

***Erweiterung des Focke-Museum in Bremen-Schwachhausen  
Neubau eines teilunterkellerten Erweiterungsbaus  
(Bürgerforum) und einer Hofüberdachung***

***Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung***

***Geotechnischer Bericht***

*im Auftrag des*

***Sondervermögen Immobilien und Technik  
der Stadtgemeinde Bremen  
vertreten durch Immobilien Bremen AöR***

*vom 23.10.2021*

*Az.: 80631-101*

## Inhaltsverzeichnis

		Seite
<b>1</b>	<b>Vorgang und Aufgabenstellung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Unterlagen</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Baugrund- und Grundwasserverhältnisse</b>	<b>4</b>
3.1	Geologischer Überblick	4
3.2	Erkundungsumfang	4
3.3	Ergebnisse der Bohrsondierungen und Bohrungen	6
3.3.1	Baufläche des geplanten Bürgerforums	6
3.3.2	Außenanlagen-Flächen	7
3.3.3	Baufläche der geplanten Hofüberdachung (Archivdaten)	7
3.4	Ergebnisse der Drucksondierung	8
3.5	Grundwasserdaten	8
3.5.1	Allgemeines	8
3.5.2	Archivdaten der Grundwasserstände	9
3.5.3	Eigene Messungen	10
3.5.4	Stichtagsmessungen (Archivdaten)	10
3.5.5	Bautechnisch relevante Wasserstände	10
<b>4</b>	<b>Bodenmechanische Laboruntersuchungen</b>	<b>11</b>
4.1	Umfang und Zweck der Untersuchungen	11
4.2	Humose Deckschicht	11
4.3	Tragschicht	12
4.4	Aufgefüllte und gewachsene Sande	12
4.5	Auelehme	12
4.6	Torf	13
4.7	Wesersande	13
<b>5</b>	<b>Chemische Analysen</b>	<b>14</b>
5.1	Grundwasserchemische Analysen	14
5.2	Bodenchemische Analysen	14
<b>6</b>	<b>Baugrundmodell und charakteristische Werte der geotechnischen Kenngrößen</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>Bautechnische Klassifikation der angetroffenen Bodenarten</b>	<b>19</b>
<b>8</b>	<b>Homogenbereiche der angetroffenen Bodenarten</b>	<b>20</b>
8.1	Definition	20
8.2	Klassen von Verfahrenstechniken	20
8.3	Homogenbereiche für die Arbeiten der geplanten Baumaßnahme	20

<b>9</b>	<b>Baugrundbeschreibung</b>	<b>21</b>
9.1	Baugrundverhältnisse	21
9.2	Grundwasserverhältnisse	22
<b>10</b>	<b>Baugrundbeurteilung</b>	<b>23</b>
<b>11</b>	<b>Bauvorhaben</b>	<b>24</b>
11.1	Übersicht	24
11.2	Bürgerforum	24
11.3	Hofüberdachung	25
11.4	Verkehrsflächen	26
<b>12</b>	<b>Gründungsbeurteilung</b>	<b>27</b>
12.1	Gründungskriterien	27
12.2	Gründungsmöglichkeiten und Gründungsempfehlung für das Bürgerforum	27
12.3	Gründungsmöglichkeiten und Gründungsempfehlung für die Hofüberbauung	28
<b>13</b>	<b>Gründung des Bürgerforums</b>	<b>30</b>
13.1	Gründungsverfahren	30
13.2	Flachgründung des Teilkellers	30
13.3	Tiefgründung der nichtunterkellerten Bereiche	31
13.3.1	Geeignete Pfahlsysteme	31
13.3.2	Herstellungsverfahren	32
13.3.3	Pfahllängen und Absetztiefen	33
13.3.4	Pfahltragfähigkeit	33
13.3.5	Seitliche Bettung des Pfahlschaftes im Boden	37
13.3.6	Zusatzbelastungen auf Pfähle	38
13.4	Setzungsabschätzung	39
13.4.1	Pfahlkopfsetzungen	39
13.4.2	Setzungsabschätzung der Flachgründung	39
13.4.3	Setzungsdifferenzen	40
<b>14</b>	<b>Gründung der Hofüberdachung</b>	<b>42</b>
14.1	Gründungsverfahren	42
14.2	Tiefgründung der Hofüberdachung	42
14.2.1	Geeignetes Pfahlsystem	42
14.2.2	Mikropfähle	43
14.2.3	Einpresspfähle	44
14.2.4	Geeignete Pfahllängen und -absetztiefen	44
14.2.5	Pfahltragfähigkeit	44
14.2.6	Pfahlkopfsetzungen	48
14.2.7	Negative Mantelreibung und Seitendruck auf Pfähle	48
14.2.8	Seitliche Bettung	48
14.3	Flachgründung der Sohlplatte	48

<b>15</b>	<b>Empfehlungen zur Bauausführung - Bürgerforum</b>	<b>49</b>
15.1	Hinweise zu den Erdarbeiten und zur Pfahlherstellung	49
15.2	Hinweise zur Trockenhaltung der Baugrube	50
15.3	Baugrubensicherung	53
15.3.1	Vorbemerkungen	53
15.3.2	Verbauwände	54
15.3.3	Erddruckbelastung und Wasserdruckbelastung	54
15.3.4	Rechenwerte zum Abtrag vertikaler Kräfte	55
<b>16</b>	<b>Empfehlungen zur Bauausführung im Bereich der Hofüberdachung</b>	<b>57</b>
16.1	Hinweise zur Pfahlherstellung	57
16.3	Sicherung der Baugrube	58
16.4	Trockenhaltung der Baugrube	59
<b>17</b>	<b>Generelle Empfehlungen zur Baumaßnahme</b>	<b>59</b>
17.1	Hinweise zur Trockenhaltung des Bauwerks	59
17.2	Beeinflussung und Sicherung benachbarter baulicher Anlagen	60
17.3	Sonstige Hinweise	61
<b>18</b>	<b>Aufbau der Verkehrsflächen</b>	<b>62</b>
<b>19</b>	<b>Ergänzende Baugrunduntersuchungen</b>	<b>65</b>
<b>20</b>	<b>Hinweise zur Möglichkeit einer dezentralen Regenwasserversickerung</b>	<b>65</b>
<b>21</b>	<b>Hinweise zum Umgang mit potentieller Bodenverunreinigung</b>	<b>65</b>
<b>22</b>	<b>Geotechnische Kategorie</b>	<b>66</b>



INGENIEURGEMEINSCHAFT  
FÜR GEOTECHNIK

Prof. Dr.-Ing. Harder + Partner

IfG Ingenieurgesellschaft für Geotechnik GmbH · Teerhof 48 · 28199 Bremen

Sondervermögen Immobilien und Technik  
der Stadtgemeinde Bremen  
vertreten durch Immobilien Bremen AöR  
Theodor-Heuss-Allee 14  
28215 Bremen

Firmensitz Teerhof 48 · 28199 Bremen  
Telefon +49 (421) 5285 2312  
info@ifg-bremen.de www.ifg-bremen.de

Geschäftsführer Alexander Deeg · Tim Kaufhold  
Amtsgericht Bremen HRB 32976HB  
USt-IdNr. DE 315 05 3603

Norddeutsche Landesbank BIC BRLADE22XXX  
IBAN DE67 2905 0000 2002 1982 41

Ihr Zeichen	Herr Rache
Ihre Nachricht vom	07.09.2021
Unser Zeichen	80631-101
Durchwahl	5350-9649
Datum	23.10.2021

**Erweiterung des Focke-Museum in Bremen-Schwachhausen**  
**Neubau eines teilunterkellerten Erweiterungsbaus (Bürgerforum) und einer Hofüberdachung**  
Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

## 1 Vorgang und Aufgabenstellung

Das *Sondervermögen Immobilien und Technik der Stadtgemeinde Bremen*, vertreten durch die *Immobilien Bremen AöR*, beabsichtigt für eine Neuausrichtung des Bremer *Focke-Museums* in *Bremen-Schwachhausen* die Erweiterung und den Umbau mit dem Neubau eines eingeschossigen, teilunterkellerten Erweiterungsbaus (*Bürgerforum*) und mit der Überdachung des Atrium-Innenhofes im Hauptgebäude (*Hofüberdachung*).

Mit der Planung der Baumaßnahme wurde die *Springer Architekten Gesellschaft mbH, Berlin*, betraut, mit der Tragwerksplanung ist die *Krebs+Kiefer Ingenieure GmbH, Hamburg*, beauftragt worden und mit der Außenanlagenplanung das Landschaftsarchitekturbüro *RoosGrün, Weimar*.

Die *IfG Ingenieurgesellschaft für Geotechnik GmbH (IfG), Bremen*, wurde beauftragt, die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse im Bereich der geplanten Baufläche und der Außenanlagen erkunden zu lassen und ein schriftliches Gutachten zur Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung für das Bürgerforum und für die Hofüberdachung auszuarbeiten (Geotechnischer Bericht).

## 2            **Unterlagen**

Zur Erarbeitung unserer Stellungnahme wurden die folgenden Unterlagen verwendet:

### **U 1      Baugrunderkundung**

#### **U 1.1    *Baugrunderkundung Nord GmbH, Bremen***

Ergebnisse von 4 Bohrsondierungen im Bereich des geplanten Bürgerforums  
Ergebnisse von 7 Bohrsondierungen im Bereich der geplanten Außenanlagen,  
Arbeiten durchgeführt am 13.09. und 17.09.2021

#### **U 1.2    *Fugro Germany Land GmbH, Lilienthal***

Ergebnisse einer Drucksondierung, durchgeführt am 13.09.2021

#### **U 1.3    *Wessling GmbH, Hamburg***

U 1.3.1    Ergebnisse chemischer Grundwasseranalysen an einer Grundwasserprobe,  
Prüfbericht CHH21-000884-1 vom 29.09.2021

U 1.3.2    Ergebnisse chemischer Bodenanalysen an fünf Boden-Mischproben  
Prüfbericht CHA21-023370-1 vom 04.10.2021

#### **U 1.4    *Norddeutsche Wasserversorgungsgesellschaft, Bremen***

U 1.4.1    Bohrprofile von drei Bohrungen aus dem Jahr 1957  
im pdf-Format, erhalten per E-Mail am 02.09.2021 von *Immobilien Bremen AöR*

U 1.4.2    Bohrprofile von zwölf Bohrungen aus dem Jahr 1958  
im pdf-Format, erhalten per E-Mail am 02.09.2021 von *Immobilien Bremen AöR*

### **U 2      Pläne und Zeichnungen**

#### ***SPRINGER ARCHITEKTEN Gesellschaft mbH, Berlin***

U 2.1    Wettbewerbsbroschüre, Neuausrichtung Focke-Museum Bremen, 130185  
mit Ansichten, Lageplänen und Grundrissen  
ohne Maßstab, ohne Datum, erhalten am 09.09.2021

U 2.2    Vorentwurfsplanung Hofüberdachung,  
Grundriss EG, Grundriss OG, Schnitt CC, Schnitt DD, Isometrie  
im Maßstab M 1:100, mit Datum vom 20.08.2021, erhalten am 09.09.2021

U 2.3    Vorentwurfsplanung Bürgerforum, Grundriss EG und Grundriss UG  
im Maßstab M 1:200, mit Datum vom 12.07.2021, erhalten am 09.09.2021

#### ***Immobilien Bremen AöR, Bremen***

U 2.4    Bestandsunterlagen Focke-Museum  
Grundriss Kellergeschoss, Grundriss EG, Grundriss 1. OG, Grundriss 2. OG  
ohne Maßstab, Plandatum 09.07.2002, erhalten am 02.09.2021

### **U 3      Geologische und hydrologische Unterlagen**

#### **U 3.1    Kataster und Vermessungsverwaltung der *Freien Hansestadt Bremen***

U 3.1.1    Baugrundkarte Bremen, Teil E:  
Grundwasserverhältnisse im oberen Grundwasserleiter,  
Maßstab 1 : 25.000, herausgegeben im Jahre 1980

U 3.1.2    Baugrundkarte Bremen, Teil A:  
Baugrund-Typen, Maßstab 1 : 10.000, herausgegeben im Jahre 1981

- U 3.1.3 Baugrundkarte Bremen, Teil C:  
Oberfläche der Lauenburger Schichten, Maßstab 1 : 25.000, 1980
- U 3.2 *GDfB - Geologischer Dienst Bremen - Kartenserver*
  - U 3.2.1 Kartenserie Hydrogeologie: Grundwasserstände
  - U 3.2.2 Kartenserie Geologie: Holozänbasis, Lauenburger Schichten
- U 3.3 *Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau*  
Ganglinien der Grundwassermessstellen GMS-131, GMS-70, GMS-112 und GMS-105

#### **U 4 Normen, Richtlinien und Empfehlungen**

- U 4.1 Eurocode 7
  - U 4.1.1 DIN EN 1997-1:2009-09  
Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik,  
Teil 1: Allgemeine Regeln
  - U 4.1.2 DIN EN 1997-1/NA:2010-12  
Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter
  - U 4.1.3 DIN 1054:2010-12  
Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau  
Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
  - U 4.1.4 DIN EN 1997-2:2010-10  
Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik  
Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds;
  - U 4.1.5 DIN EN 1997-2/NA:2010-12  
Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter
  - U 4.1.6 DIN 4020:2010-12  
Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke  
Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2

##### Normenverweise

Es werden die aktuell vom DIN als Weißdruck veröffentlichten Normen verwendet. Die verwendeten Normen werden an der Anwendungsstelle genannt.

- U 4.2 *Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall*
  - U 4.2.1 TR LAGA 20 (2004): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen  
Teil II: Technische Regeln für die Verwertung 1.2 Bodenmaterial (TR Boden)
  - U 4.2.2 TR LAGA 20 (1997): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen/Reststoffen
- U 4.3 *DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.*  
DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt DWA-A 138 (2005):  
Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur dezentralen  
Versickerung von Niederschlagswasser
- U 4.4 *Vergabe und Vertragsordnung für Bauleistungen VOB/C, Ausgabe 2019*
- U 4.5 *Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V.*

- U 4.5.1 Empfehlungen „Verformungen des Baugrunds bei baulichen Anlagen“ – EVB, 1. Auflage
- U 4.5.2 Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ – EAB, 5. Auflage
- U 4.5.3 Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ – EAP, 2. Auflage
- U 4.6 *Behörde für Umwelt und Energie, Hamburg*  
Merkblatt für die Verwertung von Bodenmaterial mit erhöhtem TOC-Gehalt, Oktober 2015
- U 4.7 *Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Augsburg*  
Umgang mit humusreichem und organischem Bodenmaterial, Stand 04/2016
- U 4.8 *Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen*  
Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen  
RStO 12, Ausgabe 2012
- U 4.9 *Amt für Straße und Verkehr, Bremen*  
Anlage zur Baubeschreibung für die Ausführung von Straßenbauarbeiten  
im Bereich der Freien Hansestadt Bremen, AzB-HB Jan 21

### **3 Baugrund- und Grundwasserverhältnisse**

#### **3.1 Geologischer Überblick**

Nach den Angaben in den Kartenwerken (Unterlagen U 3.1 und 3.2) liegt das Museumsgelände im Niederungsgebiet zwischen der *Weser* und der *Wümme*. Das Gebiet ist hier zunächst von den Sedimenten der ehemaligen Uferzonen (organische Weichschichten aus Auelehmen und Torf, Holozän) geprägt. Diese Böden werden unterlagert von den Terrassensanden des Weserurstromtals (*Weichsel-* und *Saale-Kaltzeit*), örtlich von eiszeitlich vorbelasteten Geschiebemergeln (*Saale-Kaltzeit*) und den eiszeitlich vorbelasteten Böden der *Lauenburger Formationen* (Pleistozän). Die Oberfläche der eiszeitlich vorbelasteten Lauenburger Schichten ist gemäß den Eintragungen in der Baugrundkarte ab NHN<sup>1</sup> – rd. 20 m in zunächst bindiger Ausbildung (Lauenburger Ton) zu erwarten.

Die Niederungsböden (Auelehme) sind gering wasserdurchlässig. Auf und in diesen Böden bildet sich Grundwasser als Schichtenwasser, deren Verbreitung, Anstiegshöhe und Verweildauer einerseits von der saisonal wechselnden Niederschlagsintensität, andererseits von den örtlichen Drainage- und Vorflutverhältnissen abhängig sind. Den eigentlichen Grundwasserleiter bilden die *Wesersande*, in denen das Grundwasser unter den Niederungsböden (bei entsprechender Basistiefe) gespannt ist.

#### **3.2 Erkundungsumfang**

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse in der Baufläche des geplanten Bürgerforums wurden im September 2021 vier Bohrsondierungen (BS-101 bis BS-104) gemäß DIN EN ISO 22475-1:2007-01 mit Entnahme gestörter Kernproben bis in Tiefen von rd. 6 m bis rd. 9 m unter Geländeoberkante (GOK) und eine

---

<sup>1</sup> Der aktuell gültige Höhenbezug Normalhöhennull NHN entspricht in dieser Region (örtlich mit wenigen mm Unterschied) dem früheren Normalnull NN. Die Angaben in den geologischen Kartenwerken sind auf NN bezogen, nachfolgend werden die Höhenbezüge für diese Daten mit NHN bezeichnet.

Drucksondierung (CPT-101) gemäß DIN EN ISO 22476-1:2013-10 durchgeführt (Unterlagen U 1.1/U 1.2). Weitere Drucksondierungen konnten mangels Zugänglichkeit des Museumsgartens, insbesondere wegen der vorhandenen temporären Anlagen (Bühne, Getränkeausgabe und Bestuhlung) und des Baum- und Strauchbewuchses zunächst nicht durchgeführt werden.

Die Baufläche der geplanten Hofüberbauung (Innenhof des Museums) war für das Sondiergerät erkundungszeitlich nicht zugänglich. Für die Beurteilung der Hofüberdachung werden vorliegend zunächst die Ergebnisse von Bohrungen (Archivdaten) aus dem Jahr 1957 (B-1/57 bis B-3/57) und aus dem Jahr 1958 (B-1/58 bis B-11/58) übernommen (Unterlagen U 1.4). Die Aufschlüsse älteren Datums wurden vor dem Neubau des *Focke-Museums* ausgeführt, das derzeitige Bodenprofil kann hiervon abweichen (insbesondere die oberflächennahen Zonen).

Im Bereich der geplanten Außenanlagen und Zuwegungen wurden im September 2021 nach Vorgabe der Planer zusätzlich sieben Bohrsondierungen (BS-201 bis BS 204 und BS-301 bis BS-303) mit Entnahme gestörter Kernproben bis in Tiefen von rd. 2 m bis rd. 3 m unter Geländeoberkante (GOK) durchgeführt.

Für die Drucksondierung wurde eine Spitzendrucksonde (15 t Kapazität) mit einer Sondenspitzenfläche von 15 cm<sup>2</sup> eingesetzt. Mit dieser Sonde werden die Sondierspitzendrücke und die örtliche Mantelreibung am Sondiergestänge separat gemessen. Zur Beurteilung der Sandlagerungsdichte dienen die Sondierspitzendrücke  $q_c$ . Der aus dem Quotienten von örtlicher Mantelreibung und Spitzendruck gebildete Reibungsindex  $r_f$  (*ratio of friction*) gibt in Verbindung mit dem Spitzendruckniveau Hinweise auf die Schichtenabfolge und auf die durchfahrenen Bodenarten.

Am Ansatzpunkt der Bohrsondierung BS-101 wurde ein temporärer Rammpegel eingebaut, eine Grundwasserprobe entnommen und zur Einschätzung des Betonangriffsgrads des Grundwassers der *Wessling GmbH, Hamburg*, zur chemischen Analyse übergeben (Unterlage U 1.3.1).

Für eine orientierende Untersuchung der oberflächennah anstehenden Böden hinsichtlich möglicher Verwertungs- und Entsorgungswege wurden Bodenproben aus dem Bohrgut der Bodenzonen bis rd. 4 m Tiefe unter GOK entnommen, zu Mischproben zusammengestellt, und ebenfalls der *Wessling GmbH, Hamburg*, zur chemischen Analyse übergeben (Unterlage U 1.3.2) und gemäß den Vorgaben der LAGA M 20 TR (Teil Boden) chemisch analysiert.

Die ungefähre Lage der Erkundungspunkte ist in den Lageskizzen der Anlage 1.2 (Bürgerforum und Außenanlagen) und der Anlage 1.3 (Archivdaten) dargestellt, die Archivdaten sind mit der jeweiligen Jahreszahl der Ausführung bezeichnet. Die Lage der Sondieransatzpunkte der aktuellen Erkundungskampagne wurde in Abstimmung mit den Planern auf den erkundungszeitlich vorliegenden Planungsstand ausgelegt und an die örtlichen Verhältnisse und Zugänglichkeiten (u. a. bauliche Anlagen, Baumbestand) angepasst.

Die Ergebnisse der Bohrsondierungen sind als Bohrprofile und die Ergebnisse der Drucksondierung als Spitzendruckprofil im Höhenmaßstab 1 : 100 auf der Anlage 2.1 (Bürgerforum) aufgetragen, auf der Anlage 2.2 sind Ergebnisse der Bohrsondierungen (Außenanlagen) und auf den Anlagen 2.3 und 2.4 die Ergebnisse der Bohrungen (Archivdaten) jeweils als Bohrprofile aufgetragen. Als Anhang A sind die vollständigen Ergebnisse der Drucksondierung als Sondierspitzendruckspannungen und als örtliche Mantelreibung in

Abhängigkeit von der Sondiertiefe zusammen mit den aus Drucksondiererergebnissen abgeleiteten Bodenprofil beigefügt.

Die Ansatzpunkte der aktuellen Erkundungskampagne entsprechen der Geländeoberkante, Höhe und Lage der Sondierpunkte wurden mit einem satellitengestützten System zur Positionsbestimmung (GPS und GLONASS) eingemessen.

Nach den Ergebnissen dieses Aufmaßes liegt die GOK im Bereich der Baufläche des Bürgerforums zwischen NHN + rd. 3,2 m und NHN + 4,0 m, im Bereich der Außenlagen zwischen NHN + rd. 3,2 m und NHN + rd. 4,1 m, jeweils nach Süden abfallend.

Nach den Eintragungen an den Bohrprofilen aus den Jahren 1957 und 1958 lag die GOK im Untersuchungsgebiet zwischen NHN + rd. 2,9 m und NHN + 3,7 m, das derzeitige Höhenniveau und das oberflächennahe Bodenprofil kann hiervon abweichen, insbesondere im Innenhof.

### **3.3 Ergebnisse der Bohrsondierungen und Bohrungen**

#### **3.3.1 Baufläche des geplanten Bürgerforums**

Die Baufläche des Bürgerforums liegt südlich des Hauptgebäudes im südlichen Teils des Museumsgartens und wird derzeit überwiegend als Rasenfläche für Außenveranstaltungen genutzt; erkundungszeitlich mit Bestuhlung, Bühne und Getränkeausschank. Im südlichen Bereich ist die Baufläche von umfangreichem Baum- und Strauchbewuchs (u. a. Mammutbaum) geprägt.

Unter der Grasnarbe wurde zunächst eine rd. 0,4 m bis rd. 0,6 m dicke humose, mit Wurzelresten durchsetzte Deckschicht (Oberboden) entweder aus in unterschiedlicher Intensität mit Bauschuttbeimengungen (überwiegend Ziegelbruch) durchsetzten, aufgefüllten, schluffigen bis stark schluffigen Sanden (BS-101 und BS-104) oder aus stark sandigen, schwach tonigen Schluffen (Auelem) durchörtert.

Unter der Deckschicht wurden Niederungsböden erbohrt. Zunächst teils als schwach schluffige bis schluffige, auelemgebänderte Sande und teils als humose bis stark humose, sandige bis stark sandige, schwach tonige bis tonige Schluffe (Auelehme) mit jeweils wechselhafter Schichtdicke und Ausprägung, teils auch als Wechsellagerung beider Bodenarten. Ab rd. 2,3 m bis rd. 3 m Tiefe unter GOK wurde mit den Sondierungen ein zersetzter Torf mit schluffigen Beimengungen und teils mit Sand- und/oder Auelem-Bänderungen aufgeschlossen. Die Basis der Niederungsböden wurde überwiegend als Torf, örtlich als rd. 0,2 m dicke Auelehmschicht in Tiefen zwischen rd. 3,7 m und rd. 4 m unter GOK erbohrt, entsprechend zwischen NHN ± rd. 0 m und NHN - rd. 0,8 m.

Unter den Niederungsböden folgen bis zur Endtiefe der Sondierungen in rd. 6 m und rd. 9 m unter GOK gewachsene Sande, die unmittelbar unterhalb der Niederungsböden bis in Tiefen zwischen rd. 4,5 m und rd. 5 m unter GOK überwiegend schwach schluffig und mit Schluffbändern durchzogen sind, teils mit Pflanzenresten durchsetzt. Mit zunehmender Sondiertiefe werden die Sande gröber und enthalten teils kiesige Anteile.

### 3.3.2 Außenanlagen-Flächen

Die Sondierungen BS-201 bis BS-203 und BS-301 wurden westlich des geplanten Bürgerforums bzw. südlich des Hauptgebäudes im Bereich der Zuwegung zum Museum durchgeführt, die Sondierungen BS-302 und BS-303 im Bereich des Pfads zum *Ernst-Grohne-Weg* südöstlich des geplanten Bürgerforums, die Sondierung BS-204 auf der Rasenfläche im Museumspark nördlich des geplanten Bürgerforums.

Am Ansatzpunkt der Bohrsondierung BS-202 und BS-203 wurde zunächst eine Pflasterdecke aus rd. 7 cm dickem Pflaster aufgenommen, der Ansatzpunkt BS-201 wurde unmittelbar neben der Pflasterfläche durchgeführt. An den Ansatzpunkten der BS-301 und BS-302 wurde als Oberflächenbefestigung ab Geländeoberkante eine rd. 0,1 m bzw. rd. 0,4 m dicke Tragschicht als Wegbefestigung aus einem Bauschutt-Sand-Gemisch aufgeschlossen. An den Ansatzpunkten BS-204 und BS-303 wurde analog zu den Ergebnisse in der Baufläche des Bürgerforums unter der Grasnarbe zunächst eine rd. 0,6 m dicke humose Deckschicht (Oberboden) entweder aus mit Bauschuttbeimengungen (überwiegend Ziegelbruch) durchsetzten schluffigen Sanden (BS-204) oder aus stark sandigen, schwach tonigen Schluffen (Auelehmen) durchörtert, jeweils durchsetzt mit Pflanzenresten.

Im Bereich der Zuwegung zum Museum (BS-201 bis BS-203 und BS-301) folgt unterhalb der Oberflächenbefestigung (Pflaster, Tragschicht) bzw. ab GOK (BS-201) bis in Tiefen von rd. 1,3 m und rd. 1,9 m unter GOK eine überwiegend sandig geprägte Auffüllungssequenz aus vereinzelt mit Bauschuttbeimengungen durchsetzten, schwach schluffigen bis schluffigen Sanden, teils mit Schluffbänderungen, örtlich (BS-202) an der Basis als rd. 0,6 m dicke, mit Bauschuttbeimengungen durchsetzte Auelehmschicht.

Unterhalb der Auffüllungen (BS-201 bis BS-203 und BS-301), der Tragschicht (BS-302) oder unterhalb der humosen Deckschicht (BS-204 und BS-303) wurden mit allen Sondierungen hier unter den Auffüllungen ebenfalls die Niederungsböden in wechselhafter Ausprägung erbohrt, zunächst als schwach schluffige bis schluffige, auelehmgebänderte Sande oder als humose bis stark humose, sandige bis stark sandige, schwach tonige bis tonige Schluffe (Auelehme), teils in Wechsellagerung. Ab rd. 2,1 m und rd. 2,8 m Tiefe unter GOK folgt wiederum ein zersetzter Torf mit schluffigen Beimengungen und mit Sand- und Auelehm-Bänderungen. Die Basis der Niederungsböden wurde bis zu den Endteufe der Bohrsondierungen in rd. 2 m (als Auelehm) und rd. 3 m unter GOK (als Torf, örtlich Auelehm) erwartungsgemäß nicht erreicht.

### 3.3.3 Baufläche der geplanten Hofüberdachung (Archivdaten)

Aus den Unterlagen U 1.4 wurden Bohrprofile übernommen, die im Zuge der Baugrunderkundung für den Neubau des Focke-Museums im Bereich des Hauptgebäudes (Anlage 2.3) und im Bereich des Verwaltungstraktes, des Museumszugangs und des Vortragssaales (Anlage 2.4) durchgeführt wurden.

Der Innenhof ist derzeit überwiegend gepflastert, örtlich ist Baumbewuchs vorhanden sowie Grünrabatten.

Gemäß den Ergebnissen der Bohrungen, die im Nahbereich des Innenhofes durchgeführt wurden (Anlage 2.3), wurden mit den Sondierungen aus den Jahren 1957/58 die Niederungsböden ab Geländeoberkante angetroffen. Die Niederungsböden stellten sich mit Schichtdicken zwischen rd. 3,2 m und rd. 4 m

überwiegend als Auelehme mit weicher, oberflächennah teils steifer Konsistenz dar, denen überwiegend bis zu rd. 1,5 m dicke Sandschichten vor- und/oder zwischengeschaltet sind und ab Tiefen zwischen rd. 1,9 m und rd. 2,4 m Tiefe unter GOK überwiegend Torfschichten folgen. Die Basis der Niederungsböden wurde in Tiefen zwischen rd. 2,7 m und rd. 3,8 m unter GOK aufgeschlossen (entsprechend zwischen NHN + rd. 0,3 m und NHN - rd. 0,2 m).

Unter den Niederungsböden folgen bis zur Endtiefe der Bohrungen in rd. 8 m und rd. 12 m unter GOK Sande. Die Sande sind unmittelbar unterhalb der Niederungsböden zunächst teils noch schluffig und tonig und/oder mit Holzresten. Mit zunehmender Sondiertiefe werden die Sande dann tendenziell gröber und enthalten kiesige Anteile.

### **3.4 Ergebnisse der Drucksondierung**

Am Ansatzpunkt wurde wegen ungeklärter Leitungslage bis rd. 2 m Tiefe unter GOK vorgeschachtet. Gemäß der bodenmechanischen Ansprache der Bohrfirma wurden mit der Vorschachtung bis rd. 1,2 m Tiefe unter GOK zunächst Auelehme, darunter Sande ausgehoben.

Mit dem Sondeneintritt in den Baugrund wurden zunächst Sondierspitzendruckspannungen überwiegend zwischen  $q_c = \text{rd. } 0,3 \text{ MN/m}^2$  und  $\text{rd. } 0,6 \text{ MN/m}^2$  gemessen, was zusammen mit Reibungsindizes zunächst um  $r_f = \text{rd. } 4 \%$  und anschließend bis auf rd. 10 % ansteigend auf die Niederungsböden zunächst als Auelehme von überwiegend weicher Konsistenz, ab rd. 2,9 m Tiefe unter GOK auf Torfe hindeutet.

Ab rd. 4 m Tiefe unter GOK steigen die Sondierspitzendruckspannungen stark an, die Messwerte zwischen  $q_c = \text{rd. } 13 \text{ MN/m}^2$  und  $q_c = \text{rd. } 27 \text{ MN/m}^2$  zeigen Sande in mitteldichter bis dichter Lagerung an.

Ab rd. 6,5 m Tiefe unter GOK fallen die Sondierspitzendruckspannungen auf Werte überwiegend zwischen  $q_c = \text{rd. } 10 \text{ MN/m}^2$  und  $q_c = \text{rd. } 16 \text{ MN/m}^2$  ( $q_{c,\min} = \text{rd. } 5 \text{ MN/m}^2$ ;  $q_{c,\max} = \text{rd. } 20 \text{ MN/m}^2$ ) zurück und zeigen Sande in überwiegend mitteldichter Lagerung. Die in rd. 8 m Tiefe unter GOK auf  $q_{c,\min} = 5 \text{ MN/m}^2$  abfallenden Sondierspitzendruckspannungen deuten zusammen mit dem Anstieg des Reibungsindex auf  $r_f = \text{rd. } 2 \%$  auf dünne Schluffbänderungen bzw. eine Zone schluffiger Sande hin.

Ab rd. 12,8 m unter GOK wird mit dem deutlichen Anstieg des Reibungsindex auf Werte  $r_f = \text{rd. } 2 \%$  bis 3 % erfahrungsgemäß der Wechsel zu einer anderen eiszeitlichen Bodenformation angezeigt, zusammen mit Sondierspitzendruckspannungen zwischen  $q_c = \text{rd. } 5 \text{ MN/m}^2$  bis  $q_c = \text{rd. } 20 \text{ MN/m}^2$  ( $q_{c,\max} = \text{rd. } 24 \text{ MN/m}^2$ ) wird hier auf schluffige Sande in überwiegend mitteldichter Lagerung und/oder auf stark sandige Schluffe mit steifer bis halbfester Konsistenz geschlossen. Die Drucksondierung wurde in dieser Bodenzone in rd. 20,1 m Tiefe unter GOK beendet.

### **3.5 Grundwasserdaten**

#### **3.5.1 Allgemeines**

Die bautechnisch relevanten Grundwasserverhältnisse auf dem Museums-Gelände werden von den gering wasserdurchlässigen Niederungsböden bestimmt:

- Über den Niederungsböden (Auelehm) können sich in sandigen Auffüllungen örtlich und zeitlich wechselhafte Schichtenwasservorkommen (schwebendes Grundwasser) bilden, deren Anstiegshöhe und Verweildauer einerseits von der Häufigkeit und Intensität der Niederschläge, andererseits von den örtlichen Drainage- und Vorflutverhältnissen und von deren Oberflächenmorphologie der stauenden Schichten bestimmt werden. Grundsätzlich kann dieses Schichtenwasser bis zur Geländeoberkante ansteigen, auch örtliche Geländeüberflutungen sind bei entsprechender Geländemorphologie nicht auszuschließen.
- Den eigentlichen Grundwasserleiter bilden die *Wesersande*, in denen das Grundwasser unter den Niederungsböden gespannt ist.

Südlich und östlich des Museumsgrundstücks befinden sich geschlossene Grabensysteme entlang des Pfads zum *Ernst-Grohne-Weg* und am *Ernst-Grohne-Weg* selbst, westlich in rd. 120 m Entfernung der *Riensberger Abzugsgraben* mit Anschluss an den *Riensberger See*. Angaben über deren Wasserstand oder die wasserbauliche Konstruktion (Sohldichtung etc.) liegen uns nicht vor. Der Wasserstand der Gräben beeinflusst ggf. in Abhängigkeit von den jeweiligen Wasserständen und der Morphologie der bindigen Schichten auch die Grundwasserverhältnisse in der Neubaufläche. Der Graben bildet je nach Wasserstand einen lokalen Sunk dem das Wasser zuströmt oder eine potentielle Druckvorlage jeweils mit entsprechenden Strömungen und Gradienten, sofern die Grabensohlen nicht künstlich oder natürlich (Verschlickung) abgedichtet sind, Angaben hierzu liegen uns nicht vor.

### 3.5.2 Archivdaten der Grundwasserstände

Gemäß den langjährigen Beobachtungen an den von der *Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau* unterhaltenen Grundwassermessstellen wurde in den letzten Dekaden die in Tabelle 3.1 angegebenen Extremwerte der entspannten Grundwasserspiegelhöhe (GWS) im Umfeld des Baugeländes gemessen.

**Tabelle 3.1 Extremwerte der entspannten Grundwasserspiegelhöhe innerhalb der letzten Dekaden**

Bezeichnung	Lage	NNW		HHW	
Grundwassermessstelle		GWS	Datum	GWS	Datum
GMS-131	800 m nordwestlich	NHN +0,13 m	01/1975	NHN +1,21 m	12/1993
GMS-070	600 m nordöstlich	NHN +0,45 m	10/1993	NHN +1,34m	01/1968
GMS-112	1.000 westlich	NHN +0,51 m	10/1993	NHN +1,60m	08/1976
GMS-105	1.300 m südwestlich	NHN +0,63 m	09/2018	NHN +1,78 m	02/2016

Nach den Angaben in der *Baugrundkarte* (Unterlage U 3.1) ist in dem Areal von einem Anstiegspotential der Grundwasserspiegeldruckhöhe bis NHN + rd. 1,8 m auszugehen, nach den jüngeren Angaben des *GDfB* (U 3.2) von einem Anstiegspotential des entspannten Grundwasserspiegels im Grundwasserleiter bis zu NHN + rd. 1,9 m. Der Grundwasserspiegel steigt in südlicher Richtung zur *Weser* hin mit einem geringen Gefälle an, die Auswertung der Pegelaufzeichnungen der Grundwassermessstellen (Tabelle 3.1) bestätigen dies.

### 3.5.3 Eigene Messungen

Während der Erkundungsarbeiten im September 2021 wurde mit den Bohrsondierungen BS-101 bis BS-104 in der Baufläche des geplanten Bürgerforums Grundwasser zunächst nach dem Durchteufen der Niederungsbasis in Tiefen zwischen rd. 3,7 m und rd. 4 m unter GOK angebohrt, nach Beendigung der Bohrarbeiten wurde in den unverrohrten Bohrsondierlöchern ein Anstieg des Grundwassers bis in Tiefen zwischen rd. 2,6 m und rd. 3,6 m unter GOK eingemessen, entsprechend zwischen NHN + rd. 0,3 m und NHN + rd. 0,8 m.

Mit den kürzeren Bohrsondierungen im Bereich der Außenanlagen wurde die Niederungsbasis nicht durchteuft, hier wurden im September 2021 wechselhafte Schichtenwasserstände in den Niederungsböden festgestellt. Grundwasser wurde demnach teils nach dem Durchteufen von bindigen Zonen in wasserführenden sandigen Zonen in Tiefen zwischen rd. 0,8 m und rd. 1,9 m unter GOK angebohrt, nach Beendigung der Bohrarbeiten wurde in den unverrohrten Bohrsondierlöcher örtlich ein Anstieg des Grundwassers bis zu rd. 0,8 m unter GOK eingemessen, Wasserstände nach Beendigung der Arbeiten entsprechend zwischen NHN + rd. 2,9 m und NHN + rd. 1,5 m. Mit den Bohrsondierungen BS-302 und BS-303 wurde kein Grundwasser angetroffen.

Eine verlässliche Differenzierung zwischen einem lokalen Schichtenwasserspiegel in den Niederungsböden und der Spiegeldruckhöhe des gespannten Grundwasserleiters ist in unverrohrten Bohrsondierlöchern nicht möglich. Unter Berücksichtigung der Archivdaten dürfte es sich bei den Messwerten der Bohrsondierungen BS-101 bis BS-104 überwiegend um die Anstiegshöhe des entspannten Grundwasserleiters handeln, bei den Wasserständen der Bohrsondierungen BS-201 bis BS-204 und BS-301 um differenzierte Schichtenwasserstände in sandigen Zonen in den Niederungsböden.

Zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung führte der Graben südlich der Baufläche (Graben zwischen dem Pfad zum *Ernst-Grohne-Weg* und dem *Eichenhof*) kein Wasser (Grabensohle > 2 m unter GOK).

### 3.5.4 Stichtagsmessungen (Archivdaten)

Während der Erkundungsarbeiten in den Jahren 1957 und 1958 wurde mit den Bohrungen Grundwasser zunächst vereinzelt als Schichtenwasserstand in den sandigen Zonen innerhalb der Niederungsböden in Tiefen zwischen rd. 1,3 m und rd. 1,9 m unter GOK angebohrt, entsprechend zwischen NHN + rd. 1,5 m und NHN + rd. 2,1 m. Anschließend wurde Grundwasser mit allen Bohrungen nach dem Durchteufen der Niederungsbasis in Tiefen zwischen rd. 3 m und rd. 4 m unter GOK angebohrt; nach der Beendigung der Bohrarbeiten wurde ein Anstieg des Grundwassers bis in Tiefen zwischen rd. 1,9 m und rd. 2,9 m unter GOK gemessen, entsprechend zwischen NHN + rd. 0,3 m und NHN + rd. 1,5 m.

### 3.5.5 Bautechnisch relevante Wasserstände

#### Grundwasserleiter

Nach den vorliegenden Mess- und Archivdaten ist dem Bauwerksentwurf ein Anstiegspotential der Grundwasserspiegeldruckhöhe im zusammenhängenden Grundwasserleiter bis NHN + rd. 2 m zugrunde zu legen. Der mittlere Grundwasserhöchststand wird etwa bei NHN + rd. 1 m abgeschätzt.

### Schichtenwasser

In den Auffüllungen sowie auf und in den Niederungsböden können sich außerdem schwebende Grundwasservorkommen als Schichtenwasser mit zeitlich und räumlich wechselhafter Spiegelhöhe bilden, deren Anstiegshöhe und Verweildauer einerseits von der Häufigkeit und Stärke der Niederschläge, andererseits und von den örtlichen Drainage- und Vorflutverhältnissen bestimmt werden; dieser Schichtenwasseranstieg ist bis zur Geländeoberkante zu berücksichtigen, Geländeüberflutungen (in tieferen Grundstücksbereichen) sind bei entsprechender Geländemorphologie (z. B. Mulden) nicht auszuschließen.

Der Bemessungswasserstand für die Entwässerung ist deshalb vorsorglich an der Geländeoberkante anzusetzen, der Bemessungswasserstand für Entwurf und Abdichtungen entweder ebenfalls an der Geländeoberkante oder entsprechend dem Entwässerungsniveau einer systematischen Flächendränge.

## **4 Bodenmechanische Laboruntersuchungen**

### **4.1 Umfang und Zweck der Untersuchungen**

Aus dem Bohrgut der Bohrsondierungen wurden gestörte Proben entnommen, die uns zur Beurteilung und zur Untersuchung zur Verfügung standen.

Die Proben wurden zunächst im Labor nach den visuellen und manuellen Methoden entsprechend DIN EN ISO 14688-1 bodenmechanisch angesprochen. An ausgewählten Proben wurden klassifizierende Laborversuche entsprechend den derzeit eingeführten Normen und technischen Richtlinien durchgeführt.

Zur Kennzeichnung und Beschreibung von Böden dient ihre Korngrößenverteilung, sie wurde von charakteristischen Sandproben durch Nasssiebung entsprechend DIN EN ISO 17892 ermittelt. An ausgewählten bindigen Proben wurden der Wassergehalt und die Dichte gemäß DIN EN ISO 17892 bestimmt. An ausgewählten Proben wurden im Labor der Anteil an organischen Beimengungen als Glühverlust nach DIN 18128 entsprechend den derzeit eingeführten Normen und technischen Richtlinien durchgeführt.

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche sind tabellarisch auf der Anlage 3.1 angegeben, die Korngrößenverteilungen sind als Körnungslinien auf der Anlage 3.2 dargestellt.

### **4.2 Humose Deckschicht**

Nach den Ergebnissen der Ansprache im Labor handelt es sich bei den Proben aus dem Oberboden teils um mit Bauschutt (Ziegelbruch) durchsetzte, schluffige bis stark schluffige, feinsandige Mittelsande, teils um stark sandige, schwach tonige Schluffe (Auelehme).

Die Deckschicht ist überwiegend mit humosen Beimengungen (Wurzelresten) durchsetzt. Die Oberbodenproben werden nach den Kriterien der DIN 4022 als *humos* bis *stark humos* bzw. nach den Kriterien der DIN EN ISO 14688-2 als *schwach organisch* bis *mittel organisch* bezeichnet.

#### 4.3 Tragschicht

Nach den Ergebnissen der Ansprache im Labor handelt es sich bei den Proben aus der örtlichen Tragschicht (BS-301 und BS-302) um mit Bauschuttanteilen durchsetzte, schluffige, schwach kiesige Sande (Bauschutt-Sand-Gemisch).

Die Sande der Tragschicht sind im geringen Umfang mit humosen Beimengungen (Wurzelresten) durchsetzt. Die Proben werden nach den Kriterien der DIN 4022 als *schwach humos* bzw. nach den Kriterien der DIN EN ISO 14688-2 als *schwach organisch* bezeichnet.

#### 4.4 Aufgefüllte und gewachsene Sande

Die aufgefüllten und die gewachsenen Sande oberhalb der Niederungssequenz zeigen eine ähnliche Kornzusammensetzung, sie stellen sich überwiegend als schwach schluffige bis schluffige, schwach grobsandige, schwach feinsandige bis feinsandige Mittelsande dar. Die Sandproben enthalten wiederholt Auelehmbänderungen (U-Linsen), teils Holz- und Pflanzenreste.

Die aufgefüllten Sande sind in unterschiedlicher Intensität mit Bauschutt (meist Ziegelbruch, vereinzelt auch Schlacke) durchsetzt. Zwischen den aufgefüllten und den gewachsenen Sande kann vorliegend sicher unterschieden werden, eine Abgrenzung ist nur durch die Bauschuttanteile möglich .

Die Korngrößenverteilungen von Proben aus den Sanden zeigen rein kornanalytisch schwach schluffige bis schluffige Sande mit einem Schlämmkornanteil von rd. 8 M.-% bis rd. 16 M.-%. Die Ungleichförmigkeitszahl der Probe mit einem Schlämmkornanteil von < 10 M.-% wurde mit  $C_u = 4,1$ , die Krümmungszahl mit  $C_c = 1,3$  bestimmt.

Nach den Ergebnissen der Probenansprache enthalten die Sande überwiegend keine humosen Beimengungen, sie sind demnach und nach den Kriterien der DIN EN ISO 14688-2 als *nicht organisch*, nach den Kriterien der DIN 4022 als *nicht humos* zu bezeichnen, die auelehmgebänderten und mit Holz- und Pflanzenresten durchsetzten Proben sind erfahrungsgemäß als *schwach humos* bis *humos* und als *schwach organisch* zu bezeichnen.

#### 4.5 Auelehme

Nach den Ergebnissen der Probenansprache im Labor handelt es sich bei dem Probenmaterial aus dem Auelehm um schwach humose bis stark humose, schwach sandige bis stark sandige, schwach tonige bis tonige Schluffe, teils mit Sandbändern sowie teils mit Pflanzen- und Holzresten durchsetzt.

Bei dem Probenmaterial der Bohrsondierung BS-202 mit einer Entnahmetiefe von rd. 1,9 m Tiefe unter GOK handelt es sich um einen aufgefüllten Auelehm, die Probe ist stark mit Bauschutt (überwiegend Ziegelbruch) durchsetzt.

Mit den Laboruntersuchungen zur Konsistenzbeurteilung wurden die folgenden Versuchswerte ermittelt:

Dichte	$\rho$	=	1,43 t/m <sup>3</sup> bis 2,06 t/m <sup>3</sup>
Wassergehalt	$w$	=	0,75 bis 0,15
Glühverlust	$V_{Gl}$	=	2,8 M.-% bis 15,6 M.-%

Die größeren Dichten mit korrespondierenden kleineren Wassergehalten sind den oberflächennah unmittelbar unterhalb der Deckschicht entnommenen Proben zuzuordnen, die kleineren Dichten mit korrespondierenden größeren Wassergehalten sind Proben zuzuordnen die unmittelbar oberhalb und unterhalb der Torfschicht entnommenen wurden.

Nach der manuellen Ansprache im Labor wird auf eine zunächst überwiegend steife Konsistenz der oberflächennah entnommen Proben geschlossen, vereinzelt nah an der Konsistenzgrenze zu halbfest. Mit zunehmender Entnahmetiefe gehen die Proben von einer weichen bis steifen in eine überwiegend weiche Konsistenz über, unmittelbar oberhalb und unterhalb der Torfschicht nah an der Konsistenzgrenze zu breiig.

Entsprechend ihren organischen Anteilen sind die Auelehmproben gemäß den Kriterien der DIN 4022 überwiegend als *schwach humos* bis *humos*, unmittelbar ober- und unterhalb der Torfe als *stark humos* zu bezeichnen, nach den Kriterien der DIN EN ISO 14688-2 überwiegend als *schwach organisch*, teils *mittel organisch*.

#### 4.6 Torf

Die entnommenen Torfproben sind nach der Handansprache *zersetzt*, überwiegend schwach schluffig bis schluffig sowie sand- oder auelehmgebändert (in der Ansprache im Labor mit Sand- und Schlufflinsen bezeichnet, bedingt durch die gestörte Probenentnahme), die Proben enthalten vereinzelt Holzstücke oder Pflanzenreste.

An ausgewählten Torfproben wurden die folgenden Versuchswerte ermittelt:

Wassergehalt	$w$	=	2,02 bis 2,85
Glühverlust	$V_{Gl}$	=	49,2 M.-% bis 62,5 M.-%

Entsprechend den Definitionen der BAST zur Benennung der mineralischen Nebenanteile organischer Böden sind die Torfe als „schwach mineralisch“ zu bezeichnen.

#### 4.7 Wesersande

Bei den *Wesersanden* handelt es sich gemäß den Ergebnissen der Probenansprache zunächst um schwach schluffige, teils schluffgebänderte Fein- und Mittelsande, mit zunehmender Entnahmetiefe um schluffarme, schwach grobsandige, feinsandige Mittelsande, vereinzelt schwach kiesig und mit Schlufflinsen durchsetzt.

Die Korngrößenverteilung einer untersuchten Probe der schluffgebänderten Sande zeigt einen schwach schluffigen, stark feinsandigen Mittelsand mit einem Schlämmkornanteil von rd. 12 M-%.

Nach den Ergebnissen der Probenansprache enthalten die Sande überwiegend keine humosen Beimengungen, sie sind demnach und nach den Kriterien der DIN EN ISO 14688-2 als *nicht organisch*, nach den Kriterien der DIN 4022 als *nicht humos* zu bezeichnen, schluffgebänderte Zonen sind als *schwach humos* und als *schwach organisch* zu bezeichnen.

## 5 Chemische Analysen

### 5.1 Grundwasserchemische Analysen

Aus der Bohrsondierung BS-101 wurde am 13.09.2021 aus rd. 4 m bis rd. 5 m Tiefe unter GOK eine Grundwasserprobe entnommen und zur Untersuchung entsprechend DIN EN 206 (Betonangriffsgrad) der chemischen Analyse zugeführt (Unterlage U 1.3.1). Die Probe wurde gemäß DIN EN 206 hinsichtlich des Betonangriffsgrades untersucht. Außerdem wurde an der Grundwasserprobe der Gehalt an Eisen und Chlorid bestimmt.

Die Untersuchungsergebnisse sind in der Tabelle 5.1 sowie auf der Anlage 3.3 dargestellt, der vollständige Prüfbericht der *Wessling GmbH* ist als Anhang C beigelegt.

**Tabelle 5.1 Betonangriffsgrad gemäß Einstufung nach chemischer Grundwasseranalysen**

Sondierung	Probenentnahmetiefe [Tiefe unter GOK]	Beton-Angriffsgrad hinsichtlich chemisch angreifender Umgebung <sup>1)</sup>	maßgebende Parameter
BS-101	rd. 4 m bis rd. 5 m	XA 0 (nicht betonangreifend)	---

<sup>1)</sup> Grundlage sind die Ergebnisse der Grundwasseranalysen in Verbindung mit den Grenzwerten nach DIN 4030

Der hinsichtlich grundwasserrechtlicher Belange relevante Eisengehalt der Probe wurde mit 6,2 mg/l bestimmt; der Chloridgehalt mit 47 mg/l.

### 5.2 Bodenchemische Analysen

Im Rahmen der Erkundungsarbeiten im September 2021 wurde gesondertes Probenmaterial (in Braungläsern) aus den Auffüllungen und den Niederungsböden für eine chemische Analytik gemäß den Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (Unterlage U 4.2) entnommen. Zur grundlegenden Einschätzung der Verwertungs- und Entsorgungsmöglichkeiten der Auffüllungen und der Niederungsböden wurden von der *Wessling GmbH* aus Einzelproben der Bohrsondierungen (Entnahmetiefe bis rd. 4 m unter GOK) fünf Mischproben erstellt und chemisch analysiert.

Die Mischproben wurde organoleptisch angesprochen und nach den Anforderungen der *Länderarbeitsgemeinschaft Abfall* anhand des Parameterumfangs entsprechend *LAGA M 20 TR Boden* für einen unspezifischen Verdacht hinsichtlich einer potentiellen chemischen Belastung im Feststoff und im Eluat (Mindestumfang *LAGA TR Boden*, Tab. II.1.2-1) untersucht.

Mit der organoleptischen Laboransprache wurden keine Auffälligkeiten festgestellt.

Die Probenauswahl und die Ergebnisse der chemischen Analysen nach LAGA enthält die Tabelle 5.2.

**Tabelle 5.2 Probenauswahl und Ergebnisse der chemische Analytik nach LAGA**

Probe (Sondierung/Entnahmetiefe)	Umfang der Untersuchung	LAGA- Einstufung	zuordnungsbe- stimmende Parameter	Sonstige Auffälligkeiten
Oberboden (Sande und Schluffe) BS-101 / 0m-0,5m; BS-102 / 0m-0,1m BS-103 / 0m-0,5m; BS-104 / 0m-0,6m	LAGA Boden Mindestumfang	<b>Z 2</b>	<u>im Feststoff</u> PAK 6,5 mg/kg TS TOC 3,8 M.-%	<u>im Feststoff</u> Benzo(a)pyren (Z0*)
Auffüllungen, Bürgerforum (Sande und Auelehm) BS-101/0,5m-1m; BS-101/1m-1,9m BS-102/0,1m-0,4m; BS-102/0,4m-0,7m BS-102/0,7m-1,5m; BS-102/1,5m-2,1m BS-103/0,5m-1m; BS-103/1m-2m BS-103/2m-3m	LAGA Boden Mindestumfang	<b>Z 0</b>	---	---
Auelehme / Torfe BS-101/1,9m-2,3m; BS-101/2,3m-3m BS-101/3m-3,8m; BS-102/2,1m-2,5m BS-102/2,5m-3m; BS-102/3m-4m BS-103/3,5m-3,7m; BS-104/0,6m-1,5m BS-104/1,5m-2,5m; BS-104/2,5m-2,8m BS-104/2,8m-3,5m; BS-104/3,5m-4m	LAGA Boden Mindestumfang	<b>Z 2</b>	<u>im Feststoff</u> TOC 2,9 M.-% <u>im Eluat</u> Sulfat 75 mg/l	<u>im Eluat</u> pH-Wert (Z1.2)
Auffüllungen, Außenanlagen (Sande) BS-201/0m-0,7m; BS-202/0,07m-0,5m BS-202/0,5m-0,8m; BS-203/0,07m-0,5m BS-203/0,5m-0,8m	LAGA Boden Mindestumfang	<b>Z 0</b>	---	---
Tragschicht / Auffüllungen BS-302/0m-0,1m; BS-302/0,1m-1m BS-303/0m-0,5m; BS-303/0,5m-1m	LAGA Boden Mindestumfang	<b>Z 2</b>	<u>im Feststoff</u> TOC 1,6 mg/kg -	<u>im Feststoff</u> Chrom 150 mg/l TS (Z1)

Diese Ergebnisse basieren auf Mischproben als Indikatoren, eine differenzierte Untersuchung kann zu anderen Ergebnissen führen. Vor einer Verwertung des Materials ist anhand der Bedingungen des Einzelfalls zu prüfen, ob ein schadloser und ordnungsgemäßer Verwertungsweg vorliegt. Entsorgungswege sind mit den zuständigen Stellen abzustimmen.

Die Deklaration und der Prüfbericht der Wessling GmbH sind als Anhang B.1 (Deklaration) und als Anhang B.2 (vollständiger Prüfbericht) angefügt.

## 6 Baugrundmodell und charakteristische Werte der geotechnischen Kenngrößen

Auf der Grundlage der vorliegenden Baugrunderkundungs- und -untersuchungsergebnisse in Verbindung mit unseren und allgemeinen Erfahrungen mit vergleichbaren Böden werden für die im Bauflächenbereich des geplanten Neubaus (Bürgerforums) und die im Bereich der Außenlagen auf dem Gelände des *Focke-Museums* in *Bremen-Schwachhausen* anstehenden Bodenschichten in der Tabelle 6.1 charakteristische Werte der geotechnischen Kenngrößen für einen vereinfachten Baugrundaufbau zur Verwendung in erdstatischen Nachweisen nach dem Sicherheitskonzept mit Partialsicherheiten entsprechend DIN 1054:2010-12 angegeben (Baugrundmodell).

Für die im Bauflächenbereich der Hofüberdachung erwarteten Bodenschichten werden auf der Grundlage der Archivbohrungen aus den Jahren 1957/58 in der Tabelle 6.2 vorläufige charakteristische Werte der geotechnischen Kenngrößen für einen vereinfachten Baugrundaufbau zusammengestellt. Die tatsächlichen Verhältnisse können oberflächennah (Hofbefestigung etc.) und insbesondere an den Übergängen zum Bestand auch in größeren Tiefen abweichen (verfüllte Baugrube des teilunterkellerten Bestands).

Die angegebenen Werte sind vorsichtig gewählte mittlere Werte, sie beruhen auf Korrelationen größerer Datenmengen vergleichbarer Bodenarten. Die angegebene Bandbreite der Steifemoduln berücksichtigt die Inhomogenität der Böden und ihre Abhängigkeit vom Spannungsniveau.

Die Tiefenlage der Schichtgrenzen wechselt, für Berechnungen sind sie anhand der Sondierprofile (Anlagen 2) zuzuordnen.

**Tabelle 6.1 Vereinfachter Baugrundaufbau und charakteristische Werte der geotechnischen Kenngrößen für erdstatistische Untersuchungen gemäß DIN 1054:2010-12**  
**Baufläche des geplanten Bürgerforums und Außenanlagen**

Bodenart	Lagerungs- dichte bzw. Konsistenz	Schichtunterkante bei m. u. GOK [mNHN]	Wichte $\gamma / \gamma'$	Steife- modul $E_{s, k}$	Innerer Reibungs- -winkel $\varphi'_{k}$	Ko- häsion $c'_{k}$	Anfangs- scher- festigkeit* $c_{u,k}^{*}$
			kN/m³	MN/m²	°	kN/m²	kN/m²
(Humose Deckschicht)							
Sande, schwach schluffig bis stark schluffig, bauschutthaltig (Grasnarbe)	---	0,4 bis 0,6 [+3,4 bis +2,6]	17/10	10 bis 20	27,5	0	---
Schluff, schwach tonig, stark sandig (Grasnarbe)	---		17/7	5 bis 10	25	2,5	---
(Auffüllungen) <sup>1)</sup>							
Tragschicht Bauschutt-Sand-Gemisch	---	0,1 bzw. 0,4 [+3,1 bzw. +3,2]	18/10	20 bis 40	32,5	0	---
Sande, bauschutthaltig, schwach schluffig bis schluffig (schluffgebändert, humos)	---	bis 1,3 [+2,8 bis +2,2]	18/10	15 bis 30	30	0	---
Niederungsböden							
Auelehm, Sandbänder (aufgefüllt)	(steif) weich bis steif	1 bis 2,5 [+2,7 bis +1,5]	18/8	2 bis 4	20	5	20 bis 40
Sande, auelehmgebändert schwach schluffig bis schluffig	---	2,1 bis 3 [+1,5 bis +0,7]	18/10	15 bis 30	30	0	---
Auelehm, Sandbänder	weich		15/5	1 bis 2 <sup>2)</sup>	17,5	5	10 bis 20
Torf, zersetzt (schluffig, sandig,)	---	3,7 bis 4 [±0 bis -0,8]	10,5/0,5	0,4 bis 0,8 <sup>2)</sup>	15	2,5 <sup>2)</sup>	---
Wesersande <sup>3)</sup>							
Sande (schwach schluffig, Auelehmbänder)	mitteldicht bis dicht	4,5 bis 5 [-0,8 bis -1,7]	18/10	30 bis 60	32,5	0	---
Sande (schwach kiesig,)	mitteldicht	bis 12,8 [-8,8]	18/10	50 bis 100	32,5	0	---
Sande, schluffig / Schluffe stark sandig	mitteldicht / steif bis halbfest	bis 20,1 <sup>4)</sup> [-16,1] <sup>4)</sup>	19/11	30 bis 60	32,5	0	---

--- keine Angabe bzw. nicht bestimmt

(...) örtlich

\* dazu  $\varphi_u = 0$

<sup>1)</sup> nur mit Sondierungen im Bereich der geplanten Außenanlagen angetroffen, örtlich unter Befestigung aus Pflaster

<sup>2)</sup> nicht für seitliche Bettung bzw. nicht als Widerstand ansetzbar

<sup>3)</sup> in Tiefen unterhalb 9 m u. GOK nur mit CPT bzw. mit Archivbohrungen aufgeschlossen, Erfahrungswerte

<sup>4)</sup> Endtiefe der Drucksondierung

**Tabelle 6.2 Vereinfachter Baugrundaufbau und vorläufige charakteristische Werte der geotechnischen Kenngrößen für erdstatische Untersuchungen gemäß DIN 1054:2010-12**  
**Baufläche Innenhof - Hofüberdachung**

Bodenart	Lagerungs- dichte bzw. Konsistenz	Schichtunterkante bei m. u. GOK <sup>1)</sup> [mNHN]	Wichte $\gamma / \gamma'$	Steife- modul $E_{s,k}$	Innerer Reibungs- winkel $\varphi'_k$	Ko- häsion $c'_k$	Anfangs- scher- festigkeit* $c_{u,k}^*$
			kN/m <sup>3</sup>	MN/m <sup>2</sup>	°	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Niederungsböden<sup>2)</sup></b>							
Auelehm (Sandbänder)	(steif oder weich bis steif)	1,9 bis 2,4 [+1,4 bis +0,9]	18/8	2 bis 4	20	5	20 bis 40
	weich		15/5	1 bis 2 <sup>1)</sup>	17,5	5	10 bis 20
Sande (Auelehmbänder)	---		18/10	15 bis 30	30	0	---
Torf (auelehmgebändert)	---	2,7 bis 3,8 [0,3 bis -0,2]	10,5/0,5	0,4 bis 0,8 <sup>1)</sup>	15	2,5 <sup>1)</sup>	---
<b>Wesersande</b>							
(Sande schluffig, Auelehmbänder)	---	3,7 bis 4,4 [-0,5 bis -1,4]	18/10	20 bis 40	30	0	---
Sande, (kiesig)	---	8 bis 12 <sup>4)</sup> [-4,8 bis -9,1] <sup>4)</sup>	18/10	50 bis 100	32,5	0	---

--- keine Angabe bzw. nicht bestimmt

(...) örtlich

\* dazu  $\varphi_u = 0$

<sup>1)</sup> GOK im Jahr 1957/58

<sup>2)</sup> derzeit unter Oberflächenbefestigung aus Pflaster mit unbekannten Unterbau, teils unter Oberboden

<sup>3)</sup> nicht für seitliche Bettung bzw. nicht als Widerstand ansetzbar

<sup>4)</sup> Endtiefe der Bohrungen

## 7 Bautechnische Klassifikation der angetroffenen Bodenarten

Die geotechnischen Klassifikationen der angetroffenen Bodenarten nach den Kriterien der jeweiligen Regelwerke sind in Tabelle 7.1 zusammengestellt.

**Tabelle 7.1 Bodengruppen, Bodenklassen und Frostempfindlichkeitsklassen**

Bodenart	Bodengruppe nach DIN 18196:2011-05	Bodenklasse <sup>1</sup> nach DIN 18300:2012-09	Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTV E StB-17
<b>(Humose Deckschicht)</b> Sande, schwach schluffig bis stark schluffig, bauschutthaltig Schluff, schwach tonig, stark sandig (Grasnarbe)	[OH, SU, SU*]  OU, SU*, UL	1 bis 4	F3
<b>(Auffüllungen<sup>2)</sup>)</b> Sande, bauschutthaltig, schwach schluffig bis schluffig (schluffgebändert, humos) Tragschicht Bauschutt-Sand-Gemisch	A [SU, SU*, UL]  A [SU, GU]	3, 4 <sup>3)</sup>	F3 (F1)
<b>Niederungsböden</b> Auelehme (aufgefüllt) Sande, auelehmgebändert Torf	OU, OT, ([OU, OT]) SU, SU*, UL HN, HZ	4 <sup>3)</sup> 3, 4 <sup>3)</sup> 2	F3
<b>Wesersande<sup>4)</sup></b> Sande, schwach schluffig (auelehmgebändert)	SU (SU*, UL)	3 4 <sup>3)</sup>	F1 bis F3
Sande (schwach kiesig bis kiesig)	SE, SU, SW (GI, GW, GE, GU)	3	F1
Sande, schluffig / Schluffe stark sandig <sup>5)</sup>	bautechnisch nicht relevant		

(...) örtlich [...] aufgefüllt

<sup>1)</sup> Lösbarkeitsklasse für den Erdbau, nicht identisch mit Homogenbereich gemäß VOB/C, siehe Ziffer 8

<sup>2)</sup> nur mit Sondierungen im Bereich der geplanten Außenanlagen angetroffen, örtlich unter Befestigung aus Pflaster

<sup>3)</sup> bei Wasserzutritt und mechanischer Beanspruchung auch Bodenklasse 2

<sup>4)</sup> in größeren Tiefen (> 9 m u. GOK) nur mit CPT bzw. mit Archivbohrungen aufgeschlossen

Die Einordnung in die Bodengruppen, Boden- und Frostempfindlichkeitsklassen in Tabelle 7.1 wurde auf Grundlage der vorliegenden bodenmechanischen Laborergebnisse vorgenommen, das Vorkommen anderer Bodengruppen und Bodenklassen ist möglich, insbesondere in den Auffüllungen.

## **8 Homogenbereiche der angetroffenen Bodenarten**

### **8.1 Definition**

Alle Bodenzonen eines begrenzten Bereichs, die im Hinblick auf eine Klasse von Bauarbeiten vergleichbare Eigenschaften und Verhalten aufweisen, sind gemäß VOB 2019 für die Bauausführung zu einem *Homogenbereich* zusammenzufassen. Ein Homogenbereich besteht demnach aus einzelnen oder aus mehreren Bodenschichten, die einander in Bezug auf eine jeweilige bauverfahrenstechnische Klasse hinreichend ähneln. Oberböden sind davon ausgenommen.

Maßgebend für diese Klassifikation ist der Zustand der Böden im Baugrund vor dem Beginn der Bauarbeiten, die Kennwerte der Homogenbereiche berücksichtigen baubetrieblich induzierte oder witterungsbedingte Veränderungen nicht.

Für jeden Homogenbereich sind Bandbreiten der für die jeweilige Verfahrenstechnik maßgebenden geotechnischen Kenngrößen anzugeben; dabei handelt es sich grundsätzlich nicht um dieselben Werte, die in der Gründungsbeurteilung für den Entwurf von Baukonstruktionen anzugeben sind.

### **8.2 Klassen von Verfahrenstechniken**

Die Festlegung von Homogenbereichen ist in jedem Projekt auf die unterschiedlichen Klassen von Bauverfahrenstechniken („Arbeiten“) auszurichten. Nach den uns vorliegenden Daten sind hier folgende „Arbeiten“ gemäß VOB/C zu erwarten:

Erdarbeiten	DIN 18300
Bohrarbeiten	DIN 18301
Verbauarbeiten	DIN 18303
Ramm- Rüttel- und Pressarbeiten	DIN 18304
Oberboden	DIN 18320

### **8.3 Homogenbereiche für die Arbeiten der geplanten Baumaßnahme**

Mit den örtlichen Kenntnissen zum Baugrundaufbau, den geotechnischen Untersuchungsergebnissen und den geotechnischen Kennwerten aus unserem Datenbestand sind die Homogenbereiche gemäß den Normen mit den zugehörigen Kennwerten und Eigenschaften für die „Arbeiten“ gemäß Ziffer 8.2 auf den Anlagen 5 zusammengestellt.

Auf den Anlagen sind Angaben zu den geotechnischen Eigenschaften (für Erdarbeiten der Geotechnischen Kategorie GK 2/3, vgl. Ziffer 22) für die jeweiligen Homogenbereiche angegeben.

In der grafischen und tabellarischen Darstellung der Homogenbereiche auf den Anlagen 5 werden folgende Kurzbezeichnungen verwendet:

H <sub>i</sub>	Homogenbereich	ATV DIN 18300/18301/18303/18304
O <sub>i</sub>	Oberboden	ATV DIN 18320

Die Zuordnung von Bodenschichten zu diesen Homogenbereichen auf den Anlagen 5 wurde anhand der Untersuchungsergebnisse für die Baugrundbeurteilung und auf der Basis von Erfahrungen vorgenommen, zur weiteren Eingrenzung der Bandbreiten sind ggf. zusätzliche Feld- und Laboruntersuchungen erforderlich.

Die Kennwerte der Erdarbeiten und Bohrarbeiten können auch für Verbauarbeiten und für die Ramm- Rüttel- und Pressarbeiten verwendet werden.

Die angegebenen Homogenbereiche beziehen sich nicht auf umwelttechnische Aspekte (Parameter).

## **9 Baugrundbeschreibung**

### **9.1 Baugrundverhältnisse**

Nach den Erkundungsergebnissen stellt sich der Baugrund im Bauflächenbereich des geplanten Neubaus (**Bürgerforums**) und im Bereich der **Außenanlagen** auf dem Gelände des *Focke-Museums* in *Bremen-Schwachhausen* wie folgt dar:

Im Bereich der Baufläche des Bürgerforums, teils im Bereich der nördlich sowie südlich geplanten Außenanlagen wurde unter der Grasnarbe zunächst eine rd. 0,4 m bis rd. 0,6 m dicke humose, mit Wurzelresten durchsetzte Deckschicht (Oberboden) entweder aus mit Bauschutt (überwiegend Ziegelbruch) durchsetzten aufgefüllten, schluffigen bis stark schluffigen Sanden oder aus stark sandigen, schwach tonigen Schluffen (Auelehmen) angetroffen.

Südlich des Hauptgebäudes folgt im Bereich der Zuwegung zum Museum unterhalb der Oberflächenbefestigung (Pflaster) bzw. örtlich unmittelbar ab GOK zunächst bis rd. 1,3 m (örtlich rd. 1,9 m) Tiefe unter GOK eine überwiegend sandig geprägte Auffüllungssequenz aus schwach schluffigen bis schluffigen Sanden, teils mit Schluffbänderungen durchsetzt, örtlich an der Basis als rd. 0,6 m Auelehmschicht, jeweils durchsetzt mit Bauschuttbeimengungen.

Im Bereich des Pfads zum *Ernst-Grohne-Weg* wurde ab Geländeoberkante zunächst eine Oberflächen-Wegbefestigung aus einem rd. 0,1 m bzw. rd. 0,6 m dicken Bauschutt-Sand-Gemisch aufgeschlossen.

Unter den Auffüllungen folgen die Niederungsböden, die sich überwiegend als Auelehme mit zunächst steifer, darunter überwiegend weicher Konsistenz darstellen. Den Auelehmen sind Sandschichten vor- und/oder zwischengeschaltet, ab rd. 2,1 m und rd. 3 m Tiefe unter GOK folgen überwiegend Torfschichten. Die Basis der Niederungsböden wurde in Tiefen zwischen rd. 3,7 m und rd. 4 m unter GOK aufgeschlossen (entsprechend zwischen NHN  $\pm$  rd. 0 m und NHN - rd. 0,8 m).

Unter den Niederungsböden folgen bis zur Endtiefe der Bohrsondierungen in maximal rd. 9 m unter GOK Sande. Die Sande sind unmittelbar unterhalb der Niederungsböden bis rd. 4,5 m und rd. 5 m Tiefe unter GOK überwiegend schwach schluffig und zunächst noch mit Schluffbändern durchzogen, teils mit Pflanzenresten durchsetzt. Mit zunehmender Sondiertiefe werden die Sande dann gröber und enthalten teils kiesige Anteile, vereinzelt dünne Schluffbänderungen. Die Sande sind zunächst mitteldicht bis dicht gelagert, ab rd. 6,5 m Tiefe unter GOK überwiegend mitteldicht gelagert.

Ab rd. 12,8 m unter GOK wird eine Zone aus schluffigen Sanden in mitteldichter Lagerung oder aus stark sandigen Schluffen mit steifer bis halbfester Konsistenz bis zur Endtiefe der Drucksondierung in rd. 20 m unter GOK angezeigt.

Aktuelle Erkundungsdaten aus dem Bereich des **Innenhofes** liegen nicht vor, die Archivdaten lassen unterhalb der vorhandenen Hofbefestigung (Pflaster) einen gegenüber dem Bürgerforum weitgehend analogen Schichtenaufbau mit ähnlichen Tiefenlagen der Niederungsbasis erwarten.

## 9.2 Grundwasserverhältnisse

Im Hinblick auf die vorliegenden Messergebnisse und die jüngster Zeit in *Bremen* beobachteten Hochwasserereignisse sollte dem Bauwerksentwurf ein Anstiegspotential des entspannten Grundwasserspiegels im Grundwasserleiter (Grundwasserspiegeldruckhöhe) bis NHN + 2 m zugrunde gelegt werden.

Je nach Häufigkeit und Intensität der Niederschläge können sich außerdem über den Niederungsböden Schichtenwasserstände bilden, die von den örtlichen Drainage- und Vorflutverhältnissen bestimmt werden, erkundungszeitlich wurden Schichtenwasserstände bis NHN + rd. 2,9 m gemessen. Wegen der überwiegend bindigen Auffüllungen sowie der sandigen Auffüllungen geringer Schichtdicke sind höhere Schichtenwasserbildungen bis zur Geländeoberkante nicht auszuschließen, ebenso sind Geländeüberflutungen in Senken oder in tieferen Grundstücksbereichen möglich. Der Bemessungswasserstand für die Entwässerung ist deshalb vorsorglich an der Geländeoberkante anzusetzen, der Bemessungswasserstand für Entwurf und Abdichtungen entweder ebenfalls an der Geländeoberkante oder entsprechend dem Entwässerungsniveau einer systematischen Flächendränage.

Gemäß den Ergebnisse der Grundwasseranalyse einer Probe aus dem Grundwasserleiter (unterhalb der Niederungsböden) ist zunächst von einer chemisch nicht angreifenden Umgebung (Expositionsklasse XA 0) auszugehen (siehe Ziffer 5.1). Für die Planung von Betonbauteilen wird jedoch wegen der Eigenschaften der Torfschichten empfohlen die nächsthöhere *Expositionsklasse XA 1 (chemisch schwach angreifende Umgebung)* anzusetzen (sachverständige Einschätzung).

## 10 Baugrundbeurteilung

Die örtlichen Auffüllungen und die Niederungsböden darunter aus Auelehm und Torf sind für die direkte Einleitung von Bauwerkslasten ungeeignet, sie sind stark kompressibel (insbesondere die Torfe) und weisen eine geringe Scherfestigkeit auf.

Schon geringfügige Bodenaufträge (z. B. für Geländeanhebungen bzw. -regulierungen) und andere an sich gewöhnliche Flächenlasten führen zu langanhaltenden Konsolidationssetzungen der Auelehm- und insbesondere der Torfböden in Dezimetergröße und wegen der wechselhaften Schichtdicke und Basistiefe auch zu entsprechenden Setzungsdifferenzen, wenn die Flächen nicht bereits in der Vergangenheit für die Lasten entsprechend vorbelastet waren. Weiterhin sind lastunabhängige Kriechsetzungen zu erwarten, die bei stark organischen Niederungsböden noch Jahre nach Abschluss der Konsolidierungssetzungen anhalten können.

Die Wesersande unterhalb der Niederungsböden sind unter Berücksichtigung der zunächst noch zwischen-geschalteten Schluffbänderungen und Pflanzenreste für Gründungen (tief gezogene Flachgründungen und Tiefgründungen mit Pfählen) geeignet.

Bei einer Pfahlherstellung ist in den teilweise dichten bis sehr dichten Sanden mit Erschwernissen und Hindernissen durch Kiesbeimengungen rechnen.

Die *Sand-Schluff-Zone* ist als Gründungsebene für Pfähle prinzipiell geeignet, wegen ihrer nicht eindeutigen Zusammensetzung wären zusätzliche Aufschlüsse (Bohrsondierungen) erforderlich.

## **11 Bauvorhaben**

### **11.1 Übersicht**

Im Zuge einer beabsichtigten Neuausrichtung des *Bremer Focke-Museums* in *Bremen-Schwachhausen* ist die Erweiterung und der Umbau mit dem Neubau eines eingeschossigen, teilunterkellerten Pavillons (*Bürgerforums*) und mit der Überdachung des Innenhofes im Hauptgebäude (*Hofüberdachung*) geplant.

### **11.2 Bürgerforum**

Das Bürgerforum soll als Pavillon südlich des Hauptgebäudes auf einer Freifläche unmittelbar angrenzend an den Vortragssaal errichtet werden.

Das Bürgerforum hat einen annähernd rechteckigen Grundriss mit Außenkantenlängen von ca. 43 m und rd. 11 m auf einer Grundfläche von rd. 450 m<sup>2</sup>, mit einer halbkreisförmigen Einbuchtung um den hier zu umbauenden Mammutbaum. In der südlichen Gebäudehälfte ist mit Außenkantenlängen von ca. 35 m und rd. 6 m auf einer Grundfläche von rd. 200 m<sup>2</sup> eine Teilunterkellerung (Untergeschoss) vorgesehen (Anlage 4.1).

Im Erdgeschoss des Pavillon sind ein Foyer, ein Multifunktionsaal und eine Café vorgesehen, im Untergeschoss Technikräume, die Garderobe sowie Sanitärräume. Bei dem aufgehenden Pavillon handelt es sich um eine Stahlkonstruktion mit umlaufender Glasfassade.

Der nichtunterkellerte Neubau schließt mit seiner Nordwestecke auf einer Breite von rd. 2 m an den hier ebenfalls nicht unterkellerten Vortragsaal an. Der Abstand der Unterkellerung zum Vortragsaal beträgt rd. 5 m. Der Abstand des Gebäudes zu weiteren Gebäudeteilen bzw. zu Nachbarbebauung beträgt mindestens rd. 25 m, zur Bühne auf der Freifläche im Museumspark rd. 7 m.

Über die Gründung des angrenzenden Vortragsaal liegen uns keine Angaben vor. Mit Blick auf die örtlichen Baugrundverhältnisse in Verbindung mit unseren örtlichen Kenntnissen wird zunächst von einer tiefgezogenen Flachgründung (Pfeiler) oder einer Tiefgründung mit Pfählen ausgegangen (Überprüfung erforderlich).

Konkrete Angaben zum geplanten Höhenniveau des Bürgerforums liegen uns nicht vor. Die Oberkante des Fertigfußbodens im EG wird zunächst auf der Höhe des Fertigfußbodens OKFF des Bestandes (Vortragssaal) bei NHN + rd. 4,2 m abgeschätzt, die Gründungssole einer rd. 0,3 m dicken Stahlbetonsohlplatte mit einem rd. 0,15 m dicken Fußbodenaufbau rd. 0,45 m darunter etwa bei NHN + rd. 3,75m. Angaben zur geplanten Gründungssole des Teilkellers liegen nicht vor, sie wird vorliegend in rd. 3 m Tiefe unterhalb der Sohle des Erdgeschosses etwa bei NHN + rd. 0,75 m eingeschätzt.

Nach den Ansatzhöhen der Sondierungen liegt das Geländeniveau im Bereich der Baufläche derzeit zwischen NHN + rd. 3,2 m und NHN + rd. 4 m, nach Süden abfallend, demnach ist für die Errichtung der Erdgeschossebene bereichsweise eine Geländeanhebung um bis zu rd. 0,5 m möglich.

Lastangaben für den Neubau liegen uns ebenfalls nicht vor. Für die nachfolgenden Beurteilung werden die folgenden charakteristischen Lastgrößen zugrunde gelegt (einschließlich der Gründungselemente):

Linienlasten (Wände)	bis	rd. 100 kN/m
Stützenlasten (Fassade)	bis	rd. 250 kN
Flächenlasten (Sohle)	bis	rd. 5 kN/m <sup>2</sup> .

### 11.3 Hofüberdachung

Das Hauptgebäude mit dem Nord- Ost- West- und Südflügel weist einen im Wesentlichen rechteckigen Grundriss mit Seitenlängen von ca. 80 m und rd. 40 m auf (ohne Berücksichtigung weiterer Nebengebäude, Anlage 1.3). In der Mitte des Hauptgebäudes liegt ein nicht überbauter Innenhof (Atrium) mit Seitenlängen von rd. 50 m und rd. 12 m. Der Süd- und der Ostflügel sind eingeschossig und nicht unterkellert, der Nordflügel ist nicht unterkellert und zweigeschossig, der Westflügel 1-geschossig und unterkellert (Anlage 4.2).

Über die Gründung der unmittelbar benachbarten Gebäudeteile liegen uns keine Angaben vor. Mit Blick auf die örtlichen Baugrundverhältnisse in Verbindung mit unseren örtlichen Kenntnissen wird zunächst von einer tiefgezogenen Flachgründung (Pfeiler) oder einer Tiefgründung mit Pfählen für die nicht unterkellerten Gebäudeteile ausgegangen, für unterkellerte Bereiche ist auch ein Flachgründung möglich.

Der Innenhof wird derzeit durch einen rd. 6 m breiten eingeschossigen Verbindungsgang (mit Technikräumen) geteilt. Der größere, westliche Abschnitt des Innenhofs ist überwiegend gepflastert, örtlich ist Baumbewuchs vorhanden und eine zweigeschossige Fahrtstuhlanlage (rd. 3,2 m x 2,5 m), die das EG und das 1. OG des Nordflügels erschließt (Anlage 4.2). Der kleinere, östliche Innenhof ist teils gepflastert, teils mit Grünrabatten und Baumbewuchs bedeckt.

Zur Schaffung neuer Ausstellungsräumlichkeiten soll der Innenhof überdacht werden, die derzeitigen Glasfassaden des Innenhofes werden entfernt, die Räumlichkeiten in den Bestand integriert. Im Zuge der Umgestaltung der Ausstellungsräumlichkeiten ist der Rückbau des Verbindungsganges und der Oberflächenbefestigung vorgesehen, die Fahrtstuhlanlage bleibt erhalten.

Das neue Dach ist als mit Kupferblech gedeckte Holzkonstruktion vorgesehen, die teils auf das Bestandsdach aufgelegt wird (Südflügel), teils an die Fassade des Nordflügel angeschlossen wird (Anlage 4.2). Die vorhandene Konstruktion ist für die neuen Belastungen aus dem Dach (u. a. mit höheren Schneelasten) voraussichtlich nicht ausreichend tragfähig, so dass für den Lastabtrag der Überdachung nach dem derzeitigen Planungsstand neue Stahlbetonstützen erforderlich werden.

Die Oberkante des Fertigfußbodens im EG wird auf der Höhe des Fertigfußbodens OKFF des Bestandes bei NHN + rd. 4,2 m erwartet, die Gründungssohle der rd. 0,3 m dicken Stahlbetonsohlplatte bei einem rd. 0,15 m dicken Fußbodenaufbau rd. 0,45 m darunter bei NHN + rd. 3,75 m.

Das Tragsystem des Daches (Stützenanordnung, Anschluss an den Bestand, Entkopplung) ist planerisch noch nicht festgelegt, Lastangaben für die Sohlplatte und für die Stützen liegen nicht vor.

#### **11.4 Verkehrsflächen**

Südlich des Hauptgebäudes, entlang des Pfads zum *Ernst-Grohne-Weg* sowie zwischen dem Bürgerforum und dem Hauptgebäude (Museumspark) sind Verkehrsflächen (Zuwegungen, teils bauzeitlich) vorgesehen.

Die untersuchten Flächen südlich des Hauptgebäudes sind derzeit bereits überwiegend als gepflasterte Verkehrsflächen ausgebildet und werden als Zugang für das Museum genutzt, entlang des Pfads zum *Ernst-Grohne-Weg* ist eine Tragschicht aus einem Bauschutt-Sand-Gemisch vorhanden.

Angaben zum geplanten Aufbau oder zu Verkehrsbelastungen liegen uns nicht vor, es wird zunächst von einer Pflasterbauweise ausgegangen.

## 12 Gründungsbeurteilung

### 12.1 Gründungskriterien

Die Gründungssituation des geplanten Bürgerforums und der Hofüberdachung auf dem Gelände des Focke-Museums in *Bremen-Schwachhausen* wird geprägt:

*Allgemein:*

- von den unter der Oberbodenschicht und den Auffüllungen vorhandenen Niederungsböden wechselhafter Schichtdicke aus Auelehm und Torf, teils mit Sandlagen unterschiedlicher Dicke,
- dem daraus resultierendem Setzungspotentials (Konsolidations- und Kriechsetzungen),
- von potentiellen Schichtenwasserbildungen auf und in den Niederungsböden und
- von hohen Grundwasserständen,

zusätzlich für das *Bürgerforum*

- von der Einbindung des Untergeschosses (Teilkeller) in das Grundwasser,
- von den unterschiedlichen Gründungsebenen...
  - mit einer unterschiedlichen Schichtdicke der verbleibenden Niederungsböden,
  - mit unterschiedlichen Belastungen der Baufläche (unterkellert und nicht unterkellert) und
  - dem daraus resultierenden stark unterschiedlichen Setzungspotential,
- von der im südlichen Bereich möglichen Geländeanhebung um bis rd. 0,5 m,
- von dem teils unmittelbar angrenzenden baulichen Bestand und
- von dem angrenzendem Baumbewuchs (u. a. dem zu erhaltenden Mammutbau).

Zusätzlich für die *Hofüberdachung*

- von dem angrenzenden baulichen Bestand mit unterschiedlichen Gründungsebenen,
- von den Zusatzbelastungen des Bestandes durch den Dachneubau,
- von unterschiedlichen Bauflächenbelastungen durch das Tragwerk der Überdachung (Stützenlasten) und durch die neue Ausstellungsebene auf der Stahlbetonsohle (Flächenlasten) sowie
- von der Lage im Hauptgebäude mit räumlich begrenzten Möglichkeiten zur Durchführung von Erd- und Gründungsarbeiten.

### 12.2 Gründungsmöglichkeiten und Gründungsempfehlung für das Bürgerforum

Eine Flachgründung des Bürgerforums in bzw. oberhalb der Niederungsböden ohne Baugrundverbesserungsmaßnahmen scheidet wegen der Risiken langanhaltender Setzungen und Setzungsdifferenzen unverträglicher Größe (Konsolidationssetzungen der Auelehme und der Torfe) aus.

Ein vollständiger Bodenaustausch der Niederungsböden (Austauschtiefen bis rd. 4 m unter GOK) in der gesamten Baufläche ist bei diesen Tiefenlagen auch im Hinblick auf die Grundwasserstände und die

erforderlichen Sicherungsmaßnahmen für den angrenzenden Bestand (Unterfangung) technisch aufwendig und voraussichtlich nicht wirtschaftlich.

Eine Baugrundverbesserung durch eine temporäre Bodenvorbelastung mit einem Sandkörper (nennenswerter Dicke) ist prinzipiell möglich, jedoch wegen der Platzverhältnisse und mit Blick auf die Schichtdicke der Auelehme und der damit verbundenen langen Liegedauer (voraussichtlich mindestens 8 Monate) und die Auswirkungen auf vorhandene Bebauungen bzw. Nutzungseinschränkungen während der Liegezeit sowie mangels örtlicher Verwertbarkeit der Sandmassen aus dem Vorbelastungskörper nicht zweckmäßig.

Für das **Bürgerforum** ist deshalb eine **Tiefgründung mit Pfählen** zweckmäßig.

Alternativ zur einer Tiefgründung kann für den unterkellerten Bereich eine **Flachgründung** (je nach Tiefenlage der Sohle nach einem vollständigen Aushub der Niederungsböden) in den *Wesersanden* realisiert werden. Bei dieser Mischgründung wären die Übergänge zwischen dem dann flach gegründeten unterkellerten Bereich wegen des unterschiedlichen Setzungsverhaltens und dem über den Teilkeller auskragenden, nicht unterkellerten, Bereich entsprechend biegesteif auszubilden.

Der Teilkeller liegt im Einflussbereich des Grundwassers, er wird mit Blick auf die Grundwasserstände zweckmäßig in WU-Betonbauweise („weiße Wanne“) ausgebildet.

Baugruben sind in dieser Situation nicht ohne Weiteres standsicher auszubilden, hierfür wären vergleichsweise flache Böschungsneigungen zu berücksichtigen, insbesondere am Übergang zu dem benachbarten Vortragsaal oder zum Mammutbaum (ggf. zu weiterem Baumbestand im Umfeld) ist die Baugrube für den Teilkeller deshalb mit einem Verbau zu stützen.

Zur Trockenhaltung der Kellerbaugrube sind wegen der Grundwasserstände entweder nennenswerte Maßnahmen zur Grundwasserhaltung zu berücksichtigen (Grundwasserabsenkung mit Kosten für die Einleitung und ggf. Aufbereitung des Grundwassers sowie wegen der Reichweite der Absenkung Auswirkungen auf umliegende Bauwerke und damit verbundene behördliche Auflagen) oder zur Baugrubensicherung wird die Ausbildung einer wasserdichten Baugrube mit einem Spundwandkasten und einer unbewehrten Schwergewichtssohle oder einer künstlichen Sohldichtung erforderlich. Eine natürliche Sohldichtung ist der gegebenen Situation nicht vorhanden, die Torfschichten sind hierfür nicht geeignet.

### **12.3 Gründungsmöglichkeiten und Gründungsempfehlung für die Hofüberbauung**

Für die Umbau im Bereich der Hofüberdachung ist zwischen der Gründung der **Sohle** für die Ausstellungsräume und der Gründung des **Tragwerks** für die Überdachung zu unterscheiden.

Wegen der langen Liegezeit der vorhanden Hofbefestigung ist zunächst davon auszugehen, dass die Niederungsböden für das aus dieser Belastung resultierende Spannungsniveau bzw. für die bisherige Nutzung ausreichend konsolidiert sind und auch die Kriechsetzungen weitgehend abgeklungen sind. Sofern in Bezug auf das vorhandene Spannungsniveau mit flächenhaften Lasteinleitungen keine nennenswert höheren Belastungen zu erwarten sind (hier durch die Einzellasten von Stützen des Dachtragwerkes oder bei

Einzellasten größeren Exponate) kann eine setzungsarme **Flachgründung der Sohlplatte** mit einem annähernd gewichtsneutralen Auf- und -unterbau (z. B. mit Leichtbaustoffen) realisiert werden.

Hierzu sind die vorhandene Befestigung und Teile der Böden darunter durch einen Leichtbaustoff (Blähton oder Schaumglasschotter) auszutauschen und ggf. auch für die Massivbauteile (bewehrte Sohlplatte, Estrich) Leichtbaustoffe zu verwenden. Sofern ein gewichtsneutraler Aufbau für die Sohlplatte nicht gelingt, z. B. bei großen Flächenbelastungen oder höheren Einzelasten, ist eine Tiefgründung der dann freitragenden Sohlplatte mit Pfählen erforderlich.

Eine Flachgründung des Dachtragwerkes in bzw. oberhalb der Niederungsböden scheidet wegen der Risiken langanhaltender Setzungen und Setzungsdifferenzen unverträglicher Größe (Konsolidationssetzungen der Auelehme und der Torfe) aus. Eine Flachgründung ist auch wegen der potentiellen Auswirkungen auf die Bestandsgründung (Zusatzlasten für zu erwartende Pfähle) nicht möglich, so dass die **Stützen des Dachtragwerkes mit Pfählen tief zu gründen** sind.

Die Wahl des Pfahlsystems und die Auslegung der Pfahlgründung sind neben den Beschränkungen hinsichtlich der Zugänglichkeit auch von den zu erwartenden Pfahlkopfverformungen zur Aktivierung der Pfahltragfähigkeiten und den daraus resultierenden Auswirkungen (Zusatzbelastungen) auf den Bestand bzw. die Bestandsgründung abhängig.

Angaben zur Auslastung der Bestandsgründung liegen nicht vor, u. E. sind zur Vermeidung von Schäden Lasterhöhungen für den Bestand zu verhindern bzw. zu minimieren. Bei einem unmittelbaren Anschluss des neuen Dachtragwerkes an das bestehende Tragwerk sind auch bei der Anordnung zusätzlicher Stützen wegen der erforderlichen Pfahlkopfsetzungen der neuen Gründungspfähle ungewollte Zusatzbelastungen des Bestands zu berücksichtigen, die u. E. nicht ohne weiteres schadlos aufgenommen werden können (u. a. im auskragenden Obergeschoss des Nordflügels).

Die neue Dachkonstruktion ist deswegen entweder so auszulegen, dass infolge der Pfahlkopfsetzungen der Neugründung keine ungewollten Zusatzbelastungen für den Bestand auftreten (z. B. durch eine vollständige Entkopplung des Dachtragwerkes vom Bestandstragwerk) oder die Pfahlkopfsetzungen sind konstruktiv (z. B. durch Überdimensionierung und konstruktive Maßnahmen) oder durch die Wahl des Pfahlsystems zu minimieren (vgl. Ziffer 14.2) und das Bestandstragwerk ist für die Zusatzbelastungen aus den unterschiedlichen Setzungen auszulegen bzw. hieraufhin zu überprüfen.

## **13 Gründung des Bürgerforums**

### **13.1 Gründungsverfahren**

Die Lasten des nicht unterkellerten Gebäudeteils werden mit Pfählen tief gegründet, für den Teilkeller wird nach dem vollständigen Aushub der Deckschicht und der Niederungsböden oberhalb der anstehenden Wesersande mit einer kräftigen Stahlbetonplatte im Schutz eines horizontal ausgesteiften Baugrubenverbaus eine Flachgründung realisiert.

Die Gründungssohle des Teilkellers liegt unter dem zu erwartenden Grundwasserstand, wegen der ohnehin erforderlichen wasserdichten Ausbildung des Kellers („weiße Wanne“) wird der Teilkeller zweckmäßig mit einer zweilagig bewehrte Stahlbeton-Gründungsplatte ( $d \geq 30$  cm) gegründet. Mit dieser Bauweise werden die verbleibenden Setzungsrisiken durch die Schluffbänderungen in den oberen Zonen der Wesersande konstruktiv minimiert; durch die Ausführung von Sohle, Wänden und Decke in Stahlbetonbauweise entsteht ein biege- und torsionssteifer Stahlbeton-Hohlkasten.

Die Übergänge zwischen dem Teilkeller (Decke) und dem nicht unterkellerten Bereich (Sohle) sind biegesteif auszubilden.

Zur Errichtung des Teilkellers wird eine rd. 3 m tiefe Baugrube, die für den Bodenaustausch der Niederungsböden ggf. bis rd. 4 m zu vertiefen ist, benötigt. In der örtlichen Situation mit begrenzten Platzverhältnissen, mit benachbarten baulichen Anlagen (Vortragsaal) und dem Baumbestand, mit ungünstigen Baugrund- und Grundwasserverhältnisse und ggf. negativen Auswirkungen auf die Pfahlgründung des nicht unterkellerten Gebäudeteils (sofern die Pfahlgründung zeitlich vor dem Keller realisiert wird), ist an allen Baugrubenseiten eine verformungsarme Baugrubensicherung notwendig, hier wegen der Grundwasserverhältnisse als Spundwandverbau. Wegen der freien Standhöhe der Wand wird zudem eine Aussteifung erforderlich.

Zur Herstellung der Baugrube wird eine Grundwasserabsenkung erforderlich, alternativ die Ausführung einer wasserdichten Baugrube mit einer Schwergewichtssohle oder einer künstlichen Sohldichtung. In ähnlichen Fällen hat sich die Ausführung einer wasserdichten Baugrube als unbewehrte Schwergewichtssohle bewährt, um die mit u. U. mit hohen Kosten für die Einleitung und ggf. Aufbereitung verbundene Grundwasserabsenkung und die nicht kalkulierbaren Kosten für die mit der Erlaubnis zu erwartenden Auflagen zu vermeiden.

Bei Erd-, Pfahl- und Gründungsarbeiten sind die Hinweise unter Ziffer 15 zu beachten.

### **13.2 Flachgründung des Teilkellers**

Die vorgeschlagene Gründungskonstruktion für den Teilkeller (Sohle,  $d \geq 30$  cm) wirkt im Wesentlichen wie eine Plattengründung. Ein Versagen durch Grundbruch ist praktisch ausgeschlossen, wegen der großen Einbindetiefe auch am Rand. Örtlich große Lasteinleitungen können aber zu plastischen Untergrundverformungen mit entsprechend großen Bewegungen führen, deshalb ist eine Begrenzung der Bemessungswerte des Sohlwiderstands  $\sigma_{R,d}$  (Bodenpressung) erforderlich.

Nachfolgend wird die Tragfähigkeit des Baugrunds im Bereich von hohen Lasteinleitungen (Stützen, Wände) vereinfacht wie für Einzel- und Streifenfundamente angegeben. Diese ideellen, in der rd. 0,3 m dicken Sohlplatte integrierten Fundamente mit rechnerisch mindestens 0,5 m Sohlbreite (Wandstärke mind. 0,2 m, Streifenfundamente) bzw. mit mindestens 1 m Sohlkantenlänge (Einzelfundamente, Stützenabmessungen mind. 0,4 m/0,4 m) können unter Berücksichtigung eines Grundwasserspiegelanstiegspotentials bis zur Geländeoberkante und nach dem vollständigen Austausch der Niederungsböden unter diesen Randbedingungen für die folgende Bemessungswerte des Sohlwiderstands<sup>2</sup> gemäß DIN 1054:2010-12 bemessen werden.

#### Streifenfundamente

$$\sigma_{R,d} = 200 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Sohlbreite } b \geq 0,5 \text{ m bis } 1 \text{ m}$$

#### Einzelfundamente, quadratisch

$$\sigma_{R,d} = 240 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Sohlbreite } b \geq 1 \text{ m bis } 1,5 \text{ m}$$

Die angegebenen Bemessungswerte des Sohlwiderstands  $\sigma_{R,d}$  der Tabellen 12 sind für die Bemessungssituation BS-P ermittelt worden, die Anwendung für die Bemessungssituation BS-T liegt auf der sicheren Seite. Bei schrägem und ausmittigem Lastangriff sind die o. a. Bemessungswerte des Sohlwiderstands  $\sigma_{R,d}$  entsprechend DIN 1054:2010-12 anzuwenden bzw. abzumindern.

Zur Ermittlung einer veränderlichen Sohldruckverteilung als Eingangsgröße einer statischen Sohlplattenbemessung kann nach dem vollständigen Austausch der Niederungsböden u. E. ein Bettungsmodul von

$$k_{s,k} = 25 \text{ MN/m}^3 \text{ bis } 50 \text{ MN/m}^3 \text{ (unterkellelter Bereich)}$$

angesetzt werden.

Die größeren Werte des Bettungsmoduls gelten jeweils für die Fundamentrandbereiche, sie berücksichtigen die seitliche Spannungsausbreitung im Baugrund. Rechnerische Spannungsspitzen unter der Platte sollten  $250 \text{ kN/m}^2$  nicht überschreiten, am Rand sind die oben angegebenen Bemessungswerte des Sohlwiderstands  $\sigma_{R,d}$  einzuhalten.

Die mit Bettungsmodulverfahren berechneten Verschiebungen der Sohlplatte dürfen nicht als Baugrundsetzungen interpretiert werden.

### **13.3 Tiefgründung der nichtunterkellerten Bereiche**

#### **13.3.1 Geeignete Pfahlsysteme**

Bauwerkslasten könnten hier aus rein geotechnischer Sicht sowohl mit Bohrpfählen nach DIN EN 1536:2015-10 als auch mit gerammten oder gebohrten Verdrängungspfählen nach DIN EN 12699: 2015-07 tief gegründet werden. Bei der Wahl des Herstellungsverfahrens ist hier mit Rücksicht auf die unmittelbar

---

<sup>2</sup> Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands nach DIN 1054:2010-12, sie sind nicht gleichzusetzen mit den aufnehmbaren Sohldrücken nach DIN 1054:2005-01 oder mit den zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.

angrenzenden Museums-Gebäude ein erschütterungsarmes Verfahren vorzuziehen, so dass die Ausführung von Rammpfählen hier nicht in Frage kommt.

Der Einsatz konventioneller Bohrpfähle ist hier kaum wirtschaftlich, es wird der Einsatz eines den Boden verdrängenden Spezialpfahlsystems empfohlen (VVB-Pfähle oder VSB-Pfähle).

Die oben genannten Kriterien werden grundsätzlich auch mit Mikropfähle gemäß DIN EN 14199:2015-07 eingehalten, die alternativ gegenüber den gebohrt hergestellten bodenverdrängende Spezialpfahlsystemen in Betracht gezogen werden können, erfahrungsgemäß jedoch mit höheren wirtschaftlichen Aufwendungen.

Angaben zu Mikropfählen enthält Ziffer 14, die auch für das Bürgerforum herangezogen werden können, wenn hierfür eine Gründung mit Mikropfählen verfolgt wird (ggf. unter Wirtschaftlichkeitsaspekten zur Vermeidung einer zweiten Baustelleneinrichtung).

### 13.3.2 Herstellungsverfahren

In Norddeutschland bewähren sich seit Dekaden die Schraubbohrpfähle der Systeme VVB-Pfahl (Voll-Verdrängungs-Bohrpfähle) und VSB-Pfahl (Verdrängungs-Schnecken-Bohrpfahl) als technisch gleichwertige und wirtschaftlichere Alternative zu herkömmlichen, verrohrt gebohrten Bohrpfählen.

VSB-Pfähle sind Schneckenbohrpfähle nach DIN EN 1536, die ohne Verrohrung mit durchgehender Bohrschnecke mit großem Zentralrohrdurchmesser hergestellt ( $D_i/D_a \geq 0,6$ ) werden, wobei der Boden auch bei idealem Bohrvorgang nur zum kleinen Teil verdrängt, überwiegend gefördert wird. Die mit Boden gefüllte Bohrschnecke muss die Bohrlochwandung stützen, dazu ist eine äußerst sorgfältige Durchführung erforderlich.

VVB-Pfähle sind temporär verrohrte Verdrängungspfähle gemäß DIN EN 12699, bei ihrer Herstellung wird der Boden vollständig seitlich verdrängt.

Beide Pfahltypen erhalten eine bis zum Pfahlfuß durchgehende Schaftbewehrung.

Die verfahrenstechnisch erzielbaren Absetztiefen von VVB-Pfählen sind *in praxi* auf eine Einbindung von etwa 3 m in dichte Sande ( $q_c \geq 15 \text{ MN/m}^2$ ) bzw. auf etwa 5 m in mitteldichte Sande ( $q_c = 7,5 \text{ bis } 10 \text{ MN/m}^2$ ) begrenzt, so dass größere Einbindetiefen hier nur mit sehr leistungsfähigen Systemen erreicht werden können.

Diese Spezialpfahlsysteme dürfen in weichen bindigen Böden mit einer undrainierten Kohäsion  $c_{u,k} < 15 \text{ kN/m}^2$  (hier vorhanden) nur dann verwendet werden, wenn dementsprechende positive Erfahrungen vorliegen. Solche Erfahrungen liegen in *Bremen* vor, solche Pfahltypen sind hier bereits vielfach erfolgreich hergestellt worden, es ist aber der Nachweis des Herstellers für sein System im vergleichbaren Baugrund erforderlich. Zur Sicherung der Frischbetonintegrität in den weichen Niederungsböden ist sonst der Einbau von Hülzen notwendig, üblich und zweckmäßig.

Die Durchführbarkeit des konkret gewählten Herstellungsverfahrens und die Tragfähigkeit des Pfahlsystems sind rechtzeitig vor Baubeginn durch die örtliche oder eine vergleichbare Erfahrung des Anbieters nachzuweisen.

### 13.3.3 Pfahllängen und Absetztiefen

Druckpfähle sollen regelhaft mindestens 2,5 m, Zugpfähle mindestens 5 m tief in den ausreichend tragfähigen Baugrund einbinden.

Ausreichend tragfähiger Baugrund für Pfahlkrafteinleitungen wird gemäß den *Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ (EA-Pfähle, Unterlage U 4.5.3)* bei Sanden durch einen Sondierspitzendruck der Drucksonde CPT von  $q_c \geq 7,5 \text{ MN/m}^2$  angezeigt, Pfahlfüße sind in Bodenzonen mit einem Sondierspitzendruck  $q_c \geq 10 \text{ MN/m}^2$  abzusetzen; diese Qualität wird mit der vorliegenden Drucksondierung in den Wesersanden angezeigt. Unter Berücksichtigung der Tiefenlage der Basis der Niederungsböden wird diese Qualität demnach durchgängig ab  $\text{NHN} - \text{rd. } 1 \text{ m}$ , in Bezug auf ein mittleres Geländeniveau von  $\text{NHN} + \text{rd. } 4 \text{ m}$  entsprechend etwa ab rd. 5 m Tiefe unter GOK angezeigt. Pfahlfüße von Druckpfählen sind demnach mindestens ab 7,5 m Tiefe unter GOK, entsprechend ab  $\text{NHN} - \text{rd. } 3,5 \text{ m}$  abzusetzen.

Die Absetztiefen sind zunächst wegen der unterlagernden *Sand-Schluff-Zone* auf rd. 11,5 m Tiefe unter GOK zu begrenzen.

Die Lagerungsdichte der Sande wurde bislang nur mit einer Drucksondierung am Rand der Baufläche aufgeschlossen, zur Verifizierung sind nach Baufeldfreimachung in der Baufläche noch zwei zusätzliche Drucksondierungen erforderlich.

### 13.3.4 Pfahltragfähigkeit

Die Grenztragfähigkeit von Pfählen ergibt sich aus dem Zusammenwirken von Mantelreibung und Pfahlspitzendruck.

Der Tragfähigkeitsnachweis von Pfählen ist regelhaft durch Pfahlprobelastungen zu erbringen. Sie werden entweder vor Ort durchgeführt, oder aber es werden die Ergebnisse andernorts unter vergleichbaren Verhältnissen durchgeführter Pfahlprobelastungen anhand vergleichbarer Parameter übertragen. In einfachen Fällen mit eindeutigen Baugrundverhältnissen genügt auch die sachverständige Übertragung allgemeiner Erfahrungswerte; DIN 1054:2010-12 verweist dazu auf die Angaben und Tabellenwerte der *EA-Pfähle* der DGGT (Unterlage U 4.5.3).

Für VVB-Pfähle vom *Typ Fundex* und vom *Typ Atlas* liegen in EA-Pfähle ausreichend abgesicherte Ansatzwerte für eindeutige Baugrundverhältnisse vor, die anhand der Ergebnisse von Drucksondierungen zugewiesen werden. Das Herstellungsprotokoll der Pfähle wird sodann als qualitätssichernde Maßnahme für jeden Einzelpfahl ausgewertet.

In der Tabelle 13.1 werden für die Baufläche des Bürgerforums die charakteristischen Werte von Pfahlspitzenwiderstand und Pfahlmantelreibung als untere Tabellenwerte der Empfehlungen des

Arbeitskreises „Pfähle“ angegebenen, sie entsprechen den 10%-Fraktilwerten der zugrunde liegenden Datenmenge, die entsprechend den dortigen Angaben im Regelfall anzuwenden sind.

Voraussetzung für die Anwendung der Widerstandswerte von VVB-Pfählen ist erfahrungsgemäß, dass in der tragfähigen Baugrundformation (Pfahleinbindelänge) mit den üblicherweise eingesetzten Bohrgeräten durchgehend ein Betriebsdruck des Bohrgerätes von mindestens rd. 150 bar, bei Erreichen der Absetztiefe von rd. 280 bar erreicht wird und dass dieser Betriebsdruck als Kontrollwert für den Eindringwiderstand zum Ende der Bohrung hin nicht abfällt.

Anhand der ersten drei Herstellungsprotokolle sind die Kriterien für die weiteren Bauwerkspfähle durch den Hersteller mit entsprechender Begründung festzulegen und mit uns abzustimmen.

**Tabelle 13.1 VVB-Pfähle – Baufläche des Bürgerforums**  
Vorläufige charakteristische Werte der Pfahlmantelreibung und des Pfahlsitzenwiderstandes zur Ermittlung der Pfahltragfähigkeit (untere Tabellenwerte gemäß EA-Pfähle)<sup>1)</sup>

Bodenart	Tiefe	Pfahlmantelreibung		Pfahlfußtiefe	Pfahlsitzenwiderstand	
		Atlas-Pfähle $q_{s,k}$	Fundex-Pfähle $q_{s,k}$		Atlas-Pfähle $q_{b,k}$	Fundex-Pfähle $q_{b,k}$
GOK: NHN + rd. 4 m	in m unter GOK [mNHN]	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>	in m unter GOK [mNHN]	MN/m <sup>2</sup>	MN/m <sup>2</sup>
Auffüllungen, Niederungsböden	bis 5 [-1]	nicht tragfähig		bis 7,5 [-3,5]	nicht zulässig	
Wesersande mitteldicht bis dicht	bis 6,5 [-2,5]	0,18	0,10			
Wesersande mitteldicht	bis 8,5 [-4,5]	0,11	0,05	bis 8,5 [-4,5]	3,4	4,9
Wesersande mitteldicht	bis 11,5 [-7,5] <sup>2)</sup>	0,16	0,085	bis 11,5 [-7,5] <sup>2)</sup>	4,1	6,1

<sup>1)</sup> Zuordnung der Ergebnisse anhand der Ergebnisse der vorliegenden Drucksondierung, Hinweise unter Ziffer 19 beachten

<sup>2)</sup> Begrenzung der Absetztiefe wegen der unterlagernden Sand-Schluff-Zone

Zur Tragfähigkeitsermittlung von VSB-Pfählen werden hier anhand langjähriger Erfahrung die Bemessungsparameter für die Pfahltragfähigkeit konventioneller Bohrpfähle zugrunde gelegt, die in der Tabelle 13.2 angegeben sind.

**Tabelle 13.2 Konventionelle Bohrpfähle (verrohrt gebohrt) – Baufläche Bürgerforum**  
vorläufige charakteristische Werte der Pfahlmantelreibung und des Pfahlsitzenwiderstandes  
zur Ermittlung der Pfahltragfähigkeit (untere Tabellenwerte gemäß EA-Pfähle)<sup>1)</sup>

Bodenart	Pfahlfußtiefe	Pfahlmantelreibung	Pfahlfußtiefe	Pfahlsitzenwiderstand
		$q_{s,k}$		$q_{b,k}$
GOK: NHN + rd. 4 m	in m unter GOK [mNHN]	MN/m <sup>2</sup>	in m unter GOK [mNHN]	MN/m <sup>2</sup>
Auffüllungen, Niederungsböden	bis 5 [-1]	nicht tragfähig	bis 7,5 [-3,5]	nicht zulässig
Wesersande mitteldicht bis dicht	bis 6,5 [-2,5]	0,12		
Wesersande mitteldicht	bis 8,5 [-4,5]	0,07	bis 8,5 [-4,5]	2,1
Wesersande mitteldicht	bis 11,5 [-7,5] <sup>2)</sup>	0,105	bis 11 [-7,5] <sup>2)</sup>	2,5

<sup>1)</sup> Zuordnung der Ergebnisse anhand der Ergebnisse der vorliegenden Drucksondierung, Hinweise unter Ziffer 19 beachten

<sup>2)</sup> Begrenzung der Absetztiefe wegen der unterlagernden *Sand-Schluff-Zone*

Erfahrungsgemäß (aufgrund von andernorts durchgeführten Pfahlprobelastungen) wird bei ordnungsgemäßer Ausführung von VSB-Pfählen mit geeignetem Bohrwerkzeug gegenüber herkömmlich hergestellten Bohrpfählen eine Verdichtung der anstehenden Sande bewirkt, die eine Erhöhung der erfahrungsbasierten Pfahltragfähigkeitsparameter für herkömmliche Bohrpfähle begründet (untere Tabellenwerte in EA-Pfähle). Zur Anwendung der unteren Tabellenwerte für herkömmliche Bohrpfähle auf VSB-Pfähle ist eine Erhöhung der charakteristischen Werte um 15 % üblich, wenn aus den tragenden Schichten nachweislich weniger Boden entnommen wird, als es dem rechnerischen Pfahlquerschnitt entspricht. Diese Volumenbilanz ist, insbesondere in der Lasteinleitungszone des Baugrundes, tiefenabhängig nachzuweisen, das geförderte Gesamtbodenvolumen des Bohrvorgangs ist zum Nachweis nicht geeignet.

Besser wird der tiefenabhängig aufzuzeichnende Schneckenumdrehungsfaktor (*Pitch-Rotation-Factor*) herangezogen, indem die dafür erforderlichen Parameter vor Beginn der Bohrarbeiten an der Bohrschnecke ermittelt und während der Arbeiten angewendet werden, die automatische Protokollierung dieser Werte ist für solche Verfahren ohnehin vorgeschrieben (DIN EN 1536:2015-10).

Bei der Herstellung von VSB-Pfählen ist in DIN EN 1536:2015-10 vorgeschrieben, dass das Bohrwerkzeug durchgängig einen kontinuierlichen Eindringungsfortschritt mit möglichst geringer Anzahl an Umdrehungen aufweist, um die Entstehung von Sandlockerzonen durch unkoordinierte Rotation mit Bohrgutförderung zu vermeiden. Die Pfahlherstellung (Bohr- und Betonvorgang) muss deshalb DIN-gemäß automatisch protokolliert werden (u. a. Vortrieb und Umdrehungen, Ziehgeschwindigkeit und Betondruck, alle Werte tiefenabhängig). Auf die notwendige Einhaltung der Einzelschriften unter Ziffer 8.2.5.1, Ziffer 8.2.5.3 und Ziffer 8.1.5.5 in DIN EN 1536:2015-10 wird besonders hingewiesen.

Voraussetzung ist eine Bohrschnecke mit durchgängig zylindrischem Zentralrohr und ohne Überschnitt der Bohrkronen, Bohrschnecken mit konischem Zentralrohr erfüllen nicht die Voraussetzungen.

Für beispielhafte Abmessungen mit den empfohlenen Absetztiefen ergeben sich die berechneten charakteristischen Werte der Einzelpfahlwiderstände  $R_{1,k}$  für VVB-Pfähle vom Typ *Atlas* und vom Typ *Fundex* in den Tabellen 13.3 bzw. die charakteristischen Werte der Einzelpfahlwiderstände  $R_{1,k}$  für VSB-Pfähle unter Berücksichtigung der Tragfähigkeitserhöhung in den Tabelle 13.4, ermittelt anhand der vorliegenden Ergebnisse der Drucksondierung.

Die Anwendung der hier angegebenen Tabellenwerte ist an die strikte Einhaltung der o. a. Verfahrenseigenschaften und -bedingungen und an die Erfüllung der entsprechenden Dokumentationspflicht gebunden. Die Abstützung von Tragfähigkeitsnachweisen auf diese Tabellenwerte erfordert wegen der unterschiedlichen Geräte, Bohrwerkzeuge und Verfahrenstechniken der Anbieter unsere vorherige Bestätigung der Verfahrenskompatibilität.

Für Zugpfähle dürfen die Erfahrungswerte des Mantelwiderstandes aus den Tabellen der EA-Pfähle nur in besonderen Ausnahmefällen verwendet werden, dazu müssen sie nennenswert reduziert werden; vorliegend wurde eine Reduktion auf das 0,7-fache vorgenommen.

Für den Nachweis einer ausreichenden äußeren Tragfähigkeit mit Bemessungswerten der Pfahlwiderstände entsprechend dem Partialsicherheitskonzept in DIN 1054:2010-12 sind die angegebenen charakteristischen Werte des Pfahldruckwiderstandes  $R_{c,k}$  und  $R_{t,k}$  unter Anwendung der Partialsicherheitsfaktoren  $\gamma_t$  bzw.  $\gamma_{s,t}$  gemäß DIN 1054:2010-12, Tabelle 3, abzumindern (zulässige Pfahlbelastungen entsprechend dem globalen Sicherheitskonzept gemäß DIN 1054:1976-11 wurden aus den Pfahlgrenzlasten mit einer globalen Sicherheitszahl  $\eta = 2,0$  abgeleitet).

**Tabelle 13.3 VVB-Pfähle - Baufläche Neubau Bürgerforum**  
**vorläufige charakteristische Werte der Pfahlwiderstände  $R_{c,k}$  und  $R_{t,k}$**   
(entspricht der Pfahlgrenzlast gemäß DIN 1054:1976-11)

Absetztiefe <sup>1)</sup> GOK: NHN + rd. 4 m		VVB Typ <i>Atlas</i> Druckwiderstand/Zugwiderstand $R_{c,k} / R_{t,k}$ in kN			VVB Typ <i>Fundex</i> Druck- /Zugwiderstand $R_{c,k} / R_{t,k}$ in kN	
m unter GOK	mNHN	Ø 31/41 cm	Ø 41/51 cm	Ø 46/56 cm	Ø 38/45 cm	Ø 44/56 cm
7,5	-3,5	940 / ---	1.300 / ---	1.510 / ---	1.020 / ---	1.480 / ---
8,5	-4,5	1.080 / ---	1.480 / ---	1.700 / ---	1.080 / ---	1.550 / ---
9,5	-5,5	1.380 / 590	1.880 / 730	2.150 / 800	1.370 / 280	1.970 / 320
10,5	-6,5	1.580 / 730	2.140 / 910	2.430 / 1.000	1.470 / 350	2.080 / 410
11,5 <sup>2)</sup>	-7,5 <sup>2)</sup>	1.790 / 870	2.390 / 1.090	2.720 / 1.190	1.570 / 420	2.200 / 490

Ø Schaft- /Fußdurchmesser --- als Zugpfahl nicht zulässig

<sup>1)</sup> Festlegung der Absetztiefe über das Herstellungsprotokoll der Pfähle

<sup>2)</sup> vorläufige Begrenzung der Absetztiefe wegen der unterlagernden Sand-Schluff-Zone

**Tabelle 13.4 VSB-Pfähle - Baufläche Neubau Bürgerforum**  
**vorläufige charakteristische Werte der Pfahlwiderstände  $R_{c,k}$  und  $R_{t,k}$**   
(entspricht der Pfahlgrenzlast gemäß DIN 1054:1976-11)

Absetztiefe GOK: NHN + rd. 4 m		VSB-Pfähle Druckwiderstand/Zugwiderstand $R_{c,k}$ / $R_{t,k}$ in kN		
m unter GOK	mNHN	Ø 42 cm	Ø 50 cm	Ø 60 cm
7,5	-3,5	710 / ---	930 / ---	1.220 / ---
8,5	-4,5	820 / ---	1.050 / ---	1.380 / ---
9,5	-5,5	1.040 / 450	1.330 / 540	1.730 / 640
10,5	-6,5	1.200 / 560	1.520 / 670	1.960 / 800
11,5 <sup>1)</sup>	-7,5	1.360 / 670	1.710 / 800	2.190 / 960

--- als Zugpfahl nicht zulässig

<sup>1)</sup> Begrenzung der Absetztiefe wegen der unterlagernden Sand-Schluff-Zone

Die angegebenen Pfahlwiderstände gelten für Einzelpfähle und setzen einen Mindestachsabstand entsprechend dem 3-fachen Pfahldurchmesser voraus.

Die angegebenen Pfahlwiderstände sind zu reduzieren, sofern im Zuge der Kampfmittelsuche Bohrungen im Bereich der geplanten Pfähle bis tiefer als 5 m unter GOK durchgeführt werden (siehe auch Ziffer 16.1).

### 13.3.5 Seitliche Bettung des Pfahlschaftes im Boden

Pfähle, die am Pfahlkopf durch Querkräfte und Biegemomente beansprucht werden, tragen solche Belastungen bei geeigneten Baugrundverhältnissen mit der seitlichen Bettung des Pfahlschafts in den Baugrund ab. Hierbei wird die Biegesteifigkeit des Pfahles in Anspruch genommen. Die damit verbundene Pfahlbeanspruchung kann näherungsweise nach einem Bettungsmodulverfahren rechnerisch ermittelt werden, die damit berechneten Verschiebungsgrößen treffen nicht zu.

In den Auffüllungen und Niederungsböden darf eine seitliche Bettung vorliegend nicht berücksichtigt werden, diese Böden würden sich dem horizontalen Lastabtrag durch Konsolidierung entziehen. Horizontallasten können durch seitliche Bettung der Pfähle planmäßig erst in den *Wesersanden* unter den Niederungsböden in den Baugrund eingeleitet werden.

Ein statischer Bettungsmodul für kleine Verschiebungen in ausreichend tragfähigen Böden kann näherungsweise aus dem statischen Steifemodul der Böden und dem jeweiligen Pfahlschaftdurchmesser schichtweise nach folgender Beziehung angesetzt werden:

$$k_s = E_s/d$$

Hierin bedeuten:

$$\begin{aligned} k_s &= \text{Bettungsmodul} \\ E_s &= \text{Steifemodul des Bodens} \\ d &= \text{Pfahlschaftdurchmesser} \end{aligned}$$

Damit dieses Berechnungsmodell anwendbar ist, ist nachzuweisen, dass die berechnete Pfahlverschiebung in den Bettungsböden 2 cm oder  $0,03 \cdot D$  nicht überschreitet (Anwendungsgrenze des Modells, der kleinere Wert ist maßgebend). Außerdem ist nachzuweisen, dass die berechnete Größe der Bettungsspannung ( $\sigma_{h,k}$ ) die wirksame Erdwiderstandsspannungen im ebenen Fall ( $e_{ph,k}$ ) nicht übersteigt, anderenfalls ist der lineare Bettungsansatz nicht gültig.

Der Bettungswiderstand für dieses einfache Modell errechnet sich näherungsweise aus dem Steifemodul des bettungsfähigen Bodens und dem jeweiligen Pfahldurchmesser.

Bettungsmodulverfahren taugen lediglich zur Ermittlung der Biegebeanspruchung der Pfähle, die mit solchen Verfahren berechneten Verschiebungen treffen nicht zu. Sind die Horizontalverschiebungen der Pfahlköpfe relevant für die Tragsicherheit oder die Gebrauchstauglichkeit des Objektes, sind dementsprechende Probelastungen durchzuführen (vgl. EA-Pfähle, Ziffer 5.8).

Die konstruktiv bessere Lösung zur Aufnahme von Horizontalbelastungen sind Schrägpfähle. Die herstellbare Pfahlneigung hängt vom Pfahltyp und vom Bohrgerät sowie von der örtlichen Aufstellmöglichkeit des Pfahlherstellungsgeräts ab.

Der Abtrag von Horizontallasten durch Reibung der Sohle auf dem Untergrund ist langfristig nicht gesichert, die Sohlplatte kann hohl fallen.

### 13.3.6 Zusatzbelastungen auf Pfähle

Zusatzbelastungen der Pfähle infolge negativer Mantelreibung, infolge Seitendrucks sowie infolge setzungsinduzierter Biegebelastungen (bei Schrägpfählen) werden durch Geländeanhebung, Baugrubenaushub oder durch zusätzliche Belastungen des Geländes sowie durch Wichteänderungen des Baugrundes (z. B. durch Bodenaustausch) verursacht, soweit die Pfähle in deren Druckausstrahlungsbereichen liegen.

Im dem südlichen Bauflächenbereichen sind Geländeanhebungen um bis rd. 0,5 m möglich. Um die daraus resultierenden Zusatzbelastungen für die Pfähle zu vermeiden, ist die Geländeanhebung möglichst frühzeitig vor der Pfahlherstellung (mind. rd. 3 Monate vorher) durchzuführen, damit die dadurch bedingten Setzungen vor der Pfahlherstellung weitgehend abgeschlossen sind; in diesem Fall ist der Ansatz einer **negativen Mantelreibung** auf die Pfähle oder einer **Setzungsbiegung** nicht erforderlich.

Bei einer Geländeanhebung ohne entsprechende Liegezeit vor Baubeginn ist die „negative Mantelreibung“ bei der Pfahlbemessung bis zur Basis der Niederungsböden als Einwirkung in folgender Größe zu berücksichtigen:

— Niederungsböden  $\tau_{n,k} = 10 \text{ kN/m}^2$ .

Einseitige Geländeanhebungen, ein Baugrubenaushub oder einseitige Lastflächen können horizontale Verschiebungen der Niederungsböden bewirken, die zu einem **Seitendruck** auf die in diesem Bereich befindlichen Pfähle führen.

Entsprechende Belastungen sind im Endzustand des Gebäudes zunächst nicht ersichtlich, so dass u. E. der Ansatz eines Seitendruckes entfallen kann. Die gilt auch bei der Ausführung der empfohlenen Baugrubenkonstruktion mit der ausgesteiften Spundwandverbau und dem Austausch der Niederungsböden, da infolge des Ungleichgewichts (Baugrubenaushub für die Unterkellerung) dann keine horizontalen Verschiebungen der Weichschichten in Richtung der Pfähle ausgelöst werden.

Bei anderen Baugrubenkonstruktionen (u. a. bei geböschten Baugruben) oder bei nennenswert größeren Belastungen als angenommen (z. B. bei Geländeanhebungen, Lagerlasten, Verkehrslasten etc.) wird auf die EA-Pfähle verwiesen, in Ziffer 4 finden sich dort Berechnungsansätze zur Ermittlung des Seitendruckes auf Pfähle.

Ein Seitendruck bei asymmetrischer Belastung des Baugrundes neben den Pfählen ist dann entweder als resultierender Erddruck (Differenz der Erddrücke, die auf gegenüberliegende Flächen eines im Boden eingebetteten Bauteils einwirken) oder als Fließdruck des Bodens (infolge Vorbeifließens des Bodens an einem im Boden eingebetteten Bauteil) anzusetzen. Der jeweils kleinere Wert ist maßgebend. Angaben zum Berechnungsverfahren enthalten EA-Pfähle.

Die maßgebende Gesamtbeanspruchung (Erddruck oder Fließdruck) ist demnach über die gesamte Höhe der Niederungsböden bis zu den tragfähigen Schichten (Wesersande) zu ermitteln und als konstante Spannung anzusetzen. Die Beanspruchung des Einzelpfahls ist abhängig vom gegenseitigen Pfahlabstand bzw. von der Einflussbreite des Einzelpfahls. Die Einflussbreite der resultierenden Erddruckdifferenz ist gemäß EA-Pfähle mit mindestens der dreifachen Pfahlbreite anzusetzen.

Unabhängig von der Notwendigkeit einer Seitendruckbemessung wird empfohlen die Pfähle in den bindigen Böden von weicher Konsistenz für das Mindestbiegemoment gemäß EA-Pfähle, Bild 4.11, zu bemessen.

Wegen der unzureichenden seitlichen Stützung in den Weichschichten mit Anfangsscherfestigkeiten  $c_{u,k} < 15 \text{ N/m}^2$  ist die Knicksicherheit der Pfähle explizit nachzuweisen.

## **13.4 Setzungsabschätzung**

### **13.4.1 Pfahlkopfsetzungen**

Die zu erwartenden Einzelpfahlkopfsetzungen unter Gebrauchslasten werden für VSB-Pfähle je nach Pfahlauslastung und Pfahlart erfahrungsgemäß mit rd. 0,5 cm bis rd. 1,5 cm, für VVB-Pfähle mit rd. 0,5 cm bis rd. 1 cm, die Setzungsdifferenzen zwischen zwei benachbarten Pfählen bei annähernd gleicher Auslastung für beide Pfahlsysteme mit rd. 0,5 cm abgeschätzt.

### **13.4.2 Setzungsabschätzung der Flachgründung**

Zur Bewertung der Flachgründung wurde zunächst eine rechnerische Setzungsabschätzung mit extremen Annahmen durchgeführt. Die rechnerische Setzungsgröße  $ca/s$  kann nach der DIN 4019 aus folgender Beziehung ermittelt werden:

$$s = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_{m,i}}{E_{s,i}} \cdot h_i$$

Hierin bedeuten:

$\Delta \sigma_{m,i}$	mittlere setzungswirksame Bodenspannung in der Schicht i
$h_i$	Dicke der Schicht i
$E_{s,i}$	Steifemodul der Schicht i
n	Anzahl der kompressiblen Schichten

Die tatsächlichen Setzungsmaße hängen auch davon ab, ob die Lasten tatsächlich und in vollem Umfang setzungswirksam werden. Die steife Stahlbeton-Gründungsplatte trägt die Lasten der aufgehenden Geschosse als Plattengründung weitgehend flächig in den Baugrund ein.

Die Aushubentlastung für die Herstellung des Untergeschoss bzw. für eine bis rd. 3 m tiefe Baugrube beträgt schätzungsweise rd. 40 kN/m<sup>2</sup>, demgegenüber steht eine mittlere Bauflächenlast für zwei Geschosse von ca. 30 kN/m<sup>2</sup>, die Gesamtlast des unterkellerten Gebäudes ist demnach kaum setzungswirksam. Setzungen infolge Kraftschluss zum Baugrund, Wiederbelastungsverformung und baubetrieblicher Einwirkung werden unter Berücksichtigung einer flächigen Lasteneinleitung der Untergeschosssohle und unter Berücksichtigung des vollständigen Austauschs der Niederungsböden in der Größenordnung von wenigen Millimetern abgeschätzt.

Größere örtliche Bauwerkssetzungen können sich durch Spannungskonzentration unter den Wänden und Wänden im Gebäude ergeben. Mit den Abmessungen der Fundamente nach Abschnitt 13.2, unter Berücksichtigung des vollständigen Austauschs der Niederungsböden und bei vollständiger Ausnutzung der in Ziffer 13.2 angegebenen Bemessungswerte des Sohlwiderstands sind nach den Ergebnissen der rechnerischen Abschätzung folgende Größenordnungen der Endsetzungsmaße zu erwarten:

min s	=	rd. 0 cm (Einzelfundament a = b = 1 m; Streifenfundament b = 0,5 m)
max s	=	rd. 0,5 cm (Einzelfundament a = b = 1,5 m; Streifenfundament b = 1 m)

### 13.4.3 Setzungsdifferenzen

Aus den Ergebnissen der Setzungsabschätzungen für die Pfahlkopfbalken des Erdgeschosses und die Setzungen des flach gegründeten Untergeschosses ergeben sich die folgenden Setzungsdifferenzen:

Setzungsdifferenz zwischen Teilkeller und nicht unterkellertem Bereich:

$\Delta s_{\min}$	=	rd. 0,5 cm (wahrscheinlich)
$\Delta s_{\max}$	=	rd. 1,5 cm (möglich)

Die zu erwartenden Setzungsdifferenzen werden sich über größere Abstände verteilen. Bei Zugrundelegung einer Entwicklungslänge entsprechend dem Abstand der Kellerwände zu den tiefgegründeten Außenwänden ergibt sich für den Hochbau rechnerisch eine maximale Bauteil-Verdrehung von

$$\tan \alpha = \Delta s / l = 0,5 / 500 = 1 / 1000 \text{ (wahrscheinlich)}$$

$$\tan \alpha = \Delta s / l = 1,5/500 = 1 / 333 \text{ (möglich).}$$

Setzungsunterschiede von 1/500 werden im allgemeinen als Sicherheitsgrenze zur Vermeidung von Rissen, die Größenordnung von 1/300 als *"Grenze für erste Risse in tragenden Wänden"* angesehen (vgl. EVB 1993, Empfehlungen „*Verformungen des Baugrundes bei baulichen Anlagen*“).

Die tatsächlichen Setzungsmaße hängen auch davon ab, ob die Lasten tatsächlich und in vollem Umfang setzungswirksam werden.

Die Setzungen resultieren überwiegend aus den Pfahlkopfsetzungen und den Kraftschlussetzungen des Untergeschosses. Die Setzungen werden sich überwiegend unmittelbar im Zuge der Lastaufbringung (Rohbauphase) einstellen, die Endsetzungsmaße entwickeln sich anschließend erst bei hinreichend langer Einwirkung der vollen Lasten (u. a. Schneelasten, Verkehrslasten).

## **14 Gründung der Hofüberdachung**

### **14.1 Gründungsverfahren**

Die Lasten der Dachkonstruktion (**Tragwerk**) werden mit Pfählen tief gegründet.

Wegen der langen Liegezeit der Auffüllungen ist davon auszugehen, dass die Niederungsböden für das aus der Belastung durch die Auffüllung zur Geländeanhebung resultierende Spannungsniveau konsolidiert sind und dass die Kriechsetzungen weitgehend abgeklungen sind. Die Gründung der **Sohlplatte** mit dem Ziel eines langfristig verformungsarmen Fußbodens kann hier deshalb mit einem in Bezug auf das vorhandene Spannungsniveau annähernd gewichtsneutralem Fußbodenauf- und -unterbau aus Leichtbaustoffen erfolgen.

Hierzu sind ein Teil der Auffüllungen und der Niederungsböden unterhalb der vorhandene Oberflächenbefestigung durch einen Leichtbaustoff auszutauschen und ggf. auch für die Massivbauteile (bewehrte Sohlplatte, Estrich) Leichtbaustoffe zu verwenden. Im Hinblick auf die Durchführung der Arbeiten ist aus geotechnischer Sicht hier die Verwendung mineralischer Leichtbaustoffe für die Auffüllung zweckmäßig. Für vergleichbare Aufgaben wird Blähton oder Schaumglasschotter verwendet, welche ggf. auch für die Wärmedämmung der Sohle mit einbezogen werden können.

Mit einem solchen Aufbau ist u. E. hier ein verformungsarmer Fußbodenaufbau realisierbar, Restrisiken verbleiben in Bezug auf unvermeidliche, geringfügige Setzungen infolge Durchführung der Arbeiten an sich, verbleibende Kriechsetzungsbeiträge sowie sonstige zukünftige Zusatzbelastungen (z. B. Grundwasserabsenkungen oder Nutzungsänderungen).

Alternativ bzw. wenn der gewichtsneutrale Aufbau nicht gelingt (z. B. bei hohen Einzellasten auf der Sohle) ist eine Tiefgründung einer dann freitragenden Sohlplatte mit Pfählen zu wählen, diese minimiert dann das verbleibende Setzungsrisiko, ist erfahrungsgemäß jedoch mit höheren wirtschaftlichen Aufwendungen verbunden.

### **14.2 Tiefgründung der Hofüberdachung**

#### **14.2.1 Geeignetes Pfahlsystem**

Kriterien für die Eignung von Pfahlsystemen sind vorliegend die Zugänglichkeit und die beschränkten Platzverhältnisse für Pfahlherstellgeräte sowie die Notwendigkeit eines erschütterungsarmen Herstellungsverfahrens zum Schutz der angrenzenden Nachbarbebauung. Wegen der beengten Verhältnisse dem geringem Abstand zum Hauptgebäude sind größere Bohrwerkzeuge kaum einsetzbar.

Die oben genannten Kriterien werden grundsätzlich mit Mikropfählen gemäß DIN EN 14199:2015-07 eingehalten oder von eingepressten Verdrängungspfählen nach DIN EN 12699: 2015-07. Alternativ ist im Innenhof (je nach Zugänglichkeit) auch der Einsatz von innengerammten Stahlrohrpfählen nach DIN EN 12699: 2015-07 denkbar, letzteres Verfahren ist gegenüber Einpresspfählen- und Mikropfählen erfahrungsgemäß mit geringfügig größeren Herstellgeräten, jedoch mit größeren Erschütterungen und Geräuschemissionen verbunden.

Bei Mikropfählen sind gegenüber Einpresspfählen höhere Pfahlkopfsetzungen zu berücksichtigen (vgl. Ziffer 14.2.6). Einpresspfähle benötigen ein Widerlager mit ausreichender Totlast das für den Einpressvorgang benötigt wird (vgl. Ziffer 14.2.3).

Die innere Tragfähigkeit des Bestandtragwerkes ist planerisch für zu erwartenden Pfahlkopfsetzungen zu untersuchen (Lastfall Stützensenkung). Sofern das bestehende Tragwerk nicht für diese Pfahlkopfsetzungen bemessen ist bzw. keine entkoppelte Gründung für das neue Dachtragwerk verfolgt wird, wird beim Einsatz von Mikropfählen die Anordnung eines durchgehenden Pfahlkopfbalkens in Längsrichtung der Hofüberdachung empfohlen, der hier zur Vergleichmäßigung der Lasten und zum Setzungsausgleich und damit zur Verringerung der Pfahlkopfsetzungen beiträgt. Weiterhin sollten die Mikropfähle in diesem Fall ausreichend überdimensioniert werden.

Die folgenden Ziffern enthalten die Angaben zur Bemessung der Pfahlgründung der Hofüberdachung mit Mikropfählen und mit Einpresspfählen. Die Angaben zu den Einpresspfählen können auch auf innengerammte Stahlrohrpfähle übertragen werden.

Die Angaben für die Mikropfähle können erforderlichenfalls auch für die Tiefgründung des Bürgerforums herangezogen werden (vgl. Ziffer 13.3.1), Einpresspfähle sind für das Bürgerforum nicht einsetzbar.

#### **14.2.2 Mikropfähle**

Maßgebende Vorschrift für die Herstellung und die zulässige Belastung von Mikropfählen ist die DIN EN 14199:2015-07 in Verbindung mit DIN 1054:2010-12.

Mikropfähle sind reine Mantelreibungspfähle. Sie werden als Ortbetonpfähle oder als Verbundpfähle (mit durchgehendem Stahltragglied: „GEWI-Pfähle“) hergestellt.

Das unverrohrte Lösen des Bodens im Spülverfahren ist nicht zulässig, *Ortbetonpfähle* sind im Schutze eines Mantelrohres im Bohrverfahren bis zur erforderlichen Tiefe abzuteufen und nach Einstellung des Bewehrungskorbes beim Ziehen der Verrohrung unter Anwendung von Druckluft mit Feinkornbeton auszubetonieren. *Verbundpfähle* besitzen ein durchgehendes, vorgefertigtes Tragglied, in der Regel aus Stahl („GEWI-Pfähle“), das in das Mantelrohr oder in die Bohrung eingebaut und auf ganzer Länge mit Zementsuspension verpresst wird. Der Verpressdruck wird durch Luft oder Flüssigkeit auf das Verpressgut aufgebracht. Die Verpressung kann insbesondere bei bindigen oder bei hohlraumreichen, kiesigen sowie locker gelagerten Böden durch „Nachverpressen“ wiederholt werden, wenn dafür mit der Bewehrung bzw. mit dem Tragglied im Vorfeld Injektionsschläuche eingebaut werden. Mikropfähle dürfen mit einem Durchmesser bis höchstens 300 mm hergestellt werden (Durchmesser des Bohrwerkzeuges).

Im vorliegenden Fall dürften Verbundpfähle verfahrenstechnisch am besten geeignet sein.

Es ist mangels Biegesteifigkeit der Mikropfähle im Allgemeinen erforderlich, (auch) schräge Pfähle anzuordnen, um ein räumlich stabiles Stabwerk zu erreichen, damit sämtliche Gründungslasten planmäßig durch Normalkräfte abgetragen werden.

### 14.2.3 Einpresspfähle

Einpresspfähle werden ohne nennenswerte Bodenförderung schussweise (Abschnittslängen rd. 1 m bis rd. 2 m) und erschütterungsfrei hydraulisch in den Baugrund gepresst (Vollverdrängungssystem) benötigen jedoch ein Widerlager mit ausreichender Totlast. Als Widerlager für die Pressen können vorliegend die Decke des Obergeschoss oder die vorhandene EG-Sohlplatte bzw. die neue Sohlplatte verwendet werden, sofern eine ausreichende Ballastierung möglich ist (Betonplatten, Sandsäcke, Container mit Wasserfüllung) und die Stahlbetonbauteile hierfür bemessen sind. Die mögliche Totlast des Widerlagers bestimmt maßgeblich die möglichen Pfahlbelastungen.

Übliche Pfahldurchmesser liegen zwischen rd. 30 cm und rd. 50 cm. Bei der Pfahlherstellung wird jeder Pfahl üblicherweise etwa bis zur 1,5-fachen Gebrauchslast vorgepresst. Demnach liegt für jeden Pfahl ein verlässlicher Test der äußeren Tragfähigkeit vor.

### 14.2.4 Geeignete Pfahllängen und -absetztiefen

Gemäß den technischen Standards binden Mikropfähle in der Regel mindestens 5 m tief in ausreichend tragfähigen Baugrund ein, diese Einbindelänge sollte auch beim Einsatz von Einpresspfählen zunächst vorgesehen werden. Ausreichend tragfähiger Baugrund für Pfahlkrafteinleitungen wird gemäß den *Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ (EA-Pfähle)* bei Sanden durch einen Sondierspitzendruck der Drucksonde von  $q_c \geq 7,5 \text{ MN/m}^2$  angezeigt. Gemäß den *Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ (EA-Pfähle)* sind die Pfahlfüße in Bodenzonen mit einem Sondierspitzendruck  $q_c$  der Drucksonde von mindestens  $10 \text{ MN/m}^2$  abzusetzen.

Gemäß den Ergebnissen der Drucksondierung in der Baufläche des Bürgerforums ist für die Wesersande von einer ausreichende Qualität auszugehen, unter Berücksichtigung der Tiefenlage der Niederungsbasis ist zunächst die Zone ab Tiefen von NHN - rd. 1 m für den axialen Lasteintrag von Pfahlgründungen geeignet (vgl. Ziffer 13.3.3). Die Pfähle sind demnach mindestens bei NHN - rd. 6 m abzusetzen.

Die Lagerungsdichte der Sande wurde bislang in der Baufläche der Hofüberdachung nicht aufgeschlossen, zur Verifizierung sind in der Baufläche noch zusätzliche Drucksondierungen erforderlich, in Kombination mit Drucksondierungen im Bereich des Bürgerforums sind ggf. Rammsondierungen ausreichend.

### 14.2.5 Pfahltragfähigkeit

Die zulässige Belastung von Mikropfählen ist anhand der Ergebnisse von Probelbelastungen festzulegen (DIN 1054:2010-12). Diese Probelbelastungen sollen mindestens an 2 Pfählen, jedoch wenigstens an 3 % aller Pfähle durchgeführt werden.

Für Mikropfähle liegen in EA-Pfähle Ansatzwerte für eindeutige Baugrundverhältnisse vor, die anhand der Ergebnisse von Drucksondierungen zugewiesen werden. In der Tabelle 14.1 werden für die Baufläche die charakteristischen Werte der Pfahlmantelreibung als untere Tabellenwerte der Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ angegeben, sie entsprechen den 10%-Fraktilwerten der zugrunde liegenden

Datenmenge, die entsprechend den dortigen Angaben im Regelfall anzuwenden sind. Ein Pfahlspitzendruck darf bei Mikropfählen nicht angesetzt werden.

**Tabelle 14.1 Mikropfähle– Baufläche Hofüberdachung**  
**vorläufige charakteristische Werte der Pfahlmantelreibung**  
**zur Ermittlung der Pfahltragfähigkeit (untere Tabellenwerte gemäß EA-Pfähle)<sup>1)</sup>**

Bodenart	Pfahlfußtiefe	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$
GOK: NHN + rd. 4 m	in m unter GOK [mNHN]	MN/m <sup>2</sup>
Auffüllungen, Niederungsböden	bis 5 [-1]	nicht tragfähig
Wesersande mitteldicht bis dicht	bis 6,5 [-2,5]	0,23
Wesersande mitteldicht	bis 8,5 [-4,5]	0,16
Wesersande mitteldicht	bis 11,5 [-7,5] <sup>2)</sup>	0,22

<sup>1)</sup> Zuordnung der Ergebnisse anhand der Ergebnisse der vorliegenden Drucksondierung, Hinweise unter Ziffer 19 beachten

<sup>2)</sup> Begrenzung der Absetztiefe wegen der unterlagernden *Sand-Schluff-Zone*

Für eine Vordimensionierung können mit diesen Tabellenwerte für verpresste Mikropfähle mit exemplarischen Bohrdurchmessern von D = 20 cm, D = 24 cm und D = 28 cm die in Tabelle 14.2 angegebenen charakteristischen Werte der Pfahldruckwiderstände zugrunde gelegt werden.

Für Zugpfähle dürfen die Erfahrungswerte des Mantelwiderstandes aus den Tabellen der EA-Pfähle nur in besonderen Ausnahmefällen verwendet werden, dazu müssen sie nennenswert reduziert werden; vorliegend wurde eine Reduktion auf das 0,7-fache vorgenommen.

**Tabelle 14.1 Charakteristische Werte der Pfahlwiderstände  $R_{c,k}$  für Mikropfähle**

Pfahlabsetztiefe	Mikropfähle Druckwiderstand/Zugwiderstand $R_{c,k}$ / $R_{t,k}$ in kN		
	Ø 20 cm	Ø 24 cm	Ø 28 cm
m unter GOK [mNHN] (GOK: NHN + rd. 4 m)			
10 [-6,0]	630 / 440	750 / 520	880 / 610
10,5 [-6,5]	690 / 490	830 / 580	970 / 680
11,5 [-7,5]	830 / 580	1.000 / 700	1.170 / 810

Diese charakteristische Werte des Pfahlwiderstandes gelten für Einzelpfähle und setzen einen Mindest-achsabstand im Bereich der Verpressstrecke von mindestens rd. 1,5 m voraus.

Die Grenztragfähigkeit einzelner **Einpresspfähle** ergibt sich aus dem Zusammenwirken von Pfahlmantelreibung und Pfahlspitzendruck. Tragfähigkeitsnachweise für Pfähle sind regelhaft durch Pfahlprobelastungen zu erbringen. Sie werden entweder vor Ort durchgeführt, oder es werden Ergebnisse andernorts unter vergleichbaren Verhältnissen durchgeführter Pfahlprobelastungen übertragen. Bei der Einbringung im Einpressverfahren wird praktisch für jeden Einzelpfahl eine eigene Bauteilprüfung durchgeführt (Probelastung).

Für die Vorbemessung ist zunächst die sachverständige Übertragung allgemeiner Erfahrungswerte erforderlich. In den EA-Pfähle sind keine Tabellenwerte für Einpresspfähle angegeben. Da der Baugrund beim Einbau der Einpresspfähle vollständig verdrängt wird, werden vorliegend für eine Vordimensionierung die Tabellenwerte für gerammte Vollverdrängungspfähle aus Stahl zugrunde gelegt, die vorgeschlagenen Mantelreibungswiderstände und die Spitzendrücke entsprechen denen der geschlossenen Stahlrohrrammpfähle, ihre Anwendung setzt die beim Einpressen geschlossene Pfahlspitze voraus. Diese Werte können auch für innengerammte Stahlrohrpfähle mit geschlossener Spitze angesetzt werden.

Die damit ermittelten Werte der charakteristischen Mantelreibung und des Pfahlspitzendrucks sind in Tabelle 14.3 zusammengestellt.

**Tabelle 14.3** geschlossene Stahlrohr(ramm)pfähle – Baufläche Hofüberdachung  
vorläufige charakteristische Werte der Pfahlmantelreibung und des Pfahlspitzenwiderstandes zur Ermittlung der Pfahltragfähigkeit (untere Tabellenwerte gemäß EA-Pfähle)<sup>1)</sup>

Bodenart	Pfahlfußtiefe	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$	Pfahlfußtiefe	Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$
GOK: NHN + rd. 4 m	in m unter GOK [mNHN]	MN/m <sup>2</sup>	in m unter GOK [mNHN]	MN/m <sup>2</sup>
Auffüllungen, Niederungsböden	bis 5 [-1]	nicht tragfähig	bis 7,5 [-3,5]	nicht zulässig
Wesersande mitteldicht bis dicht	bis 6,5 [-2,5]	0,09		
Wesersande mitteldicht	bis 8,5 [-4,5]	0,05	bis 8,5 [-4,5]	4,3
Wesersande mitteldicht	bis 11,5 [-7,5] <sup>2)</sup>	0,08	bis 11 [-7,5] <sup>2)</sup>	5,2

<sup>1)</sup> Zuordnung der Ergebnisse anhand der Ergebnisse der vorliegenden Drucksondierung, Hinweise unter Ziffer 19 beachten

<sup>2)</sup> Begrenzung der Absetztiefe wegen der unterlagernden *Sand-Schluff-Zone*

Die Verwendung der Tabellenwerte setzt eine fachgerechte und sorgfältige Herstellung der Pfähle nach verfahrenstypgerechten Kriterien und eine Qualitätssicherung durch vollständige Dokumentation der Herstellung voraus.

Zur Minimierung herstellungsbedingter Interaktionen und zur Sicherstellung der Wirkung als Einzelpfahl ist zwischen den Pfählen ein Mindestachsabstand einzuhalten, der auf jeden Fall größer ist als der dreifache Pfahlschaftdurchmesser.

Mit den Werten der Tabelle 14.4 ergeben sich die mit beispielhaften Pfahlabmessungen berechneten charakteristischen Werte der Einzelpfahlwiderstände  $R_{c,k}$  für Einpresspfähle in den Tabelle 14.4, ermittelt anhand der vorliegenden Ergebnisse der Drucksondierung in der Baufläche des Bürgerforums. Diese Werte können auch für innengerammte Stahlrohrpfähle mit geschlossener Spitze angesetzt werden.

**Tabelle 14.4 Charakteristische Werte der Pfahlwiderstände  $R_{c,k}$  für eingepresste geschlossener Stahlrohrpfähle**

Pfahlabssetztiefe	geschlossene Stahlrohrpfähle Druckwiderstand $R_{c,k}$ in kN	
	Ø 32,4 cm	Ø 40,6 cm
m unter GOK [mNHN] (GOK: NHN + rd. 4 m)		
10 [-6,0]	790	1.130
10,5 [-6,5]	830	1.180
11,5 [-7,5]	910	1.280

Diese charakteristische Werte des Pfahlwiderstandes gelten für Einzelpfähle und setzen einen Mindestachsabstand im Bereich der tragfähigen Böden von mindestens rd. 1,5 m voraus.

Für den Nachweis einer ausreichenden äußeren Tragfähigkeit mit Bemessungswerten der Pfahlwiderstände entsprechend dem Partialsicherheitskonzept in DIN 1054:2010-12 sind die angegebenen charakteristischen Werte des Pfahldruckwiderstandes  $R_{c,k}$  und  $R_{t,k}$  unter Anwendung der Partialsicherheitsfaktoren  $\gamma_t$  bzw.  $\gamma_{s,t}$  gemäß DIN 1054:2010-12, Tabelle 3, abzumindern (zulässige Pfahlbelastungen entsprechend dem globalen Sicherheitskonzept gemäß DIN 1054:1976-11 wurden aus den Pfahlgrenzlasten mit einer globalen Sicherheitszahl  $\eta = 2,0$  abgeleitet).

Die angegebenen Pfahlwiderstände sind zu reduzieren, wenn und soweit im Zuge einer Kampfmittelsuche im Bereich der geplanten Pfähle tiefer als die Unterkante der Niederungsböden reichende Bohrungen durchgeführt werden.

Nach EC7/DIN1054 müssen schlanke Pfähle, die teilweise im Wasser oder in sehr weichen Sedimenten größerer Schichtdicke stehen, auf Knicken untersucht werden. Der Nachweis der Knicksicherheit ist unter Berücksichtigung der Verformungen (Theorie II. Ordnung) gemäß DIN 18800-2 zu führen, eine seitliche Stützwirkung des weichen Bodens darf dabei nicht angesetzt werden.

Bei Mikropfählen kann in Böden mit  $c_{u,k} > 10 \text{ kN/m}^2$  ein Knicken auftreten. Der Nachweis erfolgt ggf. durch den Pfahlhersteller.

#### **14.2.6 Pfahlkopfsetzungen**

Die axialen Pfahlkopfsetzungen unter Gebrauchslasten werden für o. g. Mikropfähle und -längen je nach Pfahlauslastung und Baugrundsichtung bis zu rd. 1,5 cm erwartet, die potenziellen Setzungsdifferenzen von benachbarten Druckpfählen bei etwa gleicher Last mit bis zu rd. 0,5 cm abgeschätzt.

Die möglichen Pfahlkopfsetzungen von Einpresspfählen sind überwiegend abhängig von der bei der Pfahlherstellung eingeprägten Vorspannung, sie betragen erfahrungsgemäß weniger als 0,5 cm, die potenziellen Setzungsdifferenzen von benachbarten Druckpfählen bei etwa gleicher Last mit bis zu rd. 0,2 cm abgeschätzt.

#### **14.2.7 Negative Mantelreibung und Seitendruck auf Pfähle**

Zusatzbelastungen von Pfählen infolge negativer Mantelreibung und infolge Seitendrucks werden durch Geländeanhebung und zusätzliche Belastungen ausgelöst, in deren Druckausstrahlungsbereich diese Pfähle liegen.

Die vorhandenen Bauwerke und die umgebenden Verkehrsflächen bestehen seit mehreren Dekaden, nach allgemeiner Erfahrung ist die Konsolidierung der Niederungsböden (Auelehm) für die bisherigen Lasten abgeschlossen.

Zusätzliche Belastungen oder eine Geländeanhebung sind unter Berücksichtigung des gewichtsneutralen Fußbodenaufbaus der neue Sohlplatte zunächst nicht vorgesehen, so dass der Ansatz einer negativen Mantelreibung und von Seitendrücken oder Zusatzlasten (Schrägpfähle) auf die Pfähle entfallen kann.

#### **14.2.8 Seitliche Bettung**

In den Auffüllungen und Niederungsböden darf eine seitliche Bettung vorliegend nicht berücksichtigt werden, diese Böden würden sich dem horizontalen Lastabtrag durch Konsolidierung entziehen.

Horizontallasten können durch seitliche Bettung der Einpress-Pfähle planmäßig erst in den *Wesersanden* unter den Niederungsböden in den Baugrund eingeleitet werden (Hinweise zur Bemessung enthält Ziffer 13.3.5). Eine seitliche Bettung der Mikropfähle ist nicht anzusetzen, Horizontalbelastungen sind ggf. durch Schrägpfähle aufzunehmen.

### **14.3 Flachgründung der Sohlplatte**

Die zweilagig kräftig bewehrte Sohlplatte mit dem Fußbodenaufbau wird auf einer Bodenersatzschicht aus einem mineralischen Leichtbaustoff (Blähton, Schaumglasschotter) nach dem Rückbau der vorhandenen Oberflächenbefestigung und einem Teilbodenaustausch der Auffüllungen und der Niederungsböden darunter flach gegründet.

Der Fußbodenaufbau, die Sohlplatte und die Tiefe des Teilbodenaustauschs sind so festzulegen, dass ein gegenüber dem Ist-Zustand weitgehend gewichtsneutraler Aufbau erzielt wird. Hierzu sind Teile der Böden

durch einen Leichtbaustoff (Blähton oder Schaumglasschotter) auszutauschen, ggf. werden auch für Massivbauteile (bewehrte Sohlplatte, Estrich) Leichtbaustoffe (Leichtbeton etc.) verwendet.

Für die Ermittlung der erforderlichen Austauschtiefe des Teilbodenaustausch sind Spannungs- und Setzungsbetrachtungen unter Berücksichtigung der vorhandenen Oberflächenbefestigung und des geplanten Aufbaus, dessen Höhenlage, der vorgesehenen Flächenbelastungen und der Kennwerte des zum Einsatz kommenden Verfüllmaterials durchzuführen.

Angaben über den geplanten Fußbodenaufbau liegen zum derzeitigen Planungsstand nicht vor, ebenso wie Angaben zum Ist-Zustand (Höhenlage, Auf- und Unterbau der Oberflächenbefestigung). Die marktüblichen Leichtbaustoffe haben eine große Bandbreite des Schüttgewichtes, der Leichtbaustoffs ist vorliegend ggf. auch unter Berücksichtigung nicht geotechnischer Aspekte (Nutzung als Wärmedämmschicht) festzulegen. Nach überschlägigen Berechnungen werden die Austausch Tiefen vorläufig zunächst zwischen rd. 0,5 m bis rd. 0,8 m unter der Sohlplatte abgeschätzt. Der tatsächliche Aufbau ist, nach der Festlegung des Aufbaus und des Füllmaterials im Zuge der weiteren Planung festzulegen.

Der Baugrund ist für die Aufnahme der zu erwartenden Flächenlasten ausreichend tragfähig (sachverständige Einschätzung, ohne weiteren Nachweis).

Eine rechnerische Setzungsabschätzung gemäß DIN 4019 ist wegen der gewichtsneutralen Bauweise hier nicht zielführend, die zukünftigen potentiellen Baugrundverformungen werden hier überwiegend vom lastunabhängigen Kriechsetzungspotential der Niederungsböden determiniert, das sich rechnerisch nicht zuverlässig einschätzen lässt. Erfahrungsgemäß werden die im Zusammenhang mit der Durchführung der Arbeiten und anschließend langfristig (> 20 Jahre) möglichen Setzungen in der Größenordnung bis rd. 0,5 cm eingeschätzt.

## **15 Empfehlungen zur Bauausführung - Bürgerforum**

### **15.1 Hinweise zu den Erdarbeiten und zur Pfahlherstellung**

Zur Erschließung der Baufläche ist zunächst die humose Deckschicht (Oberboden) abzuschieben.

Zur Pfahlherstellung ist ein tragfähiges Planum für das Bohrgerät sicherzustellen. Die vorhandene Deckschicht und die Niederungsböden sind hierfür nicht geeignet, es ist der Einbau einer Tragschicht (Mineralgemisch, Betonrecycling-Baustoff o. ä.) vorzusehen, die spezifischen Anforderungen an den Tragschichtaufbau und die Zufahrtsbedingungen (Schwerlastverkehr) sind mit dem Pfahlhersteller auf die gegebenen Baugrund- und Grundstücksverhältnisse abzustimmen, je nach Gerät und Fahrwerk dürfte hier erfahrungsgemäß ein Tragschichtaufbau von mindestens 0,5 m erforderlich sein.

Bei der Pfahlanordnung sind die Mindestabstände untereinander ( $\geq 3 \cdot D$ ) und ggf. auch die erforderlichen Mindestabstände zu den Gründungselementen der benachbarten Bebauung zu berücksichtigen (3-facher Pfahldurchmesser bzw. gerätebedingt wenigstens rd. 1 m zu Außenwänden von Bestandsbauwerke).

Die Pfähle werden von der derzeitigen Geländeoberfläche aus hergestellt und später in der erforderlichen Tiefe gekappt.

Bei der Ausführung ist eine geeignete Herstellungsabfolge der Pfähle zu planen, bei der bereits hergestellte Pfähle durch die fortlaufenden Arbeiten nicht negativ beeinträchtigt werden (siehe DIN EN 1536:2015-10). Befahren des Untergrundes zwischen den Pfählen aus jungem Beton (bei Ortbetonpfählen) kann durch Bodenbewegungen zu Schäden an den Pfählen führen.

Die Pfahlherstellung selbst wie auch die späteren Aushubarbeiten für die Pfahlkopfbalken ggf. für die Errichtung des Untergeschoss sind so durchzuführen, dass die zuvor hergestellten Pfähle nicht beschädigt werden. Baugeräte sind beim Bodenaushub so zu stellen, dass die Pfähle nicht durch Seitendruck gefährdet und aus ihrer Lage verschoben werden. Der Aushub der Baugruben für die Pfahlkopfbalken und die -platte erfolgt niveaugleich. Die Pfahlköpfe sind freizulegen und dürfen nicht belastet werden. Die Lage der Pfahlköpfe ist vor und nach dem Erdaushub einzumessen.

Für die Pfahlbetonqualität ist von einer chemisch schwach angreifenden Umgebung (Expositionsklasse XA 1) auszugehen (siehe Ziffer 5 und 8.2).

Für die Erdbau- und Gründungsarbeiten ist der Kampfmittelräumdienst (KRD) rechtzeitig in das Projekt einzubeziehen, insbesondere im Hinblick auf die Pfahl-Bohrarbeiten.

Zur Herstellung der Baugrube im Trockenen ist eine Grundwasserhaltung oder die Ausbildung einer wasserdichten Baugrube erforderlich (vgl. Ziffer 15.2).

Für die Flachgründung des Teilkellers sind die Niederungsböden vollständig auszuheben und je nach geplanter Bauweise gegen Füllsand oder Magerbeton auszutauschen. Als Füllsand ist ein gleichförmiger Gruben- oder Flusssand der Bodengruppe "SE" nach DIN 18196 geeignet, dessen Schlämmkornbeimengungen (Korndurchmesser  $< 0,06 \text{ mm}$ ) 5 M.-% nicht überschreitet.

Der Bodenaustausch der Niederungsböden gegen Füllsand ist im Schutze der Baugrubensicherung unterhalb der Gründungssohle soweit über die Bauwerksabmessungen hinaus durchzuführen, dass eine Druckausstrahlung unter einem Winkel von  $45^\circ$  gewährleistet ist (Austauschtiefe entspricht mindestens der Überstandsbreite), kann der seitliche Überstand entlang der Ränder nicht eingehalten werden, so erfolgt der Austausch hier mit Magerbeton, letzteres ist mit Blick auf die empfohlene Schwergewichtsohle ohnehin erforderlich (vgl. Ziffer 15.2).

## **15.2 Hinweise zur Trockenhaltung der Baugrube**

Die entspannten Grundwasserstände des eigentlichen Grundwasserleiter wurden erkundungszeitlich in Tiefen zwischen rd. 2,6 m und rd. 3,6 m unter GOK eingemessen, entsprechend zwischen NHN + rd. 0,3 m und NHN + rd. 0,8 m, darüber hinaus wurden Schichtwasserstände in sandigen Zonen der Niederungsböden in Tiefen zwischen rd. 0,8 m und rd. 2 m unter GOK, entsprechend zwischen NHN + rd. 2,9 m und NHN + rd. 1,5 m angetroffen. Nach den vorliegenden Daten zu den Grundwasserverhältnissen ist von einem Anstiegspotential im Aquifer bis NHN + rd. 2 m auszugehen, der bauzeitliche entspannte Grundwasserstand

wird etwa bei NHN + rd. 1 m abgeschätzt (Überprüfung nach Festlegung der Bauzeit und des Bauverfahrens erforderlich, vgl. auch Ziffer 19).

Die während der Erdarbeiten erforderlichen Wasserhaltungsmaßnahmen sind von den tatsächlichen bauzeitlichen Wasserständen abhängig, in den Sommermonaten sind niedrigere Wasserstände zu erwarten als in den Herbst-, Winter- und Frühlingsmonaten.

Zum gegenwärtigen Planungsstand ist eine Grundwasserhaltungsmaßnahme zur Durchführung der Gründungsarbeiten für die nicht unterkellerten Bereiche des Bürgerforums nicht erforderlich. Während der Bauzeit anfallendes Niederschlagswasser ist hier erforderlichenfalls mit Drainleitungen zu fassen, zu sammeln und geregelt abzuführen. Während der Bauzeit in die Baugruben für die Pfahlkopfbalken eintretendes Niederschlagswasser und zutretendes Schichtenwasser ist in Pumpensümpfen zu fassen und geregelt abzuführen. Bei hohen Schichtenwasserständen ist eine offene Wasserhaltung (Flächenfilter aus schlämmkornarmen Sand,  $d \geq 0,3$  m) anzuordnen, die in Pumpensümpfe entwässert, aus denen das Wasser mit Pumpenhilfe in die Vorflut gegeben wird. Als Flächenfilter eignen sich z. B. gewaschene Mittel- bis Grobsande (kein Feinsand).

Zur Herstellung des schätzungsweise rd. 3 m tief unter GOK einbindende Teilunterkellerung (Tiefenlage der abgeschätzt bei NHN + rd. 0,75 m, vgl. Ziffer 10) und der nach den bisherigen Erkundungsergebnissen bis NHN - rd. 0,8 m (Maximalwert) zu erwartenden Bodenaustauschmaßnahmen (zum Aushub der Niederungsböden) wird für einen Aushub im Trockenen bei einem bauzeitlich abgeschätzten Grundwasserstand (NHN + rd. 1 m) eine **Grundwasserabsenkung** um rd. 1,8 m erforderlich, bei Grundwasserhöchstständen eine entsprechend tiefere Absenkung; alternativ die Ausbildung einer **wasserdichten Baugrube** (siehe unten).

Wegen der wechselhaften Basistiefe der Niederungsböden (NHN  $\pm$  0 m und NHN - rd. 0,8 m) sind bei einer Grundwasserabsenkung angepasste Absenktiefen möglich. Der Bodenaustausch kann grundsätzlich auch im Schutze einer auf das Niveau bei NHN  $\pm$  0 m eingestellten Grundwasserhaltung ausgeführt werden. Der lokal im Grundwasser durchzuführende Bodenaustausch wird dann im "Andeckungsverfahren" durchgeführt. Dabei ist der Füllsand, dem Aushub unmittelbar folgend, von der gegenüberliegenden Seite einzubringen und sofort zu verdichten, bevor eine Wassersättigung eintreten kann. Bei diesem Verfahren ist die momentane "Baugrube" sehr klein, sie wandert über die Baufläche.

Das Grundwasser kann bei den angetroffenen Baugrundverhältnissen entweder mit verkiesten Drainagegräben gefasst oder mit Hilfe einer mit Vakuumpumpen betriebenen Steckfilteranlage (verkieste Minibrunnen) oder einer Brunnenanlage abgesenkt werden. Bedingt durch die Schluffbänderungen und die teils stark schluffigen Sande kann das Erreichen des Absenkzieles erschwert werden. Das Vakuum dient nur der Hebung des Wassers, eine Unterdruckentwässerung entsteht bei diesen Böden nicht.

Die Anlage sollte durch eine Schwimmerschaltung sorgfältig auf das Absenkziel eingestellt werden, um die Reichweite und damit die potentielle Beeinflussung benachbarter baulicher Anlagen möglichst gering zu halten. Es ist dabei darauf zu achten, dass die Anlage ausreichend abgefiltert wird und nach einer kurzen Einspielzeit keinen Sand fördert (Überprüfung im Sandfang).

Gemäß den Ergebnissen der chemischen Grundwasseranalyse (vgl. Ziffer 5.1) wurden die für grundwasserrechtliche Belange relevanten Parameter mit rd. 6,2 mg/l (Eisengehalt) bzw. rd. 47 mg/l (Chloridgehalt) ermittelt. Bei Eisengehalten > 5 mg/l sind bei Sauerstoffkontakt (Grundwasserentnahmen) "Ausflockungen" zu erwarten, so dass bei Einleitung entnommener Grundwassermengen in offene Gewässer eine Enteisungsanlage vorgeschaltet werden muss. Die erforderlichen Grenzwerte der maßgebenden Parameter für die Einleitung von Grundwasser sind mit den zuständigen Stellen abzustimmen.

Auf jeden Fall sollten nur Unternehmen mit der Ausführung beauftragt werden, die vergleichbare Maßnahmen nachweislich mit Erfolg bereits durchgeführt haben.

Zur Abschätzung der anfallenden Wassermengen ist nicht die Materialdurchlässigkeit der Bodenschichten, sondern die Systemdurchlässigkeit des Baugrundes maßgebend, die nach unseren Erfahrungen in *Bremen* in hydraulischen Berechnungen mit dem Rechenwert

$$k = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

zugrunde zu legen ist.

Die Wasserhaltung ist nach Festlegung der Bauzeit und der genauen Gründungstiefe und der Größe der Baugrube gesondert zu planen (u. a. hydrologische Berechnung).

Eine Grundwasserentnahme ist wasserrechtlich erlaubnispflichtig, es empfiehlt sich, den Antrag bei der zuständigen Behörde rechtzeitig (mindestens 10 Wochen) vorher zu stellen und den Entsorgungsweg für das geförderte Wasser zu klären. Dem Antrag sollte vorsorglich ein hoher Grundwasserstand und eine ausreichende Dauer der Absenkung zugrunde gelegt werden, weil die behördliche Erlaubnis in der Regel eine Begrenzung sowohl der pro Zeiteinheit geförderten Wassermenge als auch der geförderten Gesamtwassermenge enthält.

Bedingt durch den Auftriebsverlust trockenfallender Böden im Einflussbereich der Grundwasserabsenkung können Setzungen, beim Wiederanstieg des Grundwassers Sackungen dann auftreten, wenn vergleichbare GW-Absenkungen hier zuvor noch nicht durchgeführt worden sind. Die Setzungs- und Sackungsmaße sind von der Absenktiefe, von der Reichweite der Absenkung und von der Lagerungsdichte und der Kompressibilität der anstehenden Böden abhängig.

Bei vorgeschädigten Bauwerken und/oder bei unsachgemäßen Gründungen der Nachbarbauwerke sind Schäden nicht sicher auszuschließen. Es wird deshalb empfohlen, die örtlichen Verhältnisse hinsichtlich der Notwendigkeit von Beweissicherungen zu prüfen; im Zuge der Beantragung von Wasserhaltungsmaßnahmen werden diese seitens der Behörde voraussichtlich ohnehin gefordert (vgl. auch Ziffer 17.2).

Während der Bauzeit anfallendes Niederschlagswasser ist erforderlichenfalls mit Drainleitungen zu fassen und zu sammeln und zusammen mit der Wasserhaltung abzupumpen.

Zur Überwachung und Steuerung von Wasserhaltungsmaßnahmen ist die Grundwasserspiegeldruckhöhe in einem Grundwasserpegel bauzeitlich täglich zu messen und zu protokollieren.

In ähnlichen Fällen hat sich alternativ die Ausführung einer **wasserdichten Baugrube** als unbewehrte Schwergewichtssohle bewährt, um die mit u. U. mit hohen Kosten für die Einleitung und ggf. Aufbereitung verbundene Grundwasserabsenkung und die nicht kalkulierbaren Kosten für die mit der Erlaubnis zu erwartenden Auflagen zu vermeiden. Die erforderliche Maßnahmen zur Grundwasserhaltung beschränkt sich dann auf das Lenzen der Baugrube und das Fassen der Restwassermengen während der Herstellung des Teilkellers im Trocknen.

Bei einer unbewehrten Schwergewichtssohle wird die Sicherung gegen Aufschwimmen ausschließlich durch das Eigengewicht gewährleistet, bei der Herstellung wird je nach bauzeitlichem Grundwasserstand zum Vorbereiten des erforderlichen wasserdichten Anschlusses an den Verbau ggf. der Einsatz von Tauchern erforderlich. Der Aushub erfolgt unterhalb des Grundwasserspiegels im Nassen. Die Höhe des Baugrubenwasser ist unter Berücksichtigung der Anforderung an die Sohlstandsicherheit (hydraulischer Grundbruch und Auftrieb) zu regeln. Nach dem Einbau der Schwergewichtssohle wird die Baugrube gelenzt und das Untergeschoss eingebaut.

Die Schwergewichtssohle ist für einen bauzeitlichen Bemessungswasserstand zu bemessen, steigt das Grundwasser über diesen Wasserstand hinaus an, so ist die Baugrube kontrolliert zu fluten; eine Schwergewichtssohle ist gesondert zu planen.

### **15.3 Baugrubensicherung**

#### **15.3.1 Vorbemerkungen**

Für den nicht unterkellerten Gebäudeteil des Bürgerforums können wegen der ausreichenden Platzverhältnisse die nicht unmittelbar an Bestandsgebäude angrenzenden Baugrubenseiten mit geringer Tiefe prinzipiell geböscht hergestellt werden. Die Baugrube zur Herstellung der Pfahlkopfbalken und der -platte (Tiefen bis schätzungsweise rd. 1 m unter GOK) kann wegen der Anforderungen an die Verformungsbegrenzung (zum Schutz der Bauwerkspfähle) in den hier anstehenden Böden erfahrungsgemäß durch Böschungen temporär standsicher ausgebildet werden, wenn die Böschungsschultern von Lasten freigehalten werden (Gerät, Aushub- und Baumaterial), anderenfalls entsteht eine Gefährdung durch Böschungsgrundbruch. Bei Baugrubentiefen bis 1 m ist eine Neigung von 1 : 1,5 zu berücksichtigen. Die Aushubarbeiten für die Pfahlkopfbalken sind so durchzuführen, dass die zuvor hergestellten Pfähle nicht beschädigt werden (vgl. Ziffer 15.1).

Die Böschungsschultern sind in einem Abstand von 3 m von Lasten (Gerät, Aushub und Baumaterial) freizuhalten und dürfen dahinter nicht mit Flächenlasten von mehr als 10 kN/m<sup>2</sup> belastet werden.

Die Realisierung des Teilkellers wird in erheblichem Umfang von den schwierigen Baugrund- und Grundwasserverhältnissen und den benachbarten baulichen Anlagen (u. a. Vortragsaal), dem Baumbestand und den damit verbundenen wirtschaftlichen und technischen Risiken (u. a. Grundwasserabsenkung oder wasserdichte Baugrube, Baugrubenverbau) geprägt. Die Baugrubensohle ist in rd. 4 m Tiefe unter GOK (Austauschtiefe für den Aushub der Niederungsböden) zu erwarten.

Die Planung der Baugrube nach den Regeln der Technik ist in den EAB "Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben" (Unterlage U 4.5.2) geregelt, hier insbesondere in Kapitel 10 „Baugruben im Wasser“ und in Kapitel 12 „Baugruben in weichen Böden“ sowie in DIN 4124 „Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten“. Demnach ist die Böschungsstandsicherheit der Baugruben entsprechend DIN 4084 „Gelände- und Böschungsbruchberechnungen“ im vorliegenden Fall nachzuweisen.

Wegen der Nachbarbebauungen und benachbarten baulichen Anlagen sowie wegen der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse wird hier nach unserer Erfahrung ein allseitiger, verformungsarmer Baugrubenverbau erforderlich. Die Baugrube für den Teilkeller wird hier zweckmäßig als wasserdichte Baugrube im Schutz einer Baugrubensicherung ausgehoben, alternativ zur wasserdichten Baugrube im Schutze von Wasserhaltungsmaßnahmen (vgl. Ziffer 15.2).

### **15.3.2 Verbauwände**

Aus geotechnischer Sicht können zur Baugrubensicherung Ortbetonwände als Bohrspundwände oder als Schlitzwände sowie Stahlspundwände zum Einsatz kommen. Bei der Größe der Baugrube sind hier u. E. Spundwände zweckmäßig.

Die Spundbohlen sollten zur Reduktion der Beeinflussung der benachbarten baulichen Anlagen und des Baumbestandes (Verdichtungseffekte) sowie wegen der Lage der Baustelle in einem Wohngebiet (Geräuschpegel) erschütterungsarm eingebracht und nicht eingerammt werden.

Gute Erfahrungen liegen mit einer Vorgehensweise vor, bei der die Spundbohlen durch die organischen Schichten eingepresst und anschließend in die überwiegend mitteldichten Sande mit Vibrationshilfe eingebaut werden.

Wegen der potentielle Beeinflussung der baulichen Anlagen sollte die Spundbohlen möglichst im Baugrund verbleiben. Sollen sie wieder gezogen werden, so sind diese Arbeiten auch hinsichtlich der Auswirkungen auf den Neubau und die unmittelbar benachbarten baulichen Anlagen (Bodenbewegungen und Bodenentzug) zu bewerten. Die Spundwand kann oberflächennah prinzipiell auch auf eine erforderliche Tiefe abgebrannt werden.

Wegen der freien Standhöhe und der Notwendigkeit der Verformungsbegrenzung ist eine Stützung der Spundwand erforderlich, die hier wegen der geringen Baugrubenbreite zweckmäßig als Aussteifung erfolgt.

### **15.3.3 Erddruckbelastung und Wasserdruckbelastung**

Zur statischen Berechnung und Bemessung des Baugrubenverbaus können die unter Ziffer 6 aufgeführten Rechenwerte der Bodenparameter zugrunde gelegt werden. Zur Verformungsbegrenzung sollte zumindest im Bereich der unmittelbar benachbarten baulicher Anlagen vorsorglich ein erhöhter, aktiver Erddruck von  $k_{ah} = 0,5 \cdot (k_a + k_0)$  vorgesehen werden.

Der Wandreibungswinkel des aktiven Erddrucks wird mit  $\delta_a = 0$  (Auelehm, Torf) bis  $\delta_a = 2/3 \varphi'$  (Sand) angesetzt. Der Wandreibungswinkel des passiven Erddrucks ist in den Weichschichten ebenfalls mit  $\delta_p = 0$  anzusetzen, für die übrigen Schichten ergibt er sich aus der Gleichgewichtsbedingung  $\Sigma V = 0$ .

Der bindige Boden unter der Gründungssohle mobilisiert seinen Erdwiderstand erst bei relativ großen Verschiebungen. Durch die statische Berechnung der Spundwand können diese Verschiebungen nicht erfasst werden, die berechneten Verschiebungen der Spundwand geben nur die elastische Durchbiegung der Wand unter Annahme einer vollen Mobilisierung des Erddrucks und des Erdwiderstands wieder (durch die statische Berechnung der Spundwand wird nur ein möglicher Gleichgewichtszustand nachgewiesen). Die Größe der erforderlichen Verschiebungen kann nicht angegeben werden. Zur Verformungsbegrenzung im Erdauflager ist deshalb entsprechend den Angaben in der EAB (Unterlage U 4.5.2), für weiche, bindige Böden ein Anpassungsfaktor für den Erdwiderstand von  $\eta_p < 0,5$  anzusetzen.

Der Wasserdruck hinter den Spundwänden ist mangels technisch praktikabler Möglichkeit zur Entwässerung der Niederungsböden mindestens bis zur Oberkante der bindigen Schichten (Auelehme, hier entsprechend bis zur Geländeoberkante) zu berücksichtigen.

Zur Reduktion der Erddruckbelastung des Verbaus kann erforderlichenfalls das Baugrubenwasser während des Aushubs mit Wasserauflast in Höhe der bauzeitlichen Grundwasserspiegeldruckhöhe oder darüber eingestellt werden, dabei sind die Anforderungen an die Sohlstandsicherheit (hydraulischer Grundbruch und Auftrieb) zu berücksichtigen.

Die Baugrubensohle liegt unter dem Niveau des abgeschätzten maximalen entspannten Grundwasserstandes  $NHN + rd. 2 \text{ m}$ , so dass sich eine Wasserüberdruckbelastung durch eine nach oben gerichtete Grundwasserströmung durch die Niederungsböden einstellt. Es werden deshalb Maßnahmen zur Grundwasserhaltung bzw. zur hydraulischen Sicherung der Sohle notwendig (siehe Ziffer 15.2).

Im Übrigen wird auf die Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben" EAB (Unterlage U 4.5.2) verwiesen.

Zur Lagesicherung der Spundwände (unter der Wirkung schräger Ankerzüge) ist unter Beachtung der bauzeitlichen Aushubzustände eine ausreichende Einbindung des Baugrubenverbaus in die Sande unterhalb der Niederungsböden erforderlich. Mindestens sollte sie 2,5 m betragen, soweit sich nicht aus der erdstatischen Berechnung (einschließlich des Nachweises  $\Sigma V = 0$  oder Sohlstandsicherheit) eine größere erforderliche Einbindelänge ergibt.

### 15.3.4 Rechenwerte zum Abtrag vertikaler Kräfte

Gemäß EAB (Unterlage U 4.5.2) können zur Tragfähigkeitsabschätzung gerüttelter Wellenprofile folgende charakteristischen Werte der Mantelreibung und des Spitzenwiderstand in den überwiegend mitteldicht gelagerten, grundwassergesättigten Sanden unter den Niederungsböden berücksichtigt werden:

Sondierspitzendruckspannung:	$q_c \geq 10 \text{ MN/m}^2$
charakteristischer Wert der Mantelreibung:	$q_{s1,k} = 0,02 \text{ MN/m}^2$

charakteristischer Wert des Spitzenwiderstands  
(bezogen auf den Stahlquerschnitt):

$$q_{b1,k} = 9 \text{ MN/m}^2.$$

Für den Nachweis einer ausreichenden äußeren Tragfähigkeit entsprechend dem Partialsicherheitskonzept in DIN 1054:2010-12 sind die angegebenen charakteristischen Werte des Pfahlwandwiderstandes  $R_{c,k}$  unter Anwendung der Partialsicherheitsfaktors  $\gamma_t$  für Pfahlwandwiderstände gemäß DIN 1054:2010-12, Tabelle A 2.3, abzumindern.

Zur Tragfähigkeitsabschätzung gepresster Wellenprofile können die oben genannten charakteristischen Werte der Mantelreibung und des Spitzenwiderstands ebenfalls herangezogen werden, für auf den letzten 3 m gerammte Wellenprofile können die Werte um das 1,25-fache erhöht werden.

Die Mantelreibung  $q_{s,k}$  darf nicht auf der durch aktiven Erddruck beanspruchten Fläche als Widerstand angesetzt werden. Auf der Erdwiderstandsseite kann entweder die Vertikalkomponente des Bodenaufagers oder die Mantelreibung  $q_{s,k}$  angesetzt werden (siehe EB 84 der EAB).

## **16 Empfehlungen zur Bauausführung im Bereich der Hofüberdachung**

### **16.1 Hinweise zur Pfahlherstellung**

Die Pfähle werden zweckmäßig vom derzeitigen Geländeniveau aus hergestellt, wofür die Oberflächenbefestigung ggf. als Tragschicht genutzt wird. Die spezifischen Anforderungen an den Tragschichtaufbau und die Zugänglichkeiten sind mit dem jeweiligen Pfahlhersteller auf die gegebenen Baugrundverhältnisse abzustimmen.

Um Einschnürungen des Frischbetons zu vermeiden, sind die Pfahlbohrungen bis zum Arbeitsniveau auszubetonieren, sie werden erst nach der Erhärtung im Zuge des Bodenaushubs bis zur benötigten Länge gekappt.

Bei der Betonierung der Pfähle in den Niederungsböden ist ihre Frischbetonintegrität sicherzustellen, weil hier die Anfangsscherfestigkeit der Niederungsböden örtlich gering ist, teils mit  $c_{u,k} \leq 15 \text{ kN/m}^2$ . Allerdings wurden Mikropfähle in der Region bei gleichartigen Baugrundverhältnissen vielfach erfolgreich ausgeführt, die Herstellbarkeit integrierender Mikropfähle unter diesen Baugrundverhältnissen ist von der in Aussicht genommenen Unternehmung rechtzeitig vor Beginn der Bauausführung durch Referenzen oder durch örtliche Erfahrung, ansonsten durch vorherige Probepfahlherstellung und -prüfung nachzuweisen.

Für die Pfahlbetonqualität ist von einer chemisch schwach angreifenden Umgebung auszugehen (siehe Ziffer 5.2 und 8.2). bzw. dem Beton ist demnach die Expositionsklasse XA 1 zuzuordnen.

Mit der Herstellung der Gründungskonstruktion und mit den erforderlichen Sicherungsmaßnahmen sollten im Hinblick auf den Schwierigkeitsgrad nur Fachunternehmen beauftragt werden, die für ähnliche Aufgabenstellungen ausreichende Erfahrungen und Referenzen nachweisen können.

Für die Erdbau- und Gründungsarbeiten ist der Kampfmittelräumdienst (KRD) rechtzeitig in das Projekt einzubeziehen.

Die Kellerwände des Hauptgebäudes müssen für die Einwirkungen des Baubetriebs (Pfahlherstellungsgerät, ggf. Ballastierung des Widerlagers) ausgelegt sein oder ausgelegt werden.

### **16.2 Erdarbeiten**

Nach dem Rückbau der vorhandenen Oberflächenbefestigung erfolgt der Aushub der vorhandenen Auffüllungen und der Niederungsböden für den Einbau des Leichtbaustoffs (Blähton oder Schaumglasschotter).

Auf dem Aushubplanum wird ein zugfestes Trennvlies (ggf. Gitter-Vlies-Kombination) verlegt, anschließend wird der Leichtbaustoff lagenweise (i. d. R.  $d < 0,2 \text{ m}$ ) verdichtet eingebaut. Blähtoneinbau erfolgt üblicherweise durch Einblasen, Schaumglasschotter wird überhöht eingebaut und auf das Zielniveau verdichtet.

Die Verdichtung des einzubauenden Leichtbaustoffs und auch die Wahl des Verdichtungsgerätes erfolgt nach Vorgabe des Lieferanten.

Bei den Verdichtungsarbeiten ist der Grundwasserstand zu berücksichtigen. Eine dynamische Verdichtung des Leichtbaustoffs ist nur dann möglich, wenn der Grundwasserspiegel mindestens rd. 0,5 m unterhalb der Verdichtungsebene liegt. Bei höheren Grundwasserspiegeln führen die dynamischen Einwirkungen während des Verdichtungsvorgangs erfahrungsgemäß zu einem Aufweichen des Untergrundes und reduzierten Tragfähigkeiten, der Leichtbaustoff ist bei zu hohen Grundwasserständen deshalb quasi statisch durch Überfahrten mit einem motorisierten Handraupenwagen möglichst hohen Gewichtes zu verdichten.

Der oberste Dezimeter der Leichtbaustoffs wird ggf. durch Zementzugabe gebunden und als Sauberkeitsschicht ausgebildet.

Veröffentlichte Erfahrungen über Qualitätskontrollprüfungen an verdichteten Leichtbaustoffschüttungen liegen bisher nur in geringem Umfang und überwiegend nur für Straßenbaumaßnahmen vor. Die im Straßenbau für Qualitätskontrollprüfungen zumeist herangezogenen Plattendruckversuche sind wegen des dafür erforderlichen Gegengewichtes unseres Erachtens hier nicht geeignet. Aus geotechnischer Sicht wird zur Qualitätskontrolle hier zweckmäßig die Dichte des eingebauten Leichtbaustoffs durch Bodenersatzverfahren bestimmt und die Verdichtung auf der Grundlage von Herstellerangaben zur Dichte verdichteter Leichtbaustoffschüttungen festgelegter Kriterien beurteilt.

### **16.3        Sicherung der Baugrube**

Für den Einbau des Leichtbaustoffs und für die Herstellung der Pfahlkopfbalken ist je nach Gründungssohle bzw. in Abhängigkeit von der erforderlichen Aushubtiefe der vorhandenen Auffüllungen und der Niederungsböden für den Einbau des Leichtbaustoffs der Aushub von rd. 1 m bis rd. 1,5 m tiefen Baugruben (unter OKFF) erforderlich.

Nach den vorliegenden Unterlagen sind die Gebäude mit Pfählen tief gegründet. Besondere Sicherungsmaßnahmen oder ergänzende statische Nachweise sind für die geplanten Erdarbeiten dann nicht erforderlich.

Die seitliche Stützung der Baugruben wird teils von den Pfahlkopfbalken übernommen. Fehlen diese, können die Baugruben geringer Tiefe für den Einbau des Leichtbaustoffs und der Sohle in den Auffüllungen und den Niederungsböden über dem Grundwasserspiegel erfahrungsgemäß durch Böschungen mit einer Neigung von 1 : 1,5 temporär ausreichend gesichert werden. Die Böschungsschultern sind auf 1,5 m Breite von nennenswerten Lasten freizuhalten, die Anforderungen der DIN 4124 sind zu beachten.

Mitnahmesetzungen des vorhandenen Gebäudes infolge der Baumaßnahmen sind nicht zu erwarten, Geringfügige Rissbildungen durch unvermeidliche Spannungsumlagerungen während der temporären einseitigen Erddruckbelastung der Rostbalken und Außenwände beim Bodenaustausch sowie durch die erforderlichen Verdichtungsarbeiten können nicht sicher ausgeschlossen werden.

## **16.4        Trockenhaltung der Baugrube**

Die Notwendigkeit von Maßnahmen zur Trockenhaltungen ist zunächst nicht ersichtlich.

Schichtenwasserbildungen in den Auffüllungen über den Niederungsböden bis zur Geländeoberkante (Bemessungswasserstand, vgl. Ziffer 8.2) sind nicht auszuschließen (je nach den örtlichen Drainage- und Vorflutverhältnissen).

Zur Beherrschung ggf. zutretenden Schichten- und Oberflächenwassers wird an der Basis des Bodenaustauschkörpers eine umlaufenden Dränleitung angeordnet, die das anfallende Wasser in einen Pumpensumpf leitet, von dort wird es mit Pumpenhilfe in eine Vorflut gegeben. Zweckmäßig wird die Ringdränage durch einige beidseitig angeschlossene Querstränge im Abstand von höchstens 4 m ergänzt.

## **17            Generelle Empfehlungen zur Baumaßnahme**

### **17.1        Hinweise zur Trockenhaltung des Bauwerks**

Hinsichtlich der Planung und Ausführung der Abdichtungsmaßnahmen für das Gebäude wird auf DIN 18533 (Abdichtung von erdberührten Bauteilen) und DIN 18195 (Abdichtungen von Bauwerken - Begriffe) verwiesen.

Die Maßnahmen zur Trockenhaltung der Bauteile beziehen sich hier auf die Bauteile, die in den Anwendungsbereich der Norm fallen. Sie sind hinsichtlich des Grundwasserspiegelanstiegs bis in Höhe der jeweiligen GOK anzulegen, das Untergeschoss (Bürgerforum) wird hier zweckmäßig aus wasserundurchlässigem Beton (WU-Beton) konstruiert.

Der Bemessungswasserstand richtet sich nach den örtlichen Drainmaßnahmen zur Begrenzung des Wasserspiegelanstiegs in den Auffüllungen (schwebendes Grundwasservorkommen; in den aufzufüllenden Sanden); ohne jederzeit verlässlich wirksame Drainmaßnahmen ist der Bemessungsgrundwasserstand sowohl statisch als auch für die Abdichtung an der Geländeoberkante anzusetzen. Je nach Planhöhe des Geländes und der baulichen Anlagen sind konstruktive Sicherungen gegen Oberflächenwasserzutritte vorzusehen (Sockelausbildung und -abdichtung).

Die Unterkante der Sohle des Untergeschoss wird etwa in rd. 3 m Tiefe unter GOK erwartet, die Sohle der übrigen Bauteile in bis rd. 1 m Tiefe unter GOK, sie liegen teils im Bereich des Anstiegspotentials des entspannten Grundwassers (Untergeschoss), teils im Bereich des Anstiegspotentials des Schichtenwassers (übrige Bauteile).

Demnach sollte der Planung von Abdichtungsmaßnahmen vorsorglich eine „Wassereinwirkungsklasse W2.1-E“ (mäßige Einwirkung von drückendem Grundwasser bei  $\leq 3$  m Eintauchtiefe) gemäß DIN 18533-1:2017-07 und für den Teilkeller je nach Tiefenlage die „Wassereinwirkungsklasse W2.2-E“ (hohe Einwirkung von drückendem Wasser,  $> 3$  m Eintauchtiefe) zugrunde gelegt werden, sofern Grundwasser nicht ganzjährig durch den Einbau eines geeigneten gutdurchlässigen Materials ( $k \geq 10^{-4}$  m/s) bis in ausreichende Tiefe

( $\geq 0,5$  m unterhalb der untersten Abdichtungsebene) in Verbindung mit geeigneten Dränmaßnahmen vom Bauwerk ferngehalten wird.

Darüber hinaus wird empfohlen, das Niveau der Oberkante der Rohsohle im Erdgeschoss so zu planen, dass die sichere Trockenhaltung des Gebäudes gewährleistet ist, wenn es zu (unplanmäßigen, aber verschiedentlich aufgetretenen) Ansammlungen von Oberflächenwasser am Gebäude kommt, z. B. durch Schmelz-, Reinigungs- oder Löschwasser; Wolkenbrüche und auch durch Rohrbrüche und Kanalisationsversagen. Aus geotechnischer Sicht wird deshalb empfohlen, die Höhenlage des Gebäudes so anzuordnen, dass die Oberkante des Rohfußbodens im Erdgeschoss mindestens 0,1 m über der späteren Geländeoberkante liegt und Leitungsdurchführungen in der Sohle wasserdicht auszubilden.

Auf die Verwendung hinreichend wasserdurchlässigen Bodens zur seitlichen Anfüllung der Bauteile und zur Verfüllung der Baugrube (verdichteter Füllsand mit einem Schlämmkornanteil  $< 5$  M.-%) zwecks Vermeidung aufstauenden Sickerwassers wird hingewiesen.

Zur Abdichtung von Tiefgeschossen gegen drückendes Grundwasser haben sich als Alternative zur klassischen „schwarzen Wanne“ (geklebte Bitumenabdichtung) „weiße Wannen“ aus wasserundurchlässigem Beton gemäß DIN 1045 durchgesetzt. Ihr Vorteil liegt neben der einfachen Herstellung insbesondere in der frühen Erkennung von Undichtigkeiten, die unproblematisch durch Kunst-Harzinjektionen gezielt nachgedichtet werden können, während undichte „schwarze Wannen“ im Allgemeinen wirtschaftlich nicht mehr reparabel sind.

Auf der Grundlage der derzeit zur Verfügung stehenden Datengrundlage zu den Grundwasserverhältnissen und mit Blick auf die jüngsten Starkregenereignisse wird empfohlen, die Bauwerkssohle und die erdberührten Wände des Untergeschosses in WU-Betonbauweise herzustellen.

## **17.2 Beeinflussung und Sicherung benachbarter baulicher Anlagen**

Damit die Standsicherheit der vorhandenen Gebäude durch die Gründungsarbeiten für den Neubau nicht gefährdet wird, wird zunächst auf die Einhaltung der Empfehlungen der DIN 4123 (Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude) hingewiesen. Sie gibt an, wie in einfachen Fällen Ausschachtungs- und Gründungsarbeiten im Bereich bestehender Gebäude sowie Unterfangungen von Gebäudeteilen durchgeführt werden, ohne dass die Gebäudeteile schädliche Bewegungen erleiden.

Bei Einhaltung der Kriterien der DIN 4123 darf der Bodenaushub an vorhandenen Streifenfundamenten auf ganzer Länge bis 0,5 m oberhalb deren Gründungsebene durchgeführt werden, ein tieferer Aushub ist abschnittsweise herzustellen (Abschnittsbreite  $b \leq 1,25$  m, lichter Abstand der gleichzeitigen Abschnitte  $> 3 b$ ). Die vor den benachbarten Wandabschnitten stehengebliebenen Erdbermen müssen eine Breite von mindestens 2 m einhalten und können dann zur Neubaubaugrube mit einer Neigung von höchstens 1 : 2 abgebösch werden.

Es ist jeweils zu prüfen, ob diese Anwendungskriterien eingehalten werden. Anderenfalls sind Standsicherheitsnachweise zu führen und die zu erwartenden Verformungen im Einzelfall zu beurteilen.

Für eine Beurteilung der Notwendigkeit von Sicherungsmaßnahmen für die angrenzenden Gebäudeteile (hier für die Herstellung der Pfahlkopfbalken oder den Bodenaustausch) ist deren Gründungssituation (Gründungstiefe, Fundamentgeometrie) rechtzeitig durch Sichtung vorhandener Ausführungsunterlagen ggf. durch Schürfe zu klären und zu bewerten. Wegen der erwarteten Pfahlgründungen sind besondere Sicherungsmaßnahmen zur Herstellung der Pfahlkopfbalken (Hofüberdachung und nichtunterkellerte Teile des Bürgerforums) und während der Erdarbeiten für den Einbau der Leichtbaustoffs zunächst nicht ersichtlich. Die Maßnahmen zur Sicherung der Baugrube des Untergeschoss sind in Ziffer 15.2 und 15.3ff beschrieben.

Die Bohrpfahlherstellung (VVB, VSB- und Mikropfähle) und die Einpressarbeiten sind erschütterungsarme Verfahren, so dass bei sachgerechter Herstellung der Pfahlgründungen grundsätzlich kein besonderes Risiko für die angrenzenden Gebäude und benachbarte bauliche Anlagen besteht, Einflüsse sind aber nicht völlig auszuschließen (Bodenverdrängung/Bodenentzug); auf Einhaltung von Mindestabständen (> 3 Pfahlbohrdurchmesser) von Bestandsgründungen und Versorgungsleitungen ist deshalb zu achten. Dies gilt sinngemäß für den Einbau der Spundbohlen, unter Beachtung der Hinweise in Ziffer 15.3.2.

Unabhängig von der Bauweise sind gewisse Bewegungen unmittelbar benachbarter Bestandsgebäude bei der Durchführung der Gründungsarbeiten unmittelbar an den vorhandenen Gründung nicht sicher vermeidlich. Insofern können Schäden oder Schadensintensivierungen (bei Vorschädigung) an den vorhandenen Gebäuden nicht vollständig ausgeschlossen werden. Vorsorglich sollte gleichwohl eine Beweissicherung des vorhandenen Gebäudes und ggf. benachbarter Bestandsgebäude mit sorgfältiger fotografischer Dokumentation ggf. vorhandener Rissbildungen durchgeführt werden; im Zuge von Wasserhaltungsmaßnahmen werden diese seitens der Behörde voraussichtlich ohnehin gefordert.

Hinweise auf Kabel sowie Ver- und Entsorgungsleitungen in der Baufläche liegen uns nicht vor, Leitungslagen sind vor oder zu Beginn der Bauarbeiten durch Suchschlitze festzustellen, ggf. erforderliche Sicherungsmaßnahmen sind rechtzeitig mit den Betreibern abzustimmen.

### **17.3 Sonstige Hinweise**

Aus gründungstechnischer Sicht sind Fugen in Gründungssohlen ungünstig. Werden Fugen in den Bauwerksgründungen aus betontechnologischen Gründen erforderlich, dann sollten diese als durchgehend bewehrte "Schwindplomben" (ausgesparte Betonierabschnitte) ausgebildet werden. Bauwerksfugen beginnen gegebenenfalls erst oberhalb der Sohlplatte.

## 18 Aufbau der Verkehrsflächen

Der Aufbau von Tragschichten für Verkehrsflächen sollte nach unseren Erfahrungen nach einem der *RStO*-Standards (Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen) und in Anlehnung an *AzB-HB* (Unterlagen U 4.8 und 4.9) gewählt werden, technisch geringwertigere Aufbauten haben sich verschiedentlich nicht bewährt.

Gemäß der *RStO* ist ein entwässerter, frostfreier Aufbau zu gewährleisten, der die Dämpfung und die Lastverteilung der unmittelbar dynamisch einwirkenden Verkehrslasten sicherstellt, so dass auch während der Frost- und Tauperioden keine schädlichen Verformungen entstehen. Die Mindestdicke des entwässerten, frostsicheren Oberbaus (Pflasterdecke, Tragschicht und Frostschutzschicht aus Material der Frostempfindlichkeitsklasse F1) für Bauweisen mit Pflasterdecke beträgt unter Berücksichtigung der üblichen Frosteindringtiefe je nach Belastungsklasse (hier voraussichtlich Bk0,3 oder Bk1,0) mind. rd. 0,5 m bis rd. 0,6 m inklusive Pflaster-Deckschicht, mit einer Mindestdicke der Schottertragschicht von rd. 0,15 m und 0,2 m oder einer Kiestragschicht von rd. 0,20 m und 0,25 m.

In Anlehnung an die Angaben in *AzB-HB* wird für die Verkehrsflächen zunächst der in Tabelle 18.1 angegebene Aufbau vorgeschlagen.

**Tabelle 18.1: Bauweise mit Pflasterdecke**  
**Mindestschichtdicken und Mindestwerte des Verformungsmoduls der Oberbauschichten**  
**für die Belastungsklasse Bk0,3 und 1,0 gemäß RStO 12 und AzB-HB**

Schicht	Mindestschichtdicke [cm] für Belastungsklasse		Verformungs- modul $E_{v2}^{1)}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Material
	Bk0,3	Bk1,0	Bk0,3 / 1,0	
Pflasterdecke	10	10	---	Betonsteine
Bettungsschicht	4	4	---	0/8
Schottertragschicht	20	20	120 / 150	0/32
Frostschutzschicht	21	31	100 / 120 <sup>2)</sup>	SE, SW
Planum	---	---	45 <sup>3)</sup>	
<b>Gesamtaufbau Oberbau</b>	<b>55</b>	<b>65</b>		

--- keine Anforderung gemäß RStO 12 bzw. keine Angabe

<sup>1)</sup> Mindestanforderung; Nachweis durch statischen Plattendruckversuch gemäß DIN 18134 auf der jeweiligen Schichtoberkante vor dem Aufbau der nächsten Schicht

<sup>2)</sup> mit ortsüblichen Sanden der Bodengruppe SE erfahrungsgemäß nicht erreichbar, Einbau von Sand-Kies-Gemischen oder geeigneten Baustoffgemischen empfohlen (siehe Textteil)

<sup>3)</sup> je nach Untergrundverhältnissen ggf. Baugrundverbesserung (zusätzlicher Bodenaustausch) notwendig (siehe Textteil)

Der mit den Baugrunderkundungen in den Verkehrsflächen (Zugang zum Hauptgebäude) festgestellte IST-Aufbau entspricht nicht den Anforderungen der RStO 12, es fehlt die Kies- oder Schottertragschicht, zudem ist eine Frostschutzschicht mit ausreichender Schichtdicke und Qualität nicht vorhanden.

Unter Berücksichtigung der oben angegebenen Dicken des Oberbaus liegt die Planumshöhe hier überwiegend in den aufgefüllten, schluffigen Sanden oder in den Niederungsböden.

Für einen RStO-konformer Aufbau sind deshalb nach dem Rückbau der vorhandenen Pflasterung oder nach Abschieben der humosen Deckschicht zunächst die anstehenden schluffigen Sande, teils die Auelehme bis zu planmäßigen Planumshöhe auszubauen. Die schluffigen Sande und die Auelehme sind auszutauschen, zum Wiedereinbau sind nur schluffarme Sandchargen geeignet (bauzeitliche Prüfung)..

Auf der Frostschutzschicht als Planum für die darauf aufzubauende Schottertragschicht ist gemäß RStO 12 (vgl. Tabelle 15.1) ein Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$  bzw.  $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$  (Bk0,3 bzw. Bk1,0) durch statische Plattendruckversuche nachzuweisen, dieser Mindestwert ist mit den anstehenden gleichförmigen Sanden (schluffige Sande) erfahrungsgemäß nicht ohne weiteres zu erreichen. Zur Einhaltung der auf dem Planum für die Frostschrift zu erreichenden Verformungsmodule wird deshalb empfohlen die Dicke der Schottertragschicht um rd. 1 dm zu erhöhen (bei entsprechender Verkleinerung der FSS) oder etwa die Hälfte der Frostschriftschutz aus einem Sand-Kies-Gemische oder aus geeigneten Baustoffgemischen herzustellen (Material 0/32).

Zur Sicherstellung eines langfristig schadensfreien Fahrbahnaufbaus ist auf dem Planum für die Frostschriftschicht gemäß RStO 12 ein Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  durch statische Plattendruckversuche nachzuweisen. Dieser Mindestwert ist auf den angetroffenen schluffigen Sanden bei ausreichender Schichtdicke erfahrungsgemäß zu erreichen, auf den Auelehmen bzw. bei geringer Schichtdicke der Sande nur bei günstiger Witterung.

Sofern keine ausreichende Tragfähigkeiten auf dem Aushubplanum nachgewiesen werden können ( $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ ) ist zur Sicherstellung der Mindestanforderung unterhalb der geplanten Frostschriftschicht zusätzlich eine mind. 0,3 m dicke verdichtete Sandschicht durch (Teil-)Bodenaustausch herzustellen, zur Überprüfung können Probefelder angelegt werden.

Als Füllsand ist hierfür ein regional verfügbarer gleichförmiger Gruben- oder Flusssand der Bodengruppe SE bzw. SU nach DIN 18196 hinreichend geeignet, dessen Schlämmkorngehalt (Korndurchmesser  $< 0,06 \text{ mm}$ ) den Wert von 7 M.-% nicht überschreiten soll. Die zuvor ausgebaute schluffarme Bettungsschicht ist voraussichtlich für den Wiedereinbau geeignet (bauzeitliche Prüfung).

Auf eine Verdichtung des Aushubplanums ist wegen der überwiegend in Höhe des Planums zu erwartenden schluffigen Sande und Auelehme zu verzichten, die Verdichtung erfolgt erst ab der ersten Füllsandlage und zunächst mit einem Oberflächenrüttler von leichter Wuchtkraft (höchstens AT 2.000 oder vergleichbar), mittleres Verdichtungsgerät (z. B. AT 5.000) ist erst in den oberen Lagen einzusetzen. Die Schüttlagen sollten je nach dem zum Einsatz kommenden Verdichtungsgerät etwa 0,2 m bis 0,4 m dick sein. Die erste, mindestens 0,3 m dicke Lage Füllsand ist unmittelbar nach dem Aushub aufzubringen, um ein Aufweichen des Planums zu vermeiden.

Eine Verdichtung der Böden ist nur dann möglich, wenn der Grundwasserspiegel mindestens rd. 0,5 m unterhalb der Verdichtungsebene liegt, bei geringerem Grundwasserabstand führen die dynamischen Einwirkungen während des Verdichtungsvorgangs zum Aufweichen des Untergrundes.

Die Verdichtung des Aufbaus kann durch statische Plattendruckversuche überprüft werden, ergänzend können dynamische Plattendruckversuche zur Prüfung herangezogen werden. Die Zielgrößen der Verdichtung sind in Tabelle 15.1 angegeben.

Zur fachgerechten Planung der Oberflächenentwässerungseinrichtungen wird auf die „*Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung*“ (RAS-Ew 05) hingewiesen. Zur Entwässerung des Schichtenkörpers werden zweckmäßig am Rand des rd. 0,3 m dicken zusätzlichen Sandpolster Drainrohre (vliesummantelte, geschlitzte Kunststoffrohre) verlegt und an eine geeignete Vorflut angeschlossen. Die Drainrohre sind so zu verlegen, dass ein ausreichendes hydraulisches Gefälle zur Vorflut erzielt wird und das Sandpolster vollständig entwässert werden kann.

Die Anforderungen an die Tragschichten sind in den ZTV SoB-StB enthalten. Für Pflasterdecken gelten zusätzlich die Anforderungen der ZTV Pflaster-StB. Hinsichtlich der Qualitätssicherung der Erdarbeiten und der Verdichtungsanforderungen wird auf die ZTVE-StB verwiesen.

## **19 Ergänzende Baugrunduntersuchungen**

Wegen der eingeschränkten Zugänglichkeiten für schweres Erkundungsgerät konnten die Baugrundverhältnisse im Innenhof des Museums (Baufläche Hofüberdachung) nicht aufgeschlossen werden, ebenso konnte im Bereich des Bürgerforums kein weiterer Aufschluss zur Ermittlung der Lagerungsdichte durchgeführt werden (vgl. Ziffer 3.2).

Zur Verifizierung der Angaben und Annahmen in diesem Gutachten sind deshalb im Vorfeld der Baumaßnahme oder im Zuge der Baufeldfreimachung zusätzliche Bohrsondierungen sowie Drucksondierungen oder schwere Rammsondierungen durchzuführen und die Ergebnisse sind sachverständig zu beurteilen (vgl. Ziffer 13.3.3 und 14.2.4).

Die Baumaßnahmen und die erforderliche Baugrubenkonstruktion für die Errichtung des Teilkellers werden im erheblichem Maße von den bauzeitlichen Grundwasserstände beeinflusst, für die Einschätzung eines bauzeitlichen Grundwasserstandes wird die frühzeitige Einrichtung eines Grundwassermesspegels und die kontinuierliche Erfassung der Grundwasserspiegeldruckhöhe mit automatischen Datenloggern empfohlen (ca. 6 Monate über die Winterhälfte, besser 1 Jahr). Dieser Messpegel kann dann auch bauzeitlich genutzt werden; zur Überwachung und Steuerung der Grundwasserabsenkung oder des Wasserdruckes der Schwergewichtssohle (vgl. Ziffer 15.2).

## **20 Hinweise zur Möglichkeit einer dezentralen Regenwasserversickerung**

Gemäß den Richtlinien des Regelwerkes DWA-A 138 ist zur Regenwasserversickerung über dem Grundwasserleiter eine ausreichend dicke grundwasserfreie Schicht mit einem Wasserdurchlässigkeitsbeiwert in der Bandbreite  $k = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  bis  $5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$  erforderlich, in der das der Grundwasserneubildung zu sickende Wasser natürlich gereinigt wird; die direkte Einleitung von Regenwasser in das Grundwasser ist nicht zulässig.

Die vorliegende Baugrund- und Grundwassersituation ist wegen der gering durchlässigen Böden und wegen der hohen Grundwasserstände für eine regelhafte Versickerung von Niederschlagswasser nach den Anforderungen des *Arbeitsblatt DWA-A 138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur dezentralen Versickerung von Niederschlagswasser* nicht geeignet.

## **21 Hinweise zum Umgang mit potentieller Bodenverunreinigung**

Zur Herstellung des Bauwerkes sind die Deckschicht, örtliche die sandigen Auffüllungen und die Niederungsböden auszuheben.

Hinsichtlich der umweltrechtlichen Aspekte der Verwendung von Böden werden beim Umgang mit Bodenaushub und mit Bauschutt (Wiederverwendung oder Entsorgung) die Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen der Länderarbeitsgemeinschaft LAGA (20) herangezogen und die zulässigen bzw. die notwendigen Maßnahmen anhand der Ergebnisse chemischer Analysen entsprechend den Einbauklassen „Z0“ bis „Z2“ angeordnet, bei Grenzwertüberschreitung der Klasse „Z2“ die Verbringung auf eine Deponie (Klassen „Z3“ bis „Z5“).

Bodenchemische Analysen wurden zunächst als orientierende Altlastenuntersuchung durchgeführt (siehe Ziffer 5.2). Mit den vorliegenden Analyseergebnissen ist den Bodenzonen eine Qualität entsprechend der Einbauklasse Z0 bis Z 2 zuzuordnen.

Nach unserer Erfahrung sind, in den Auffüllungen bedingt durch die Bauschuttanteile sowie in den organischen Niederungsböden höhere Einbauklassen nicht auszuschließen.

Die Niederungsböden, insbesondere die Torfe, können wegen erhöhter TOC-Gehalte (und erhöhter Sulfat-Gehalte niedriger pH-Werte) generell auch Einbauklassen >Z2 erreichen. Sofern die Zuordnung allein auf den Parametern TOC und pH-Wert (teils auch Sulfat) beruht, (hier vorhanden, Mischprobe MP-3, siehe Tabelle 5.2) sollte mit der zuständigen Behörde im Einzelfall erörtert werden, ob für ein entsprechendes Bodenmaterial ein günstigerer Verwertungsweg eröffnet werden kann (siehe auch Unterlagen U 4.6 und U 4.7).

Für den richtigen Umgang mit den Stoffen und auch zur Schaffung einer Grundlage für die Abrechnung mit den Erdbauunternehmen ist nach Festlegung von Art und Umfang der Erdarbeiten eine weitergehende sachverständige Untersuchung, Beurteilung und Begleitung vorzunehmen.

Die Erdarbeiten sollten von einem qualifizierten Bodenmanagement begleitet und gesteuert werden. Entsorgungswege sind rechtzeitig mit der zuständigen Behörde abzustimmen.

## **22 Geotechnische Kategorie**

Entsprechend der als Teil des Eurocodes EC7 bauordnungsrechtlich eingeführten DIN 1054:2010-12 ist jedes Objekt zu Planungsbeginn in eine geotechnische Kategorie einzuordnen.

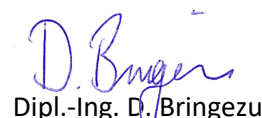
Nach der Schwierigkeit der Baugrundverhältnisse und des Bauwerkes sowie der Wechselwirkung mit der Umgebung ist das vorliegende Projekt nach DIN 1054:2010-12 in die Geotechnische Kategorie GK 2 einzustufen.

Planungsänderungen und Abweichungen von dem hier vorgelegten Gründungsvorschlag und den Pfahlsystemen sind mit uns abzustimmen.

Für die weitere Beratung bei der Planung und Realisierung des Projektes, für die sachverständigen Abnahmen der Aushubsole und des Gründungplanums (Qualitäts- und Verdichtungsprüfung) und zur Prüfung der Pfahlgründungsentwürfe, -angebote und -nachweise sowie zur Auswertung der Pfahlherstellungsprotokolle stehen wir Ihnen gern zur Verfügung.

  
Dipl.-Ing. T. Kaufhold

(Geschäftsführender Gesellschafter  
Projektingenieur)

  
Dipl.-Ing. D. Bringezu

(Projektleitender Ingenieur)

## **Anlagenverzeichnis**

### **1 Lagepläne**

- 1.1 Ortsplan
- 1.2 Lageplan mit Lage der Erkundungspunkte - Erkundung im Jahr 2021
- 1.3 Lageplan mit Lage der Erkundungspunkte (Archivdaten)  
Erkundung aus den Jahren 1957 bis 1958

### **2 Baugrund**

- 2.1 Ergebnisse der Baugrunderkundung - Neubau Bürgerforum
- 2.2 Ergebnisse der Baugrunderkundung - Außenanlagen
- 2.3 Ergebnisse der Baugrunderkundung (Archivdaten)- Hauptgebäude / Neubau Hofüberdachung
- 2.4 Ergebnisse der Baugrunderkundung (Archivdaten)- Verwaltungstrakt, Zugang und Vortragssaal

### **3 Bodenmechanische Laboruntersuchung**

- 3.1 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche
- 3.2 Körnungslinien
- 3.3 Ergebnisse der chemischen Grundwasseranalyse

### **4 Bauwerk**

- 4.1 Grundriss Neubau Bürgerforum (EG und UG)
- 4.2 Neubau Hofüberdachung (Quer- und Längsschnitt)

### **5 Homogenbereiche**

- 5.1 Grafische Darstellung der Homogenbereiche - Neubau Bürgerforum
- 5.2 Grafische Darstellung der Homogenbereiche - Außenanlagen
- 5.3ff Homogenbereiche (Kennwerte und Eigenschaften)

## **Anhänge**

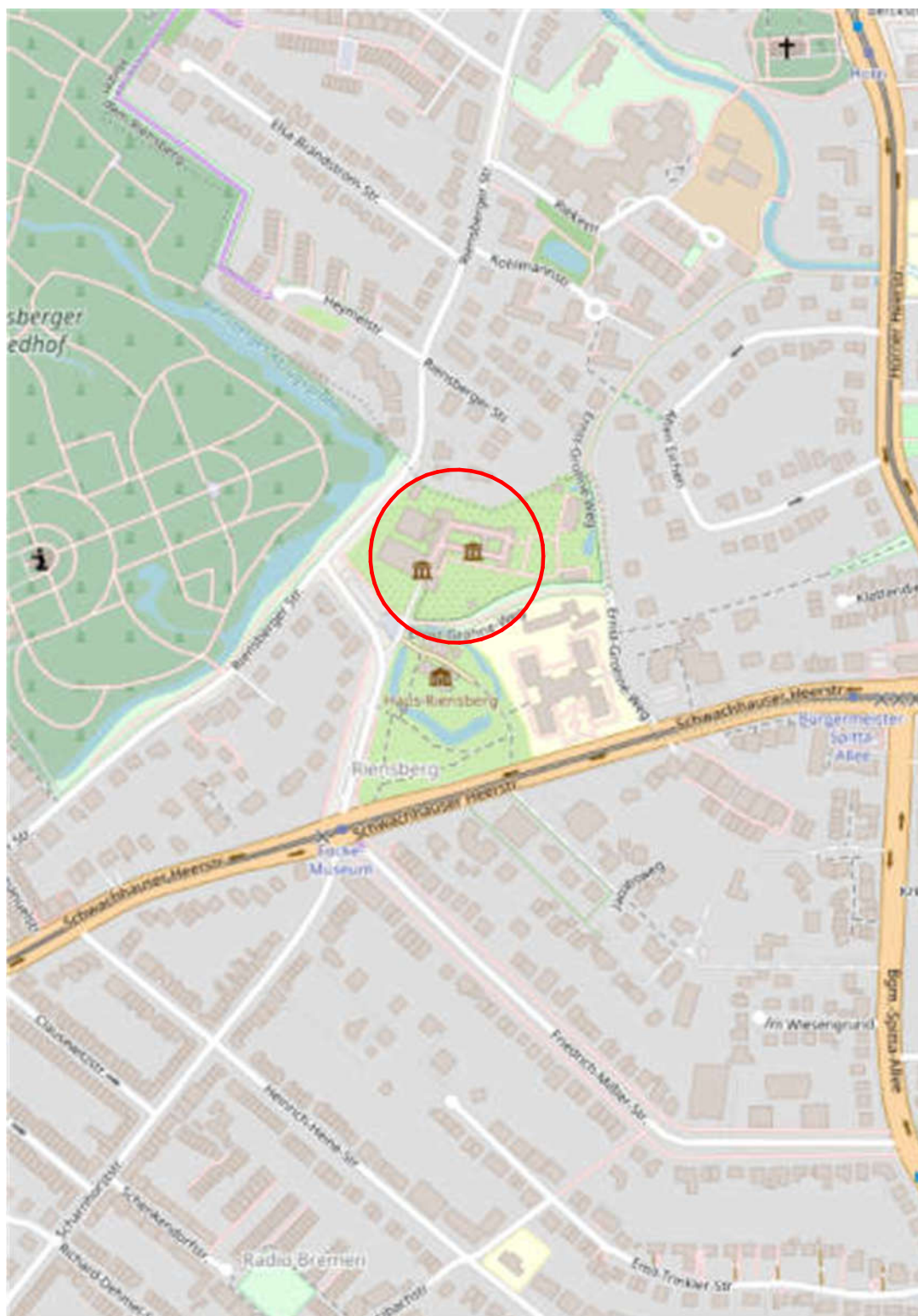
---

- A Vollständige Ergebnisse der Drucksondierungen
- B.1 Beurteilung der chemischen Bodenanalysen (LAGA) - Zuordnung
- B.2 Vollständige Ergebnisse der chemischen Bodenanalysen (LAGA) - Prüfbericht
- C Vollständige Ergebnisse der chemischen Grundwasseranalyse – Prüfbericht

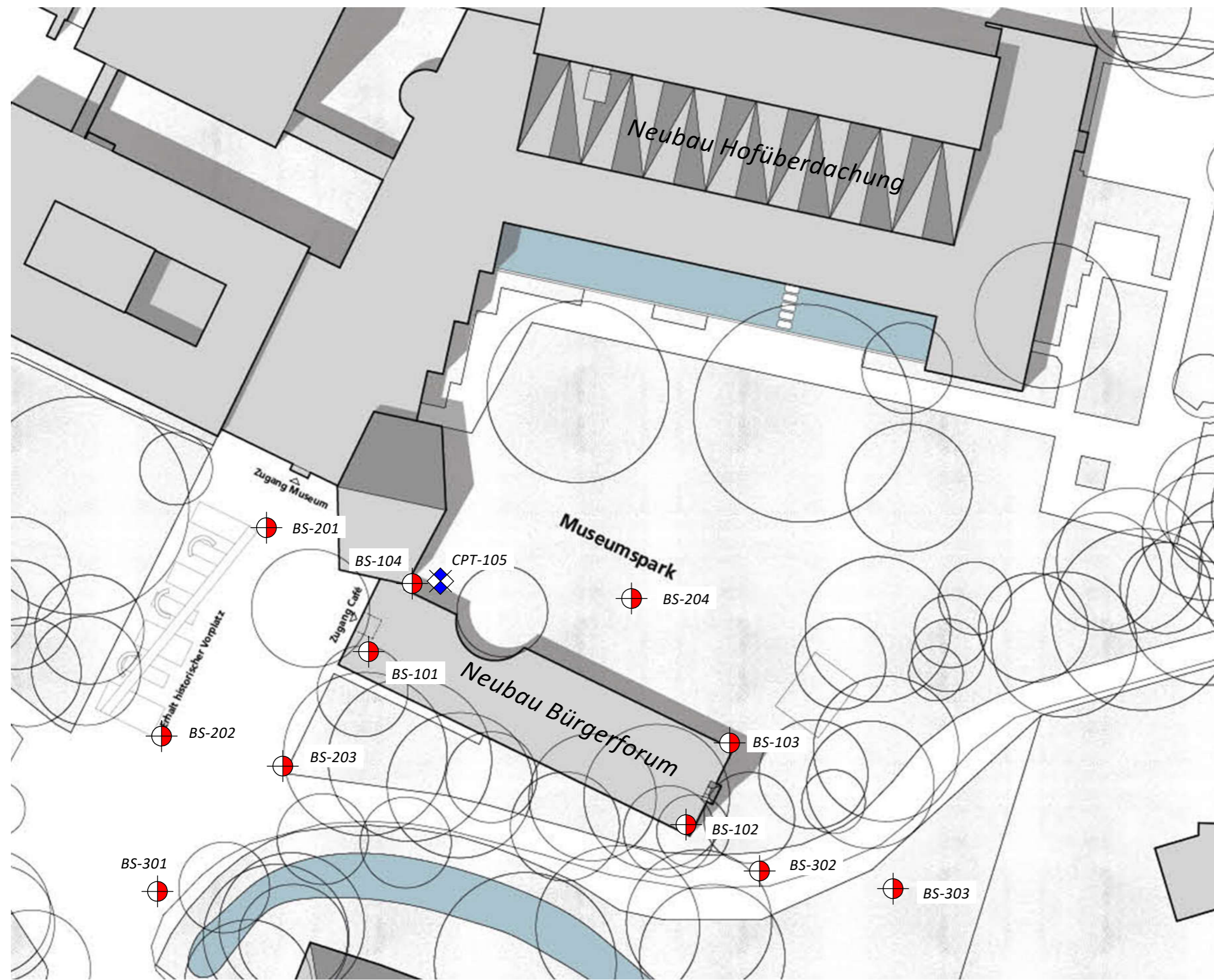
# Erweiterung des Focke-Museum in Bremen-Schwachhausen Neubau eines teilunterkellerten Erweiterungsbaus (Bürgerforum) und einer Hofüberdachung

Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

Ortsplan



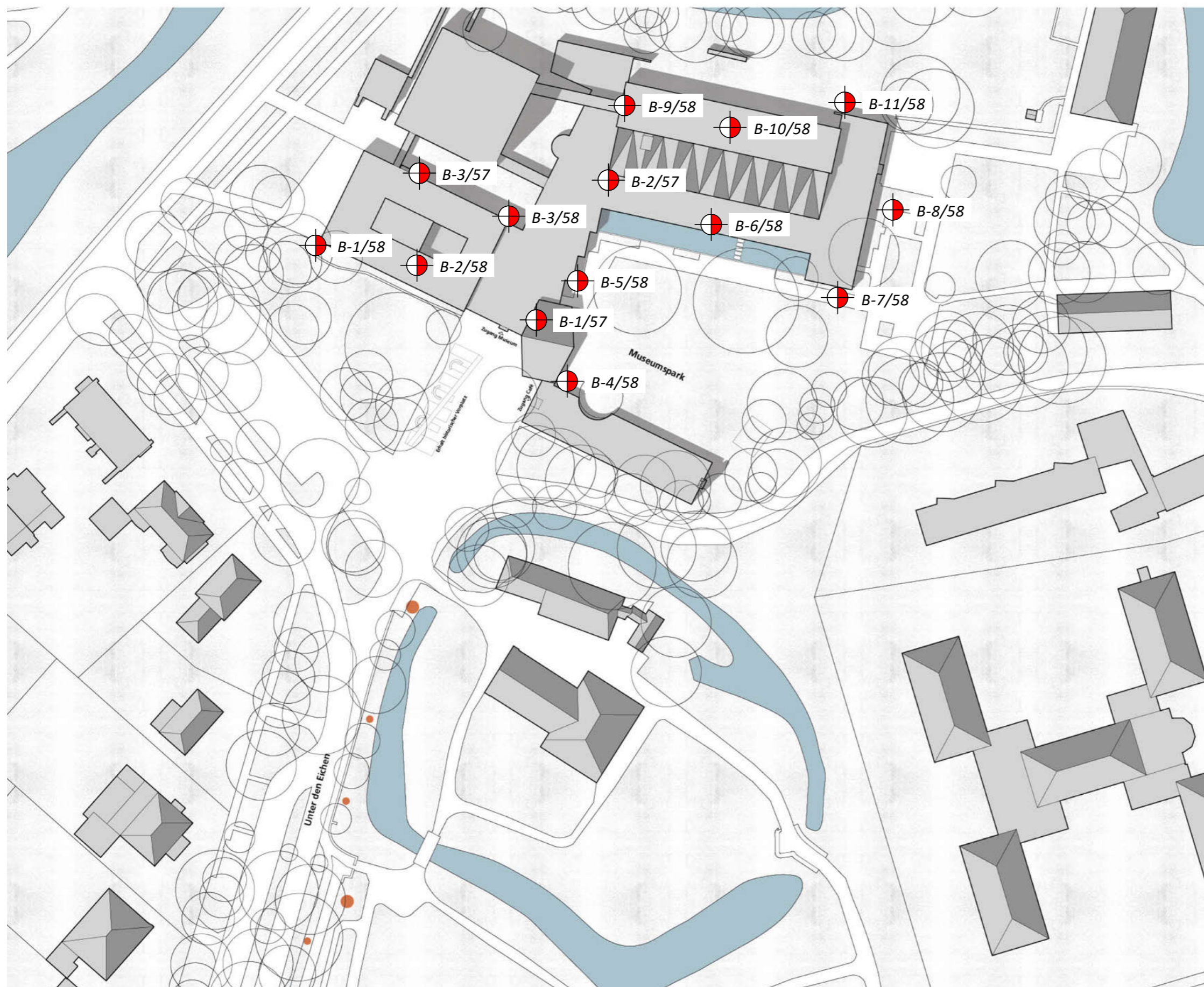
**Erweiterung des Focke-Museums  
in Bremen-Schwachhausen**  
**Neubau eines teilunterkellerten  
Erweiterungsbaus (Bürgerforum)**  
**und einer Hofüberdachung**  
Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung  
Lageplan mit Lage der Erkundungspunkte  
Erkundung im Jahr 2021




- Bohrsondierung BS
- Drucksondierung CPT

übernommen aus Unterlagen  
mit Ergänzungen  
- ohne Maßstab -

**Erweiterung des Focke-Museums  
 in Bremen-Schwachhausen**  
**Neubau eines teilunterkellerten  
 Erweiterungsbaus (Bürgerforum)  
 und einer Hofüberdachung**  
 Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung  
 Lageplan mit Lage der Erkundspunkte (Archivdaten)  
 Erkundungen aus den Jahren 1957 bis 1958



 Bohrung B (übernommen aus Unterlage U 1.4)

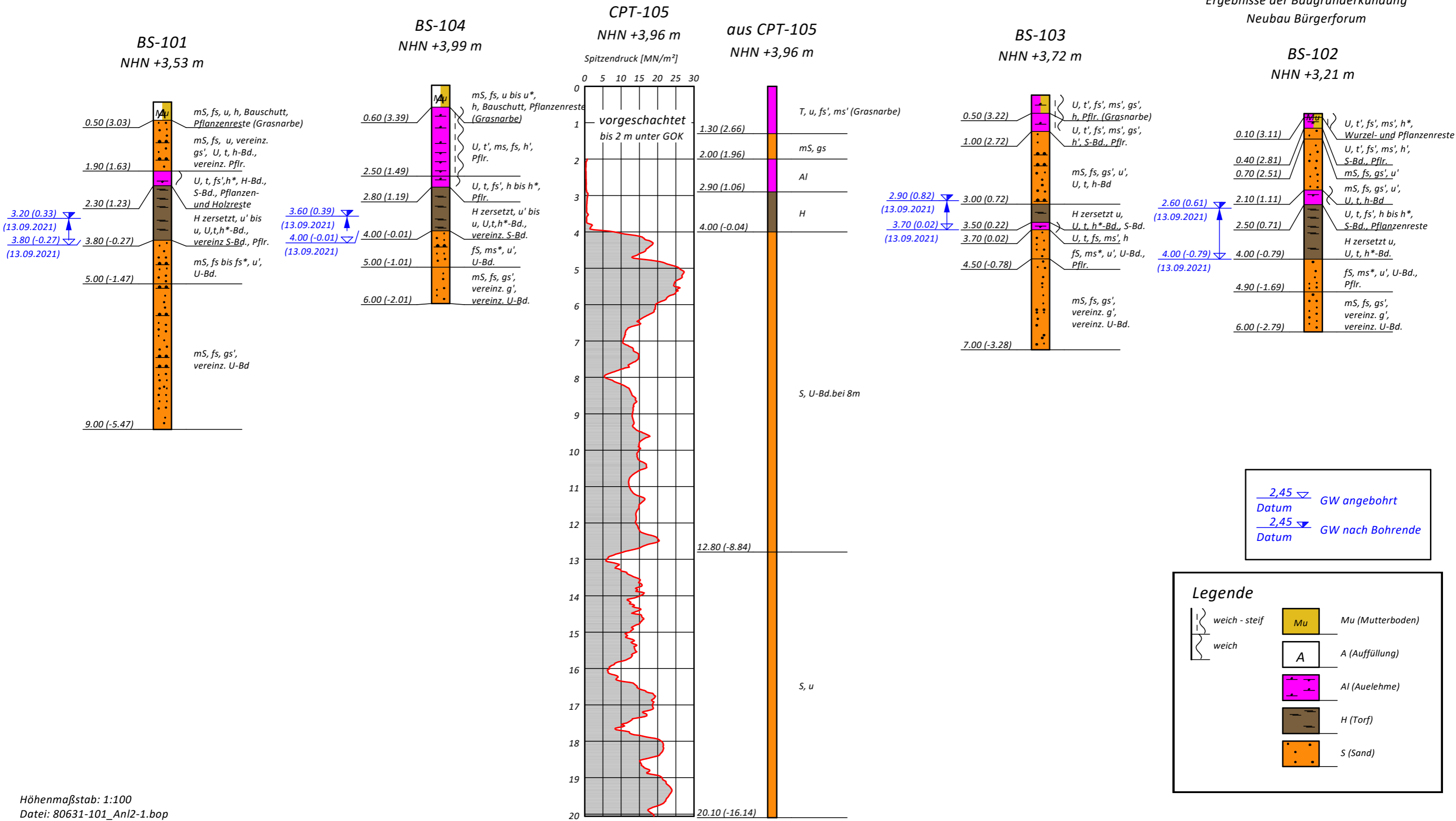
übernommen aus Unterlagen  
 mit Ergänzungen  
 - ohne Maßstab -

\*Lage gemäß GdFB



**Erweiterung des Focke-Museums  
in Bremen-Schwachhausen  
Neubau eines teilunterkellerten  
Erweiterungsbaus (Bürgerforum)  
und einer Hofüberdachung**  
Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

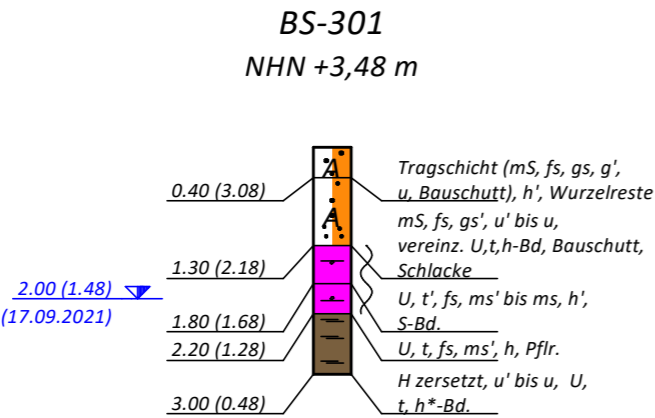
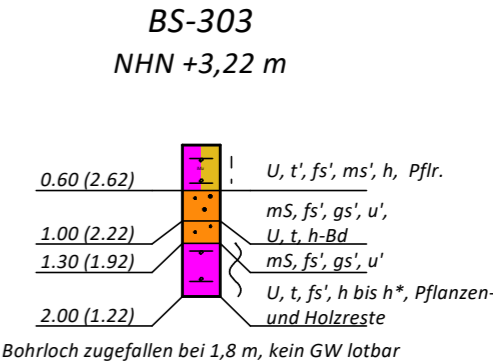
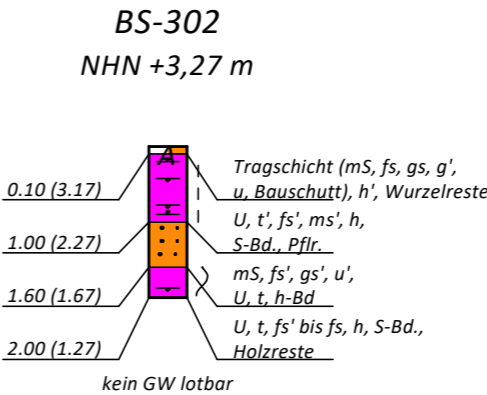
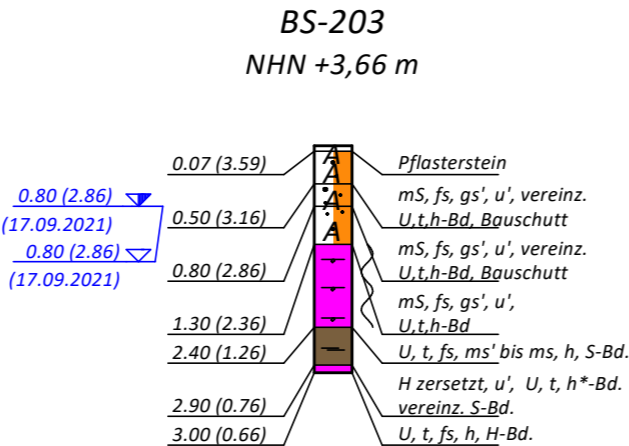
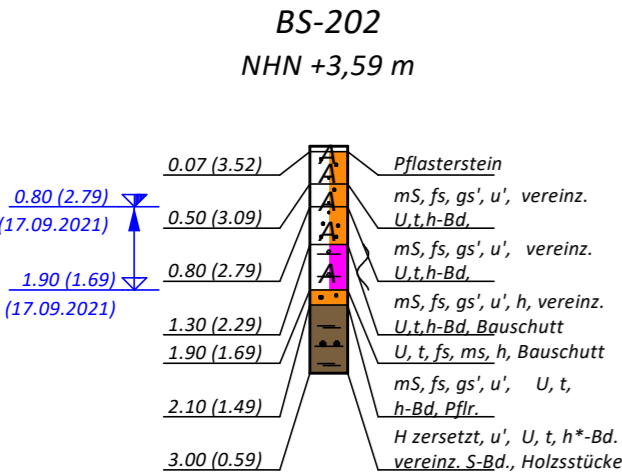
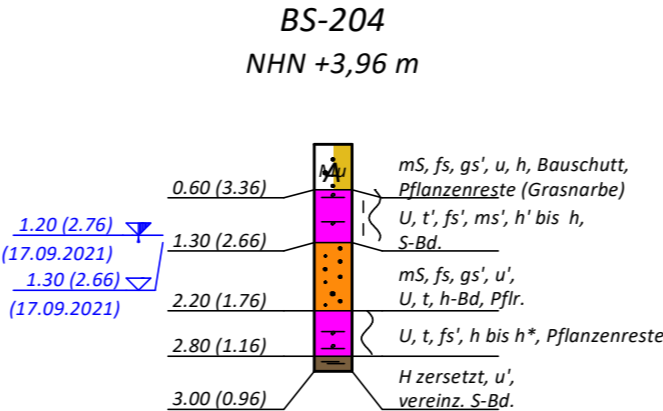
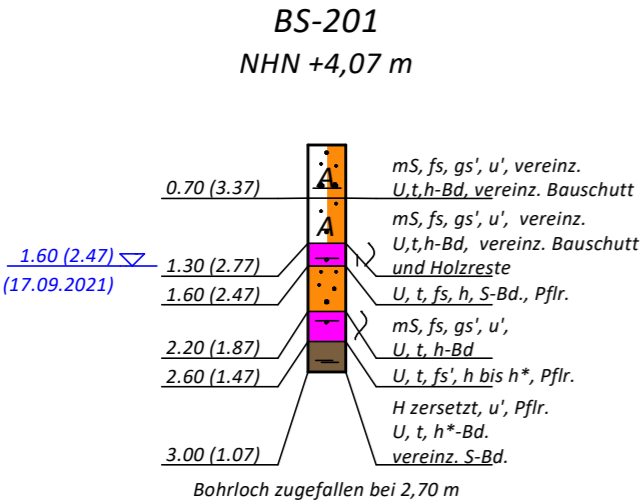
Ergebnisse der Baugrunderkundung  
Neubau Bürgerforum



Erweiterung des Focke-Museums  
in Bremen-Schwachhausen  
Neubau eines teilunterkellerten  
Erweiterungsbaus (Bürgerforum)  
und einer Hofüberdachung

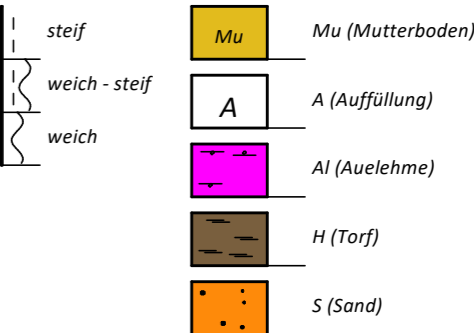
Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

Ergebnisse der Baugrunderkundung  
Außenanlagen



2,45 Datum GW nach Bohrende  
2,45 Datum GW angebohrt









Legende





**Erweiterung des Focke-Museums  
 in Bremen-Schwachhausen  
 Neubau eines teilunterkellerten  
 Erweiterungsbaus (Bürgerforum)  
 und einer Hofüberdachung**  
 Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

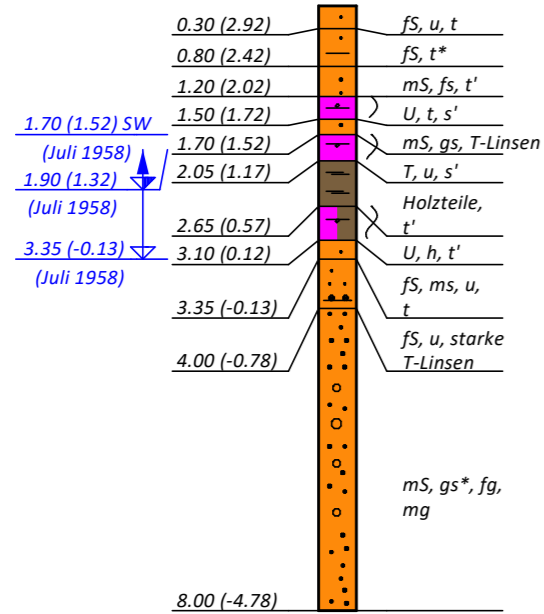
Ergebnisse der Baugrunderkundung  
 Erkundungen aus den Jahren 1957 und 1958  
 Hauptgebäude / Neubau Hofüberdachung

**Legende**

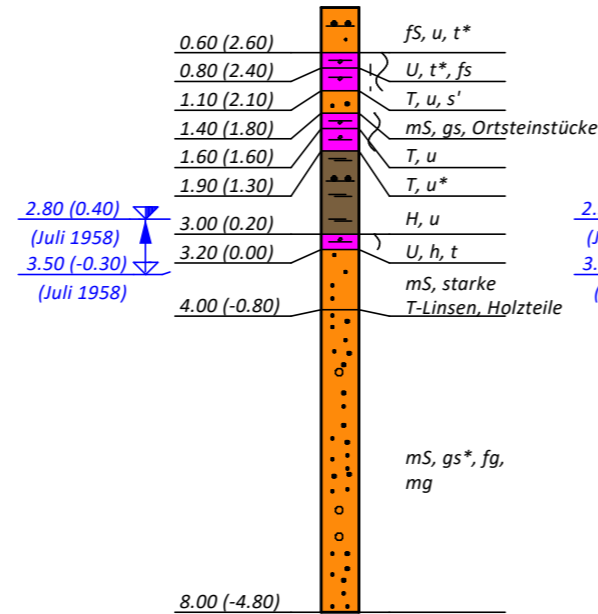
	steif		Mu (Mutterboden)
	weich - steif		A (Auffüllung)
	weich		Al (Auelehme)
			H (Torf)
			S (Sand)

2,45  Datum GW angebohrt  
2,45  Datum GW nach Bohrende

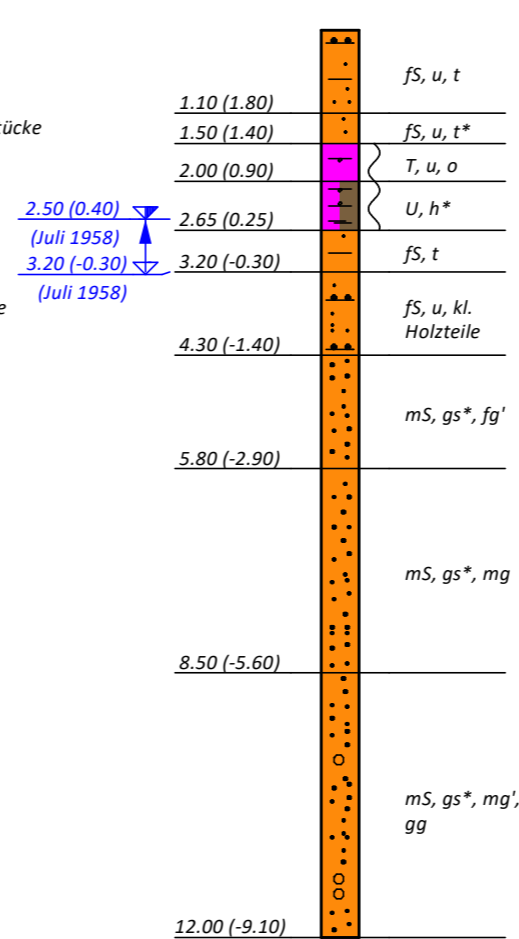
**B-9/58**  
 NHN +3,22 m



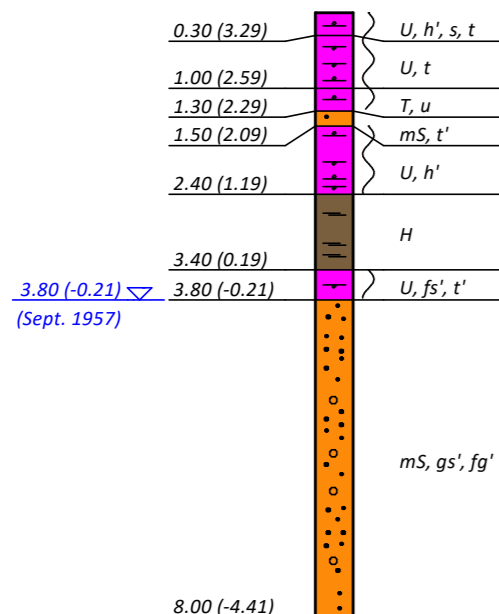
**B-10/58**  
 NHN +3,20 m



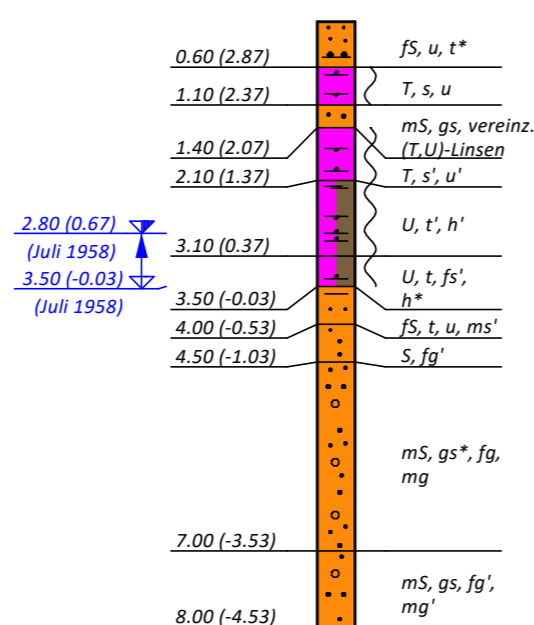
**B-11/58**  
 NHN +2,90 m



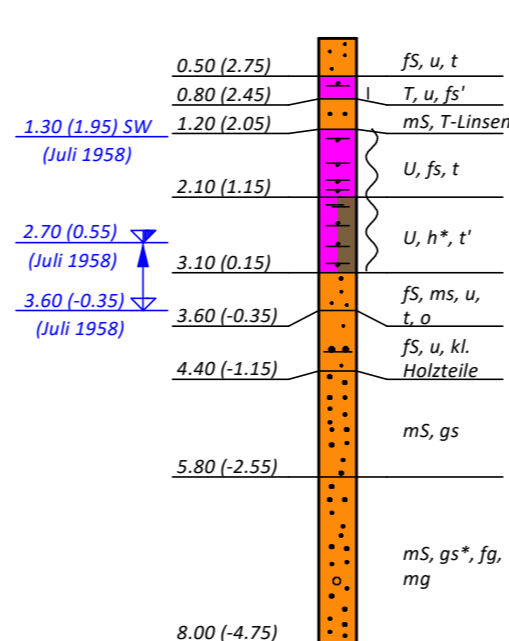
**B-2/57**  
 NHN +3,59 m



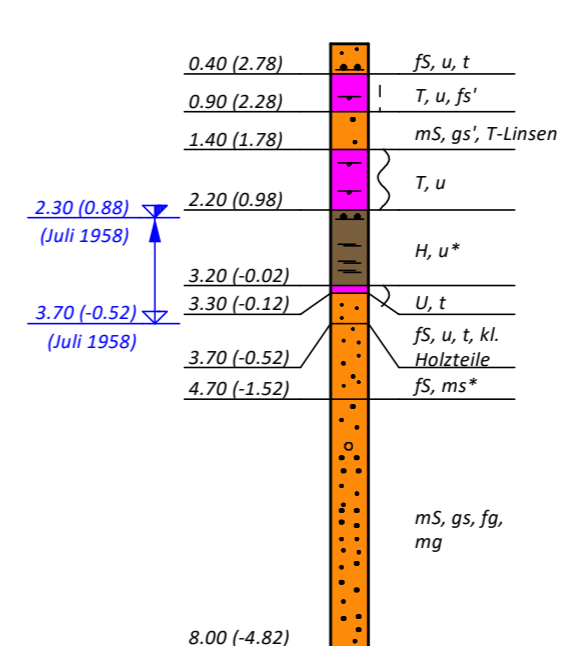
**B-6/58**  
 NHN +3,47 m



**B-7/58**  
 NHN +3,25 m

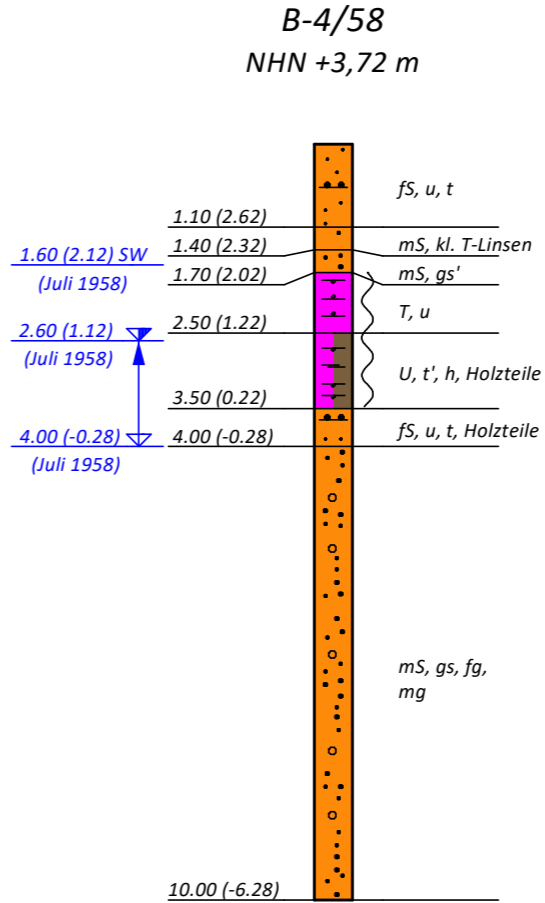
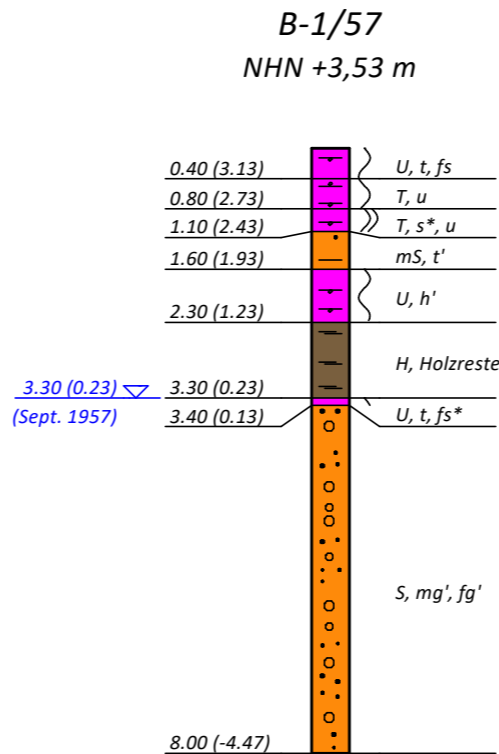
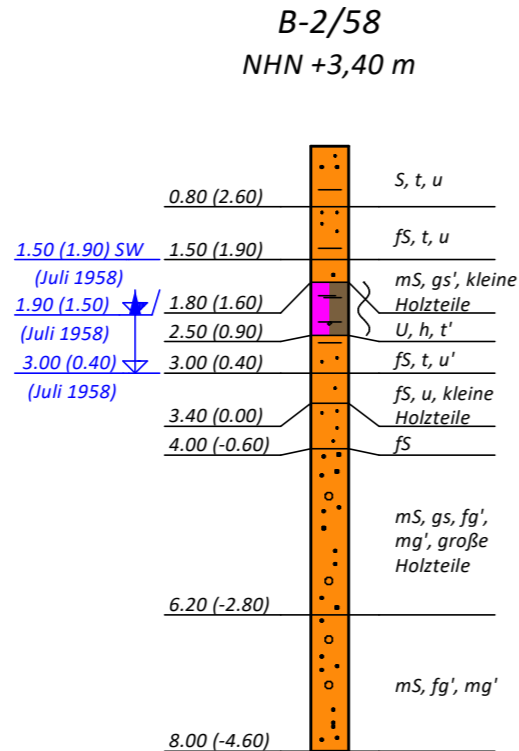
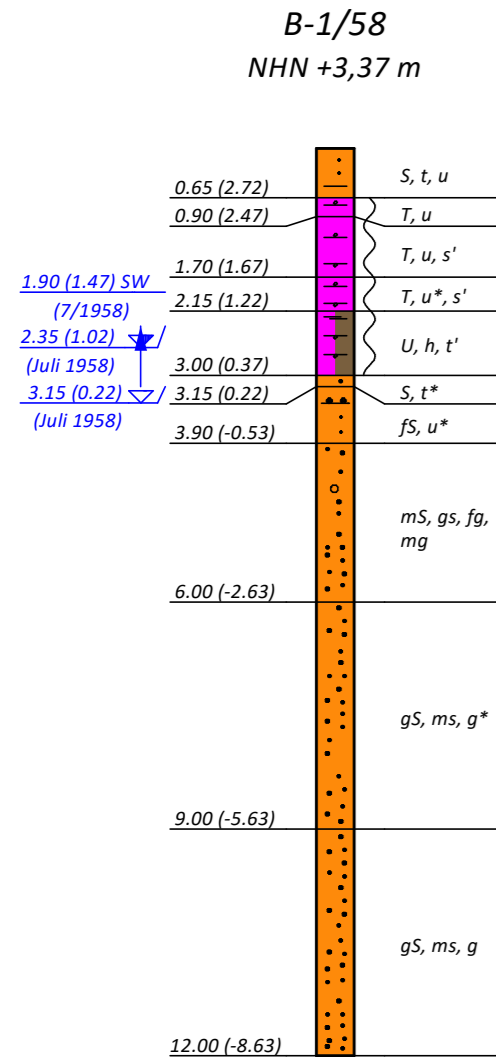
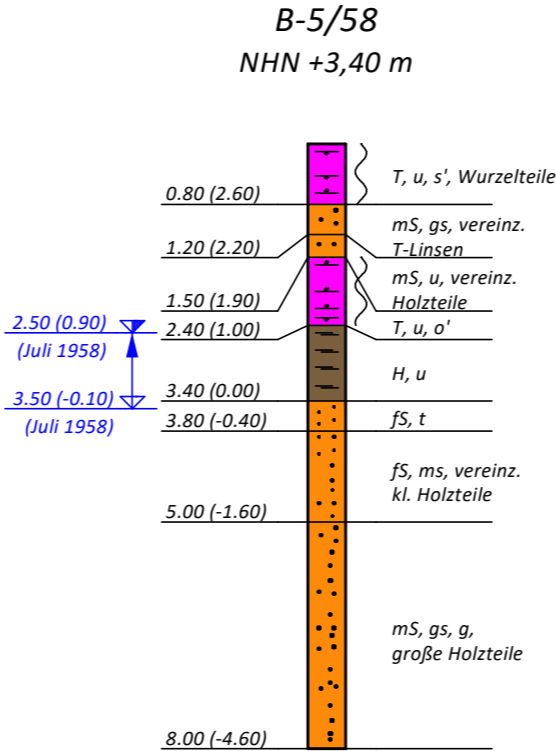
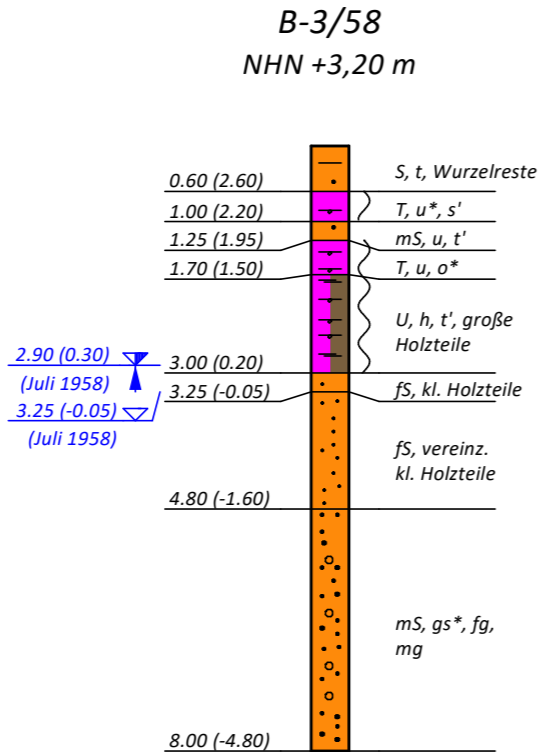
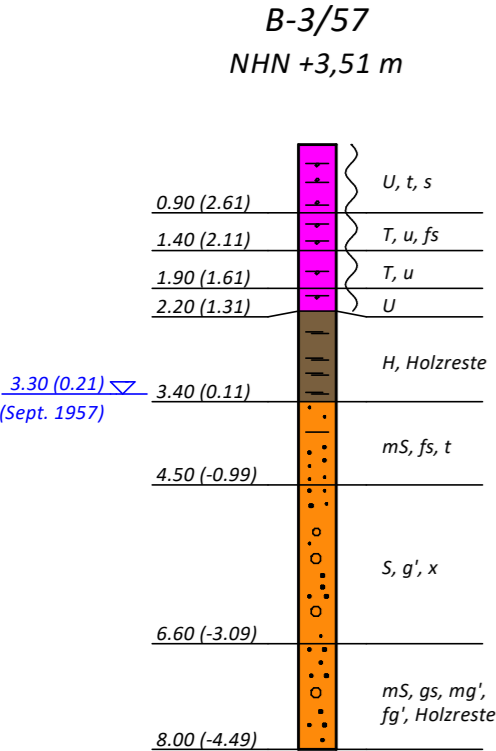


**B-8/58**  
 NHN +3,18 m

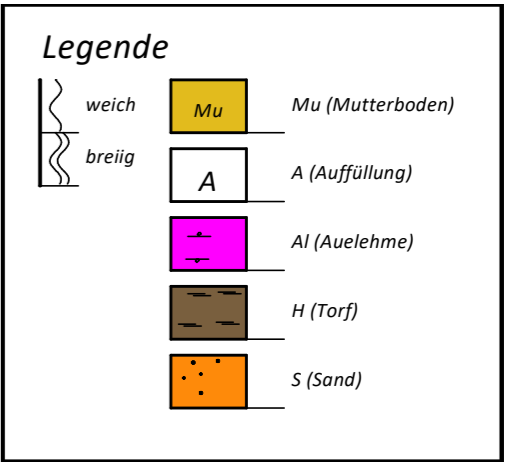


**Erweiterung des Focke-Museums  
in Bremen-Schwachhausen  
Neubau eines teilunterkellerten  
Erweiterungsbaus (Bürgerforum)  
und einer Hofüberdachung**  
Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

Ergebnisse der Baugrunderkundung  
Erkundung aus den Jahren 1957 und 1958  
Verwaltungstrakt, Zugang und Vortragssaal



2,45 GW angebohrt  
Datum  
2,45 GW nach Bohrende  
Datum



**Erweiterung des Focke-Museum in Bremen-Schwachhausen**  
**Neubau eines teilunterkellerten Erweiterungsbaus (Bürgerforum) und einer Hofüberdachung**  
*Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung*  
*Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche*

Ifd.- Nr.	Bohrung		Schicht		Entnahmetiefe m	Probenansprache im Labor	Wassergehalt w	Dichte r	Trockendichte r <sub>d</sub>	Glühverlust V <sub>gl</sub>	Körnungslinien			Fließgrenze w <sub>L</sub>	Ausrollgrenze w <sub>p</sub>	Plastizitätszahl I <sub>p</sub>	Konsistenzzahl I <sub>c</sub>	Scherparameter			
	Nr.	Probe	von m	bis m							Siebung	Sedimentation	Kombination					Reibungswinkel φ'	Kohäsion c'	undrän. Kohäsion c <sub>u</sub>	Wasserdurchlässigkeitbeiwert k <sub>10</sub>
							t/ m <sup>3</sup>	t/ m <sup>3</sup>	M.-%		s. Anlage Nr. 3.2 /.Blatt							°	kN/ m <sup>2</sup>	kN/ m <sup>2</sup>	m/s
1	BS-101	1	0	0,5	0,5	mS fs u h, U t-Linsen, Pflanzenreste kl. Bauschutt															
2	BS-101	2	0,5	1,9	1	mS fs gs' u, U t fs h', Pflanzenreste															
3	BS-101	3	0,5	1,9	1,9	mS fs u, U t' ms' fs' h															
4	BS-101	4	1,9	2,3	2,3	U t fs' h*, kl. H-Linsen, mS-Linsen, Pflanzen- u. Holzreste															
5	BS-101	5	2,3	3,8	3	H zersetzt u, U t h*-Linsen, Pflanzenreste	2,023			49,2											
6	BS-101	6	2,3	3,8	3,8	H zersetzt u' fs', mS-Linsen															
7	BS-101	7	3,8	9	4,5	mS fs* u', vereinz. U h'-Linsen															
8	BS-101	8	3,8	9	5	mS fs u', kl. U-Linsen															
9	BS-101	9	3,8	9	7	mS fs gs', kl. U-Linsen															
10	BS-101	10	3,8	9	8	mS fs gs'															
11	BS-101	11	3,8	9	9	mS fs gs'															
12	BS-102	1	0	0,1	0,1	U t' ms' fs' h*, viele Pflanzenreste															
13	BS-102	2	0,1	0,4	0,4	U t' fs' ms' h', mS/fs-Linsen, Pflanzenreste															
14	BS-102	3	0,4	0,7	0,7	mS fs gs' u'															
15	BS-102	4	0,7	2,1	1,5	mS fs gs' u', U t-Linsen					.1										
16	BS-102	5	0,7	2,1	2,1	mS fs gs' u', viele U-Linsen, Pflanzenreste															

**Erweiterung des Focke-Museum in Bremen-Schwachhausen**  
**Neubau eines teilunterkellerten Erweiterungsbaus (Bürgerforum) und einer Hofüberdachung**  
*Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung*  
*Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche*

Ifd.- Nr.	Bohrung		Schicht		Entnahmetiefe m	Probenansprache im Labor	Wassergehalt w	Dichte r	Trockendichte r <sub>d</sub>	Glühverlust V <sub>gl</sub>	Körnungslinien			Fließgrenze w <sub>L</sub>	Ausrollgrenze w <sub>P</sub>	Plastizitätszahl I <sub>P</sub>	Konsistenzzahl I <sub>C</sub>	Scherparameter			
	Nr.	Probe	von m	bis m							Siebung	Sedimentation	Kombination					Reibungswinkel φ'	Kohäsion c'	undrän. Kohäsion c <sub>u</sub>	Wasserdurch- lässigkeitbeiwert k <sub>10</sub>
								t/ m <sup>3</sup>	t/ m <sup>3</sup>	M.-%	s. Anlage Nr. 3.2 /.Blatt							°	kN/ m <sup>2</sup>	kN/ m <sup>2</sup>	m/s
17	BS-102	6	2,1	2,5	2,5	U t fs' h, mS-Linsen, Pflanzenreste	0,344	1,70	1,26	9,9											
18	BS-102	7	2,5	4	3	H zersetzt u, U t h*-Linsen															
19	BS-102	8	2,5	4	4	U t fs h*, Pflanzenreste, fS/mS-Linsen	0,749	1,43	0,82	15,6											
20	BS-102	9	4	6	4,9	fS ms* u', U h'-Linsen, Holzreste					.1										
21	BS-103	1	0	0,5	0,5	U t' ms' fs' gs' h, Pflanzenreste															
22	BS-103	2	0,5	1	1	U t' ms' fs' gs' h', wenig Pflanzenreste	0,149	2,06	1,79	2,8											
23	BS-103	3	1	3	2	mS fs gs' u', U-Linsen															
24	BS-103	4	1	3	3	mS fs gs' u', U-Linsen															
25	BS-103	5	3	3,5	3,5	H zersetzt u, mS-Linsen , U t fs ms h*															
26	BS-103	6	3,5	3,7	3,7	U t fs ms' h															
27	BS-103	7	3,7	4,5	4,5	fS ms* u', U h'-Linsen, Pflanzenreste															
28	BS-103	8	4,5	7	5,5	mS fs gs', U-Linsen															
29	BS-103	9	4,5	7	6,5	mS fs gs'															
30	BS-103	10	4,5	7	7	mS fs gs' vereinz. g'															
31	BS-104	1	0	0,6	0,6	mS fs u bis u* h, etwas Bauschutt, Pflanzenreste															
32	BS-104	2	0,6	2,5	1,5	U t' ms fs h', Pflanzenreste															

**Erweiterung des Focke-Museum in Bremen-Schwachhausen**  
**Neubau eines teilunterkellerten Erweiterungsbaus (Bürgerforum) und einer Hofüberdachung**  
*Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung*  
*Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche*

Ifd.- Nr.	Bohrung		Schicht		Entnahmetiefe m	Probenansprache im Labor	Wassergehalt w	Dichte r	Trockendichte r <sub>d</sub>	Glühverlust V <sub>gl</sub>	Körnungslinien			Fließgrenze w <sub>L</sub>	Ausrollgrenze w <sub>p</sub>	Plastizitätszahl I <sub>p</sub>	Konsistenzzahl I <sub>c</sub>	Scherparameter			
	Nr.	Probe	von m	bis m							Siebung	Sedimentation	Kombination					Reibungswinkel φ'	Kohäsion c'	undrän. Kohäsion c <sub>u</sub>	Wasserdurch- lässigkeitbeiwert k <sub>10</sub>
							t/ m <sup>3</sup>	t/ m <sup>3</sup>	M.-%		s. Anlage Nr. 3.2 /.Blatt							°	kN/ m <sup>2</sup>	kN/ m <sup>2</sup>	m/s
33	BS-104	3	0,6	2,5	2,5	U t' ms fs h', Pflanzenreste															
34	BS-104	4	2,5	2,8	2,8	U t fs' h Pflanzenreste															
35	BS-104	5	2,8	4	3,5	H zersetzt u, U t h*-Linsen															
36	BS-104	6	2,8	4	4	H zersetzt u' fs', mS-Linsen, U t h*-Linsen															
37	BS-104	7	4	6	5	fS ms*, große U h'-Linse															
38	BS-104	8	4	6	6	mS fs gs', vereinz. g', kl. U h'-Linsen															
39	BS-201	1	0	0,7	0,7	mS fs gs' u', vereinz. kl. U h'-Linsen, vereinz. Bauschutt															
40	BS-201	2	0,7	1,3	1,3	mS fs gs' u' (++) , U h'-Linsen, Holzreste, wenig Bauschutt					.1										
41	BS-201	3	1,3	1,6	1,6	U t fs h, tw. ms' mS-Linsen, vereinz. Pflanzenreste	0,312	1,82	1,39												
42	BS-201	4	1,6	2,2	2,2	mS fs gs' u', kl. U-Linsen															
43	BS-201	5	2,2	2,6	2,6	U t fs' h, viele Pflanzenreste															
44	BS-201	6	2,6	3	3	H zersetzt u' / U t h*, gr. Holzstück, viele Pflanzenreste															
45	BS-202	1	0	0,07	-	keine Probe															
46	BS-202	2	0,07	0,5	0,5	mS fs gs' u', kl. U h'-Linsen															
47	BS-202	3	0,5	0,8	0,8	mS fs gs' u' (++) , vereinz. g kl. U h'-Linsen															
48	BS-202	4	0,8	1,3	1,3	mS fs gs' u h (++) , Bauschutt, U t ms fs h' (++)															

**Erweiterung des Focke-Museum in Bremen-Schwachhausen**  
**Neubau eines teilunterkellerten Erweiterungsbaus (Bürgerforum) und einer Hofüberdachung**  
*Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung*  
*Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche*

Ifd.- Nr.	Bohrung		Schicht		Entnahmetiefe m	Probenansprache im Labor	Wassergehalt w	Dichte r	Trockendichte $r_d$	Glühverlust $V_{gl}$	Körnungslinien			Fließgrenze $w_L$	Ausrollgrenze $w_P$	Plastizitätszahl $I_P$	Konsistenzzahl $I_C$	Scherparameter			
	Nr.	Probe	von m	bis m							Siebung	Sedimentation	Kombination					Reibungswinkel $\varphi'$	Kohäsion $c'$	undrän. Kohäsion $c_u$	Wasserdurch- lässigkeitbeiwert $k_{10}$
								t/ m <sup>3</sup>	t/ m <sup>3</sup>	M.-%	s. Anlage Nr. 3.2 /.Blatt							°	kN/ m <sup>2</sup>	kN/ m <sup>2</sup>	m/s
49	BS-202	5	1,3	1,9	1,9	U t fs ms h', viel Bauschutt															
50	BS-202	6	1,9	2,1	2,1	mS fs gs' u', U t fs ms h', vereinz. Pflanzenreste															
51	BS-202	7	2,1	3	3	H zersetzt u', U-Linsen, Holzstücke, vereinz. kl. mS-Linsen	2,849			62,5											
52	BS-203	1	0	0,07	-	keine Probe															
53	BS-203	2	0,07	0,5	0,5	mS fs gs' u', vereinz. kl. U h'-Linsen, wenig Bauschutt															
54	BS-203	3	0,5	0,8	0,8	mS fs gs' u', kl. U h'-Linsen wenig Bauschutt															
55	BS-203	4	0,8	1,3	1,3	mS fs u' tw. gs', U t fs ms h'															
56	BS-203	5	1,3	2,4	2,4	U t fs h tw. ms' bis ms, mS-Linsen	0,364	1,76	1,29												
57	BS-203	6	2,4	2,9	2,9	H zersetzt u', kl. U-Linsen, vereinz. kl. mS-Linsen															
58	BS-203	7	2,9	3	3	U t fs h tw. ms', H-Linsen															
59	BS-204	1	0	0,6	0,6	mS fs gs' u h (+), kl. U-Linsen, Bauschutt, wenig Pflanzenreste															
60	BS-204	2	0,6	1,3	1,3	U t' ms' fs' h' bis h (+), mS fs-Linsen															
61	BS-204	3	1,3	2,2	2,2	mS fs gs' u', U-Linsen, vereinz. Pflanzenreste															
62	BS-204	4	2,2	2,8	2,8	U t fs' h bis h*, viele Pflanzenreste															
63	BS-204	5	2,8	3	3	H zersetzt, vereinz. kl. fs-Linsen															

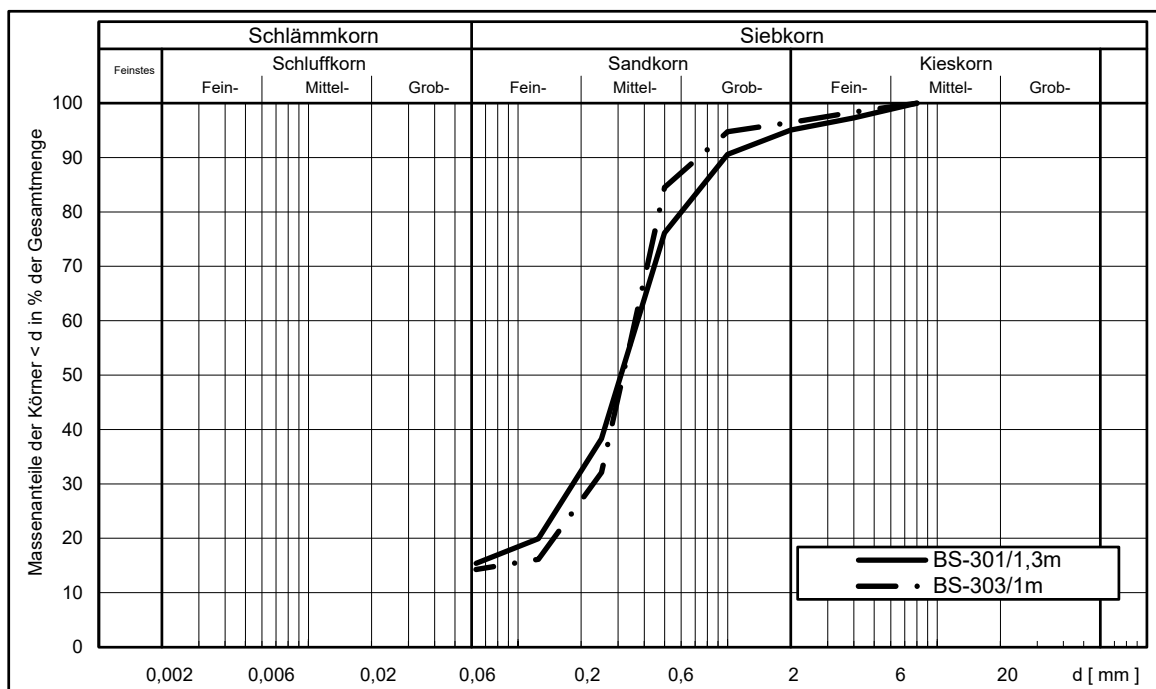
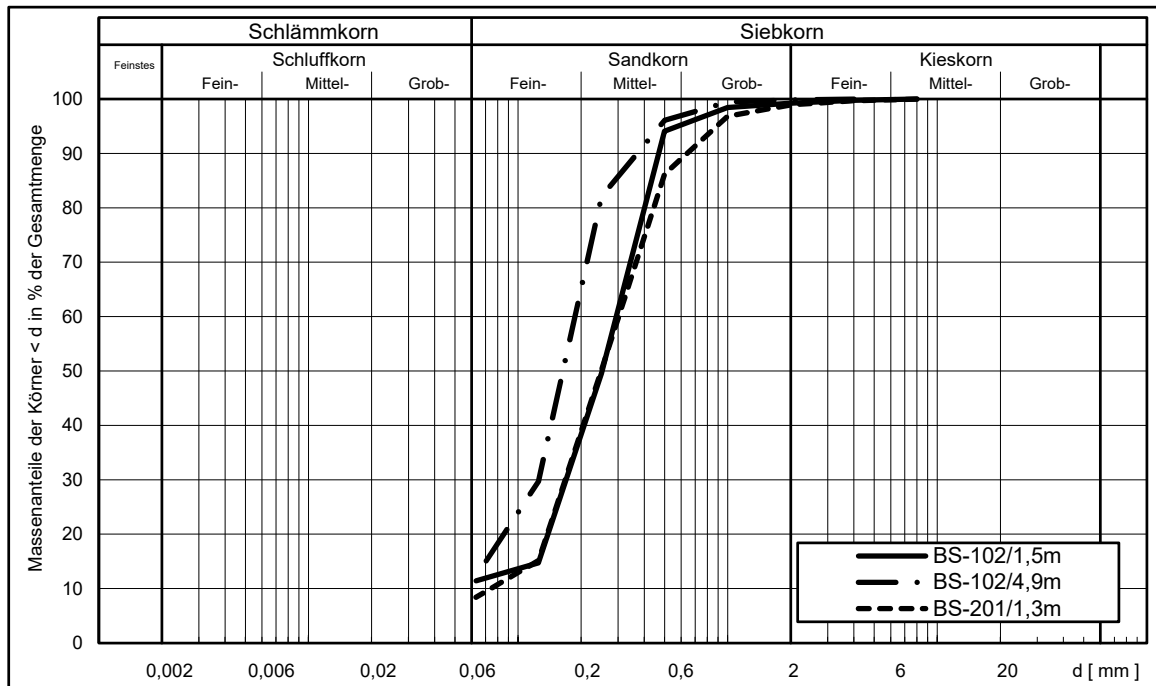
**Erweiterung des Focke-Museum in Bremen-Schwachhausen**  
**Neubau eines teilunterkellerten Erweiterungsbaus (Bürgerforum) und einer Hofüberdachung**  
**Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung**  
**Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche**

Ifd.- Nr.	Bohrung		Schicht		Entnahmetiefe m	Probenansprache im Labor	Wassergehalt w	Dichte r	Trockendichte r <sub>d</sub>	Glühverlust V <sub>gl</sub>	Körnungslinien			Fließgrenze w <sub>L</sub>	Ausrollgrenze w <sub>p</sub>	Plastizitätszahl I <sub>p</sub>	Konsistenzzahl I <sub>c</sub>	Scherparameter			
	Nr.	Probe	von m	bis m							Siebung	Sedimentation	Kombination					Reibungswinkel φ'	Kohäsion c'	undrän. Kohäsion c <sub>u</sub>	Wasserdurchlässigkeitbeiwert k <sub>10</sub>
							t/ m <sup>3</sup>	t/ m <sup>3</sup>	M.-%		s. Anlage Nr. 3.2 /.Blatt							°	kN/ m <sup>2</sup>	kN/ m <sup>2</sup>	m/s
64	BS-301	1	0	0,4	0,4	mS gs fs g' u h' (++) , viel Bauschutt, Wurzelreste															
65	BS-301	2	0,4	1,3	1,3	mS fs gs' u' bis u h' (++) , U h'-Linsen, Bauschutt (u.a. Schlacke)					.1										
66	BS-301	3	1,3	1,8	1,8	U t' ms fs h' , viele mS / fS-Linsen															
67	BS-301	4	1,8	2,2	2,2	U t fs h, tw. ms' , vereinz. Pflanzenreste	0,316	1,80	1,37												
68	BS-301	5	2,2	3	3	H zersetzt u' bis u															
69	BS-302	1	0	0,1	0,1	mS fs gs g' u h' (++) , viel Bauschutt, Wurzelreste															
70	BS-302	2	0,1	1	1	U t' ms' fs' h, fS/mS-Linsen, Pflanzenreste															
71	BS-302	3	1	1,6	1,6	mS fs' gs' u' , kl. U t-Linsen															
72	BS-302	4	1,6	2	2	U t fs' bis fs h, mS-Linsen, Holzreste															
73	BS-303	1	0	0,5	0,5	U t' ms' fs' h, Wurzelreste															
74	BS-303	2	0,5	1	1	mS fs' gs' u' , U t ms fs h'					.1										
75	BS-303	3	1	1,3	1,3	mS fs' gs' u'															
76	BS-303	4	1,3	2	2	U t fs' h bis h* , tw. ms' , Pflanzenreste, Holzstücke															

# **Erweiterung des Focke-Museum in Bremen-Schwachhausen** **Neubau eines teilunterkellerten Erweiterungsbaus (Bürgerforum) und einer** **Hofüberdachung**

## **Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung**

### **Körnungslinien**



## Erweiterung des Focke-Museum in Bremen-Schwachhausen - Neubau eines teilunterkellerten Erweiterungsbaus (Bürgerforum) und einer Hofüberdachung

Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

Ergebnisse der chemischen Grundwasseranalysen

Chemischer Angriff (Expositionsklasse) auf Beton gemäß DIN EN 206:2017-01,  
Stahlkorrosionswahrscheinlichkeit nach DIN 50929 sowie Eisengehalt

Projekt	80631-101	Analyse durch	Wessling GmbH
Entnahmedatum	13.09.2021	Proben Nr.	21-165694-01
Entnahme durch	Baugrunderkundung Nord GmbH	Entnahmestelle	BS-101, t = 4 bis 5m

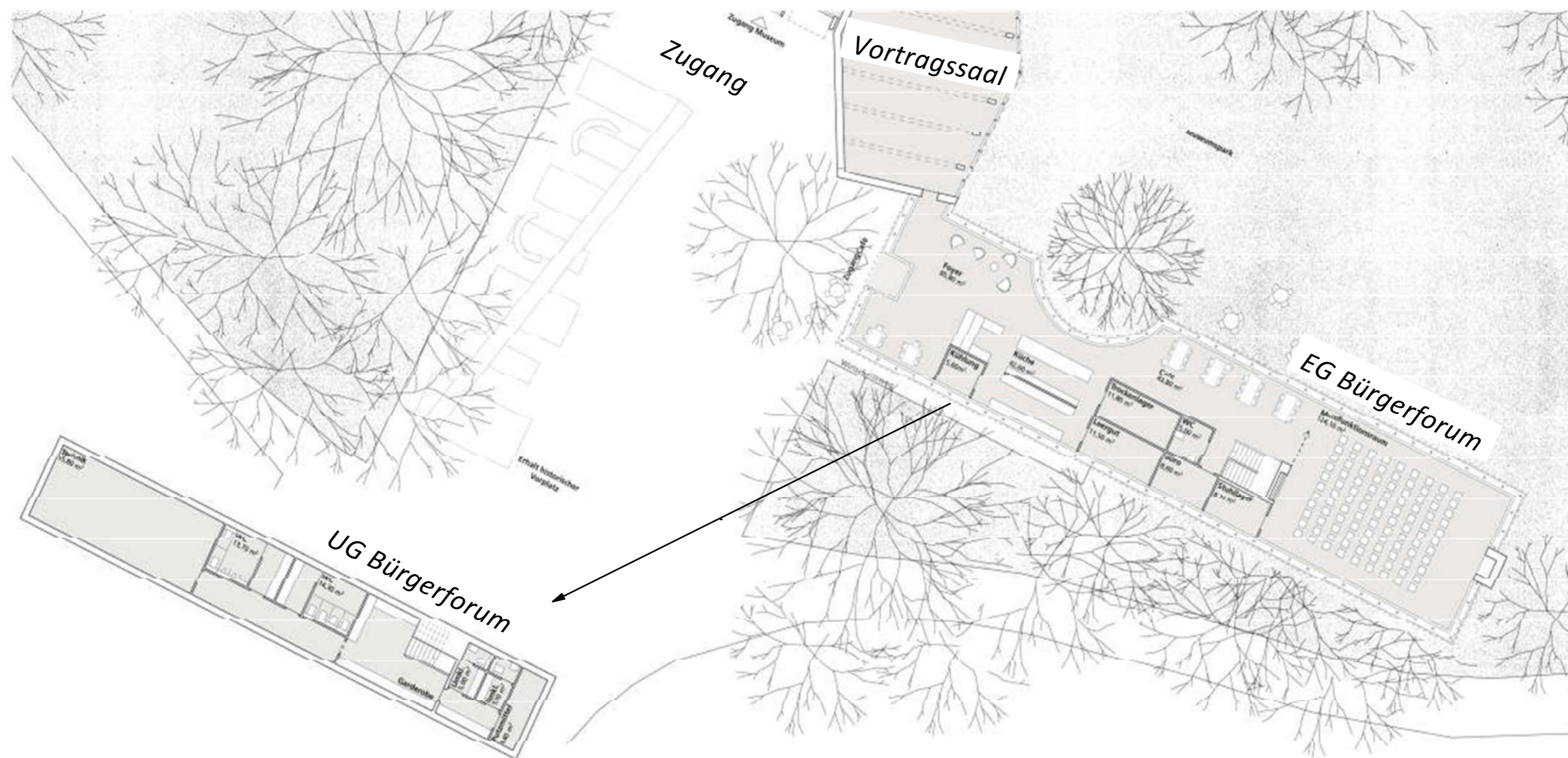
Wasseranalyse					
Chemischer Angriff auf Beton			Expositionsklasse		
(erweiterter Analyseumfang)			XA 1 schwach angreifend	XA 2 mäßig angreifend	XA 3 stark angreifend
Parameter	Prüfergebnis	Einheit	Grenzwerte (sofern vorgegeben)		
Aussehen	-	-			
Geruch der unveränderten Probe	ohne	-			
Geruch der angesäuerten Probe	ohne	-			
Kaliumpermanganatverbrauch	554	mg/l			
Härte	164	mg CaO/l			
Härtehydrocarbonat	199,92	mg CaO/l			
Nichtcarbonathärte	--	mg CaO/l			
Chlorid	47	mg/l			
Sulfid	< 0,04	mg/l			
pH-Wert	6,7	-	6,5-5,5	<5,5-4,5	<4,5
Magnesium	14	mg/l	300-1000	>1000-3000	>3000
Ammonium	13	mg/l	15-30	>30-60	>60
Sulfat	40	mg/l	200-600	>600-3000	>3000
CO <sub>2</sub> (kalklösend)	< 5,0	mg/l	15-40	>40-100	>100
Stahlkorrosionswahrscheinlichkeit (Chlorid, Sulfat und pH-Wert siehe oben)					
Calcium	94	mg/l			
Säurekapazität, pH 4,3	7,14	mmol/l			
Eisengehalt	6,20	mg/l			

Beurteilung	
<b>Chemischer Angriff auf Beton (Expositionsklasse gemäß DIN EN 206)<sup>1)</sup></b>	
<input checked="" type="checkbox"/>  <input type="checkbox"/>  <input type="checkbox"/>  <input type="checkbox"/>	alle Parameter unterhalb der Grenzwerte für XA 1 (nicht betonangreifend)  XA 1 - chemisch schwach angreifende Umgebung  XA 2 - chemisch mäßig angreifende Umgebung  XA 3 - chemisch stark angreifende Umgebung

<sup>1)</sup> Der höchste Wert bestimmt die Expositionsklasse. Liegen zwei oder mehr Parameter im oberen Viertel eines Bereiches (bei pH im unteren Viertel), muß die Umgebung der nächsthöheren Klasse zugeordnet werden, sofern nicht ein besonderer Nachweis erbracht wird, daß dies nicht erforderlich ist.

**Erweiterung des Focke-Museums  
 in Bremen-Schwachhausen  
 Neubau eines teilunterkellerten  
 Erweiterungsbaus (Bürgerforum)  
 und einer Hofüberdachung  
 Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung**

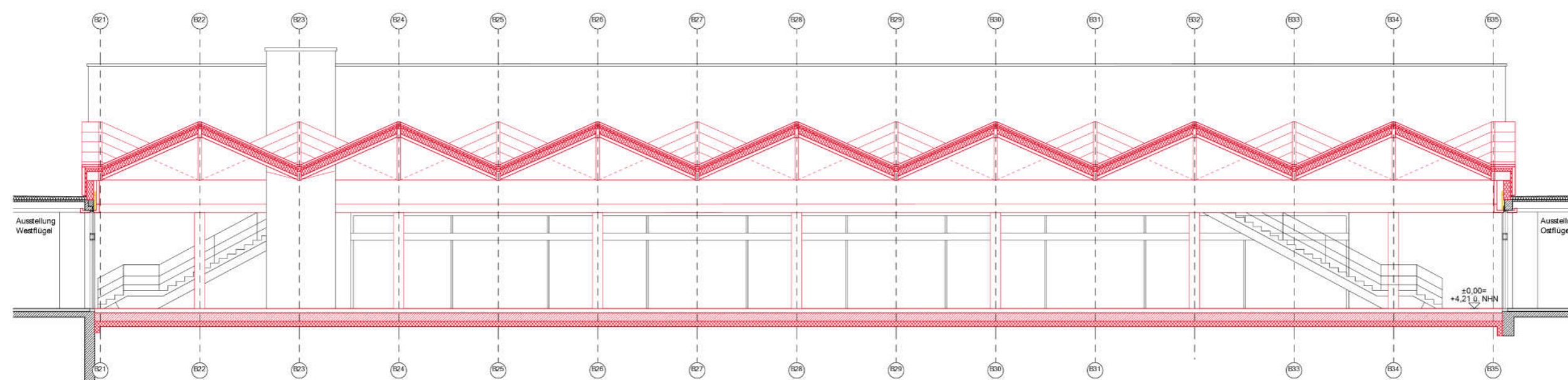
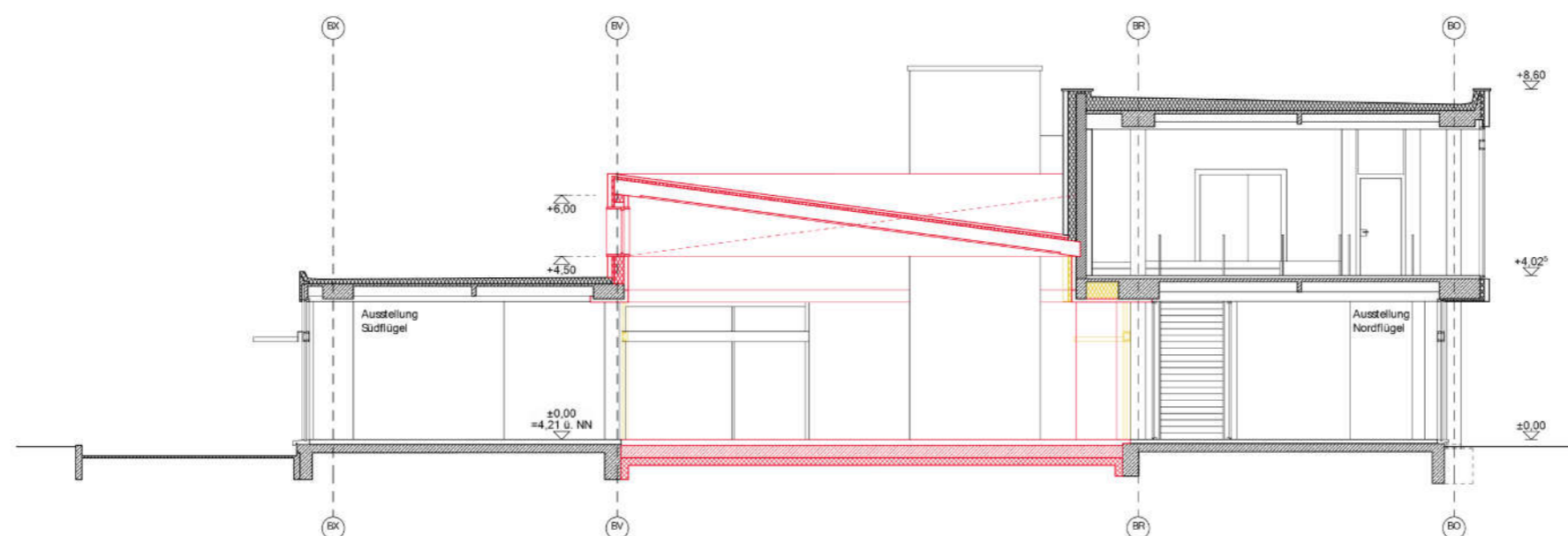
Grundriss Neubau Bürgerforum (EG und UG)



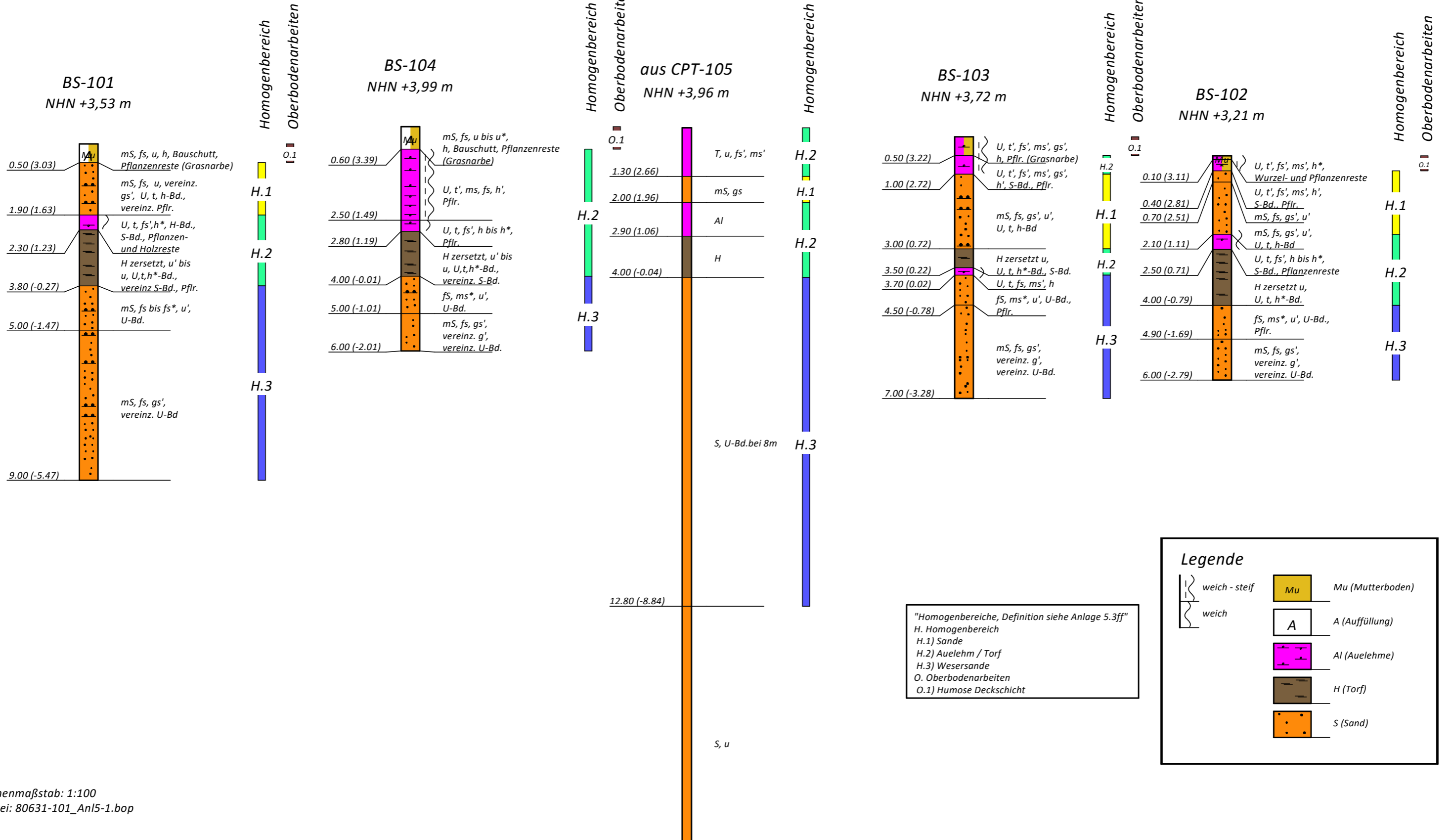
Grundriss EG | UG

**Erweiterung des Focke-Museums  
 in Bremen-Schwachhausen  
 Neubau eines teilunterkellerten  
 Erweiterungsbaus (Bürgerforum)  
 und einer Hofüberdachung  
 Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung**

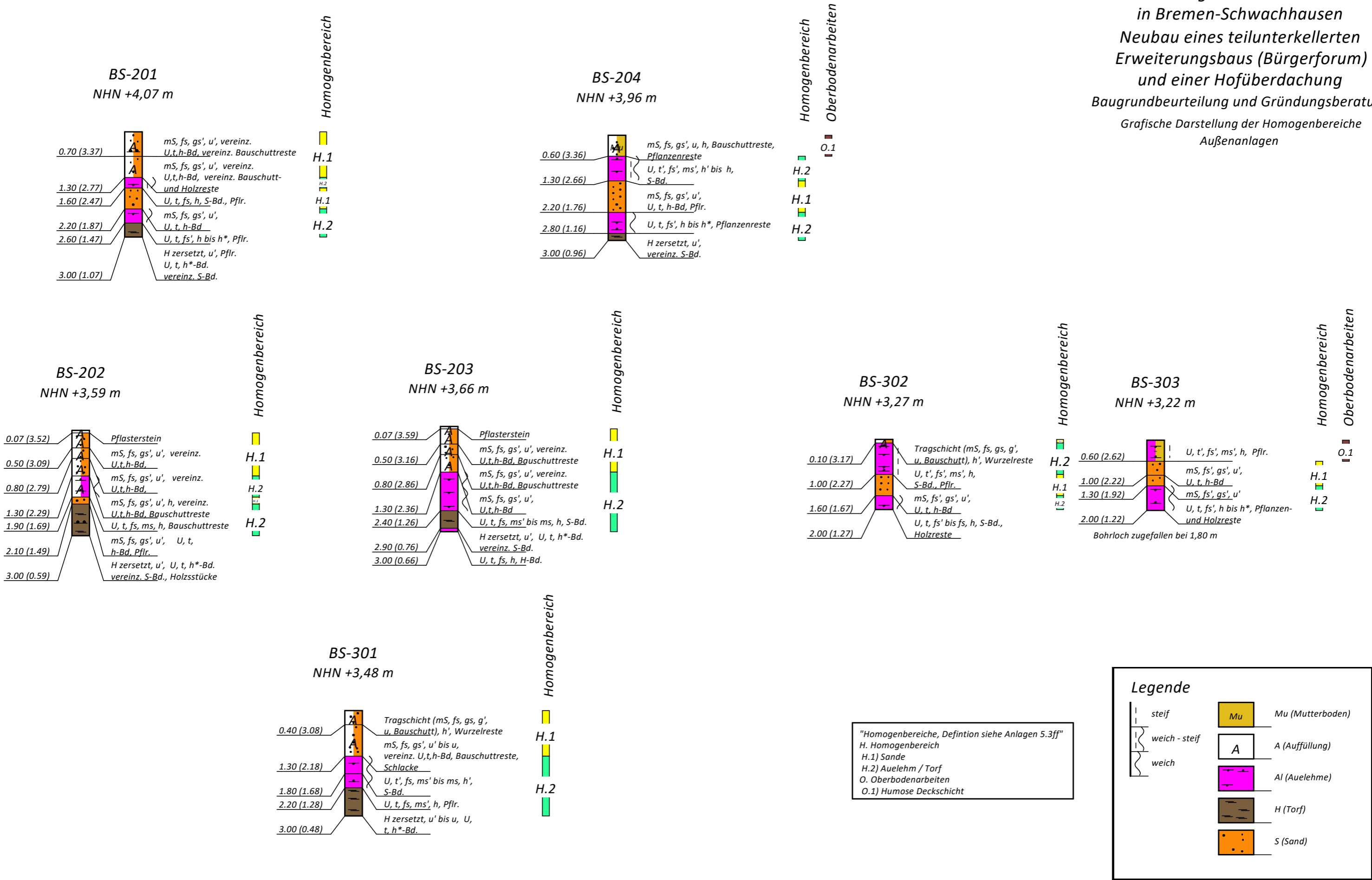
Neubau Hofüberdachung (Quer- und Längsschnitt)



*Erweiterung des Focke-Museums  
in Bremen-Schwachhausen  
Neubau eines teilunterkellerten  
Erweiterungsbaus (Bürgerforum)  
und einer Hofüberdachung  
Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung  
Grafische Darstellung der Homogenbereiche  
Neubau Bürgerforum*



Erweiterung des Focke-Museums  
in Bremen-Schwachhausen  
Neubau eines teilunterkellerten  
Erweiterungsbaus (Bürgerforum)  
und einer Hofüberdachung  
Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung  
Grafische Darstellung der Homogenbereiche  
Außenanlagen



**Erweiterung des Focke-Museum in Bremen-Schwachhausen**  
**Neubau eines teilunterkellerten Erweiterungsbaus (Bürgerforum) und einer Hofüberdachung**  
**Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung**

**Homogenbereich O<sub>1</sub>**  
ATV DIN 18320 Landschaftsbauarbeiten

Nr.	Parameter	Prüfung bzw. Definition nach	Einheit	Werte
2	Massenanteile Steine und Blöcke <sup>1)</sup>	DIN EN ISO 14688-1 und -2	M.-%	0 bis 15
20	Bodengruppe	DIN 18196	-	OH, SU, SU*, OU, UL
21	ortsübliche Bezeichnung		-	<b>Oberboden</b> humose schluffige Sande humose Schluffe (bauschutthaltig), (Wurzel-, Pflanzenreste/Grasnarbe)

[...] aufgefüllt  
[...] örtlich

<sup>1)</sup> geschätzte Werte, Anteile können mit den durchgeführten Bohrsondierungen nicht festgestellt werden. Zur genaueren Bestimmung werden Baggerschürfen erforderlich.

DIN 18915 - Vegetationstechnik im Landschaftsbau		
Bodengruppe	Benennung	Gehalt an organischer Substanz
3	schwach bindiger, sandiger Boden	0 bis 20 M.-%
4	bindiger, sandiger Boden	0 bis 20 M.-%
5	stark bindiger, sandiger/kiesiger Boden	0 bis 20 M.-%

Die Zuordnung/Benennung wurde auf der Grundlage der vorliegenden Erkundungs- und Untersuchungsergebnisse vorgenommen bzw. die Werte wurden als Erfahrungswerte abgeschätzt.

Die Oberböden enthalten vereinzelt Fremdstoffe (Bauschutt) und humose Anteile, die Eignung der Böden für vegetationstechnische Zwecke ist gesondert sachverständig zu beurteilen. Die anhand des bodenmechanischen Datenbestandes festgelegten Homogenbereiche berücksichtigen keine umwelttechnischen Belange (hinsichtlich der Belastung mit Schadstoffen). Falls erforderlich, sind diese seitens eines Sachverständigen für Altlasten und Umwelt festzulegen.

**Erweiterung des Focke-Museum in Bremen-Schwachhausen**  
**Neubau eines teilunterkellerten Erweiterungsbaus (Bürgerforum) und einer Hofüberdachung**  
**Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung**

**Homogenbereich H<sub>1</sub>**

für Arbeiten (ATV DIN 18300/18201/18303/18304) der Geotechnischen Kategorie 2 oder 3 nach DIN 4020

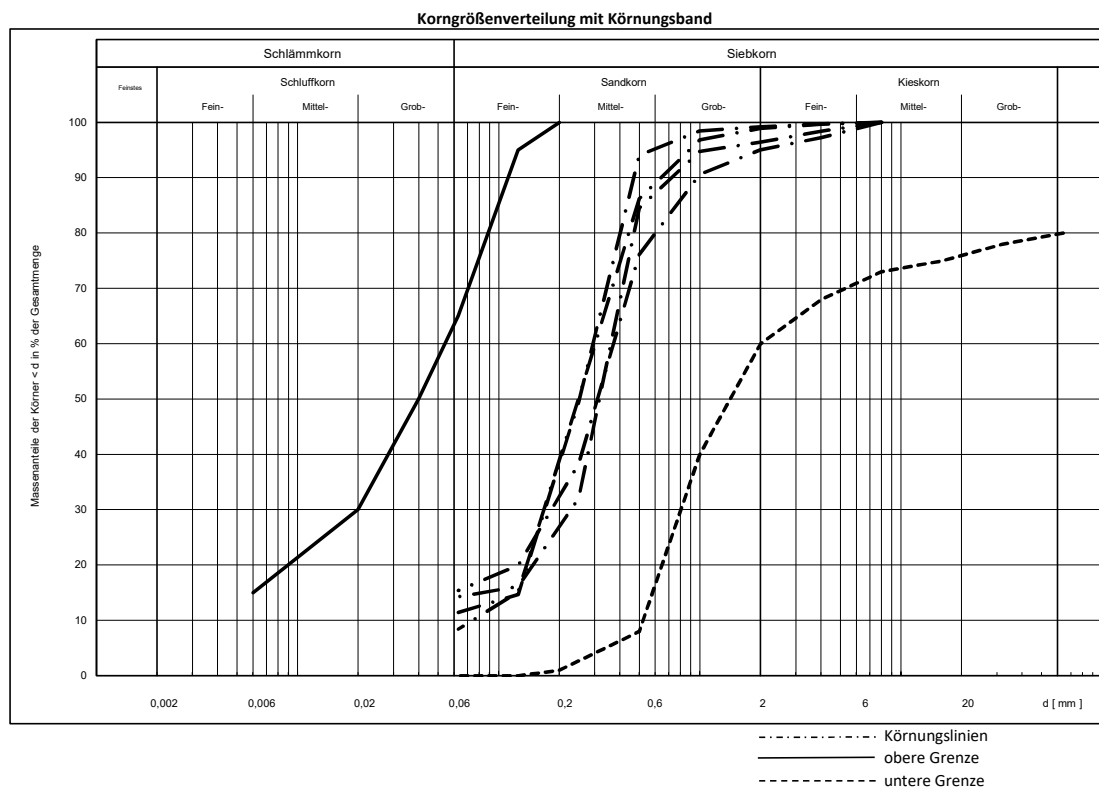
Nr.	Parameter	Prüfung bzw. Definition nach	Einheit	Kennwerte und Eigenschaften
1	Korngrößenverteilung mit Körnungsbändern	DIN 18123	-	siehe unten
2	Anteil Steine und Blöcke <sup>1)</sup>	DIN EN ISO 14688-1 und -2	M.-%	0 bis 20
4	Dichte	DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2	t/m <sup>3</sup>	1,5 bis 2,0
5	Kohäsion	DIN 18137-1, DIN 18137-2 und DIN 18137-3	kN/m <sup>2</sup>	0 bis 10 <sup>2)</sup>
6	undräßierte Scherfestigkeit	DIN 4094-2, DIN 18136 oder DIN 18137-2	kN/m <sup>2</sup>	---
8	Wassergehalt	DIN EN ISO 17892-1	[-]	0,05 bis 0,3
10	Konsistenzzahl	DIN 18122-1 und DIN EN ISO 14688-1	-	---
12	Plastizitätszahl	DIN 18122-1	-	---
14	Lagerungsdichte	DIN EN ISO 14688-2 und DIN 18126	-	0,1 bis 0,8
17	Organischer Anteil	DIN 18128	M.-%	< 1 bis 15
19	Abrasivität	NF P18-579	-	abrasiv bis stark abrasiv
20	Bodengruppe	DIN 18196	-	A [SU, SU*, (OH, UL, GU)] SU, SU*, (UL, OH)
21	ortsübliche Bezeichnung	-	-	Sande, aufgefüllt Sande, gewachsen schwach schluffig bis schluffig Auelehmbänder (humos), (bauschutthaltig, Bauschutt-Sand-Gemisch)

--- keine Angabe  
[...] aufgefüllt  
(...) örtlich

<sup>1)</sup> geschätzte Werte, Anteile können mit den durchgeführten Bohrsondierungen nicht festgestellt werden. Zur genaueren Bestimmung werden Bohrungen mit großem Durchmesser oder Schürfe erforderlich.

<sup>2)</sup> scheinbare Kohäsion der Sande

Die Zuordnung/Benennung wurde auf der Grundlage der vorliegenden Erkundungs- und Untersuchungsergebnisse vorgenommen bzw. die Werte wurden als Erfahrungswerte abgeschätzt. Die anhand des bodenmechanischen Datenbestandes festgelegten Homogenbereiche berücksichtigen keine umwelttechnischen Belange (hinsichtlich der Belastung mit Schadstoffen). Falls erforderlich, sind diese seitens eines Sachverständigen für Altlasten und Umwelt festzulegen.



**Erweiterung des Focke-Museum in Bremen-Schwachhausen**  
**Neubau eines teilunterkellerten Erweiterungsbaus (Bürgerforum) und einer Hofüberdachung**  
**Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung**

**Homogenbereich H<sub>2</sub>**

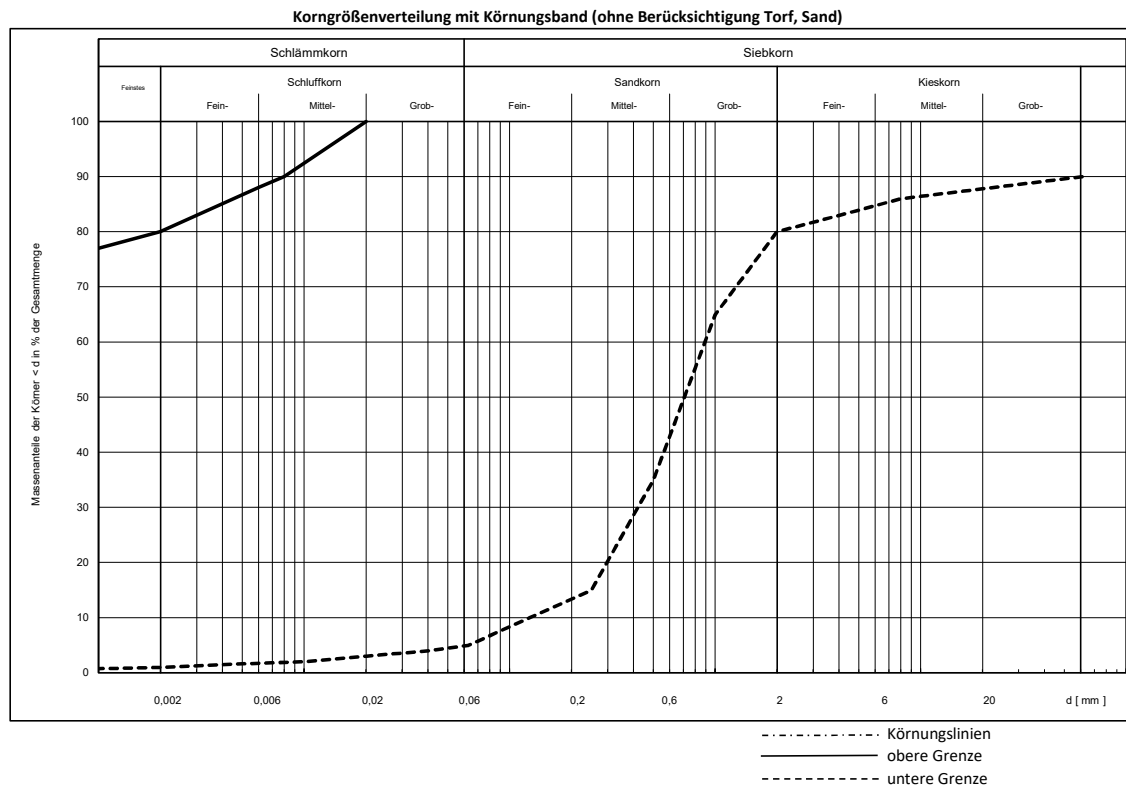
für Arbeiten (ATV DIN 18300/18201/18303/18304) der Geotechnischen Kategorie 2 oder 3 nach DIN 4020

Nr.	Parameter	Prüfung bzw. Definition nach	Einheit	Kennwerte und Eigenschaften
1	Korngrößenverteilung mit Körnungsbändern	DIN 18123	-	siehe unten
2	Anteil Steine und Blöcke <sup>1)</sup>	DIN EN ISO 14688-1 und -2	M.-%	0 bis 10
4	Dichte	DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2	t/m <sup>3</sup>	1,4 bis 2,1 {1,0 bis 1,4}
5	Kohäsion	DIN 18137-1, DIN 18137-2 und DIN 18137-3	kN/m <sup>2</sup>	2 bis 20
6	undräßierte Scherfestigkeit	DIN 4094-2, DIN 18136 oder DIN 18137-2	kN/m <sup>2</sup>	2,5 bis 60
8	Wassergehalt	DIN EN ISO 17892-1	-	0,1 bis 1 {1 bis 4}
10	Konsistenzzahl	DIN 18122-1 und DIN EN ISO 14688-1	-	0,3 bis 0,9 {---}
12	Plastizitätszahl	DIN 18122-1	-	0,08 bis 0,5 {---}
14	Lagerungsdichte	DIN EN ISO 14688-2 und DIN 18126	-	---
17	Organischer Anteil	DIN 18128	M.-%	2 bis 20 {80}
19	Abrasivität	NF P18-579	-	kaum abrasiv
20	Bodengruppe	DIN 18196	-	OU, OT, (TL,TM,TA,UL,UM,UA,SU,SU*) [OU, OT, (TL,TM,TA,UL,UM,UA,SU,SU*)] {HN, HZ}
21	ortsübliche Bezeichnung	-	-	Auelehm, sandgebändert (Auelehm, aufgefüllt, bauschutthaltig) {Torf}

--- keine Angabe  
[...] aufgefüllt  
(...) örtlich

<sup>1)</sup> geschätzte Werte, Anteile können mit den durchgeführten Bohrsondierungen nicht festgestellt werden. Zur genaueren Bestimmung werden Baggerschürfen erforderlich, Kennwerte berücksichtigen nicht die Sandbänder

Die Zuordnung/Benennung wurde auf der Grundlage der vorliegenden Erkundungs- und Untersuchungsergebnisse vorgenommen bzw. die Werte wurden als Erfahrungswerte abgeschätzt. Die anhand des bodenmechanischen Datenbestandes festgelegten Homogenbereiche berücksichtigen keine umwelttechnischen Belange (hinsichtlich der Belastung mit Schadstoffen). Falls erforderlich, sind diese seitens eines Sachverständigen für Altlasten und Umwelt festzulegen.



**Erweiterung des Focke-Museum in Bremen-Schwachhausen**  
**Neubau eines teilunterkellerten Erweiterungsbaus (Bürgerforum) und einer Hofüberdachung**  
**Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung**

**Homogenbereich H<sub>3</sub>**

für Arbeiten (ATV DIN 18300/18201/18303/18304) der Geotechnischen Kategorie 2 oder 3 nach DIN 4020

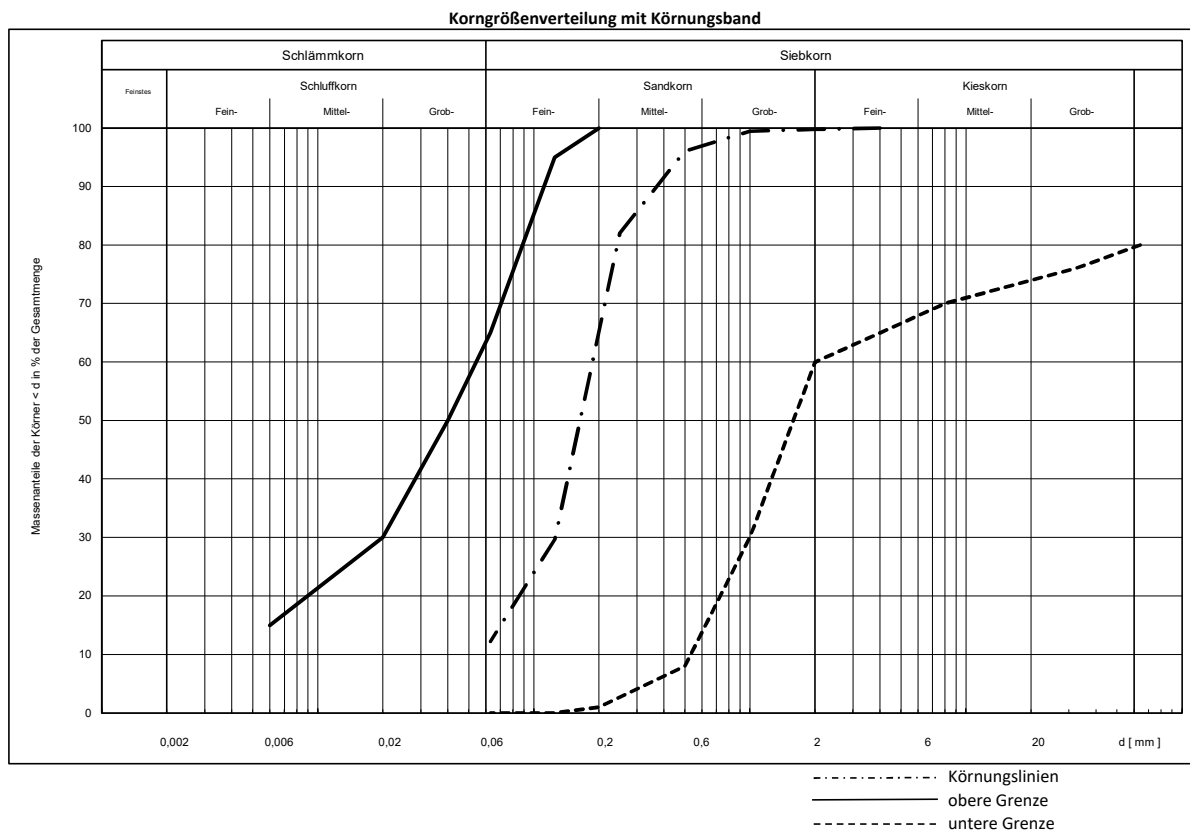
Nr.	Parameter	Prüfung bzw. Definition nach	Einheit	Kennwerte und Eigenschaften
1	Korngrößenverteilung mit Körnungsbändern	DIN 18123	-	siehe unten
2	Anteil Steine und Blöcke <sup>1)</sup>	DIN EN ISO 14688-1 und -2	M.-%	bis 20
4	Dichte	DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2	t/m <sup>3</sup>	1,7 bis 2,0
5	Kohäsion	DIN 18137-1, DIN 18137-2 und DIN 18137-3	kN/m <sup>2</sup>	0 bis 10 <sup>2)</sup>
6	undrnierte Scherfestigkeit	DIN 4094-2, DIN 18136 oder DIN 18137-2	kN/m <sup>2</sup>	---
8	Wassergehalt	DIN EN ISO 17892-1	[-]	0,05 bis 0,3
10	Konsistenzzahl	DIN 18122-1 und DIN EN ISO 14688-1	-	---
12	Plastizitätszahl	DIN 18122-1	-	---
14	Lagerungsdichte	DIN EN ISO 14688-2 und DIN 18126	-	0,3 bis 1,0
17	Organischer Anteil	DIN 18128	M.-%	< 1 bis 10
19	Abrasivität	NF P18-579	-	abrasiv bis stark abrasiv
20	Bodengruppe	DIN 18196 / DIN 18195	-	SE, SU, SW, (SU*, UL), (GI, GW, GE, GU)
21	ortsübliche Bezeichnung	-	-	<b>Wesersande</b> (schwach schluffig, auelehmgebändert) (schwach kiesig bis kiesig)

--- keine Angabe  
(...) örtlich

<sup>1)</sup> geschätzte Werte, Anteile können mit den durchgeführten Bohrsondierungen nicht festgestellt werden. Zur genaueren Bestimmung werden Bohrungen mit großem Durchmesser erforderlich.

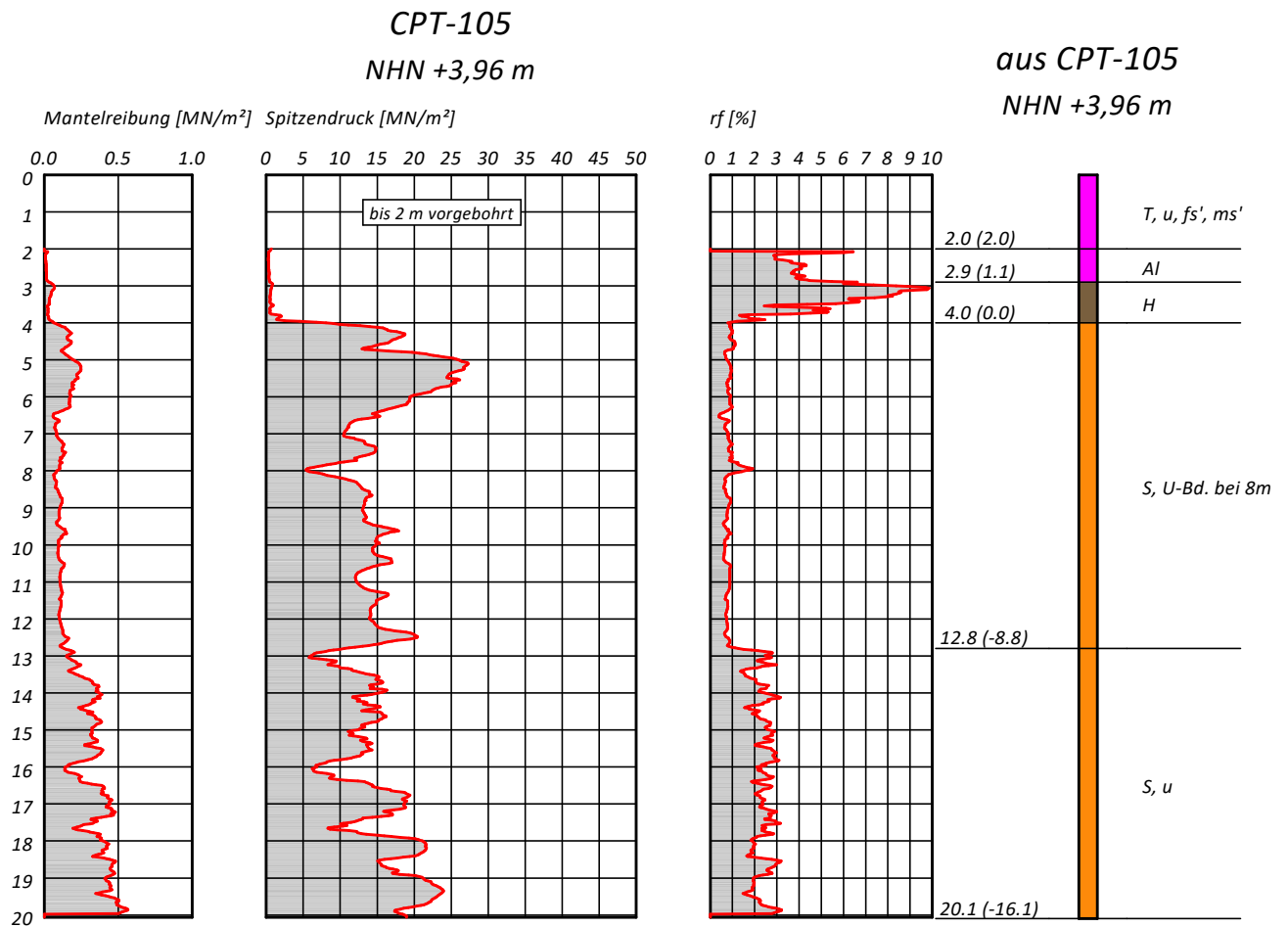
<sup>2)</sup> scheinbare Kohäsion der Sande

Die Zuordnung/Benennung wurde auf der Grundlage der vorliegenden Erkundungs- und Untersuchungsergebnisse vorgenommen bzw. die Werte wurden als Erfahrungswerte abgeschätzt. Die anhand des bodenmechanischen Datenbestandes festgelegten Homogenbereiche berücksichtigen keine umwelttechnischen Belange (hinsichtlich der Belastung mit Schadstoffen). Falls erforderlich, sind diese seitens eines Sachverständigen für Altlasten und Umwelt festzulegen.



# Erweiterung des Focke-Museums in Bremen-Schwachhausen Neubau eines teilunterkellerten Erweiterungsbaus (Bürgerforum) und einer Hofüberdachung

## Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung Vollständige Ergebnisse der Drucksondierungen



# Gegenüberstellung von Messwerten und Zuordnungswerten gemäß

LAGA – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II:

Technische Regeln für die Verwertung 1.2 Bodenmaterial (TR Boden) – (Stand 05.11.2004)

Anhang zum Prüfbericht: **CHA21-023370-1**

Proben-Nr.: **21-167185-01**

Bodenart gemäß Probenahmeprotokoll bzw. Kundenangabe: **k.A.**

## Zuordnungswerte Feststoff für Boden (Tabelle II 1.2.-2 und Tabelle II 1.2-4)

Parameter	Dimension	Analysenwert	Z 0			Z 0 <sup>*1)</sup>	Z 1	Z 2	Zuordnung
			Sand	Lehm / Schluff	Ton				
Arsen	mg/kg TS	<b>4,9</b>	10	15	20	15 <sup>2)</sup>	45	150	Z 0
Blei	mg/kg TS	<b>47</b>	40	70	100	140	210	700	k.A.
Cadmium	mg/kg TS	<b>&lt;0,3</b>	0,4	1	1,5	1 <sup>3)</sup>	3	10	Z 0
Chrom (gesamt)	mg/kg TS	<b>13</b>	30	60	100	120	180	600	Z 0
Kupfer	mg/kg TS	<b>20</b>	20	40	60	80	120	400	Z 0
Nickel	mg/kg TS	<b>9,6</b>	15	50	70	100	150	500	Z 0
Thallium	mg/kg TS	<b>n.a.</b>	0,4	0,7	1	0,7 <sup>4)</sup>	2,1	7	k.A.
Quecksilber	mg/kg TS	<b>0,2</b>	0,1	0,5	1	1,0	1,5	5	k.A.
Zink	mg/kg TS	<b>130</b>	60	150	200	300	450	1500	k.A.
Cyanide gesamt	mg/kg TS	<b>n.a.</b>	-			-	3	10	k.A.
TOC	(Masse%)	<b>3,8</b>	0,5(1,0) <sup>5)</sup>			0,5(1,0) <sup>5)</sup>	1,5	5	Z 2
EOX	mg/kg TS	<b>&lt;0,5</b>	1			1 <sup>6)</sup>	3 <sup>6)</sup>	10	Z 0
Kohlenwasserstoffe (C10-C22)	mg/kg TS	<b>&lt;30</b>	100			200 <sup>7)</sup>	300 <sup>7)</sup>	1000 <sup>7)</sup>	Z 0
Kohlenwasserstoffe (C10-C40)	mg/kg TS	<b>&lt;30</b>	-			(400) <sup>7)</sup>	(600) <sup>7)</sup>	(2000) <sup>7)</sup>	k.A.
BTX	mg/kg TS	<b>n.a.</b>	1			1	1	1	k.A.
LHKW	mg/kg TS	<b>n.a.</b>	1			1	1	1	k.A.
PCB <sub>6</sub>	mg/kg TS	<b>n.a.</b>	0,05			0,1	0,15	0,5	k.A.
PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	<b>6,5</b>	3			3	3(9) <sup>8)</sup>	30	Z 2
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<b>0,53</b>	0,3			0,6	0,9	3	Z 0*

## Zuordnungswerte Eluat für Boden (Tabelle II. 1.2-3 und Tabelle II. 1.2.-5)

Parameter	Dimension	Analysenwert	Z 0/Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Zuordnung
pH-Wert	-	<b>6,7</b>	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6 - 12	5,5 - 12	Z 0/Z 0*
Leitfähigkeit	µS/cm	<b>61</b>	250	250	1500	2000	Z 0/Z 0*
Chlorid	mg/l	<b>&lt;1</b>	30	30	50	100 <sup>9)</sup>	Z 0/Z 0*
Sulfat	mg/l	<b>2,7</b>	20	20	50	200	Z 0/Z 0*
Cyanid	µg/l	<b>n.a.</b>	5	5	10	20	k.A.
Arsen	µg/l	<b>&lt;3</b>	14	14	20	60 <sup>10)</sup>	Z 0/Z 0*
Blei	µg/l	<b>6</b>	40	40	80	200	Z 0/Z 0*
Cadmium	µg/l	<b>&lt;0,5</b>	1,5	1,5	3	6	Z 0/Z 0*
Chrom (gesamt)	µg/l	<b>&lt;4</b>	12,5	12,5	25	60	Z 0/Z 0*
Kupfer	µg/l	<b>20</b>	20	20	60	100	Z 0/Z 0*
Nickel	µg/l	<b>&lt;5</b>	15	15	20	70	Z 0/Z 0*
Quecksilber	µg/l	<b>&lt;0,2</b>	<0,5	<0,5	1	2	Z 0/Z 0*
Zink	µg/l	<b>37</b>	150	150	200	600	Z 0/Z 0*
Phenolindex	µg/l	<b>n.a.</b>	20	20	40	100	k.A.

n.n. = nicht nachgewiesen

n.b. = nicht bestimmbar

n.a. = nicht analysiert

k.A. = keine Angabe

-/- = alle Einzelmesswerte < Bestimmungsgrenze

1) maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen (siehe "Ausnahmen von der Regel" für die Verfüllung von Abgrabungen in Nr. II.1.2.3.2)

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

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

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

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

6) Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen.

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

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

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

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

### Hinweis:

Die Zuordnung erfolgt ausschließlich auf formaler Grundlage und ist nicht Gegenstand der akkreditierten Leistung. Einzel- und Sonderfallregelungen (z. B. durch Fußnoten) sind nicht berücksichtigt. Diese Zuordnung ersetzt keine Gutachterleistung unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen.

# Gegenüberstellung von Messwerten und Zuordnungswerten gemäß

LAGA – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II:

Technische Regeln für die Verwertung 1.2 Bodenmaterial (TR Boden) – (Stand 05.11.2004)

Anhang zum Prüfbericht: **CHA21-023370-1**

Proben-Nr.: **21-167185-02**

Bodenart gemäß Probenahmeprotokoll bzw. Kundenangabe: **k.A.**

## Zuordnungswerte Feststoff für Boden (Tabelle II 1.2.-2 und Tabelle II 1.2-4)

Parameter	Dimension	Analysenwert	Z 0			Z 0 <sup>*1)</sup>	Z 1	Z 2	Zuordnung
			Sand	Lehm / Schluff	Ton				
Arsen	mg/kg TS	<b>3,6</b>	10	15	20	15 <sup>2)</sup>	45	150	Z 0
Blei	mg/kg TS	<b>11</b>	40	70	100	140	210	700	Z 0
Cadmium	mg/kg TS	<b>&lt;0,3</b>	0,4	1	1,5	1 <sup>3)</sup>	3	10	Z 0
Chrom (gesamt)	mg/kg TS	<b>12</b>	30	60	100	120	180	600	Z 0
Kupfer	mg/kg TS	<b>6,9</b>	20	40	60	80	120	400	Z 0
Nickel	mg/kg TS	<b>7,8</b>	15	50	70	100	150	500	Z 0
Thallium	mg/kg TS	<b>n.a.</b>	0,4	0,7	1	0,7 <sup>4)</sup>	2,1	7	k.A.
Quecksilber	mg/kg TS	<b>&lt;0,1</b>	0,1	0,5	1	1,0	1,5	5	Z 0
Zink	mg/kg TS	<b>37</b>	60	150	200	300	450	1500	Z 0
Cyanide gesamt	mg/kg TS	<b>n.a.</b>	-			-	3	10	k.A.
TOC	(Masse%)	<b>0,4</b>	0,5(1,0) <sup>5)</sup>			0,5(1,0) <sup>5)</sup>	1,5	5	Z 0
EOX	mg/kg TS	<b>&lt;0,5</b>	1			1 <sup>6)</sup>	3 <sup>6)</sup>	10	Z 0
Kohlenwasserstoffe (C10-C22)	mg/kg TS	<b>&lt;30</b>	100			200 <sup>7)</sup>	300 <sup>7)</sup>	1000 <sup>7)</sup>	Z 0
Kohlenwasserstoffe (C10-C40)	mg/kg TS	<b>&lt;30</b>	-			(400) <sup>7)</sup>	(600) <sup>7)</sup>	(2000) <sup>7)</sup>	k.A.
BTX	mg/kg TS	<b>n.a.</b>	1			1	1	1	k.A.
LHKW	mg/kg TS	<b>n.a.</b>	1			1	1	1	k.A.
PCB <sub>6</sub>	mg/kg TS	<b>n.a.</b>	0,05			0,1	0,15	0,5	k.A.
PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	<b>0,08</b>	3			3	3(9) <sup>8)</sup>	30	Z 0
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<b>0,01</b>	0,3			0,6	0,9	3	Z 0

## Zuordnungswerte Eluat für Boden (Tabelle II. 1.2-3 und Tabelle II. 1.2.-5)

Parameter	Dimension	Analysenwert	Z 0/Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Zuordnung
pH-Wert	-	<b>6,9</b>	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6 - 12	5,5 - 12	Z 0/Z 0*
Leitfähigkeit	µS/cm	<b>77</b>	250	250	1500	2000	Z 0/Z 0*
Chlorid	mg/l	<b>1,6</b>	30	30	50	100 <sup>9)</sup>	Z 0/Z 0*
Sulfat	mg/l	<b>11</b>	20	20	50	200	Z 0/Z 0*
Cyanid	µg/l	<b>n.a.</b>	5	5	10	20	k.A.
Arsen	µg/l	<b>&lt;3</b>	14	14	20	60 <sup>10)</sup>	Z 0/Z 0*
Blei	µg/l	<b>&lt;5</b>	40	40	80	200	Z 0/Z 0*
Cadmium	µg/l	<b>&lt;0,5</b>	1,5	1,5	3	6	Z 0/Z 0*
Chrom (gesamt)	µg/l	<b>&lt;4</b>	12,5	12,5	25	60	Z 0/Z 0*
Kupfer	µg/l	<b>6</b>	20	20	60	100	Z 0/Z 0*
Nickel	µg/l	<b>&lt;5</b>	15	15	20	70	Z 0/Z 0*
Quecksilber	µg/l	<b>&lt;0,2</b>	<0,5	<0,5	1	2	Z 0/Z 0*
Zink	µg/l	<b>&lt;30</b>	150	150	200	600	Z 0/Z 0*
Phenolindex	µg/l	<b>n.a.</b>	20	20	40	100	k.A.

n.n. = nicht nachgewiesen

n.b. = nicht bestimmbar

n.a. = nicht analysiert

k.A. = keine Angabe

-/- = alle Einzelmesswerte < Bestimmungsgrenze

1) maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen (siehe "Ausnahmen von der Regel" für die Verfüllung von Abgrabungen in Nr. II.1.2.3.2)

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

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

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

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

6) Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen.

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

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

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

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

### Hinweis:

Die Zuordnung erfolgt ausschließlich auf formaler Grundlage und ist nicht Gegenstand der akkreditierten Leistung. Einzel- und Sonderfallregelungen (z. B. durch Fußnoten) sind nicht berücksichtigt. Diese Zuordnung ersetzt keine Gutachterleistung unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen.

# Gegenüberstellung von Messwerten und Zuordnungswerten gemäß

LAGA – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II:

Technische Regeln für die Verwertung 1.2 Bodenmaterial (TR Boden) – (Stand 05.11.2004)

Anhang zum Prüfbericht: **CHA21-023370-1**

Proben-Nr.: **21-167185-03**

Bodenart gemäß Probenahmeprotokoll bzw. Kundenangabe: **k.A.**

## Zuordnungswerte Feststoff für Boden (Tabelle II 1.2.-2 und Tabelle II 1.2-4)

Parameter	Dimension	Analysenwert	Z 0			Z 0 <sup>*1)</sup>	Z 1	Z 2	Zuordnung
			Sand	Lehm / Schluff	Ton				
Arsen	mg/kg TS	5,5	10	15	20	15 <sup>2)</sup>	45	150	Z 0
Blei	mg/kg TS	17	40	70	100	140	210	700	Z 0
Cadmium	mg/kg TS	<0,3	0,4	1	1,5	1 <sup>3)</sup>	3	10	Z 0
Chrom (gesamt)	mg/kg TS	20	30	60	100	120	180	600	Z 0
Kupfer	mg/kg TS	12	20	40	60	80	120	400	Z 0
Nickel	mg/kg TS	16	15	50	70	100	150	500	k.A.
Thallium	mg/kg TS	n.a.	0,4	0,7	1	0,7 <sup>4)</sup>	2,1	7	k.A.
Quecksilber	mg/kg TS	<0,1	0,1	0,5	1	1,0	1,5	5	Z 0
Zink	mg/kg TS	51	60	150	200	300	450	1500	Z 0
Cyanide gesamt	mg/kg TS	n.a.	-			-	3	10	k.A.
TOC	(Masse%)	2,9	0,5(1,0) <sup>5)</sup>			0,5(1,0) <sup>5)</sup>	1,5	5	Z 2
EOX	mg/kg TS	<0,5	1			1 <sup>6)</sup>	3 <sup>6)</sup>	10	Z 0
Kohlenwasserstoffe (C10-C22)	mg/kg TS	<30	100			200 <sup>7)</sup>	300 <sup>7)</sup>	1000 <sup>7)</sup>	Z 0
Kohlenwasserstoffe (C10-C40)	mg/kg TS	76	-			(400) <sup>7)</sup>	(600) <sup>7)</sup>	(2000) <sup>7)</sup>	k.A.
BTX	mg/kg TS	n.a.	1			1	1	1	k.A.
LHKW	mg/kg TS	n.a.	1			1	1	1	k.A.
PCB <sub>6</sub>	mg/kg TS	n.a.	0,05			0,1	0,15	0,5	k.A.
PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	0,01	3			3	3(9) <sup>8)</sup>	30	Z 0
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<0,01	0,3			0,6	0,9	3	Z 0

## Zuordnungswerte Eluat für Boden (Tabelle II. 1.2-3 und Tabelle II. 1.2.-5)

Parameter	Dimension	Analysenwert	Z 0/Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Zuordnung
pH-Wert	-	6,3	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6 - 12	5,5 - 12	Z 1.2
Leitfähigkeit	µS/cm	201	250	250	1500	2000	Z 0/Z 0*
Chlorid	mg/l	1,5	30	30	50	100 <sup>9)</sup>	Z 0/Z 0*
Sulfat	mg/l	75	20	20	50	200	Z 2
Cyanid	µg/l	n.a.	5	5	10	20	k.A.
Arsen	µg/l	<3	14	14	20	60 <sup>10)</sup>	Z 0/Z 0*
Blei	µg/l	<5	40	40	80	200	Z 0/Z 0*
Cadmium	µg/l	<0,5	1,5	1,5	3	6	Z 0/Z 0*
Chrom (gesamt)	µg/l	<4	12,5	12,5	25	60	Z 0/Z 0*
Kupfer	µg/l	<5	20	20	60	100	Z 0/Z 0*
Nickel	µg/l	<5	15	15	20	70	Z 0/Z 0*
Quecksilber	µg/l	<0,2	<0,5	<0,5	1	2	Z 0/Z 0*
Zink	µg/l	<30	150	150	200	600	Z 0/Z 0*
Phenolindex	µg/l	n.a.	20	20	40	100	k.A.

n.n. = nicht nachgewiesen

n.b. = nicht bestimmbar

n.a. = nicht analysiert

k.A. = keine Angabe

-/- = alle Einzelmesswerte < Bestimmungsgrenze

1) maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen (siehe "Ausnahmen von der Regel" für die Verfüllung von Abgrabungen in Nr. II.1.2.3.2)

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

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

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

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

6) Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen.

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

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

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

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

### Hinweis:

Die Zuordnung erfolgt ausschließlich auf formaler Grundlage und ist nicht Gegenstand der akkreditierten Leistung. Einzel- und Sonderfallregelungen (z. B. durch Fußnoten) sind nicht berücksichtigt. Diese Zuordnung ersetzt keine Gutachterleistung unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen.

# Gegenüberstellung von Messwerten und Zuordnungswerten gemäß

LAGA – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II:

Technische Regeln für die Verwertung 1.2 Bodenmaterial (TR Boden) – (Stand 05.11.2004)

Anhang zum Prüfbericht: **CHA21-023370-1**

Proben-Nr.: **21-167185-04**

Bodenart gemäß Probenahmeprotokoll bzw. Kundenangabe: **k.A.**

## Zuordnungswerte Feststoff für Boden (Tabelle II 1.2.-2 und Tabelle II 1.2-4)

Parameter	Dimension	Analysenwert	Z 0			Z 0 <sup>*1)</sup>	Z 1	Z 2	Zuordnung
			Sand	Lehm / Schluff	Ton				
Arsen	mg/kg TS	<3	10	15	20	15 <sup>2)</sup>	45	150	Z 0
Blei	mg/kg TS	10	40	70	100	140	210	700	Z 0
Cadmium	mg/kg TS	<0,3	0,4	1	1,5	1 <sup>3)</sup>	3	10	Z 0
Chrom (gesamt)	mg/kg TS	<5	30	60	100	120	180	600	Z 0
Kupfer	mg/kg TS	<5	20	40	60	80	120	400	Z 0
Nickel	mg/kg TS	<5	15	50	70	100	150	500	Z 0
Thallium	mg/kg TS	n.a.	0,4	0,7	1	0,7 <sup>4)</sup>	2,1	7	k.A.
Quecksilber	mg/kg TS	<0,1	0,1	0,5	1	1,0	1,5	5	Z 0
Zink	mg/kg TS	38	60	150	200	300	450	1500	Z 0
Cyanide gesamt	mg/kg TS	n.a.	-			-	3	10	k.A.
TOC	(Masse%)	0,2	0,5(1,0) <sup>5)</sup>			0,5(1,0) <sup>5)</sup>	1,5	5	Z 0
EOX	mg/kg TS	<0,5	1			1 <sup>6)</sup>	3 <sup>6)</sup>	10	Z 0
Kohlenwasserstoffe (C10-C22)	mg/kg TS	73	100			200 <sup>7)</sup>	300 <sup>7)</sup>	1000 <sup>7)</sup>	Z 0
Kohlenwasserstoffe (C10-C40)	mg/kg TS	86	-			(400) <sup>7)</sup>	(600) <sup>7)</sup>	(2000) <sup>7)</sup>	k.A.
BTX	mg/kg TS	n.a.	1			1	1	1	k.A.
LHKW	mg/kg TS	n.a.	1			1	1	1	k.A.
PCB <sub>6</sub>	mg/kg TS	n.a.	0,05			0,1	0,15	0,5	k.A.
PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	1,5	3			3	3(9) <sup>8)</sup>	30	Z 0
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,11	0,3			0,6	0,9	3	Z 0

## Zuordnungswerte Eluat für Boden (Tabelle II. 1.2-3 und Tabelle II. 1.2.-5)

Parameter	Dimension	Analysenwert	Z 0/Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Zuordnung
pH-Wert	-	8	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6 - 12	5,5 - 12	Z 0/Z 0*
Leitfähigkeit	µS/cm	127	250	250	1500	2000	Z 0/Z 0*
Chlorid	mg/l	<1	30	30	50	100 <sup>9)</sup>	Z 0/Z 0*
Sulfat	mg/l	10	20	20	50	200	Z 0/Z 0*
Cyanid	µg/l	n.a.	5	5	10	20	k.A.
Arsen	µg/l	4	14	14	20	60 <sup>10)</sup>	Z 0/Z 0*
Blei	µg/l	<5	40	40	80	200	Z 0/Z 0*
Cadmium	µg/l	<0,5	1,5	1,5	3	6	Z 0/Z 0*
Chrom (gesamt)	µg/l	<4	12,5	12,5	25	60	Z 0/Z 0*
Kupfer	µg/l	<5	20	20	60	100	Z 0/Z 0*
Nickel	µg/l	<5	15	15	20	70	Z 0/Z 0*
Quecksilber	µg/l	<0,2	<0,5	<0,5	1	2	Z 0/Z 0*
Zink	µg/l	<30	150	150	200	600	Z 0/Z 0*
Phenolindex	µg/l	n.a.	20	20	40	100	k.A.

n.n. = nicht nachgewiesen

n.b. = nicht bestimmbar

n.a. = nicht analysiert

k.A. = keine Angabe

-/- = alle Einzelmesswerte < Bestimmungsgrenze

1) maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen (siehe "Ausnahmen von der Regel" für die Verfüllung von Abgrabungen in Nr. II.1.2.3.2)

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

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

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

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

6) Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen.

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

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

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

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

### Hinweis:

Die Zuordnung erfolgt ausschließlich auf formaler Grundlage und ist nicht Gegenstand der akkreditierten Leistung. Einzel- und Sonderfallregelungen (z. B. durch Fußnoten) sind nicht berücksichtigt. Diese Zuordnung ersetzt keine Gutachterleistung unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen.

# Gegenüberstellung von Messwerten und Zuordnungswerten gemäß

LAGA – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II:

Technische Regeln für die Verwertung 1.2 Bodenmaterial (TR Boden) – (Stand 05.11.2004)

Anhang zum Prüfbericht: **CHA21-023370-1**

Proben-Nr.: **21-167185-05**

Bodenart gemäß Probenahmeprotokoll bzw. Kundenangabe: **k.A.**

## Zuordnungswerte Feststoff für Boden (Tabelle II 1.2.-2 und Tabelle II 1.2-4)

Parameter	Dimension	Analysenwert	Z 0			Z 0 <sup>*1)</sup>	Z 1	Z 2	Zuordnung
			Sand	Lehm / Schluff	Ton				
Arsen	mg/kg TS	<b>8,4</b>	10	15	20	15 <sup>2)</sup>	45	150	Z 0
Blei	mg/kg TS	<b>42</b>	40	70	100	140	210	700	k.A.
Cadmium	mg/kg TS	<b>&lt;0,3</b>	0,4	1	1,5	1 <sup>3)</sup>	3	10	Z 0
Chrom (gesamt)	mg/kg TS	<b>140</b>	30	60	100	120	180	600	Z 1
Kupfer	mg/kg TS	<b>21</b>	20	40	60	80	120	400	k.A.
Nickel	mg/kg TS	<b>17</b>	15	50	70	100	150	500	k.A.
Thallium	mg/kg TS	<b>n.a.</b>	0,4	0,7	1	0,7 <sup>4)</sup>	2,1	7	k.A.
Quecksilber	mg/kg TS	<b>&lt;0,1</b>	0,1	0,5	1	1,0	1,5	5	Z 0
Zink	mg/kg TS	<b>110</b>	60	150	200	300	450	1500	k.A.
Cyanide gesamt	mg/kg TS	<b>n.a.</b>	-			-	3	10	k.A.
TOC	(Masse%)	<b>1,6</b>	0,5(1,0) <sup>5)</sup>			0,5(1,0) <sup>5)</sup>	1,5	5	Z 2
EOX	mg/kg TS	<b>&lt;0,5</b>	1			1 <sup>6)</sup>	3 <sup>6)</sup>	10	Z 0
Kohlenwasserstoffe (C10-C22)	mg/kg TS	<b>&lt;30</b>	100			200 <sup>7)</sup>	300 <sup>7)</sup>	1000 <sup>7)</sup>	Z 0
Kohlenwasserstoffe (C10-C40)	mg/kg TS	<b>&lt;30</b>	-			(400) <sup>7)</sup>	(600) <sup>7)</sup>	(2000) <sup>7)</sup>	k.A.
BTX	mg/kg TS	<b>n.a.</b>	1			1	1	1	k.A.
LHKW	mg/kg TS	<b>n.a.</b>	1			1	1	1	k.A.
PCB <sub>6</sub>	mg/kg TS	<b>n.a.</b>	0,05			0,1	0,15	0,5	k.A.
PAK <sub>16</sub>	mg/kg TS	<b>2,3</b>	3			3	3(9) <sup>8)</sup>	30	Z 0
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<b>0,21</b>	0,3			0,6	0,9	3	Z 0

## Zuordnungswerte Eluat für Boden (Tabelle II. 1.2-3 und Tabelle II. 1.2.-5)

Parameter	Dimension	Analysenwert	Z 0/Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Zuordnung
pH-Wert	-	<b>7,2</b>	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6 - 12	5,5 - 12	Z 0/Z 0*
Leitfähigkeit	µS/cm	<b>107</b>	250	250	1500	2000	Z 0/Z 0*
Chlorid	mg/l	<b>1,3</b>	30	30	50	100 <sup>9)</sup>	Z 0/Z 0*
Sulfat	mg/l	<b>6</b>	20	20	50	200	Z 0/Z 0*
Cyanid	µg/l	<b>n.a.</b>	5	5	10	20	k.A.
Arsen	µg/l	<b>&lt;3</b>	14	14	20	60 <sup>10)</sup>	Z 0/Z 0*
Blei	µg/l	<b>&lt;5</b>	40	40	80	200	Z 0/Z 0*
Cadmium	µg/l	<b>&lt;0,5</b>	1,5	1,5	3	6	Z 0/Z 0*
Chrom (gesamt)	µg/l	<b>&lt;4</b>	12,5	12,5	25	60	Z 0/Z 0*
Kupfer	µg/l	<b>&lt;5</b>	20	20	60	100	Z 0/Z 0*
Nickel	µg/l	<b>&lt;5</b>	15	15	20	70	Z 0/Z 0*
Quecksilber	µg/l	<b>&lt;0,2</b>	<0,5	<0,5	1	2	Z 0/Z 0*
Zink	µg/l	<b>&lt;30</b>	150	150	200	600	Z 0/Z 0*
Phenolindex	µg/l	<b>n.a.</b>	20	20	40	100	k.A.

n.n. = nicht nachgewiesen

n.b. = nicht bestimmbar

n.a. = nicht analysiert

k.A. = keine Angabe

-/- = alle Einzelmesswerte < Bestimmungsgrenze

1) maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen (siehe "Ausnahmen von der Regel" für die Verfüllung von Abgrabungen in Nr. II.1.2.3.2)

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

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

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

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

6) Bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen.

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

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

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

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

### Hinweis:

Die Zuordnung erfolgt ausschließlich auf formaler Grundlage und ist nicht Gegenstand der akkreditierten Leistung. Einzel- und Sonderfallregelungen (z. B. durch Fußnoten) sind nicht berücksichtigt. Diese Zuordnung ersetzt keine Gutachterleistung unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen.



WESSLING GmbH, Feodor-Lynen-Str. 23, 30625 Hannover

WESSLING GmbH  
Büro Hamburg  
Daniel Pollee  
Herlingsburg 20-22  
22529 Hamburg

Geschäftsfeld: Umwelt  
Ansprechpartner: M. Bensemann  
Durchwahl: +49 511 54 700 72  
E-Mail: Marco.Bensemann  
@wessling.de

## Prüfbericht

Prüfbericht Nr.: CHA21-023370-1

Datum: 04.10.2021

Auftrag Nr.: CHA-04262-21

**Auftrag:** 80631 Focke - Museum

Marco Bensemann  
Sachverständiger Umwelt und Wasser  
M. Sc. Geoökologie



Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:  
Florian Weißling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Probeninformation**

Probe Nr.	<b>21-167185-01</b>
Bezeichnung	MP1
Probenart	Boden- Bauschutt-Gemisch
Proben-ID	01632734330762
Probenahme	20.09.2021
Zeit	08:00
Probenahme durch	Auftraggeber
Probengefäß	1x5l Eimer
Anzahl Gefäße	1
Eingangsdatum	28.09.2021
Untersuchungsbeginn	28.09.2021
Untersuchungsende	04.10.2021

**Probenvorbereitungsprotokoll nach DIN 19747**

	<b>21-167185-01</b>	Einheit	Bezug	Methode	aS
Gesamtmasse der Originalprobe	700	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Fremdbestandteile	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Steine	n.a.	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Glas	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Metall	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Kunststoff	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Holz	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Feststoffanalytik aus	Gesamtprobe			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Eluatanalytik aus	Gesamtprobe			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Homogenisierung / Teilung	Frakt. Teilen			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Manuelle Vorzerkleinerung	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Lufttrocknen vor Zerkleinerung	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Brechen	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Siebung	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Lufttrocknen vor Siebung	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Lufttrocknung (40°C)	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Chemische Trocknung (Natriumsulfat)	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Trocknung (105°C)	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Mahlen	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Rückstellprobe	450	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Anzahl der Prüfproben	4			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Teilprobe eingefroren	4			DIN 19747 (2009-07)	MÜ

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00

Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:  
Florian Weßling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Physikalische Untersuchung**

	21-167185-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Art des Trocknungsverfahrens	Trocknung 105 °C	Gew%	OS	DIN EN 14346 (2007-03)	MÜ
Trockenrückstand	80,9	Gew%	OS	DIN EN 14346 (2007-03)	MÜ
Feuchtegehalt	21,5	Gew%	TS	DIN EN 12457-4 (2003-01) <sup>A</sup>	MÜ

**Eluaterstellung**

	21-167185-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Erstellung eines Eluats	28.09.2021		OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	MÜ
Volumen des Auslaugungsmittel	900	ml	OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	MÜ
Frischmasse der Messprobe	111,8	g	OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	MÜ

**Extraktions- und Reinigungsverfahren**

	21-167185-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Aufschlussverfahren Königswasserextrakt	Thermischer Aufschluss mit Rückfluss		TS	DIN EN 13657 Verf. I (2003-01)	MÜ
Extraktionsverfahren (KW)	Schütteln		TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ
Reinigungsverfahren (KW)	Florisilsäule		TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ

**Im Königswasser-Aufschluss****Elemente**

	21-167185-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Arsen (As)	4,9	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Blei (Pb)	47	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Cadmium (Cd)	<0,3	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Chrom (Cr)	13	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Kupfer (Cu)	20	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Nickel (Ni)	9,6	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Zink (Zn)	130	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Quecksilber (Hg)	0,2	mg/kg	TS	DIN EN ISO 12846 (2012-08)	MÜ

**Summenparameter**

	21-167185-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
EOX	<0,5	mg/kg	TS	DIN 38414 S17 (2017-01)	AL
Kohlenwasserstoffe C10-C22	<30	mg/kg	TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ
Kohlenwasserstoffe C10-C40	<30	mg/kg	TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ
TOC	3,8	Gew%	TS	DIN EN 15936 (2012-11) <sup>A</sup>	WA

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.Geschäftsführer:  
Florian Weißling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)**

	21-167185-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Naphthalin	0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Acenaphthylen	0,03	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Acenaphthen	0,05	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Fluoren	0,06	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Phenanthren	0,61	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Anthracen	0,14	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Fluoranthren	1,3	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Pyren	0,97	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(a)anthracen	0,61	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Chrysen	0,54	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(b)fluoranthren	0,60	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(k)fluoranthren	0,30	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(a)pyren	0,53	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Dibenz(ah)anthracen	0,09	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,31	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(ghi)perylene	0,34	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Summe nachgewiesener PAK	6,5	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00

Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:  
Florian Weßling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Im Eluat****Physikalische Untersuchung**

	21-167185-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert	6,7		W/E	DIN EN ISO 10523 (2012-04)	MÜ
Messtemperatur pH-Wert	22,7	°C	W/E	DIN EN ISO 10523 (2012-04)	MÜ
Leitfähigkeit [25°C], elektrische	61	µS/cm	W/E	DIN EN 27888 (1993-11)	MÜ

**Anionen**

	21-167185-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	2,7	mg/l	W/E	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07)	AL
Chlorid (Cl)	<1	mg/l	W/E	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07)	AL

**Elemente**

	21-167185-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Arsen (As)	<3	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Blei (Pb)	6	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Cadmium (Cd)	<0,5	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Chrom (Cr)	<4	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Kupfer (Cu)	20	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Nickel (Ni)	<5	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Zink (Zn)	37	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Quecksilber (Hg)	<0,2	µg/l	W/E	DIN EN ISO 12846 (2012-08) <sup>A</sup>	MÜ

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00

Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:  
Florian Weßling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Probeninformation**

Probe Nr.	<b>21-167185-02</b>
Bezeichnung	MP2
Probenart	Boden- Bauschutt-Gemisch
Proben-ID	11632734330762
Probenahme	20.09.2021
Zeit	08:00
Probenahme durch	Auftraggeber
Probengefäß	1x5l Eimer
Anzahl Gefäße	1
Eingangsdatum	28.09.2021
Untersuchungsbeginn	28.09.2021
Untersuchungsende	04.10.2021

**Probenvorbereitungsprotokoll nach DIN 19747**

	<b>21-167185-02</b>	Einheit	Bezug	Methode	aS
Gesamtmasse der Originalprobe	800	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Fremdbestandteile	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Steine	n.a.	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Glas	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Metall	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Kunststoff	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Holz	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Feststoffanalytik aus	Gesamtprobe			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Eluatanalytik aus	Gesamtprobe			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Homogenisierung / Teilung	Frakt. Teilen			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Manuelle Vorzerkleinerung	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Lufttrocknen vor Zerkleinerung	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Brechen	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Siebung	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Lufttrocknen vor Siebung	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Lufttrocknung (40°C)	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Chemische Trocknung (Natriumsulfat)	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Trocknung (105°C)	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Mahlen	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Rückstellprobe	550	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Anzahl der Prüfproben	4			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Teilprobe eingefroren	4			DIN 19747 (2009-07)	MÜ

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00

Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:  
Florian Weßling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Physikalische Untersuchung**

	21-167185-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Art des Trocknungsverfahrens	Trocknung 105 °C	Gew%	OS	DIN EN 14346 (2007-03)	MÜ
Trockenrückstand	89,2	Gew%	OS	DIN EN 14346 (2007-03)	MÜ
Feuchtegehalt	11,7	Gew%	TS	DIN EN 12457-4 (2003-01) <sup>A</sup>	MÜ

**Eluaterstellung**

	21-167185-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Erstellung eines Eluats	28.09.2021		OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	MÜ
Volumen des Auslaugungsmittel	900	ml	OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	MÜ
Frischmasse der Messprobe	101,8	g	OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	MÜ

**Extraktions- und Reinigungsverfahren**

	21-167185-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Aufschlussverfahren Königswasserextrakt	Thermischer Aufschluss mit Rückfluss		TS	DIN EN 13657 Verf. I (2003-01)	MÜ
Extraktionsverfahren (KW)	Schütteln		TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ
Reinigungsverfahren (KW)	Florisilsäule		TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ

**Im Königswasser-Aufschluss****Elemente**

	21-167185-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Arsen (As)	3,6	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Blei (Pb)	11	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Cadmium (Cd)	<0,3	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Chrom (Cr)	12	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Kupfer (Cu)	6,9	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Nickel (Ni)	7,8	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Zink (Zn)	37	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Quecksilber (Hg)	<0,1	mg/kg	TS	DIN EN ISO 12846 (2012-08)	MÜ

**Summenparameter**

	21-167185-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
EOX	<0,5	mg/kg	TS	DIN 38414 S17 (2017-01)	AL
Kohlenwasserstoffe C10-C22	<30	mg/kg	TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ
Kohlenwasserstoffe C10-C40	<30	mg/kg	TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ
TOC	0,4	Gew%	TS	DIN EN 15936 (2012-11) <sup>A</sup>	WA

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.Geschäftsführer:  
Florian Weißling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)**

	<b>21-167185-02</b>	<b>Einheit</b>	<b>Bezug</b>	<b>Methode</b>	<b>aS</b>
Naphthalin	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Acenaphthylen	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Acenaphthen	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Fluoren	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Phenanthren	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Anthracen	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Fluoranthren	0,02	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Pyren	0,02	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(a)anthracen	0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Chrysen	0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(b)fluoranthren	0,02	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(k)fluoranthren	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(a)pyren	0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Dibenz(ah)anthracen	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Indeno(1,2,3-cd)pyren	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(ghi)perylene	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Summe nachgewiesener PAK	0,08	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00

Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:  
Florian Weßling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Im Eluat****Physikalische Untersuchung**

	21-167185-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert	6,9		W/E	DIN EN ISO 10523 (2012-04)	MÜ
Messtemperatur pH-Wert	22,9	°C	W/E	DIN EN ISO 10523 (2012-04)	MÜ
Leitfähigkeit [25°C], elektrische	77	µS/cm	W/E	DIN EN 27888 (1993-11)	MÜ

**Anionen**

	21-167185-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	11	mg/l	W/E	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07)	AL
Chlorid (Cl)	1,6	mg/l	W/E	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07)	AL

**Elemente**

	21-167185-02	Einheit	Bezug	Methode	aS
Arsen (As)	<3	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Blei (Pb)	<5	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Cadmium (Cd)	<0,5	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Chrom (Cr)	<4	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Kupfer (Cu)	6	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Nickel (Ni)	<5	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Zink (Zn)	<30	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Quecksilber (Hg)	<0,2	µg/l	W/E	DIN EN ISO 12846 (2012-08) <sup>A</sup>	MÜ

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00

Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:  
Florian Weßling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Probeninformation**

Probe Nr.	<b>21-167185-03</b>
Bezeichnung	MP3
Probenart	Boden- Bauschutt-Gemisch
Proben-ID	21632734330762
Probenahme	20.09.2021
Zeit	08:00
Probenahme durch	Auftraggeber
Probengefäß	1x5l Eimer
Anzahl Gefäße	1
Eingangsdatum	28.09.2021
Untersuchungsbeginn	28.09.2021
Untersuchungsende	04.10.2021

**Probenvorbereitungsprotokoll nach DIN 19747**

	<b>21-167185-03</b>	Einheit	Bezug	Methode	aS
Gesamtmasse der Originalprobe	750	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Fremdbestandteile	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Steine	n.a.	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Glas	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Metall	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Kunststoff	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Holz	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Feststoffanalytik aus	Gesamtprobe			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Eluatanalytik aus	Gesamtprobe			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Homogenisierung / Teilung	Frakt. Teilen			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Manuelle Vorzerkleinerung	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Lufttrocknen vor Zerkleinerung	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Brechen	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Siebung	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Lufttrocknen vor Siebung	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Lufttrocknung (40°C)	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Chemische Trocknung (Natriumsulfat)	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Trocknung (105°C)	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Mahlen	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Rückstellprobe	500	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Anzahl der Prüfproben	4			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Teilprobe eingefroren	4			DIN 19747 (2009-07)	MÜ

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.Geschäftsführer:  
Florian Weßling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Physikalische Untersuchung**

	21-167185-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
Art des Trocknungsverfahrens	Trocknung 105 °C	Gew%	OS	DIN EN 14346 (2007-03)	MÜ
Trockenrückstand	84,6	Gew%	OS	DIN EN 14346 (2007-03)	MÜ
Feuchtegehalt	11,7	Gew%	TS	DIN EN 12457-4 (2003-01) <sup>A</sup>	MÜ

**Eluaterstellung**

	21-167185-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
Erstellung eines Eluats	28.09.2021		OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	MÜ
Volumen des Auslaugungsmittel	900	ml	OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	MÜ
Frischmasse der Messprobe	101,8	g	OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	MÜ

**Extraktions- und Reinigungsverfahren**

	21-167185-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
Aufschlussverfahren Königswasserextrakt	Thermischer Aufschluss mit Rückfluss		TS	DIN EN 13657 Verf. I (2003-01)	MÜ
Extraktionsverfahren (KW)	Schütteln		TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ
Reinigungsverfahren (KW)	Florisilsäule		TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ

**Im Königswasser-Aufschluss****Elemente**

	21-167185-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
Arsen (As)	5,5	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Blei (Pb)	17	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Cadmium (Cd)	<0,3	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Chrom (Cr)	20	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Kupfer (Cu)	12	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Nickel (Ni)	16	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Zink (Zn)	51	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Quecksilber (Hg)	<0,1	mg/kg	TS	DIN EN ISO 12846 (2012-08)	MÜ

**Summenparameter**

	21-167185-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
EOX	<0,5	mg/kg	TS	DIN 38414 S17 (2017-01)	AL
Kohlenwasserstoffe C10-C22	<30	mg/kg	TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ
Kohlenwasserstoffe C10-C40	76	mg/kg	TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ
TOC	2,9	Gew%	TS	DIN EN 15936 (2012-11) <sup>A</sup>	WA

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00Durch die DAkKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.Geschäftsführer:  
Florian Weißling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)**

	<b>21-167185-03</b>	<b>Einheit</b>	<b>Bezug</b>	<b>Methode</b>	<b>aS</b>
Naphthalin	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Acenaphthylen	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Acenaphthen	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Fluoren	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Phenanthren	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Anthracen	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Fluoranthren	0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Pyren	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(a)anthracen	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Chrysen	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(b)fluoranthren	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(k)fluoranthren	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(a)pyren	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Dibenz(ah)anthracen	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Indeno(1,2,3-cd)pyren	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(ghi)perylene	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Summe nachgewiesener PAK	0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00

Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:  
Florian Weßling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Im Eluat****Physikalische Untersuchung**

	21-167185-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert	6,3		W/E	DIN EN ISO 10523 (2012-04)	MÜ
Messtemperatur pH-Wert	22,6	°C	W/E	DIN EN ISO 10523 (2012-04)	MÜ
Leitfähigkeit [25°C], elektrische	201	µS/cm	W/E	DIN EN 27888 (1993-11)	MÜ

**Anionen**

	21-167185-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	75	mg/l	W/E	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07)	AL
Chlorid (Cl)	1,5	mg/l	W/E	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07)	AL

**Elemente**

	21-167185-03	Einheit	Bezug	Methode	aS
Arsen (As)	<3	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Blei (Pb)	<5	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Cadmium (Cd)	<0,5	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Chrom (Cr)	<4	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Kupfer (Cu)	<5	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Nickel (Ni)	<5	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Zink (Zn)	<30	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Quecksilber (Hg)	<0,2	µg/l	W/E	DIN EN ISO 12846 (2012-08) <sup>A</sup>	MÜ

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00

Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:  
Florian Weißling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Probeninformation**

Probe Nr.	<b>21-167185-04</b>
Bezeichnung	MP4
Probenart	Boden- Bauschutt-Gemisch
Proben-ID	31632734330762
Probenahme	20.09.2021
Zeit	08:00
Probenahme durch	Auftraggeber
Probengefäß	1x5l Eimer
Anzahl Gefäße	1
Eingangsdatum	28.09.2021
Untersuchungsbeginn	28.09.2021
Untersuchungsende	04.10.2021

**Probenvorbereitungsprotokoll nach DIN 19747**

	<b>21-167185-04</b>	<b>Einheit</b>	<b>Bezug</b>	<b>Methode</b>	<b>aS</b>
Gesamtmasse der Originalprobe	850	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Fremdbestandteile	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Steine	n.a.	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Glas	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Metall	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Kunststoff	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Holz	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Feststoffanalytik aus	Gesamtprobe			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Eluatanalytik aus	Gesamtprobe			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Homogenisierung / Teilung	Frakt. Teilen			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Manuelle Vorzerkleinerung	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Lufttrocknen vor Zerkleinerung	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Brechen	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Siebung	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Lufttrocknen vor Siebung	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Lufttrocknung (40°C)	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Chemische Trocknung (Natriumsulfat)	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Trocknung (105°C)	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Mahlen	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Rückstellprobe	500	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Anzahl der Prüfproben	4			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Teilprobe eingefroren	4			DIN 19747 (2009-07)	MÜ

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00

Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:  
Florian Weßling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Physikalische Untersuchung**

	21-167185-04	Einheit	Bezug	Methode	aS
Art des Trocknungsverfahrens	Trocknung 105 °C	Gew%	OS	DIN EN 14346 (2007-03)	MÜ
Trockenrückstand	91,9	Gew%	OS	DIN EN 14346 (2007-03)	MÜ
Feuchtegehalt	11,6	Gew%	TS	DIN EN 12457-4 (2003-01) <sup>A</sup>	MÜ

**Eluaterstellung**

	21-167185-04	Einheit	Bezug	Methode	aS
Erstellung eines Eluats	28.09.2021		OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	MÜ
Volumen des Auslaugungsmittel	900	ml	OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	MÜ
Frischmasse der Messprobe	101,6	g	OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	MÜ

**Extraktions- und Reinigungsverfahren**

	21-167185-04	Einheit	Bezug	Methode	aS
Aufschlussverfahren Königswasserextrakt	Thermischer Aufschluss mit Rückfluss		TS	DIN EN 13657 Verf. I (2003-01)	MÜ
Extraktionsverfahren (KW)	Schütteln		TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ
Reinigungsverfahren (KW)	Florisilsäule		TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ

**Im Königswasser-Aufschluss****Elemente**

	21-167185-04	Einheit	Bezug	Methode	aS
Arsen (As)	<3	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Blei (Pb)	10	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Cadmium (Cd)	<0,3	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Chrom (Cr)	<5	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Kupfer (Cu)	<5	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Nickel (Ni)	<5	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Zink (Zn)	38	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Quecksilber (Hg)	<0,1	mg/kg	TS	DIN EN ISO 12846 (2012-08)	MÜ

**Summenparameter**

	21-167185-04	Einheit	Bezug	Methode	aS
EOX	<0,5	mg/kg	TS	DIN 38414 S17 (2017-01)	AL
Kohlenwasserstoffe C10-C22	73	mg/kg	TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ
Kohlenwasserstoffe C10-C40	86	mg/kg	TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ
TOC	0,2	Gew%	TS	DIN EN 15936 (2012-11) <sup>A</sup>	WA

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.Geschäftsführer:  
Florian Weißling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)**

	21-167185-04	Einheit	Bezug	Methode	aS
Naphthalin	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Acenaphthylen	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Acenaphthen	0,02	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Fluoren	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Phenanthren	0,21	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Anthracen	0,02	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Fluoranthren	0,29	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Pyren	0,21	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(a)anthracen	0,12	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Chrysen	0,13	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(b)fluoranthren	0,14	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(k)fluoranthren	0,07	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(a)pyren	0,11	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Dibenz(ah)anthracen	0,02	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,06	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(ghi)perylene	0,07	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Summe nachgewiesener PAK	1,5	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00

Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:  
Florian Weßling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Im Eluat****Physikalische Untersuchung**

	21-167185-04	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert	8,0		W/E	DIN EN ISO 10523 (2012-04)	MÜ
Messtemperatur pH-Wert	22,8	°C	W/E	DIN EN ISO 10523 (2012-04)	MÜ
Leitfähigkeit [25°C], elektrische	127	µS/cm	W/E	DIN EN 27888 (1993-11)	MÜ

**Anionen**

	21-167185-04	Einheit	Bezug	Methode	aS
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	10	mg/l	W/E	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07)	AL
Chlorid (Cl)	<1	mg/l	W/E	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07)	AL

**Elemente**

	21-167185-04	Einheit	Bezug	Methode	aS
Arsen (As)	4	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Blei (Pb)	<5	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Cadmium (Cd)	<0,5	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Chrom (Cr)	<4	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Kupfer (Cu)	<5	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Nickel (Ni)	<5	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Zink (Zn)	<30	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Quecksilber (Hg)	<0,2	µg/l	W/E	DIN EN ISO 12846 (2012-08) <sup>A</sup>	MÜ

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00

Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:  
Florian Weßling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Probeninformation**

Probe Nr.	<b>21-167185-05</b>
Bezeichnung	MP5
Probenart	Boden- Bauschutt-Gemisch
Proben-ID	41632734330762
Probenahme	20.09.2021
Zeit	08:00
Probenahme durch	Auftraggeber
Probengefäß	1x5l Eimer
Anzahl Gefäße	1
Eingangsdatum	28.09.2021
Untersuchungsbeginn	28.09.2021
Untersuchungsende	04.10.2021

**Probenvorbereitungsprotokoll nach DIN 19747**

	<b>21-167185-05</b>	<b>Einheit</b>	<b>Bezug</b>	<b>Methode</b>	<b>aS</b>
Gesamtmasse der Originalprobe	800	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Fremdbestandteile	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Steine	n.a.	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Glas	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Metall	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Kunststoff	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Holz	0	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Feststoffanalytik aus	Gesamtprobe			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Eluatanalytik aus	Gesamtprobe			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Homogenisierung / Teilung	Frakt. Teilen			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Manuelle Vorzerkleinerung	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Lufttrocknen vor Zerkleinerung	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Brechen	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Siebung	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Lufttrocknen vor Siebung	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Lufttrocknung (40°C)	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Chemische Trocknung (Natriumsulfat)	Nein			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Trocknung (105°C)	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Mahlen	Ja			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Rückstellprobe	400	g		DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Anzahl der Prüfproben	4			DIN 19747 (2009-07)	MÜ
Teilprobe eingefroren	4			DIN 19747 (2009-07)	MÜ

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.Geschäftsführer:  
Florian Weßling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Physikalische Untersuchung**

	21-167185-05	Einheit	Bezug	Methode	aS
Art des Trocknungsverfahrens	Trocknung 105 °C	Gew%	OS	DIN EN 14346 (2007-03)	MÜ
Trockenrückstand	93,6	Gew%	OS	DIN EN 14346 (2007-03)	MÜ
Feuchtegehalt	11,7	Gew%	TS	DIN EN 12457-4 (2003-01) <sup>A</sup>	MÜ

**Eluaterstellung**

	21-167185-05	Einheit	Bezug	Methode	aS
Erstellung eines Eluats	28.09.2021		OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	MÜ
Volumen des Auslaugungsmittel	900	ml	OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	MÜ
Frischmasse der Messprobe	101,8	g	OS	DIN EN 12457-4 (2003-01)	MÜ

**Extraktions- und Reinigungsverfahren**

	21-167185-05	Einheit	Bezug	Methode	aS
Aufschlussverfahren Königswasserextrakt	Thermischer Aufschluss mit Rückfluss		TS	DIN EN 13657 Verf. I (2003-01)	MÜ
Extraktionsverfahren (KW)	Schütteln		TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ
Reinigungsverfahren (KW)	Florisilsäule		TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ

**Im Königswasser-Aufschluss****Elemente**

	21-167185-05	Einheit	Bezug	Methode	aS
Arsen (As)	8,4	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Blei (Pb)	42	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Cadmium (Cd)	<0,3	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Chrom (Cr)	140	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Kupfer (Cu)	21	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Nickel (Ni)	17	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Zink (Zn)	110	mg/kg	TS	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Quecksilber (Hg)	<0,1	mg/kg	TS	DIN EN ISO 12846 (2012-08)	MÜ

**Summenparameter**

	21-167185-05	Einheit	Bezug	Methode	aS
EOX	<0,5	mg/kg	TS	DIN 38414 S17 (2017-01)	AL
Kohlenwasserstoffe C10-C22	<30	mg/kg	TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ
Kohlenwasserstoffe C10-C40	<30	mg/kg	TS	DIN EN 14039 i.V. mit LAGA KW/04 (2005-01 / 2019-09)	MÜ
TOC	1,6	Gew%	TS	DIN EN 15936 (2012-11) <sup>A</sup>	WA

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00Durch die DAkKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.Geschäftsführer:  
Florian Weißling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)**

	<b>21-167185-05</b>	<b>Einheit</b>	<b>Bezug</b>	<b>Methode</b>	<b>aS</b>
Naphthalin	0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Acenaphthylen	<0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Acenaphthen	0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Fluoren	0,01	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Phenanthren	0,14	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Anthracen	0,03	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Fluoranthren	0,40	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Pyren	0,29	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(a)anthracen	0,23	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Chrysen	0,22	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(b)fluoranthren	0,27	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(k)fluoranthren	0,12	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(a)pyren	0,21	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Dibenz(ah)anthracen	0,04	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,13	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Benzo(ghi)perylene	0,14	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ
Summe nachgewiesener PAK	2,3	mg/kg	TS	DIN ISO 18287 (2006-05)	MÜ

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00

Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:  
Florian Weßling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Im Eluat****Physikalische Untersuchung**

	21-167185-05	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert	7,2		W/E	DIN EN ISO 10523 (2012-04)	MÜ
Messtemperatur pH-Wert	22,9	°C	W/E	DIN EN ISO 10523 (2012-04)	MÜ
Leitfähigkeit [25°C], elektrische	107	µS/cm	W/E	DIN EN 27888 (1993-11)	MÜ

**Anionen**

	21-167185-05	Einheit	Bezug	Methode	aS
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	6,0	mg/l	W/E	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07)	AL
Chlorid (Cl)	1,3	mg/l	W/E	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07)	AL

**Elemente**

	21-167185-05	Einheit	Bezug	Methode	aS
Arsen (As)	<3	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Blei (Pb)	<5	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Cadmium (Cd)	<0,5	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Chrom (Cr)	<4	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Kupfer (Cu)	<5	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Nickel (Ni)	<5	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Zink (Zn)	<30	µg/l	W/E	DIN EN ISO 17294-2 (2017-01)	MÜ
Quecksilber (Hg)	<0,2	µg/l	W/E	DIN EN ISO 12846 (2012-08) <sup>A</sup>	MÜ

**Legende**

<b>aS</b>	ausführender Standort	<b>OS</b>	Originalsubstanz	<b>TS</b>	Trockensubstanz
<b>W/E</b>	Wasser / Eluat	<b>MÜ</b>	München (Neuried)	<b>AL</b>	Altenberge
<b>WA</b>	Walldorf				

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.Geschäftsführer:  
Florian Weßling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt



WESSLING GmbH, Herlingsburg 20, 22529 Hamburg

IfG Ingenieurgesellschaft für Geotechnik GmbH  
Teerhof 48  
28199 Bremen

Geschäftsfeld: Immobilien  
Ansprechpartner: Dr. M. Brokbartold  
Durchwahl: +49 40 5 701 205 216  
E-Mail: Marcel.Brokbartold@wessling.de

## Prüfbericht

Prüfbericht Nr.: CHH21-000884-1

Datum: 29.09.2021

Auftrag Nr.: CHH-01050-21

**Auftrag:** 80631 Focke - Museum

Dr. Marcel Brokbartold

Fachleiter

Dipl.-Ing. Technischer Umweltschutz



Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00

Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:  
Florian Weißling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt

**Probeninformation**

Probe Nr.	<b>21-165694-01</b>
Bezeichnung	BS-101; 4,0-5,0m
Probenart	Wasser, allgemein
Projekt-Nr.:	CBR-21-0004
Projekt:	IfG Projekte 2021
Probenahme durch	Auftraggeber
Probengefäß	1x 1l PE
Anzahl Gefäße	2
Eingangsdatum	23.09.2021
Untersuchungsbeginn	23.09.2021
Untersuchungsende	29.09.2021

**Physikalische Untersuchung**

	<b>21-165694-01</b>	Einheit	Bezug	Methode	aS
pH-Wert	6,7		W/E	DIN 38404-5 (zurückgez.) (2009-07) <sup>A</sup>	HA
Messtemperatur pH-Wert	19	°C	W/E	DIN 38404-5 (zurückgez.) (2009-07) <sup>A</sup>	HA
Aussehen	Bodensatz		W/E	WES 088 (2007-12)	HA

**Kationen, Anionen und Nichtmetalle**

	<b>21-165694-01</b>	Einheit	Bezug	Methode	aS
Gesamthärte	16,4	°dH	W/E	DIN 38409-6 mod. (1986-01) <sup>A</sup>	HA
Härtebereich	3		W/E	DIN 38409-6 mod. (1986-01) <sup>A</sup>	HA
Kohlensäure (CO <sub>2</sub> ), aggressive	<5	mg/l	W/E	DIN 38404-10-M4 (1995-04) <sup>A</sup>	HA
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	13	mg/l	W/E	DIN 38406 E5-1 (1983-10) <sup>A</sup>	HA
Sulfid (S), gelöst	<0,04	mg/l	W/E	DIN 38405 D26 (1989-04) <sup>A</sup>	HA
Chlorid (Cl)	47	mg/l	W/E	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07) <sup>A</sup>	HA
Sulfat (SO <sub>4</sub> )	40	mg/l	W/E	DIN EN ISO 10304-1 (2009-07) <sup>A</sup>	HA
Härtehydrogencarbonat	199,92	mg/l	W/E	DIN 38405 D8 (1971) <sup>A</sup>	HA
Nichtcarbonathärte	-/-	mg/l	W/E	DIN 38405 D8 (1971) <sup>A</sup>	HA
Gesamthärte	164	mg/l	W/E	DIN 38409-6 mod. (1986-01) <sup>A</sup>	HA
Permanganat-Verbrauch	554	mg/l	W/E	DIN 4030 Teil 2 (2008-06) <sup>A</sup>	HA

**Elemente**

	<b>21-165694-01</b>	Einheit	Bezug	Methode	aS
Calcium (Ca)	94	mg/l	W/E	DIN EN ISO 11885 (2009-09) <sup>A</sup>	HA
Eisen (Fe)	6,2	mg/l	W/E	DIN EN ISO 11885 (2009-09) <sup>A</sup>	HA
Magnesium (Mg)	14	mg/l	W/E	DIN EN ISO 11885 (2009-09) <sup>A</sup>	HA

Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.Geschäftsführer:  
Florian Weßling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt



## Sonstiges

	21-165694-01	Einheit	Bezug	Methode	aS
Säurekapazität, pH 4,3	7,14	mmol/l	W/E	DIN 38409 H7 (2005-12) <sup>A</sup>	HA

## Norm

DIN 38409-6 mod. (1986-01)

## Modifikation

Modifikation: Bestimmung des Calcium- und Magnesium-Gehaltes mit der ICP-OES oder ICP-MS

## Legende

**aS** ausführender Standort

**W/E** Wasser / Eluat

**HA** Hannover



Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14162-01-00

Durch die DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage [D-PL-14162-01-00] aufgeführten Akkreditierungsumfang. Akkreditierte Verfahren sind mit <sup>A</sup> gekennzeichnet. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:  
Florian Weßling,  
Marc Hitzke  
HRB 1953 AG Steinfurt