muss zum Befahren mit dem Baugerät eventuell vorab nachverdichtet werden. Bei nicht ausreichenden Tragfähigkeiten zum Befahren sind ggf. weiterführende Maßnahmen (z. B. Baggermatratzen) vorzusehen,



- die anstehenden gemischtkörnigen Böden neigen unter Wassereinwirkung und / oder dynamischer Belastung zum Aufweichen und Ausfließen. Im Zuge der Erdarbeiten ist ein direktes Befahren der Aushubsohlen im gewachsenen Boden zu vermeiden und die Gründungssohle vor Feuchtigkeit zu schützen. Hierzu eignet sich ein rückschreitender Aushub mit direktem Einbau der angesetzten Lastausbreitungsschicht aus einem schluffarmen, verdichtungsfähigen Bodenersatzmaterial. Dieses ist unter Abstimmung des Verdichtungsgeräts auf den bindigen Untergrund (bspw. gemäß ZTV-E Stb) lagenweise auf eine mindestens mitteldichte Lagerung verdichtet, z. B. durch statisches Verdichten oder mit leichter Rüttelplatte, einzubauen,
- stark aufgeweichte Böden in der Aushubebene sind durch ein geeignetes Bodenersatzmaterial mindestens bis 0,30 m unter der Aushubebene auszutauschen und statisch zu verdichten,
- für die Geländemodellierung und für die Arbeitsraumverfüllung, eine Lastverteilungsschicht sowie die Bodenaustauscharbeiten können grobkörnige und steinfreie sowie verdichtungsfähiger Boden der Bodengruppe SE mit einem Schluffanteil von < 5% (Lieferkörnung) verwendet werden,
- das Bodenersatzmaterial ist in Lagen von $\leq 0,30$ m einzubauen und lagenweise auf eine mindestens mitteldichte Lagerung ($D_{Pr} \geq 98 \%$ bis 100 %) zu verdichten,
- im Bereich der Aushubsohle ist mindestens eine mitteldichte Lagerung nachzuweisen ($D_{Pr} \geq 98 \%$),
- für die Verdichtungsprüfung empfiehlt sich die Entnahme von ungestörten Zylinderproben oder mittels dem Ballonverfahren (Densitometer) nach DIN 18 125 zur Überprüfung der labormäßig ermittelten Proctordichte nach DIN 18 127,
- bei direkten Verdichtungskontrollen kann eine Auswertung der Ergebnisse versuchsbedingt nicht vor Ort erfolgen. Die zeitliche Verzögerung in der Versuchsdurchführung ist mit dem Prüflabor abzustimmen und in den Bauablauf mit aufzunehmen,
- die Gründungssohle ist eben herzustellen. Unterschiedlich tiefe Gründungsebenen sind unter 45° zueinander abzuböschten,
- nach DIN 1 054 ist eine Gründungstiefe von mindestens $\geq 0,80$ m sicherzustellen. Alternativ sind z. B. Frostschrägen oder ein frostsicherer Unterbau zur Gewährleistung der Frostsicherheit zu verwenden,



- unterhalb sämtlicher Gründungselemente (Streifen- und Einzelfundamente, Sohlplatte) ist eine Sauberkeitsschicht aus Magerbeton in einer Stärke von $d \geq 5$ cm einzubauen, um die Betondeckung zu erhöhen und um Zwangsspannungen abzubauen (z. B. infolge von Hydratationswärme),
- bei der Verwendung von Noppenbahnen oder dem Betonieren direkt gegen das Erdreich muss die Betondeckung mindestens um das Unebenheitsmaß erhöht werden,
- Baugruben können unter Beachtung der DIN 4 124 bis in eine Tiefe von 1,25 m senkrecht hergestellt werden. Tiefer reichende Baugruben sind gegenüber der Geländeoberkante in grobkörnigen Böden unter 45° und in mindestens steifen, bindigen Böden (hier: Geschiebelehm) unter maximal 60° abzuböschten. Sofern ein Abböschten unter den genannten Bedingungen nicht möglich ist, so ist gesondert ein Verbau rechnerisch nachzuweisen.
- **die Gründungssituation ist nach DIN 4 020 durch den aufstellenden Gutachter abzunehmen.**

7.2 Bauwerksabdichtung und Wasserhaltungsmaßnahmen

- Im Zuge der Erdarbeiten / Auskofferungsarbeiten kann es zu einem Zufließen von angeschnittenem Schichtwasser kommen. Darüber hinaus ist der Boden im Bereich der Baugrubenebene als schwach wasserdurchlässig zu bewerten, sodass es zu einem Aufstau von Niederschlagswasser kommen kann,
- anfallendes Tagewasser kann in schwach durchlässigen Bereichen grundsätzlich mittels offener Wasserhaltung gesammelt werden kann,
- Fundamentbaugruben sind vor einem starken Zufluss von Niederschlagswasser zu schützen bzw. zeitnah zu schließen, da sich die Tragfähigkeitseigenschaften der gemischt- und feinkörnigen Böden unter Wassereinfluss stark verschlechtern,
- Niederschlagswasser muss von ungeschützten Bauflächen ständig abgeleitet werden,
- das Einleiten von Grund- und Baugrubenwasser in Oberflächengewässer oder in das öffentliche Kanalnetz ist genehmigungspflichtig und bei der zuständigen Behörde rechtzeitig vor dem Beginn der Maßnahme zu beantragen,



- die anzusetzenden Wassereinwirkungsklassen (W) auf die Abdichtung ergeben sich gemäß der DIN 18 533, Teil 1,
- aufgrund der geringen Wasserdurchlässigkeit der anstehenden Böden sowie des hohen Grundwasserstandes sind die erdberührten Bauteile unter Berücksichtigung des Lastfalls W2.1-E gemäß der DIN 18 533 gegen die mäßige Einwirkung drückenden Wassers abzudichten,
- sofern eine auf Dauer funktionsfähige Drainage nach DIN 4 095 installiert wird, ist die Abdichtung der erdberührten Bauteile gemäß dem Lastfall W1.2-E nach DIN 18 533 hinreichend. Die Drainage muss so ausgebildet werden, dass sie im Revisionsfall gespült werden kann,
- die Klasse W2.1-E ist zu Grunde zu legen, sofern der Anschluss einer Bauwerksdrainage an eine öffentliche Vorflut bzw. den Kanal nicht möglich ist.

7.3 Allgemein

- Anforderungen an die Baustoffe, Baustoffgemische, den Einbau / die Bauausführung, die erstellte Schichtung sowie die Eignungsprüfung, Eigenüberwachung und Kontrollprüfung ergeben sich aus den einschlägigen Regelwerken und sind zwingend zu beachten,
- die Verdichtung einzubauender Böden sollte laufend stichprobenartig entsprechend den Vorgaben gültiger Regelwerke überprüft werden,
- abweichende Bauweisen usw. sollten mit dem aufstellenden Gutachter abgestimmt werden,
- es ist zu beachten, dass die Mächtigkeiten und Höhenverläufe der lokal erkundeten Bodenschichtungen variieren kann. Im Zuge der Gutachtenerstellung kann lediglich die Baugrundsituation an den gewählten Ansatzpunkten betrachtet werden,
- ggf. sind weitere chemische Analysen in Hinblick auf die nicht mehr aktuelle LAGA M20 erforderlich, da aktuell einige Entsorgungsfachbetriebe noch „Altgenehmigungen“ auf der Grundlage der LAGA besitzen.



8 Zusammenfassung

Die Stadt Schneverdingen beabsichtigt den Neubau eines Feuerwehrgerätehauses in der Ortschaft Schülern. Für dieses Bauvorhaben erhielt die Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH, Elsterbogen 18, 21255 Tostedt am 31. Mai 2024 durch die Stadt Schneverdingen den Auftrag für die Durchführung von Baugrunduntersuchungen, einer Baugrundbeurteilung sowie der Erarbeitung eines Geotechnischen Berichtes.

Die Aufschlussarbeiten wurden am 08. Juli 2024 ausgeführt. Insgesamt sind durch das aufstellende Büro vier direkte Aufschlüsse als Kleinbohrungen (BS) nach DIN EN ISO 22 475 (NW 80 mm) im Bereich der geplanten Neubaumaßnahme bis zu einer Endteufe von maximal 6,30 m niedergebracht worden. An allen vier Ansatzpunkten konnte die projektierte Tiefe von 8,00 m unter Geländeoberkante aufgrund einer zu festen Konsistenz anstehender Böden nicht erreicht werden.

Der geologische Untergrund besteht unterhalb von Oberboden aus gemischtkörnigen Böden in Form von Geschiebelehm und -mergel. Der Erkundungsbereich weist eine homogene Baugrundsichtung auf.

In allen vier Bohrlöchern konnte ein Wasserstand in einer mittleren Tiefe von 1,10 m unter Geländeoberkante gemessen werden. Anhand der Hydrogeologischen Karte ist davon auszugehen, dass es sich um Schichtwasser handelt. Aufgrund der anstehenden schwach durchlässigen Böden kann bereichsweise ein Stauwasserstand bis auf Höhe der Geländeoberkante nicht ausgeschlossen werden. Für die Erdarbeiten sind Wasserhaltungsmaßnahmen vorzuhalten.

Die bodenmechanische Überprüfung der Böden erfolgte entsprechend der Geotechnischen Kategorie GK 1 anhand der Ansprache im Feld. Auf der Grundlage von durchgeführten Laborversuchen, vorliegenden Kenndaten und anhand vergleichbarer Böden sind die Homogenbereiche vorläufig festgelegt worden. Sofern genauere Angaben gefordert werden, muss eine Abstimmung mit der Unterzeichnerin und gegebenenfalls Nachuntersuchungen und Laborversuche erfolgen.



Unter genannten Annahmen hinsichtlich Belastung und Gründungstiefen wurden Grundbruch- und Setzungsberechnungen für den geplanten Neubau durchgeführt. Die rechnerische Untersuchung ergibt sich unter Berücksichtigung von Streifen- und Einzelfundamenten. Die Grundbruchsicherheit für die Bemessungssituation BS-P ist dabei gewährleistet, sofern die freigegebenen Sohlwiderstände und Hinweise in Kapitel 7 berücksichtigt werden.

Des Weiteren ist ein Lastabtrag über die Sohlplatte berücksichtigt und die Bettungsmoduln ermittelt worden.

Orientierende Hinweise zur Bauausführung wurden angegeben. Die Aushub- und Gründungssituation muss nach den Vorgaben der DIN 4 020 durch den Gutachter abgenommen werden.

Sämtliche, im Gutachten genannten, Höhenkoten sind bauseits zu prüfen. Bei erheblichen Abweichungen gegenüber den hier genannten Höhenbezügen ist das aufstellende Büro umgehend zu benachrichtigen.

Um nicht das Risiko von unkontrollierten Setzungen entstehen zu lassen, sind die Gründungsarbeiten sorgfältig nach Anweisung des Gutachters durchzuführen.

Entsprechend den vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen Baugrund und Bauwerk ist das Gutachten nur in seiner Gesamtheit verbindlich. Änderungen in den Bearbeitungsunterlagen und vom Gutachten abweichende Bauausführungen bedürfen deshalb stets der Überprüfung und der Zustimmung des Gutachters.

Baugrundaufschlüsse basieren auch bei Einhaltung der nach den gültigen Vorschriften vorgegebenen Rasterabstände zwangsläufig auf punktuellen Aufschlüssen, so dass eine exakte Aussage über den Baugrund nur für den jeweiligen Untersuchungspunkt möglich ist. Da Abweichungen von den vorstehend beschriebenen Verhältnissen zwischen den Ansatzpunkten nicht völlig ausgeschlossen werden können, basieren hier getroffene Bewertungen zwangsläufig auf Wahrscheinlichkeitsaussagen.

Wird im Zuge der Auskofferungsarbeiten ein anderer als im Gutachten dargestellter Aufbau des Untergrunds angetroffen, ist unser Büro unverzüglich zu benachrichtigen und durch den Gutachter eine Bestandsaufnahme vor Ort durchzuführen.



Die Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH behält sich daher eine Überprüfung der Gründungssituation im Zuge einer förmlichen Abnahme der Aushub- und Gründungssohlen (nach DIN 4 020 gefordert), gegebenenfalls auch ergänzende Ausführungshinweise vor.

Das Baugrundgutachten gilt für das in Abschnitt 3 angegebene Objekt im Zusammenhang mit den Projektdaten. Eine Übertragung der Untersuchungsergebnisse auf andere Projekte ist ohne Zustimmung der Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH nicht zulässig.

Für Rückfragen im Zusammenhang mit unseren Untersuchungen und der Erstellung dieses Gutachten stehen wir jederzeit zur Verfügung.

Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH


Dipl.-Geol. Jens Schmitz

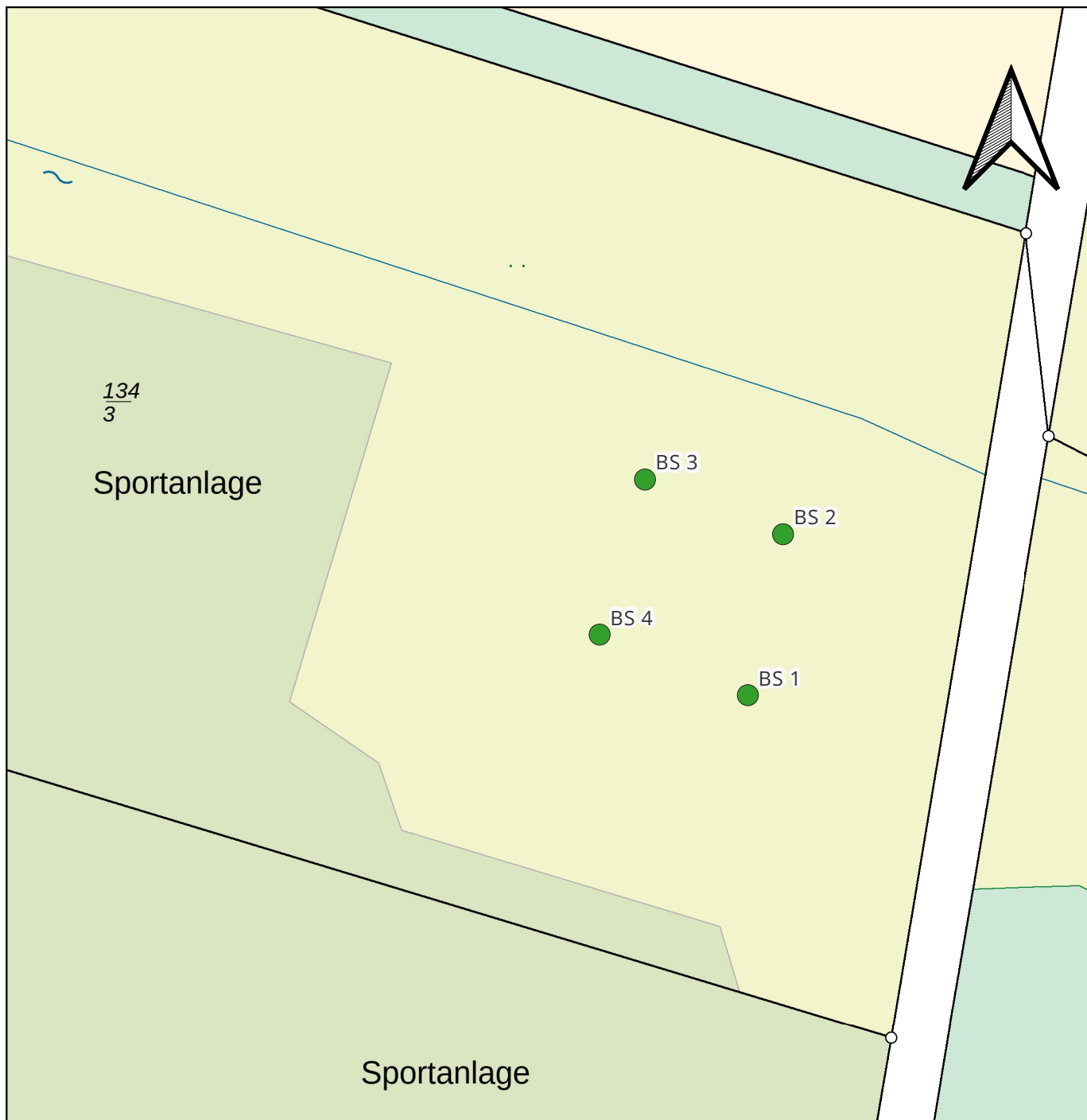

Melanie Grünewald, M. Sc.

Verteiler:

- Stadt Schneverdingen, Frau Panning

2- fach in Berichtsform

1- fach digital im pdf-Format



Legende

- BS - Kleinbohrung nach DIN EN ISO 22 475

0 10 20 m

 Ingenieurgesellschaft Dr.-Ing. Michael Beuße mbH Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28 77 0 21255 Tostedt Fax.: 04182 - 28 77 28 www.dr-beusse.de	Projekt: Neubau eine Feuerwehrgerätehauses in der Ortschaft Schülern		Anlage: 1
	Stadt Schneverdingen		Bericht: 24 - 18278
			Maßstab: 1 : 500
			Datum: 20.11.2024
Projekt: 24 - 18278	Verzeichnis: U:\Proj24\24-18278\CAD		
Lageplan			

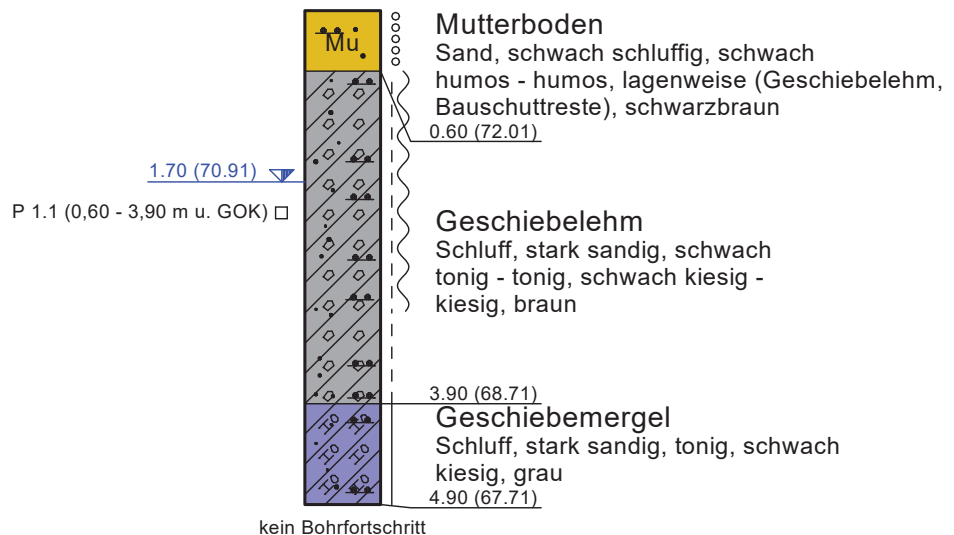
Legende

	halbfest		Geschiebemergel
	steif		Geschiebelehm
	weich - steif		Mutterboden
	locker		

1,70 W nach Bohrende
08.07.2024

BS 1

+72,61 m NHN



BS - Kleinbohrung nach DIN EN ISO 22 475 - NW 80 mm



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728
www.dr-beusse.de

Projekt:
Neubau eines
Feuerwehrgerätehauses
in der Ortschaft Schülern

Auftraggeber:
Stadt Schneverdingen

Anlage:
2.1

Bericht:
24 - 18278

Maßstab (L/H):
- / 1 : 75

Datum:
20.11.2024

Säulendiagramm BS 1

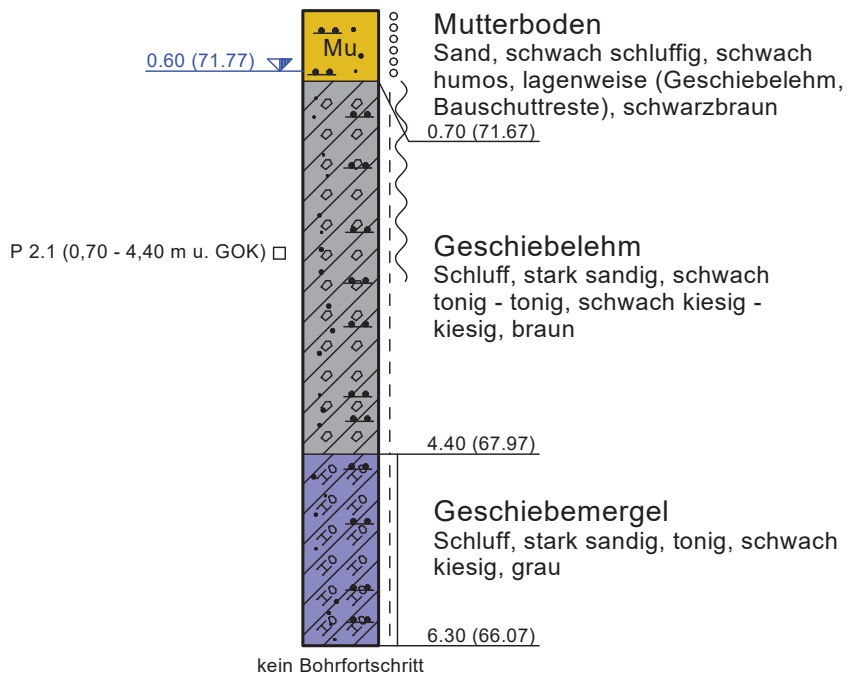
Legende

	steif - halbfest		Geschiebemergel
	steif		Geschiebelehm
	weich - steif		Mutterboden
	locker		

0,60 W nach Bohrende
08.07.2024

BS 2

+72,37 m NHN



BS - Kleinbohrung nach DIN EN ISO 22 475 - NW 80 mm



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728
www.dr-beusse.de

Projekt:
Neubau eines
Feuerwehrgerätehauses
in der Ortschaft Schülern

Auftraggeber:
Stadt Schneverdingen

Anlage:
2.2

Bericht:
24 - 18278

Maßstab (L/H):
- / 1 : 75

Datum:
20.11.2024

Säulendiagramm BS 2

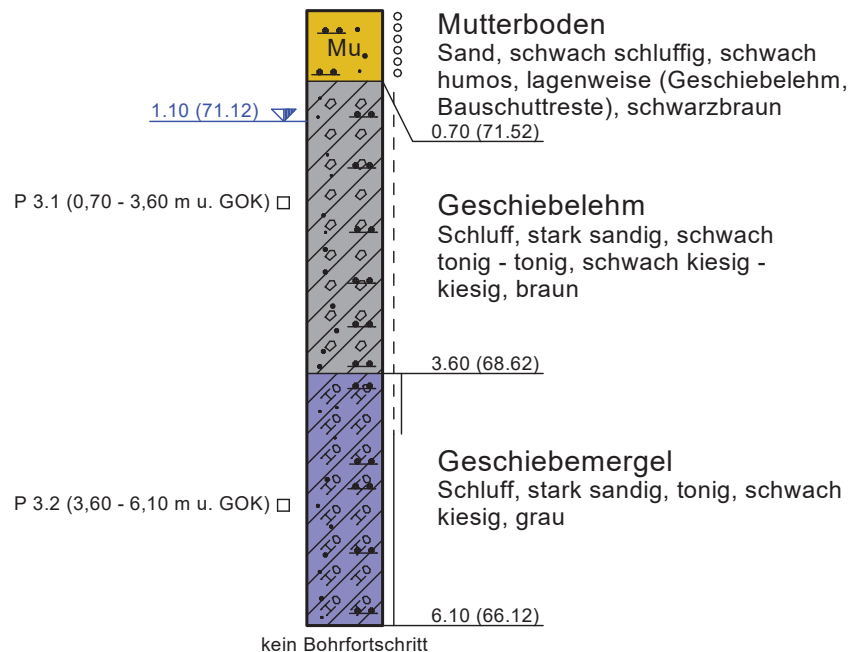
Legende

halbfest		Geschiebemergel
steif - halbfest		Geschiebelehm
steif		
locker		Mutterboden

1,10 W nach Bohrende
08.07.2024

BS 3

+72,22 m NHN



BS - Kleinbohrung nach DIN EN ISO 22 475 - NW 80 mm



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728
www.dr-beusse.de

Projekt:
Neubau eines
Feuerwehrgerätehauses
in der Ortschaft Schülern

Auftraggeber:
Stadt Schneverdingen

Anlage:
2.3

Bericht:
24 - 18278

Maßstab (L/H):
- / 1 : 75

Datum:
20.11.2024

Säulendiagramm BS 3

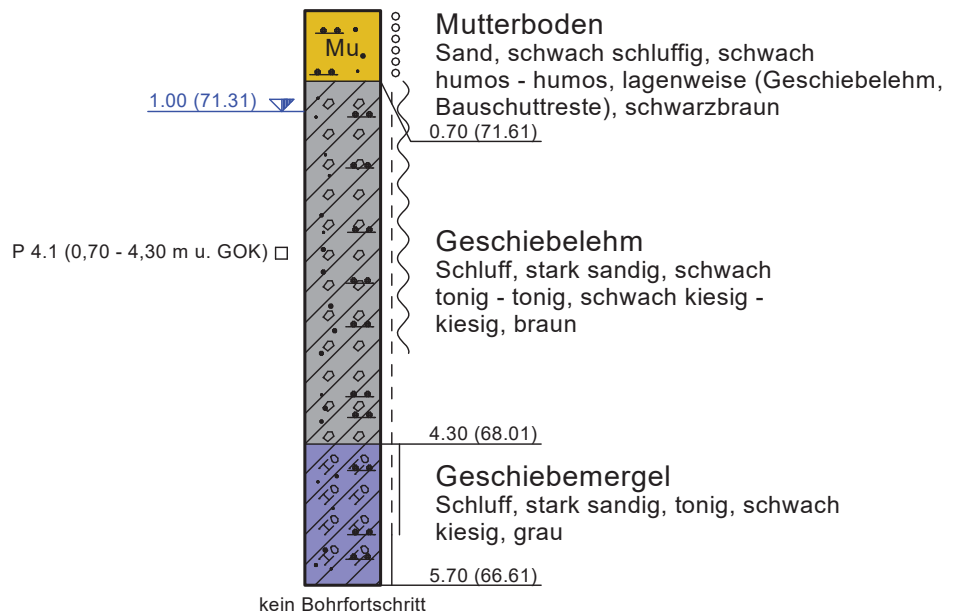
Legende

	halbfest		Geschiebemergel
	steif - halbfest		Geschiebelehm
	steif		Mutterboden
	weich - steif		
	locker		

1,00 W nach Bohrende
08.07.2024

BS 4

+72,31 m NHN



BS - Kleinbohrung nach DIN EN ISO 22 475 - NW 80 mm



Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 28770
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728
www.dr-beusse.de

Projekt:
Neubau eines
Feuerwehrgerätehauses
in der Ortschaft Schülern

Auftraggeber:
Stadt Schneverdingen

Anlage:
2.4

Bericht:
24 - 18278

Maßstab (L/H):
- / 1 : 75

Datum:
20.11.2024

Säulendiagramm BS 4

Berechnungsgrundlagen:
Berechnung für Streifenfundamente
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Streifenfundament (a = 15.96 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 $\sigma_{R,d}$ auf 275.00 kN/m² begrenzt
Oberkante Gelände = 71.70 m
Gründungssohle = 70.90 m
Grundwasser = 71.20 m
Grenztiefe mit festem Wert von 7.00 m u. GS
— Sohldruck
— Setzungen

Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	ϕ [°]	c [kN/m²]	E _s [MN/m²]	Bezeichnung
	18.0	10.0	32.5	0.0	40.0	Bodenersatzmaterial, md [z.B. SE]
	19.0	10.0	30.0	5.0	10.0	Geschiebelehm, we-st [ST*, TL]
	20.0	10.0	32.0	7.5	15.0	Geschiebelehm, st [ST*, TL]
	21.0	11.0	32.0	15.0	30.0	Geschiebemergel, st-hf [ST*, TL]
	21.0	11.0	34.0	10.0	40.0	Geschiebemergel, hf [ST*, TL]

Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 2877 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728
www.dr-beusse.de

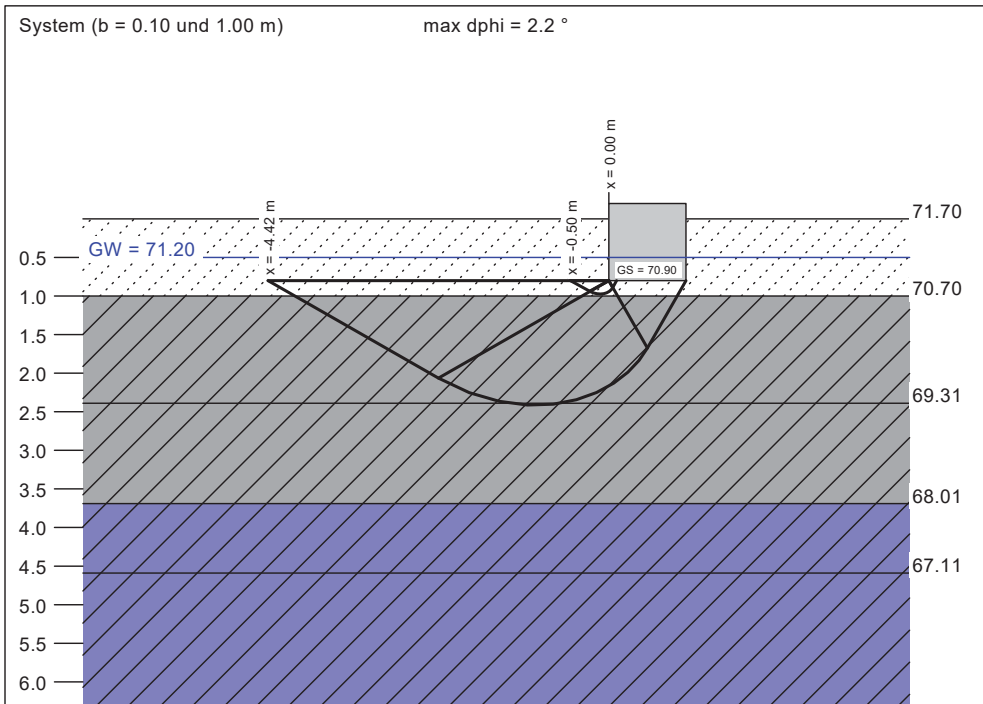


Projekt:
Neubau eines
Feuerwehrgerätehauses
in der Ortschaft Schülern

Auftraggeber :
Stadt Schneverdingen

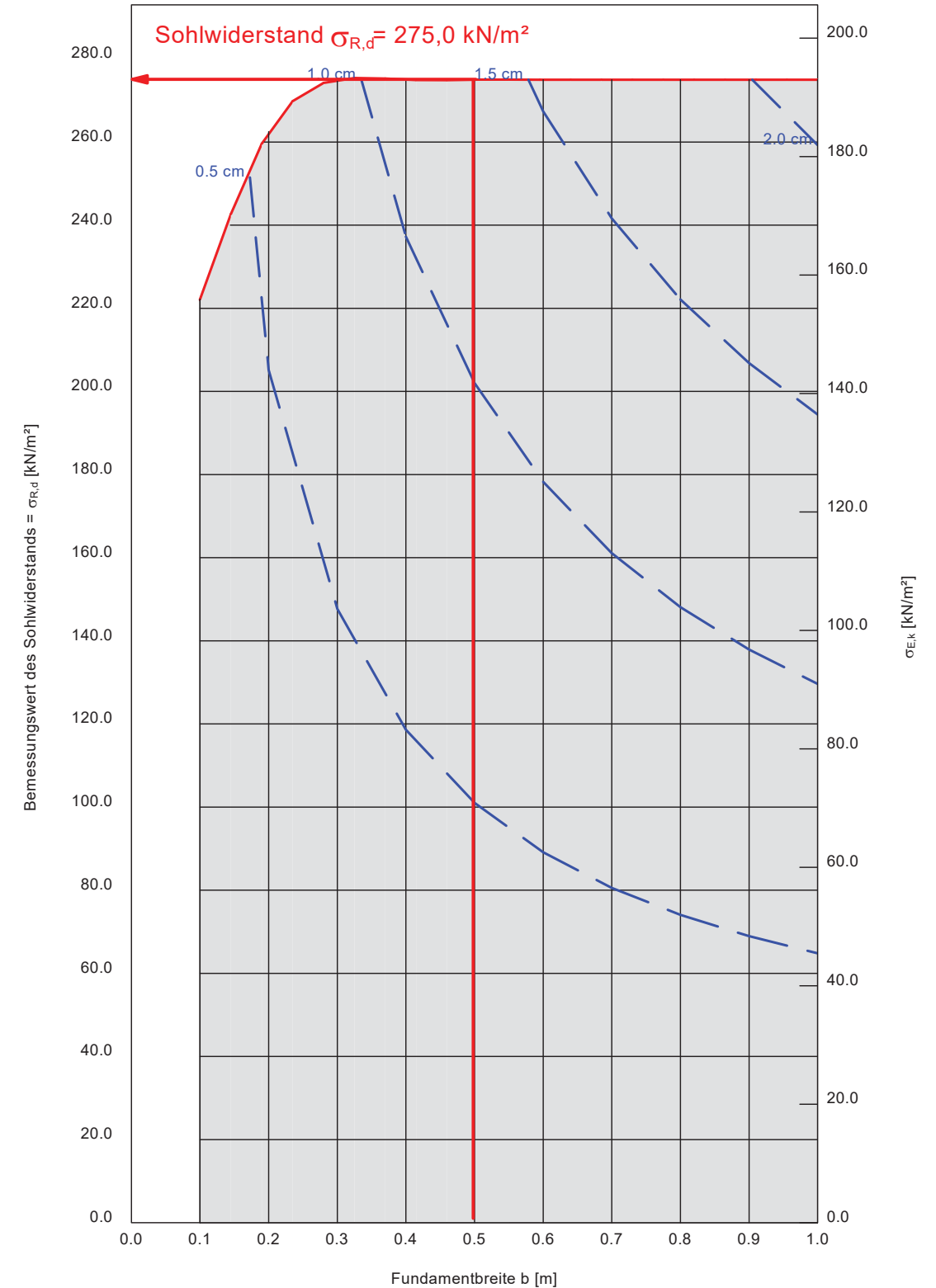
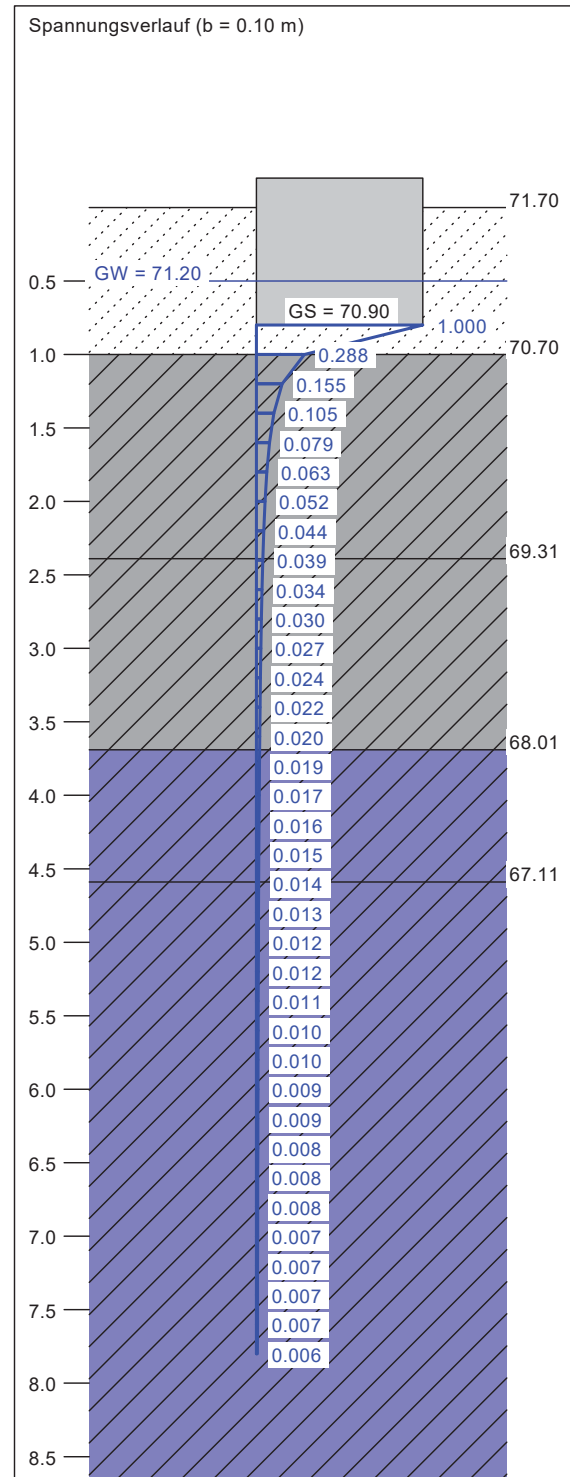
Anlage :
3.1
Bericht :
24 - 18278
Maßstab (L/H) :
- / -
Datum :
20.11.2024

Grundbruch- und Setzungsberechnung für ein Feuerwehrgerätehaus
(Bereich: Erdgeschoss / Streifenfundamente, Rand / Bohrung BS 4 / BS-P)



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	zul $\sigma = \sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	σ_0 [kN/m²]	t _g [m]	UK LS [m]
15.96	0.10	222.1	22.2	155.9	0.30	32.5	0.00	10.00	12.00	7.80	0.97
15.96	0.20	262.5	52.5	184.2	0.64	31.2	2.65	10.00	12.00	7.80	1.13
15.96	0.30	275.0	82.5	193.0	0.93	30.8	3.41	10.00	12.00	7.80	1.29
15.96	0.40	275.0	110.0	193.0	1.16	30.6	3.80	10.00	12.00	7.80	1.45
15.96	0.50	275.0	137.5	193.0	1.36	30.5	4.04	10.00	12.00	7.80	1.61
15.96	0.60	275.0	165.0	193.0	1.54	30.4	4.19	10.00	12.00	7.80	1.76
15.96	0.70	275.0	192.5	193.0	1.71	30.4	4.31	10.00	12.00	7.80	1.92
15.96	0.80	275.0	220.0	193.0	1.86	30.3	4.39	10.00	12.00	7.80	2.08
15.96	0.90	275.0	247.5	193.0	1.99	30.3	4.46	10.00	12.00	7.80	2.24
15.96	1.00	275.0	275.0	193.0	2.12	30.4	4.73	10.00	12.00	7.80	2.41

zul $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,k} / 1.99$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50



Berechnungsgrundlagen:
Berechnung für Streifenfundamente
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Streifenfundament (a = 5.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 $\sigma_{R,d}$ auf 275.00 kN/m² begrenzt
Oberkante Gelände = 71.70 m
Gründungssohle = 70.90 m
Grundwasser = 71.20 m
Grenztiefe mit festem Wert von 7.00 m u. GS
— Sohldruck
— Setzungen

Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	E _s [MN/m²]	Bezeichnung
	18.0	10.0	32.5	0.0	40.0	Bodenersatzmaterial, md [z.B. SE]
	19.0	10.0	30.0	5.0	10.0	Geschiebelehm, we-st [ST*, TL]
	20.0	10.0	32.0	7.5	15.0	Geschiebelehm, st [ST*, TL]
	21.0	11.0	32.0	15.0	30.0	Geschiebemergel, st-hf [ST*, TL]
	21.0	11.0	34.0	10.0	40.0	Geschiebemergel, hf [ST*, TL]

Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 2877 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728
www.dr-beusse.de

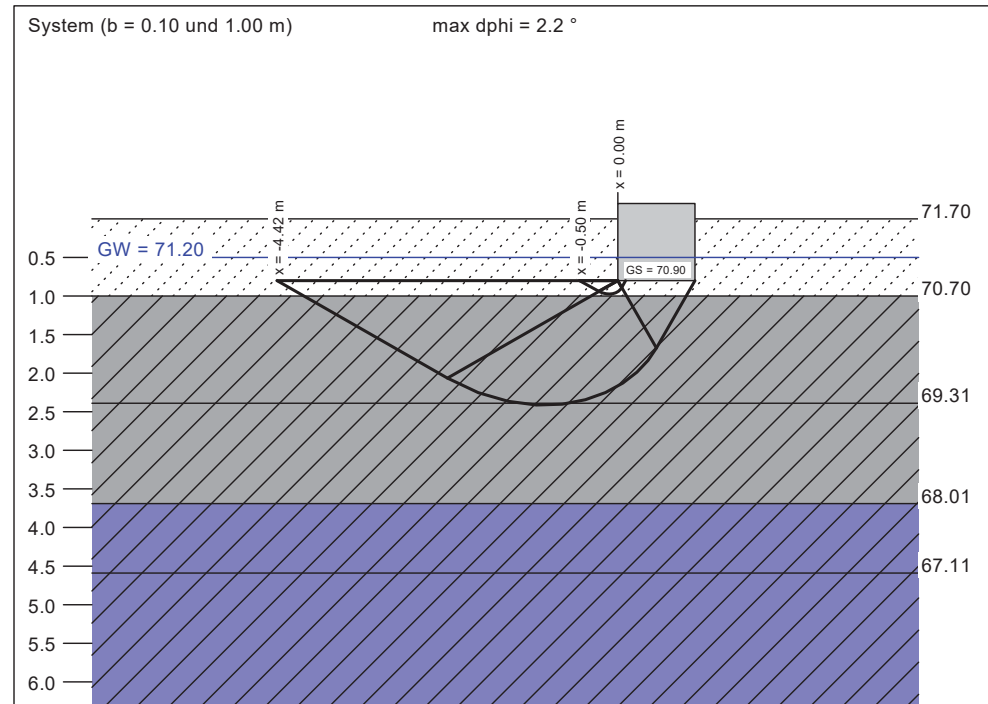


Projekt:
Neubau eines
Feuerwehrgerätehauses
in der Ortschaft Schülern

Auftraggeber :
Stadt Schneverdingen

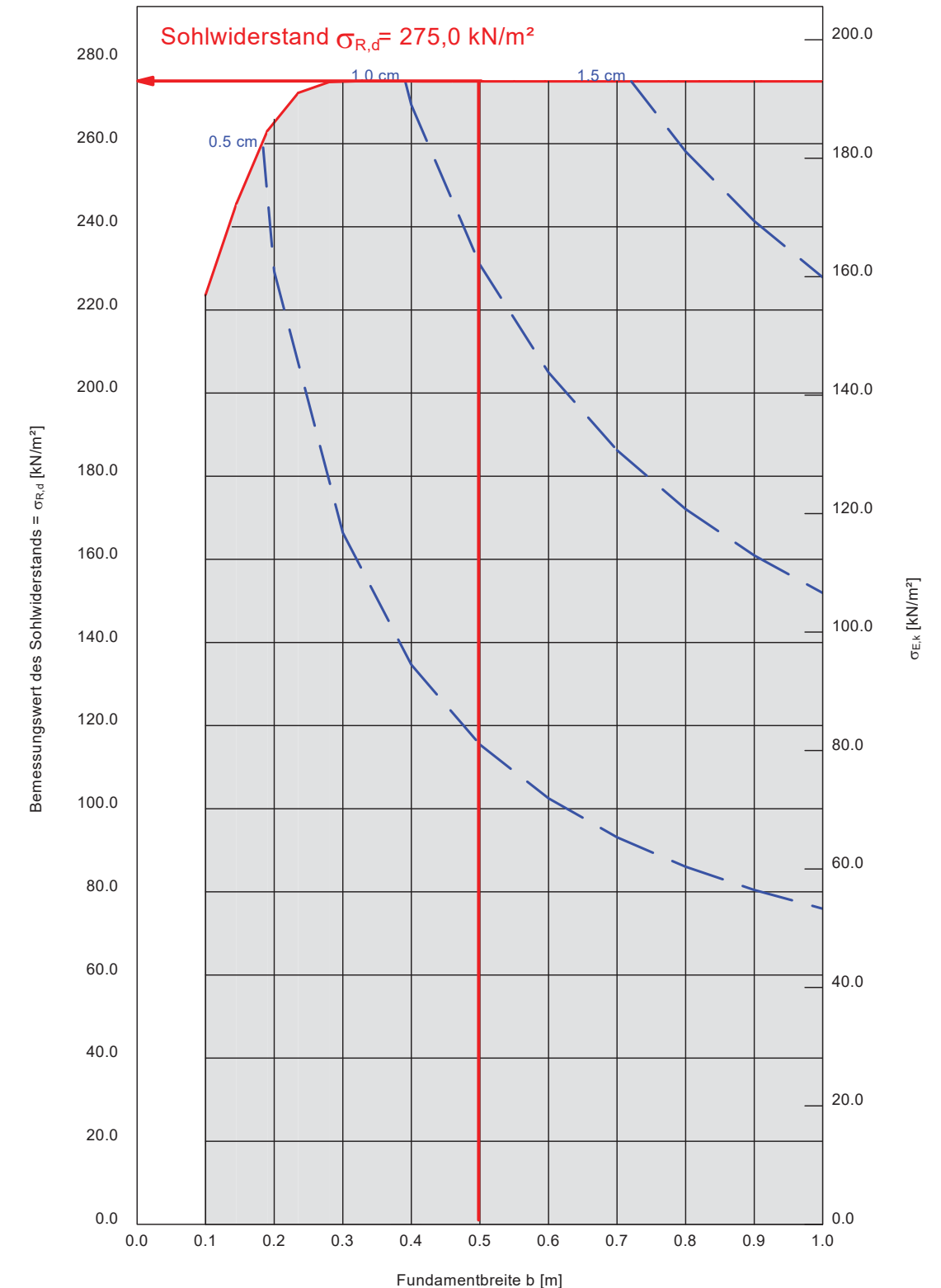
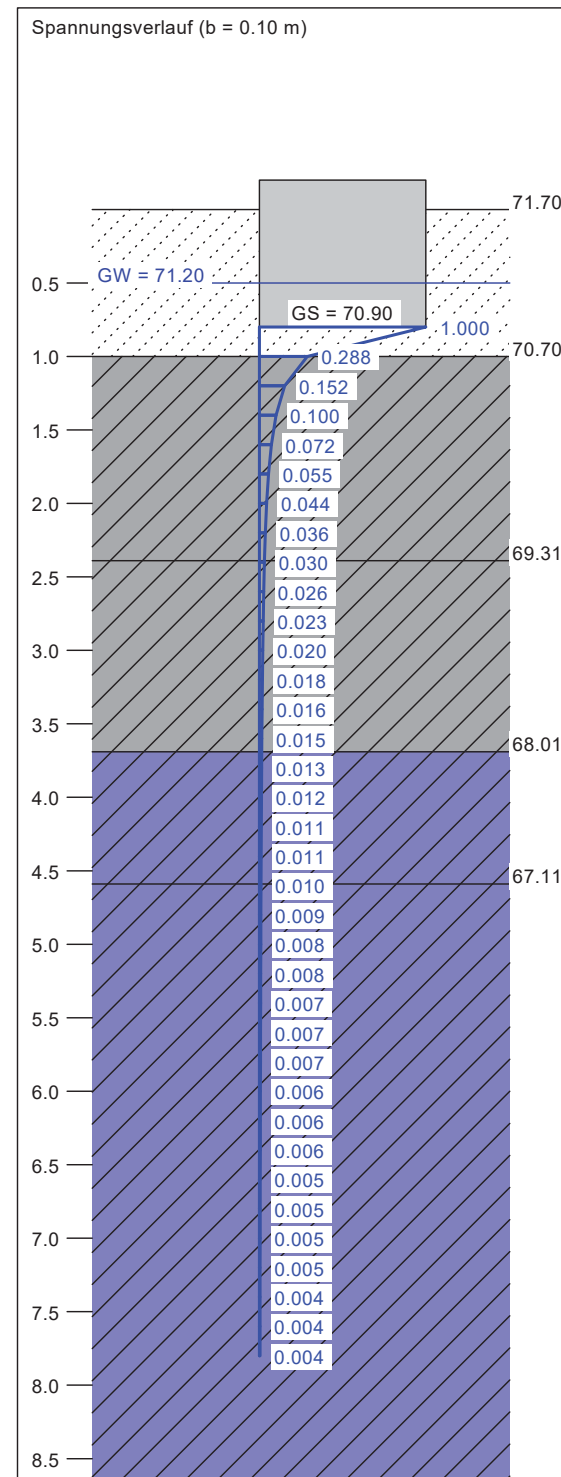
Anlage :
3.2
Bericht :
24 - 18278
Maßstab (L/H) :
- / -
Datum :
20.11.2024

Grundbruch- und Setzungsberechnung für ein Feuerwehrgerätehaus
(Bereich: Erdgeschoss / Streifenfundamente, Feld / Bohrung BS 4 / BS-P)



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	zul $\sigma = \sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	σ_0 [kN/m²]	t _g [m]	UK LS [m]
5.00	0.10	223.7	22.4	157.0	0.27	32.5	0.00	10.00	12.00	7.80	0.97
5.00	0.20	265.9	53.2	186.6	0.58	31.2	2.65	10.00	12.00	7.80	1.13
5.00	0.30	275.0	82.5	193.0	0.83	30.8	3.41	10.00	12.00	7.80	1.29
5.00	0.40	275.0	110.0	193.0	1.02	30.6	3.80	10.00	12.00	7.80	1.45
5.00	0.50	275.0	137.5	193.0	1.19	30.5	4.04	10.00	12.00	7.80	1.61
5.00	0.60	275.0	165.0	193.0	1.34	30.4	4.19	10.00	12.00	7.80	1.76
5.00	0.70	275.0	192.5	193.0	1.48	30.4	4.31	10.00	12.00	7.80	1.92
5.00	0.80	275.0	220.0	193.0	1.60	30.3	4.39	10.00	12.00	7.80	2.08
5.00	0.90	275.0	247.5	193.0	1.71	30.3	4.46	10.00	12.00	7.80	2.24
5.00	1.00	275.0	275.0	193.0	1.81	30.4	4.73	10.00	12.00	7.80	2.41

zul $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,k} / 1.99$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50



Berechnungsgrundlagen:
Berechnung für Einzelfundamente
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 $\sigma_{R,d}$ auf 450.00 kN/m² begrenzt
Oberkante Gelände = 71.70 m
Gründungssohle = 70.90 m
Grundwasser = 71.20 m
Grenztiefe mit festem Wert von 7.00 m u. GS
— Sohldruck
— Setzungen

Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	ϕ [°]	c [kN/m²]	E _s [MN/m²]	Bezeichnung
	18.0	10.0	32.5	0.0	40.0	Bodenersatzmaterial, md [z.B. SE]
	19.0	10.0	30.0	5.0	10.0	Geschiebelehm, we-st [ST*, TL]
	20.0	10.0	32.0	7.5	15.0	Geschiebelehm, st [ST*, TL]
	21.0	11.0	32.0	15.0	30.0	Geschiebemergel, st-hf [ST*, TL]
	21.0	11.0	34.0	10.0	40.0	Geschiebemergel, hf [ST*, TL]

Ingenieurgesellschaft
Dr.-Ing. Michael Beuße mbH

Elsterbogen 18 Tel.: 04182 - 2877 0
21255 Tostedt Fax.: 04182 - 287728
www.dr-beusse.de

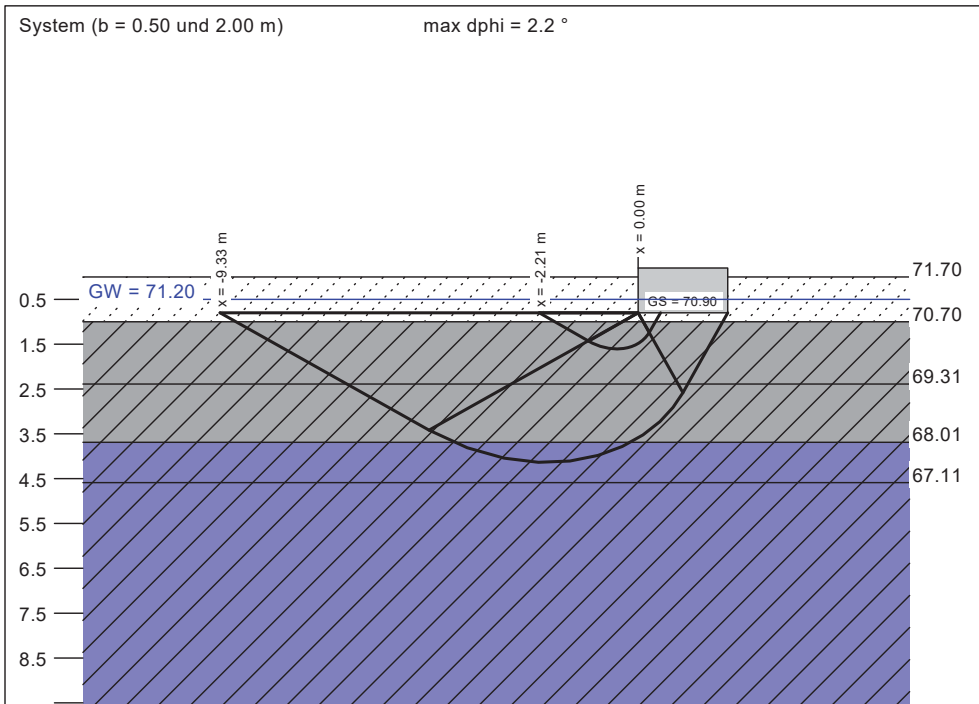


Projekt:
Neubau eines
Feuerwehrgerätehauses
in der Ortschaft Schülern

Auftraggeber :
Stadt Schneverdingen

Anlage :
3.3
Bericht :
24 - 18278
Maßstab (L/H) :
- / -
Datum :
20.11.2024

Grundbruch- und Setzungsberechnung für ein Feuerwehrgerätehaus
(Bereich: Erdgeschoss / Einzelfundamente / Bohrung BS 4 / BS-P)



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{n,d}$ [kN]	zul $\sigma = \sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	σ_0 [kN/m²]	t _g [m]	UK LS [m]
0.50	0.50	417.4	104.3	292.9	0.81	30.5	4.04	10.00	12.00	7.80	1.61
0.60	0.60	424.3	152.8	297.8	1.00	30.4	4.19	10.00	12.00	7.80	1.76
0.70	0.70	430.7	211.0	302.2	1.19	30.4	4.31	10.00	12.00	7.80	1.92
0.80	0.80	436.7	279.5	306.4	1.38	30.3	4.39	10.00	12.00	7.80	2.08
0.90	0.90	442.5	358.4	310.5	1.57	30.3	4.46	10.00	12.00	7.80	2.24
1.00	1.00	450.0	450.0	315.8	1.76	30.4	4.73	10.00	12.00	7.80	2.41
1.10	1.10	450.0	544.5	315.8	1.92	30.8	5.25	10.00	12.00	7.80	2.59
1.20	1.20	450.0	648.0	315.8	2.08	30.9	5.49	10.00	12.00	7.80	2.77
1.30	1.30	450.0	760.5	315.8	2.23	31.0	5.68	10.00	12.00	7.80	2.94
1.40	1.40	450.0	882.0	315.8	2.37	31.1	5.82	10.00	12.00	7.80	3.11
1.50	1.50	450.0	1012.5	315.8	2.51	31.2	5.94	10.00	12.00	7.80	3.28
1.60	1.60	450.0	1152.0	315.8	2.64	31.2	6.04	10.00	12.00	7.80	3.45
1.70	1.70	450.0	1300.5	315.8	2.77	31.3	6.13	10.00	12.00	7.80	3.62
1.80	1.80	450.0	1458.0	315.8	2.90	31.3	7.31	10.01	12.00	7.80	3.79
1.90	1.90	450.0	1624.5	315.8	3.02	31.4	8.05	10.02	12.00	7.80	3.96
2.00	2.00	450.0	1800.0	315.8	3.14	31.4	8.54	10.05	12.00	7.80	4.13

zul $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,k} / 1.99$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

