

GRUNDBAULABOR BREMEN  
INGENIEURGESELLSCHAFT  
FÜR GEOTECHNIK MBH  
KLEINER ORT 2  
28357 BREMEN  
TELEFON (0421) 20770-0  
TELEFAX (0421) 27 42 55  
GLB@GRUNDBAULABOR.DE

Objekt-Nr.: 19 12376  
Datum: 19.06.2019  
Zeichen: Ma/AG/Re  
O:\19\12376\GTB1.docx

**Tierklinik mit Dienstwohnung und Hundetagesstätte, Rothlaker Str. 1,  
28870 Ottersberg-Posthausen**

**Geotechnischer Bericht Nr. 1**

**Beurteilung der Gründung**

---

Bauherr: Tierklinik Posthausen GbR  
Dres. Heine, Bonin und Neumann  
Rothlaker Str. 1  
28870 Posthausen/Ottersberg

Objektplanung: Manfred Schaus Bernd Decker Architekten GmbH  
Schlachthofstraße 11A  
66280 Sulzbach/Saar



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Anlass der geotechnischen Untersuchungen /Aufgabenstellung .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Baumaßnahme (Anlagen 1.1 und 1.2) .....</b>	<b>3</b>
2.1	Unterlagen .....	3
2.2	Baugelände (Anlagen 1.1 und 1.2).....	4
2.3	Bauwerk.....	4
2.4	Geotechnische Kategorien .....	6
2.5	Bestandsgebäude .....	7
<b>3</b>	<b>Baugrund (Anlagen 3.1 bis 3.3.3) .....</b>	<b>7</b>
3.1	Geologische und bautechnische Vorgeschichte .....	7
3.2	Baugrundaufschlüsse (Anlagen 2.1 bis 2.2.8) .....	7
3.3	Baugrundverhältnisse (Anlagen 2.1 bis 2.2.8).....	8
3.3.1	Ermittlung von Bodenprofilen aus Drucksondierungen (Anlage 2.1) .....	8
3.3.2	Baugrundsichtung (Anlage 2.1) .....	10
3.3.3	Baugrundfestigkeit.....	11
3.3.4	Kampfmittelüberprüfung .....	12
3.4	Grundwasserverhältnisse.....	12
3.4.1	Hauptgrundwasserstockwerk .....	12
3.4.2	Oberes Grundwasserstockwerk .....	13
3.4.3	Bemessungswasserstände.....	14
3.5	Ergebnisse von Laborversuchen (Anlagen 3.1 und 3.2).....	14
3.6	Ergebnisse von Grundwasseruntersuchungen (Anlagen 3.3.1 bis 3.3.3).....	15
3.7	Verunreinigungen von Boden / Bauschutt .....	16
<b>4</b>	<b>Beurteilung des Baugrundes.....</b>	<b>17</b>
4.1	Baugrundmodell.....	17
4.2	Baugrundeigenschaften .....	18
4.3	Baugrundtragfähigkeit .....	20
4.4	Wiederverwendbarkeit für bautechnische Zwecke .....	20
4.5	Befahrbarkeit .....	21
4.6	Homogenbereiche - (VOB 2016).....	21
4.7	Bodenkennwerte.....	22
4.8	Beurteilung des Baugrund- und Gründungsrisikos .....	23
<b>5</b>	<b>Angaben zur Gründung (Anlagen 4.1 bis 4.2.3.1) .....</b>	<b>24</b>
5.1	Allgemeine Angaben und Gründungskonzept .....	24
5.2	Gründungsvorschlag .....	24
5.3	Gründung der Bauwerkskonstruktion .....	25
5.4	Grundbruchsicherheit (Anlage 4.1).....	26
5.5	Setzungen (Anlagen 4.2.1.1 bis 4.2.3.1) .....	27
5.6	Erdarbeiten .....	29
5.7	Hinweise zur Abdichtung von Bauwerken .....	32
5.8	Überprüfung der Aushub- und Gründungssohlen.....	34
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>34</b>
<b>7</b>	<b>Anlagenverzeichnis.....</b>	<b>36</b>

## **1 Anlass der geotechnischen Untersuchungen /Aufgabenstellung**

Die Grundstücksgemeinschaft Tierklinik Posthausen GbR plant den Bau von zwei Erweiterungsgebäuden zu der Tierklinik Posthausen. Das Grundbaulabor Bremen wurde vom Bauherrn beauftragt, für das Bauvorhaben eine Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung einschließlich der dazu erforderlichen Baugrundaufschlüsse durchzuführen.

Die Baugrundaufschlüsse wurden von uns unter Berücksichtigung der Kenntnisse über die zu erwartenden Baugrundverhältnisse und des geplanten Bauwerkes festgelegt. Bei der Gründungsberatung soll neben der Forderung nach einer technisch sicheren Gründung in besonderem Maße die Wirtschaftlichkeit berücksichtigt werden.

Die Ergebnisse der Baugrunderkundungen wurden im Zuge des Planungsfortschrittes mit E-Mail vom 12. April 2019 bekannt gegeben.

Dieser Geotechnische Bericht 1 enthält die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse, der Feld- und Laborversuche sowie die rechnerischen Nachweise der Grundbruchsicherheit und der zu erwartenden Setzungen.

## **2 Baumaßnahme (Anlagen 1.1 und 1.2)**

### **2.1 Unterlagen**

Manfred Schaus Bernd Decker Architekten GmbH

[ 1 ] Vorplanung Grundriss, Alternative 2, 31.01.2019

[ 2 ] m NHN-Höhe der bestehenden Tierklinik bei + 13,12 m NHN,  
Ehrhorn Vermessung, E-Mail vom 13.06.2019

## 2.2 Baugelände (Anlagen 1.1 und 1.2)

Die Baufläche liegt auf dem Gelände der Tierklinik Posthausen. Einen Lageplan im Maßstab 1 : 25.000 zeigt die Anlage 1.1 sowie im Maßstab 1 : 5.000 die Anlage 1.2.

Auf der Baufläche wurde im Zuge der Baugrunderkundung am 18.03.2019 eine Ortsbesichtigung durchgeführt. Dabei wurde Folgendes festgestellt:

Die Bauflächen befinden sich in den vorhandenen Grünanlagen, die größtenteils aus Rasenflächen bestehen und bereichsweise (Zugwegung) mit einer Oberflächenbefestigung versehen sind.

## 2.3 Bauwerk

Die Objektplanung wird ausgeführt vom Architekturbüro Manfred Schaus Bernd Decker Architekten GmbH, Sulzbach.

Die geplanten Bauwerke sind zwei nichtunterkellerte, eingeschossige Neubauten (Bauteile B und C), die über ein Technikgebäude verbunden sind.

Die technischen Daten der Bauwerke sind:

### Abmessungen

<b>Bauteil</b>	<b>Länge</b>	<b>Breite</b>	<b>Fläche</b>
B	40,50 m	15,50 m	rd. 628 m <sup>2</sup>
C	30,00 m	15,50 m	465 m <sup>2</sup>
Technikgebäude	ca. 10,50 m	5,00 m	rd. 53 m <sup>2</sup>

## **Belastungsangaben**

Angaben zu den erwartenden Bauwerks- und Verkehrslasten lagen uns zum Zeitpunkt der Bearbeitung nicht vor, so dass für die Ausarbeitung dieses geotechnischen Berichtes flächenverteilende Bauwerkslasten von 5,5 kN/m<sup>2</sup>, Schneelasten von 5 kN/m<sup>2</sup> und Verkehrslasten von 2 kN/m<sup>2</sup> angenommen wurden.

## **Höhen**

Die m NHN-Höhen der Sondierpunkte wurden mit einem satellitengestützten Positionssystem via GNSS-Technik (GPS/GLONASS) eingemessen (Genauigkeit ca. horizontal = 1 bis 2 cm, vertikal = 1,5 bis 3 cm).

Das *Normalhöhennull (NHN)* ist in Deutschland die aktuelle Bezeichnung der Bezugsfläche für das Nullniveau und wurde als Nachfolger des *Normalnull (NN)* eingeführt. Einige Kartendienste bieten ihre Informationen mit NHN-Höhen an. Viele Kartendienste und Baugrundkarten, wie die vom Geologischen Dienst für Bremen (GDfB) sowie z.B. Kanaldatenbanken liefern weiterhin noch m NN-Höhen.

Die Abweichungen zwischen den „alten“ m NN-Höhen und den „neuen“ m NHN-Höhen betragen lt. Geoinformation Bremen in Bremen im Mittel  $\pm 8$  mm. Diese Differenz liegt innerhalb der Messtoleranz für die satellitengestützte Messtechnik und ist so gering, dass eine Umrechnung aus geotechnischer Sicht entbehrlich ist. Wir behalten die Bezeichnung aller Höhenangaben entsprechend unserer Quellen bei.

Auf unserer Anlage 2.1 werden ohne Umrechnung alle absoluten Höhen als m NHN-Höhen dargestellt. In unserem Fundamentsetzungsprogramm (Anlagen 4.2.1 bis 4.2.3) werden ohne Umrechnung alle absoluten Höhen als m NN-Höhen bezeichnet.

## **Gelände und Baugrund:**

Gelände, max. (DS 8)	+ 13,52 m NHN
Gelände, min. (BS 3 und DS 4)	+ 12,80 m NHN
Grundwasser (BS 5, 18.03.2019)	+ 11,64 m NN

**Bauwerk:**

Nach Angaben des Objektplaners liegen die Höhen der OK Erdgeschossfertigfußböden der Bauteile B und C auf dem selben Höhenniveau wie das Bestandsgebäude (Bauteil A).

OK Erdgeschossfertigfußboden	+ 13,12 m NHN
Gründungssohle, max.	+ 12,60 m NHN
Gründungssohle, min.	+ 12,30 m NHN

**Bestandsgebäude:**

OK Erdgeschossfertigfußboden (aus [2])	+ 13,12 m NHN
----------------------------------------	---------------

**2.4 Geotechnische Kategorien**

Nach Eurocode 7 (DIN EN 1997-1 mit DIN 1054: 2010-12) werden bautechnische Maßnahmen in drei geotechnische Kategorien eingestuft. Die geotechnischen Kategorien sind Gruppen, in die bautechnische Maßnahmen nach dem geotechnischen Risiko, das sich nach dem Schwierigkeitsgrad der Konstruktion, der Baugrundverhältnisse und der Wechselbeziehung zur Umgebung richtet, folgendermaßen eingestuft werden:

Die geotechnische Kategorie 1 (GK 1) umfasst kleine einfache Baumaßnahmen bei einfachen und übersichtlichen Baugrundverhältnissen, so dass die Standsicherheit aufgrund gesicherter Erfahrung beurteilt werden kann.

Die geotechnische Kategorie 2 (GK 2) umfasst Baumaßnahmen und Baugrundverhältnisse mittleren Schwierigkeitsgrades, bei denen die Sicherheit zahlenmäßig nachgewiesen werden muss und die eine ingenieurmäßige Bearbeitung mit geotechnischen Kenntnissen und Erfahrungen verlangen.

Die geotechnische Kategorie 3 (GK 3) umfasst Baumaßnahmen mit schwieriger Konstruktion und/oder mit schwierigen Baugrundverhältnissen, die zur Bearbeitung vertiefte geotechnische Kenntnisse und Erfahrungen auf dem jeweiligen Spezialgebiet der Geotechnik verlangen.

Die Baumaßnahme ist in die geotechnische Kategorie 2 einzustufen.

## 2.5 Bestandsgebäude

Aus den Lageplänen sowie durch die Ortsbegehung ist bekannt, dass das Bestandsgebäude vom Bauteil B 5 m westlich entfernt steht und vom Bauteil C 10 m nordöstlich.

Pläne über Ver- und Entsorgungsleitungen sowie Kabel liegen nicht vor.

## 3 Baugrund (Anlagen 3.1 bis 3.3.3)

### 3.1 Geologische und bautechnische Vorgeschichte

Nach der ingenieurgeologischen Karte 1 : 50.000 (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG)) sind im Bereich der Baufläche nichtbindige, grobkörnige Lockergesteine, die überwiegend mitteldicht bis dicht gelagert sind, zu erwarten.

Die Baufläche liegt nicht in einer gekennzeichneten Erdbebenzone nach DIN EN 1998-1 / NA: 2010-12, Erdbebenzonenkarte.

Die Radonkonzentration in der Bodenluft ist nach der bundeseinheitlichen Datei des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) „Radon in Bauwerken“ in der Belastungsstufe größer 20 kBq/m<sup>3</sup> zu erwarten.

### 3.2 Baugrundaufschlüsse (Anlagen 2.1 bis 2.2.8)

Zur Erkundung des Baugrundes wurden von unserem Labor im März 2019 folgende Baugrundaufschlüsse durchgeführt:

Direkte Baugrundaufschlüsse:

2 Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1, Durchmesser 45 mm bis 80 mm, t = 7 m.

Es ist zu beachten, dass bei dem Bohrverfahren, Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1 mit einem Durchmesser von 45 mm bis 80 mm, Steine > 63 mm nicht erkannt und gefördert werden können.

Indirekte Baugrundaufschlüsse:

6 elektrische Drucksondierungen CPT-E nach DIN EN ISO 22476-1,  $t = 15$  m bis 17 m mit getrennter Messung von Spitzendruck und Mantelreibung.

Die Drucksondierungen DS 6A und DS 6B mussten aufgrund von Hindernissen in einer Tiefe von 2,1 m und 2,08 m abgebrochen werden.

Die Lage und das Ergebnis der Baugrundaufschlüsse, höhengerecht im Maßstab 1 : 100 als Bodenprofile mit den Sondierdiagrammen dargestellt, zeigt die Anlage 2.1.

Die Sondierdiagramme im Maßstab 1 : 100 zeigen die Anlagen 2.2.1 bis 2.2.8.

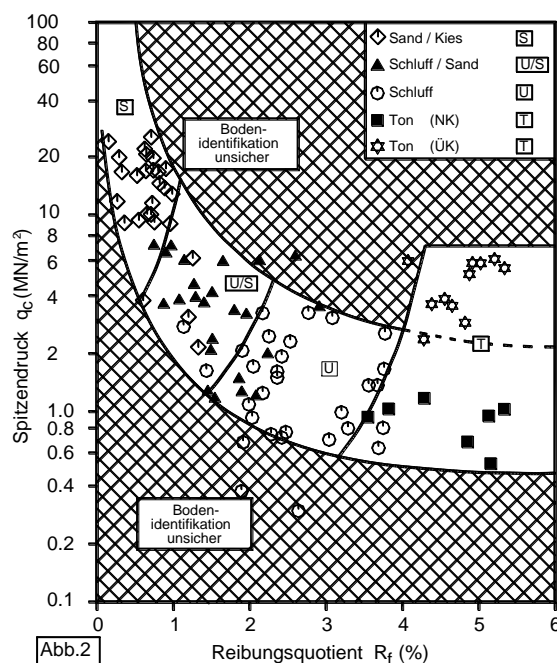
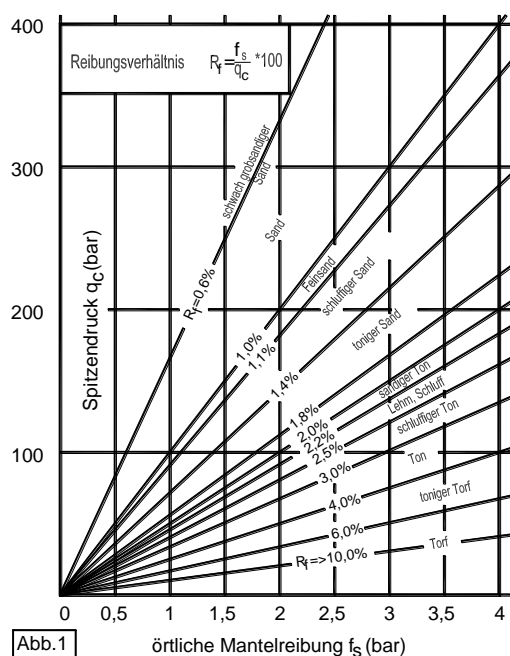
### **3.3 Baugrundverhältnisse (Anlagen 2.1 bis 2.2.8)**

#### **3.3.1 Ermittlung von Bodenprofilen aus Drucksondierungen (Anlage 2.1)**

Bei Drucksondierungen (CPT-E) gemäß DIN EN ISO 22476-1 werden der Spitzenwiderstand  $q_c$  und die lokale Mantelreibung  $f_s$  fortlaufend elektrisch gemessen. Aufgrund der Tatsache, dass bei diesem Sondierverfahren eine physikalische Größe ( $\text{MN/m}^2$ ) gemessen wird, ist versucht worden, mit den Messwerten Zusammenhänge zu anderen bodenphysikalischen Größen zu ermitteln. Dabei wurde in den 50er Jahren von Begemann, Universität Delft, festgestellt, dass das Verhältnis von örtlicher Mantelreibung zum Spitzendruck charakteristisch für eine Bodenart ist und nicht von der Lagerungsdichte bzw. Konsistenz eines Bodens abhängt. Das Reibungsverhältnis  $R_f = (f_s/q_c) \cdot 100$  weist danach bei reinen Sanden niedrige Werte  $R_f = 0,5$  % bis 1,0 % und bei schluffigen Sanden  $R_f = 1,1$  % bis 2,0 % auf. In bindigen Böden nimmt die Mantelreibung zu und der Spitzenwiderstand ab, so dass hier Reibungsverhältnisse von  $R_f = 2$  % bis 4 % und bei organischen Bodenarten  $R_f = 6$  % bis 10 % typisch sind.



Das Diagramm von Begemann (entnommen aus Grundbau-Taschenbuch) mit den Bereichen der einzelnen Bodenarten zeigt die Abb. 1.



In weiteren Arbeiten wurde angestrebt, neben der reinen Identifikation der Bodenarten auch eine Klassifikation vorzunehmen. Douglas und Olson (1981) zeigten erstmals, dass die Grenzen zwischen den allein nach Körnungslinien eingestufteten Bodenarten keine Geraden sind.

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens an der Universität Hannover wurde ein Bodenidentifikationsdiagramm (Abb. 2) erarbeitet, das speziell die Belange für den norddeutschen Bereich berücksichtigt. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist im Artikel „Bodenansprache anhand von CPT-Ergebnissen“ von VON BLOH/HARDER (Fachzeitschrift „Tiefbau, Ingenieurbau, Straßenbau“, 12.88) veröffentlicht.

Unter Berücksichtigung dieser Erkenntnisse wurde aufgrund umfangreicher Vergleichsuntersuchungen mit Kernbohrungen und daneben ausgeführten Drucksondierungen im Prüfgelände Mercedes-Benz AG, Papenburg, und im Güterverkehrszentrum Bremen ein eigenes EDV-Programm entwickelt. Nach ingenieurmäßiger Überprüfung wurden damit aus den Drucksondierungen Bodenprofile ermittelt.

Dabei sind im Allgemeinen nur die Hauptbodenarten sowie bei Sanden schluffige Beimengungen aus den Drucksondierungen eindeutig erkennbar. Es ist besonders bei geologisch jungen, nicht vorbelasteten Böden nicht genau möglich, zwischen stark humosem Schluff/Ton (Klei) und Torf zu unterscheiden.

Die aus den Drucksondierungen ermittelten Bodenprofile zeigt die Anlage 2.1.

### **3.3.2 Baugrundsichtung (Anlage 2.1)**

Aus den direkten Baugrundaufschlüssen sowie den aus den Drucksondierungen interpretierten Bodenprofilen ist die nachstehende Schichtenfolge erkennbar:

Unter einer inhomogenen Auffüllung aus z. T. schluffigem Sand, Schluff und Torf mit bereichsweise vorhandenen Bauschuttbeimengungen stehen in 0,66 m bis 1,57 m Tiefe = + 12,14 m NHN bis + 11,44 m NHN Torf- und Schluffschichten in unterschiedlicher Mächtigkeit an, die in einer Tiefe von 0,87 m bis 2,38 m = + 11,93 m NHN bis + 11,13 m NHN von Sand unterlagert wird.

In den Kleinrammbohrungen BS 3 und BS 5 stehen die Sande direkt unter den Auffüllungen ab + 11,78 m NHN bis + 11,55 m NHN an. Im Übergangsbereich enthält der Sand humose Beimengungen.

In den Drucksondierungen DS 1, DS 6 und DS 8 wurden in den Sanden ab 12,89 m bis 13,32 m Tiefe = + 0,2 m NHN bis - 0,2 m NHN 0,1 m bis 1,2 m mächtige Einlagerungen von pleistozänen Schluffen erkundet.

Die genaue Schichtenfolge und -mächtigkeit sowie weitere Angaben sind in den Bodenprofilen auf der Anlage 2.1 dargestellt.

### 3.3.3 Baugrundfestigkeit

Aus den Sondierwiderständen der Drucksonde (CPT) nach DIN EN ISO 22476-1 kann bei nichtbindigen Böden unmittelbar auf die Baugrundfestigkeit geschlossen werden. Als Festigkeit ist hier die Eigenschaft eines nichtbindigen Bodens bezeichnet, die durch Lagerungsdichte, Korngröße und -rauigkeit gekennzeichnet ist und sich in der Größe des Steifemoduls  $E_S$  sowie des Winkels der inneren Reibung  $\varphi'$  äußert. Ferner muss beachtet werden, dass der Eindringwiderstand vom Sondieransatzpunkt bis zu einer Oberflächeneinflusstiefe zunimmt und danach bei sonst gleichen Randbedingungen einen nahezu konstanten Wert aufweist. Dies ist auf den Einfluss des Überlagerungsdruckes auf die Verdrängung des Bodens zurückzuführen. Bei geringer Auflast sind dadurch zunächst auch geringe Schlagzahlen bzw. Spitzendrücke zu erwarten.

Ferner ist zu berücksichtigen, dass beim Übergang vom festen zum weichen Baugrund der Eindringwiderstand bereits oberhalb der Weichschicht abnimmt, weil eine Verdrängung des festen in den weichen Boden stattfindet. Umgekehrt wird beim Übergang vom weichen zum festen Boden der Eindringwiderstand bereits oberhalb der eigentlichen Schichtgrenze ansteigen. Es kann von folgendem Zusammenhang zwischen dem Spitzendruck und der Baugrundfestigkeit ausgegangen werden:

Spitzendruck $q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Benennung der Festigkeit	Lagerung
0 - 2	sehr gering	sehr locker
2 - 4	gering	locker
4 - 10	mittel	mitteldicht
10 - 20	groß	dicht
> 20	sehr groß	sehr dicht

Bei den Sanden ist in den Bodenprofilen jeweils die Lagerung gem. vorstehender Tabelle angegeben.

Die Schichtgrenzen in den Sanden wurden nach den Grenzfestlegungen des Spitzendruckes der vorstehenden Tabelle vorgenommen und können aus den jeweiligen Darstellungen in den Bodenprofilen mit den daneben aufgezeichneten Drucksondierungsdiagrammen entnommen werden.

Die Drucksondierungen zeigen in den aufgefüllten Sanden mit Spitzendruckwerten  $q_c = 1 \text{ MN/m}^2$  bis  $7 \text{ MN/m}^2$  eine sehr geringe bis mittlere Festigkeit. In den darunter liegenden Torf- und Schluffschichten sinken die Spitzendruckwerte erwartungsgemäß auf  $q_c < 1 \text{ MN/m}^2$  ab. Die unter den Torf- und Schluffschichten bzw. Auffüllungen anstehenden Sande haben mit Spitzendruckwerten  $q_c > 5 \text{ MN/m}^2$  bis  $28 \text{ MN/m}^2$  eine mittlere bis sehr große Festigkeit.

### **3.3.4 Kampfmittelüberprüfung**

Falls für die Kampfmittelsuche Erdarbeiten erforderlich werden, ist sicherzustellen, dass der ausgehobene Boden bei entsprechender Eignung lagenweise eingebaut und fachgerecht verdichtet wird. Anderenfalls sind erhebliche Mehrkosten bei den späteren Erd- und Gründungsarbeiten zu erwarten, die bei einer fachgerechten Durchführung der Erdarbeiten im Zuge der Kampfmittelsuche vermieden werden können. Es wird daher empfohlen, eine Abstimmung bereits in der Ausschreibungsphase vorzusehen. Vor Beginn der Arbeiten des Kampfmittelräumdienstes oder den von ihnen beauftragten Fachfirmen sollte der Arbeitsablauf besprochen werden, um unnötige Mehrkosten zu vermeiden.

## **3.4 Grundwasserverhältnisse**

### **3.4.1 Hauptgrundwasserstockwerk**

Nach den durchgeführten Baugrundaufschlüssen ist der Mittelsand der Grundwasserleiter des Hauptgrundwasserstockwerkes.

Aufgrund der Mächtigkeit der sehr gering durchlässigen Torf- und Schluffschichten ist ein z. T. gespannter Grundwasserspiegel vorhanden.

In der Kleinrammbohrung BS 5 wurde ein Peilfilter eingebaut, dessen Filterstrecke in den Sanden des Hauptgrundwasserleiters liegt. Während der Sondierarbeiten am 18.03.2019 wurde ein Grundwasserspiegel in Ruhe in 1,44 m Tiefe = + 11,64 m NHN eingemessen.

Vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) wurden die Grundwasserverhältnisse des Hauptgrundwasserstockwerkes in einem umfangreichen Grundwassermessstellennetz beobachtet und daraus die Hydrologische Karte für Niedersachsen 1 : 50.000 (Zeitraum 1990 bis 2000) erstellt. Hieraus kann die Lage der Grundwasseroberfläche bezogen auf m NN abgelesen werden. Danach sind im Bereich der Baufläche folgende Grundwasserstände des Hauptgrundwasserstockwerkes zu erwarten:

Mittlerer Wasserstand: + 12,0 m NN

### **3.4.2 Oberes Grundwasserstockwerk**

Die eingelagerten Torf- und Schluffschichten wirken als Grundwasserstauer für ein oberes Grundwasserstockwerk, für den die überlagernden Sandauffüllungen den Grundwasserleiter bilden.

Im Bereich der bindigen und humosen Deckschichten ist insbesondere bei sandigen Zwischenschichten oder darüber lagernden Auffüllungen mit stauendem Sickerwasser in Abhängigkeit von Niederschlägen zu rechnen. Bei lang anhaltenden Niederschlägen ist im ungünstigsten Fall davon auszugehen, dass sich Sickerwasser bereichsweise kurzfristig bis zur Geländeoberkante anstaut.

Bei einem Vollaustausch der bindigen Sperrschichten und Verfüllung mit gut durchlässigen Sanden ( $k_f > 1 \times 10^{-4}$  m/s) wird aufgrund der hydraulischen Verbindung im Bereich des Bodenaustausches eine Angleichung des oberen Grundwasserstockwerkes an das Hauptgrundwasserstockwerk erfolgen.

### 3.4.3 Bemessungswasserstände

Unter Berücksichtigung der vorstehend beschriebenen hydrologischen Verhältnisse sowie unserer hydrologischer Erfahrungen werden für das Bauvorhaben folgende Bemessungsgrundwasserstände festgelegt:

#### **Hauptgrundwasserstockwerk**

Maximaler Grundwasserstand: + 12,50 m NHN

### 3.5 Ergebnisse von Laborversuchen (Anlagen 3.1 und 3.2)

Die entnommenen gestörten Bodenproben wurden nach den Methoden der DIN EN ISO 14688-1 bodenmechanisch im Feld und Labor angesprochen. An ausgewählten Bodenproben wurden klassifizierende Laborversuche durchgeführt und folgende bodenmechanische Kennziffern ermittelt:

#### **Auffüllung: Sand**

---

Bodengruppe (DIN 18196)

[ SE ]

Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)

Schluffkorn	$d \leq 0,06$	mm	=	2,6	%
Sandkorn	$d = 0,06 - 2,0$	mm	=	91,4	%
Kieskorn	$d \geq 2,0$	mm	=	6,0	%

## Torf

---

Bodengruppe (DIN 18196)				<b>HN</b>	
Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1)	$w_n$	=	198	-	262 %
Glühverlust (DIN 18128)	$V_{gl.}$	=			74,9 %

## Sand, z.T. schluffig, z. T. humos

---

Bodengruppe (DIN 18196)					<b>SE - SU / OH</b>
Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)					
Schluffkorn	$d \leq 0,06$	mm	=	0	- 12 %
Sandkorn	$d = 0,06 - 2,0$	mm	=	86	- 100 %
Kieskorn	$d \geq 2,0$	mm	=	0	- 10 %
Glühverlust (DIN 18128)			$V_{gl.}$	=	6,7 %

### 3.6 Ergebnisse von Grundwasseruntersuchungen (Anlagen 3.3.1 bis 3.3.3)

Während der Baugrunderkundungen wurde in die Kleinrammbohrung BS 5 ein Peilfilter (Unterkante + 8,08 m NHN) eingebaut und nach dem Klarpumpen eine Grundwasserprobe entnommen. Die chemische Analyse der Grundwasserprobe nach DIN 4030 durch das chemische Labor Dr. Döring, Bremen, hatte folgendes Ergebnis:

pH-Wert	6,3	
Huminsäuren	25	mg/l
Kalklösende Kohlensäure CO <sub>2</sub>	41	mg/l
Ammonium NH <sub>4</sub>	7,4	mg/l
Chlorid Cl	66	mg/l
Sulfat SO <sub>4</sub>	4,7	mg/l
Magnesium Mg	1,1	mg/l
Eisen Fe	9,0	mg/l

Nach dem Ergebnis der Grundwasseranalyse ist das Grundwasser mäßig angreifend nach DIN 4030 (XA 2) infolge kalklösender Kohlensäure.

Bei der Grundwasseranalyse ist zu beachten, dass es sich um Werte aus dem „ruhenden“ Grundwasserleiter handelt. Bei Grundwasserabsenkungen ist mit einer Veränderung der Werte durch zufließendes Grundwasser aus dem Absenktrichter und aus tieferen Schichten zu rechnen. Dadurch kann es zu einer Veränderung der Inhaltsstoffe kommen.

### **3.7 Verunreinigungen von Boden / Bauschutt**

In den Kleinrammbohrungen wurde festgestellt, dass in der Auffüllung Bauschuttbeimengungen bereichsweise vorhanden sind. Zur Abschätzung der Bauschuttanteile sind zusätzlich Schürfen erforderlich, damit die Erkenntnisse hieraus in der Ausschreibung berücksichtigt werden können. Bei Boden mit einem Anteil an Fremdbestandteilen > 10 Vol.-% oder schadstoffverdächtigen Inhaltsstoffen ist ein Mindestuntersuchungsprogramm nach LAGA M20 bei unspezifischem Verdacht durchzuführen.

Es wird vorsorglich darauf hingewiesen, dass sämtliche Informationen über Altlasten und Verunreinigungen rechtzeitig bekannt gegeben werden sollten, da bei einem späteren Antreffen während der Erdarbeiten Baustillstand und erhebliche Entsorgungskosten zu befürchten sind.

Der Geltungsbereich der LAGA schließt Bodenmaterial, das auf oder in die durchwurzelbare Bodenschicht (Mutterboden) eingebracht wird, explizit aus. Bei den möglichen Verwertungswegen für humoses Oberbodenmaterial (Mutterboden) sind die Anforderungen der § 12 BBodSchV zu beachten (siehe Vollzugshilfe der LABO zu § 12 BBodSchV).



## **4 Beurteilung des Baugrundes**

### **4.1 Baugrundmodell**

Die ausgeführten Baugrundaufschlüsse geben eine exakte Aussage über die Baugrundsichtung nur für den jeweiligen Untersuchungspunkt. Für die dazwischen liegenden Bereiche sind nur Wahrscheinlichkeitsaussagen möglich.

Für die nachfolgende Baugrundbeschreibung wurden neben den Baugrundaufschlüssen auch Informationen aus Baugrundkarten und geologischen Karten herangezogen. Weiterhin wurden die Erfahrungen aus geotechnischen Untersuchungen nahegelegener Bauvorhaben berücksichtigt. Unter Einbeziehung dieser Unterlagen und Erkenntnisse sind folgende Baugrundverhältnisse im Bereich der Baufläche zu erwarten:

Unter einer inhomogenen Auffüllung aus z.T. schluffigen Sand, Schluff und Torf mit bereichsweiser Bauschutteimengung stehen Torf- und Schluffschichten in unterschiedlicher Mächtigkeit an, die von Sanden unterlagert werden.

In den Kleinrammbohrungen BS 3 und BS 5 stehen die Sande direkt unter den Auffüllungen an.

Die Baugrundaufschlüsse zeigen insgesamt unregelmäßige Baugrundverhältnisse, da bereichsweise kein Torf oder Schluff angetroffen wurde.

## 4.2 Baugrundeigenschaften

Die angetroffenen Bodenarten weisen folgende Baugrundeigenschaften auf:

### **Auffüllung: Sand, z.T. schluffig, z. T. humos**

Dichte:	sehr locker bis mitteldicht
Scherfestigkeit:	mittel bis groß
Zusammendrückbarkeit:	gering bis mittel
Wasserempfindlichkeit:	gering
Wasserdurchlässigkeit:	durchlässig bis stark durchlässig
Verdichtbarkeitsklasse:	V1 bis V2 nach ZTV A-StB 97/06
Ramm- und Rüttelbarkeit:	leicht bis mittelschwer
Frostempfindlichkeit:	F 1 bis F 3 nach ZTV E-StB 17

### **Auffüllung: Torf**

Scherfestigkeit:	sehr gering
Zusammendrückbarkeit:	sehr groß
Wasserempfindlichkeit:	groß
Wasserdurchlässigkeit:	sehr schwach durchlässig
Verdichtbarkeit:	nicht verdichtbar
Ramm- und Rüttelbarkeit:	leicht
Frostempfindlichkeit:	F 3 nach ZTV E-StB 17

### **Auffüllung: Schluff bzw. Schluff-Sand-Gemisch**

Scherfestigkeit:	gering
Zusammendrückbarkeit:	mittel bis groß
Wasserempfindlichkeit:	groß
Wasserdurchlässigkeit:	schwach bis sehr schwach durchlässig
Verdichtbarkeitsklasse:	V3 nach ZTV A-StB 97/06
Ramm- und Rüttelbarkeit:	leicht
Frostempfindlichkeit:	F 3 nach ZTV E-StB 17

### **Torf**

Scherfestigkeit:	sehr gering
Zusammendrückbarkeit:	groß
Wasserempfindlichkeit:	groß
Wasserdurchlässigkeit:	sehr schwach durchlässig
Verdichtbarkeit:	nicht verdichtbar
Ramm- und Rüttelbarkeit:	leicht
Frostempfindlichkeit:	F 3 nach ZTV E-StB 17

### **Schluff, z.T. sandig, humos**

Scherfestigkeit:	gering
Zusammendrückbarkeit:	groß
Wasserempfindlichkeit:	gering
Wasserdurchlässigkeit:	sehr schwach durchlässig
Verdichtbarkeitsklasse:	V3 nach ZTV A-StB 97/06
Ramm- und Rüttelbarkeit:	leicht bis mittelschwer
Frostempfindlichkeit:	F 3 nach ZTV E-StB 17

### **Sand, z.T. schluffig, z. T. humos**

Dichte:	mitteldicht bis sehr dicht
Scherfestigkeit:	groß bis sehr groß
Zusammendrückbarkeit:	gering
Wasserempfindlichkeit:	gering
Wasserdurchlässigkeit:	durchlässig bis stark durchlässig
Verdichtbarkeitsklasse:	V1 nach ZTV A-StB 97/06
Ramm- und Rüttelbarkeit:	mittelschwer bis schwer
Frostempfindlichkeit:	F 1 nach ZTV E-StB 17

### 4.3 Baugrundtragfähigkeit

Die angetroffenen Bodenarten können in ihrer Tragfähigkeit wie folgt eingestuft werden:

<b>Bodenart</b>	<b>Tragfähigkeit</b>
Auffüllung: Sand, z.T. schluffig, z.T.humos	mäßig tragfähig
Auffüllung: Torf	sehr gering tragfähig
Auffüllung: Schluff bzw. Schluff-Sand-Gemisch	gering bis mäßig tragfähig
Torf	sehr gering tragfähig
Schluff, z.T. sandig, humos	gering tragfähig
Sand, z.T. schluffig, z. T. humos	gut bis sehr gut tragfähig

### 4.4 Wiederverwendbarkeit für bautechnische Zwecke

Von den auszuhebenden Böden sind für bautechnische Zwecke wiederverwendbar:

Die Sandauffüllungen können zur Auffüllung verwandt werden. Sofern die schlufffreien Teile des Sandes separat gelagert werden, können diese als frostunempfindliches Material unter Freiflächen sowie Zufahrtsstraßen und Parkflächen eingebaut werden.

Der vorhandene Mutterboden kann im Bereich von Grünflächen vergleichbarer Nutzungsart wieder eingebaut werden.

Der vorhandene Torf und Schluff ist nicht verwendbar und ist abzufahren.

Bei der Wiederverwendung bzw. Verwendung an einem anderen Standort sind Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen gemäß den Technischen Regeln der Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20 zu berücksichtigen.

#### **4.5 Befahrbarkeit**

Durch den Baubetrieb werden von den Baufahrzeugen und -maschinen große punktförmige und dynamisch wirkende Kräfte in den Baugrund eingeleitet, die zu entsprechenden Verformungen führen. Diese Verformungen können nach Überschreiten der Scherfestigkeit so groß werden, dass das Planum nicht mehr befahrbar wird. Es ist daher erforderlich, zur Reduzierung der Verformungen Baustraßen zu erstellen, die mit ihren Tragschichten eine ausreichende Lastverteilung erzielen. Die Dimensionierung der Baustraßen ist neben der Belastung auch von dem Zustand des Planums nach dem Herrichten abhängig.

Für auf Ketten laufende Erdbaumaschinen mit mittleren Bodenpressungen sind keine besonderen Befestigungen erforderlich.

#### **4.6 Homogenbereiche - (VOB 2016)**

In der VOB 2016, werden die jahrzehntelang geltenden Klassifizierungen in Boden- und Felsklassen durch Homogenbereiche vollständig ersetzt.

Die Festlegung von Homogenbereichen ist von den eingesetzten Verfahrenstechniken abhängig und unter Berücksichtigung von vorgeschriebenen geotechnischen Parametern projektspezifisch mit geeigneten Bandbreiten auf Grundlage von umfangreichen zusätzlichen Feld- und Laboruntersuchungen festzulegen.

Für die Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung ist die Einteilung in Homogenbereiche nicht erforderlich und erst dann sinnvoll, wenn nach Beendigung der Planung die eingesetzten Verfahrenstechniken feststehen.

#### 4.7 Bodenkennwerte

Aufgrund der Versuchsergebnisse der Labor- und Feldversuche und nach Erfahrungswerten mit vergleichbaren Bodenarten können für erdstatische Berechnungen folgende charakteristische Bodenkennwerte angesetzt werden:

Bodenart	BG n. DIN 18196	Wichte		Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Scherfestigkeit	
		$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'_k$		$\varphi'_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Auffüllung: Sand, z.T. schluffig, z.T. humos	[SE-SU*]	18 - 19	10 - 11	5 - 20	30,0 - 35,0	0
Auffüllung: Torf	[HN]	11 - 13	1 - 3	0,4 - 0,6	15,0 - 20,0	2 - 5
Auffüllung: Schluff bzw. Schluff-Sand- Gemisch	[UL-UM]	16 - 18	6 - 8	1,2 - 5	20,0 - 25,0	2,5-7,5
Auffüllung: Torf	HN	12 - 13	2 - 3	0,4 - 0,6	15,0 - 17,5	2 - 5
Schluff, z.T. sandig, humos	UL-UA	17 - 20	7 - 10	0,8 - 1,3	20,0 - 25,0	5 - 10
Sand, z.T. schluffig, z. T. humos	SE - SU / OH	18 - 19	10 - 11	10 - 80	32,5 - 37,5	0

Die vorstehenden Werte gelten für die beschriebenen Bodenschichten im ungestörten Zustand. Bei baustellenbedingten Auflockerungen oder Verwässerungen der Bodenschichten muss mit entsprechenden Verschlechterungen gerechnet werden.

#### **4.8 Beurteilung des Baugrund- und Gründungsrisikos**

Da Bodenaufschlüsse immer nur eine exakte Aussage für den eigentlichen Untersuchungspunkt ergeben, sind für die dazwischen liegenden Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen möglich. Die Wahrscheinlichkeit einer Aussage über den Aufbau oder bestimmte für die geotechnische Beurteilung maßgebliche Eigenschaften von Boden wächst mit dem Untersuchungsumfang, d.h., mit der Anzahl der Aufschlüsse und nimmt ab mit der Wechselhaftigkeit des Baugrundes. Es bleibt daher immer ein Risiko, dass im Baugrund Abweichungen von den zu erwartenden zu den tatsächlichen Baugrundverhältnissen vorhanden sind. Dieses Risiko wird als Baugrundrisiko bezeichnet. Unter Baugrundrisiko versteht man auch die Gefahr, dass bei jeder Bebauung von Baugrund trotz vorhergehender, den Regeln der Technik entsprechender bestmöglicher Untersuchung und Beschreibung der Boden- und Wasserverhältnisse, unvorhersehbare Erschwernisse auftreten können.

Alles unerwartet im Baugrund Vorgefundene wird ebenfalls vom Begriff des „Baugrundrisikos“ generell ausgefüllt: so etwa Kellergewölbe, Fundamentreste, Holzpfähle, Findlinge, Geheimgänge, Wurzeln, Stollen, Bunker, Reste früherer Kulturen wie Gräber, Hafenbefestigungen, alte Tanks, Kanäle, Versorgungsleitungen aller Art, mit Altlasten verunreinigte oder sonstige kontaminierte Bereiche, Einlagerungen aller Art, um nur einige Beispiele aus der Baupraxis und der Rechtsprechung anzuführen.

Ein restliches Baugrundrisiko kann daher auch durch eingehende geotechnische Untersuchungen nicht völlig ausgeschaltet werden, da kleinräumige Inhomogenitäten des Baugrundes nicht restlos zu erfassen sind. Ferner werden die bodenmechanischen Kennwerte an faustgroßen Proben ermittelt, die nicht immer repräsentativ für die gesamte Schicht sind. Die Werte der Baugrundparameter streuen in gewissen Bandbreiten und manche Eigenschaften des Baugrundes können mit angemessenem Aufwand nicht festgestellt werden.

Aufgabe der geotechnischen Untersuchungen von Boden als Baugrund ist es, das Baugrundrisiko im Hinblick auf die Aufgabenstellung des jeweiligen Projektes einzugrenzen.

Das Baugrundrisiko wird im vorliegenden Fall durch die sehr geringe bis geringe Tragfähigkeit der Torf- und Schluffschichten geprägt. Bei einer zu hohen oder direkten Belastung dieser Weichschichten ist ein überdurchschnittliches Baugrundrisiko vorhanden, so dass Maßnahmen erforderlich werden, um das Baugrundrisiko auf ein vertretbares Maß zu reduzieren.

Bei einem vollständigen Bodenaustausch der humosen Weichschichten ist nur ein sehr geringes Baugrundrisiko vorhanden.

## **5 Angaben zur Gründung (Anlagen 4.1 bis 4.2.3.1)**

### **5.1 Allgemeine Angaben und Gründungskonzept**

Bei einer Flachgründung in den gering tragfähigen unterschiedlich mächtigen humosen Weichschichten, sind Setzungen zu erwarten, die von dem Bauwerk nicht mehr ohne Schaden tragbar sind. Es wurde daher ein Vollbodenaustausch der Torfschichten untersucht mit dem Ziel, die Setzungen dadurch auf ein tragbares Maß zu reduzieren.

### **5.2 Gründungsvorschlag**

Aufgrund der geotechnischen Untersuchungen wird unter besonderer Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit folgender Gründungsvorschlag gemacht:



### 5.3 Gründung der Bauwerkskonstruktion

Nach einem Vollaustausch der Torf- und Schluffschichten können die Bauwerkslasten über Streifenfundamente mit einem Bemessungswert des Sohlwiderstandes (DIN EN 1997 [EC 7])

$$\sigma_{Rd} = 280 \text{ kN/m}^2$$

über die Sandauffüllungen in den Baugrund abgetragen werden.

Dies entspricht einer zulässigen Bodenpressung  $\sigma_{Ek} = 200 \text{ kN/m}^2$ .

Bei dem Nachweis der Bodenpressungen sind das Fundamentgewicht, die Erdüberdeckung und die Verkehrsbelastung auf den Fußboden zu berücksichtigen.

Die Streifenfundamente sind bei voller Ausnutzung des Bemessungswertes des Sohlwiderstandes mit einer Mindestabmessung  $b/d = 0,4 \text{ m} / 0,5 \text{ m}$  herzustellen. Die außenliegenden Streifenfundamente sind frostsicher (bis 0,8 m Tiefe) zu gründen.

Alternativ können die Bauwerkslasten nach einem Vollaustausch der Torf- und Schluffschichten über eine Stahlbetongrundplatte mit einer Mindeststärke  $d \geq 0,20 \text{ m}$  über die aufgefüllten Sande in den Baugrund abgetragen werden. Bei der Bemessung der Grundplatte auf elastischer Bettung kann ein Bettungsmodul  $K = 20 \text{ MN/m}^3$  zugrunde gelegt werden. Die mit Bettungsmodulverfahren berechneten Plattenverformungen dürfen nicht als Setzungen des Baugrundes interpretiert werden.

Unter den Einzellasten sollten Verstärkungen nach den statischen Erfordernissen angeordnet werden. Für die Bemessung der Verstärkungen kann ein ideeller Bemessungswert des Sohlwiderstandes  $\sigma_{Rd} = 280 \text{ kN/m}^2$  nach DIN EN 1997 [EC 7] zugrunde gelegt werden. Die Verstärkungen sind unter  $\alpha = 45^\circ$  mit der Grundplatte zu verbinden.

An der Stahlbetongrundplatte ist umlaufend an den Außenseiten eine Frostschräge,  $t = 0,8 \text{ m}$  unter Gelände, vorzusehen. Auf eine Frostschräge kann verzichtet werden, wenn gleichzeitig ein Schutz gegen erodierende Einwirkungen vorgesehen wird.

## 5.4 Grundbruchsicherheit (Anlage 4.1)

Ein Grundbruch (GEO2) tritt ein, wenn ein Fundament so stark belastet wird, dass in den Bereichen unterhalb und unmittelbar neben dem Gründungskörper der Scherwiderstand des Bodens überwunden wird. Grundbrüche können aber auch auftreten, wenn die seitliche Stützung des Fundamentes entfernt wird, oder wenn z. B. durch Porenwasserdruck die Scherfestigkeit herabgesetzt wird.

Zur detaillierten Ermittlung der Grundbruchsicherheit wird auf die DIN 1054 und DIN 4017 verwiesen. Danach lautet der Nachweis der Grundbruchsicherheit für den Grenzzustand GEO2:

$$V_d \leq R_{n,d}$$

Der Bemessungswert des Grundbruchwiderstandes  $R_{n,d}$  ergibt sich aus dem charakteristischen Grundbruchwiderstand  $R_{n,k}$  und dem Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{Gr}$ :

$$R_{n,d} = \frac{R_{n,k}}{\gamma_{Gr}}$$

Der Bemessungswert der Beanspruchungen senkrecht zur Fundamentsohle setzt sich zusammen aus einem ständigen Anteil  $N_{G,k}$  und einem veränderlichen Anteil  $N_{Q,k}$ , multipliziert mit den jeweiligen Teilsicherheitsbeiwerten:

$$V_d = N_{G,k} \cdot \gamma_G + N_{Q,k} \cdot \gamma_Q$$

Der charakteristische Grundbruchwiderstand ergibt sich zu:

$$R_{n,k} = a' \cdot b' \cdot (\underbrace{\gamma_{2,k} \cdot b' \cdot N_b}_{\text{Einfluss der Gründungsbreite}} + \underbrace{\gamma_{1,k} \cdot d \cdot N_d}_{\text{Einfluss der Gründungstiefe}} + \underbrace{c_k \cdot N_c}_{\text{Einfluss der Kohäsion}})$$

Es wurde der Grundbruchnachweis für ein Streifenfundament geführt. Die anzusetzenden Bodenkennwerte sind auf der Anlage 4.1 mit den Lastgrößen und den Berechnungsergebnissen angegeben.

Der rechnerische Ausnutzungsgrad  $\mu = V_d/R_{n,d} = 0,97$  entspricht in dem untersuchten Fall der Forderung  $\mu \leq 1,0$ .

Bei der Ausbildung einer Grundplatte ist eine ausreichende Grundbruchsicherheit vorhanden.

## **5.5 Setzungen (Anlagen 4.2.1.1 bis 4.2.3.1)**

Der Baugrund setzt sich durch die Belastung aus dem Bauwerk entsprechend seiner Kompressibilität. Die Setzungen wurden gemäß DIN 4019 nach folgender Formel ermittelt:

$$s = \frac{\sigma \cdot h}{E_{s,k}}$$

Darin bedeuten:

- s = Setzung der Bodenschicht (cm)
- $\sigma$  = Bodenpressung aus der Bauwerkslast in der Bodenschicht (kN/m<sup>2</sup>)
- h = Mächtigkeit der Bodenschicht (cm)
- $E_{s,k}$  = Steifemodul der Bodenschicht (kN/m<sup>2</sup>)

Zur Berechnung der Setzung unterhalb eines Punktes hervorgerufen durch die Bauwerksbelastung ist eine Berechnung der vertikalen Spannung  $\sigma_z$  in dem betrachteten Punkt notwendig. Die Spannungsausbreitung wurde nach DIN 4019 (5 : 2016) "Baugrund - Setzungsberechnungen -" mit dem Modell des homogenen isotropen elastischen Halbraums ermittelt.

Die Berechnung der Vertikalspannungen im Boden ist in den Anhängen der Norm aufgeführt. Die dabei zu verwendenden mathematischen Beziehungen sind von der Geometrie der Fundamentfläche und der Form der Belastung abhängig.

Bei der Setzungsberechnung wurde eine flächenverteilende Bauwerkslast von 5,5 kN/m<sup>2</sup>, eine Schneelast von 5 kN/m<sup>2</sup> und eine Verkehrslast von 2 kN/m<sup>2</sup> als mittlere Bauflächenpressung berücksichtigt.

Die für die Setzungsberechnung verwendeten Steifemoduln auf der Grundlage der bodenmechanischen Untersuchungen und der Auswertung der Drucksondierungen sind in der Anlage 4.2.3.1 für jeden Baugrundaufschluss als Schichtenprofil dargestellt.

Das Ergebnis der Setzungsberechnung zeigt die Anlage 4.2.1.1. Es wurden Setzungen  $s = 0,5$  cm bis 0,7 cm ermittelt.

Dabei handelt es sich um die Endwerte der Baugrundverformungen. Bei nichtbindigem Lastboden treten die Setzungen unmittelbar nach der Lastaufbringung als Sofortsetzungen auf. Bei bindigem und humosem Baugrund erstrecken sich die Setzungen je nach Mächtigkeit und Entwässerungsmöglichkeit über einen längeren Zeitraum.

Im vorliegenden Fall resultieren die hauptsächlichen Setzungen aus dem nicht bindigen Lastboden.

Bei allen Setzungsberechnungen ist zu berücksichtigen, dass nach DIN 4019 "Setzungsberechnung" wegen der vereinfachenden Annahmen und der oft notwendigen Mittelbildungen derartige Berechnungen nur zu Schätzungen der Setzungen führen können, die nicht selten bis zu 50 % unterschritten, in Ausnahmefällen auch überschritten werden. Die Überschreitung ist vor allen Dingen bei geologisch jungen, nicht vorbelasteten Böden möglich. Ferner ist zu berücksichtigen, dass zwischen den aus den Baugrunderkundungen bekannten Bodenprofilen auch noch ungünstigere Baugrundverhältnisse vorhanden sein können, die in der Setzungsberechnung nicht erfasst sind.

Die rechnerisch ermittelten Setzungen und Setzungsunterschiede können nach DIN EN 1997-1 (Eurocode 7), Anhang H, von dem Bauwerk ohne Beeinträchtigung der Standsicherheit aufgenommen werden. Aufgrund der näherungsweise Ermittlung der Setzungen und deren möglichen Schwankungen infolge des Baugrundrisikos kann nicht ausgeschlossen werden, dass aus den Setzungen und Setzungsunterschieden Risse in dem Bauwerk auftreten. Dies gilt insbesondere in Bereichen mit Überlagerungen aus anderen Beanspruchungen, die sich rechnerisch auch nicht erfassen lassen.

Das Risiko, dass Risse auftreten, ist aus geotechnischer Sicht als gering anzusehen und ist außer von Setzungsunterschieden auch von der gewählten Bauwerkskonstruktion, den Baustoffen und der ausgeführten Qualität abhängig.

## **5.6 Erdarbeiten**

Bei der Ausschreibung und Durchführung der Erdarbeiten sind die ATV "Erdarbeiten" - DIN 18300 - zu beachten.

Der Aushub für den Vollaustausch der Torf- und Schluffschichten erfolgt von Oberkante Gelände mit einem Hydrauliktieflöffelbagger. Der Bagger sollte eine gerade Schneide haben, um eine zusätzliche Auflockerung in der Aushubsohle zu vermeiden. Ein Aushub mit gummibereiften bzw. kettengetriebenen Frontladern ist nicht zulässig.

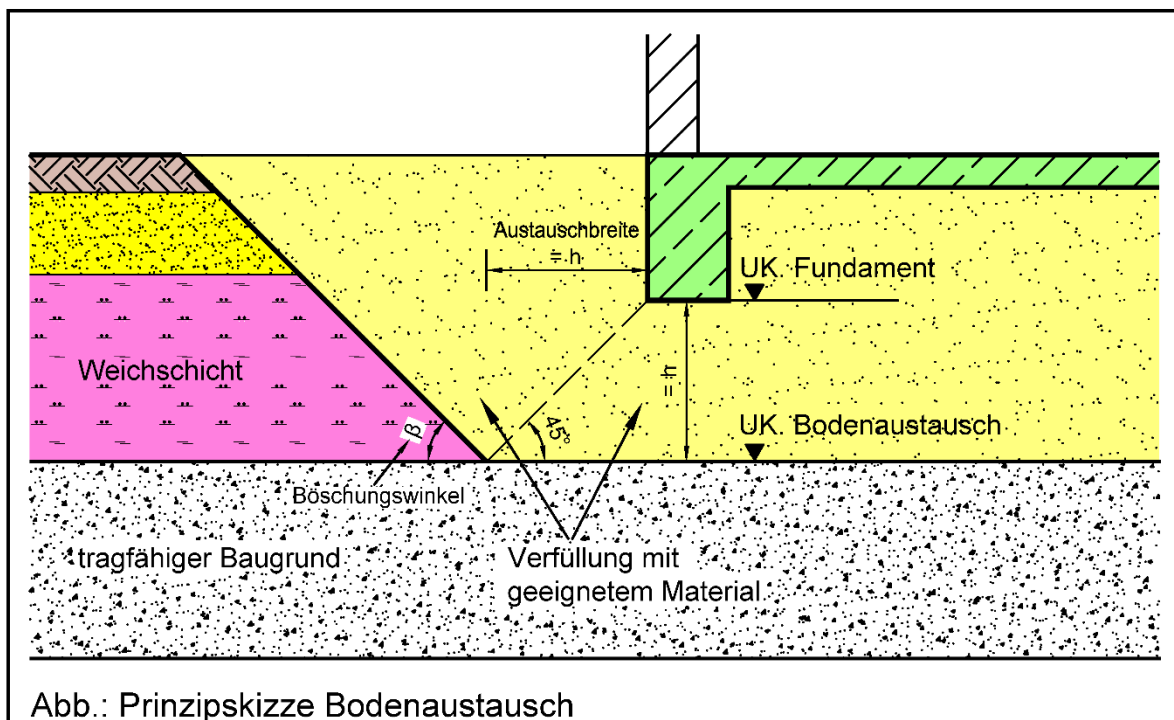
Der Aushub ist nach den Baugrundaufschlüssen unter dem gesamten Bauwerk bis zur Unterkante der Torf- und Schluffschichten zu führen.

Nach den Baugrundaufschlüssen und geotechnischen Berechnungen sind folgende Aushubsohlen zu erwarten:

BS/DS-Nr.	Aushubsohle [m NHN]
DS 1	+ 11,2
DS 2	+ 11,2
BS 3	+ 11,8
DS 4	+ 11,9
DS 6	+ 11,1
DS 7	+ 11,3
DS 8	+ 11,1

Beim Bodenaustausch ist von Unterkante der Fundamente ein Lastausstrahlungswinkel  $\alpha = 45^\circ$  zu berücksichtigen. Der einzubauende Füllsand sollte der Bodengruppe SE nach DIN 18196 entsprechen (Schluffkorn  $d \leq 0,063 \text{ mm} \leq 5 \%$ ), einen  $k_f$ -Wert  $> 10^{-4} \text{ m/s}$  aufweisen und ist auf eine Lagerungsdichte  $D = 0,4$  zu verdichten.

Die Verdichtung ist als Fremdüberwachung nachzuweisen durch 8 Stück Rammsondierungen,  $t = 2,5 \text{ m}$ .



Die Aushubsohle für den Vollaustausch der Torf- und Schluffschichten liegt abhängig vom Grundwasserstand zum Zeitpunkt der Bauausführung ggf. unterhalb des entspannten Grundwasserstandes. Da das Grundwasser vermutlich beim Aushub der bindigen humosen Deckschichten nur langsam ansteigt, sollte aus wirtschaftlichen Gründen versucht werden, die Erdarbeiten im Andeckverfahren auszuführen. Zur Überprüfung sollte daher bei Beginn der Erdarbeiten eine Schürfe außerhalb der Baufläche ausgehoben werden, um zu kontrollieren, ob das Grundwasser wie vermutet nur langsam ansteigt.

Bei positivem Ergebnis können die Erdarbeiten im Andeckverfahren durchgeführt werden. Dafür muss ein leistungsfähiger Hydraulikbagger mit 2 m<sup>3</sup>-Tieflöffel ohne Zähne eingesetzt werden. Auf Tieflöffelbreite wird abschnittsweise der Boden bis zum tragfähigen Sand ausgehoben. Zur Vermeidung eines hydraulischen Grundbruches muss sofort ca. 0,50 m Füllsand eingebaut werden. Die unterste Lage des Sandes (Bodengruppe SE/SW, Schluffkorn  $d \leq 0,063 \text{ mm} < 5 \%$ ) ist mit einem Baggerlöffel anzustampfen und mit einem mittelschweren Flächenrüttler (AT 2000) nachzuverdichten. Der weitere Einbau des Sandes erfolgt mit einer Planierraupe oder einem Radlader vor Kopf. Bei dem Einsatz eines Radladers wird eine höhere Verdichtung des Sandes durch das Befahren erzielt.

Anschließend ist lagenweise Füllsand bis oberhalb des Ruhewasserspiegels einzubauen. Zum Abend ist der jeweilige letzte Arbeitsraum bis an die Böschung mit Sand zu verfüllen und zu verdichten.

Für den einwandfreien Ablauf der Erdarbeiten im Andeckverfahren ist es erforderlich, neben dem Bagger zum Aushub für den Einbau des Sandes den Radlader durchgehend einzusetzen. Zu Beginn der Arbeiten muss eine Einweisung des Personals der Erdbaufirma durch unser Grundbaulabor erfolgen.

## **5.7 Hinweise zur Abdichtung von Bauwerken**

In der DIN 18195 - Bauwerksabdichtung - sind im Teil 1 Grundsätze, Definitionen, Zuordnung der Abdichtungsarten aufgeführt.

Die Abdichtung von erdberührten Bauteilen ist in der DIN 18533 (2017-07) geregelt. Die DIN 18533 gilt für die Planung, Wahl und Ausführung der Abdichtung von erdberührten Bauteilen mit bahnenförmigen und flüssig zu verarbeiteten Abdichtungsstoffen.

Die DIN 18533 unterscheidet die Abdichtung

- gegen Bodenfeuchtigkeit;
- gegen nicht drückendes Wasser;
- gegen von außen drückendes Wasser;
- gegen nicht drückendes Wasser auf erdüberschütteten Decken;
- gegen Spritzwasser am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter erdberührten Wänden.

In Ziffer 5 - Einwirkungen und Nutzungsklassen wird geregelt:

- 5.1 Wassereinwirkung
- 5.2 Lasteinwirkung
- 5.3 Sonstige äußere Einwirkungen
- 5.4 Einwirkung aus dem Untergrund - Risse/Rissklassen
- 5.5 Raumnutzungsklassen



Es werden die folgenden Wassereinwirkungsklassen nach Tabelle 1 unterschieden:

**DIN 18533-1:2017-07**

**Tabelle 1 — Wassereinwirkungsklassen**

Nr.	1	2	3	4
	<b>Klasse</b>	<b>Art der Einwirkung</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Abdichtung nach</b>
1	<b>W1-E</b>	<b>Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser</b>	5.1.2.1	8.5
2	W1.1-E	Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden	5.1.2.2	8.5.1
3	W1.2-E	Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung	5.1.2.3	8.5.1
4	<b>W2-E</b>	<b>Drückendes Wasser</b>	5.1.3.1	8.6
5	W2.1-E	Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe	5.1.3.2	8.6.1
6	W2.2-E	Hohe Einwirkung von drückendem Wasser > 3 m Eintauchtiefe	5.1.3.3	8.6.2
7	<b>W3-E</b>	<b>Nicht drückendes Wasser auf erdüberschütteten Decken</b>	5.1.4	8.7
8	<b>W4-E</b>	<b>Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter Wänden</b>	5.1.5	8.8

Aufgrund der vorhandenen Baugrundverhältnisse und dem Bemessungswasserstand sind folgende Wassereinwirkungsklassen vorhanden:

W2.1-E Mäßige Einwirkung bei drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe

In der DIN 18533 sind nähere Einzelheiten auch in Bildern dargestellt.

Die Festlegung der Rissklassen erfolgt durch den Tragwerksplaner und die Festlegung der Raumnutzungsklassen durch den Objektplaner.

Wirkung und Bestand der Abdichtung von erdberührten Bauteilen hängen nicht nur von ihrer fachgerechten Planung und Ausführung ab, sondern auch von der abdichtungstechnisch zweckmäßigen Planung, Dimensionierung und Ausführung der Bauteile, auf die die Abdichtung aufgebracht wird. Die Wirkung und der Bestand der Abdichtung hängen von der aufeinander abgestimmten Planung aller Beteiligten ab.

Alternativ besteht die Möglichkeit, die Konstruktion aus wasserundurchlässigem Beton gemäß der Richtlinie für wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton vom November 2003 herzustellen.

Bei wasserundurchlässigem Beton ist die Entstehung von Haarrissen, bei denen es zu Durchfeuchtungen kommen kann, nicht auszuschließen. Die Haarrisse treten vorwiegend in den Außenwänden auf. Als zusätzlichen Schutz sollte deshalb eine Abdichtung nach DIN 18533-3, z. B. Kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtung, bis Oberkante Gelände auf die Außenwände aufgebracht werden, die in der Lage ist, geringfügige Risse gegen Druckwasser zerstörungsfrei zu überbrücken.

## **5.8 Überprüfung der Aushub- und Gründungssohlen**

Bei der Bauausführung wird empfohlen, eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten durchzuführen. Dabei ist besonders zu vergleichen, ob die angetroffenen Böden mit dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung übereinstimmen, da Abweichungen des Baugrundes von den Baugrundaufschlüssen nicht auszuschließen sind (siehe auch Hinweise zum Baugrundrisiko).

In Zweifelsfällen bitten wir um unverzügliche Benachrichtigung durch die örtliche Bauleitung.

## **6 Zusammenfassung**

Die geplanten Bauwerke sind zwei nichtunterkellerte, eingeschossige Neubauten, die über ein Technikgebäude verbunden sind.

Der Baugrund besteht unter einer inhomogenen Auffüllung aus z.T. schluffigen Sanden, Schluff und Torf mit bereichsweiser Bauschuttbeimengung aus Torf- und Schluffschichten in unterschiedlicher Mächtigkeit, die von Sanden unterlagert werden. In Teilbereichen stehen die Sande direkt unter den Auffüllungen an.

Nach einem Vollaustausch der Torf- und Schluffschichten können die Bauwerkslasten über Streifenfundamente mit einem Bemessungswert des Sohlwiderstandes (DIN EN 1997 [EC 7])

$$\sigma_{Rd} = 280 \text{ kN/m}^2$$

über die Sandauffüllungen in den Baugrund abgetragen werden.

Dies entspricht einer zulässigen Bodenpressung  $\sigma_{EK} = 200 \text{ kN/m}^2$ .

Alternativ können nach einem Vollaustausch der Torf- und Schluffschichten die Bauwerkslasten über eine Stahlbetongrundplatte mit einer Mindeststärke  $d \geq 0,20 \text{ m}$  über die aufgefüllten Sande in den Baugrund abgetragen werden. Bei der Bemessung der Grundplatte auf elastischer Bettung kann ein Bettungsmodul  $K = 20 \text{ MN/m}^3$  zugrunde gelegt werden.

Weitere Einzelheiten sowie Ergebnisse der Setzungsermittlungen sind im Bericht gegeben.

Bei einer wesentlichen Planungsänderung, insbesondere einer Änderung der Lage oder Höhenanordnung des Bauwerkes, bitten wir um eine Information, damit überprüft werden kann, ob und welche Auswirkungen sich für die Gründungskonstruktion ergeben.

i. A.  
Bau-Ing. Björn Matuschek M. Sc.

i. V.  
Dipl.-Ing. Thorsten Schultze



**Verteiler:**

Bauherr: Tierklinik Posthausen GbR  
Dres. Heine, Bonin und Neumann  
Rothlaker Str. 1  
28870 Posthausen/Ottersberg 1 x + digital

Objektplanung: Manfred Schaus Bernd Decker Architekten GmbH  
Schlachthofstraße 11A  
66280 Sulzbach/Saar 1 x + digital

**7 Anlagenverzeichnis**

<b>I N H A L T</b>	von	bis
<b>1. Lageplan</b>	1.1	1.2
<b>2. Felduntersuchungen</b>		
2.1 Bodenprofile aus Sondierbohrungen, Drucksondierungen	2.1	
2.2 Drucksondierungsdiagramme	2.2.1	2.2.8
<b>3. Laboruntersuchungen</b>		
3.1 Korngrößenverteilungen	3.1	
3.2 Bodenmechanische Kennziffern	3.2	
3.3 Grundwasseruntersuchungen	3.3.1	3.3.3
<b>4. Gutachten</b>		
4.1 Grundbruch	4.1	
4.1 Setzungen	4.2.1.1	4.2.3.1