

## BAUGRUND- UND GRÜNDUNGSBEURTEILUNG

PROJEKT: KAMPNAGEL  
INTERNATIONALE KULTURFABRIK GMBH  
JARRESTRASSE 20  
22303 HAMBURG  
  
GRUNDSANIERUNG DER SPIELSTÄTTE

AUFTRAGGEBER: SPRINKENHOF GMBH  
BURCHARDSTRASSE 8  
  
20095 HAMBURG

PLANUNG: ARCHITEKTURBÜRO LACATON & VASSAL  
HERMANNSTRASSE 222  
  
12049 BERLIN

STATIK: SCHLAICH BERGERMANN PARTNER - SBP SE  
SCHWABSTRASSE 43  
  
70197 STUTTGART

PROJ. NR.: 9197

DATUM: 11.07.2023

**BAUGRUND- UND  
GRÜNDUNGSBEURTEILUNG:****KAMPNAGEL  
JARRESTRASSE 20, 22303 HAMBURG  
GRUNDSANIERUNG DER SPIELSTÄTTE****Inhaltsverzeichnis**

|       |                                                    |    |
|-------|----------------------------------------------------|----|
| 1.    | Veranlassung .....                                 | 3  |
| 2.    | Baumaßnahmen .....                                 | 5  |
| 2.1   | Bestand .....                                      | 5  |
| 2.1.1 | Hallenkomplex .....                                | 5  |
| 2.1.2 | Verwaltungsgebäude .....                           | 13 |
| 2.2   | Neubauten .....                                    | 16 |
| 2.2.1 | Überbauung Foyer (K7) .....                        | 16 |
| 2.2.2 | Neubau Gästehaus .....                             | 19 |
| 2.2.3 | Sanierungsmaßnahmen .....                          | 22 |
| 3.    | Baugrundverhältnisse .....                         | 23 |
| 3.1   | Baugelände .....                                   | 23 |
| 3.2   | Baugrundaufbau .....                               | 31 |
| 3.2.1 | Allgemeines .....                                  | 31 |
| 3.2.2 | Schichtenaufbau .....                              | 34 |
| 3.2.3 | Lagerungsdichte / Konsistenz .....                 | 36 |
| 3.3   | Wasserstände .....                                 | 38 |
| 3.4   | Bodenkennwerte, Bodengruppe .....                  | 39 |
| 4.    | Chemische Untersuchungen .....                     | 40 |
| 4.1   | Allgemeines .....                                  | 40 |
| 4.2   | Sensorische Probenbewertung .....                  | 41 |
| 4.3   | Zusammenstellung der Mischproben .....             | 41 |
| 4.4   | Bewertungskriterien .....                          | 42 |
| 4.5   | Chemische Analytik .....                           | 44 |
| 4.6   | Bewertung .....                                    | 44 |
| 4.6.1 | Gästehaus .....                                    | 44 |
| 4.6.2 | Fabrikgebäude - Foyer .....                        | 49 |
| 4.7   | Wasseranalysen .....                               | 51 |
| 5.    | Geplante Gründungen, geotechnische Kategorie ..... | 54 |
| 5.1   | Allgemeines .....                                  | 54 |
| 5.2   | Vorhandenen Risssschäden .....                     | 55 |
| 5.3   | Geotechnische Kategorie .....                      | 56 |

|       |                                                 |    |
|-------|-------------------------------------------------|----|
| 6.    | Tiefgründungen (Neubauten) .....                | 56 |
| 6.1   | Tragfähiger Baugrund .....                      | 56 |
| 6.2   | Pfahlarten .....                                | 57 |
| 6.2.1 | Allgemeines .....                               | 57 |
| 6.2.2 | Vollverdrängungsbohrpfähle .....                | 57 |
| 6.2.3 | Mikropfähle .....                               | 58 |
| 6.3   | Zulässige Pfahlbelastungen .....                | 60 |
| 6.4   | Bemessungsprofile .....                         | 64 |
| 6.5   | Aufnahme von Horizontalbelastungen .....        | 64 |
| 6.6   | Hindernisse im Baugrund .....                   | 65 |
| 6.7   | Ergänzende Hinweise .....                       | 65 |
| 7.    | Flachgründungen: Sanierungsmaßnahmen .....      | 69 |
| 7.1   | Zulässige Sohlwiderstände .....                 | 69 |
| 7.2   | Setzungen .....                                 | 72 |
| 7.3   | Trockenhaltung .....                            | 72 |
| 8.    | Hinweise zur Bauausführung .....                | 78 |
| 8.1   | Erdarbeiten .....                               | 78 |
| 8.2   | Verdichtungsanforderungen, Kontrollprüfungen .. | 79 |
| 8.3   | Baugrubensicherung .....                        | 80 |
| 8.4   | Wasserhaltung .....                             | 81 |
| 8.5   | Umwelttechnische Hinweise .....                 | 82 |
| 9.    | Zusammenfassung .....                           | 82 |

## Anlagen

|                         |      |     |
|-------------------------|------|-----|
| Lageplan .....          | Anl. | 1   |
| Bodenprofile .....      |      | 2-6 |
| Körnungslinien .....    |      | 6-9 |
| Bemessungsprofile ..... |      | 10  |

## Anhänge

|                                                       |      |    |
|-------------------------------------------------------|------|----|
| Prüfbericht Nr. 2023P509784 / 1 (Boden) .....         | Anh. | A1 |
| Prüfbericht Nr. 2023P507422 / 1 (WP.1 / KRB 15) ..... |      | A2 |
| Prüfbericht Nr. 2023P507488 / 1 (WP.1 / KRB 11) ..... |      | A3 |
| Prüfbericht Nr. 2023P507727 / 1 (WP.1 / KRB 14) ..... |      | A4 |

## 1. Veranlassung

Auf dem Theatergelände des Kampnagels an der Jarrestraße 20, in Hamburg-Winterhude, plant die Kulturbehörde der Freien-und Hansestadt Hamburg die Grundsanierung des denkmalgeschützten Gebäudeensembles. Die Gebäude weisen einen großen Sanierungsrückstau und damit einen grundlegenden Instandsetzungsbedarf auf.

Hauptziel ist die Neukonzeptionierung und -ausstattung des Gebäudes sowie die Sanierung der vorhandenen Räumlichkeiten unter Wahrung des künstlerischen Profils der organisch gewachsenen Kulturinstitution. Gründungs- und damit baugrundtechnisch relevant sind neben ggf. kleineren Umbaumaßnahmen in den Hallen insbesondere folgende Neubauten:

- Die Überbauung des Foyers (K7)
- Der Neubau eines Gästehauses

Wir wurden von der Sprinkenhof GmbH beauftragt, die Baugrundverhältnisse auf dem Gelände des Kampnagels zu untersuchen und zu beurteilen sowie für die o.g. Neubauten eine Gründungsbeurteilung auszuarbeiten. In dem Zuge sind orientierende Schadstoffuntersuchungen an den entnommenen Boden- und Wasserproben durchgeführt worden, deren Ergebnisse vorliegenden mit zusammengefasst werden.

Der Bearbeitung stehen folgende Unterlagen zur Verfügung:

Grundrisse und Schnitte der geplanten Sanierungen für den Fabrikkomplex und im Bereich des Verwaltungsgebäudes, vom 10.01., 09.03. und 09.06.2023

(Lacaton & Vassal)

Bestandsunterlagen inkl. Positionspläne, Fundamentpläne, statische Berechnungen, Grundrisse, Schnitte, Ansicht, vom 1912 bis 2007

Alter Leitungs- und Sielpläne, vom 1999

Untergrundplan, M = 1:100, vom 11.2022

(Kampnagel Internationale Kulturfabrik GmbH)

Pläne und Übersichtplan zu den über verschiedenen Zeiten verwendeten Hallenbezeichnungen und inkl. der Baujahre, vom 13.01.2023

(Clemens Doerr - Architekturlotse)

Gefahrenerkundung / Luftbilddauswertung, Kulturhalle International Kampnagel, M = 1:1000;

GZ: BIS/F046-21/03633\_1 vom 11.01.2023

(FHH, Feuerwehr Hamburg, GEKV)

Schichtenverzeichnisse und gestörte Bodenproben von 13 Kleinrammbohrungen gemäß DIN EN ISO 22475-1, ausgeführt zwischen dem 20. und 24.03.2023

(Rösch Baugrunduntersuchungen GmbH)

Ergebnisse der elektrischen Drucksondierungen, gemäß DIN EN ISO 22476-1, Klasse 2, ausgeführt am 20., 21. und 24.03.2023

(Fugro Germany Land GmbH)

Prüfberichte über chemische Analysenergebnisse an drei Wasserproben und acht Bodenmischproben, vom 05.05.2023, s. Anhänge

(Gesellschaft für Bioanalytik mbH)

Baugrundbeurteilung & orientierende Schadstoffuntersuchung - Altgutachten vom 30.06.2017, BMP-Projekt-Nr. 7667

Gründungsbeurteilung Raum 5.1 - Altgutachten vom 26.06.2012, BMP-Projekt-Nr. 6137

Gründungsbeurteilung Raum 3.1 / Foyer - Altgutachten vom 28.09.2011, BMP-Projekt-Nr. 5943

Gründungsbeurteilung Umbau Halle K3 - Altgutachten vom 21.03.2007, BMP-Projekt-Nr. 5039

(Burmann, Mandel & Partner PartGmbH)

## **2. Baumaßnahmen**

### **2.1 Bestand**

#### **2.1.1 Hallenkomplex**

Die vorhandene Maschinenfabrik im zentralen Grundstücksbereich, die im Jahr 1865 gegründet und im Folgenden mehrfach umgebaut sowie erweitert, in Teilen nach Kriegsschäden wiedererrichtet wurde, weist heute Abmessungen von ca. 150 m x 100 m auf. Das Fabrikgebäude besteht aus mehreren Hallen und Anbauten, die weitestgehend nicht unterkellert aber teilweise mit Ober- und/oder Mezzanine-Geschossen versehen sind. Zwischen den nördlichen und den südlichen Fabrikhallen befindet sich das Foyer, das sich in einem zentralen Eingangsbereich sowie einem West- und einem Ostflügel gliedert und die gesamte Länge des Gebäudes in West-Ost-Richtung durchläuft. Es ist konstruktiv durch eine Überdachung zwischen den großen Hallenbauten entstanden.

Ein Lageplan, eine 3-D Ansicht sowie der aktuelle Grundriss des Hallenkomplexes sind aus den Abbildungen 1 bis 3 ersichtlich. Die Fotos 1 und 2 zeigen Ansichten von außen und das Foto 3 das Zentralfoyer von innen.

Die Hallen weisen unterschiedliche, teils nicht bekannte Gründungsarten auf. Die Konstruktion der älteren, südlichen Hallen und derer Flügelbauten, mit der zentralen Montagehalle in Mauerwerksbauweise (K2/K3) und den Hallenerweiterungen aus Stahlbeton auf der West- (K4, Kmh, P1) und Ostseite (K1), sind nach den vorliegenden Altunterlagen mit 1,5 m bis 3,0 m tiefen Fundamenten flach gegründet worden (s. Abb. 4-7). Hingegen ist für die nördliche, jüngere Hallenkonstruktion aus Stahlbeton (K6 + Vorhalle, s. Abb. 3) von einer Tiefgründung auszugehen (s. Abb. 8). Wobei nachkriegszeitliche Einbauten (z.B. Zwischengeschoss Nordflügel, alt Trennwände, etc.) auch flach gegründet wurden. Die Hallensoleen sind wahrscheinlich

sämtlich auf dem anstehenden/hergerichteten Erdreich gebettet worden.

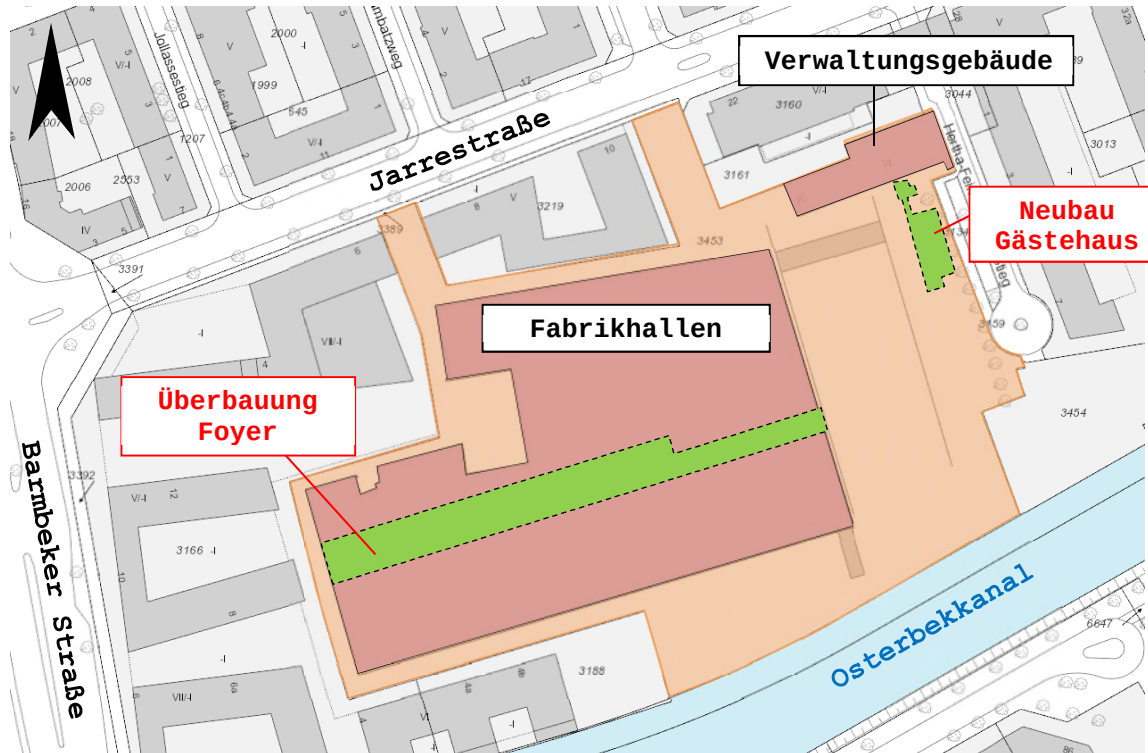


Abb. 1: Lageplan Kampnagel (orange) mit der Kranfabrik sowie dem Verwaltungsgebäude (rot) und den Neubauten (grün)

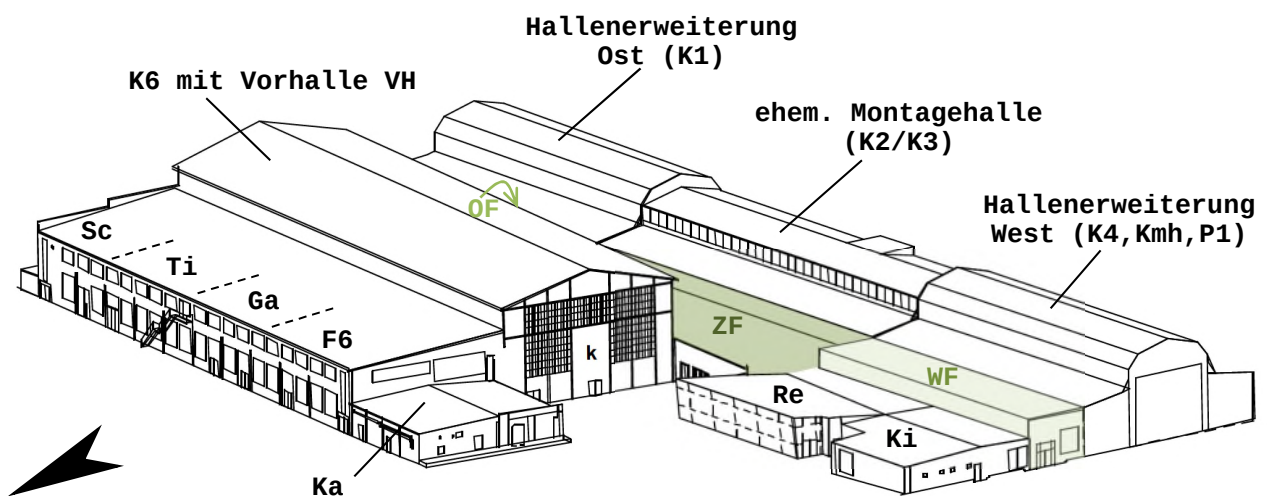
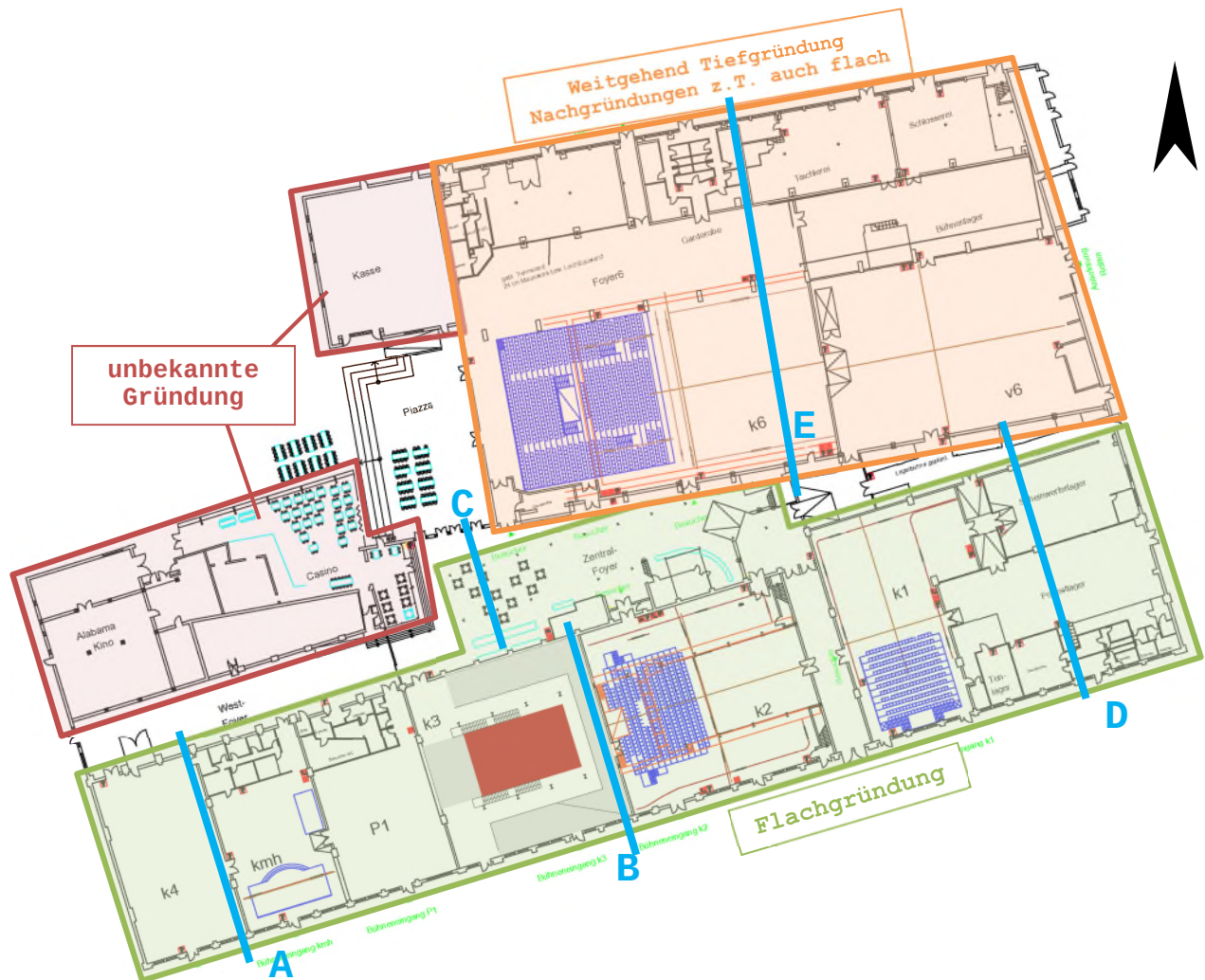


Abb. 2: 3-D Ansicht Hallenkomplex mit Bauteilbezeichnungen (aus Nordwesten)



**Abb. 3: Aktueller Grundriss EG der Kampnagelfabrik mit Eintragung der wahrscheinlichen Gründungsarten**



**Foto 1: Ansicht der Fabrik, Blickrichtung Nordosten**



Foto 2: Ansicht der Fabrik, Blickrichtung Westen

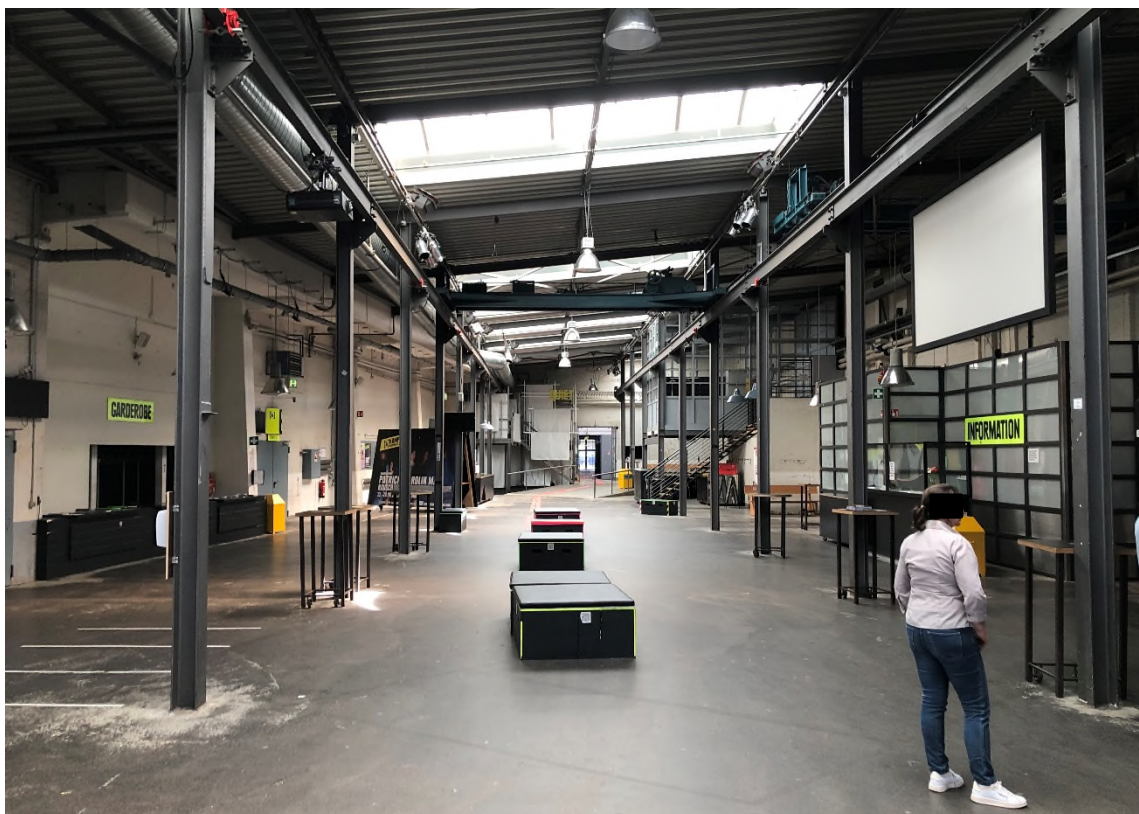


Foto 3: Blick durch das Zentralfoyer (in Richtung Osten)

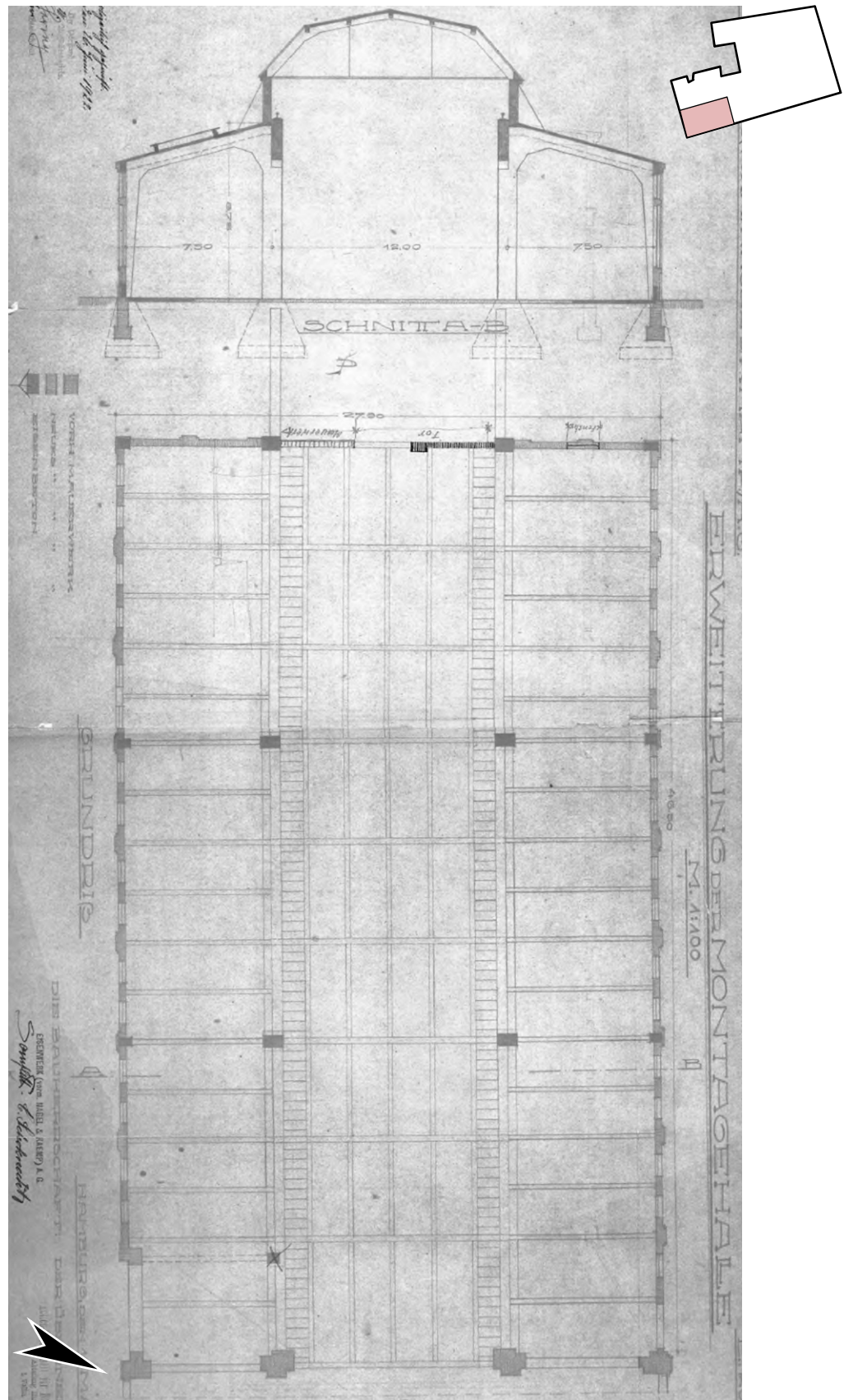
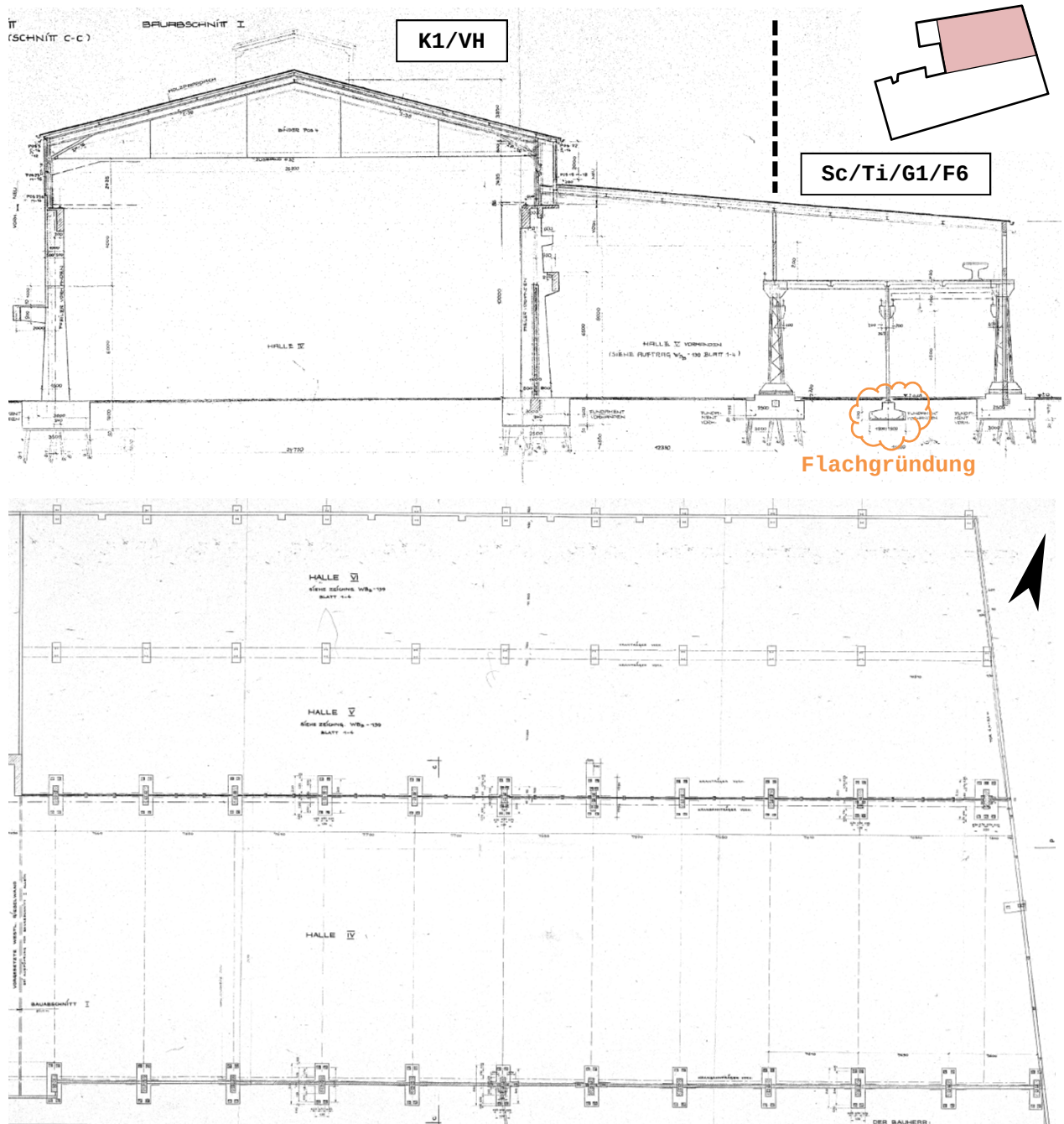


Abb. 4: Schnitt A-A und Fundamentplan der südwestlichen Halle K4, Kmh, P1 (Flachgründung)







**Abb. 8: Schnitt E-E und Fundamentplan durch die jüngere, nördliche Hallenkonstruktion K6/VH bzw. Sc/Ti/Ga/F6 (weitgehend Tiefgründung)**

Damit das große Fabrikgebäude effektiv genutzt werden kann, wurden bereichsweise Zwischenwände zur Abtrennung einzelner Räume sowie Stützen für Zwischenebenen eingezogen. Diese wurden vermutlich

flach auf Einzel- oder Streifenfundamenten gegründet, leichte Wände und Stützen ggf. nur auf den Sohlen aufgemauert bzw. aufgestellt.

### 2.1.2 Verwaltungsgebäude

Das fünf- bis sechsgeschossige Verwaltungsgebäude ist ab den 1950er Jahren errichtet worden und weist insgesamt Abmessungen von ca. 50 m x 15 m auf (s. Abb. 9). Zwei Drittel des Gebäudes auf der Westseite sind nicht unterkellert und auf Pfählen tief gegründet worden. Der östliche, ältere etwas Gebäudeteil ist unterkellert (Heizungskeller) und flach auf einer massiven Sohlplatte gegründet. Das ursprünglich nur drei- bis viergeschossige Gebäude (s. Abb. 10 und 11) wurde zwischenzeitlich bereits aufgestockt.



**Abb. 9: Schnitt durch das heutige Verwaltungsgebäude**

Die Fotos 4, 5 und 6 zeigen das Bestandsgebäude und die Situation von Ort.

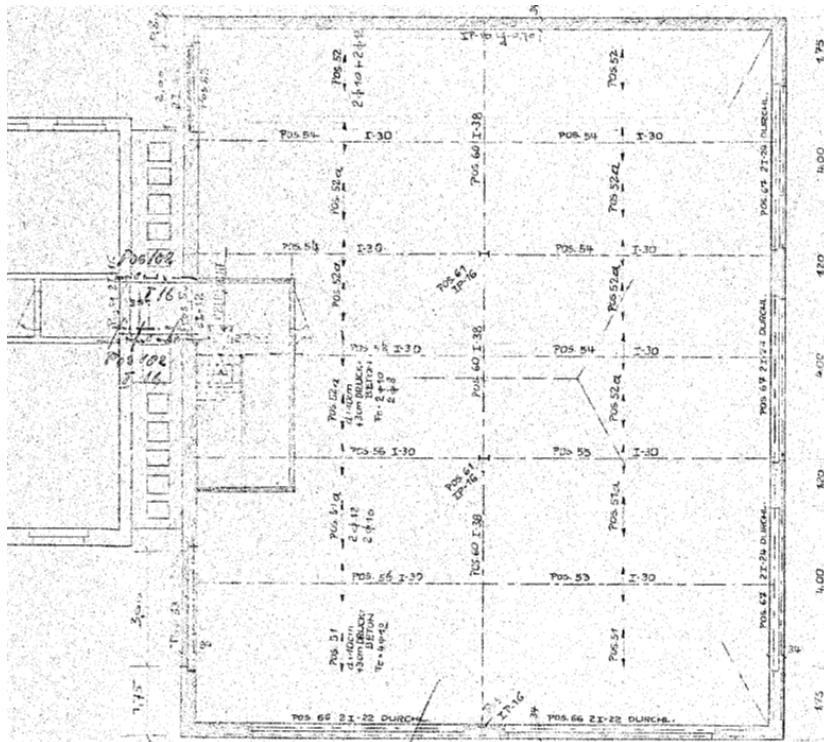


Abb. 10: Grundriss den ursprünglichen, östlichen Gebäudeteil

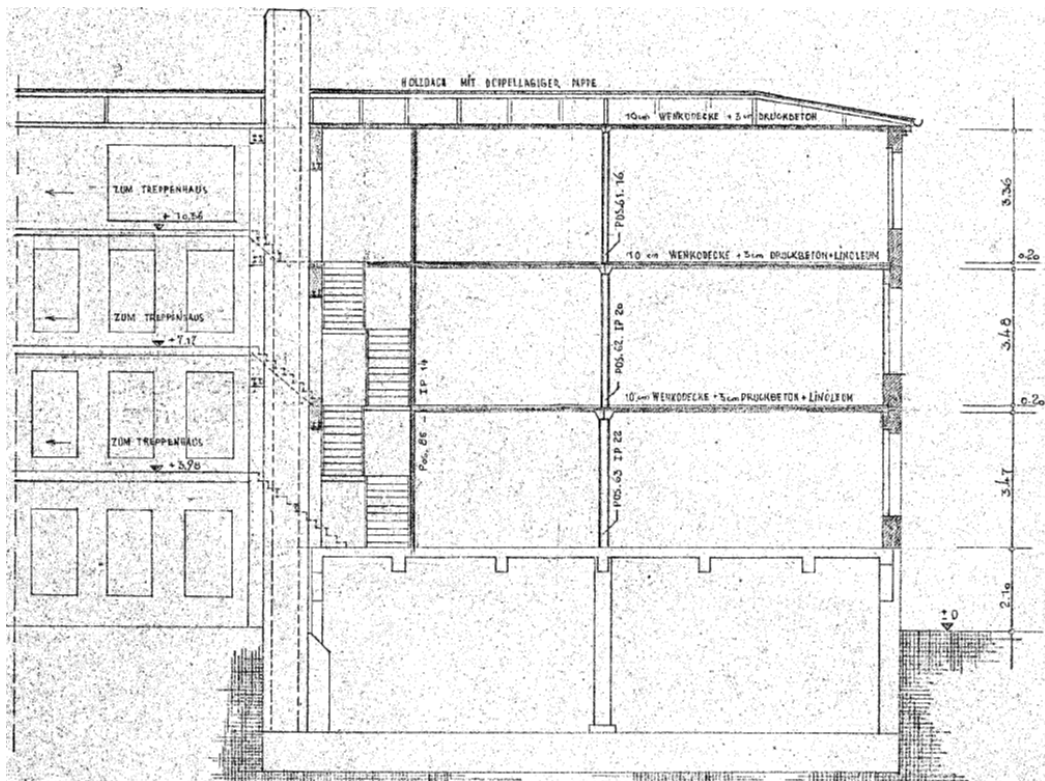
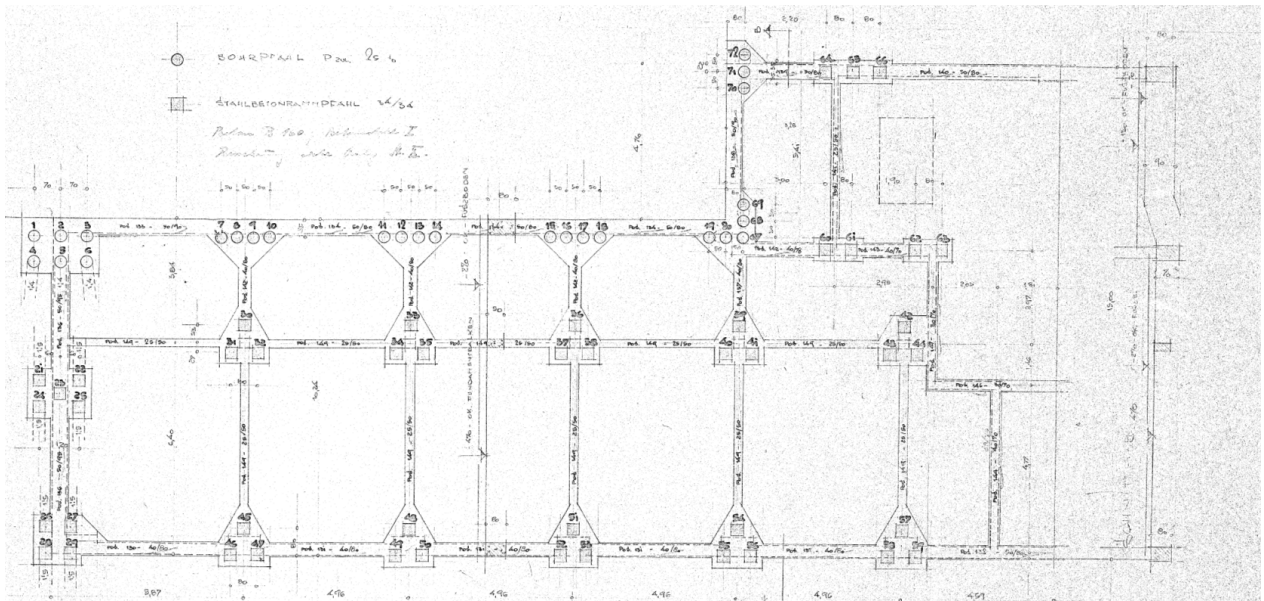


Abb. 11: Schnitt durch den ursprünglichen, östlichen Gebäudeteil



**Abb. 12: Pfahlplan des westlichen Verwaltungsgebäudes**



**Foto 4: Ansicht des Verwaltungsgebäudes (östlicher Gebäudeteil),  
Blickrichtung Südwesten**



**Foto 5: Ansicht des Verwaltungsgebäudes, Blickrichtung Norden**



**Foto 6: Blick über dem Kranplatz, Richtung Süden  
(Baufeld Gästehaus)**

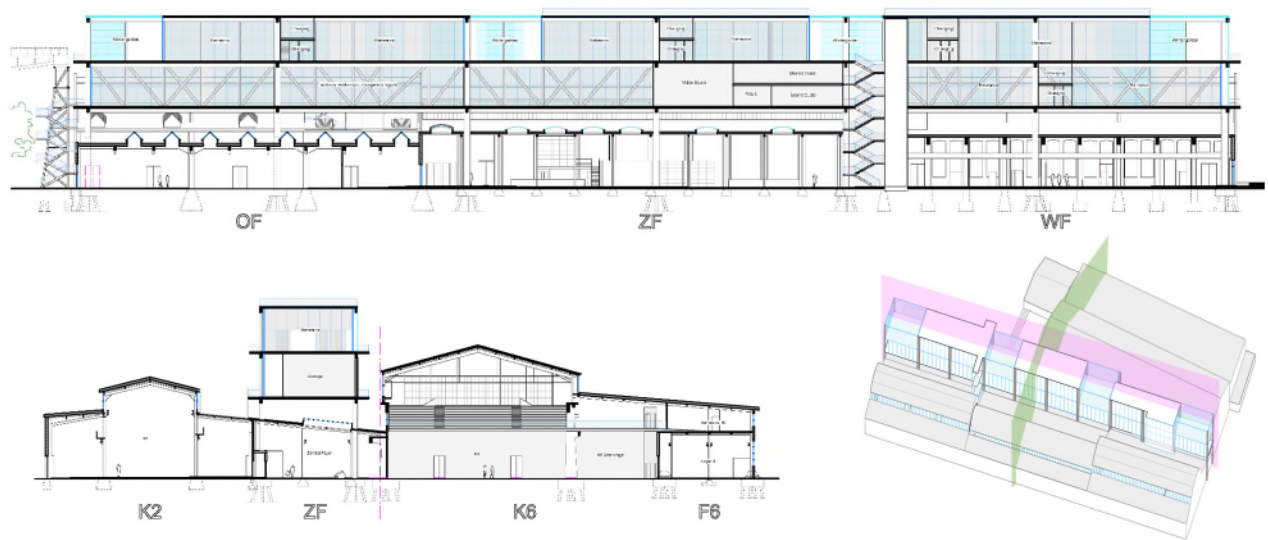
## **2.2 Neubauten**

### **2.2.1 Überbauung Foyer (K7)**

Die Überbauung des Foyers soll sich über die gesamte Länge des Fabrikgebäudes erstrecken und vier Stockwerke (3. – 6.OG) erhalten.

Die Überbauung weist damit Abmessungen von etwa 150 m x 15 m auf und ist etwa 30 m hoch. Über dem Ostfoyer wird der Neubau etwas schlanker ausgebildet (etwa 8 m statt 15 m).

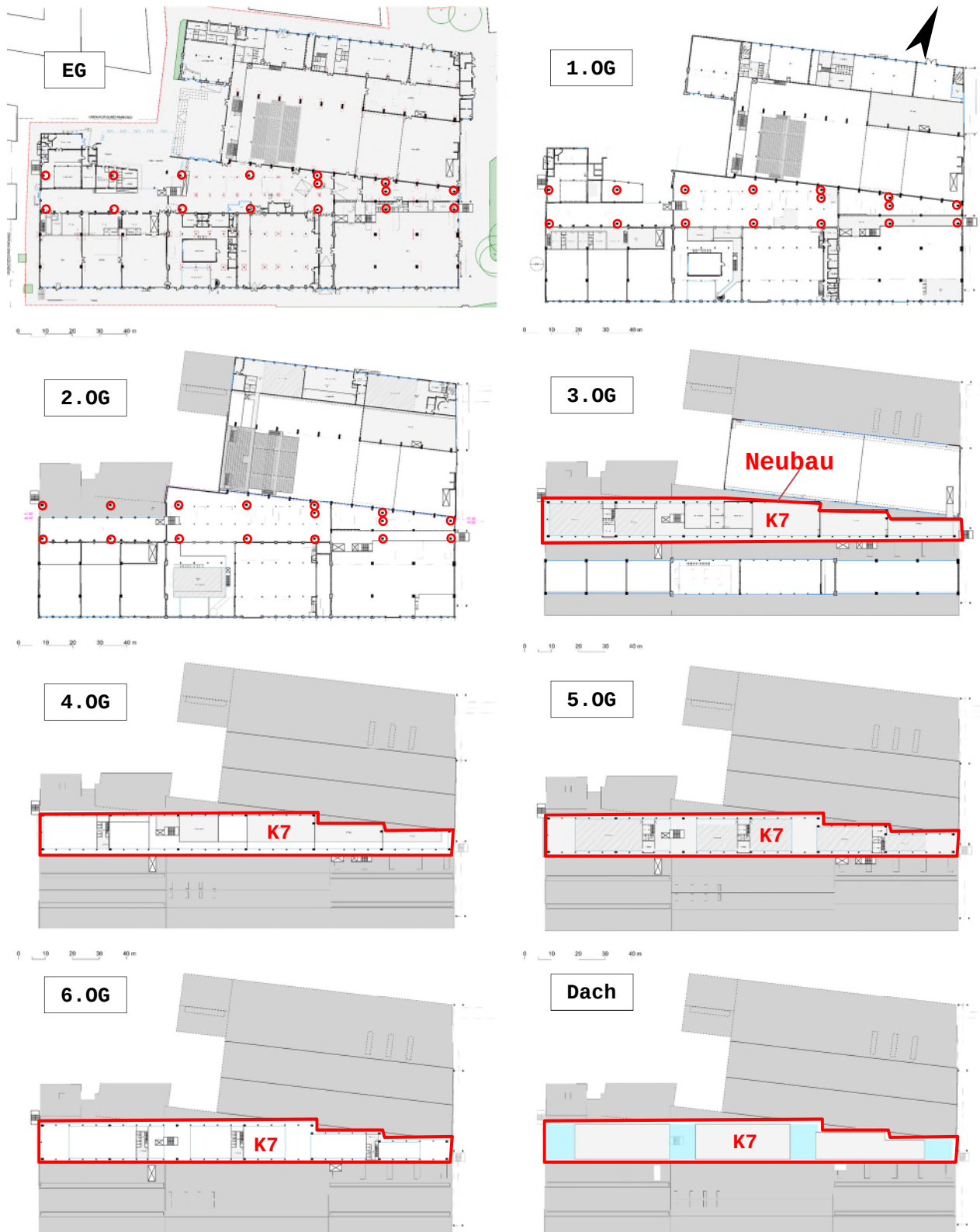
Aus den Abbildungen 13 und 14 sind Grundrisse aller Geschosse und Schnitte der Überbauung zu entnehmen.



**Abb. 13: Überbauung oberhalb des Foyers**

Im Neubau werden weitere Probe- und Lagerräume, Technikräume, sowie Gemeinschafts- und Sanitärräume realisiert. Die Stockwerke werden untereinander mit drei Treppenhäusern sowie über weitere Treppenhäuser und Aufzuganlagen sowie Fluchttreppen mit dem Erdgeschoss bzw. dem Außengelände verbinden.

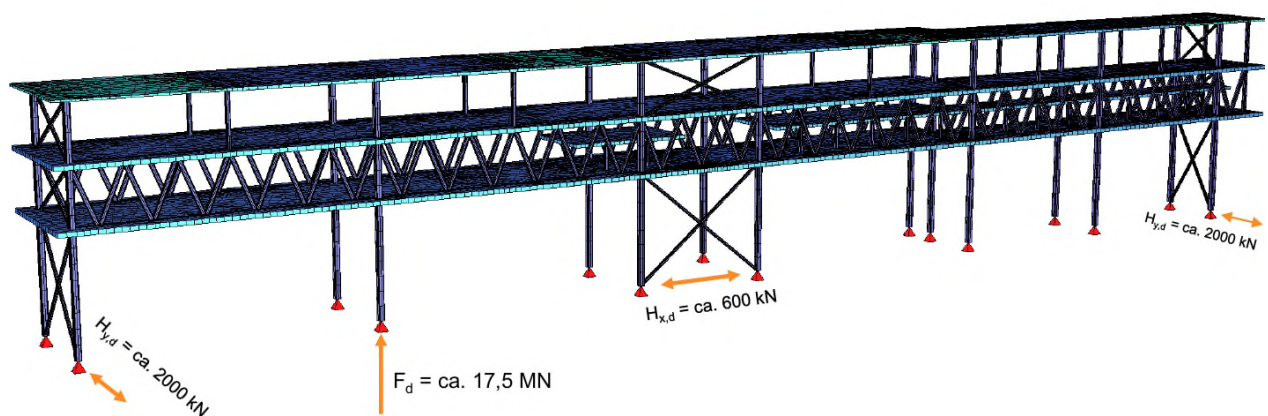
Die Räume werden auf einer Stahlkonstruktion aufgeständert und so von dem bestehenden Gebäude entkoppelt. Die Stützen werden durch die Konstruktionen des Foyers sowie die angrenzenden Hallen hindurchgeführt und etwa auf dem Niveau der Bestandsgebäude gegründet. Die genaue Zahl der Stützen wurde noch nicht abschließend festgelegt und hängt u.a. von dem Gesamtgewicht des Aufbaus, den Platz-



**Abb. 14: Grundrisse Hallenkomplex über die Geschosse**

verhältnissen sowie der Tragfähigkeit des Bodens ab. Zurzeit ist ein zwei- bis dreireihiges Stützenraster mit Abständen von etwa 25 m (entspricht sieben Stützenreihen in der Länge) geplant. Dabei treten Stützenlasten von bis zu  $F_d = 17,5$  MN und H-Lasten von bis zu  $H_d = 2,0$  MN auf (s. Abb. 15). Vor dem Hintergrund der hierbei sehr groß werdenden Pfahlkopffundamente und Pfahllasten ist u.E. eine geringere Stützweite anzustreben. Zunächst waren Stützelasten von nur rd. 6 MN im Gespräch. Mit dem geplanten Mikropfahlsystem (System Ischebeck) können nur Pfahlwiederstücke bis zu  $R_d \leq 1000$  kN abgetragen werden.

30 / 30 / 15 / 30 / 20 / 20 / 5 m



**Abb. 15: Überschlägige Lastenberechnung der K7 (sbp SE)**

### 2.2.2 Neubau Gästehaus

Auf dem Kranplatz südlich des Verwaltungsgebäudes ist die Errichtung eines sechsgeschossigen Gästehauses geplant, das in den verschiedenen Stockwerken mit dem Verwaltungsgebäude über eine Brückenkonstruktion von etwa 20 m Spannweite mit einem Treppenhaus mit Aufzug verbunden wird. Das Gästehaus weist Abmessungen von etwa 25 m x 10 m auf und reicht etwa 23 m hoch. Es wird auf Stützen über dem als Parkplatz genutzten Terrain errichtet.

Grundrisse der jeweiligen Stockwerke des Neubaus und des Verwaltungsgebäudes sowie Schnitte sind aus den Abbildungen 16 und 17 ersichtlich.

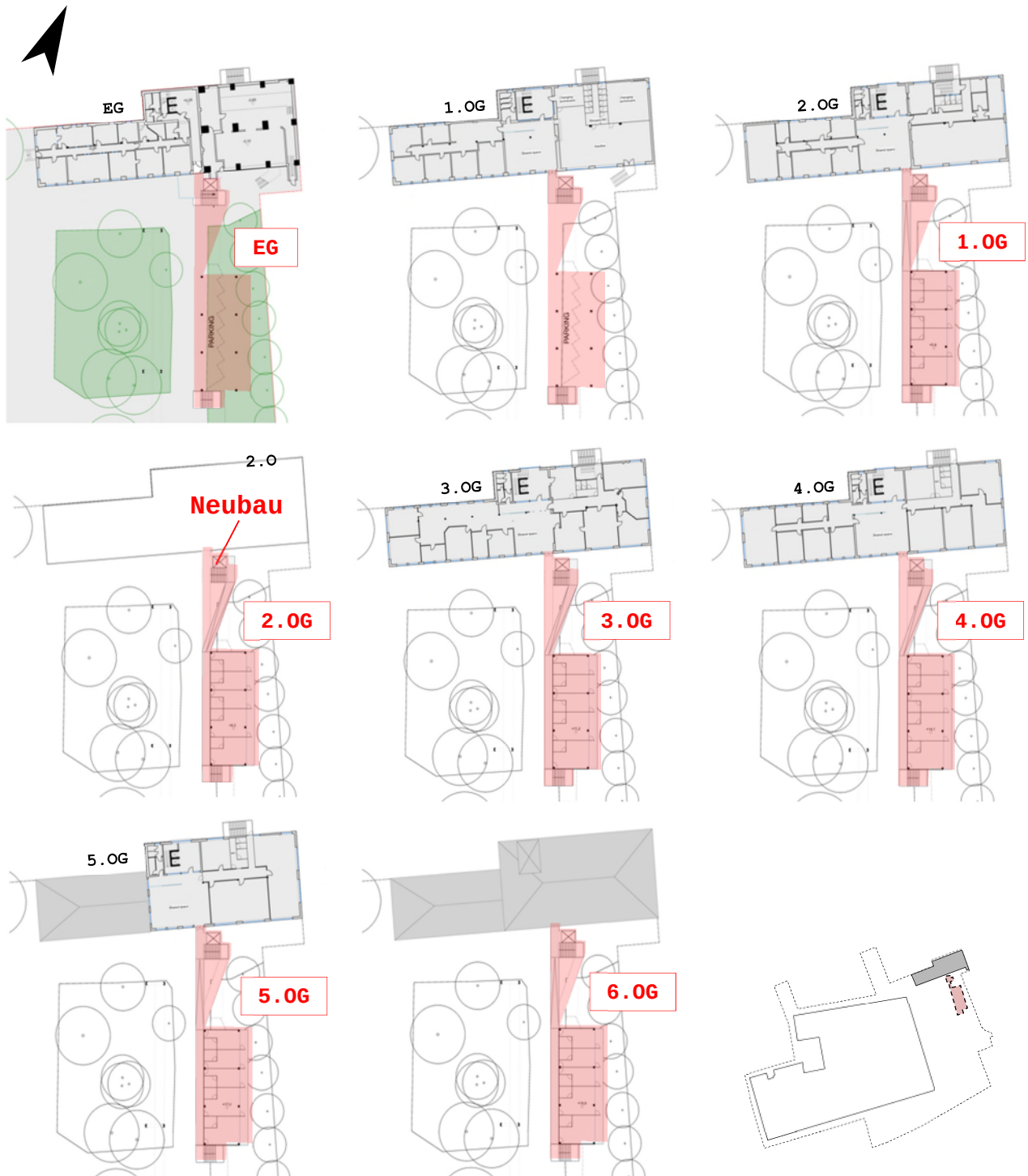


Abb. 16: Grundriss Gästehaus und Bestand über die Geschosse

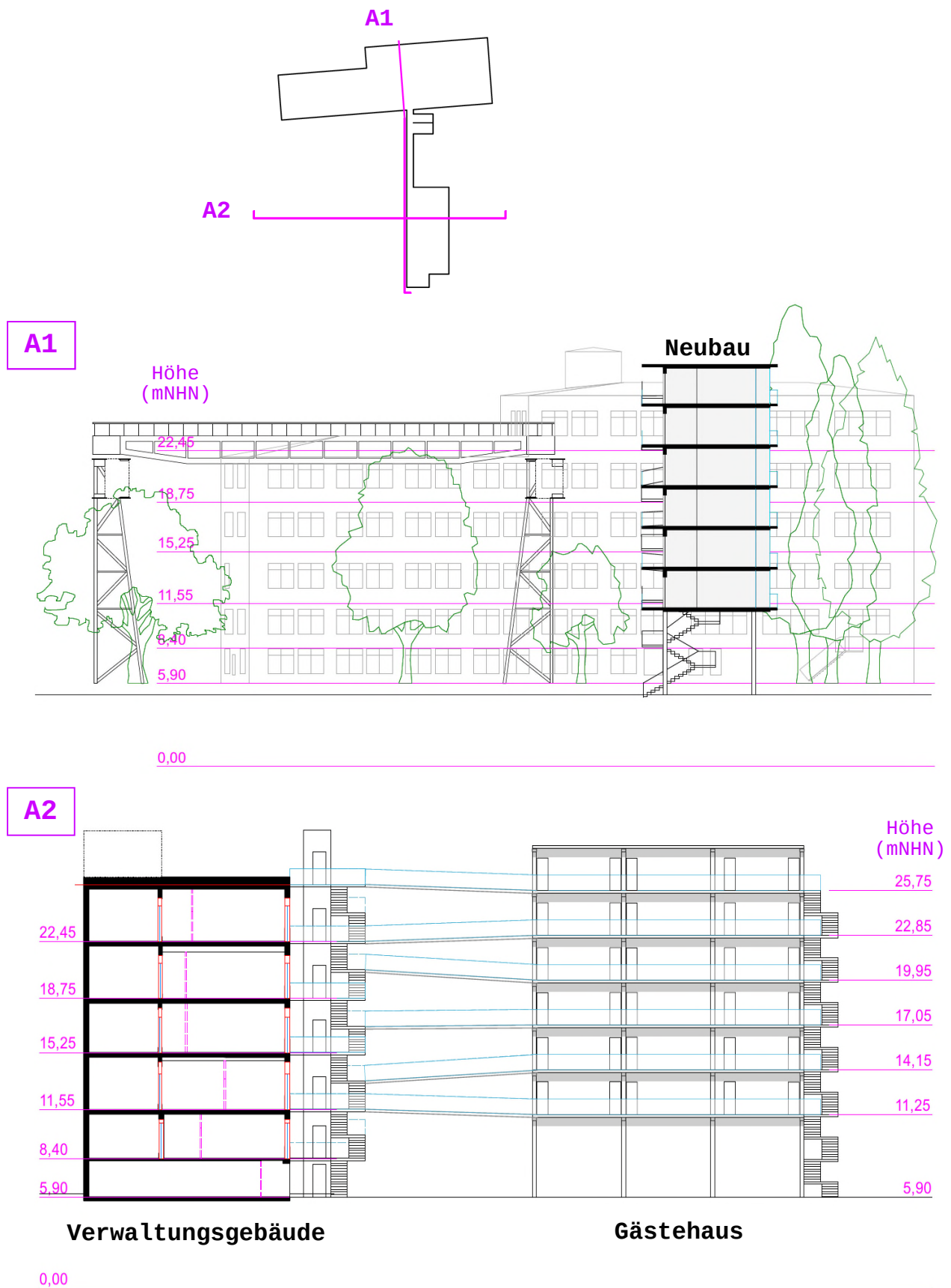


Abb. 17: Schnitte des Neubaus und des Verwaltungsgebäudes

Das Gästehaus wird voraussichtlich auf Fertigteilstützen errichtet, die in einem Raster von etwa 7,0 m x 7,0 m angeordnet werden. Auch hier sind hohe Punktlasten zu erwarten, die auf dem Gelände eine Tiefgründung erfordern.

### 2.2.3 Sanierungsmaßnahmen

In den verschiedenen Hallen sind umfangreiche Sanierungsmaßnahmen geplant. Zu den schweren Eingriffen gehören u.a. die Entfernung von Trennwänden und Zwischengeschossen einschließlich der Sanierung der Hallenböden an den Stellen, an denen die Wände abgerissen wurden, oder die Verstärkung des Fußbodens für neue Lager und Zwischengeschosse, sowie der Einbau neuer Toiletten und Umkleieräume erfolgt (s. Abb. 18 und 19). Zudem sind kleinere Maßnahmen vorgesehen, wie die Entfernung alter Ausrüstung (Kabel und Rohre), die Reparatur kleinerer Schäden sowie die Instandsetzung der Elektrik (Strom und Beleuchtung), der Heizungsanlage sowie der Lüftungsanlage.

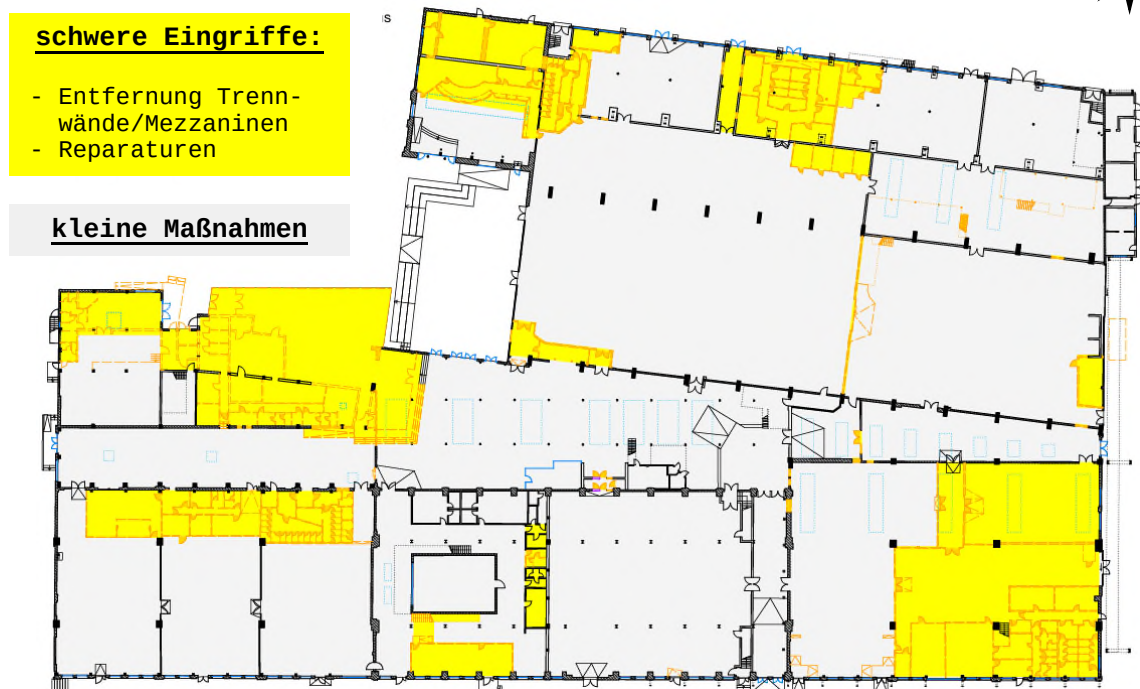


Abb. 18: Vorgesehene Entfernungen/Reparaturen im Hallenkomplex

**schwere Eingriffe:****Abb. 19: Vorgesehene Ergänzungen im Hallenkomplex****3. Baugrundverhältnisse****3.1 Baugelände****Heutige Situation**

Das Untersuchungsgebiet umfasst das Grundstück der Kampnagel Internationale Kulturfabrik GmbH an der Jarrestraße 20 in Hamburg – Winterhude (Flurstück 3453). Das Gelände liegt zwischen der Jarrestraße im Norden und dem Osterbekkanal im Süden. Weiter westlich verläuft die Barmbeker Straße (s. Abb. 20).

Rund um den Hallenkomplex befinden sich im Westen mit verbundpflasterbefestigte Flächen, im Norden, Süden und Osten Asphaltflächen. Östlich der Fabrikgebäude bzw. südlich des Verwaltungsgebäudes liegt eine Parkanlage mit örtlichen Parkplätzen, die mit einer



**Abb. 20: Luftbild Kampnagel**

wassergebundene Decke befestigt sind, sowie Grünflächen, die mit Büschen und Bäumen bewachsen vorhanden sind. Über der Parkanlage verläuft eine alte Krananlage, die auf Stahlstützen mehr als 10 m über der Oberfläche aufgeständert ist (vergl. Fotos 2, 5 und 6).

### **Historische Entwicklung der Fabrik**

Die Osterbek wurden zwischen den Jahren 1863 und 1912 schrittweise zum Osterbekkanal ausgebaut. Die Kanalisierung der Osterbek zog eine Ansiedlung von Industrieanlagen nach sich, für deren Errichtung das Osterbek-Tal großflächig aufgehöht werden musste.

Im Jahr 1875 gründete die Firma 'Nagel & Kaemp, Zivilingenieure' (später Kampnagel AG) ihren neuen Firmensitz am schiffbaren Unterlauf der Osterbek, dem heutigen Standort der Kulturfabrik. Hierbei handelte es sich um eine Maschinenfabrik, die zunächst Reismühlen

sowie Schiffs- und Hafenkräne herstellte. Zurzeit des Zweiten Weltkriegs wurde die Fabrik zur Herstellung von Rüstungsgütern herangezogen.

Ab 1945 wurden bis 1968 wieder Krananlagen und bis 1981 Gabelstapler produziert. Seit 1982 werden das Grundstück und die Fabrikgebäude als Veranstaltungsort für zeitgenössisch darstellende Künste ('Kampnagel') genutzt.

Seit dem Firmenbestehen wurden an dem aktuellen Standort zahlreiche Umstrukturierungen auf dem Gelände vorgenommen. Im Folgenden werden die wesentlichen Veränderungen aufgezeigt.

Anhand von historischen Karten kann die Bebauung des Firmengeländes bis in das Jahr 1879 zurück abgebildet werden. Die orange hinterlegte Fläche in der Abbildung 21 zeigt den aktuellen Grundstückverlauf, wie er der Abbildung 1 zu entnehmen ist. Dargestellt werden die Jahrgänge, in denen relevante strukturelle Veränderungen stattgefunden haben.

Bei der Gründung der Maschinenfabrik im 18. Jh. lagen die Werkstätten nach weiter südwestlich an der heutigen Barmbeker Straße. Anfang des 19. Jh. erstreckte sich die Bebauung bereits über das gesamte Gelände, wobei es sich neben den Produktionsstätten des Gewerbebetriebs vermutlich auch um nicht zugehörige Wohnunterkünfte handelte, da das Gebiet noch anders parzelliert war. Im Kartenausschnitt von 1916-1925 ist aber bereits die heute nach vorhandene Montagehalle (K2/K3) ersichtlich.

In den Jahren 1930 bis 1940 ist bereits der gesamte südliche Hallenkomplex mit dem zweiseitigen Erweiterungsbauten (K1 im Osten und K4/Kmh/P1 im Westen) vorhanden. Auf der Nordseite des Grundstücks sind noch mehrere kleine Gebäude zu erkennen. Erst nach dem 2. Weltkrieg wurden diese abgerissen und der nördliche Hallenkom-

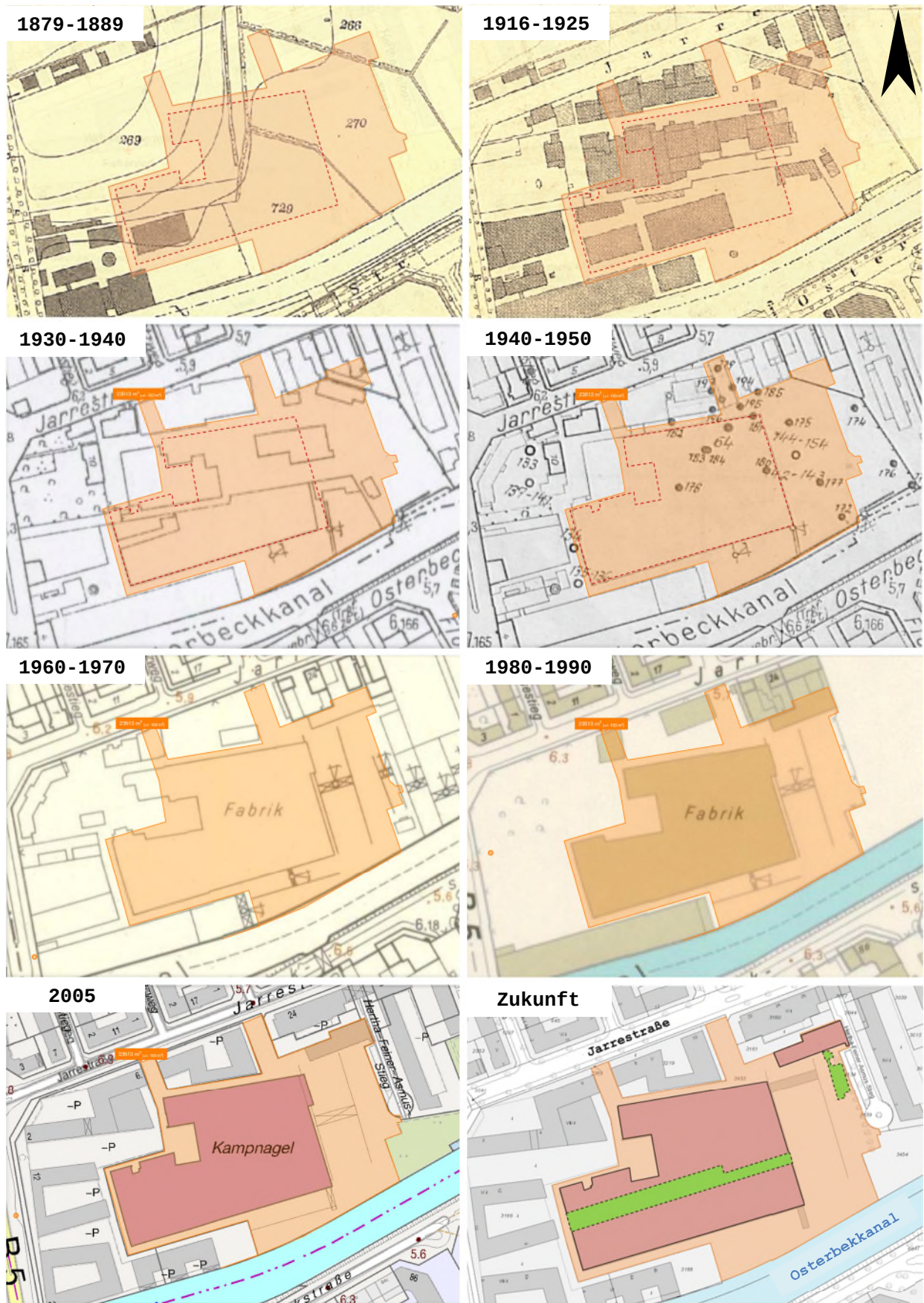
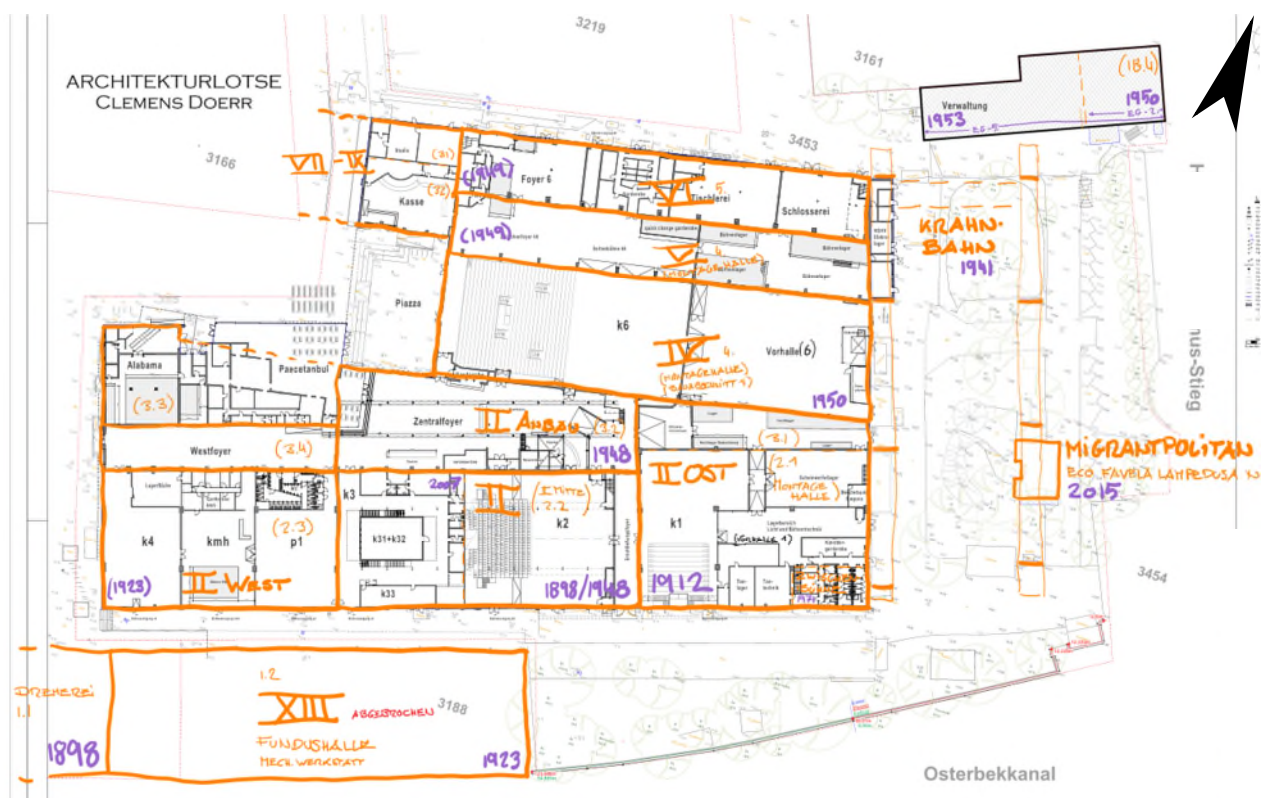


Abb. 21: Historische Entwicklung Kampnagel, Jahrgang 1879-2005

plex (K6 mit VH sowie Sc/Ti/Ga/F6) sowie der Anbau (Ka) errichtet. Das Verwaltungsgebäude ist erstmalig im Kartenwerk von 1960-1970 verzeichnet.

Aus der Abbildung 22 ist ein Übersichtplan des Architekturlotsen (Clemens Doerr) zu entnehmen, in dem die verschiedenen Bauzeiten und damalige Hallenbezeichnungen eingetragen sind, wie sie sich aus alten Planunterlagen ergeben.



**Abb. 22: Übersichtplan mit Baudatum der verschiedenen Hallen**

Seit der Nutzung durch die KIK haben noch zahlreiche kleinere Umbaumaßnahmen im Bereich der Hallen stattgefunden. Die Bebauung auf den Nachbargrundstücken weist die aktuellen Strukturen seit 2005 auf. Danach haben keine relevanten Umbaumaßnahmen mehr stattgefunden, die die Kubatur der ehemaligen Fabrikgebäude und die Verkehrsflächen nennenswert verändert haben.

## Kampfmittelverdacht

Nach dem Auszug aus dem Kampfmittelbelastungskataster vom 05.09.2022 (BIS/F046-21/03633\_1, s. Abb. 23) besteht auf den Grundstücken der Kampnagel weitgehend allgemeiner Bombenblindgängerverdacht. Lediglich in den Gebäudegrundrissen südost-, südwest- und nordwestliche Ecke des Fabrikgebäudes besteht nach der Luftbildauswertung/Fernerkundung kein Hinweis auf Bombenblindgänger oder vergrabene Kampfmittel.

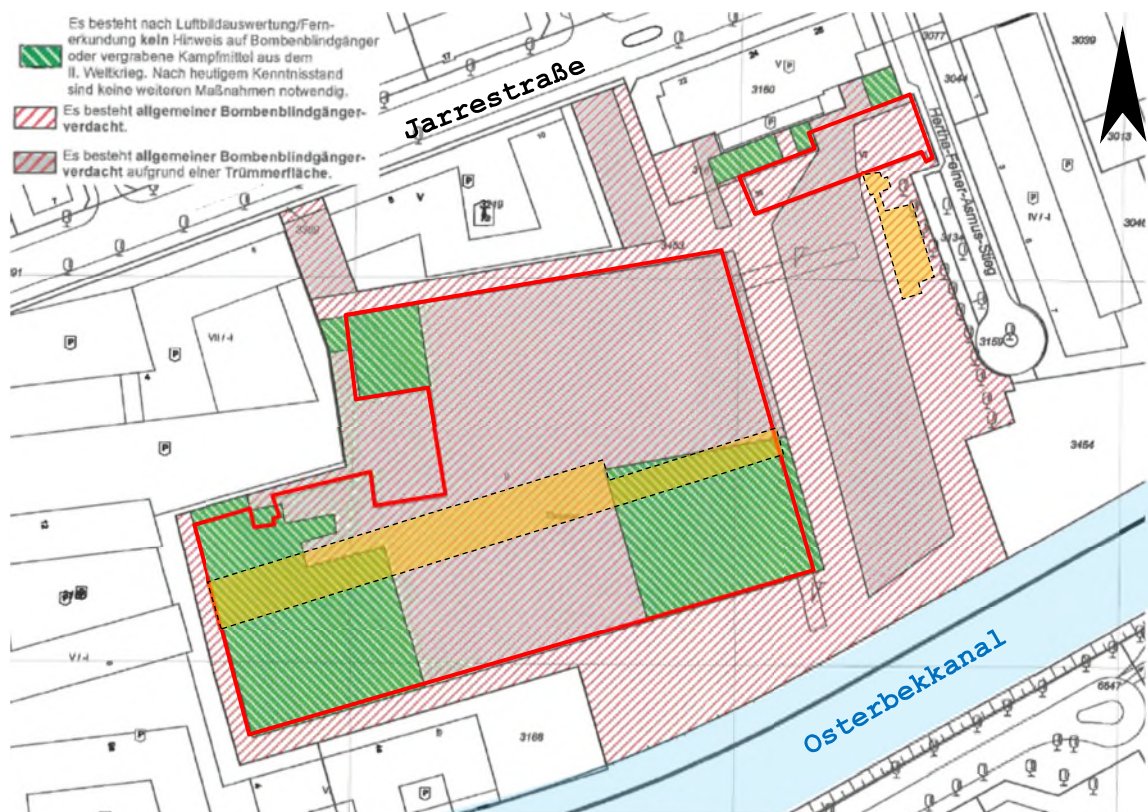


Abb. 23: Lageplan Kampfmittelverdachtsflächen, GEVK

## Gebäudehöhen

Folgende Höhen werden unserer Bearbeitung auf Grundlage der Angaben in den vorliegenden Ausführungsplänen sowie den nivellierten Ansatzhöhen des Bohrunternehmers zugrunde gelegt:



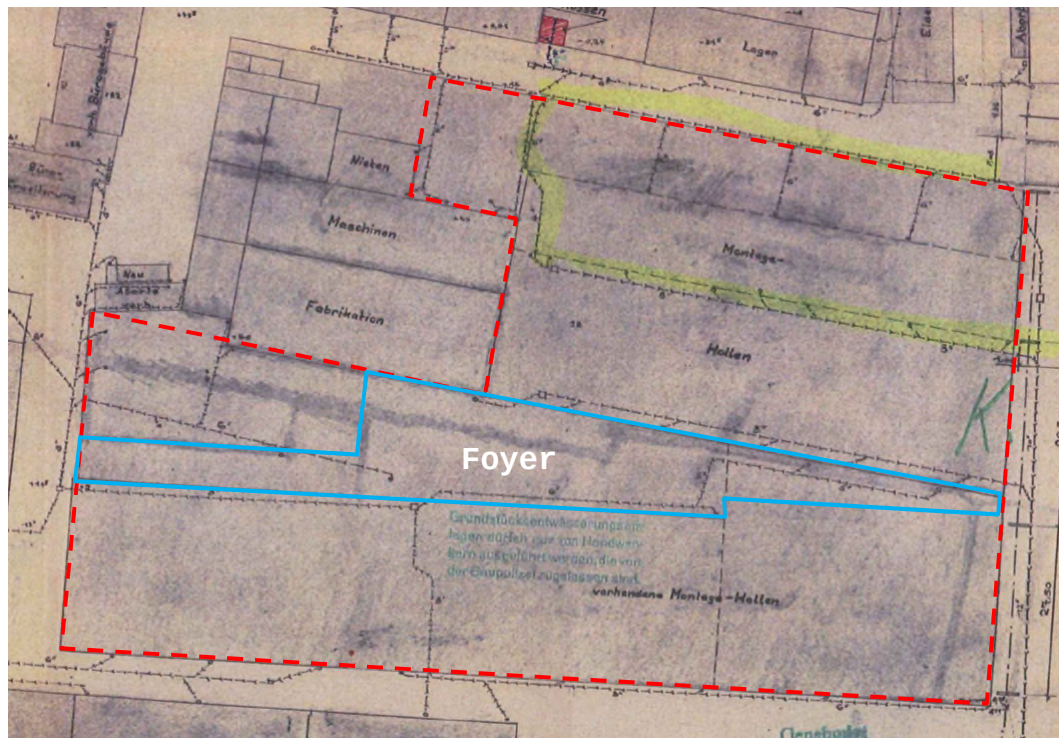


Abb. 25: Leitungsplan südwestlich des Hallenkomplexes

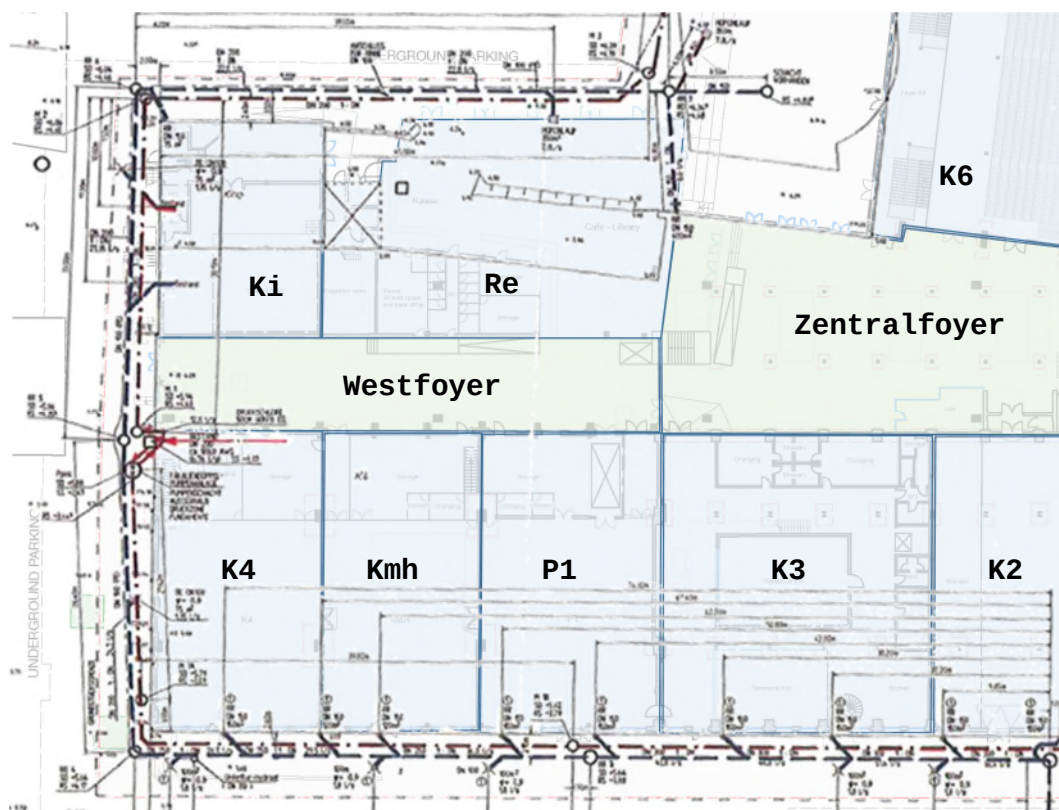


Abb. 26: Leitungsplan südwestlich des Hallenkomplexes

## **3.2 Baugrundaufbau**

### **3.2.1 Allgemeines**

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurde vom 20.03. bis 24.03.2023 eine Untersuchungskampagne auf dem Gelände Kampnagel durchgeführt.

Durch die Rösch Baugrunduntersuchungen GmbH wurden insgesamt acht Kleinrammbohrungen (KRB 3, KRB 6-10, KRB 12 und KRB 13) bis in Tiefen von 10,0 m, fünf Kleinrammbohrungen (KRB 4, KRB 5, KRB 11, KRB 14 und KRB 15) bis in Tiefen von 15 m und vier schwere Rammsondierungen (DPH 1-4) innerhalb des Fabrikgebäudes bis in Tiefen von 20 m ausgeführt. Die Kleinrammbohrungen KRB 9 bis KRB 13 sind ebenfalls im inneren des Fabrikgebäudes (im Foyer) ausgeführt worden. Die KRB 11 musste wegen einer dicken Sohlbetonplatte verlegt werden. Aufgrund eines stagnierenden Sondierfortschritts musste die KRB 5 in einer Tiefe von 0,3 m abgebrochen werden und wurde vergeblich zur Ecke des Verwaltungsgebäudes verlegt, wo sie aus denselben Gründen abgebrochen wurde. Aufgrund von Planungsänderung des Auftraggebers wurden die Kleinrammbohrungen KRB 1 und KRB 2 im Norden des Verwaltungsgebäudes im Zuge der Aufschlusskampagne kurzfristig abgesagt.

Des Weiteren sind durch die Fugro Germany Land GmbH am 20.03., 21.03. und 24.03.2023 acht Drucksondierungen (CPT 1-4, CPT 6-9) bis in Tiefen von 25 m ausgeführt worden. Die CPT 1-3 liegen im Bereich des geplanten Gästehauses, die CPT 4-9 im Bereich der Fabrikhallen. Die CPT 5 konnte aufgrund der Leitungsschichte nicht niedergebracht werden.

Die versiegelten Oberflächen wurden am 20.03. und 21.03.2023 durch die Engel 4.0 GmbH mit Hilfe von Kernbohrungen durchörtert, um die Kleinrammbohrungen, schwere Rammsondierungen oder die Drucksondierungen, in der Asphaltfläche (um das Fabrikgebäude herum) oder der

Betonsohle (im Foyer) ausführen zu können. In Anschluss an die Arbeiten wurden die Kerne wieder eingesetzt und die Oberflächen provisorisch mit Schnellzement oder Kaltasphalt wieder verschlossen.

Vor dem Hintergrund des nicht ausgeräumten Kampfmittelverdacht es wurden die Aufschlussarbeiten durch einen Befähigten nach §20 SprengG der Kampfmittelbergung Hamburg Süd GmbH überwacht.

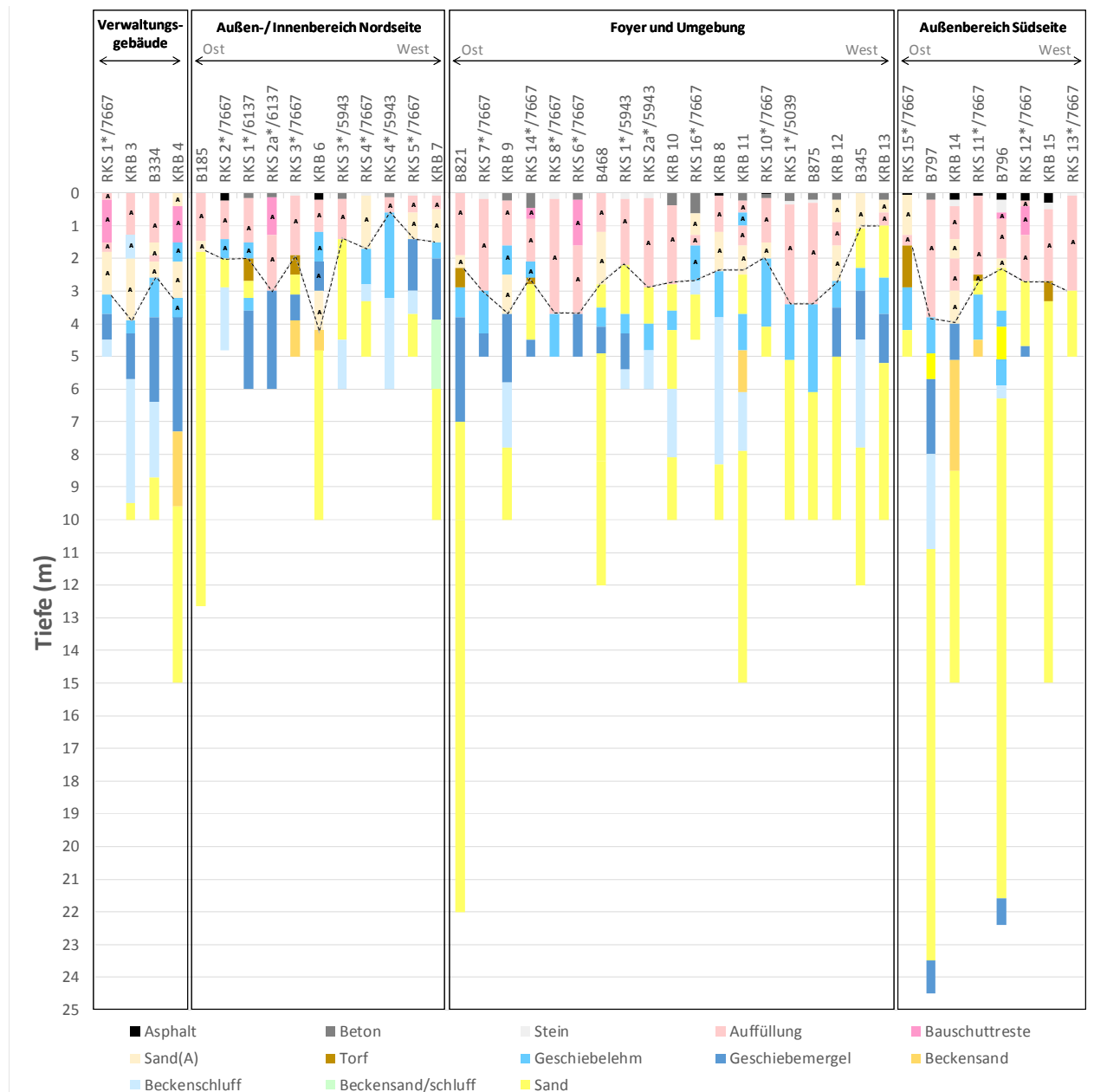
Die Ansatzpunkte aller Aufschlüsse sind in den Lageplan auf der Anlage 1 eingetragen. Des Weiteren stehen uns die Ergebnisse von Baugrunduntersuchungen zur Verfügung, die im Rahmen unserer Gründungsbeurteilungen zur Erkundung von Risssschäden vom 30.06.2017 und zum Neubau von Lagern (2011, 2012) auf dem Grundstück 22 Aufschlüsse mit Tiefen von 5,0 m bis max. 6,0 m ausgeführt wurden (s. Anl. 7-10). Zudem werden acht Altaufschlüsse des Geologischen Landesamtes von Hamburg (GLA) mit Tiefen von 10,0 m bis max. 25,0 m zu berücksichtigen. Die Ansatzpunkte der Altaufschlüsse sind auch in den Lageplan auf der Anlage 1 eingetragen.

Die Schichtdicken aller Altaufschlüsse und Neuaufschlüsse sind in der Tabelle 1 zusammengefasst und eine Übersicht aller Bodenprofile ist aus der Abbildung 27 ersichtlich. In der folgenden Beschreibung des Schichtenaufbaus sind die Ergebnisse alter Aufschlüsse im Betracht worden.

Die Ergebnisse der aktuellen Baugrunderkundungen wurden nach den Angaben in den Schichtenverzeichnissen des Bohrunternehmens und unserer Klassifizierung der entnommenen Bodenproben auf den Anlagen 2 bis 6 in Form von Bodenprofilen höhengerecht dargestellt. Dargestellt sind hierin auch die Diagramme der schweren Rammsondierungen sowie der Drucksondierungen. Sie werden nachstehend näher beschrieben.

| Sondierung                           | Höhe (mNN) | Asphalt | Beton | Stein | Auffüllung | Bauschutt | Sand(A) | Bindige Böden(A) | Torf | Sand  | Geschiebelehm | Geschiebemergel | Beckensand  | Beckenschluff |
|--------------------------------------|------------|---------|-------|-------|------------|-----------|---------|------------------|------|-------|---------------|-----------------|-------------|---------------|
| <b>Neue Kleinrammbohrungen</b> ----- |            |         |       |       |            |           |         |                  |      |       |               |                 |             |               |
| KRB 3                                | +5,6       |         |       |       | 1,3        | 1,9       | 0,7     |                  |      | 0,5   | 0,4           | 1,4             |             | 3,8           |
| KRB 4                                | +5,8       |         |       |       |            | 1,1       | 1,5     | 1,2              |      | 5,4   |               | 3,5             | 2,3         |               |
| KRB 6                                | +5,8       | 0,2     |       |       | 1          |           | 1,8     | 1,8              |      | 5,2   |               |                 |             |               |
| KRB 7                                | +6,2       |         |       | 0,08  | 0,42       |           | 1       |                  |      | 4     | 0,5           | 1,9             | --- 2,1 --- |               |
| KRB 8                                | +5,9       | 0,08    |       |       | 1,12       |           | 1,2     |                  |      | 1,7   | 1,4           |                 |             | 4,5           |
| KRB 9                                | +5,8       |         | 0,24  |       | 1,36       |           | 1,2     | 0,9              |      | 2,2   |               | 2,1             |             | 2             |
| KRB 10                               | +6,1       |         | 0,38  |       | 2,42       |           |         |                  |      | 4,5   | 0,6           |                 |             | 2,1           |
| KRB 11                               | +5,9       |         | 0,24  |       | 0,96       |           | 0,9     | 0,4              |      | 8,3   | 1,1           |                 | 1,3         | 1,8           |
| KRB 12                               | +6,0       |         | 0,21  |       | 0,7        |           | 1,79    |                  |      | 5     | 0,8           | 1,5             |             |               |
| KRB 13                               | +6,1       |         | 0,2   |       | 0,4        |           | 0,4     |                  |      | 6,4   | 1,1           | 1,5             |             |               |
| KRB 14                               | +5,8       | 0,2     |       | 0,2   | 2          |           | 1,6     |                  |      | 6,5   |               | 1,1             | 3,4         |               |
| KRB 15                               | +6,0       | 0,3     |       | 0,2   | 2,2        |           |         |                  | 0,6  | 11,7  |               |                 |             |               |
| <b>Altaufschlüsse BMP</b> -----      |            |         |       |       |            |           |         |                  |      |       |               |                 |             |               |
| RKS 1*/7667                          | +6,1       |         |       |       | 0,5        | 1,3       | 1,3     |                  |      |       | 0,6           | 0,8             |             | 0,5           |
| RKS 2*/7667                          | +6,0       | 0,24    |       |       | 1,16       |           |         | 0,6              |      | 0,9   |               |                 |             | 1,9           |
| RKS 3*/7667                          | +5,7       |         |       | 0,08  | 1,82       |           |         |                  | 0,6  | 0,6   |               | 0,8             | 1,1         |               |
| RKS 4*/7667                          | +5,6       |         |       | 0,08  |            |           | 1,62    |                  |      | 1,7   | 1,1           |                 |             | 0,5           |
| RKS 5*/7667                          | +5,7       |         |       | 0,08  | 0,52       |           | 0,8     |                  |      | 1,3   |               | 1,6             |             | 0,7           |
| RKS 6*/7667                          | +5,8       |         | 0,2   |       | 2,1        | 1,4       |         |                  |      |       |               | 1,3             |             |               |
| RKS 7*/7667                          | +5,7       |         |       | 0,17  | 2,83       |           |         |                  |      |       | 1,3           | 0,7             |             |               |
| RKS 8*/7667                          | +5,9       |         |       | 0,17  | 3,53       |           |         |                  |      |       | 1,3           |                 |             |               |
| RKS 10*/7667                         | +6,0       | 0,02    | 0,13  |       | 1,35       |           | 0,5     |                  |      | 3     | 2,1           |                 |             |               |
| RKS 11*/7667                         | +5,8       | 0,07    |       |       | 2,43       |           |         |                  | 0,2  | 0,4   | 1,4           |                 | 0,5         |               |
| RKS 12*/7667                         | +5,7       | 0,23    |       |       | 1,57       | 0,9       |         |                  |      | 2     |               | 0,3             |             |               |
| RKS 13*/7667                         | +6,4       |         |       | 0,07  | 2,93       |           |         |                  |      | 2     |               |                 |             |               |
| RKS 14*/7667                         | +6,0       |         | 0,45  |       | 1,3        | 0,35      |         | 0,5              | 0,2  | 1,7   |               | 0,5             |             |               |
| RKS 15*/7667                         | +5,8       | 0,06    |       |       | 0,3        |           | 1,24    |                  | 1,3  | 0,8   | 1,3           |                 |             |               |
| RKS 16*/7667                         | +6,0       |         | 0,63  |       | 0,3        |           | 0,67    | 1,1              |      | 1,4   |               |                 |             | 0,4           |
| RKS 1*/6137                          | +5,8       |         | 0,15  |       | 1,35       |           |         | 0,5              | 0,7  | 0,5   | 0,4           | 2,4             |             |               |
| RKS 2a*/6137                         | +5,9       |         | 0,13  |       | 1,7        | 1,17      |         |                  |      |       |               | 3               |             |               |
| RKS 1*/5943                          | +5,8       |         |       | 0,17  | 2,03       |           |         |                  |      | 1,5   | 0,6           | 1,1             |             | 0,6           |
| RKS 2a*/5943                         | +5,8       |         |       | 0,15  | 2,75       |           |         |                  |      | 1,1   | 0,8           |                 |             | 1,2           |
| RKS 3*/5943                          | +5,8       |         | 0,18  |       | 1,22       |           |         |                  |      | 3,1   |               |                 |             | 1,5           |
| RKS 4*/5943                          | +5,7       |         | 0,14  |       | 0,46       |           |         |                  |      |       | 2,6           |                 |             | 2,8           |
| RKS 1*/5039                          | +5,9       |         | 0,26  | 0,1   | 3,04       |           |         |                  |      | 4,9   | 1,7           |                 |             |               |
| <b>Altaufschlüsse GLA</b> -----      |            |         |       |       |            |           |         |                  |      |       |               |                 |             |               |
| B334                                 | +5,6       |         |       |       | 1,7        |           | 0,9     |                  |      | 1,3   | 1,2           | 2,6             |             | 2,3           |
| B185                                 | +5,9       |         |       |       | 1,45       |           | 0,35    |                  |      | 10,85 |               |                 |             |               |
| B345                                 | +6,3       |         |       |       |            |           | 1,1     |                  |      | 5,4   | 0,7           | 1,5             |             | 3,3           |
| B468                                 | +5,7       |         |       |       | 1,2        |           | 1,6     |                  |      | 7,8   | 0,6           | 0,8             |             |               |
| B821                                 | +5,8       |         |       |       | 1,9        |           | 0,4     |                  | 0,6  | 15    | 0,9           | 3,2             |             |               |
| B875                                 | +6,0       |         | 0,2   | 0,1   | 3,1        |           |         |                  |      | 3,9   | 2,7           |                 |             |               |
| B797                                 | +5,8       |         | 0,2   |       | 3,6        |           |         |                  |      | 13,4  | 1,1           | 3,3             |             | 2,9           |
| B796                                 | +5,7       | 0,2     |       | 0,4   | 1,2        | 0,2       | 0,3     |                  |      | 17,6  | 1,3           | 0,8             |             | 0,4           |
| Min                                  | +5,6       | 0,02    | 0,13  | 0,07  | 0,3        | 0,2       | 0,3     | 0,4              | 0,2  | 0,4   | 0,4           | 0,3             | 0,5         | 0,4           |
| Max                                  | +6,4       | 0,3     | 0,63  | 0,4   | 3,6        | 1,4       | 1,9     | 1,8              | 1,3  | 17,6  | 2,7           | 3,5             | 3,4         | 4,5           |
| Mittel                               | +5,9       | 0,2     | 0,2   | 0,1   | 1,6        | 0,9       | 1,1     | 0,9              | 0,6  | 4,5   | 1,1           | 1,6             | 1,7         | 1,8           |

Tab. 1: Zusammenstellung der Schichtdicken



**Abb. 27: Zusammenstellung der Bodenprofile aller Kleinrammbohrungen und Altaufschlüsse**

### 3.2.2 Schichtenaufbau

Innerhalb und außerhalb der Fabrikgebäude mussten zunächst die vorhandenen Oberflächenbefestigungen bestehend aus Asphalt, Verbundpflaster und Pflastersteinen aufgekernt bzw. aufgenommen werden.

Unter den Oberflächenbefestigungen wurden heterogene **Auffüllungen** angetroffen, die vermutlich schon weitgehend im 19. Jh. zur Aufhöhung des Geländes aufgebracht wurden. Sie setzen sich aus teils schluffigen, teils humosen Sanden, mit anthropogenen Bestandteilen wie Schlacke-, Beton- und Ziegelresten zusammen. Entsprechende Auffüllungen sind auch unter dem Gebäude vorhanden. Die Auffüllungen weisen im nördlichen Grundstücksbereich Tiefen zwischen 0,6 m und 4,8 m unter OK Gelände (i.M. 2,0 muGOK) auf. Auf der Südseite, in Nähe des Osterbekkanals, reichen die Auffüllungen bis in Tiefen zwischen 1,6 m und 4,0 m (i.M. 2,8 muGOK). Entlang des Foyers weist der Auffüllungshorizont Tiefen zwischen 1,0 m und 3,7 m (i.M. 2,7 muGOK) auf.

Bereichsweise wurden unter den Auffüllungen verbliebene **Torfschichten** erkundet, die als teils anmoorig einzustufen sind und überwiegend zersetzt und sandig ausgeprägt sind. Die Torfe weisen Schichtdicken zwischen 0,2 m und 1,3 m (i.M. 0,6 m) auf.

Unter den Auffüllungen oder dem Torf wurden örtlich holozäne **Fein- und Mittelsande** angetroffen, die Dicken zwischen 0,4 m und 3,1 m (i.M. 1,3 m) aufweisen. Den Sanden sind örtlich Torfschichten eingelagert.

Die Sande werden von schwach bis stark bindigen pleistozänen Schichten unterlagert, die aus **Geschiebemergel**, der an seiner Oberfläche zu **Lehm** verwittert ist, und **Beckenschluffen** bzw. **Beckensanden** bestehen. Die Basis des bindigen Schichtenpakets mit Dicken von 2,3 m bis 5,9 m, i.M. 4,0 m liegt in Tiefen von 5,0 m bis 9,5 m, i.M. 7,3 muGOK (entspricht +1,0 mNHN bis -3,9 mNHN, i.M. -1,4 mNHN).

Das Liegende bilden pleistozäne **Fein- und Mittelsande**, die in den bis zu 25 m tief reichenden Aufschlüssen nur teilweise von Geschiebemergel abgelöst werden. Mit den schweren Rammsondierungen lässt

sich der Übergang zum unteren Geschiebemergel nicht zweifelsfrei feststellen. Im tiefen von 15,5 m bis 16,2 m (entspricht -9,6 mNHN bis -10,2 mNHN) ist aber ein signifikanter Anstieg der Schlagzahlen zu erkennen, der durch den Geschiebemergel hervorgerufen sein kann. Insofern empfehlen wir bis auf Weiteres den Schichtwechsel hier anzusetzen. Um der Übergang zu verifizieren, wären Bohrungen oder Spitzendrucksondierungen erforderlich, die aus Platzgründen zunächst nicht vorgesehen wurden, lokal aber nachgeholt werden könnten. Zur Optimierung der Pfahlgründung ist dies grundsätzlich zu empfehlen.

### 3.2.3 Lagerungsdichte / Konsistenz

#### Allgemeines

Zur Beurteilung der Lagerungsdichten können die Ergebnisse von Drucksondierungen (CPT) und schwere Rammsondierungen (CPT) in Relation zu den Bodenprofilen gebracht werden und sind neben den Bodenprofilen auf der Anlage 2 bis 6 eingetragen.

Von einer mitteldichten Lagerung der Sande ist nach den Empfehlungen des Arbeitskreises Pfähle (EA-Pfähle) bei Schlagzahlen der schweren Rammsonde von  $8 \leq N_{10} \leq 18$  auszugehen. Eine dichte Lagerung liegt bei Schlagzahlen von  $14 \leq N_{10} \leq 30$  vor. Unterhalb des Grundwasserspiegels sind die Lagerungsdichten bei gleichen Schlagzahlen ggf. geringfügig höher.

Gemäß EA-Pfähle Abschnitt 3.2 darf für den Zusammenhang zwischen dem Spitzenwiderstand der Drucksonde  $q_c$  (CPT) und der Schlagzahl je 10 cm Eindringung der schweren Rammsonde  $N_{10}$  (DPH) die Beziehung  $q_c$  (CPT)  $\approx N_{10}$  (DPH) angesetzt werden, sodass ein Wert von  $N_{10} = 15$  ungefähr einem Spitzenwiderstand der Drucksonde von  $q_c = 15 \text{ MN/m}^2$  entspricht.

## Ergebnisse

Die Auffüllungen weisen mit Spitzenwiderstände von  $q_c < 5 \text{ MN/m}^2$  oder bei Schlagzahlen von  $2 \leq N_{10} \leq 8$  bis ca. 3,0 m ggf. 4,0 m Tiefe weitgehend etwa nur lockere bis allenfalls mitteldichte auf.

Unter den Auffüllungen stehen die Beckenschluffe / Beckensande etwa mitteldichter bis dichter Lagerungsdichte (sofern stark sandig ausgeprägt) oder die Geschiebeböden mit bei Spitzenwiderstände von  $q_c < 5 \text{ MN/m}^2$  aber deutlich erhöhter Reibungsverhältnis an. Nach unserer Probenklassifizierung haben die Geschiebelehmeynlagerungen eine überwiegend weich/steife, örtlich entweder weiche oder steife, Konsistenz. Der Mergel und der Beckenschluff weisen eine steife Konsistenz auf.

Die gewachsenen Schmelzwassersande unter dem bindigen Schichtenpaket (in den Drucksondierungen ab etwa i.M. 7,3 m Tiefe) weisen Spitzenwiderstände von  $10 \text{ MN/m}^2 \leq q_c \leq 20 \text{ MN/m}^2$  auf und sind entsprechend als mindestens mitteldicht bis in Tiefen sehr dicht ( $q_c \geq 20 \text{ MN/m}^2$ ) gelagert anzusprechen.

Die Oberfläche des Geschiebemergels liegt nach der ausgeführten Drucksondierungen und den vorliegenden Altbohrungen zwischen in Tiefen von -9,3 mNHN bis -18,3 mNHN, i.M. -12,8 mNHN im Bereich des Foyers und von -21,5 mNHN bis -23,5 mNHN, i.M. -22,5 mNHN im südlichen Außenbereich des Hallenkomplexes. Der Geschiebemergel unter den Sanden ist nach den Schichtenverzeichnissen der Altbohrungen und unserer Erfahrungen mindestens steifer bis halbfester Konsistenz.

## Oberfläche des tragfähigen Bodens

Die Oberfläche des tragfähigen Baugrundes liegt nach den Kleinrammbohrungen in einer Tiefe von 3,3 m bis 4,8 m unter GOK

(+2,7 mNHN bis +1,1 mNHN). Dies stimmt auch mit den Ergebnissen der schweren Rammsondierung im Foyer überein, wobei Schlagzahlen von mehr als etwa 10 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe ab etwa 4,5 m unter GOK (max. +1,3 mNHN) erreicht wurden. Wir empfehlen für die Oberfläche des tragfähigen Baugrunds im Bereich des Foyers (K7) einheitlich +2,0 mNHN und im Gästehaus +1,5 mNHN anzusetzen. Ähnliche Erkenntnisse lassen sich aus den Drucksondierungsergebnissen ziehen. Die Oberfläche des tragfähigen Baugrundes ist vor uns in die Sondierdiagramme auf den Anlage 2 bis 6 eingetragen worden.

### 3.3 Wasserstände

Die auf dem Grundstück auftretenden Grundwasserstände werden von dem angrenzenden Osterbekkanal bestimmt, der mit der eingestauten Alster in Verbindung steht. Der Wasserspiegel der Alster liegt bei etwa +3,0 mNHN. Ungünstig können Binnenhochwasserstände bis etwa +3,6 mNHN auftreten, die umliegend der Alster und den angeschlossenen Kanälen dann auch einen Anstieg des Grundwassers zur Folge haben können. Die Grundwasserstände auf dem Grundstück entsprechen etwa denen im Osterbekkanal.

Die gemessenen, verfahrensbedingt nicht ausgespiegelten Wasserstände im Baufeld lagen im März 2023 zwischen +1,2 mNHN und +3,6 mNHN (i.M. +3,0 mNHN). In den Altaufschlüssen wurden Wasserstände zwischen +1,7 mNHN und +4,2 mNHN (i.M. +3,1 mNHN) angetroffen.

Über den bindigen Geschiebeböden können sich grundsätzlich niederschlags- und versiegelungsgradabhängige Stauwasserstände bilden, die örtlich, insbesondere über oberflächennahen Stauschichten ungünstig bis in die Nähe der Geländeoberfläche ansteigen können.

Wir empfehlen folgende Bemessungswasserstände in Ansatz zu bringen:

|                              |          |            |
|------------------------------|----------|------------|
| Grundwasser                  | BS-P     | +3,0 mNHN  |
|                              | BS-A     | +4,0 mNHN  |
| Stauwasser<br>(ohne Dränage) | GOK (ca. | +6,0 mNHN) |

### 3.4 Bodenkennwerte, Bodengruppen

Die in unserem bodenmechanischen Labor ermittelten natürlichen Wassergehalte der bindige Geschiebeböden, die in Relation zu der Konsistenz stehen, sind neben den Bodenprofilen eingetragen.

An ausgewählten Proben der Geschiebeböden, der Beckensedimente und der Sande wurden in unserem Labor mittels einer kombinierten Sieb-/Schlammanalyse, Trocken-/ oder Nasssiebung die Körnungslinien ermittelt (s. Anl. 7-9). Nach DIN 18196 handelt es sich bei dem Geschiebeböden um fein- bis gemischtkörnige Böden der Bodengruppe UL bis ST\*. Die teils stark feinsandigen Beckenschluffe sind der Bodengruppe UL zuzuordnen, wohingegen die schluffigen Beckensande der Bodengruppe SU-SU\* zugeordnet werden. Bei den Sandhorizonten unterhalb des Grundwassers handelt es sich zumeist um schwach feinsandig und grobsandig Mittelsande der Bodengruppe SE.

Die Durchlässigkeitsbeiwerte der bindigen Böden wurden auf Grundlage von empirischen Versuchen mit der Formel nach Mallet/Paquant bestimmt, für die nicht bindigen Böden nach Beyer. Gemäß der Analyse handelt es sich um durchlässige bis stark durchlässige Sande ( $1,0 \times 10^{-4} \text{ m/s} \leq k_f \leq 1,6 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ ) und schwach bis sehr schwach durchlässige Geschiebeböden und Beckensedimente ( $k_f \leq 1,3 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ ).

Die zur Beurteilung der Gründung erforderlichen Bodenkennwerte sind nach bekannten Versuchsergebnissen vergleichbarer Bodenarten festgelegt und in Tabelle 1 zusammengestellt worden.

| Bodenart                     | Raumgewicht                      |                                   | Scherfestigkeit  |                                | Steife-<br>modul                  | Boden-<br>gruppen<br><br>DIN 18196 |
|------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
|                              | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma'$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\phi'_k$<br>[°] | $c'_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $E_{s,k}$<br>[MN/m <sup>2</sup> ] |                                    |
| Auffüllungen <sup>1</sup>    |                                  |                                   |                  |                                |                                   |                                    |
| humose                       | 18                               | 10                                | 27,5-30          | 0                              | 5-30                              | [OH]                               |
| sandig                       | 18                               | 10                                | 30-35            | 0                              | 10-40                             | [SE, SU]                           |
| bindig                       | 20                               | 10                                | 25-30            | 0-10                           | 10-30                             | [UL, SU*, ST*]                     |
| Torf, s.                     | 12                               | 2                                 | 20               | 5                              | 1,0-2,0                           | HN, HZ                             |
| Sand, holozän                | 18                               | 10                                | 32,5             | 0                              | 20-40                             | SE, SU                             |
| Geschiebelehm <sup>2</sup>   |                                  |                                   |                  |                                |                                   | SU*, ST*, UL                       |
| weich                        | 20                               | 10                                | 25               | 5                              | 5-15                              |                                    |
| weich/steif                  | 20,5                             | 10,5                              | 27,5             | 5                              | 10-25                             |                                    |
| steif                        | 21                               | 11                                | 27,5             | 10                             | 25-30                             |                                    |
| Geschiebemergel <sup>2</sup> |                                  |                                   |                  |                                |                                   | SU*, ST*, UL                       |
| weich/steif                  | 21                               | 11                                | 27,5             | 5                              | 30                                |                                    |
| steif                        | 21                               | 11                                | 30               | 10                             | ≥40                               |                                    |
| Beckenschluff                |                                  |                                   |                  |                                |                                   | SU*, UL-UM                         |
| weich/steif                  | 20                               | 10                                | 25               | 10                             | 25-30                             |                                    |
| steif                        | 21                               | 11                                | 25-30            | 10                             | 30-35                             |                                    |
| Beckensand                   | 19                               | 11                                | 30-35            | 0-5                            | 30-50                             | SU, SU*                            |
| Sand, pleistozän             | 19                               | 11                                | 35-40            | 0                              | 60-100                            | SE-SW                              |

<sup>1</sup> Bauschuttresten können auftreten

<sup>2</sup> Steine, Gerölle, Findlinge können auftreten

**Tab. 2: Bodenkennwerte, Bodengruppen**

## 4. Chemische Untersuchungen

### 4.1 Allgemeines

Aufgrund der geplanten Erdarbeiten sind, zur Überprüfung der Schadstoffgehalte und zur Bestimmung der Wiederverwendbarkeit der Böden, an den entnommenen Bodenproben orientierende chemische Untersuchungen nach den Technischen Regeln der LAGA<sup>1</sup> durchgeführt worden. Für eine Deponierung von Böden mit LAGA-Zuordnungswerten  $\geq Z\ 1.2$  werden ergänzende Analysen nach der Deponieverordnung (DepV)<sup>2</sup> er-

<sup>1</sup> Länderarbeitsgemeinschaft Abfall - Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen, Stand: Teil 1 11/2003, Teile 2 und 3 11/2004

<sup>2</sup> Deponieverordnung (DepV), Stand : 27.04.2009 (zuletzt geändert am 20.07.2011)

forderlich. Diese wurden an den Mischproben der humosen und bauschutthaltigen Auffüllungen sowie an den bindigen Auffüllungen mit vorgenommen.

#### **4.2 Sensorische Probenbewertung**

Die Probenentnahme erfolgte am 20.03. bis 24.03.2023 im Zuge der Baugrundaufschlussarbeiten durch die Rösch Baugrunduntersuchungen GmbH. Vor Ort sind die horizontalisiert und schichtgerecht entnommenen Bodenproben in 370 ml Drahtbügelgläsern luftdicht verpackt und unserem Büro zur Bearbeitung übergeben worden. Die entnommenen Einzelproben wurden in unserem Labor hinsichtlich ggf. vorhandener Verunreinigungen sensorisch überprüft. Es ergab sich, bis auf Bauschuttreste in den Auffüllungen, kein besonderer spezifischer Verdacht auf bestimmte Schadstoffe. Die gewachsenen Böden wiesen keine wahrnehmbaren Verunreinigungen auf.

#### **4.3 Zusammenstellung der Mischproben**

Aus den entnommenen Einzelproben sind in unserem Labor acht abfallspezifische Mischproben zusammengestellt worden. Für die chemischen Analysen wurden im südlichen Bereich des Verwaltungsgebäudes (Neubau Gästehaus) die Proben MP 1 aus den aufgefüllten relativ reinen Sanden, MP 2 aus den bauschutthaltigen Auffüllungen sowie die Mischprobe MP 3 aus den sandigen, teils schluffigen Auffüllungen der KRB 3 und KRB 4 zusammengesetzt (s. Tab. 3).

Im Bereich der Überbauung (K7 entlang des Foyers) wurde von den Kleinrammbohrungen KRB 9, KRB 10 und KRB 11 im Ost-/Zentralfoyer die Mischprobe MP 4 aus den oberen bauschutthaltigen Auffüllungen und die Mischprobe MP 5 aus den unteren sandig, teils schluffig und weniger bauschutthaltigen Auffüllungen zusammengestellt. Im

Westfoyer setzt sich die Mischprobe MP 6 aus den oberen Sandauffüllungen der KRB 12 und KRB 13 zusammen, die Mischprobe MP 7 aus den mittleren bauschutthaltigen Auffüllungen und die Mischprobe MP 8 aus den unteren Sanden.

| Mischprobe                                             | Aufschluss                | Tiefe [m]                                 | Bereich                |
|--------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------|------------------------|
| MP 1<br>Sandauffüllungen                               | KRB 4                     | 0,00 - 0,40                               | Gästehaus              |
| MP 2<br>Auffüllungen,<br>bauschutthaltig               | KRB 3<br>KRB 4            | 0,00 - 1,30<br>0,40 - 1,50                |                        |
| MP 3<br>Auffüllungen, schluffig                        | KRB 3<br>KRB 4            | 1,30 - 3,90<br>1,50 - 3,80                |                        |
| MP 4<br>obere Auffüllungen,<br>bauschutthaltig         | KRB 9<br>KRB 10<br>KRB 11 | 0,24 - 1,60<br>0,38 - 1,50<br>0,24 - 1,60 |                        |
| MP 5<br>untere Auffüllungen,<br>sandig/bauschutthaltig | KRB 9<br>KRB 10<br>KRB 11 | 1,60 - 3,70<br>1,50 - 2,80<br>1,60 - 2,50 |                        |
| MP 6<br>Sandauffüllungen                               | KRB 12<br>KRB 13          | 0,21 - 0,90<br>0,20 - 0,60                | Überbauung<br>Foyer K7 |
| MP 7<br>Auffüllungen,<br>bauschutthaltig               | KRB 12<br>KRB 13          | 0,90 - 1,60<br>0,60 - 1,00                |                        |
| MP 8<br>Sand                                           | KRB 12<br>KRB 13          | 1,60 - 2,70<br>1,00 - 2,60                |                        |

**Tab. 3: Zusammenstellung der Mischproben MP 1 bis MP 8**

#### 4.4 Bewertungskriterien

Für die Beurteilung der weiteren Verwendung der Aushubmaterialien liegen von der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (kurz: **LAGA**) Technische Regeln bezüglich der 'Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen' vor. In diesen Regeln sind definierte Zuordnungswerte für den möglichen Wiedereinbau von mineralischen Reststoffen bzw. seine Endablagerung in autorisierten Deponien aufgeführt. Die in der LAGA angegebenen Zuordnungswerte für verschiedene Einbauklassen bzw. zur Ablagerung in Deponien werden nachstehend erläutert:

- Bodenaushub mit einem **Zuordnungswert Z 0** kann uneingeschränkt eingebaut werden.

- Böden mit einem **Zuordnungswert Z 1.1** dürfen bautechnisch, aber nicht im Landschaftsbau verwendet werden.
- Für Böden mit **Zuordnungswerten Z 1.2 bis Z 2** sind Einschränkungen beim Einbau zu beachten.
- Böden mit **Zuordnungswerten > Z 2** müssen gereinigt oder auf zugelassene Deponien verbracht werden.

## Erläuterung zur LAGA

Für die **Verwertung** in technischen Bauwerken sind für Böden mit Bauschuttbeimengungen von  $\leq 10$  Vol.-% die Regelungen der LAGA-Boden mit Stand von 11/2003 (Teil 1) bzw. 11/2004 (Teile 2+3) heranzuziehen. Für Böden mit Bauschuttanteilen von  $> 10$  Vol.-% und für Bauschutt, der auch aufbereitet sein kann, ist die LAGA-Bauschutt mit Stand von 11/1997 heranzuziehen. Sollen bauschuttdurchsetzte Böden auf eine Deponie verbracht werden (**Entsorgung**), sind i.d.R. die Zuordnungswerte der LAGA-Boden für die Beurteilung der Schadstoffklassen heranzuziehen, unabhängig vom Bauschuttanteil. Lediglich reiner Bauschutt sowie aufbereiteter Bauschutt (RC-Material wie Ziegelmineralgemisch / ZMG oder Betonmineralgemisch / BMG) werden auch bei einer Abfuhr nach LAGA-Bauschutt bewertet.

## DepV

Die Deponierung von Aushubboden ist gemäß der 'Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV)' der Bundesregierung und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit festzulegen. In dieser Verordnung (Ausfertigungsdatum 27.04.2009, letzter Stand 27.09.2017) sind definierte Regeln u.a. für die Behandlung von Abfällen zum Zwecke der Ablagerung und des Einsatzes als Deponieersatzbaustoff sowie die Ablagerung von Abfällen auf Deponien und in Langzeitlagern aufgeführt. Die in der DepV angegebenen Deponieklassen orientieren sich an den

Analysenergebnissen nach einem definierten Parameterumfang (überwiegend Eluat). Die den jeweiligen Deponieklassen zugeordneten Böden können jedoch nicht immer auf einer entsprechenden Deponie abgelagert werden, da gegebenenfalls auch weitere Schadstoffparameter berücksichtigt werden müssen. Jede Deponie hat zusätzlich eigene Annahmekriterien (Schadstoffgrenzwerte für die unterschiedlichen Parameter), die im Einzelfall zu prüfen sind.

#### 4.5 Chemische Analytik

Zur Überprüfung der Schadstoffgehalte sind die Proben der Gesellschaft für Bioanalytik mbH (GBA) übergeben worden, die eine akkreditierte Untersuchungsstelle für u.a. Boden, Bauschutt und Wasser ist.

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen sind den Tabellen 4 bis 7 sowie dem im Anhang beiliegenden Prüfbericht der GBA zu entnehmen.

#### 4.6 Bewertung

##### 4.6.1 Gästehaus

Die aufgefüllten Sande der Mischprobe **MP 1** weisen keine nennenswerten Verunreinigungen auf und könnten aus chemischen Gesichtspunkten ohne Einschränkung weiter verwendet werden (**Z 0**).

Die bauschutthaltigen **Auffüllungen** der Mischprobe **MP 2** weisen erhöhte Gehalte der Parameter Benzo[a]pyren, Arsen, Cadmium, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink auf. Maßgebend für die Deklaration sind der PAK-Wert (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) und die Gehalte der Parameter TOC (gesamter organischer Kohlen-

## Chemische Analyse von Bodenproben

Gem. Techn. Regeln LAGA : "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen." Stand : 05.11.2004

### Projekt :

### Kampnagel - Gästehaus

| Probe Nr.                       | MP 1            | MP 2                 | MP 3                   |
|---------------------------------|-----------------|----------------------|------------------------|
| Bodenart:                       | Sand (A)        | Auffüllung (bausch.) | Auffüllung (schluffig) |
| Entnahmestelle / Aufschluss-Nr: | s. Tab. 3       | s. Tab. 3            | s. Tab. 3              |
| Datum Probenentnahme:           | 20.03.2023      | 20.03.2023           | 20.03.2023             |
| Prüfbericht Nr.:                | 2023P509784 / 1 | 2023P509784 / 1      | 2023P509784 / 1        |
| Labor-Auftrag:                  | 23506549        | 23506549             | 23506549               |
| Labor-Probe:                    | 1               | 2                    | 3                      |

| ORIGINALSUBSTANZ           |         |        |   |   |         |   |    |       |         |
|----------------------------|---------|--------|---|---|---------|---|----|-------|---------|
| TOC                        | Masse-% | <0,050 | Z | 0 | 6,8     | Z | >2 | 0,68  | Z 1(Z0) |
| EOX                        | mg/kg   | <1,0   | Z | 0 | <1,0    | Z | 0  | <1,0  | Z 0     |
| Mineralöl - KW             |         |        |   |   |         |   |    |       |         |
| - Gesamtgehalt C10 bis C40 | mg/kg   | <100   | Z | 0 | <100    | Z | 0  | <100  | Z 0     |
| - mobiler Anteil bis C22   | mg/kg   | <50    | Z | 0 | <50     | Z | 0  | <50   | Z 0     |
| Cyanid ges.                | mg/kg   | <1,0   | Z | 0 | <1,0    | Z | 0  | <1,0  | Z 0     |
| Summe BTEX                 | mg/kg   | <1,0   | Z | 0 | <1,0    | Z | 0  | <1,0  | Z 0     |
| Summe LHKW                 | mg/kg   | <1,0   | Z | 0 | <1,0    | Z | 0  | <1,0  | Z 0     |
| Summe PCB <sub>6</sub>     | mg/kg   | 0,0237 | Z | 0 | 0,00390 | Z | 0  | n.n.  | Z 0     |
| Summe PAK <sub>16</sub>    | mg/kg   | 0,05   | Z | 0 | 34,3    | Z | >2 | 1,17  | Z 0     |
| Benzo[a]pyren              | mg/kg   | <0,050 | Z | 0 | 2,6     | Z | 2  | 0,11  | Z 0     |
| Arsen                      | mg/kg   | 3,9    | Z | 0 | 24      | Z | 1  | 5,1   | Z 0     |
| Blei                       | mg/kg   | 31     | Z | 0 | 999     | Z | >2 | 24    | Z 0     |
| Cadmium                    | mg/kg   | 0,17   | Z | 0 | 2,7     | Z | 1  | 0,15  | Z 0     |
| Chrom. ges.                | mg/kg   | 5,8    | Z | 0 | 19      | Z | 0  | 11    | Z 0     |
| Kupfer                     | mg/kg   | 13     | Z | 0 | 378     | Z | 2  | 18    | Z 0     |
| Nickel                     | mg/kg   | 9,6    | Z | 0 | 29      | Z | 1  | 8,8   | Z 0     |
| Thallium                   | mg/kg   | <0,30  | Z | 0 | <0,30   | Z | 0  | <0,30 | Z 0     |
| Quecksilber                | mg/kg   | <0,10  | Z | 0 | 0,61    | Z | 1  | <0,10 | Z 0     |
| Zink                       | mg/kg   | 37     | Z | 0 | 323     | Z | 1  | 41    | Z 0     |

| ELUAT (100 g Probe / l) |       |       |   |   |       |   |   |       |     |
|-------------------------|-------|-------|---|---|-------|---|---|-------|-----|
| pH - Wert               | -     | 8,9   | Z | 0 | 8,6   | Z | 0 | 7,7   | Z 0 |
| Leitfähigkeit           | µS/cm | 47    | Z | 0 | 93    | Z | 0 | 193   | Z 0 |
| Chlorid                 | mg/l  | <0,60 | Z | 0 | 1,5   | Z | 0 | 3,4   | Z 0 |
| Sulfat                  | mg/l  | 2,8   | Z | 0 | 14    | Z | 0 | 58    | Z 2 |
| Cyanid ges.             | µg/l  | <5,0  | Z | 0 | <5,0  | Z | 0 | <5,0  | Z 0 |
| Arsen                   | µg/l  | 1,2   | Z | 0 | 5,3   | Z | 0 | 0,53  | Z 0 |
| Blei                    | µg/l  | <1,0  | Z | 0 | 5,3   | Z | 0 | <1,0  | Z 0 |
| Cadmium                 | µg/l  | <0,30 | Z | 0 | <0,30 | Z | 0 | <0,30 | Z 0 |
| Chrom. gesamt           | µg/l  | <1,0  | Z | 0 | <1,0  | Z | 0 | <1,0  | Z 0 |
| Kupfer                  | µg/l  | <1,0  | Z | 0 | 4,9   | Z | 0 | <1,0  | Z 0 |
| Nickel                  | µg/l  | <1,0  | Z | 0 | <1,0  | Z | 0 | <1,0  | Z 0 |
| Quecksilber             | µg/l  | <0,20 | Z | 0 | <0,20 | Z | 0 | <0,20 | Z 0 |
| Zink                    | µg/l  | <10   | Z | 0 | <10   | Z | 0 | <10   | Z 0 |
| Phenolindex             | µg/l  | <5,0  | Z | 0 | <5,0  | Z | 0 | <5,0  | Z 0 |

Zuordnung der Probe :

Z 0

> Z 2

Z 2

### Einbaumöglichkeiten des Bodens entsprechend den Zuordnungswerten

Z 0

Uneingeschränkter Einbau möglich. Werte entsprechen natürlichem Boden.

Z 1 / Z 1.1

Einbau auch in hydrogeologisch ungünstigen Gebieten ohne Grundwasserbeeinträchtigung möglich.

Z 1.2

Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten unter Einschränkungen möglich.

Z 2

Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen möglich.

> Z 2

Einbau nur in Deponien zulässig.

Tab. 4: Ergebnisse chemischer Analysen (MP 1 – MP 3, LAGA)

## Chemische Analyse von Bodenproben

Gem. Techn. Regeln LAGA : "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen." Stand : 05.11.2004

Projekt :

Kampnagel - Fabrikgebäude (Foyer)

|                                 | Ost-/ Zentralfoyer                    |                               | Westfoyer       |                                      |                 |
|---------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------------------|-----------------|
| Probe Nr.                       | MP 4                                  | MP 5                          | MP 6            | MP 7                                 | MP 8            |
| Bodenart:                       | o. Auffüllungen<br>(bauschutthalzig.) | u. Auffüllungen<br>(gemischt) | o. Sande (A)    | m. Auffüllungen<br>(bauschutthalzig) | u. Sande        |
| Entnahmestelle / Aufschluss-Nr: | s. Tab. 3                             | s. Tab. 3                     | s. Tab. 3       | s. Tab. 3                            | s. Tab. 3       |
| Datum Probenentnahme:           | 20.03.2023                            | 20.03.2023                    | 20.03.2023      | 20.03.2023                           | 20.03.2023      |
| Prüfbericht Nr.:                | 2023P509784 / 1                       | 2023P509784 / 1               | 2023P509784 / 1 | 2023P509784 / 1                      | 2023P509784 / 1 |
| Labor-Auftrag:                  | 23506549                              | 23506549                      | 23506549        | 23506549                             | 23506549        |
| Labor-Probe:                    | 4                                     | 5                             | 6               | 7                                    | 8               |

| ORIGINALSUBSTANZ           |         |       |      |       |     |        |     |       |      |        |     |
|----------------------------|---------|-------|------|-------|-----|--------|-----|-------|------|--------|-----|
| TOC                        | Masse-% | 4,0   | Z 2  | 1,5   | Z 1 | <0,050 | Z 0 | 4,8   | Z 2  | <0,050 | Z 0 |
| EOX                        | mg/kg   | <1,0  | Z 0  | <1,0  | Z 0 | <1,0   | Z 0 | <1,0  | Z 0  | <1,0   | Z 0 |
| Mineralöl - KW             |         |       |      |       |     |        |     |       |      |        |     |
| - Gesamtgehalt C10 bis C40 | mg/kg   | <100  | Z 0  | <100  | Z 0 | <100   | Z 0 | <100  | Z 0  | <100   | Z 0 |
| - mobiler Anteil bis C22   | mg/kg   | <50   | Z 0  | <50   | Z 0 | <50    | Z 0 | <50   | Z 0  | <50    | Z 0 |
| Cyanid ges.                | mg/kg   | <1,0  | Z 0  | <1,0  | Z 0 | <1,0   | Z 0 | <1,0  | Z 0  | <1,0   | Z 0 |
| Summe BTEX                 | mg/kg   | <1,0  | Z 0  | <1,0  | Z 0 | <1,0   | Z 0 | <1,0  | Z 0  | <1,0   | Z 0 |
| Summe LHKW                 | mg/kg   | <1,0  | Z 0  | <1,0  | Z 0 | <1,0   | Z 0 | <1,0  | Z 0  | <1,0   | Z 0 |
| Summe PCB <sub>6</sub>     | mg/kg   | n.n.  | Z 0  | n.n.  | Z 0 | n.n.   | Z 0 | n.n.  | Z 0  | n.n.   | Z 0 |
| Summe PAK <sub>16</sub>    | mg/kg   | 20,9  | Z 2  | 0,969 | Z 0 | n.n.   | Z 0 | 50,2  | Z >2 | 0,119  | Z 0 |
| Benzo[a]pyren              | mg/kg   | 1,8   | Z 2  | 0,087 | Z 0 | <0,050 | Z 0 | 3,3   | Z >2 | <0,050 | Z 0 |
| Arsen                      | mg/kg   | 21    | Z 1  | 7,9   | Z 0 | 3,4    | Z 0 | 26    | Z 1  | 2,2    | Z 0 |
| Blei                       | mg/kg   | 3470  | Z >2 | 114   | Z 1 | 9,5    | Z 0 | 514   | Z 2  | 10     | Z 0 |
| Cadmium                    | mg/kg   | 0,47  | Z 1  | 0,30  | Z 0 | <0,10  | Z 0 | 0,24  | Z 0  | <0,10  | Z 0 |
| Chrom, ges.                | mg/kg   | 13    | Z 0  | 8,2   | Z 0 | 4,3    | Z 0 | 11    | Z 0  | 3,9    | Z 0 |
| Kupfer                     | mg/kg   | 484   | Z >2 | 22    | Z 1 | 5,2    | Z 0 | 139   | Z 2  | 5,0    | Z 0 |
| Nickel                     | mg/kg   | 27    | Z 1  | 6,8   | Z 0 | 2,7    | Z 0 | 17    | Z 1  | 4,0    | Z 0 |
| Thallium                   | mg/kg   | <0,30 | Z 0  | <0,30 | Z 0 | <0,30  | Z 0 | <0,30 | Z 0  | <0,30  | Z 0 |
| Quecksilber                | mg/kg   | 0,21  | Z 1  | <0,10 | Z 0 | <0,10  | Z 0 | 0,22  | Z 1  | <0,10  | Z 0 |
| Zink                       | mg/kg   | 556   | Z 2  | 265   | Z 1 | 16     | Z 0 | 185   | Z 1  | 18     | Z 0 |

| ELUAT (100 g Probe / l) |       |       |       |       |     |       |     |       |       |       |     |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|-----|-------|-------|-------|-----|
| pH - Wert               | -     | 7,9   | Z 0   | 7,5   | Z 0 | 7,6   | Z 0 | 7,4   | Z 0   | 7,5   | Z 0 |
| Leitfähigkeit           | µS/cm | 417   | Z 1.2 | 246   | Z 0 | 56    | Z 0 | 1050  | Z 1.2 | 44    | Z 0 |
| Chlorid                 | mg/l  | 1,8   | Z 0   | 1,2   | Z 0 | <0,60 | Z 0 | 0,8   | Z 0   | <0,60 | Z 0 |
| Sulfat                  | mg/l  | 150   | Z 2   | 77    | Z 2 | 9,7   | Z 0 | 574   | Z >2  | 11    | Z 0 |
| Cyanid ges.             | µg/l  | <5,0  | Z 0   | <5,0  | Z 0 | <5,0  | Z 0 | <5,0  | Z 0   | <5,0  | Z 0 |
| Arsen                   | µg/l  | 1,9   | Z 0   | 6,1   | Z 0 | 0,77  | Z 0 | 4,1   | Z 0   | <0,50 | Z 0 |
| Blei                    | µg/l  | 20    | Z 0   | 17    | Z 0 | <1,0  | Z 0 | 10    | Z 0   | <1,0  | Z 0 |
| Cadmium                 | µg/l  | <0,30 | Z 0   | <0,30 | Z 0 | <0,30 | Z 0 | <0,30 | Z 0   | <0,30 | Z 0 |
| Chrom, gesamt           | µg/l  | <1,0  | Z 0   | 3,3   | Z 0 | <1,0  | Z 0 | <1,0  | Z 0   | <1,0  | Z 0 |
| Kupfer                  | µg/l  | 9,4   | Z 0   | 5,5   | Z 0 | <1,0  | Z 0 | 5,6   | Z 0   | <1,0  | Z 0 |
| Nickel                  | µg/l  | <1,0  | Z 0   | 3,1   | Z 0 | <1,0  | Z 0 | <1,0  | Z 0   | <1,0  | Z 0 |
| Quecksilber             | µg/l  | <0,20 | Z 0   | <0,20 | Z 0 | <0,20 | Z 0 | <0,20 | Z 0   | <0,20 | Z 0 |
| Zink                    | µg/l  | 12    | Z 0   | 74    | Z 0 | <10   | Z 0 | <10   | Z 0   | <10   | Z 0 |
| Phenolindex             | µg/l  | <5,0  | Z 0   | <5,0  | Z 0 | <5,0  | Z 0 | <5,0  | Z 0   | <5,0  | Z 0 |

Zuordnung der Probe :

&gt; Z 2

Z 2

Z 0

&gt; Z 2

Z 0

### Einbaumöglichkeiten des Bodens entsprechend den Zuordnungswerten

|                    |                                                                                               |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Z 0</b>         | Uneingeschränkter Einbau möglich. Werte entsprechen natürlichem Boden.                        |
| <b>Z 1 / Z 1.1</b> | Einbau auch in hydrogeologisch ungünstigen Gebieten ohne Grundwasserbeeinträchtigung möglich. |
| <b>Z 1.2</b>       | Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten unter Einschränkungen möglich.                   |
| <b>Z 2</b>         | Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen möglich.               |
| <b>&gt; Z 2</b>    | Einbau nur in Deponien zulässig.                                                              |

**Tab. 5: Ergebnisse chemischer Analysen (MP 4 – MP 8, LAGA)**

## Chemische Analyse von Bodenproben

Gemäß Deponieverordnung (DepV), Stand : 27.04.2009 (zuletzt geändert am 09.07.2021)  
sowie Abfallwirtschaftsplan Hamburg und Schleswig-Holstein, Stand 18.03.2020

### Projekt :

### Kampnagel - Gästehaus

| Probe Nr.                        | MP 2                         | MP 3                   |
|----------------------------------|------------------------------|------------------------|
| Bodenart:                        | Auffüllung (bauschutthaltig) | Auffüllung (schluffig) |
| Entnahmestelle / Aufschluss-Nr.: | s. Tab. 3                    | s. Tab. 3              |
| Datum Probenentnahme:            | 20.03.2023                   | 20.03.2023             |
| Prüfbericht-Nr.                  | 2023P509784 / 1              | 2023P509784 / 1        |
| Labor-Auftrag:                   | 23506549                     | 23506549               |
| Labor-Probe:                     | 2                            | 3                      |

### ORIGINALSUBSTANZ

|                                |                      |         |    |     |       |      |
|--------------------------------|----------------------|---------|----|-----|-------|------|
| Organischer Anteil (TS) als: * |                      |         |    |     |       |      |
| Glühverlust                    | Masse-%              | 6,0     | DK | II  | 2,8   | DK 0 |
| TOC                            | Masse-%              | 6,8     | DK | III | 0,68  | DK 0 |
| Summe BTEX                     | mg/kg                | <1,0    | DK | 0   | <1,0  | DK 0 |
| Summe PCB                      | mg/kg                | 0,00390 | DK | 0   | n.n.  | DK 0 |
| Mineralölkohlenwasserstoffe    | mg/kg                | <100    | DK | 0   | <100  | DK 0 |
| Summe PAK nach EPA             | mg/kg                | 34,3    | DK | I   | 1,17  | DK 0 |
| Säureneutralisationskapazität  | mmol/kg              | 747     |    | 0   | 188   |      |
| Extrahierb. Lipophile Stoffe   | Masse-%              | <0,010  | DK | 0   | 0,014 | DK 0 |
| Atmungsaktivität (AT4)         | mg O <sub>2</sub> /g | <1,0    |    |     | --    |      |
| Brennwert Ho (w f)             | kJ/kg                | 2100    |    |     | --    |      |

### ELUAT (100 g Probe / l)

|                                |      |          |    |   |          |      |
|--------------------------------|------|----------|----|---|----------|------|
| pH - Wert                      | -    | 8,6      | DK | 0 | 7,7      | DK 0 |
| DOC                            | mg/l | <1,0     | DK | 0 | 1        | DK 0 |
| Phenole                        | mg/l | <0,005   | DK | 0 | <0,005   | DK 0 |
| Arsen                          | mg/l | 0,0053   | DK | 0 | 0,00053  | DK 0 |
| Blei                           | mg/l | 0,0053   | DK | 0 | <0,0010  | DK 0 |
| Cadmium                        | mg/l | <0,00030 | DK | 0 | <0,00030 | DK 0 |
| Kupfer                         | mg/l | 0,0049   | DK | 0 | <0,0010  | DK 0 |
| Nickel                         | mg/l | <0,0010  | DK | 0 | <0,0010  | DK 0 |
| Quecksilber                    | mg/l | <0,00020 | DK | 0 | <0,00020 | DK 0 |
| Zink                           | mg/l | <0,010   | DK | 0 | <0,010   | DK 0 |
| Chlorid **                     | mg/l | 1,5      | DK | 0 | 3,4      | DK 0 |
| Sulfat **                      | mg/l | 14       | DK | 0 | 58       | DK 0 |
| Cyanide, leicht freisetzbar    | mg/l | <0,010   | DK | 0 | <0,010   | DK 0 |
| Fluorid                        | mg/l | 0,22     | DK | 0 | <0,15    | DK 0 |
| Barium                         | mg/l | 0,067    | DK | 0 | 0,034    | DK 0 |
| Chrom, gesamt                  | mg/l | <0,0010  | DK | 0 | <0,0010  | DK 0 |
| Molybdän                       | mg/l | 0,0026   | DK | 0 | <0,0010  | DK 0 |
| Antimon                        | mg/l | 0,011    | DK | I | <0,0010  | DK 0 |
| Antimon - C <sub>0</sub> -Wert | mg/l | --       |    | 0 | --       |      |
| Selen                          | mg/l | <0,0020  | DK | 0 | <0,0020  | DK 0 |
| Gesamtgehalt an gel. Stoffen   | mg/l | <100     | DK | 0 | 190      | DK 0 |

### Zuordnung der Probe :

≤ DK II

DK 0

### Einbaumöglichkeiten des Bodens entsprechend den Zuordnungswerten

\* Für die Bewertung der org. Substanz können Glühverlust und TOC als gleichwertig betrachtet werden. Der günstigere Wert ist maßgeblich.

\*\* Die Parameter Chlorid und Sulfat können gleichwertig zum Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen angewandt werden. Der günstigere Wert ist maßgeblich.

|         |                                                             |                                   |
|---------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| DK 0    | Einbau in Deponien der Klasse 0                             | Atmungsaktivität/Brennwert        |
| DK I    | Einbau in Deponien der Klasse I                             | TOC darf unberücks. bleiben       |
| DK II   | Einbau in Deponien der Klasse II                            | TOC darf nicht unberücks. bleiben |
| DK III  | Einbau in Deponien der Klasse III                           |                                   |
| >DK III | Einzelfallentscheidung zur Art der Deponierung erforderlich |                                   |

Tab. 6: Ergebnisse chemischer Analysen (MP 2, MP 3, DepV)

## Chemische Analyse von Bodenproben

Gemäß Deponieverordnung (DepV), Stand : 27.04.2009 (zuletzt geändert am 09.07.2021)  
sowie Abfallwirtschaftsplan Hamburg und Schleswig-Holstein, Stand 18.03.2020

### Projekt :

### Kampnagel - Fabrikgebäude (Foyer)

|                                  | Ost-/ Zentralfoyer                 |                             | Westfoyer                          |
|----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Probe Nr.                        | MP 4                               | MP 5                        | MP 7                               |
| Bodenart:                        | o. Auffüllung<br>(bauschutthaltig) | u. Auffüllung<br>(gemischt) | m. Auffüllung<br>(bauschutthaltig) |
| Entnahmestelle / Aufschluss-Nr.: | s. Tab. 3                          | s. Tab. 3                   | s. Tab. 3                          |
| Datum Probenentnahme:            | 20.03.2023                         | 20.03.2023                  | 20.03.2023                         |
| Prüfbericht-Nr.                  | 2023P509784 / 1                    | 2023P509784 / 1             | 2023P509784 / 1                    |
| Labor-Auftrag:                   | 23506549                           | 23506549                    | 23506549                           |
| Labor-Probe:                     | 4                                  | 5                           | 7                                  |

### ORIGINALSUBSTANZ

Organischer Anteil (TS) als: \*

|                               |         |        |    |    |        |    |   |       |    |    |
|-------------------------------|---------|--------|----|----|--------|----|---|-------|----|----|
| Glühverlust                   | Masse-% | 4,2    | DK | II | 1,7    | DK | 0 | 4,5   | DK | II |
| TOC                           | Masse-% | 4,0    | DK | II | 1,5    | DK | I | 4,8   | DK | II |
| Summe BTEX                    | mg/kg   | <1,0   | DK | 0  | <1,0   | DK | 0 | <1,0  | DK | 0  |
| Summe PCB                     | mg/kg   | n.n.   | DK | 0  | n.n.   | DK | 0 | n.n.  | DK | 0  |
| Mineralölkohlenwasserstoffe   | mg/kg   | <100   | DK | 0  | <100   | DK | 0 | <100  | DK | 0  |
| Summe PAK nach EPA            | mg/kg   | 20,9   | DK | 0  | 0,969  | DK | 0 | 50,2  | DK | I  |
| Säureneutralisationskapazität | mmol/kg | 411    |    |    | 158    |    |   | 284   |    |    |
| Extrahierb. Lipophile Stoffe  | Masse-% | <0,010 | DK | 0  | <0,010 | DK | 0 | 0,012 | DK | 0  |
| Atmungsaktivität (AT4)        | mg O2/g | --     |    |    | --     |    |   | --    |    |    |
| Brennwert Ho (w f)            | kJ/kg   | --     |    |    | --     |    |   | --    |    |    |

### ELUAT (100 g Probe / l)

|                                |      |          |    |   |          |    |   |          |    |   |
|--------------------------------|------|----------|----|---|----------|----|---|----------|----|---|
| pH - Wert                      | -    | 7,9      | DK | 0 | 7,5      | DK | 0 | 7,4      | DK | 0 |
| DOC                            | mg/l | 2,1      | DK | 0 | 3,6      | DK | 0 | 2,5      | DK | 0 |
| Phenole                        | mg/l | <0,005   | DK | 0 | <0,005   | DK | 0 | <0,005   | DK | 0 |
| Arsen                          | mg/l | 0,0019   | DK | 0 | 0,0061   | DK | 0 | 0,0041   | DK | 0 |
| Blei                           | mg/l | 0,0020   | DK | 0 | 0,0017   | DK | 0 | 0,0010   | DK | 0 |
| Cadmium                        | mg/l | <0,00030 | DK | 0 | <0,00030 | DK | 0 | <0,00030 | DK | 0 |
| Kupfer                         | mg/l | 0,0094   | DK | 0 | 0,0055   | DK | 0 | 0,0056   | DK | 0 |
| Nickel                         | mg/l | <0,0010  | DK | 0 | 0,0031   | DK | 0 | <0,0010  | DK | 0 |
| Quecksilber                    | mg/l | <0,00020 | DK | 0 | <0,00020 | DK | 0 | <0,00020 | DK | 0 |
| Zink                           | mg/l | 0,0012   | DK | 0 | 0,0074   | DK | 0 | <0,010   | DK | 0 |
| Chlorid **                     | mg/l | 1,8      | DK | 0 | 1,2      | DK | 0 | 0,80     | DK | 0 |
| Sulfat **                      | mg/l | 150      | DK | I | 77       | DK | 0 | 574      | DK | I |
| Cyanide, leicht freisetzbar    | mg/l | <0,010   | DK | 0 | <0,010   | DK | 0 | <0,010   | DK | 0 |
| Fluorid                        | mg/l | 0,24     | DK | 0 | 0,21     | DK | 0 | 0,33     | DK | 0 |
| Barium                         | mg/l | 0,040    | DK | 0 | 0,033    | DK | 0 | 0,073    | DK | 0 |
| Chrom, gesamt                  | mg/l | <0,0010  | DK | 0 | 0,0033   | DK | 0 | <0,0010  | DK | 0 |
| Molybdän                       | mg/l | 0,0025   | DK | 0 | 0,0012   | DK | 0 | 0,0044   | DK | 0 |
| Antimon                        | mg/l | 0,0084   | DK | I | 0,0027   | DK | 0 | 0,0045   | DK | 0 |
| Antimon - C <sub>0</sub> -Wert | mg/l | --       |    |   | --       |    |   | --       |    | 0 |
| Selen                          | mg/l | <0,0020  | DK | 0 | <0,0020  | DK | 0 | <0,0020  | DK | 0 |
| Gesamtgehalt an gel. Stoffen   | mg/l | 328      | DK | 0 | 205      | DK | 0 | 862      | DK | I |

Zuordnung der Probe :

DK II

DK 0

DK II

### Einbaumöglichkeiten des Bodens entsprechend den Zuordnungswerten

\* Für die Bewertung der org. Substanz können Glühverlust und TOC als gleichwertig betrachtet werden. Der günstigere Wert ist maßgeblich.

\*\* Die Parameter Chlorid und Sulfat können gleichwertig zum Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen angewandt werden. Der günstigere Wert ist maßgeblich.

|         |                                                             |
|---------|-------------------------------------------------------------|
| DK 0    | Einbau in Deponien der Klasse 0                             |
| DK I    | Einbau in Deponien der Klasse I                             |
| DK II   | Einbau in Deponien der Klasse II                            |
| DK III  | Einbau in Deponien der Klasse III                           |
| >DK III | Einzelfallentscheidung zur Art der Deponierung erforderlich |

Atmungsaktivität/Brennwert

TOC darf unberücks. bleiben

TOC darf nicht unberücks. bleiben

Tab. 7: Ergebnisse chemischer Analysen (MP 4, MP 5, MP 7, DepV)

stoff) sowie an Blei. Danach ist das Material dem LAGA-Wert **> Z 2** zuzuordnen. Die erweiterte Analyse gem. DepV führt wegen des erhöhten organischen Anteils zu der Deponieklasse **DK II**. Vor dem Hintergrund der geringe Atmungsaktivität des geringen Brennwertes, darf das Material mit Zustimmung der zuständigen Behörde auch auf eine Deponie geringer Klasse verbracht werden (**≤ DK II**).

Die sandigen, teils schluffigen (ausgefüllte Geschiebelehm) Auffüllungen der Mischprobe **MP 3** weisen einen leicht erhöhten Gehalt des Parameters TOC aber auch an Sulfat auf, die zu einer Einstufung in die LAGA-Klasse **Z 2** führen. Die erweiterte Analyse gem. DepV ergibt die Deponieklasse **DK 0**.

#### **4.6.2 Fabrikgebäude - Foyer**

##### **Ost-/ Zentralfoyer**

Die oberen bauschutthaltigen Auffüllungen der Mischprobe **MP 4** weisen erhöhte Gehalte der Parameter TOC (gesamter organischer Kohlenstoff), Benzo[a]pyren, Arsen, Cadmium, Nickel, Quecksilber und Zink und einen erhöhten PAK-Wert (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) auf. Maßgebend für die Deklaration sind die Gehalte an Kupfer und Blei. Danach ist das Material dem LAGA-Wert **> Z 2** zuzuordnen. Die erweiterte Analyse gem. DepV führt wegen des erhöhten organischen Anteils zu der Deponieklasse **DK II**.

Die gemischten **Auffüllungen** der Mischprobe **MP 5** weisen leicht erhöhte Gehalte der Parameter TOC (gesamter organischer Kohlenstoff), Blei, Kupfer und Zink auf. Maßgebend für die Deklaration ist der Sulfatgehalt. Danach ist das Material dem LAGA-Wert **Z 2** zuzuordnen. Die erweiterte Analyse gem. DepV führt zu der Deponieklasse **DK 0**.

## Westfoyer

Die aufgefüllten Sande der Mischprobe **MP 6** und die Sande der Mischprobe **MP 8** weisen keine nennenswerten Verunreinigungen auf und könnten aus chemischen Gesichtspunkten ohne Einschränkung weiter verwendet werden (**Z 0**).

Die mittleren bauschutthaltigen **Auffüllungen** der Mischprobe **MP 7** weisen erhöhte Gehalte der Parameter TOC (gesamter organischer Kohlenstoff), Arsen, Blei, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink auf. Maßgebend für die Deklaration sind der PAK-Wert und die Gehalte an Benzo[a]pyren und Sulfat. Danach ist das Material dem LAGA-Wert **> Z 2** zuzuordnen. Die erweiterte Analyse gem. DepV führt wegen des erhöhten organischen Anteils zu der Deponieklasse **DK II**.

## Empfehlung Bodenmanagement

Die Aushubböden sind weitgehend nicht für eine Wiederverwendung auf dem Grundstück geeignet und sollten abgefahren werden, sofern sie anfallen. Dabei ist mit erhöhten Entsorgungskosten für Bodenmaterialien mit Zuordnungswerte von **Z 2** bis **>Z 2** bzw. **DK 0** bis **DK II** zu rechnen. Lediglich reine Sande können, sofern sie baupraktisch separiert und auf der Baustelle zwischengelagert werden können, z.B. bei Verfüllarbeiten wiederverwendet werden.

Durch ergänzenden Untersuchungen der Atmungsaktivität (AT 4) und der Brennwert  $H_0$ , darf das bauschutthaltige Auffüllungsmaterial im Bereich des Gästehauses mit Zustimmung der zuständigen Behörde auch auf eine Deponie geringer Klasse verbracht werden (**DK 0**).

## 4.7 Wasseranalysen

### Allgemeines

Im Zuge der Aufschlussarbeiten sind mit den Kleinrammbohrungen Grundwasserstände sowohl oberhalb, als auch unterhalb des bindigen Horizontes aus den Geschiebeböden und Beckensedimenten erkundet worden. Zur Überprüfung der Beton- und Stahlaggressivität sowie der Einleitparameter der FHH wurde aus den Kleinrammbohrungen KRB 11 und KRB 14 eine Probe mithilfe eines temporären Rammfilters aus dem oberen Grundwasser und aus der KRB 15 mit dem 'Direct-Push' Verfahren aus dem unteren Grundwasserleiter entnommen und zur chemischen Analyse der Gesellschaft für Bioanalytik mbH (GBA) übergeben.

### Betonaggressivität

Zur Untersuchung der Betonaggressivität wurden die Wasserproben nach DIN EN 206-1 analysiert. Da die Parameter kalklösende Kohlensäure und Sulfat leicht erhöht sind, ist das untersuchte Grundwasser der KRB 11 als **mäßig betonaggressiv** zu bezeichnen (XA 2, s. Tab. 8), da zwei Parameter zu der Klasse XA 1 führen.

| Parameter               | Einheit    | Expositionsklasse gem. DIN EN 206-1 |                            |                             |                |               |                          |  |
|-------------------------|------------|-------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------|---------------|--------------------------|--|
|                         |            | WP 1 / KRB 11<br>T = 3.6 m          | WP 1 / KRB 14<br>T = 3.8 m | WP 1 / KRB 15<br>T = 11.0 m | XA1<br>schwach | XA2<br>mäßig  | XA3<br>stark             |  |
| pH-Wert                 | -          | 6,9                                 | 7,5                        | 7,5                         | ≤ 6,5 ≥ 5,5    | < 5,5 ≥ 4,5   | < 4,5 ≥ 4,0              |  |
| kalklösende Kohlensäure | mg/l       | 19                                  | <5,0                       | <5,0                        | ≥ 15 ≤ 40      | > 40 ≤ 100    | > 100 bis zur Sättigung  |  |
| Ammonium                | mg/l       | 1,4                                 | <0,20                      | 1,4                         | ≥ 15 ≤ 30      | > 30 ≤ 60     | > 60 ≤ 100               |  |
| Magnesium               | mg/l       | 11                                  | 16                         | 14                          | ≥ 300 ≤ 1000   | > 1000 ≤ 3000 | > 3000 bis zur Sättigung |  |
| Sulfat                  | mg/l       | 310                                 | 160                        | 151                         | ≥ 200 ≤ 600    | > 600 ≤ 3000  | > 3000 ≤ 6000            |  |
| Chlorid                 | mg/l       | 27                                  | 63                         | 63                          |                |               |                          |  |
| Gesamthärte             | °dH        | 31                                  | 24                         | 26                          |                |               |                          |  |
| Härtehydrogen-carbonat  | °dH        | 6,6                                 | 20                         | 21                          |                |               |                          |  |
| Nichtcarbonat-härte     | °dH        | 25                                  | 4,5                        | 5,2                         |                |               |                          |  |
| Permanganat-Verbrauch   | mg KMnO4/l | 19                                  | 13                         | 25                          |                |               |                          |  |

**Tab. 8: Expositionsklassen für Betonkorrosion**

Das Grundwasser aus den Kleinrammbohrungen KRB 14 und KRB 15 zeigen keine erhöhten Werte und ist daher als **nicht betonangreifend (XA 0)** zu bewerten. Unmittelbar in den organischen Böden ist auch mit einem betonaggressiven Milieu zu rechnen.

Da es sich bei dem Wasser der KRB 11 um oberflächennahes Wasser über dem Stauhorizont handelt (nicht im tragfähigen Baugrund) und die erhöhten Standardstoffwerte jeweils in unteren Drittel der Zuordnungsspannen liegen, was nach der DIN 4030 nicht zu einer Erhöhung geführt hätte, hatten wir es für vertretbar für die Pfähle die Expositionsklasse XA 1 anzusetzen. Die Pfahlkopffundamente liegen voraussichtlich nicht in regelmäßigen Wasserständen, sodass hier keine erhöhte Expositionsklasse vorgesehen werden muss.

## Stahlaggressivität

Die Ergebnisse der chemischen Analysen auf die Korrosionswahrscheinlichkeiten von unlegierten und niedriglegierten Stählen gem. DIN 50929 sind der Tabelle 9 zu entnehmen.

| Probe:                     |        | WP 1                | WP 1                | WP 1                 | Korrosionswahrscheinlichkeiten |                       |
|----------------------------|--------|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Entnahmestelle:            |        | KRB 11<br>T = 3,6 m | KRB 14<br>T = 3,8 m | KRB 15<br>T = 11,0 m | Mulden- und<br>Lochkorrosion   | Flächen-<br>korrosion |
| <b>Analysenergebnisse</b>  |        |                     |                     |                      |                                |                       |
| pH-Wert                    |        | 6,9                 | 7,5                 | 7,5                  |                                |                       |
| Chlorid                    | mg/L   | 27                  | 63                  | 63                   |                                |                       |
| Sulfat                     | mg/L   | 310                 | 160                 | 151                  |                                |                       |
| Säurekapazität bis pH 4.3  | mmol/L | 2,35                | 6,99                | 7,44                 |                                |                       |
| Calcium                    | mg/L   | 207                 | 146                 | 163                  |                                |                       |
| <b>Bewertungszahlsumme</b> |        |                     |                     |                      |                                |                       |
| Unterwasserbereich         | $W_0$  | -3,33               |                     |                      | gering                         | sehr gering           |
| Wasser/Luft-Grenze         | $W_1$  | -2,33               |                     |                      | gering                         | sehr gering           |
| Unterwasserbereich         | $W_0$  |                     | 0,20                |                      | sehr gering                    | sehr gering           |
| Wasser/Luft-Grenze         | $W_1$  |                     | 1,20                |                      | sehr gering                    | sehr gering           |
| Unterwasserbereich         | $W_0$  |                     |                     | 2,60                 | sehr gering                    | sehr gering           |
| Wasser/Luft-Grenze         | $W_1$  |                     |                     | 3,60                 | sehr gering                    | sehr gering           |

**Tab. 9: Abschätzung der Stahlaggressivität**

Die Mulden- und Lochkorrosion ist für das Grundwasser der KRB 11 als **gering** anzusetzen. Die Mulden- und Lochkorrosion das Wasser der KRB 14 und KRB 15 ist, genau wie die Flächenkorrosion aller Wasserproben, sowohl im Unterwasserbereich als auch an der Wasser/Luftgrenze als **sehr gering** zu bezeichnen.

### Ableitung des geförderten Wassers

Zusätzlich wurde das Grundwasser aus der KRB 15 für den Fall einer erforderlichen umfangreicheren Wasserhaltung nach der Parameterliste aus dem Merkblatt der BUE 'Zum Umgang mit Baugrubenwasser' untersucht. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 10 aufgeführt. Die Wassermengen aus den Rammfiltern war für ein ordnungsgemäßes Probenahm nicht ergiebig genug.

| Probenbezeichnung                    | WP 1                | Richtwerte* für die Einleitung ins |
|--------------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| Entnahmestelle                       | KRB 15 / T = 11.0 m | Regen- <b>Misch-/Schmutz-</b>      |
| Entnahmedatum                        | 23.03.2023          | wassersiel                         |
| Prüfbericht-Nr.                      | 2023P507422 / 1     |                                    |
| pH - Wert                            | 7,5                 | 6 - 9 6 - 10,5                     |
| TOC mg/l                             | 10                  |                                    |
| Kalklös.Kohlens. (n.Heyer) mg/l      | <5,0                | 40 40                              |
| Magnesium (Mg) mg/l                  | 14                  | 1000 --                            |
| Sulfat (SO <sub>4</sub> '') mg/l     | 151                 | 200 600                            |
| Ammonium-N (NH <sub>4</sub> -N) mg/l | 1,1                 | 1 bis 4 ** 100                     |
| AOX µg/l                             | <10                 | 50 1000                            |
| Kohlenwasserstoffe mg/l              | <0,10               | 5 20                               |
| Eisen (Fe), ges. mg/l                | 6,2                 | 2 25                               |
| Eisen II mg/l                        | 2,2                 | 0,5 2                              |
| CSB mg/l                             | 31                  | 15 --                              |
| absetzbare Stoffe (0.5 h) ml/l       | 0,1                 | 0,1 0,5                            |
| abfiltrierbare Stoffe mg/l           | 93                  | 30 -                               |
| Arsen mg/l                           | 0,0031              | 0,001 0,5                          |
| Cadmium µg/l                         | <0,30               | 0,5 200                            |
| Chrom µg/l                           | 5,0                 | 10 500                             |
| Quecksilber µg/l                     | <0,20               | 0,5 50                             |
| Blei µg/l                            | 14                  | 4 1000                             |
| Nickel µg/l                          | 46                  | 5 bis 6 1000                       |
| Kupfer µg/l                          | 13                  | 5 2000                             |
| Zink µg/l                            | 31                  | 50 5000                            |

\* Die Richtwerte werden von der zuständigen Behörde für den Einzelfall variiert.

\*\* gewässer- und jahreszeitenabhängig (Mittelwert 2 mg/l)

|  |                                                                                       |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Die Richtwerte für die Einleitung in das Regenwassersiel sind eingehalten             |
|  | Die Richtwerte für die Einleitung in das Misch-/Schmutzwassersiel sind eingehalten.   |
|  | Die Richtwerte für die Einleitung in das Misch-/Schmutzwassersiel sind überschritten. |

**Tab. 10: Ergebnisse Wasseranalyse und Richtwerte der BUE**

Den Analysen nach weist das anstehende Grundwasser einen erhöhten Eisen-II-Wert auf. Des Weiteren liegen ein leicht erhöhter CSB-Wert (chemischer Sauerstoffbedarf), Ammonium, Eisen- sowie der Schwermetalle Arsen, Blei, Nickel und Kupfer vor als auch eine leicht erhöhte Konzentration an abfiltrierbaren vor, die wiederum ursächlich für die erhöhten Schwermetallkonzentrationen im Wasser sein können.

Das Wasser darf ohne Vorbehandlung weder in ein Regen- noch in ein Misch- bzw. Schmutzwassersiel oder den angrenzenden Osterbekkanal eingeleitet werden. Auf Grundlage der vorliegenden Analysenergebnisse wäre für die Einleitung in das RW-Siel oder den angrenzenden Osterbekkanal eine Enteisungsanlage erforderlich. Ob sich damit auch die Schwermetalle ausreichend reduzieren lassen, muss geprüft werden. Sonst müssten diese durch Zuschaltung eines Absorbers minimiert werden. Bei einer Einleitung in ein Schmutzwassersiel genügt ein ausreichend dimensionierter Sandfangcontainer mit einer vorgeschalteten Belüftungseinheit zur Oxidation des sauerstoffzehrenden Eisen II zu Eisen III.

Bei der Einleitung in ein Regen- (0,21 €/m<sup>3</sup>) oder Schmutzwassersiel (2,14 €/m<sup>3</sup>) fallen Benutzungsgebühren an. Die Gebühren für die Direkteinleitung sind geringer (0,11 €/m<sup>3</sup>). Sie werden durch Abschätzung der Einleitmengen erhoben. Die wasserrechtlichen Genehmigungen sind bei den zuständigen Behörden rechtzeitig, mindestens zehn Monate vor Baubeginn, einzuholen.

## **5. Geplante Gründungen, geotechnische Kategorie**

### **5.1 Allgemeines**

Auf dem Grundstück sind zunächst nur mäßig bis gering tragfähige heterogen zusammengesetzte Auffüllungen und lokal Torfe bis in

Tiefen zwischen rd. 1,0 m und 5,0 m unter OK Gelände (i.M. ca. 3,0 m) vorhanden.

Für Sanierungsmaßnahmen mit geringen Lasten bzw. Lasterhöhungen können Flachgründungen in den Auffüllungen, ggf. nach Optimierung der Gründungsebene durch einen Teilbodenaustausch, ausgeführt werden, wenn deren Grundbruchsicherheiten nachgewiesen und die zu erwartenden Setzungen und Setzungsunterschiede zu steif gegründeten Bauteilen toleriert werden. Alternativ sind die Fundamente in die darunter liegenden natürlichen Böden tiefer zu führen oder Tiefgründungen vorzusehen.

Für die aufgeständerte Überbauung des Foyers und des Gästehauses empfehlen wir schon aufgrund der hohen Stützenlasten eine Tiefgründung, die bis in den gut tragfähigen gewachsenen Sandhorizont zu führen ist.

## **5.2 Vorhandene Risses Schäden**

Durch die geplanten Umbaumaßnahmen entstehen sowohl zusätzliche Lastpunkte und neue Gründungskörper, als auch resultieren bereichsweise Zusatzlasten auf die Bestandsgründung.

Im Jahr 2017 wurden wir beauftragt, die zahlreichen Risschäden am Bestand zu begutachten, um einen Eindruck vom Gesamtzustand des Gebäudes und der Verkehrsflächen zu erhalten und diese vor dem Hintergrund der vorhandenen Baugrundverhältnisse zu ergründen. Danach ist zu konstatieren, dass insbesondere Flachgegründete Einbauten und Nutzungsänderungen zu unterschiedlichen Setzungen im Auffüllungshorizont und den stellenweise vorhandenen Torfe geführt haben, wodurch Risse in Mauerwerkswänden und Sohlen entstanden sind. Sie sind inzwischen weitgehend abgeklungen. Jedoch kann der Konsolidierungsprozess durch neuen Maßnahmen wieder einsetzen und zu weiteren Schäden im Bestand führen.

### 5.3 Geotechnische Kategorie

Die unterschiedlichen Baumaßnahmen entsprechen einen normalen bis erhöhten Schwierigkeitsgrad. Wir empfehlen daher, die Baumaßnahmen den Geotechnischen Kategorien **GK 2** bis **GK 3** (Umbaumaßnahmen im Bestand mit Standsicherheitsgefährdung) zuzuordnen. Mit der Ausarbeitung und Anwendung dieser Gründungsbeurteilung werden die Anforderungen der DIN 1054:2010-12 erfüllt.

Ergänzend sind gem. DIN EN 1997-1, Abschnitt 4.3.1 im Zuge der Bauarbeiten, neben den allgemeinen bautechnischen Nachweisen, die in Gründungsebene anstehenden Böden mit den Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen und denen der Pfahlsetzungen zu überprüfen.

## 6. Tiefgründungen (Neubauten)

### 6.1 Tragfähiger Baugrund

Der für die Pfähle ausreichend tragfähige Baugrund wird von den zur Tiefe anstehenden, mindestens mitteldicht gelagerten Sanden sowie mindestens steifen bindigen Böden gebildet. Die Tiefenlage des tragfähigen Baugrundes ist dem Abschnitt 3.5 zu entnehmen. Im Bereich der K7 liegt die mittlere Oberfläche bei etwa +2,0 mNHN, im Bereich des geplanten Gästehauses bei ca. +1,5 mNHN. Bei der Verwendung von Vollverdrängungsbohrpfählen kann die Oberfläche des tragfähigen Baugrundes i.d.R. von dem Betriebsdruck des Gerätes beim Bohren des Pfahles abgeleitet werden, allerdings zumeist nicht in bindigen Böden. Die Absetztiefe der Pfähle soll in Abhängigkeit der zu erzielenden Pfahlwiderstände mindestens 1,0 m innerhalb der tragfähigen Schmelzwassersande liegen.

## 6.2 Pfahlarten

### 6.2.1 Allgemeines

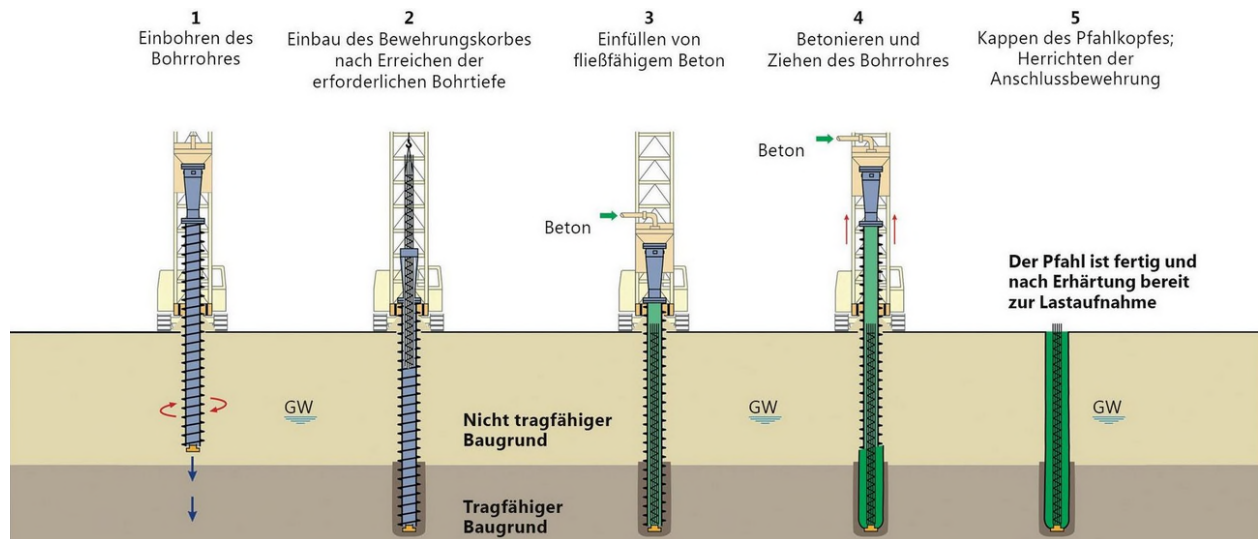
Rammpfähle verursachen Lärm und Erschütterungen, deren Einwirkungen zu Schäden an benachbarten Gebäuden und Sielen führen können. Wir empfehlen daher für die Gründung des Gästehauses, erschütterungsarme Vollverdrängungsbohrpfähle z.B. vom Typ Fundex oder Atlas zu verwenden (Schraubpfähle nach DIN EN 12699), mit denen bei üblichen Durchmessen von  $D_s/D_b \approx 45/55$  charakteristischen Pfahllasten von bis zu  $F_k \approx 1.600 \text{ kN}$  abgetragen werden können (größere Durchmesser, 55/65 cm, bis  $F_k \approx 2.000 \text{ kN}$ ). In beengten Bereichen, in denen die großen und schweren Bohrgeräte nicht zum Einsatz kommen können (Gründung K7 im Foyer), können Mikropfähle gem. DIN EN 14199 (z.B. vom Typ Ischebeck) eingesetzt werden. Übliche Pfahllasten liegen hier bei etwa  $350 \text{ kN} \leq F_k \leq 750 \text{ kN}$ .

### 6.2.2 Vollverdrängungsbohrpfähle

Vollverdrängungsbohrpfähle sind Ortbetonpfähle, die infolge ihrer Verdrängungswirkung gegenüber den konventionellen Bohrpfählen eine deutlich höhere Tragfähigkeit aufweisen und auch wesentlich schneller eingebracht werden können, sodass sie wirtschaftlicher hergestellt werden können. Dabei wird, auch gegenüber der Variante mit Teilverdrängungsbohrpfählen, deutlich weniger Bohrgut gefördert, das entsorgt werden muss. Sie können mit Pfahlneigungen von bis zu 4:1 hergestellt werden. Aufgrund der hohen Einbringwiderstände werden aber entsprechend Leistungsstarke und schwere Bohrgeräte erforderlich, die einen ausreichenden Platzbedarf erfordern.

Vollverdrängungsbohrpfähle werden verrohrt mit einer verlorenen Fußplatte im Boden geschraubt. Nach dem Erreichen der geplanten Absetztiefe wird der Bewehrungskorb eingestellt und der Pfahlbeton eingeführt. Zuletzt wird die Fußplatte gelöst und der Pfahl bei

gleichzeitigen Ziehen der Verrohrung im Baugrund betoniert (s. Abb. 28).



**Abb. 28: Vollverdrängungsbohrpfahlverfahren**

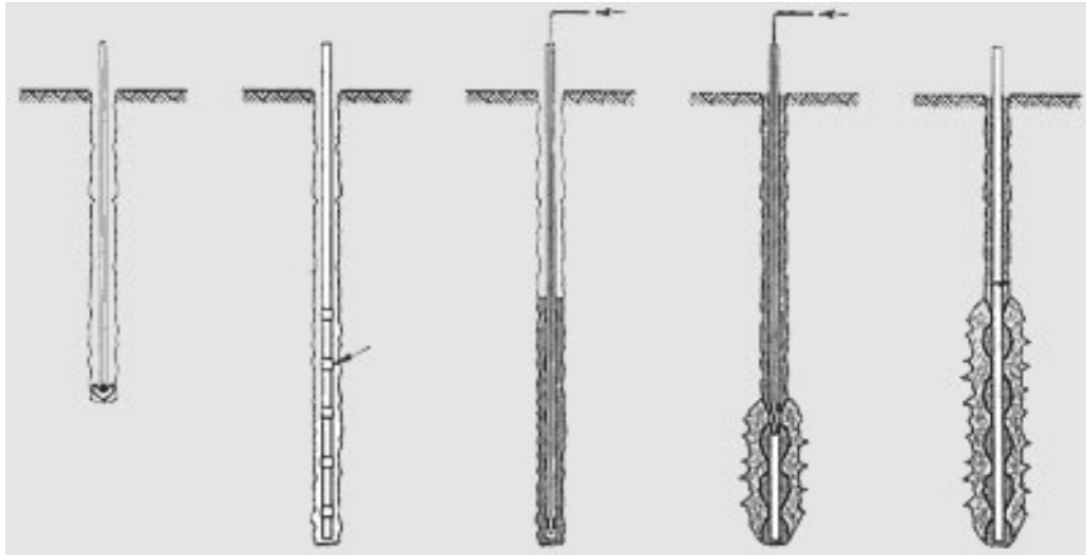
In Zuge der Herstellungsvorganges werden u.a. die Betriebsdrücke über die Tiefe aufgezeichnet, die in Relation zu den Pfahltragfähigkeiten stehen, sodass diese bei einem jeden Pfahl abgeleitet werden können.

### 6.2.3 Mikropfähle

Mikropfähle können bis zu einem Durchmesser von 30 cm hergestellt werden. In dem bestehenden Hallenkomplex kommen insbesondere Rohrverpresspfähle vom Typ TITAN in Frage, die in Rohrschlüssen geliefert und beim Bohrprozeß miteinander verschraubt werden. Mikropfähle können mit relativ kleinen Bohrgeräten hergestellt werden und eignen sich daher insbesondere auch für Pfahlgründungen im Bestand.

Bereits mit dem Abteufen der Stahlrohre im Spülbohrverfahren (Außenspülung) wird der Bewehrungsstahl eingebaut. Nach dem Lösen der

Bohrspritze wird eine Zementsuspension unter hohen Drücken verpresst, die den Äußeren Korrosionsschutz bildet und die Tragfähigkeit des Pfahls gewährleistet (s. Abb. 29).



*Arbeitsablauf bei der Herstellung eines Mikropfahls: Abb. 1) 1. Bohrloch aufbohren 2. Mikropfahl einbringen 3. Mantelinjektion 4. Zwiebelinjektion (mehrfach) 5. Fertigstellung des Mikropfahls.*

### **Abb. 29: Mikropfahlverfahren**

Der Pfahlaußendurchmesser richtet sich nach dem Bohrkranz des äußeren Bohrrohres, welche Durchmesser von 178 mm, 190 mm, 202 mm, 214 mm, 226 mm, 238 mm, 250 mm, 262 mm, 274 mm etc. aufweisen. Die gängigen Durchmesser betragen 178 mm bis maximal 214 mm. Bei größeren Durchmessern sind, wie auch bei langen Pfählen, entsprechend leistungsstarke Bohrgeräte erforderlich, die den Bieterkreis stark eingrenzen bzw. mit kleinen Geräten ggf. nicht mehr erzielbar sind. Wir empfehlen aus gerätetechnischen Gründen Durchmesser von 214 mm nicht zu überschreiten.

Mikropfähle können aufgrund ihres kleinen Durchmessers keine Biegungen aufnehmen. Horizontale Beanspruchungen, auch aus exzentrischer Lasteintragung und ungewollter Ausmitte, sind durch Schrägpfähle in den Baugrund abzutragen oder anderweitig zu zentrieren.

Beim Lastabtrag wird ausschließlich die Mantelreibung berücksichtigt.

### **6.3 Zulässige Pfahlbelastungen**

#### **Allgemeines**

Der Nachweis der äußeren Tragfähigkeit von Pfählen kann von der ausführenden Firma in Absprache mit dem Baugrundgutachter und der Prüfstelle für Baustatik (BUKEA, ABH23) anhand von Probebelastungsergebnissen des gleichen Pfahltyps in vergleichbaren Baugrundverhältnissen erbracht werden. Alternativ können zur rechnerischen Ermittlung der erforderlichen Pfahllängen innerhalb des tragfähigen Baugrundes die charakteristischen Pfahlwiderstände im Grenzzustand der Tragfähigkeit (Pfahlspitzendruck und Pfahlmantelreibung bei Grenzsetzung  $s_g$ ) nach den Empfehlungen der Arbeitskreises Pfähle (EA-Pfähle) in Ansatz gebracht werden. Für Mikropfähle sind nach DIN 1054 Probebelastungen, insbesondere für Zugpfähle ('sind immer'), an mind. 3 % der Gesamtzahl vorzusehen, die als statische Zugversuche durchzuführen sind. In Abstimmung mit der ABH kann der Umfang der Probebelastungen ggf. reduziert werden.

Die 2. Auflage der EA-Pfähle beruht auf den Festlegungen des Handbuches EC 7 – Geotechnische Bemessung (DIN EN 1997-1). Somit sind bei Anwendung der aktuellen Ausgabe im Grenzzustand der Tragfähigkeit auch die Teilsicherheitsbeiwerte GEO-2 zu verwenden (ehemals GZ 1B). In dem Zusammenhang sind dann auch bei der Festlegung von Prüflasten bei statischen bzw. dynamischen Pfahlprobebelastungen die neuen Regelungen in Bezug auf die Streuungsfaktoren zu beachten. In Abstimmung mit der Prüfstelle für Baustatik können diese ggf. reduziert werden.

## Ansatzwerte nach EA-Pfähle

Im Folgenden werden die Erfahrungswerte der EA-Pfähle für die Ermittlung der erforderlichen Pfahllängen für die geplanten Vollverdrängungsbohrpfähle und Rohrverpresspfähle in Sanden sowie in bindigen Böden abgebildet. Voraussichtlich kommen Atlaspfähle mit Durchmessern von  $D_s/D_b = 46/56$  cm bzw. Fundex-Pfähle mit  $D_s/D_b = 44/54$  cm zum Einsatz, mit denen charakteristische Lasten von bis zu  $N_k = 1600$  kN abgetragen werden können. Bei Pfahllasten von  $N_k < 1200$  kN können ggf. auch die jeweils kleineren Durchmesser, bei Pfahllaste bis  $N_k = 2000$  kN die größeren zum Einsatz kommen.

Als Nennweite für die Bemessung ist für die Ermittlung des Spitzenwiderstandes der volle Fußquerschnitt und für die Ermittlung des Mantelreibungswiderstandes die abgewickelte Mantelfläche in Ansatz zu bringen (s. Tab. 11, 12 und 13).

**Tabelle 5.20** Spannen der Erfahrungswerte für den charakteristischen Pfahlspitzenwiderstand  $q_{b,k}$  für Atlaspfähle in nichtbindigen Böden

| Bezogene Pfahlkopfsetzung $s/D_s$                                                                      | Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ in $\text{kN/m}^2$                           |             |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|
|                                                                                                        | bei einem mittleren Spitzenwiderstand $q_c$ der Drucksonde in $\text{MN/m}^2$ |             |             |
|                                                                                                        | 7,5                                                                           | 15          | 25          |
| 0,02                                                                                                   | 950–1.400                                                                     | 1.650–2.300 | 2.650–3.450 |
| 0,03                                                                                                   | 1.200–1.850                                                                   | 2.150–2.950 | 3.350–4.450 |
| 0,10 ( $\hat{=}$ $s_g$ )                                                                               | 2.750–4.000                                                                   | 4.750–6.500 | 6.000–8.000 |
| Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden.<br>$D_s$ : bezogen auf äußeren Wendeldurchmesser. |                                                                               |             |             |

**Tabelle 5.21** Spannen der Erfahrungswerte für die charakteristische Pfahlmantelreibung  $q_{s1,k}$  für Atlaspfähle in nichtbindigen Böden

| Mittlerer Spitzenwiderstand $q_c$ der Drucksonde in $\text{MN/m}^2$                                                                | Bruchwert $q_{s1,k}$ der Pfahlmantelreibung in $\text{kN/m}^2$ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 7,5                                                                                                                                | 85–105                                                         |
| 15                                                                                                                                 | 160–200                                                        |
| $\geq 25$                                                                                                                          | 200–245                                                        |
| Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden.<br>Pfahlmantelfläche $A_{s1}$ : bezogen auf äußeren Wendeldurchmesser $D_s$ . |                                                                |

**Tab. 11: Spannen der Erfahrungswerte von Vollverdrängungsbohrpfählen in Sanden, Typ Atlas nach EA-Pfähle, 2. Auflage**

**Tabelle 5.22** Spannen der Erfahrungswerte für den charakteristischen Pfahlspitzenwiderstand  $q_{b,k}$  für Atlaspfähle in bindigen Böden

| Bezogene Pfahlkopfsatzung $s/D_s$                                                                      | Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ in $\text{kN/m}^2$                  |             |             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|
|                                                                                                        | Scherfestigkeit $c_{u,k}$ des undränierten Bodens in $\text{kN/m}^2$ |             |             |
|                                                                                                        | 100                                                                  | 150         | 250         |
| 0,02                                                                                                   | 600–800                                                              | 900–1.250   | 1.300–1.950 |
| 0,03                                                                                                   | 750–950                                                              | 1.050–1.500 | 1.650–2.350 |
| 0,10 ( $\hat{=}$ $s_g$ )                                                                               | 1.350–1.750                                                          | 1.800–2.500 | 2.200–3.250 |
| Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden.<br>$D_s$ : bezogen auf äußeren Wendeldurchmesser. |                                                                      |             |             |

**Tabelle 5.23** Spannen der Erfahrungswerte für die charakteristische Pfahlmantelreibung  $q_{s1,k}$  für Atlaspfähle in bindigen Böden

| Scherfestigkeit $c_{u,k}$ des undränierten Bodens in $\text{kN/m}^2$                                                               | Bruchwert $q_{s1,k}$ der Pfahlmantelreibung in $\text{kN/m}^2$ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 60                                                                                                                                 | 40–60                                                          |
| 150                                                                                                                                | 75–95                                                          |
| $\geq 250$                                                                                                                         | 95–120                                                         |
| Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden.<br>Pfahlmantelfläche $A_{s1}$ : bezogen auf äußeren Wendeldurchmesser $D_s$ . |                                                                |

## Tab. 12: Spannen der Erfahrungswerte von Vollverdrängungsbohrpfählen in bindigen Böden, Typ Atlas nach EA-Pfähle, 2. Auflage

**Tabelle 5.24** Spannen der Erfahrungswerte für den charakteristischen Pfahlspitzenwiderstand  $q_{b,k}$  für Fundexpfähle in nichtbindigen Böden

| Bezogene Pfahlkopfsatzung $s/D_b$                                                         | Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ [ $\text{kN/m}^2$ ]                           |             |              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
|                                                                                           | bei einem mittleren Spitzenwiderstand $q_c$ der Drucksonde [ $\text{MN/m}^2$ ] |             |              |
|                                                                                           | 7,5                                                                            | 15          | 25           |
| 0,02                                                                                      | 1.300–1.900                                                                    | 2.500–3.100 | 3.650–4.350  |
| 0,03                                                                                      | 1.650–2.500                                                                    | 3.250–3.950 | 4.650–5.550  |
| 0,10 ( $\hat{=}$ $s_g$ )                                                                  | 3.800–5.500                                                                    | 7.200–8.800 | 8.300–10.000 |
| Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden.<br>$D_b$ : Durchmesser der Fußplatte |                                                                                |             |              |

**Tabelle 5.25** Spannen der Erfahrungswerte für die charakteristische Pfahlmantelreibung  $q_{s,k}$  für Fundexpfähle in nichtbindigen Böden

| Mittlerer Spitzenwiderstand $q_c$ der Drucksonde [ $\text{MN/m}^2$ ] | Bruchwert $q_{s,k}$ der Pfahlmantelreibung [ $\text{kN/m}^2$ ] |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 7,5                                                                  | 35–50                                                          |
| 15                                                                   | 85–115                                                         |
| $\geq 25$                                                            | 115–145                                                        |
| Zwischenwerte dürfen geradlinig interpoliert werden.                 |                                                                |

## Tab. 13: Spannen der Erfahrungswerte von Vollverdrängungsbohrpfählen in Sanden, Typ Fundex nach EA-Pfähle, 2. Auflage

Der Pfahldurchmesser von verpressten Mikropfählen richtet sich nach dem Bohrkranz des äußeren Bohrrohres. Beim Überlagerungsbohrverfahren ist als Pfahldurchmesser der Durchmesser der Bohrkrone anzusetzen, die einen Bohrkranzüberstand von etwa 4 mm aufweist (Bohrrohr 214 mm + 2 x 4 mm  $\approx$  22 cm). Ein Pfahlspitzenwiderstand darf nicht angesetzt werden (s. Tab. 14 und 15).

| Bodenart | Spitzenwiderstand<br>Drucksonde<br>$q_c$ (MN/m <sup>2</sup> ) | Bruchwert der<br>Pfahlmantelreibung<br>$q_{s,k}$ (kN/m <sup>2</sup> ) |
|----------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Sand     | 7,5                                                           | 170-210                                                               |
|          | 10                                                            | 198-246                                                               |
|          | 15                                                            | 255-320                                                               |

**Tab. 14: Charakteristische Pfahlmantelreibung für Rohrverpresspfähle in nichtbindigen Böden**

| Bodenart | Spitzenwiderstand<br>Drucksonde<br>$q_c$ (MN/m <sup>2</sup> ) | Bruchwert der<br>Pfahlmantelreibung<br>$q_{s,k}$ (kN/m <sup>2</sup> ) |
|----------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Sand     | 7,5                                                           | 170-210                                                               |
|          | 10                                                            | 198-246                                                               |
|          | 15                                                            | 255-320                                                               |

**Tab. 15: Charakteristische Pfahlmantelreibung für Rohrverpresspfähle in bindigen Böden**

Den charakteristischen Pfahlwiderständen sind die Teilsicherheitsbeiwerte für die Ermittlung aus Erfahrungswerten ( $\gamma_t = 1,4$ ) zugrunde zu legen.

Für die Kalkulation und Vorbemessung dürfen im tragfähigen Baugrund vereinfachend die oberen Werte für  $q_c = 15$  MN/m<sup>2</sup> angesetzt werden.

## 6.4 Bemessungsprofile

Für die Vorbemessung der Pfähle haben wir auf der Anlage 10 zwei Bemessungsprofile vorläufiger Ansatzwerten für die Mantelreibung von den Rohrverpresspfähle (K7) sowie für Mantelreibung und Spitzenwiderstand von Vollverdrängungsbohrpfählen (Gästehaus) erstellt, die der Vorbemessung zugrunde gelegt werden dürfen.

## 6.5 Aufnahme von Horizontalbelastungen

Wenn Horizontalkräfte über Pfahlbiegung in den Baugrund eingeleitet werden sollen, kann die damit verbundene Pfahlbeanspruchung und -verformung näherungsweise nach der Bettungsmodultheorie mit den Ansatzwerten der Tabelle 16 berechnet werden.

| Bodenart           | Charakt. Bettungsmodul<br>$k_{s,k}$ (MN/m <sup>3</sup> ) |
|--------------------|----------------------------------------------------------|
| Auffüllungen       | 15 / Ds                                                  |
| Torf               | 1,5 / Ds                                                 |
| Geschiebelehm      | 20 / Ds                                                  |
| Geschiebemergel    | 40 / Ds                                                  |
| Beckenschluff      | 30 / Ds                                                  |
| Beckensand         | 40 / Ds                                                  |
| Schmelzwassersande | 80 / Ds                                                  |

Der Durchmesser bzw. die Seitenlänge des Pfahles ist in Meter einzusetzen (Ds ≤ 1,0 m).

**Tab. 16: Bettungsmoduln**

Die Bettungsmoduln wurden unter Berücksichtigung der Steifezahlen nach DIN 4014 ermittelt. Für alle Schichten kann der Bettungsmodul ab 1,0 m Tiefe unter OK S Erdgeschoss bzw. GOK vereinfacht als

konstant angenommen werden. Alternativ können die Schraubpfähle mit Neigungen von  $n \geq 4$  ausgeführt werden.

Mikropfähle dürfen nicht quer zur Pfahlachse belastet, sondern nur axial beansprucht werden. Horizontalkräfte sind daher über geneigte Pfähle in den Baugrund abzutragen, die beliebig schräg angeordnet werden können, wenn die Platzverhältnisse dies zulassen. Neben äußeren, schräg wirkenden Beanspruchungen sind bei der statischen Berechnung die herstellungsbedingten Maßabweichungen zu berücksichtigen, die zu Horizontallasten führen können (z.B. ungewollte Ausmitte).

## **6.6 Hindernisse im Baugrund**

Die gewachsenen Sande und die Geschiebeböden können Steine und Geröllschichten sowie Findlinge enthalten, welche die Einbringung von Pfählen beeinträchtigen und zu Schäden an Pfählen bzw. zum Abbruch des Herstellungsprozesses führen. Auch können Bauwerksreste in den Auffüllungen sowie alte Gründungspfähle vorhanden sein.

## **6.7 Ergänzende Hinweise**

### **Kontrollprüfungen für Ortbetonpfähle**

Zum Qualitätsnachweis sind folgende Kontrollen bei der Pfahlherstellung zu beachten:

- Die Lage des Bewehrungskorbes ist bei Beginn des Ziehens zu kontrollieren, ebenso das Absacken des Betonspiegels.
- Der Betonspiegel im Rohr soll nicht nennenswert unter OK Bohrebene absacken, da sonst die Gefahr von Pfahleinschnürungen bestehen kann.

- Das Bohrrohr ist mit konstanter Geschwindigkeit zu ziehen. Wir empfehlen, stichprobenartig Sackmaßkontrollen sowohl in verschiedenen Tiefen als auch nach Herstellende durchzuführen. Sie sind ein wichtiges Hilfsmittel zur Kontrolle des Pfahldurchmessers.

## **Herstellungsprotokolle**

Von sämtlichen Pfählen sind Herstellungsprotokolle anzufertigen und zur Prüfung vorzulegen.

Anhand der Herstellungsprotokolle ist zu überprüfen, dass die Pfähle ausreichend tief geführt werden und dass kein nennenswerter Abfall des Betriebsdruckes (Bohrpfahl) zu verzeichnen ist, sonst sind die Pfähle zu verlängern.

## **Statische Probebelastungen**

Statische Probebelastungen sind zur Überprüfung der Tragfähigkeit von Pfählen nur dann unter unserer Aufsicht und nach einer Standzeit von mindestens 21 Tagen bis zur 2-fachen charakteristischen Gebrauchslast durchzuführen, wenn sie von der Prüfstelle für Baustatik gefordert werden oder vom Bauherrn gewünscht sind. Für Mikropfähle sind i.d.R. statische Pfahlprüfungen vorzusehen.

## **Dynamische Probebelastungen**

Für die Überprüfung der Tragfähigkeit von Volldrängungsbohrpfählen können dynamische Stoßversuche vorgesehen werden. Wegen der Zunahme der Pfahltragfähigkeit beim "Anwachsen" im Boden soll zwischen der Herstellung und der dynamischen Pfahlprüfung von Pfählen ein Zeitraum von mindestens drei Wochen liegen. Für die Durchführung der

Prüfungen ist ein Freifallgewicht von  $G_k \geq 50 \text{ kN}$  erforderlich. Die Auswertung der Messungen hat nach dem CAPWAP-Verfahren zu erfolgen. Beim Nachweis der zulässigen Belastung ist der Traglastanteil im nicht tragfähigen Baugrund vom Gesamtwiderstand abzuziehen.

### **Integritätsprüfungen**

Es ist ein Verfahren zur Überprüfung der Unversehrtheit des Pfahles (Qualitätssicherung).

Wir empfehlen, an etwa 10 % der Gesamtzahl der Bohrpfähle Integritätsprüfungen zur Eigenüberwachung durchzuführen. Werden Schäden an den Pfählen bzw. ungenügende Pfahllängen ermittelt, ist der Prüfungsumfang zu erweitern.

An Mikropfählen sind diese Prüfungen nicht sinnvoll.

### **Pfahlabtreppungen**

Benachbarte Pfähle unterschiedlicher Tiefenlage sind unter einer Neigung von 1 : 2 (vert. : horizont.) gegeneinander abzutreppen.

### **Pfahlsetzungen**

Bei einer Tiefgründung auf Vollverdrängungs- oder Mikropfählen mit Lasteintragung in den ausreichend tragfähigen Böden ist unter den charakteristischen Lasten mit Setzungen  $s \leq 1,0 \text{ cm}$  zu rechnen.

### **Negative Mantelreibung**

Negative Mantelreibung an Pfählen entsteht infolge von Gelände-setzungen. Die anstehenden Böden sind unter den vorhandenen Lasten

konsolidiert. Da keine Geländeauffüllungen geplant sind, ist davon auszugehen, dass keine negative Mantelreibung an den Pfählen angesetzt zu werden braucht.

### **Knicknachweis**

Vor dem Hintergrund der durch die jahrhundertelange Übersättigung erhöhten Scherfestigkeiten der organischen Böden sowie ihre vergleichsweise geringen Schichtdicken kann ein Knicknachweis bei Mikropfählen entfallen. Vollverdrängungsbohrpfähle sind nicht knickgefährdet.

### **Herstellungstoleranzen**

Die zulässigen Ausführungstoleranzen für Mikropfähle betragen gem. DIN SPEC 18539:2012-02, A 7.2.1 am Bohransatzpunkt in der Lage  $\pm 7,5$  cm und in der Neigung  $\pm 3^\circ$ . Sich aus den zulässigen Herstellungstoleranzen ergebene Kräfte (z.B. Biegemomente aus Exzentrizität) sind auch in der statischen Berechnung zu berücksichtigen.

### **Bohrverfahren**

Wird beim Abteufen der Mikropfähle eine Spülbohrung mit Außenspülung und eine Bohrkronen eingesetzt, die zu einer Bohrlochaufweitung führt, empfehlen wir, bereits beim Abteufen zur Stützung des Bohrlochs eine Bentonit-Zement-Suspension einzusetzen.

## 7. Flachgründungen: Sanierungsmaßnahmen

### 7.1 Zulässige Sohlwiderstände

Zur Gewährleistung der Grundbruchsicherheit von Einzel- und Streifenfundamenten sind, in Abhängigkeit von den Sohlpressungen unter den Fundamenten, Mindestabmessungen (Breite und Einbindetiefe) einzuhalten. Die Sohlpressungen in der nachfolgenden Tabelle wurden zur Abschätzung etwaiger Grundbruchsicherheiten nach DIN 4017 ermittelt. Sie stellen die Bemessungswerte der Sohlwiderstände ( $\sigma_{R,d}$ ) dar, d.h., es handelt sich um die mit dem Teilsicherheitsbeiwert von  $\gamma_{R,v} = 1,4$  (BS-P) dividierten charakteristischen Sohlwiderstände (DIN 1054). Dabei wird eine Gründung in den Auffüllungen ohne unterlagernde Torfe sowie mit Wasserstände bis UK Gründung berücksichtigt.

Für den Nachweis des Grenzzustandes des Versagens von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund (STR und GEO-2), müssen die aus den charakteristischen Beanspruchungen und mit Ansatz der Teilsicherheitsbeiwerte der Tab. A 2.1 der DIN 1054 ermittelten Sohlpressungen kleiner sein, als die in der Tabelle 17 angegebenen Bemessungswerte der Sohlwiderstände.

Bei der Berechnung der Bemessungswerte der Sohlpressungen wurde eine Gründung in den Auffüllungen berücksichtigt sowie ungünstig Wasserstände bis zur Gründungsebene der Fundamente.

Außer mittig belastete Fundamente sind gesondert nachzuweisen (s. DIN 4017).

Bei der Ermittlung der zulässigen Sohlpressungen ist Folgendes zu beachten:

- Die Mindesteinbindetiefe  $t_{\min}$  ist von OK Bauwerkssohle bzw. OK Gelände bis UK Fundament zu messen.

# Bemessungswerte der Sohlwiderstände

**Projekt: Kampnagel**

|                              |              |                   |
|------------------------------|--------------|-------------------|
| <b>Bodenart</b>              | Auffüllungen |                   |
| <b>Raumgewicht</b>           |              |                   |
| oberhalb der Gründungssohle  | 18           | kN/m <sup>3</sup> |
| unterhalb der Gründungssohle | 10           | kN/m <sup>3</sup> |
| <b>Scherfestigkeit</b>       |              |                   |
| Reibungswinkel               | 30,0         | °                 |
| Kohäsion                     | 0,0          | kN/m <sup>2</sup> |

**EINZELFUNDAMENTE**  $\sigma_{R,d}$  (kN/m<sup>2</sup>)  $\gamma_{R,v} = 1,4$

| Einbindetiefe<br>$t_{min}$ (cm) | Mindestfundamentbreite $b_{min}$ (cm) |     |     |     |     |
|---------------------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
|                                 | 40                                    | 80  | 120 | 160 | 200 |
| <b>20</b>                       | 90                                    | 110 | 130 | 150 | 170 |
| <b>40</b>                       | 160                                   | 180 | 200 | 220 | 240 |
| <b>80</b>                       | 300                                   | 320 | 340 | 360 | 380 |
| <b>120</b>                      | 450                                   | 470 | 490 | 510 | 530 |

**STREIFENFUNDAMENTE\***  $\sigma_{R,d}$  (kN/m<sup>2</sup>)  $\gamma_{R,v} = 1,4$

| Einbindetiefe<br>$t_{min}$ (cm) | Mindestfundamentbreite $b_{min}$ (cm) |     |     |     |     |
|---------------------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
|                                 | 40                                    | 60  | 80  | 100 | 120 |
| <b>20</b>                       | 80                                    | 90  | 100 | 120 | 130 |
| <b>40</b>                       | 120                                   | 140 | 150 | 170 | 180 |
| <b>60</b>                       | 170                                   | 190 | 200 | 210 | 230 |
| <b>80</b>                       | 220                                   | 230 | 250 | 260 | 280 |
| <b>120</b>                      | 310                                   | 330 | 340 | 360 | 370 |

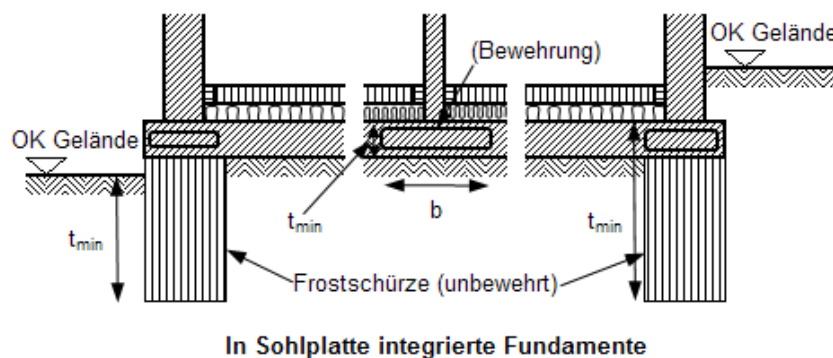
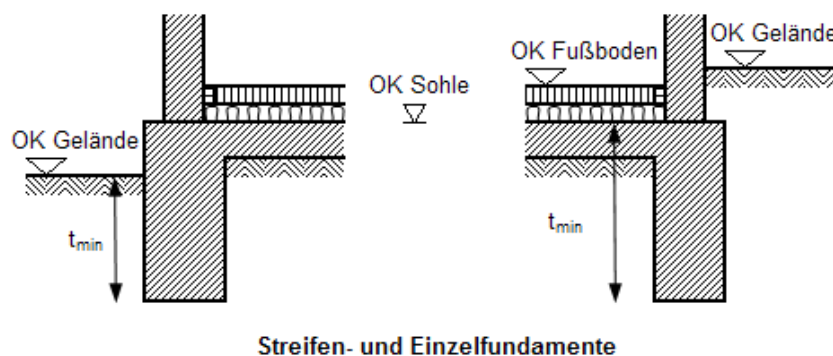
\* Einzelfundamente mit Seitenlängen  $a : b > 2$  gelten als Streifenfundamente

**Tab. 17: Bemessungswerte der Sohlpressungen  $\sigma_{R,d}$   
( $\gamma_{R,v} = 1,4$ ) Gründung auf Sand**

- Einzelfundamente mit einem Seitenverhältnis  $a:b \geq 2$  gelten als Streifenfundamente.
- Zwischenwerte der zulässigen Sohlpressungen können geradlinig interpoliert werden.

Bei bewehrten Fundamentstreifen innerhalb einer Sohlplatte mit konstanter Dicke  $d$  kann die rechnerische Einbindetiefe mit  $t = 1,3 \times d$  in Ansatz gebracht werden.

Der Ansatz der Einbindetiefe der Fundamente ( $t_{\min}$ ) ist aus der Abbildung 30 ersichtlich. Dabei ist die geringste Tiefe der Fundamentunterkante unter dem Geländeniveau oder der Gebäudesohle maßgebend, unabhängig davon ob es sich um ein bewehrtes oder unbewehrtes Fundament handelt.



**Abb. 30: Fundamenteinbindetiefe**

Weitere Grundbruchsicherheiten sind auch den Setzungsberechnungen im Abschnitt 7.2 zu entnehmen.

## 7.2 Setzungen

Zur Einschätzung der resultierenden Setzungen wurden Vergleichsberechnungen mit dem GGU-Programm FOOTING nach DIN 4019 durchgeführt. Dabei wurden 0,8 m tief einbindende Einzel- und Streifenfundamente in den Auffüllungen mit und ohne Torfvorkommen an deren Basis modelliert (s. Abb. 31 bis 34). Den Berechnungen sind auch die maximalen Einwirkungen zur Wahrung der Grundbruchsicherheit zu entnehmen bis zu denen die Setzungen ermittelt werden.

Demnach Fundamentgröße und Spannung bzw. Bodenformation können dabei Setzungen von  $1,0 \text{ cm} \leq s \leq 2,5 \text{ cm}$ , bei sehr ungünstigen Verhältnissen u.U. bis  $s \leq 4,0 \text{ cm}$  auftreten.

## 7.3 Trockenhaltung

Für die Planung von Abdichtungen ist gem. DIN 18533 in und auf Böden, die eine geringere Wasserdurchlässigkeit als  $k_f = 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$  aufweisen, mit dem vorübergehenden Aufstau von Sickerwasser zu rechnen. Dies ist insbesondere für die schluffigen und bindigen Auffüllungen anzunehmen.

Für die aufgeständerten Neubauten brauchen keine Abdichtungen gegen Bodenfeuchte oder drückendes Grundwasser vorgesehen werden. Hier genügen die üblichen Abdichtungen gegen Niederschlagswasser.

Für nachträgliche Abdichtungen im Bestand wären diese DIN-konform gegen drückendes Wasser (Wassereinwirkungsklasse W2.1-E, s. Abb. 35) auszulegen. Jedoch ist vor den Hintergrund der großflächigen Überbauung und Versiegelung der Flächen im Westseitlichen

**Einzelfundament - mit Torfschicht**

Berechnungsgrundlagen:

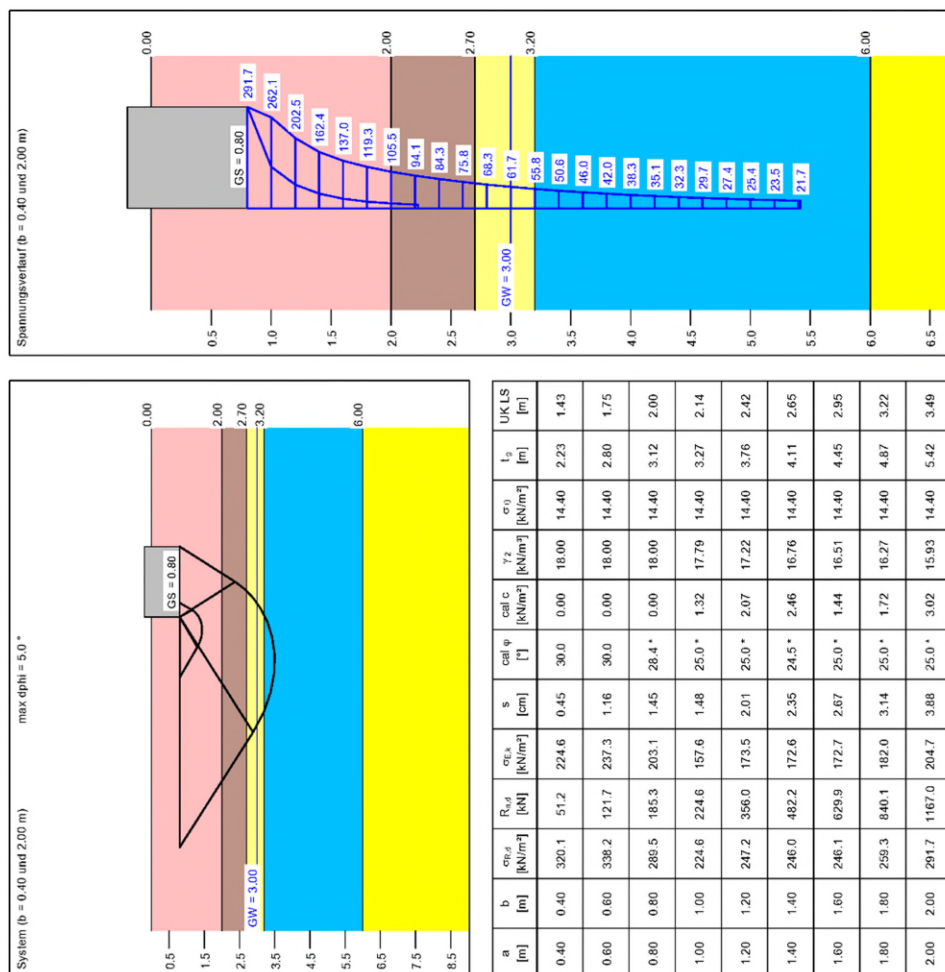
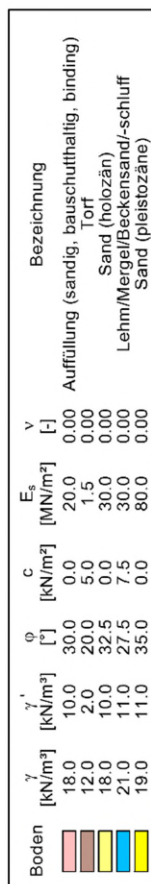
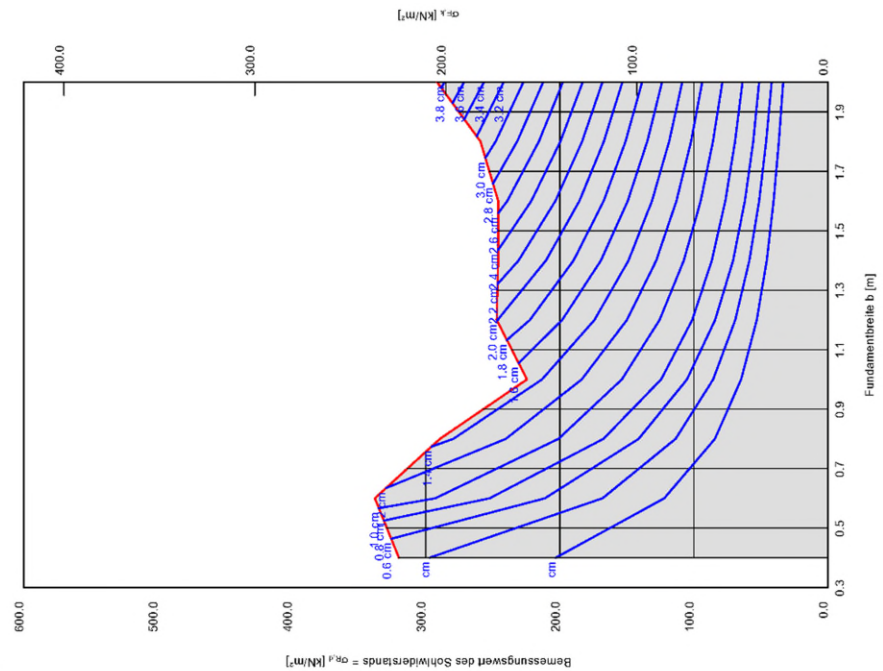
Norm: EC  
GS: DIN 1054; BSP  
Grundrissfläche = 0,80 m<sup>2</sup>  
Grundwasser = 3,00 m  
Teilschubverwehrsicherheit (EC 7)  
Einzelfundament ( $\alpha/b = 1,00$ )  
 $\gamma_{\text{G}} = 1,35$   
 $\gamma_{\text{Q}} = 1,50$

Anteil Verdrängliche Lasten = 0,500

$\eta(\sigma_0) = 0,500 \cdot \gamma_G + (1 - 0,500) \cdot \gamma_Q$   
 $\eta(\sigma_0) = 1,425$

Grenzzustand spannungsvariabel bestimmt

Schlurdruck      Setzungen

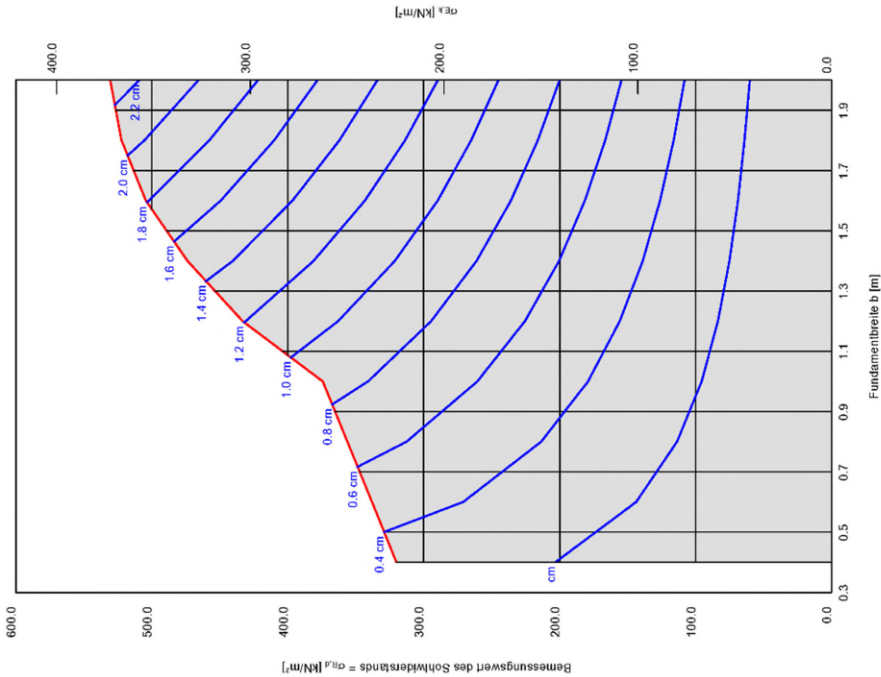


\* phi wegen 5° Bedingung abgemindert  
 $\sigma_{F\perp} = \sigma_{\text{Balk}} / (\eta_{\text{Balk}} \cdot \eta_{\text{Guss}}) = \sigma_{\text{Balk}} \cdot (1,40 \cdot 1,43) = \sigma_{\text{Balk}} / 1,99$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0,50

**Abb. 31: Grundbruchfigur, Spannungsverlauf und rechnerische Setzungen (cm), Einzelfundamente, mit Torf gem. RKS 1 / 6137**

Einzelfundament - ohne Torfschicht

Berechnungsgrundlagen:  
Norm: EC 7  
BS: DIN 1054; BS-P  
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
Einzelfundament (a/b = 1,00)  
 $\gamma_{\text{GK}} = 1,40$   
 $\gamma_{\text{GK}} = 1,35$   
 $\gamma_{\text{GK}} = 1,50$   
Anteil Veränderliche Lasten = 0,500  
 $\gamma_{\text{GK}} = 0,500 \cdot \gamma_{\text{GK}} + (1 - 0,500) \cdot \gamma_{\text{GK}}$   
 $\gamma_{\text{GK}} = 1,425$   
Gründungssohle = 0,80 m  
Grundwasser = 3,00 m  
Grenztiefe mit  $p = 20,0 \%$   
Grenztafel spannungsvariabel bestimmt  
Sohlgedruck  
Setzungen



| Boden | $\gamma$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma'$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\phi$<br>[°] | c<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $E_s$<br>[MN/m <sup>2</sup> ] | v<br>[-] | Bezeichnung                                  |
|-------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------|---------------------------|-------------------------------|----------|----------------------------------------------|
| 18.0  | 18.0                             | 10.0                              | 30.0          | 0.0                       | 20.0                          | 0.00     | Auffüllung (sandig, bauschuttartig, binding) |
| 18.0  | 18.0                             | 10.0                              | 32.5          | 0.0                       | 30.0                          | 0.00     | Sand (holozän)                               |
| 21.0  | 21.0                             | 11.0                              | 27.5          | 7.5                       | 30.0                          | 0.00     | Lehm/Mergel/Beckensand/-schluff              |
| 19.0  | 19.0                             | 11.0                              | 35.0          | 0.0                       | 80.0                          | 0.00     | Sand (pleistozän)                            |

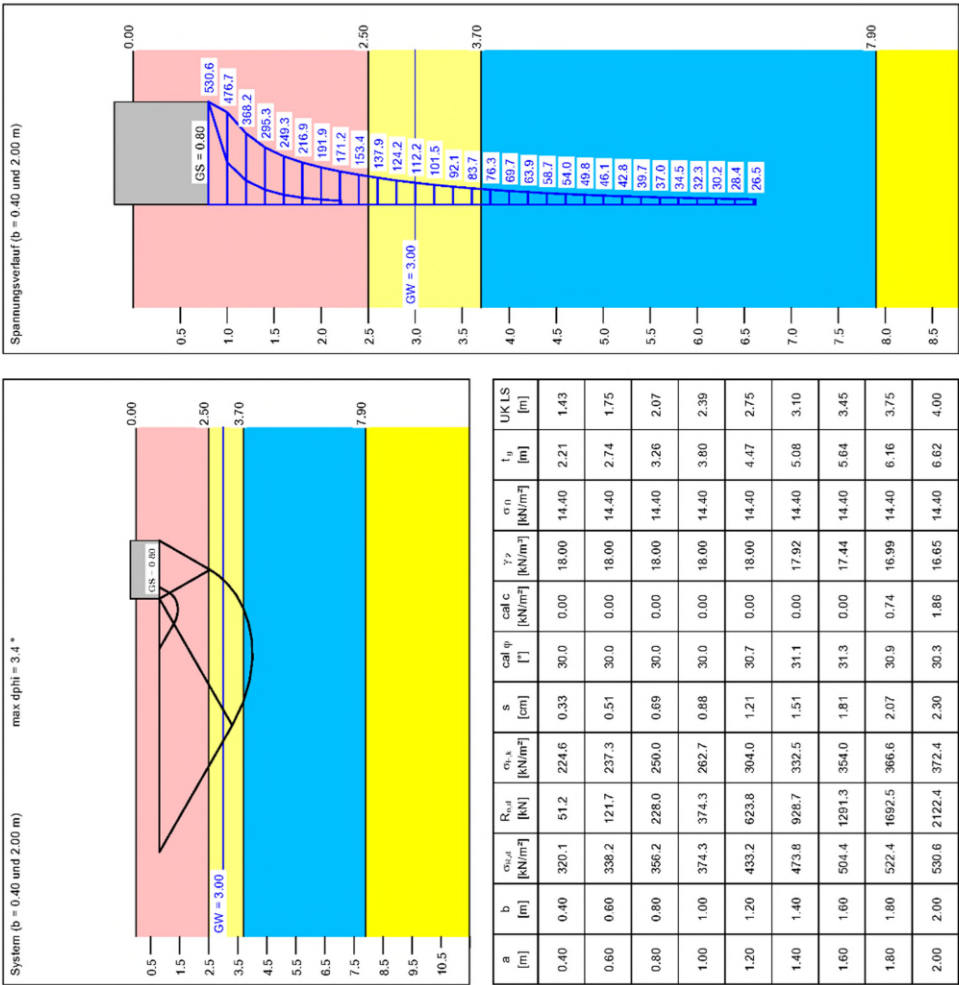


Abb. 32: Grundbruchfigur, Spannungsverlauf und rechnerische Setzungen (cm), Einzelfundamente, ohne Torf gem. KRB 11



Streifenfundament - ohne Torfschicht

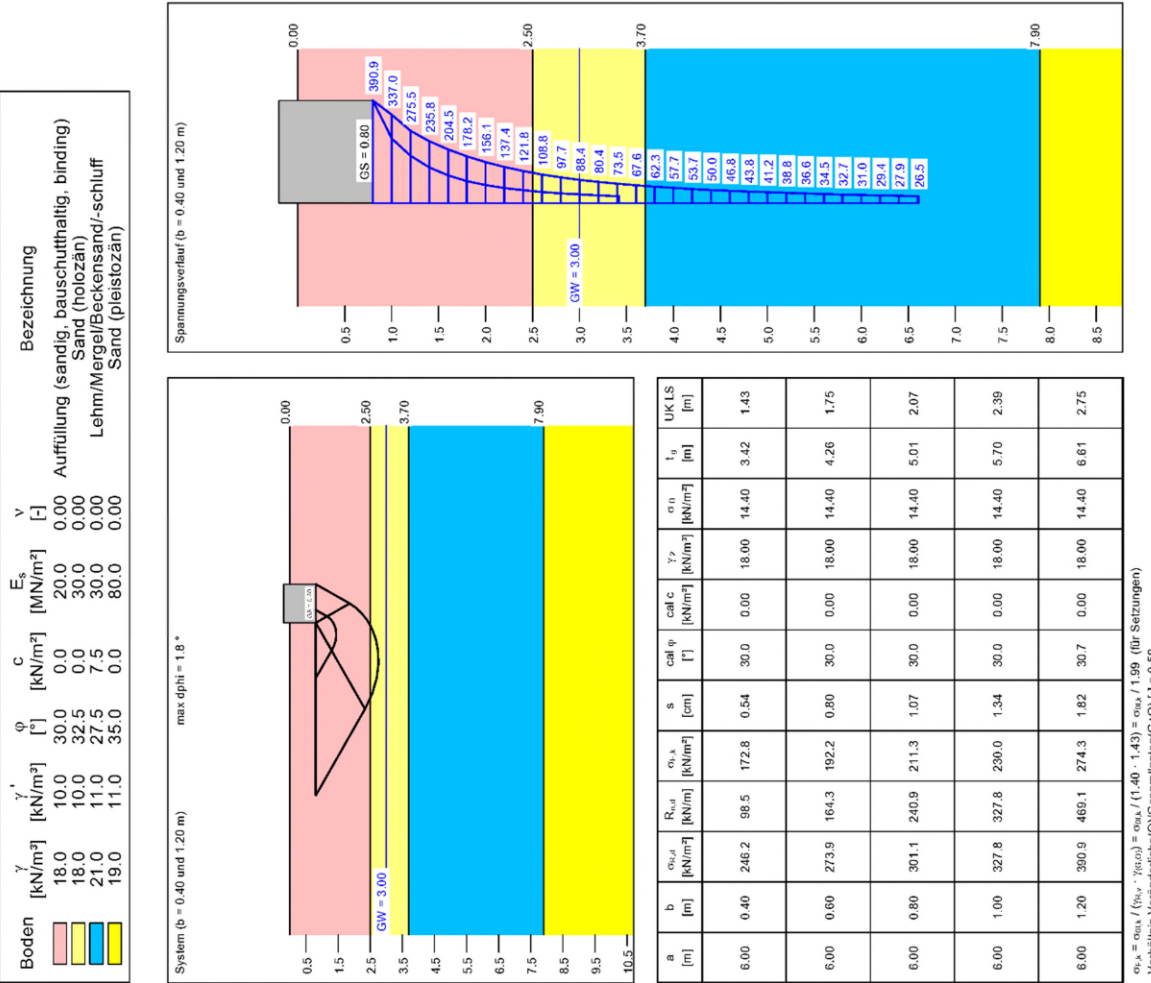
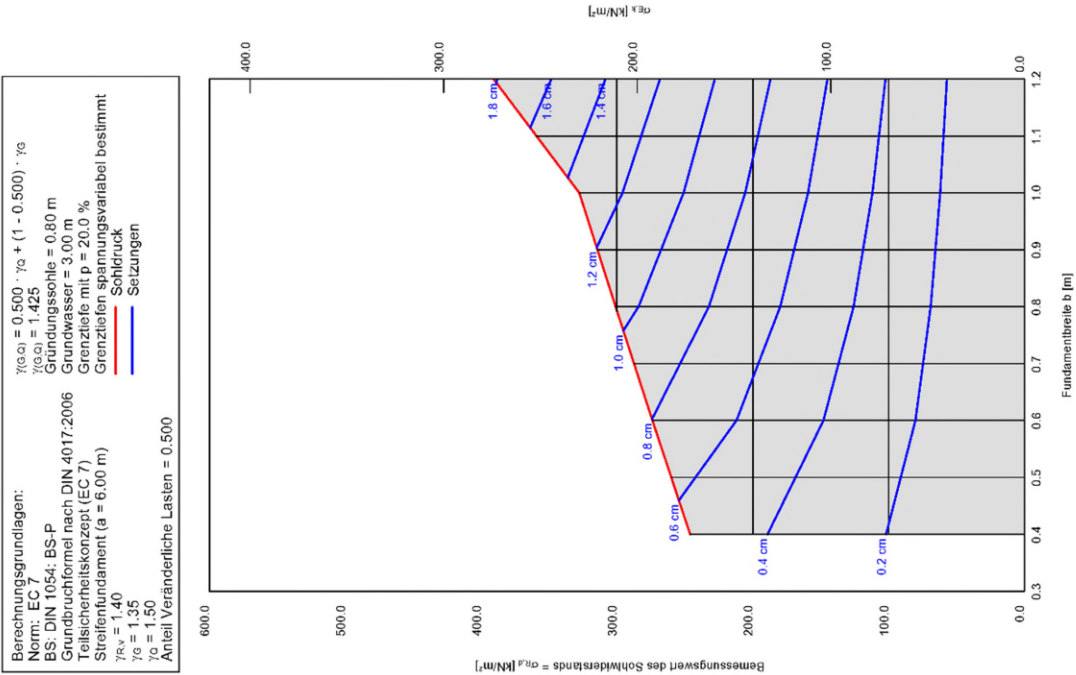
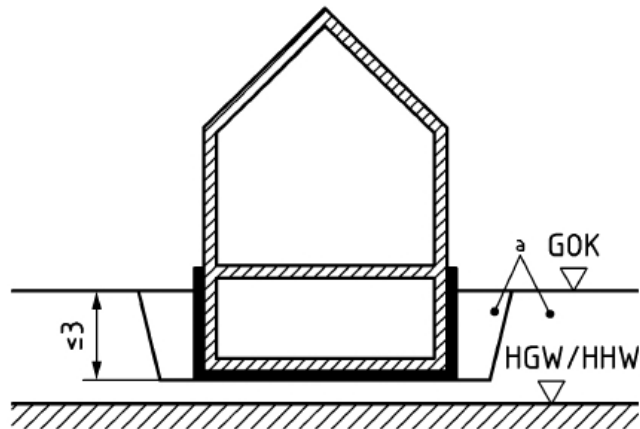


Abb. 34: Grundbruchfigur, Spannungsverlauf und rechnerische Setzungen (cm), Streifenfundamente, ohne Torf gem. KRB 11

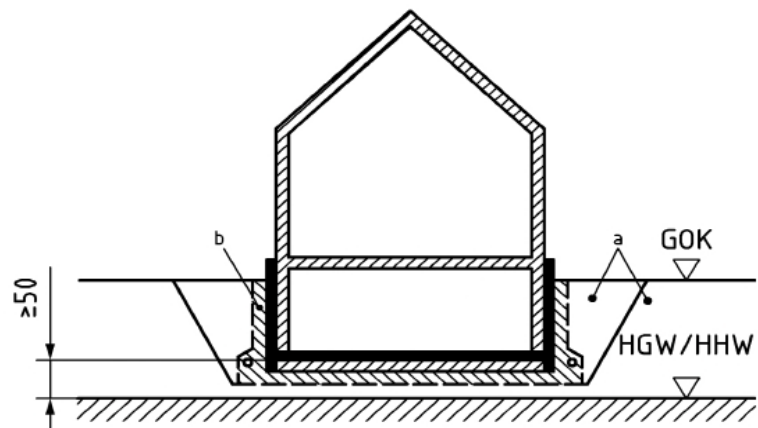
in den Randbereichen der Gebäude mit versickerten Niederschlagwasser zu rechnen, dessen Aufstau hier bei Bedarf mit Hilfe von Bauwerksdränagen in Anlehnung an die DIN 4095 begrenzt werden kann. Dann darf auch die Wassereinwirkungsklasse W1.2-E gegen Bodenfeuchte und nicht Stauendes Sickerwasser angesetzt werden (s. Abb. 36).



### Legende

a wenig wasserdurchlässig

**Abb. 35: W2.1-E ohne Dränung**



### Legende

a wenig wasserdurchlässig

b Dränung

**Abb. 36: W1.2-E mit Dränung**

Alternativ können die erdberührenden Bauteile (Beanspruchungsklasse 1 gemäß WU-Richtlinie) als wasserdruckhaltende Betonkonstruktion gegen drückendes Wasser bzw. Beanspruchungsklasse 2 gegen Bodenfeuchte und nicht stauendes Sickerwasser abgedichtet werden. Bei einer 'Weißen Wannen' wird durch Wasserdampfdiffusionsvorgänge weiterhin Luftfeuchtigkeit anfallen. Daher ist eine ausreichende Luftzirkulation zu planen. Auf den sorgfältigen Einbau von Fugenbändern an Dehnungs- und Arbeitsfugen sowie zwischen den Außenwänden und der Sohle ist zu achten. Bei höherwertiger Nutzung (Nutzungsklasse A) empfehlen wir, ggf. einen Bauphysiker hinzuzuziehen.

Für eine Abdichtung von Gebäuden ist neben der Vertikalabdichtung auf den Außenwänden auch eine wirksame Horizontalabdichtung auf der Kellersohle vorzusehen, die bis in die aufgehenden Wände zu führen und an die Vertikalabdichtung anzuschließen ist.

Eine ordnungsgemäße Abdichtung gegen drückendes Wasser ist im Bestand nur äußerst aufwendig und kostenintensiv umzusetzen. Aber selbst eine Abdichtung gegen Bodenfeuchte und nicht stauendes Sickerwasser kann im Bestand sehr aufwendig und nicht überall umsetzbar sein. Abdichtungen im Bestand müssen häufig abweichend zur Norm als Kompromisslösung vorgenommen werden, um noch wirtschaftlich zu sein.

## **8. Hinweise zur Bauausführung**

### **8.1 Erdarbeiten**

Die verbreitet vorkommenden, bindigen und/oder schluffigen Auffüllungen mäßiger Tragfähigkeit empfehlen wir in Aushubebene für neue Sohlen bzw. Streifenfundamente bis  $\geq 0,3$  m unter UK Sohle bzw. UK Fundamentbalken abzutragen und gegen mitteldicht verdichtete Sande oder Sand-Kies-Gemische zu ersetzen.

Der Aushub der Auffüllungen ist ab 0,5 m über der geplanten Aushubebene rückschreitend und mit Lösewerkzeugen ohne Zähne auszuführen und die Aushubebene ist vor Frost zu schützen. Der Einbau der Austauschsande hat vor Kopf zu erfolgen. Tiefere Aushubebenen sollen nicht mit Baufahrzeugen befahren werden. In das Sandpolster kann während der Bauzeit eine offene Wasserhaltung zum Fassen und Ableiten von in der Baugrube anfallendem Niederschlags- und Schichtenwasser eingebaut werden.

Für den Bodenaustausch eignen sich schluffarme Sande (Schluffanteil  $< 3,0$  Gew.-%), die eine starke Durchlässigkeit von  $k > 1 \times 10^{-4}$  m/s aufweisen.

## 8.2 Verdichtungsanforderungen, Kontrollprüfungen

Das Sandpolster ist in Lagen von ca. 20 cm bis 40 cm dicke aufzubringen und mit einem leichten bis mittelschweren Oberflächenrüttler (abgestimmt auf die Schichtdicke) auf eine mitteldichte Lagerung zu verdichten. Bei der Prüfung mit der leichten Fallplatte nach TP BF-StB 8.3 soll ein Verformungsmodul von  $E_{vd} \geq 25$  MN/m<sup>2</sup> erzielt werden.

Die Verdichtung von Sandauffüllungen  $\geq 80$  cm, z.B. von Grabenverfüllungen der Ver- und Entsorgungsleitungen, ist mit der regional üblichen leichten Rammsonde DPL-5 (DIN 4094-3) zu kontrollieren. Unterhalb der oberen Störzone von ca. 30 cm Tiefe sollen die Schlagzahlen je 10 cm Eindringung  $N_{10}$  i.M.  $\geq 10$ , mindestens aber  $N_{10} = 7$  betragen.

Für Verdichtungskontrollen auf Tragschichten von Verkehrsflächen sind die Verformungsmoduln mit dem statischen Lastplattendruckversuch nach DIN 18134 nachzuweisen.

### 8.3 Baugrubensicherung

Eine geböschte Baugrube kann nach DIN 4124 unter Neigungen von  $45^\circ$  (Auffüllung) ausgeführt werden, wenn ein Streifen von  $\geq 1,0$  m Breite von Stapel- und Lagerlasten frei gehalten wird und es die Örtlichkeiten zulassen. Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht von  $> 12$  t müssen einen Abstand von mindestens  $2,0$  m einhalten. Bis in Tiefen von max.  $1,25$  m Tiefe dürfen ausreichend stand-sichere Baugruben nach DIN 4124 auch kurzzeitig annähernd senkrecht ausgeführt werden.

Sofern aus Platzgründen ein Verbau erforderlich wird, kann bei ausreichenden Platzverhältnissen ein ggf. Träger-Bohl-Verbau gewählt werden, der nach den Regeln der EAB<sup>3</sup> zu bemessen und bei Aushubmaßnahmen unter den beinzeitlichen Bemessungswasserstand im Schutz einer Grundwasserabsenkung auszuführen ist. Bereichsweise können ggf. auch Grabenverbaugeräte (Systemschalungen z.B. Krings-Verbau) In beengten Bereichen sind auch unkonventionelle Holzverbauten denkbar, die in Anlehnung an vertikale oder horizontale Normverbauten vorzunehmen und erforderlichen Falls gesondert zu bemessen sind.

Insbesondere über bindigen Schichten kann es niederschlagsbedingt zum Ausbluten von Schichtenwasser kommen. Hier kann eine Vliesvorlage zur Vermeidung von Sandentzug sinnvoll sein.

Können kleinere Bewegungen und Setzungen im Einflussbereich des Verbaus zugelassen werden bzw. sind diese möglich, darf der aktive Erddruck mit einem Wandreibungswinkel von  $\delta_k = \frac{2}{3} \varphi'$  in Ansatz gebracht werden. Ansonsten ist ein erhöhter aktiver Erddruck in An-

---

<sup>3</sup> Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB), 4. Auflage (zuletzt geändert am 08.11.2012)

satz zu bringen. Strahlen Gebäudelasten auf den Verbau aus, empfehlen wir einen verformungsarmen Verbau und einen erhöhten aktiven Erddruck vorzusehen.

Die Standsicherheit der Bestandsgebäude darf in keinem Bauzustand gefährdet werden. Vor Baubeginn sind die Lage von Leitungen in Baugrubennähe zu prüfen und die Gründungsebenen benachbarter Bauwerke (z.B. Gebäude, Schächte, etc.) zu erkunden sowie die Baugrube in Schnitten darzustellen, um die Sicherheitsmaßnahmen im Detail planen zu können.

#### **8.4 Wasserhaltung**

Für die Herstellung von Abdichtungen und Sohlab schnitten oder Fundamenten können Tagwasser und der Baugrube zu sickern des Schichtenwasser erforderlichen Falls mit einer offenen Wasserhaltung (Kokosdrän DN 100) im empfohlenen Sandpolster gefasst und mit Hilfe örtlicher Pumpensümpfe DN 100 abgeleitet werden.

Bei der Planung neuer Fundamente und Grundleitungen sollten Erdarbeiten bis unter den Grundwasserspiegel vermeiden werden (ab ca. +3,5 mNHN). Zur temporären Absenkung des Grundwassers ist sonst eine geschlossene Wasserhaltung erforderlich, die beispielsweise mit Kleinfiltersvakuumanlagen vorgenommen werden kann.

Für die Installation einer Wasserhaltung und die Einleitung ins öffentliche Sielsystem oder einen Vorfluter sind bei den zuständigen Behörden rechtzeitig vor Baubeginn ( $\geq$  zehn Monate) die erforderlichen Genehmigungen einzuholen. Bei der Einleitung in ein Siefallen Benutzungsgebühren an.

Insbesondere bei längerfristigen und / oder tieferen Grundwasserabsenkungen können sich durch Wichteänderungen im Boden oder durch

die Entwässerung bindiger und / oder organischer Schichten Geländesetzungen ergeben, die bei darin gegründeten Gebäuden zu entsprechenden Mitnahmesetzungen führen können. Je nach Versprödungszustand können sich bereits bei kleinen Setzungen feine Risse bilden oder bestehende Risse aufweiten.

## **8.5 Umwelttechnische Hinweise**

Aus umwelttechnischer Sicht sind für die Wiederverwendung und den Einbau von Bodenaushub die 'Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen' der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) zu beachten.

Werden Recycling-Materialien angeboten, dürfen sie nur entsprechend den technischen Regeln der LAGA eingebaut werden. Entsprechende Zertifikate bzw. behördliche Nachweise, aus denen die Einbauklasse gem. LAGA hervorgeht, sind vor dem Einbau durch den Lieferanten vorzulegen. Ob der Einbau von Materialien mit Zuordnungswerten  $> Z\ 0$  gem. LAGA seitens des Bauherrn und den Behörden gestattet ist, muss vor Baubeginn geprüft werden. Für Dränmaterialien sind nur  $Z\ 0$ -Böden zuzulassen.

Ab dem 01.08.2023 tritt die Ersatzbaustoffverordnung in Kraft, die zur Bewertung der Einbaumöglichkeiten heranzuziehen ist. Für die Abfallbeseitigung werden aber zunächst weiterhin LAGA- und DepV-Analysen erforderlich sein.

## **9. Zusammenfassung**

Auf dem Theatergelände des denkmalgeschützten Hallenkomplexes Kampnagel sind grundlegende Sanierungsmaßnahmen und Neubauten geplant. Dabei handelt sich insbesondere um die Überbauung des Foyers

(K7) und ein Gästehaus sowie um zahlreiche kleinere und größere Umbauten in den vorhandenen Räumlichkeiten.

In den Baugrundaufschlüssen sind zunächst inhomogen zusammengesetzte, zumeist bauschutthaltige Auffüllungen (Z 2 bis  $\geq$  Z 0/ DK 0 bis DK II) über Sandauffüllungen (Z 0) vorhanden, die örtlich von Torf und/oder aufgefülltem Geschiebelehm unterlagert werden. Die Auffüllungen werden zunächst von natürlichen Geschiebeböden und Beckensedimenten unterlagert und zur Tiefe von Schmelzwassersanden und Geschiebemergel.

Umbaumaßnahmen mit geringen Lasten können im Rahmen der Sanierung mit Flachgründungen in den Auffüllungen erfolgen, wenn die resultierenden Setzungen (etwa 1 cm bis 3 cm) in Kauf genommen werden und die Grundbruchsicherheit gewährleistet ist. Sonst müssen die Fundamente auf die natürlichen Böden tiefer geführt oder Tiefgründungen geplant werden.

Für die aufgeständerten Neubauten des Foyers und des Gästehauses ist schon aufgrund der hohen Stützenlasten eine Tiefgründung erforderlich, die bis in den gut tragfähigen gewachsenen Sandhorizont zu führen ist.

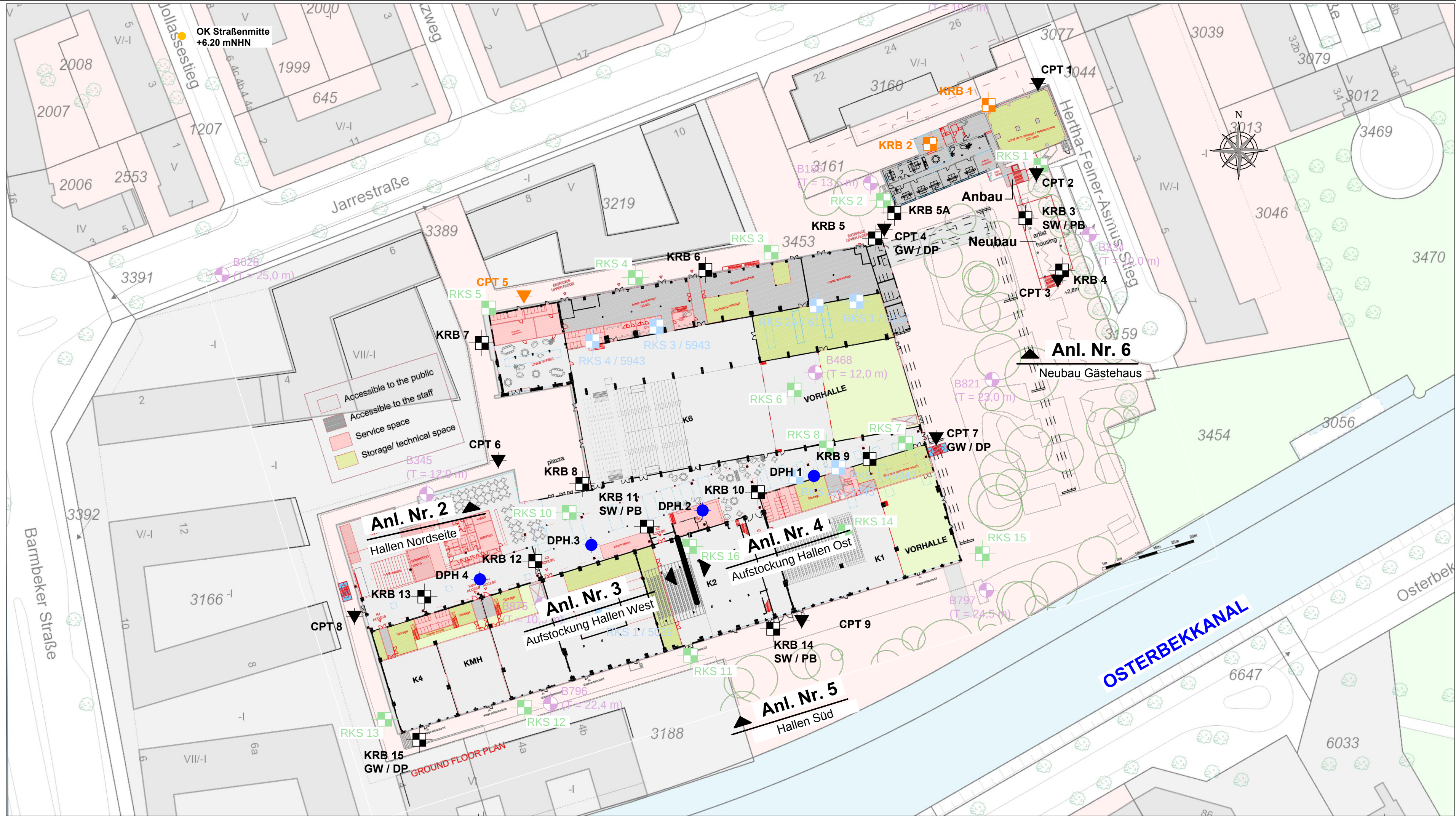
Wir empfehlen für die Gründung des Gästehauses Vollverdrängungsbohrpfähle z.B. vom Typ Fundex oder Atlas zu verwenden. In beengten Bereichen, in denen die großen und schweren Bohrgeräte nicht zum Einsatz kommen (Gründung K7 im Foyer), können Mikropfähle (z.B. vom Typ Ischebeck) eingesetzt werden.

In den Sanden wurden während der Baugrunderkundungen Grundwasserstände angetroffen. Das Grundwasser (XA 0 bis XA 2) wird durch den Wasserstand des angrenzenden Osterbekkanals beeinflusst und steht regelmäßig ab etwa 3,0 m unter der Geländeoberfläche ( $\sim +3,0$  mNHN) an, kann infolge eines Binnenhochwassers aber empfindlich aufstehen (HGW/HWW  $+4,0$  mNHN). In den inhomogenen Auffüllungen kann sich

versickerndes Niederschlagswasser Versiegelungsgradabhöhung zeitweise bis zur Geländeoberkante aufstauen, was bei nachträglichen Abdichtungsmaßnahmen zu berücksichtigen wäre.

**BURMANN, MANDEL + PARTNER**  
Beratende Ingenieure für Geo- und Umwelttechnik





Legende:

- Kleinrammbohrung nach DIN EN ISO 22475-1
- Kleinrammbohrung nicht ausgeführt
- Drucksondierung nach DIN EN ISO 22476-1
- Drucksondierung nicht ausgeführt

**SW** Stauwasserprobe

**GW** Grundwasserprobe

- DPH 1
- schwere Rammsondierung nach DIN EN ISO 22476-2

- Höhenbezugspunkt für das Aufmaß der Baugrundaufschlüsse

Altaufschluss

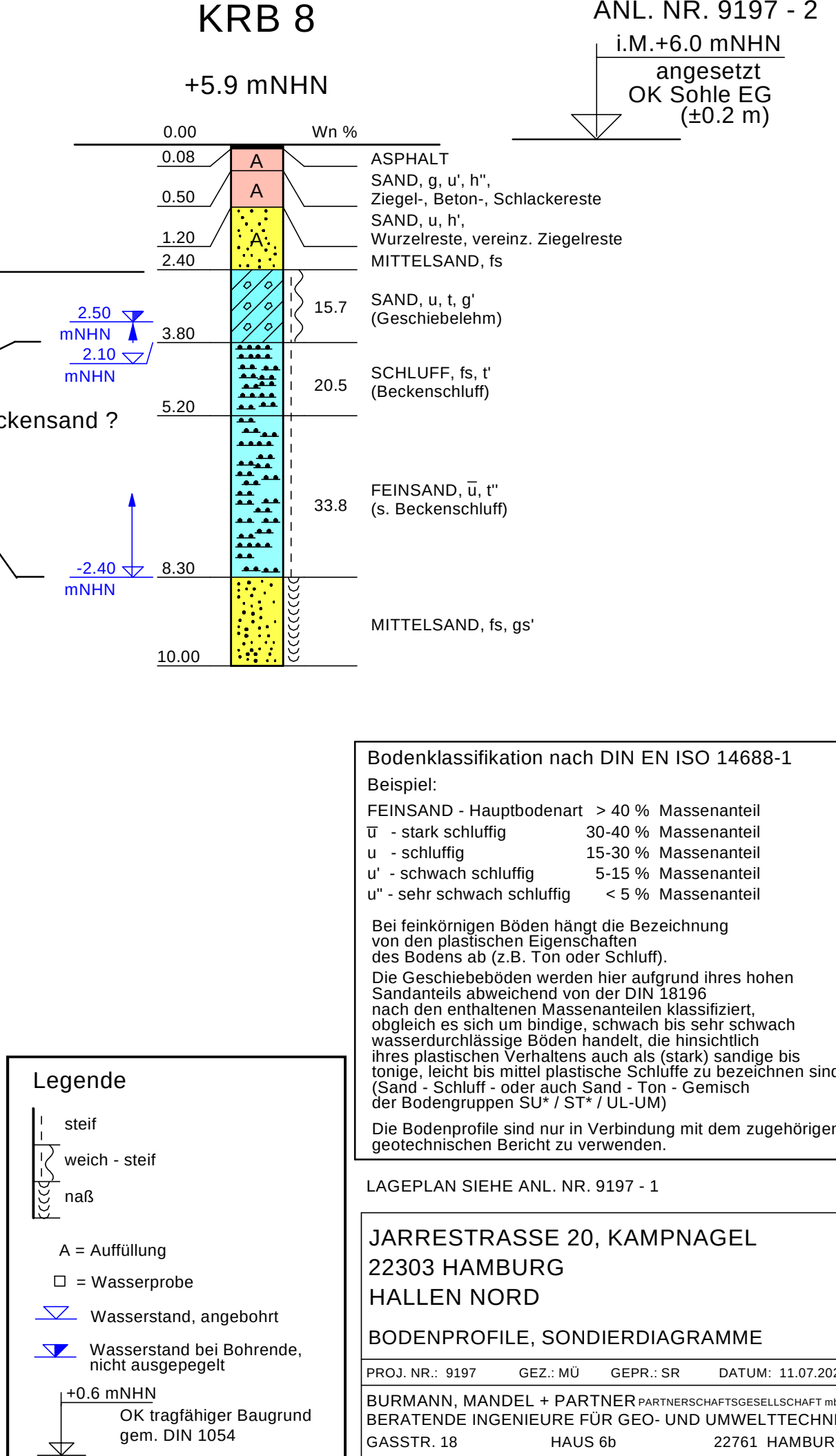
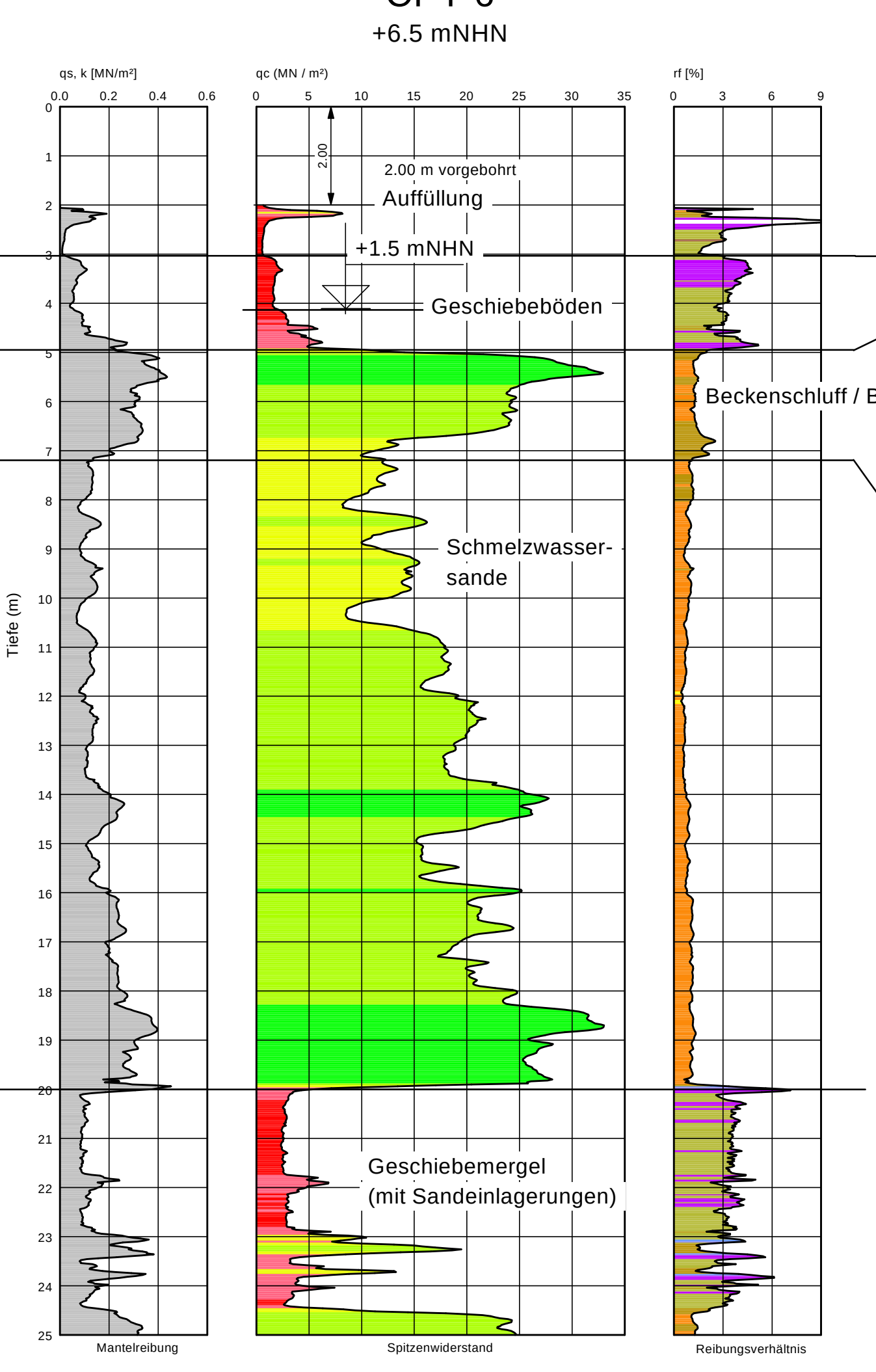
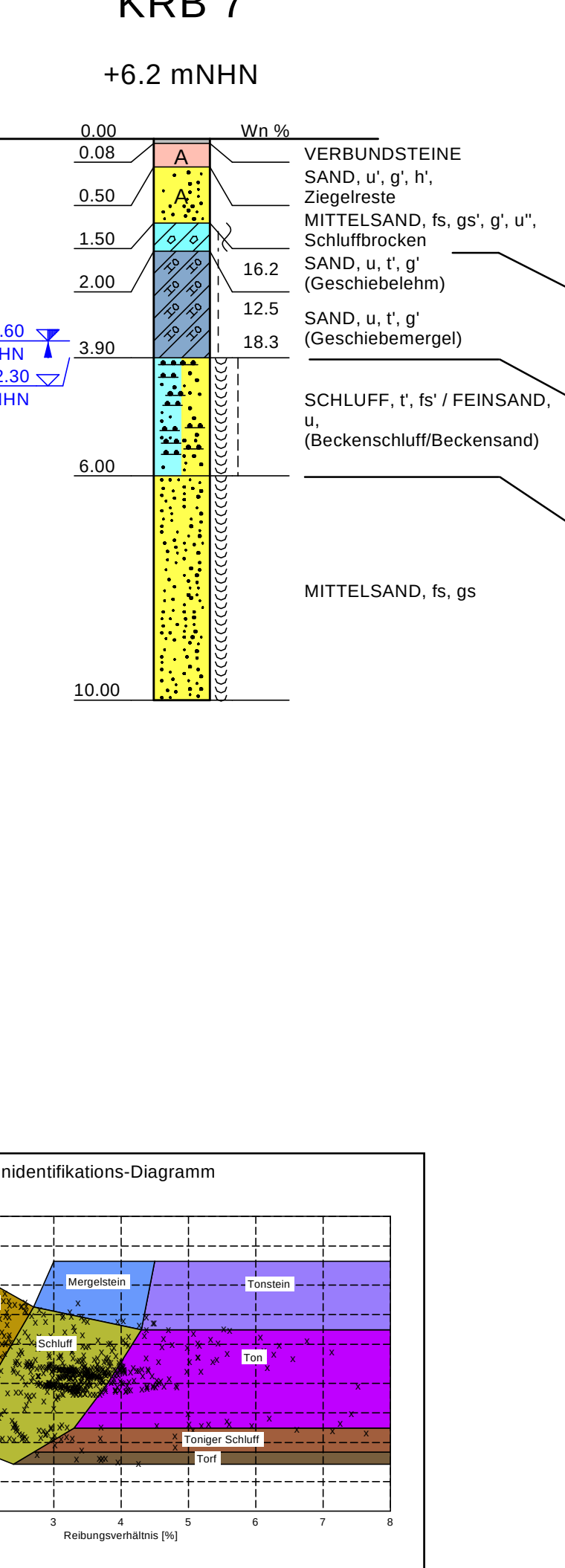
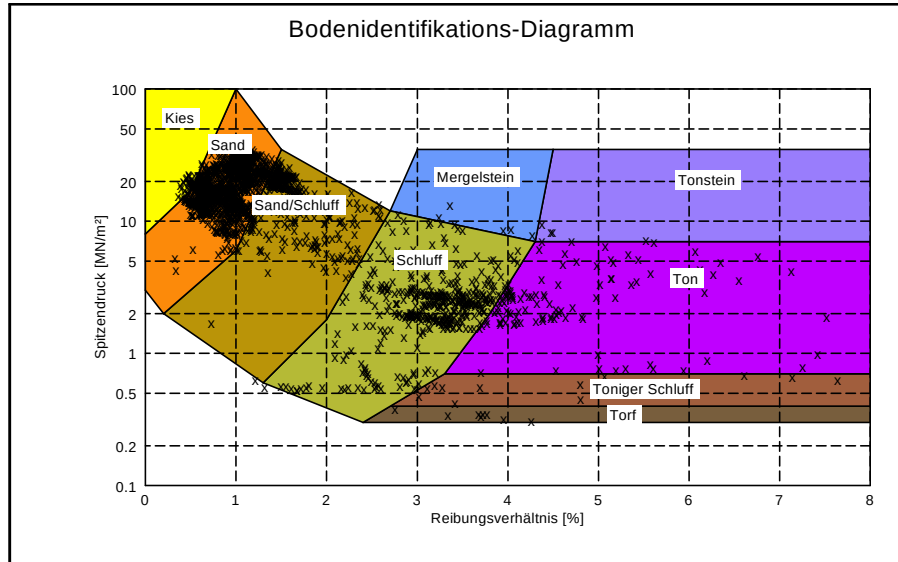
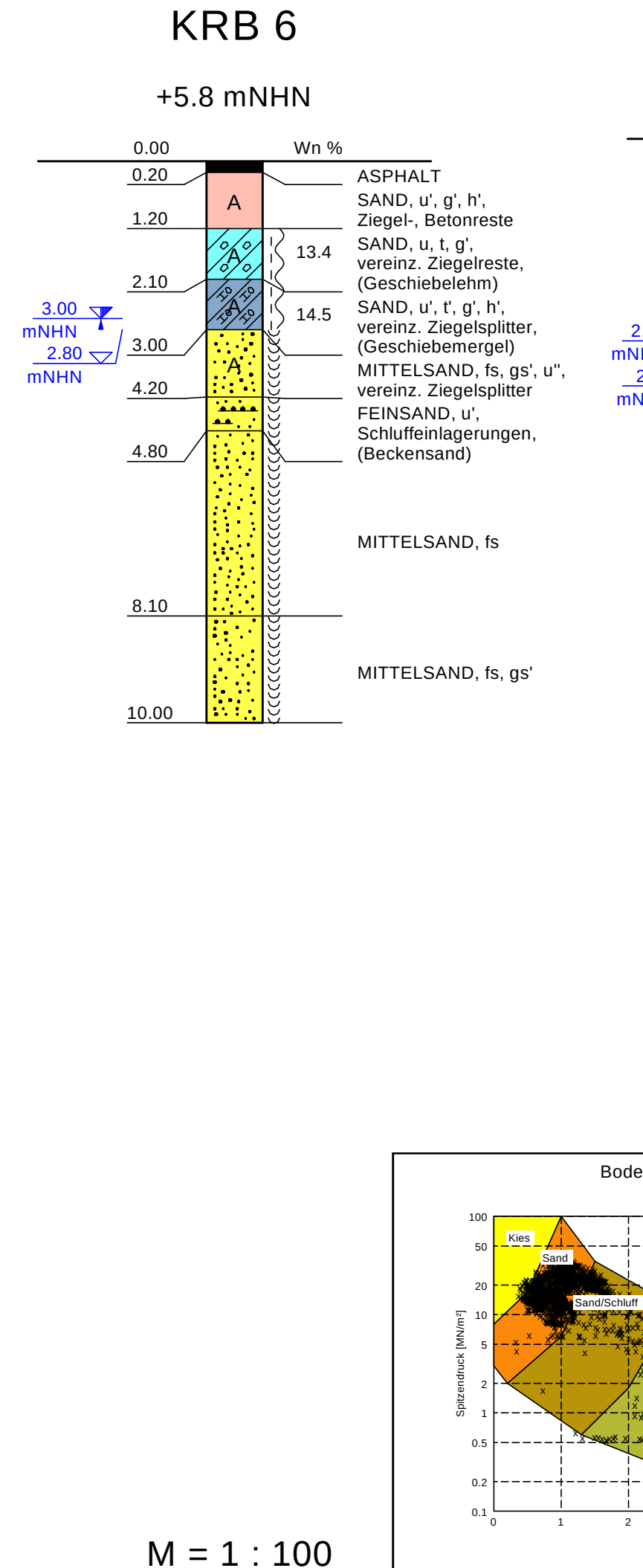
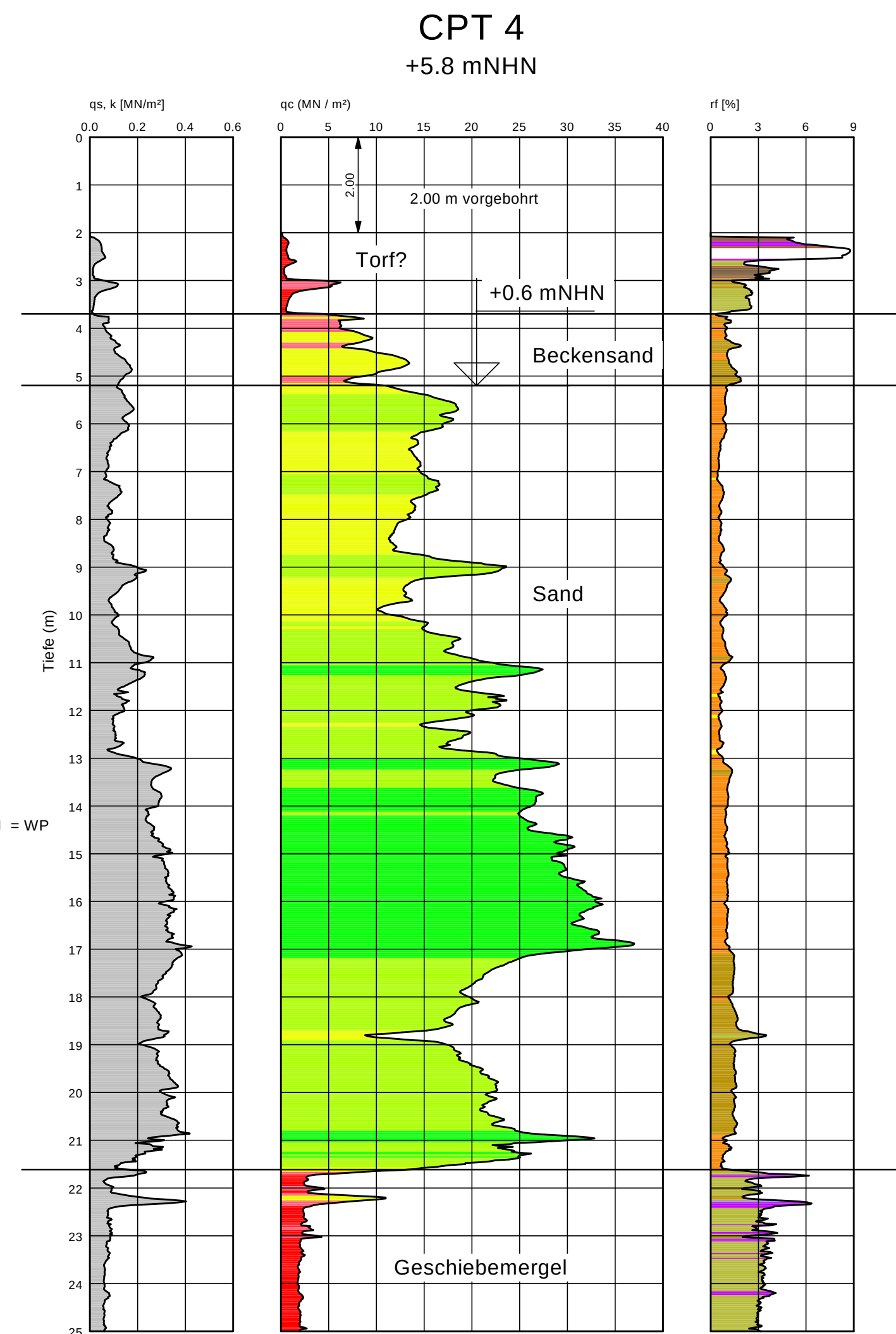
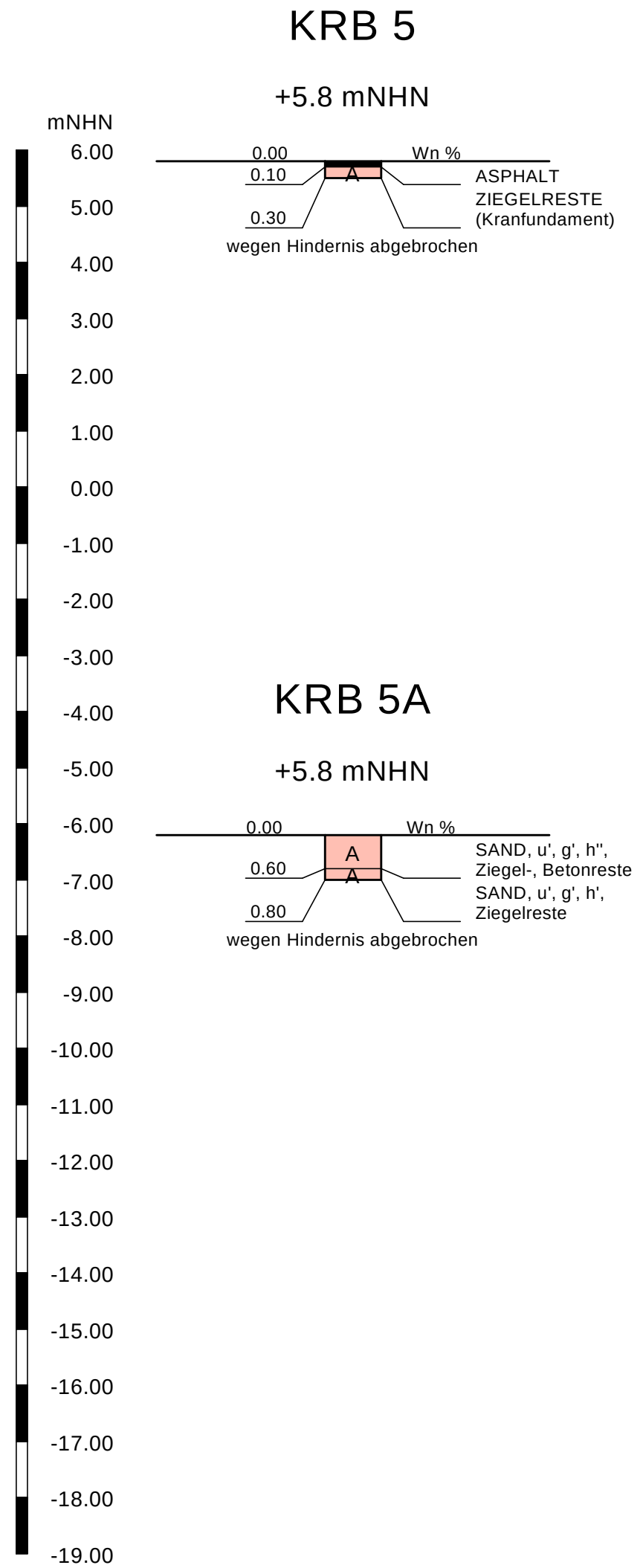
- Bohrung (Altaufschlüsse GLA)
- Kleinrammbohrung (BMP Proj. Nr. 7667 2017, T = 5,0 m)
- Kleinrammbohrung (BMP, T = 6,0 m)

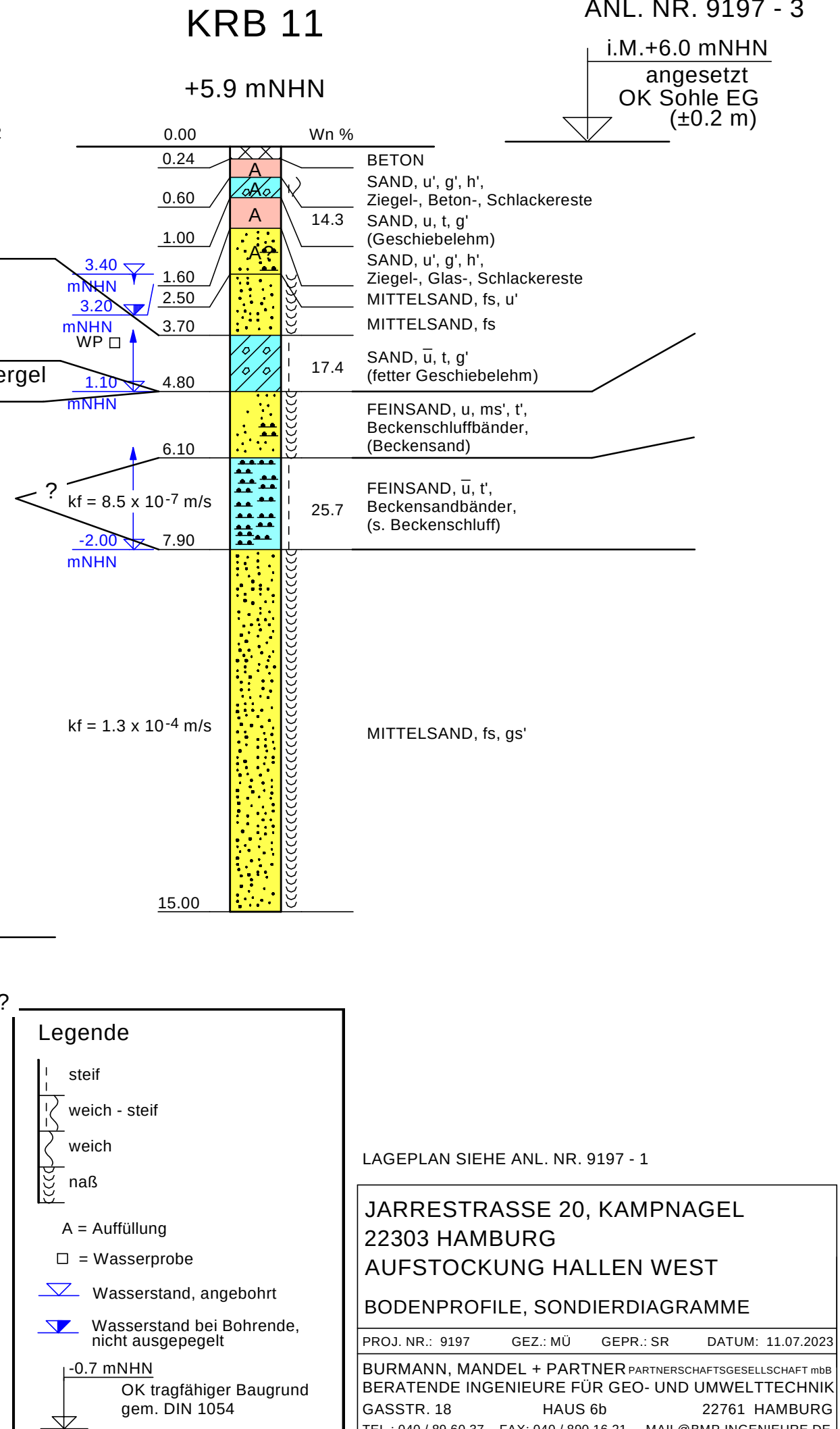
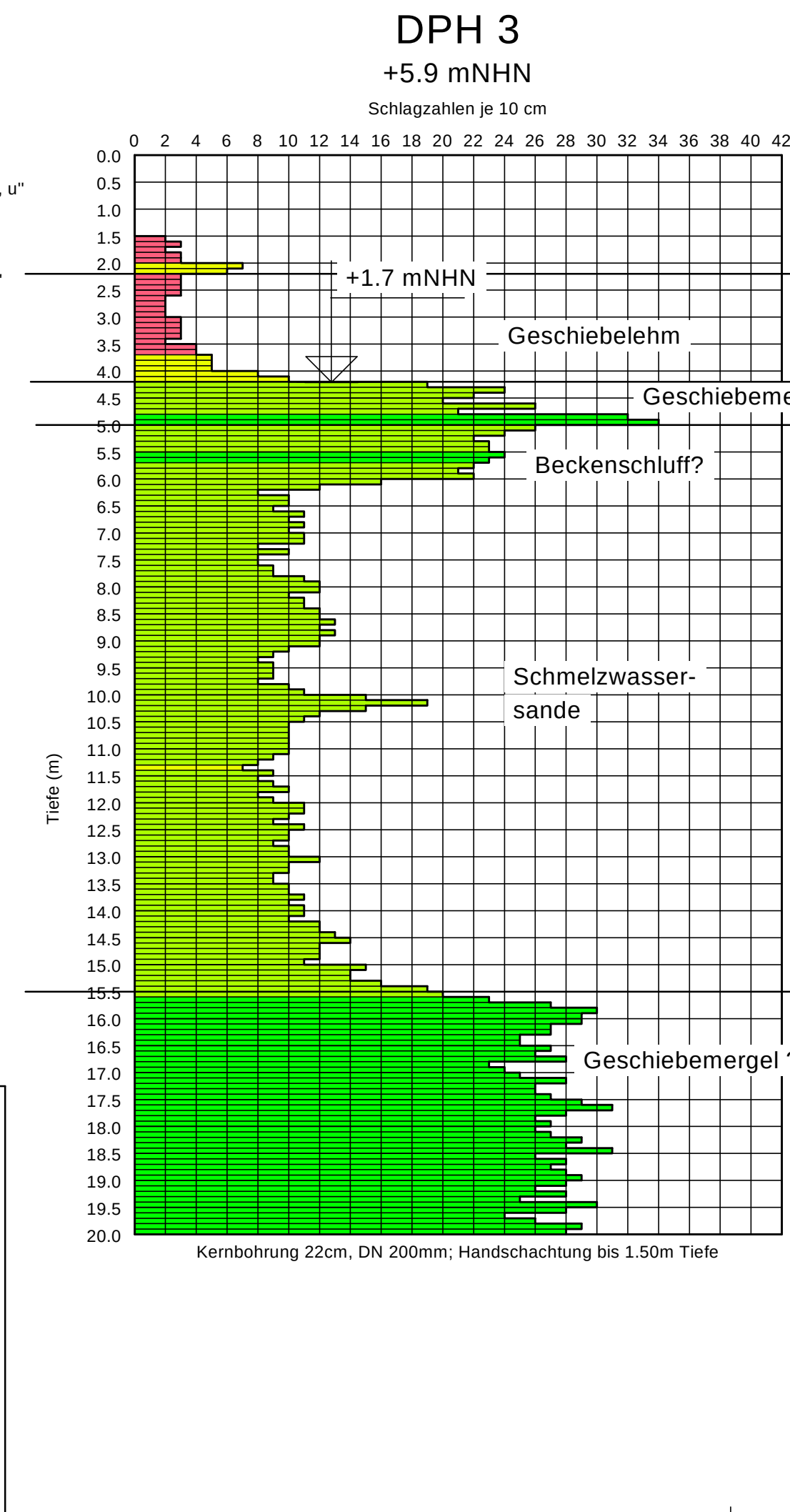
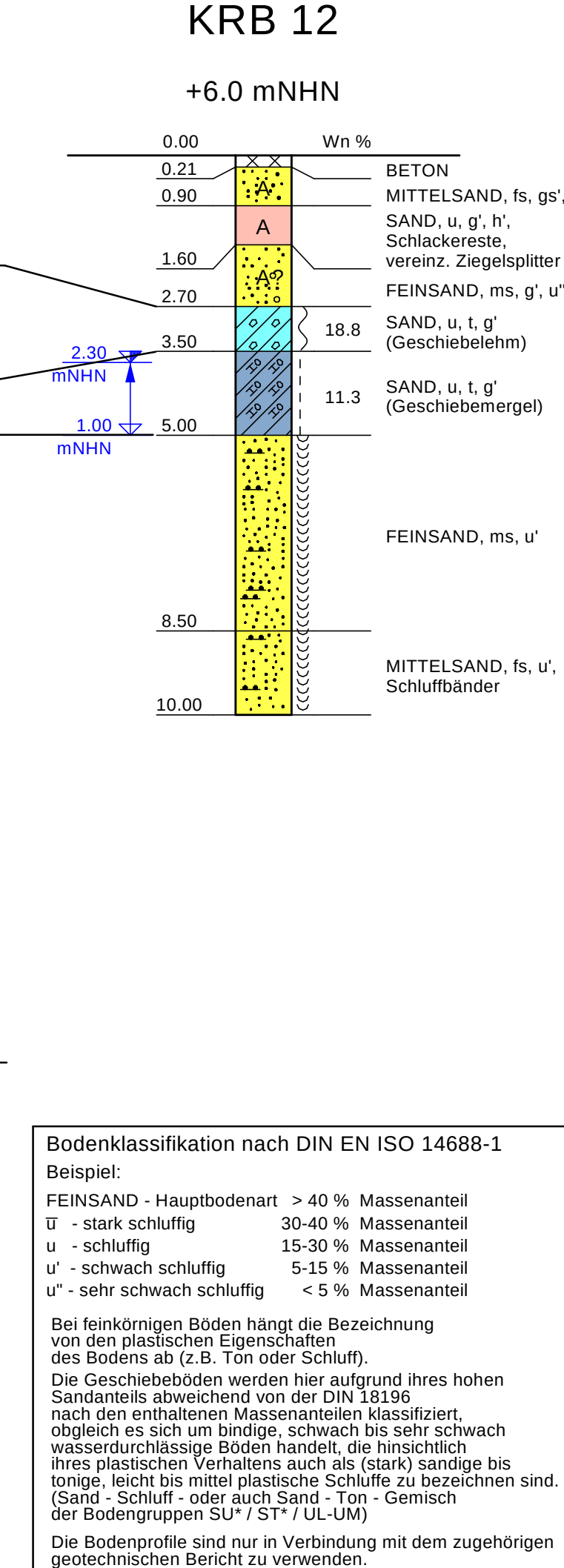
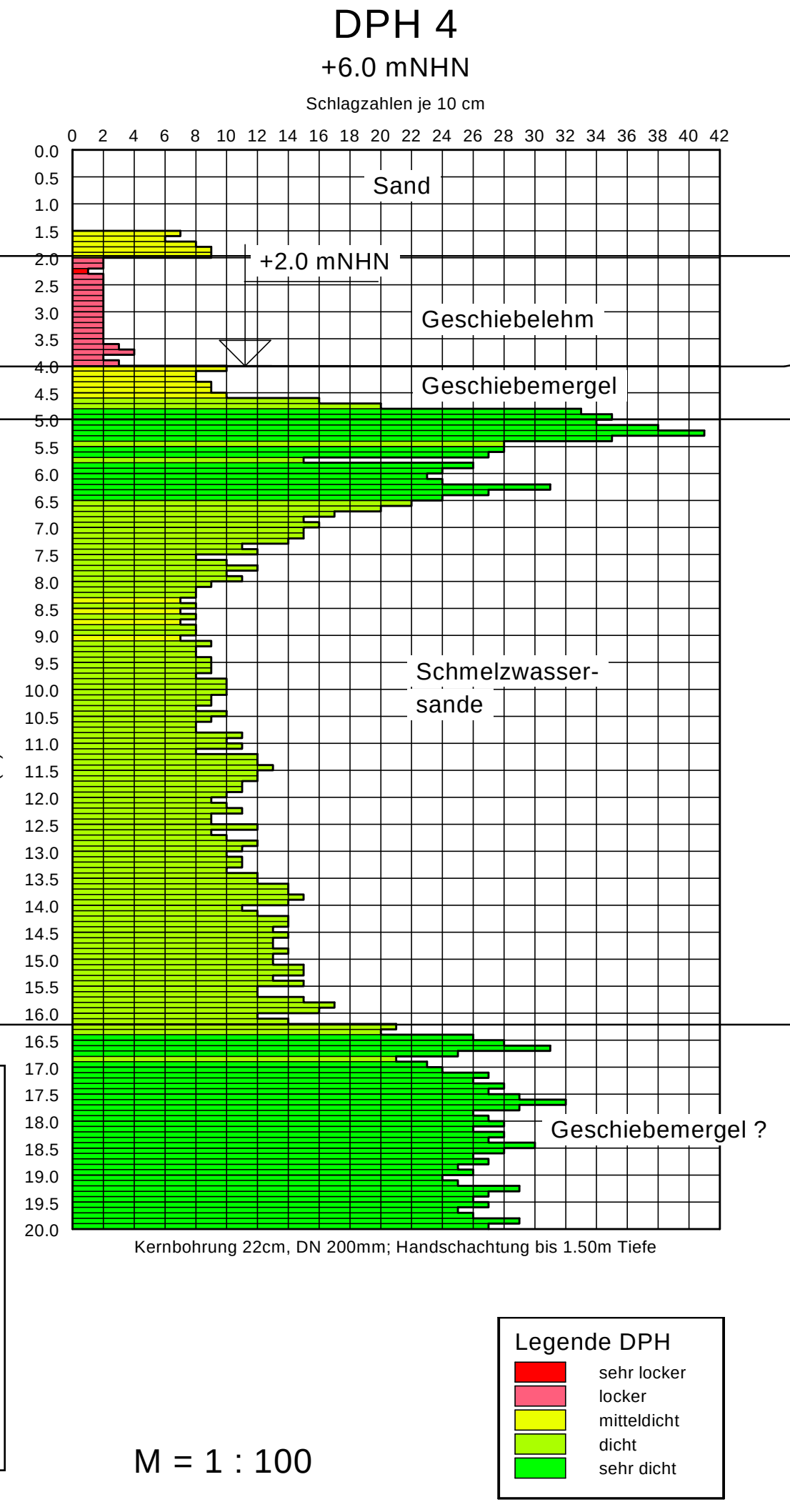
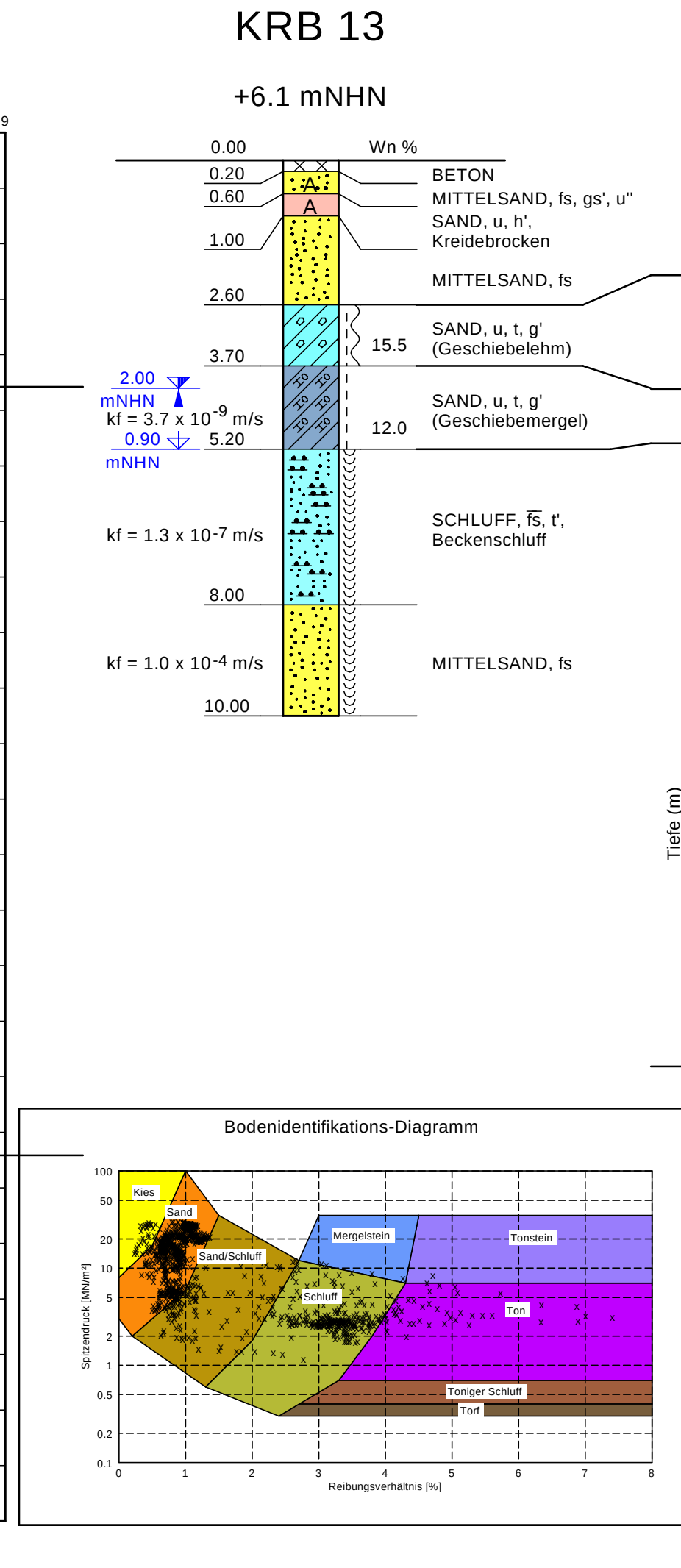
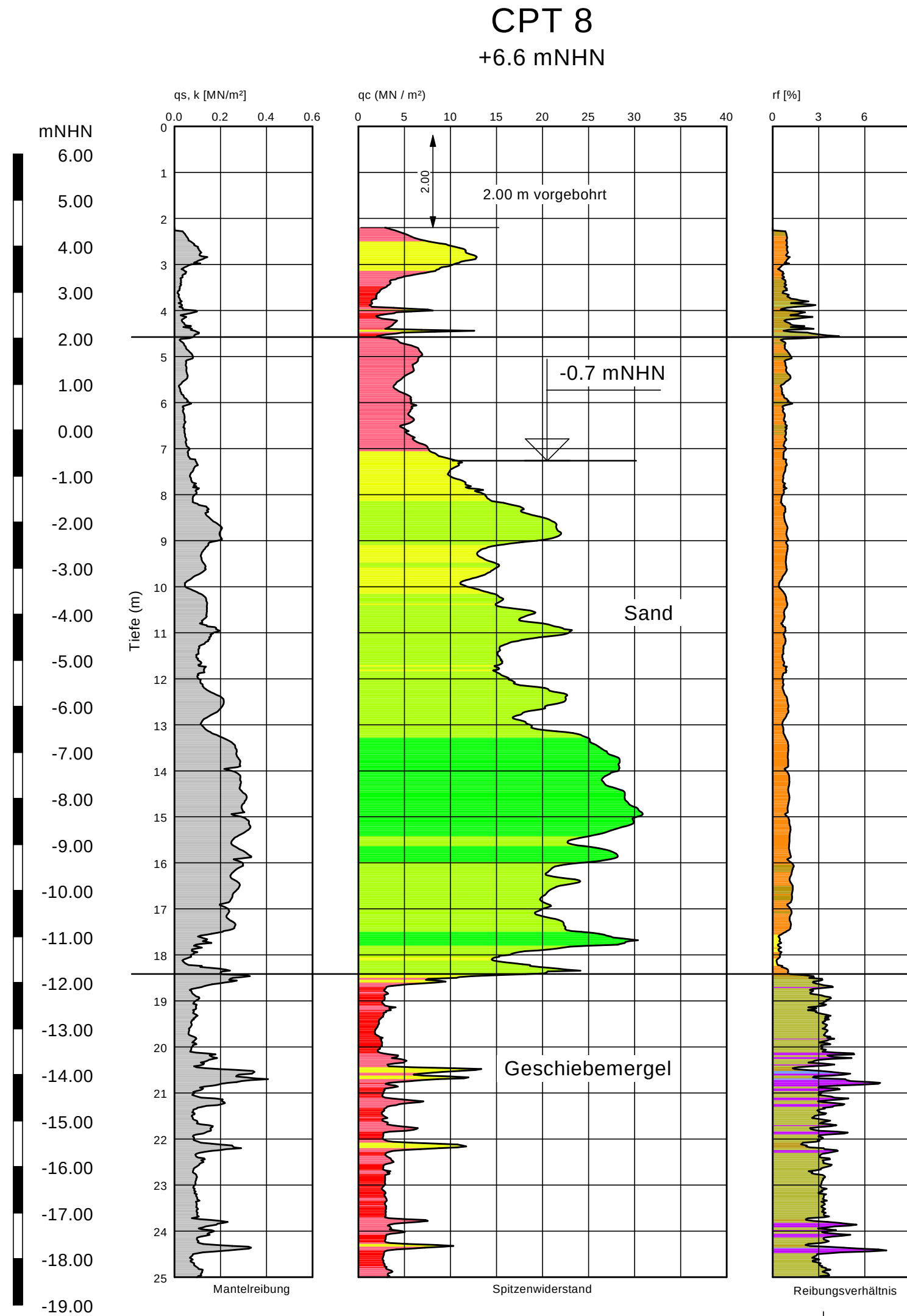
JARRESTRASSE 20, KAMPNAGEL  
22303 HAMBURG  
GRUNDSANIERUNG DER SPIELSTÄTTE

LAGEPLAN M = 1 : 750

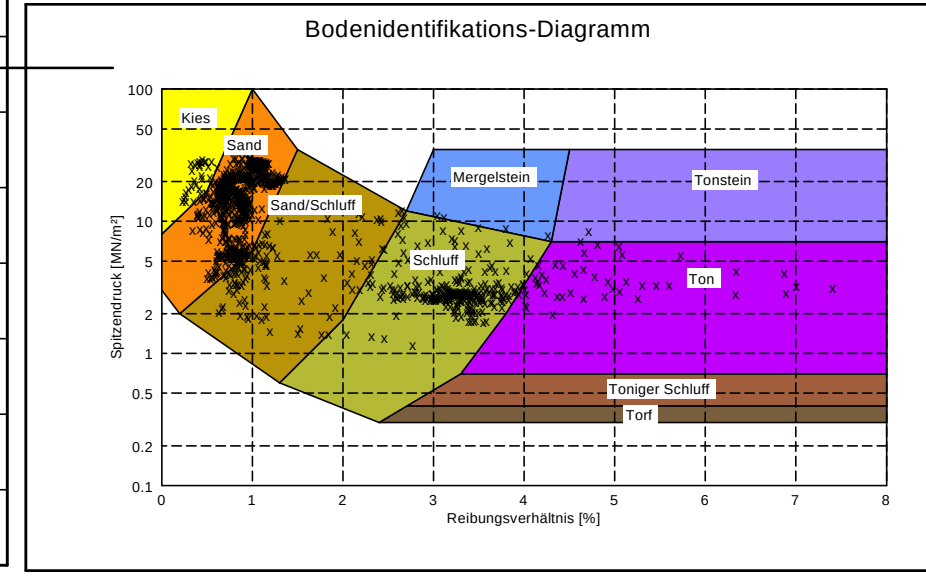
PROJ. NR.: 9197 GEZ.: MÜ GEPR.: SR DATUM: 11.07.2023

**BURMANN, MANDEL + PARTNER** PARTNERSCHAFTSGESELLSCHAFT mbB  
BERATENDE INGENIEURE FÜR GEO- UND UMWELTECHNIK  
GASSTRASSE 18 HAUS 6B 22761 HAMBURG  
TEL: 040 / 89 60 37 FAX: 040 / 890 16 21 MAIL@BMP-INGENIEURE.DE

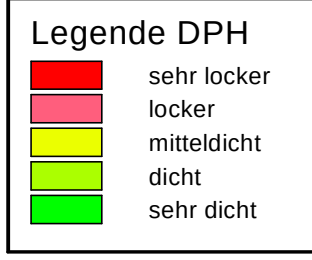




ANL. NR. 9197 - 3  
i.M.+6.0 mNHN  
angesetzt  
OK Sohle EG  
(±0.2 m)



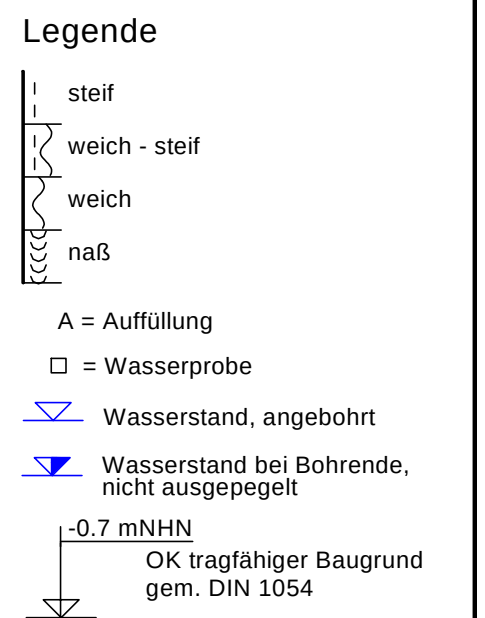
M = 1 : 100



**Bodenklassifikation nach DIN EN ISO 14688-1**  
Beispiel:  
FEINSAND - Hauptbodenart > 40 % Massenanteil  
u - stark schluffig 30-40 % Massenanteil  
u - schluffig 15-30 % Massenanteil  
u' - schwach schluffig 5-15 % Massenanteil  
u'' - sehr schwach schluffig < 5 % Massenanteil

Bei feinkörnigen Böden hängt die Bezeichnung von den plastischen Eigenschaften des Bodens ab (z.B. Ton oder Schluff).  
Die Geschiebeböden werden hier aufgrund ihres hohen Sandanteils abweichend von der DIN 18196 nach den enthaltenen Massenanteilen klassifiziert, obgleich es sich um bindige, schwach bis sehr schwach wasserdurchlässige Böden handelt, die hinsichtlich ihres plastischen Verhaltens auch als (stark) sandige bis tonige, leicht bis mittel plastische Schluffe zu bezeichnen sind. (Sand - Schluff - oder auch Sand - Ton - Gemisch der Bodengruppen SU\* / ST\* / UL-UM)

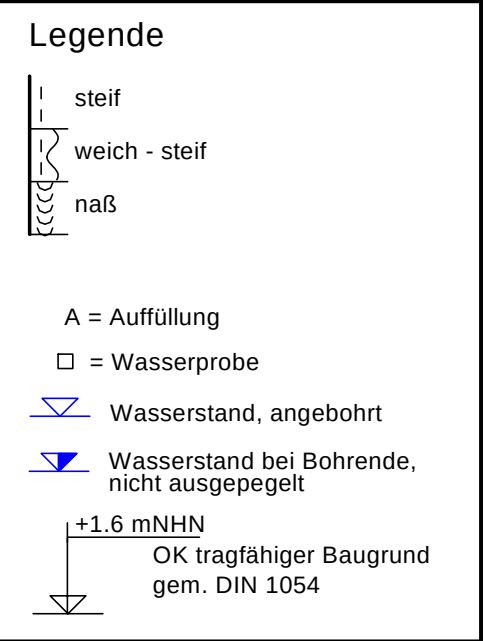
Die Bodenprofile sind nur in Verbindung mit dem zugehörigen geotechnischen Bericht zu verwenden.



LAGEPLAN SIEHE ANL. NR. 9197 - 1

JARRESTRASSE 20, KAMPNAGEL  
22303 HAMBURG  
AUFSTOCKUNG HALLEN WEST  
BODENPROFILE, SONDIERDIAGRAMME

PROJ. NR.: 9197 GEZ.: MÜ GEPR.: SR DATUM: 11.07.2023  
BURMANN, MANDEL + PARTNER PARTNERSCHAFTSGESELLSCHAFT mbB  
BERATENDE INGENIEURE FÜR GEO- UND UMWELTTECHNIK  
GASSTR. 18 HAUS 6b 22761 HAMBURG  
TEL.: 040 / 89 60 37 FAX: 040 / 890 16 21 MAIL@BMP-INGENIEURE.DE



## Bodenklassifikation nach DIN EN ISO 14688-1

Beispiel:

|                              |                      |
|------------------------------|----------------------|
| FeINSAND - Hauptbodenart     | > 40 % Massenanteil  |
| st - stark schluffig         | 30-40 % Massenanteil |
| u - schluffig                | 15-30 % Massenanteil |
| u' - schwach schluffig       | 5-15 % Massenanteil  |
| u'' - sehr schwach schluffig | < 5 % Massenanteil   |

Bei feinkörnigen Böden hängt die Bezeichnung von den plastischen Eigenschaften des Bodens ab (z.B. Ton oder Schluff).

Die Geschiebeböden werden hier aufgrund ihres hohen Sandanteils abweichend von der DIN 18196 nach den enthaltenen Massenanteilen klassifiziert, obgleich es sich um bindige, schwach bis sehr schwach wasserdurchlässige Böden handelt, die hinsichtlich ihres plastischen Verhaltens auch als (stark) sandig bis tonig, leicht bis mittel plastische Schluffe zu bezeichnen sind. (Tonig - Schluff - oder auch Sand - Gemisch der Boden Gruppen SU\* / ST\* / UL-UM)

Die Bodenprofile sind nur in Verbindung mit dem zugehörigen geotechnischen Bericht zu verwenden.

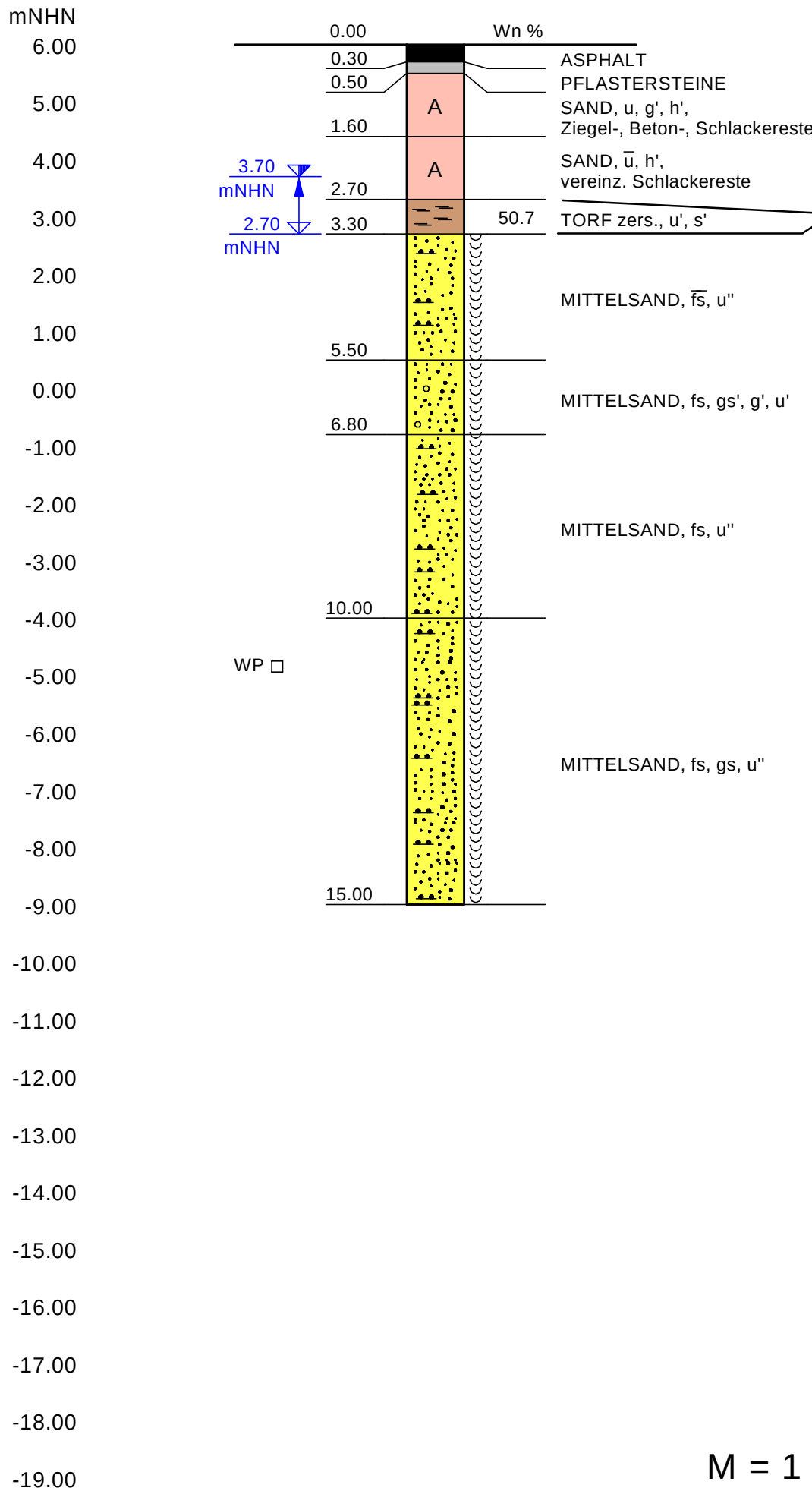
LAGEPLAN SIEHE ANL. NR. 9197 - 1

JARRESTRASSE 20, KAMPNAGEL  
22303 HAMBURG  
AUFSTOCKUNG HALLEN OST  
BODENPROFILE, SONDIERDIAGRAMME

|                                                                 |                      |                        |                   |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------|
| PROJ. NR.: 9197                                                 | GEZ.: MÜ             | GEPR.: SR              | DATUM: 11.07.2023 |
| <b>BURMANN, MANDEL + PARTNER</b> PARTNERSCHAFTSGESELLSCHAFT mbB |                      |                        |                   |
| BERATENDE INGENIEURE FÜR GEO- UND UMWELTECHNIK                  |                      |                        |                   |
| GASSTR. 18                                                      |                      | HAUS 6b                | 22761 HAMBURG     |
| TEL.: 040 / 89 60 37                                            | FAX: 040 / 890 16 21 | MAIL@BMP-INGENIEURE.DE |                   |

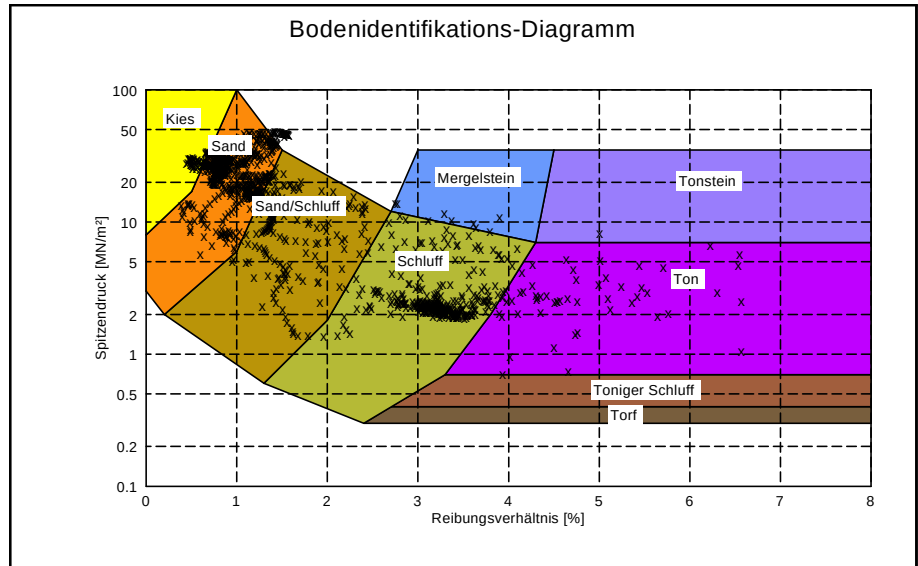
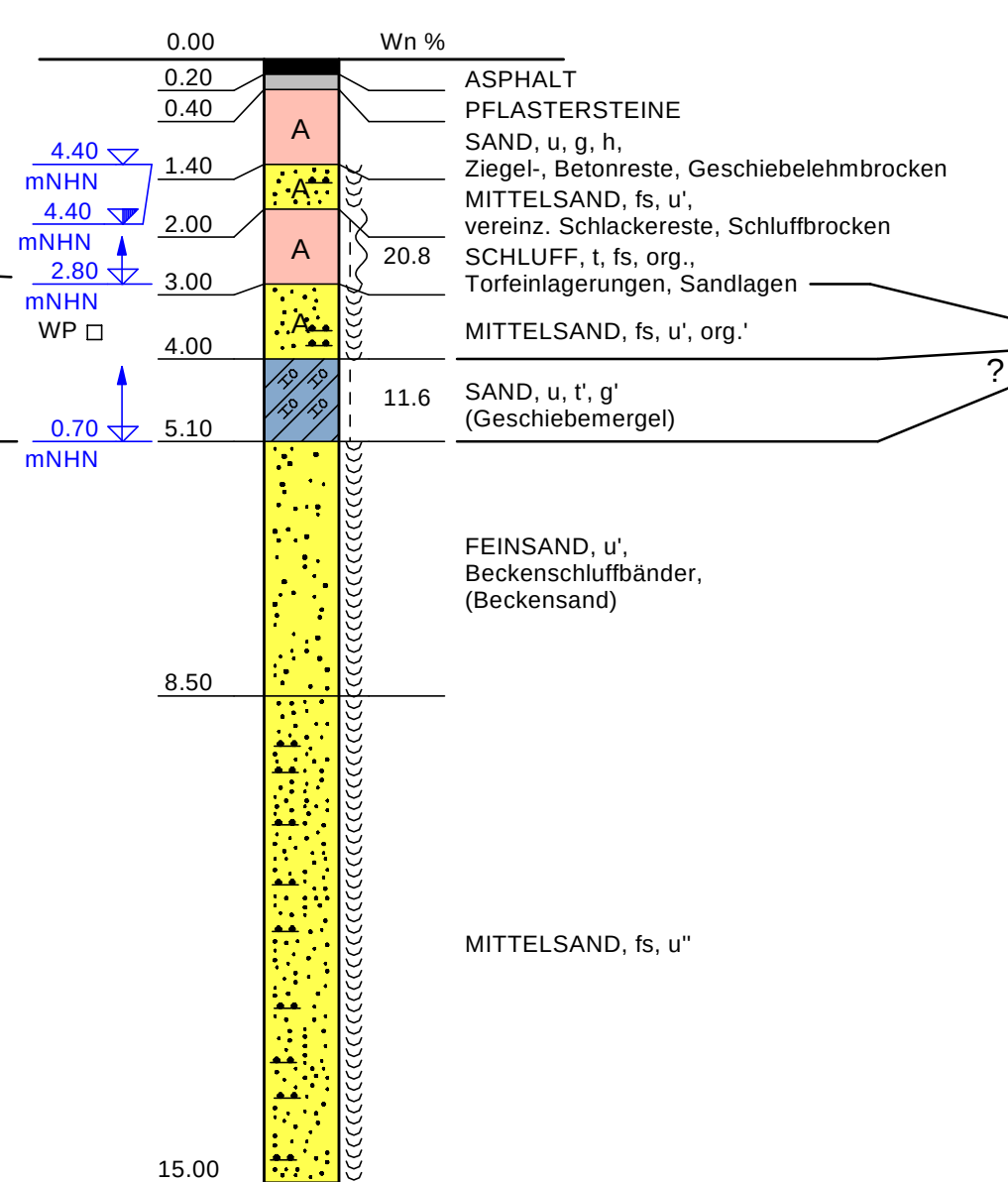
KRB 15

+6.0 mNHN



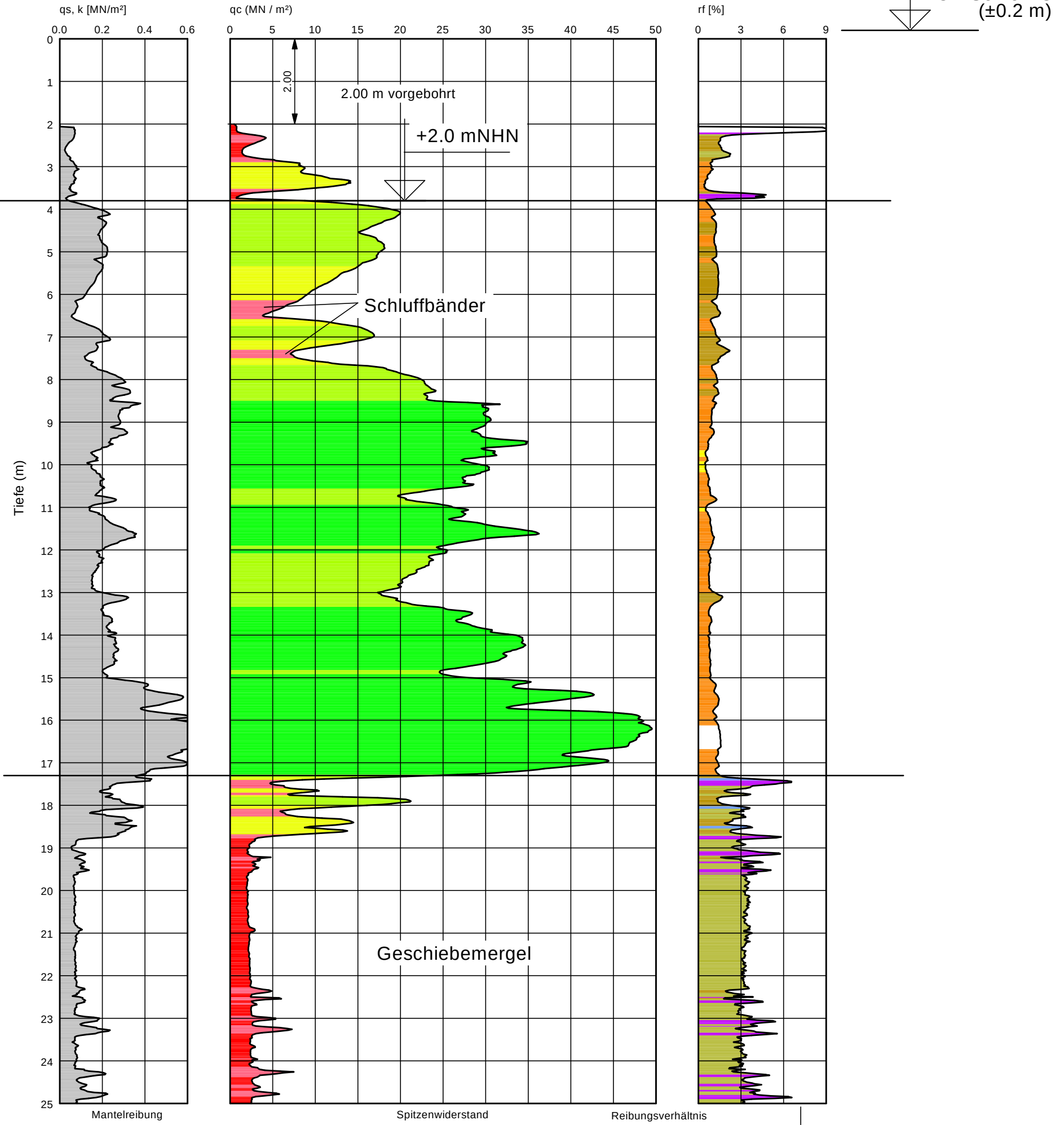
KRB 14

+5.8 mNHN



CPT 9

+5.8 mNHN



Legende

- steif
- weich - steif
- naß
- A = Auffüllung
- = Wasserprobe
- Wasserstand, angebohrt
- Wasserstand bei Bohrende, nicht ausgepegelt
- 1.6 mNHN OK tragfähiger Baugrund gem. DIN 1054

Bodenklassifikation nach DIN EN ISO 14688-1

Beispiel:

|                              |         |              |
|------------------------------|---------|--------------|
| FEINSAND - Hauptbodenart     | > 40 %  | Massenanteil |
| u - stark schluffig          | 30-40 % | Massenanteil |
| u' - schluffig               | 15-30 % | Massenanteil |
| u' - schwach schluffig       | 5-15 %  | Massenanteil |
| u'' - sehr schwach schluffig | < 5 %   | Massenanteil |

Bei feinkörnigen Böden hängt die Bezeichnung von den plastischen Eigenschaften des Bodens ab (z.B. Ton oder Schluff). Die Geschiebeböden werden hier aufgrund ihres hohen Sandanteils abweichend von der DIN 18196 nach den enthaltenen Massenanteilen klassifiziert, obgleich es sich um bindige, schwach bis sehr schwach wasserdurchlässige Böden handelt, die hinsichtlich ihres plastischen Verhaltens auch als (stark) sandige bis tonige, leicht bis mittel plastische Schluffe zu bezeichnen sind. (Sand - Schluff - oder auch Sand - Ton - Gemisch der Bodengruppen SU\* / ST\* / UL-UM)

Die Bodenprofile sind nur in Verbindung mit dem zugehörigen geotechnischen Bericht zu verwenden.

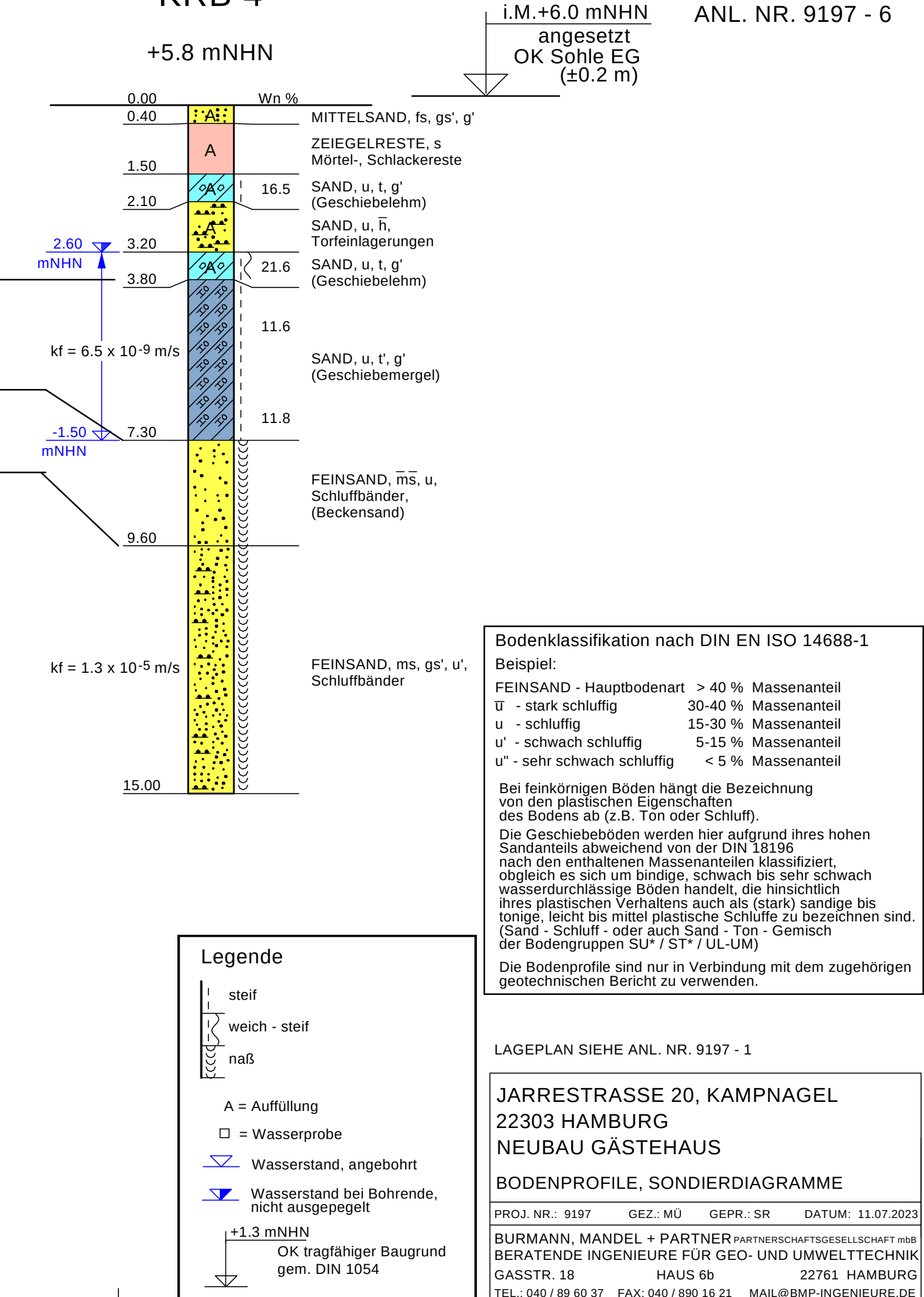
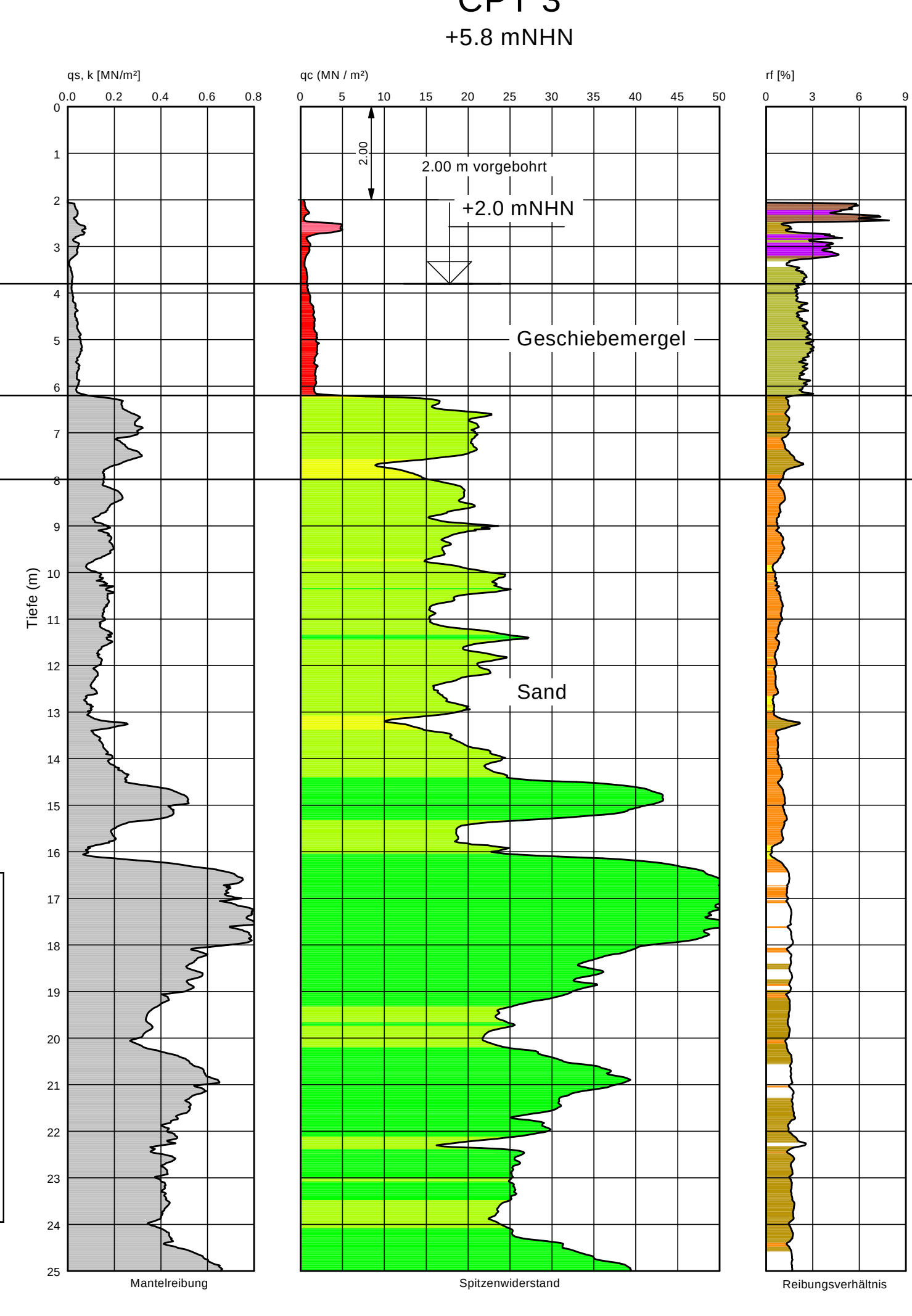
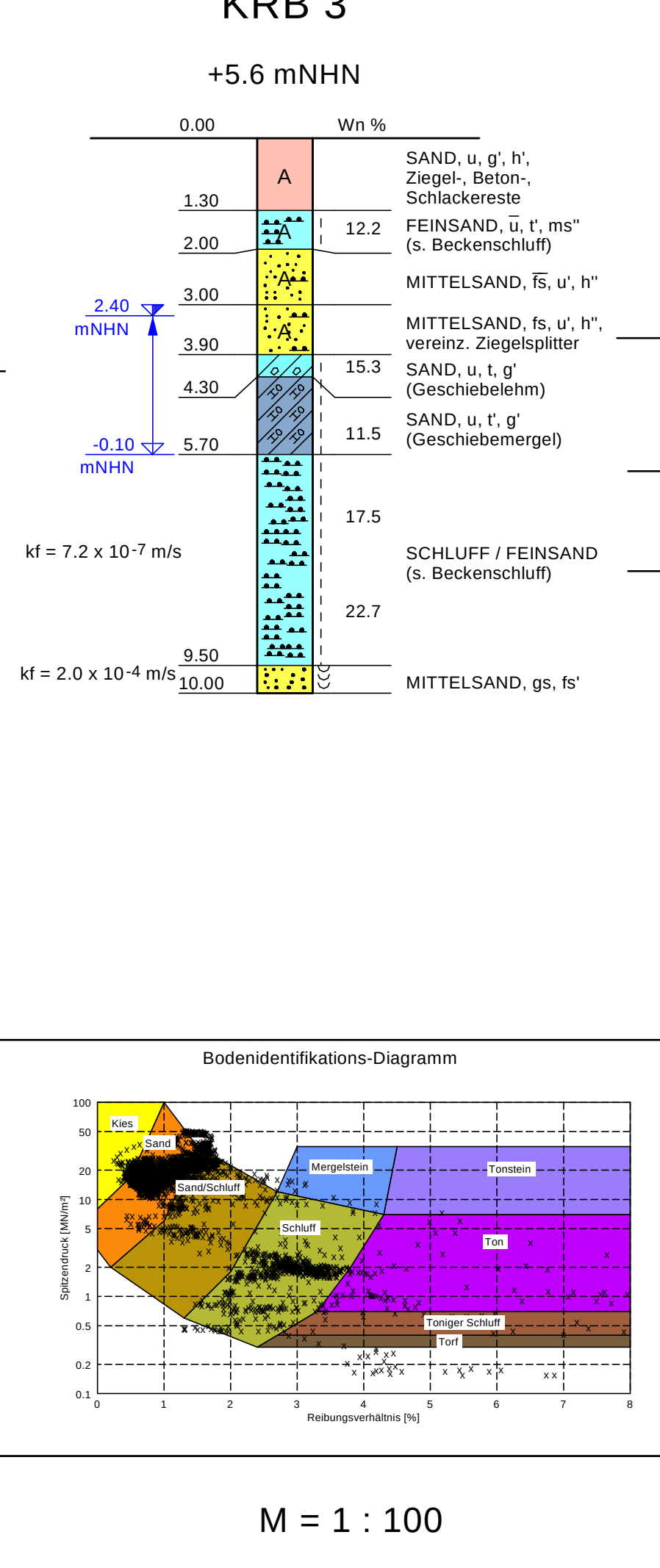
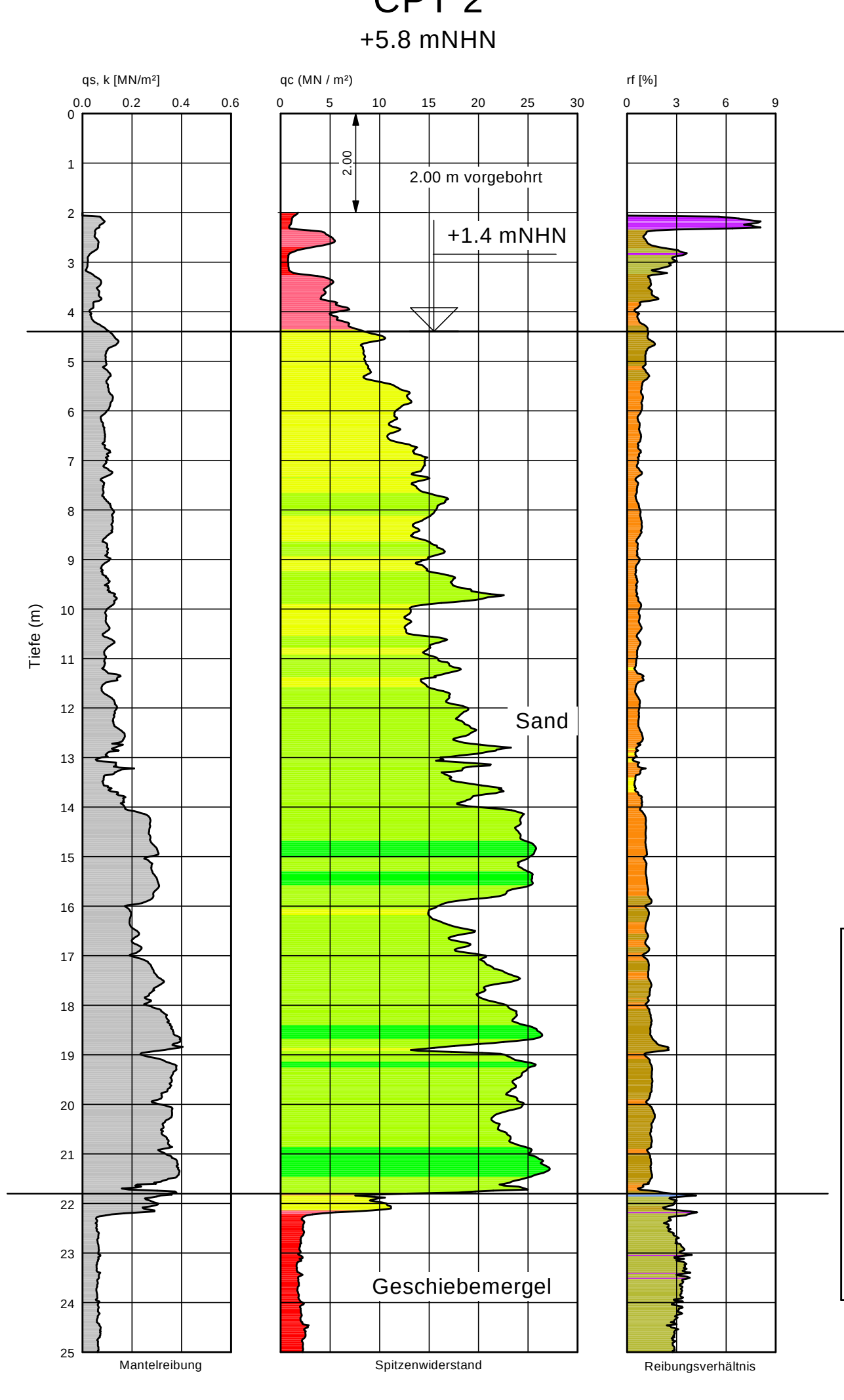
LAGEPLAN SIEHE ANL. NR. 9197 - 1

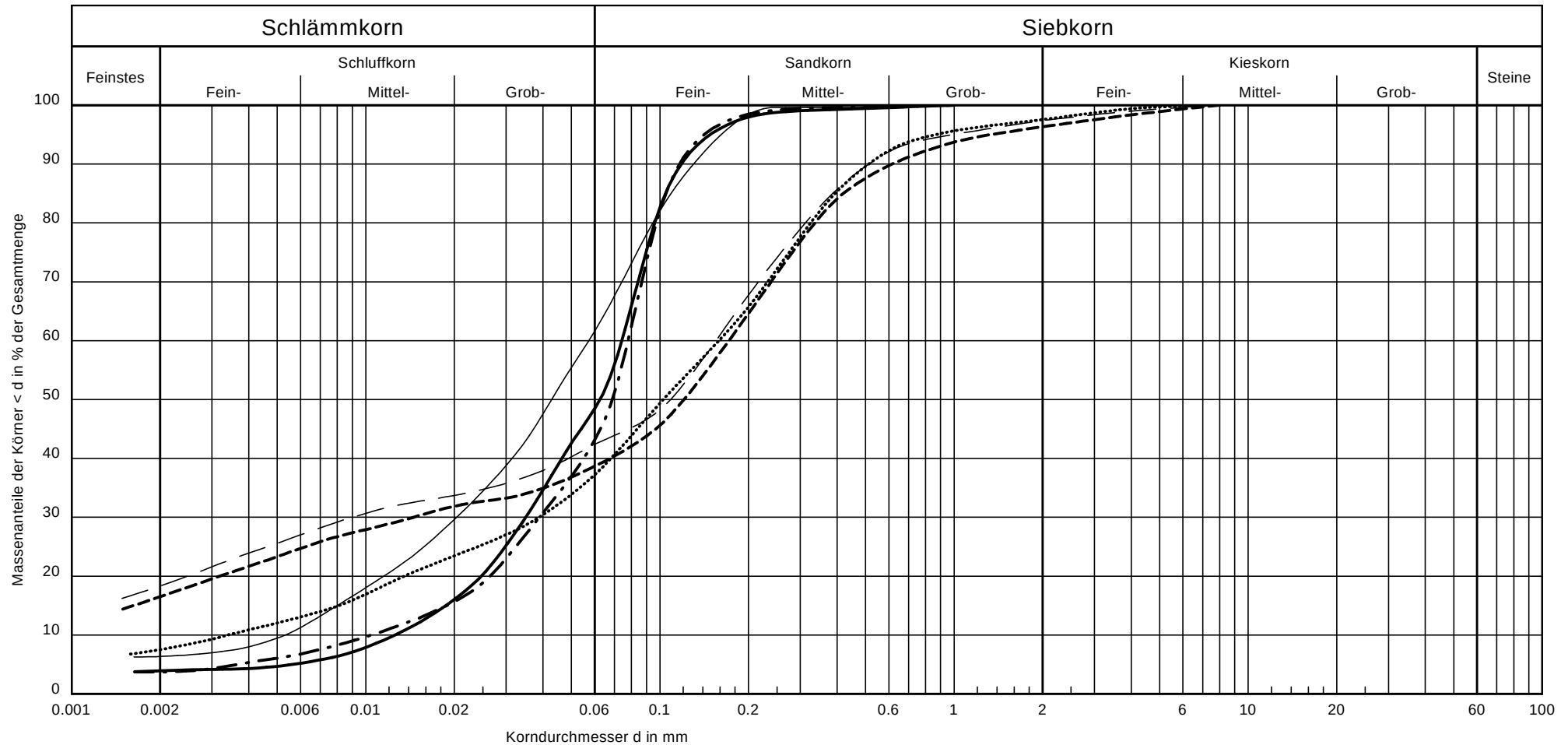
JARRESTRASSE 20, KAMPNAGEL  
22303 HAMBURG  
HALLEN SÜD

BODENPROFILE, SONDIERDIAGRAMM

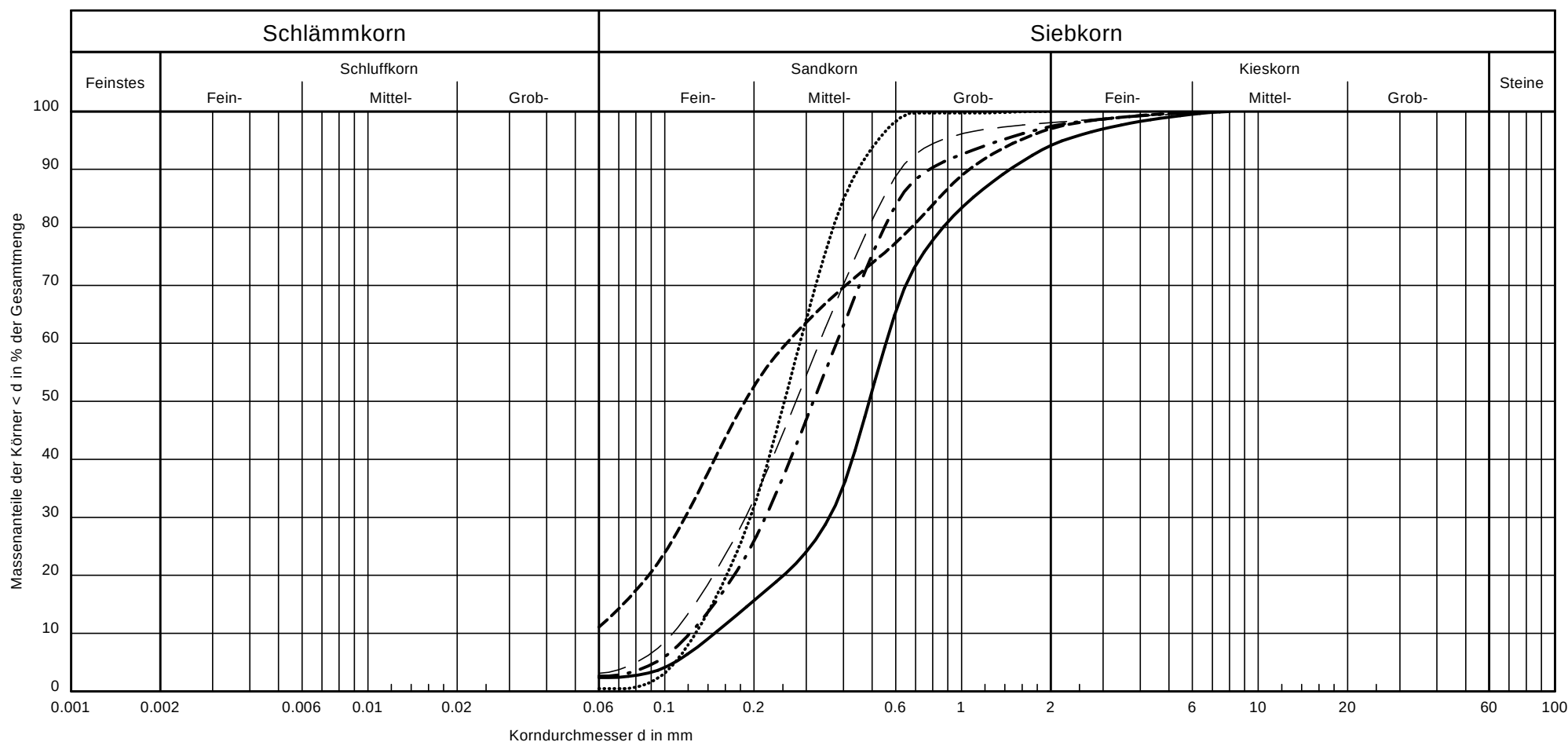
PROJ. NR.: 9197 GEZ.: MÜ GEPR.: SR DATUM: 11.07.2023  
BURMANN, MANDEL + PARTNER PARTNERSCHAFTSGESELLSCHAFT mbB  
BERATENDE INGENIEURE FÜR GEO- UND UMWELTTECHNIK  
GASSTR. 18 HAUS 6b 22761 HAMBURG  
TEL.: 040 / 89 60 37 FAX: 040 / 890 16 21 MAIL@BMP-INGENIEURE.DE

M = 1 : 100





|                     |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                                                                                                                          |                      |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Symbol:             | —————                  | -----                  | .....                  | - . - . -              | — — — —                | —————                  | <b>Bemerkungen:</b><br>T = Trockensiebung<br><br>N = Naßsiebung<br><br>S = Schlämmanalyse<br><br>K = Kombinierte Analyse | Anlage :<br>9197 - 7 |
| Bohrung / Tiefe :   | KRB 3 / 9,3 m          | KRB 4 / 5,2 m          | KRB 9 / 5,5 m          | KRB 11 / 7,8 m         | KRB 13 / 5,0 m         | KRB 13 / 6,8 m         |                                                                                                                          |                      |
| Bodenart :          | U, fS                  | S, u, t, g'            | S, ū, t', g'           | U, fS                  | S, u, t, g'            | U, fS, t'              |                                                                                                                          |                      |
| Geol. Bezeichnung : | Beckenschluff          | Geschiebemergel        | Geschiebemergel        | Beckenschluff          | Geschiebemergel        | Beckenschluff          |                                                                                                                          |                      |
| Versuchsart :       | K                      | K                      | K                      | K                      | K                      | K                      |                                                                                                                          |                      |
| k [m/s] (Mall/Paq): | 7.2 * 10 <sup>-7</sup> | 6.5 * 10 <sup>-9</sup> | 1.8 * 10 <sup>-7</sup> | 8.5 * 10 <sup>-7</sup> | 3.7 * 10 <sup>-9</sup> | 1.3 * 10 <sup>-7</sup> |                                                                                                                          |                      |
| U/Cc :              | 5.9/1.3                | -/-                    | 46.6/2.8               | 7.5/1.9                | -/-                    | 10.8/1.4               |                                                                                                                          |                      |
| Bodengruppe:        | UL                     | ST*                    | ST*                    | UL                     | UL                     | UL                     |                                                                                                                          |                      |

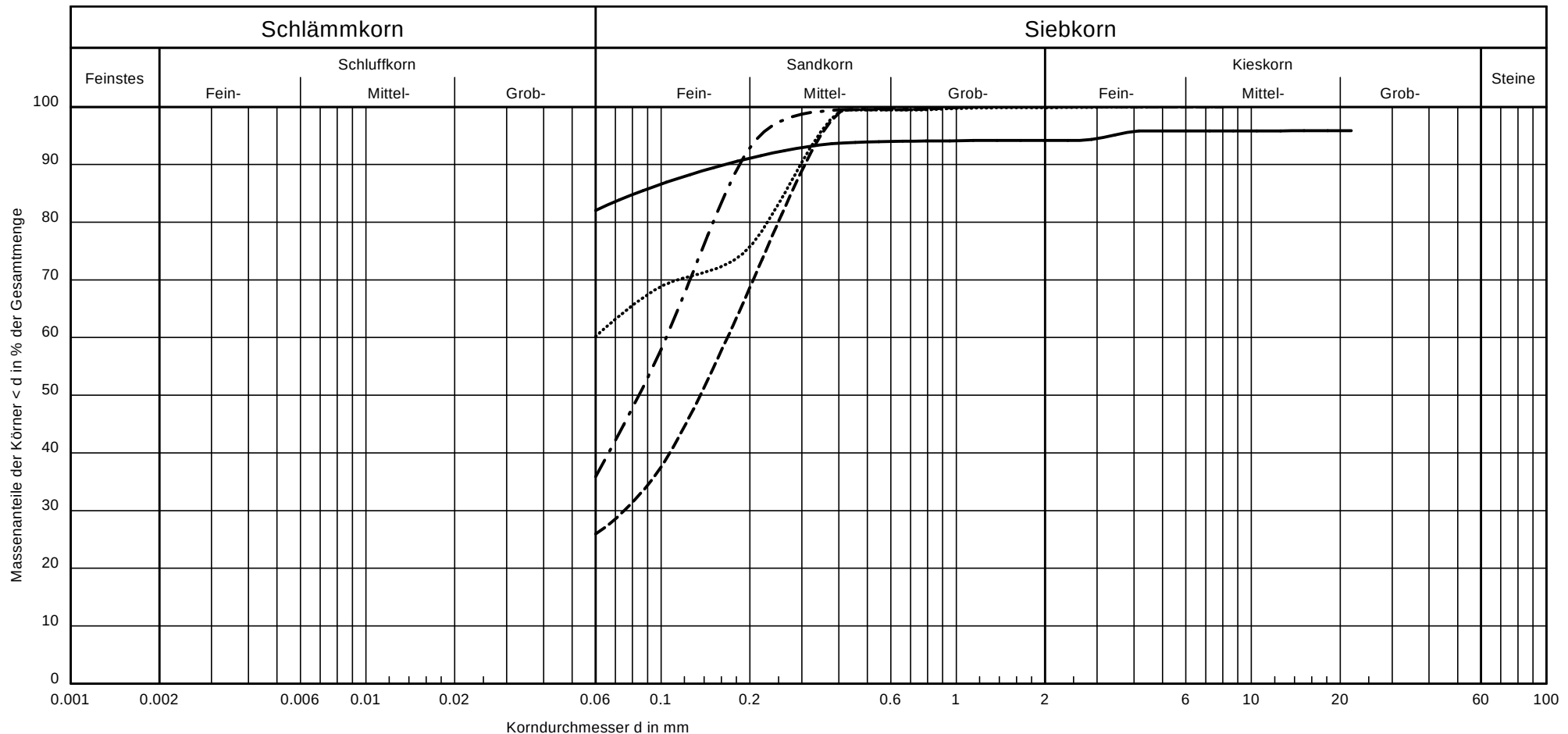


|                     |                     |                |                     |                     |                          |
|---------------------|---------------------|----------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| Symbol:             | —————               | -----          | .....               | - . - . -           | - - - - -                |
| Bohrung / Tiefe :   | KRB 3 / 9,8 m       | KRB 4 / 10,5 m | KRB 9 / 9,3 m       | KRB 11 / 11,5 m     | KRB 13 / 9,6 m           |
| Bodenart :          | mS, gs, fs'         | fS, ms, gs, u' | mS, $\bar{f}$ s     | mS, fs, gs'         | mS, $\bar{f}$ s, u', gs' |
| Geol. Bezeichnung : | Sand                | Sand           | Sand                | Sand                | Sand                     |
| Versuchsart :       | T                   | T              | T                   | T                   | T                        |
| k [m/s] (Beyer):    | $2.0 \cdot 10^{-4}$ | -              | $1.6 \cdot 10^{-4}$ | $1.3 \cdot 10^{-4}$ | $1.0 \cdot 10^{-4}$      |
| U/Cc :              | 3.8/1.6             | -/-            | 2.2/1.0             | 3.1/1.0             | 3.1/1.0                  |
| Bodengruppe:        | SE                  | SU             | SE                  | SE                  | SE                       |

**Bemerkungen:**

T = Trockensiebung  
N = Naßsiebung  
S = Schlämmanalyse  
K = Kombinierte Analyse

Anlage :  
9197 - 8



|                     |               |               |               |                |                                                                                                                              |                      |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Symbol:             | —————         | -----         | *****         | - . - . -      | <b>Bemerkungen:</b><br><br>T = Trockensiebung<br><br>N = Naßsiebung<br><br>S = Schlämmanalyse<br><br>K = Kombinierte Analyse | Anlage :<br>9197 - 9 |
| Bohrung / Tiefe :   | KRB 3 / 7,5 m | KRB 4 / 8,8 m | KRB 9 / 7,4 m | KRB 13 / 7,9 m |                                                                                                                              |                      |
| Bodenart :          | U, g', fs'    | fS, m̄s, u    | U, fs, ms     | fS, ū, ms'     |                                                                                                                              |                      |
| Geol. Bezeichnung : | Beckenschluff | Beckensand    | Beckenschluff | Beckensand     |                                                                                                                              |                      |
| Versuchsart :       | N             | N             | N             | N              |                                                                                                                              |                      |
| k [m/s] (Beyer):    | -             | -             | -             | -              |                                                                                                                              |                      |
| U/Cc :              | -/-           | -/-           | -/-           | -/-            |                                                                                                                              |                      |
| Bodengruppe:        | UL            | ST*           | UL            | ST*            |                                                                                                                              |                      |

Vollverdrängungsbohrpfahl  
(ATLAS / FUNDEX)

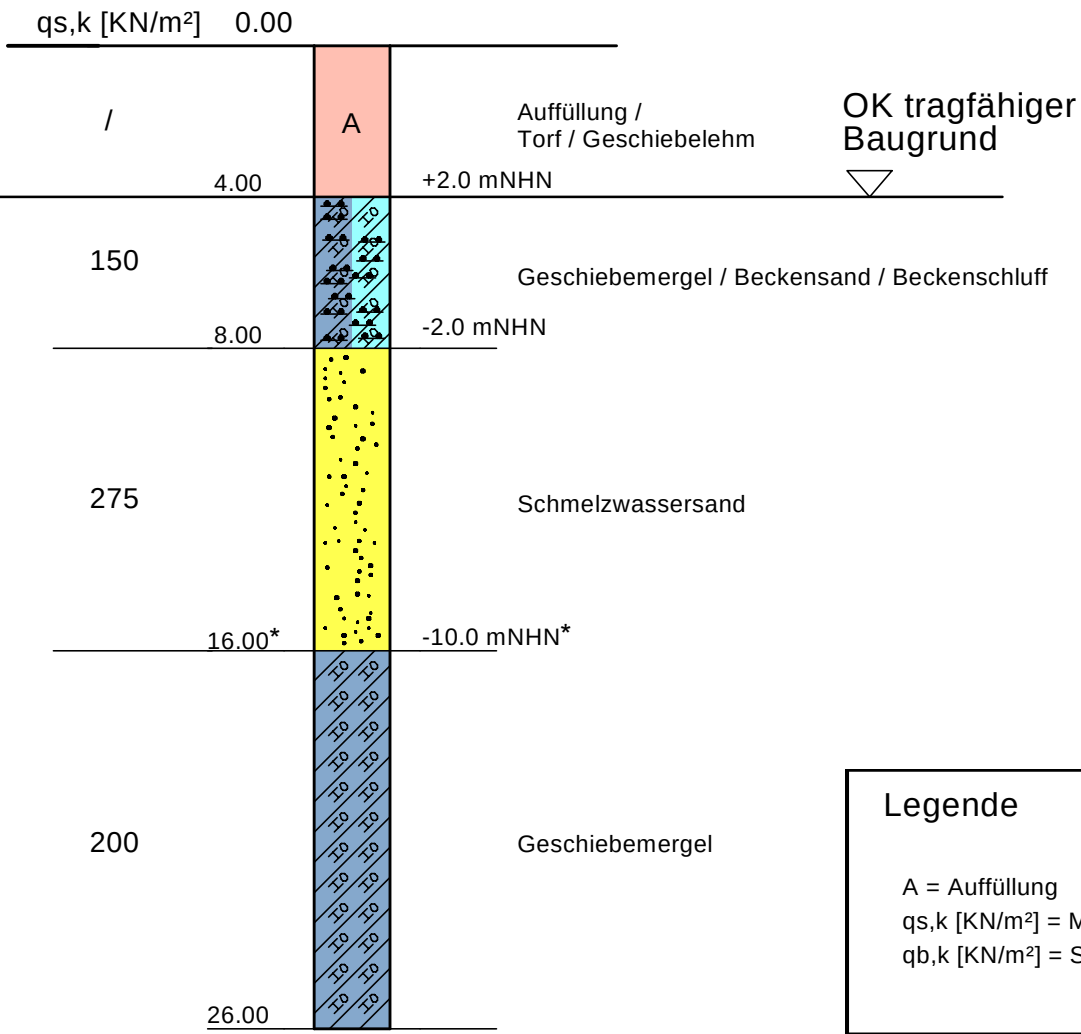
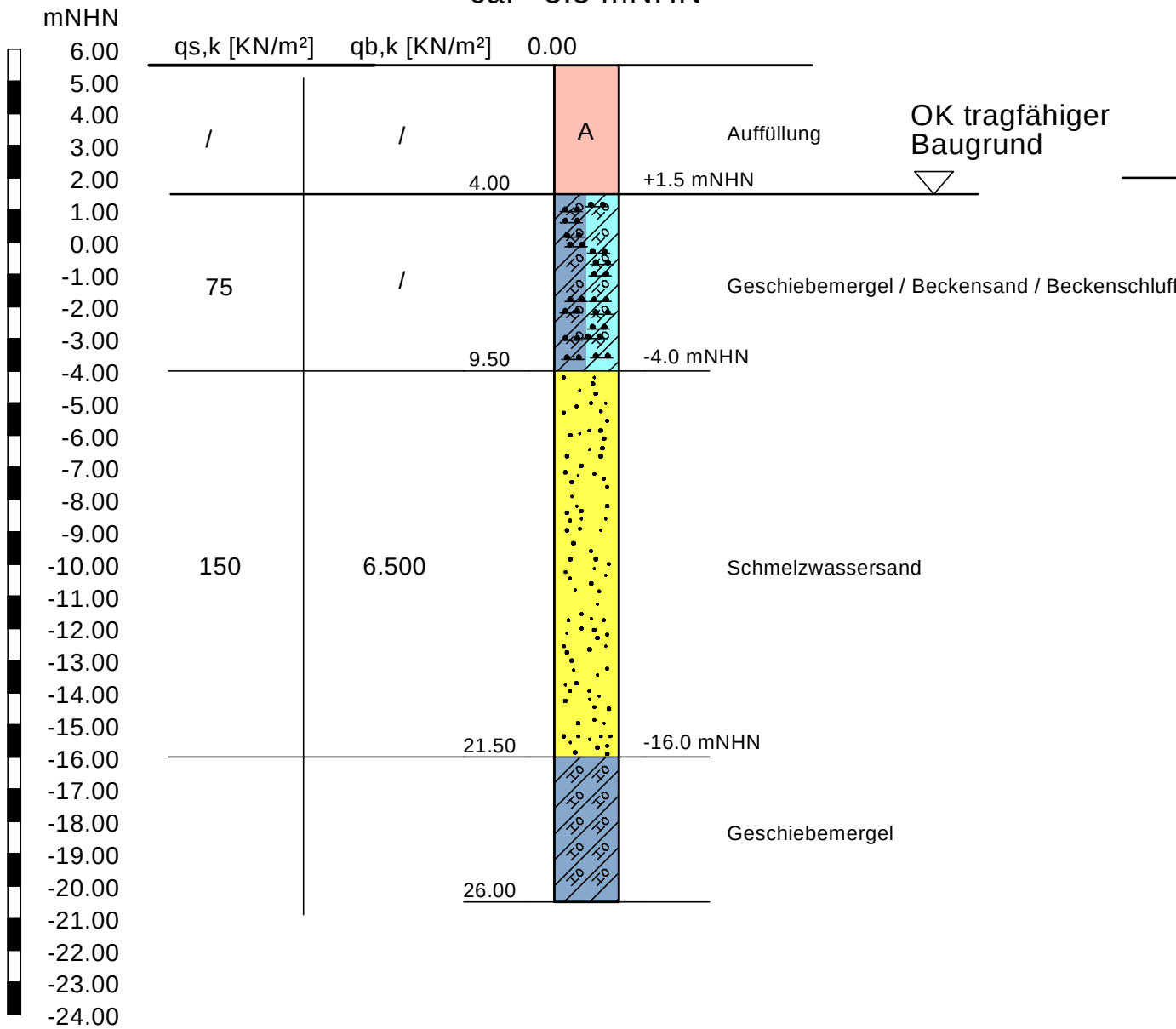
Rohrverpresspfahl  
(ISCHEBECK TITAN)

Gästehaus

K7

ca. +5.5 mNHN

ca. +6.0 mNHN



Legende

A = Auffüllung  
qs,k [KN/m²] = Manteltreibung  
qb,k [KN/m²] = Spitzenwiderstand

M = 1 : 200

\* Der Übergang zwischen der Sanden und dem Geschiebemergel ist mit den ausgeführten Rammsondierungen nicht einwandfrei festzustellen. Hierfür wären tiefere Bohrungen oder Drucksondierungen erforderlich, die aufgrund der Platzverhältnisse bisher nicht vorgesehen werden können.

JARRESTRASSE 20, KAMPNAGEL  
22303 HAMBURG  
BEMESSUNGSPROFILE FÜR DIE  
VORDIMENSIONIERUNG DER  
GRÜNDUNGSPFÄHLE

PROJ. NR.: 9197    GEZ.: MÜ    GEPR.: SR    DATUM: 11.07.2023

BURMANN, MANDEL + PARTNER PARTNERSCHAFTSGESELLSCHAFT mbB  
BERATENDE INGENIEURE FÜR GEO- UND UMWELTTECHNIK  
GASSTR. 18    HAUS 6b    22761 HAMBURG  
TEL.: 040 / 89 60 37    FAX: 040 / 890 16 21    MAIL@BMP-INGENIEURE.DE

## Anhang A1

GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH · Flensburger Straße 15 · 25421 Pinneberg

Burmam, Mandel + Partner  
Ingenieurbüro für Grundbau und Umwelttechnik

Gasstraße 18 Haus 6b

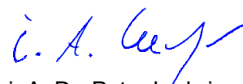
22761 Hamburg



## Prüfbericht-Nr.: 2023P509784/ 1

|                              |                                                                                                                                           |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Auftraggeber</b>          | Burmam, Mandel + Partner Ingenieurbüro für Grundbau und Umwelttechnik                                                                     |
| <b>Eingangsdatum</b>         | 20.04.2023                                                                                                                                |
| <b>Projekt</b>               | BV Jarrestraße 20 , Kampnagel                                                                                                             |
| <b>Material</b>              | Boden                                                                                                                                     |
| <b>Auftrag</b>               | 9197                                                                                                                                      |
| <b>Verpackung</b>            | Weckglas                                                                                                                                  |
| <b>Probenmenge</b>           | je ca. 350 g                                                                                                                              |
| <b>unsere Auftragsnummer</b> | 23506549                                                                                                                                  |
| <b>Probenahme</b>            | durch den Auftraggeber                                                                                                                    |
| <b>Probentransport</b>       | Kurier (GO)                                                                                                                               |
| <b>Labor</b>                 | GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH                                                                                                      |
| <b>Prüfbeginn / -ende</b>    | 20.04.2023 - 05.05.2023                                                                                                                   |
| <b>Bemerkung</b>             | keine                                                                                                                                     |
| <b>Probenaufbewahrung</b>    | Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt. |

Pinneberg, 05.05.2023



i. A. Dr. Peter Ludwig

Projektbearbeitung

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Es wird keine Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme übernommen, wenn die Proben nicht durch die GBA oder in ihrem Auftrag genommen wurden. In diesem Fall beziehen sich die Ergebnisse auf die Probe wie erhalten. Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Prüfbericht nicht veröffentlicht sowie nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Entscheidungsregeln der GBA sind in den AGBs einzusehen.

Seite 1 von 8 zu Prüfbericht-Nr.: 2023P509784/ 1

GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH  
Flensburger Str. 15, 25421 Pinneberg  
Telefon +49 (0)4101 7946-0  
Fax +49 (0)4101 7946-26  
E-Mail pinneberg@gba-group.de  
www.gba-group.com

HypoVereinsbank  
IBAN DE45 2003 0000 0050 4043 92  
SWIFT BIC HYVEDEMM300  
Commerzbank Hamburg  
IBAN DE67 2004 0000 0449 6444 00  
SWIFT-BIC COBADEHHXXX

Sitz der Gesellschaft:  
Hamburg  
Handelsregister:  
Hamburg HRB 42774  
USt-Id.Nr. DE 118 554 138  
St.-Nr. 47/723/00196

Geschäftsführer:  
Ralf Murzen,  
Ole Borchert,  
Alexander Kleinke,  
Dr. Dominik Obeloer

**Prüfbericht-Nr.: 2023P509784/ 1**
**BV Jarrestraße 20 , Kampnagel**
**Zuordnungswerte gem. LAGA-Boden (M20, Fassung 2004)**

|                             |            |             |             |              |
|-----------------------------|------------|-------------|-------------|--------------|
| unsere Auftragsnummer       |            | 23506549    | 23506549    | 23506549     |
| Probe-Nr.                   |            | 001         | 002         | 003          |
| Material                    |            | Boden       | Boden       | Boden        |
| Probenbezeichnung           |            | <b>MP 1</b> | <b>MP 2</b> | <b>MP 3</b>  |
| Probemenge                  |            | ca. 350 g   | ca. 350 g   | ca. 350 g    |
| Probeneingang               |            | 20.04.2023  | 20.04.2023  | 20.04.2023   |
| Zuordnung gemäß             |            | Sand        | Sand        | Sand         |
| Trockenrückstand            | Masse-%    | 94,7 ---    | 86,8 ---    | 85,6 ---     |
| EOX                         | mg/kg TM   | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     | <1,0 Z0      |
| Kohlenwasserstoffe          | mg/kg TM   | <100 Z0     | <100 Z0     | <100 Z0      |
| mobiler Anteil bis C22      | mg/kg TM   | <50 Z0      | <50 Z0      | <50 Z0       |
| Cyanid ges.                 | mg/kg TM   | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     | <1,0 Z0      |
| Summe BTEX                  | mg/kg TM   | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     | <1,0 Z0      |
| Summe LHKW                  | mg/kg TM   | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     | <1,0 Z0      |
| Summe PAK (16)              | mg/kg TM   | 0,0500 Z0   | 34,3 >Z2    | 1,17 Z0      |
| Benzo(a)pyren               | mg/kg TM   | <0,050 Z0   | 2,6 Z2      | 0,11 Z0      |
| PCB Summe 6 Kongenere       | mg/kg TM   | 0,0237 Z0   | 0,00390 Z0  | n.n. Z0      |
| Aufschluss mit Königswasser |            | ---         | ---         | ---          |
| Arsen                       | mg/kg TM   | 3,9 Z0      | 24 Z1       | 5,1 Z0       |
| Blei                        | mg/kg TM   | 31 Z0       | 999 >Z2     | 24 Z0        |
| Cadmium                     | mg/kg TM   | 0,17 Z0     | 2,7 Z1      | 0,15 Z0      |
| Chrom ges.                  | mg/kg TM   | 5,8 Z0      | 19 Z0       | 11 Z0        |
| Kupfer                      | mg/kg TM   | 13 Z0       | 378 Z2      | 18 Z0        |
| Nickel                      | mg/kg TM   | 9,6 Z0      | 29 Z1       | 8,8 Z0       |
| Quecksilber                 | mg/kg TM   | <0,10 Z0    | 0,61 Z1     | <0,10 Z0     |
| Thallium                    | mg/kg TM   | <0,30 Z0    | <0,30 Z0    | <0,30 Z0     |
| Zink                        | mg/kg TM   | 37 Z0       | 323 Z1      | 41 Z0        |
| TOC                         | Masse-% TM | <0,050 Z0   | 6,8 >Z2     | 0,68 Z1 (Z0) |
| Eluat 10:1                  |            | ---         | ---         | ---          |
| pH-Wert                     |            | 8,9 Z0      | 8,6 Z0      | 7,7 Z0       |
| Temperatur (Labor)          | °C         | 23,1 ---    | 23,1 ---    | 23,1 ---     |
| Leitfähigkeit               | µS/cm      | 47 Z0       | 93 Z0       | 193 Z0       |
| Chlorid                     | mg/L       | <0,60 Z0    | 1,5 Z0      | 3,4 Z0       |
| Sulfat                      | mg/L       | 2,8 Z0      | 14 Z0       | 58 Z2        |
| Cyanid ges.                 | µg/L       | <5,0 Z0     | <5,0 Z0     | <5,0 Z0      |
| Phenolindex                 | µg/L       | <5,0 Z0     | <5,0 Z0     | <5,0 Z0      |
| Arsen                       | µg/L       | 1,2 Z0      | 5,3 Z0      | 0,53 Z0      |
| Blei                        | µg/L       | <1,0 Z0     | 5,3 Z0      | <1,0 Z0      |
| Cadmium                     | µg/L       | <0,30 Z0    | <0,30 Z0    | <0,30 Z0     |
| Chrom ges.                  | µg/L       | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     | <1,0 Z0      |
| Kupfer                      | µg/L       | <1,0 Z0     | 4,9 Z0      | <1,0 Z0      |
| Nickel                      | µg/L       | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     | <1,0 Z0      |
| Quecksilber                 | µg/L       | <0,20 Z0    | <0,20 Z0    | <0,20 Z0     |
| Zink                        | µg/L       | <10 Z0      | <10 Z0      | <10 Z0       |

BG = Bestimmungsgrenze MU = Messunsicherheit n.a. = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar n.n. = nicht nachweisbar ngw. = nachgewiesen

Zuordnungswerte in Klammern gelten nur in besonderen Fällen. Zur abschließenden Einstufung sind die Regelungen der TR zu Zuordnungswerten sowie die Sonderregelungen einzelner Bundesländer zu beachten. Die angegebenen Einstufungen sind eine Serviceleistung und dienen zur Unterstützung der Auswertung durch den Auftraggeber. Die abschließende rechtsverbindliche Einstufung ist durch den Auftraggeber vorzunehmen und liegt allein in seinem Verantwortungsbereich.

**Prüfbericht-Nr.: 2023P509784/ 1**
**BV Jarrestraße 20 , Kampnagel**

|                                        |            |             |             |             |
|----------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>unsere Auftragsnummer</b>           |            | 23506549    | 23506549    | 23506549    |
| <b>Probe-Nr.</b>                       |            | 001         | 002         | 003         |
| <b>Material</b>                        |            | Boden       | Boden       | Boden       |
| <b>Probenbezeichnung</b>               |            | <b>MP 1</b> | <b>MP 2</b> | <b>MP 3</b> |
| <b>DepV, DK I-III (Erg. LAGA-Bod.)</b> |            |             | ---         | ---         |
| <b>Glühverlust</b>                     | Masse-% TM |             | 6,0         | 2,8         |
| <b>Lipophile Stoffe</b>                | Masse-%    |             | <0,010      | 0,012       |
| <b>Lipophile Stoffe</b>                | Masse-% TM |             | <0,010      | 0,014       |
| <b>Summe PCB (7)</b>                   | mg/kg TM   |             | 0,00390     | n.n.        |
| <b>DOC</b>                             | mg/L       |             | <1,0        | 1,0         |
| <b>Cyanid I. freis. (CFA)</b>          | mg/L       |             | <0,010      | <0,010      |
| <b>Fluorid</b>                         | mg/L       |             | 0,22        | <0,15       |
| <b>Ges.-Gehalt an gel. Feststoffen</b> | mg/L       |             | <100        | 190         |
| <b>Barium</b>                          | mg/L       |             | 0,067       | 0,034       |
| <b>Molybdän</b>                        | mg/L       |             | 0,0026      | <0,0010     |
| <b>Antimon</b>                         | mg/L       |             | 0,011       | <0,0010     |
| <b>Selen</b>                           | mg/L       |             | <0,0020     | <0,0020     |
| <b>Säureneutralisationskapazität</b>   | mmol/kg TM |             | 747         | 188         |
| <b>Atmungsaktivität (AT4)</b>          | mg O2/g TM |             | <1,0        |             |
| <b>Brennwert Ho (wf)</b>               | kJ/kg      |             | 2100        |             |

BG = Bestimmungsgrenze MU = Messunsicherheit n.a. = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar n.n. = nicht nachweisbar ngw. = nachgewiesen

Zuordnungswerte in Klammern gelten nur in besonderen Fällen. Zur abschließenden Einstufung sind die Regelungen der TR zu Zuordnungswerten sowie die Sonderregelungen einzelner Bundesländer zu beachten. Die angegebenen Einstufungen sind eine Serviceleistung und dienen zur Unterstützung der Auswertung durch den Auftraggeber. Die abschließende rechtsverbindliche Einstufung ist durch den Auftraggeber vorzunehmen und liegt allein in seinem Verantwortungsbereich.

**Prüfbericht-Nr.: 2023P509784/ 1**
**BV Jarrestraße 20 , Kampnagel**
**Zuordnungswerte gem. LAGA-Boden (M20, Fassung 2004)**

|                             |            |             |             |             |
|-----------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| unsere Auftragsnummer       |            | 23506549    | 23506549    | 23506549    |
| Probe-Nr.                   |            | 004         | 005         | 006         |
| Material                    |            | Boden       | Boden       | Boden       |
| Probenbezeichnung           |            | <b>MP 4</b> | <b>MP 5</b> | <b>MP 6</b> |
| Probemenge                  |            | ca. 350 g   | ca. 350 g   | ca. 350 g   |
| Probeneingang               |            | 20.04.2023  | 20.04.2023  | 20.04.2023  |
| Zuordnung gemäß             |            | Sand        | Sand        | Sand        |
| Trockenrückstand            | Masse-%    | 88,5 ---    | 87,6 ---    | 97,7 ---    |
| EOX                         | mg/kg TM   | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     |
| Kohlenwasserstoffe          | mg/kg TM   | <100 Z0     | <100 Z0     | <100 Z0     |
| mobiler Anteil bis C22      | mg/kg TM   | <50 Z0      | <50 Z0      | <50 Z0      |
| Cyanid ges.                 | mg/kg TM   | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     |
| Summe BTEX                  | mg/kg TM   | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     |
| Summe LHKW                  | mg/kg TM   | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     |
| Summe PAK (16)              | mg/kg TM   | 20,9 Z2     | 0,969 Z0    | n.n. Z0     |
| Benzo(a)pyren               | mg/kg TM   | 1,8 Z2      | 0,087 Z0    | <0,050 Z0   |
| PCB Summe 6 Kongenere       | mg/kg TM   | n.n. Z0     | n.n. Z0     | n.n. Z0     |
| Aufschluss mit Königswasser |            | ---         | ---         | ---         |
| Arsen                       | mg/kg TM   | 21 Z1       | 7,9 Z0      | 3,4 Z0      |
| Blei                        | mg/kg TM   | 3470 >Z2    | 114 Z1      | 9,5 Z0      |
| Cadmium                     | mg/kg TM   | 0,47 Z1     | 0,30 Z0     | <0,10 Z0    |
| Chrom ges.                  | mg/kg TM   | 13 Z0       | 8,2 Z0      | 4,3 Z0      |
| Kupfer                      | mg/kg TM   | 484 >Z2     | 22 Z1       | 5,2 Z0      |
| Nickel                      | mg/kg TM   | 27 Z1       | 6,8 Z0      | 2,7 Z0      |
| Quecksilber                 | mg/kg TM   | 0,21 Z1     | <0,10 Z0    | <0,10 Z0    |
| Thallium                    | mg/kg TM   | <0,30 Z0    | <0,30 Z0    | <0,30 Z0    |
| Zink                        | mg/kg TM   | 556 Z2      | 265 Z1      | 16 Z0       |
| TOC                         | Masse-% TM | 4,0 Z2      | 1,5 Z1      | <0,050 Z0   |
| Eluat 10:1                  |            | ---         | ---         | ---         |
| pH-Wert                     |            | 7,9 Z0      | 7,5 Z0      | 7,6 Z0      |
| Temperatur (Labor)          | °C         | 23,1 ---    | 23,3 ---    | 23,4 ---    |
| Leitfähigkeit               | µS/cm      | 417 Z1.2    | 246 Z0      | 56 Z0       |
| Chlorid                     | mg/L       | 1,8 Z0      | 1,2 Z0      | <0,60 Z0    |
| Sulfat                      | mg/L       | 150 Z2      | 77 Z2       | 9,7 Z0      |
| Cyanid ges.                 | µg/L       | <5,0 Z0     | <5,0 Z0     | <5,0 Z0     |
| Phenolindex                 | µg/L       | <5,0 Z0     | <5,0 Z0     | <5,0 Z0     |
| Arsen                       | µg/L       | 1,9 Z0      | 6,1 Z0      | 0,77 Z0     |
| Blei                        | µg/L       | 20 Z0       | 17 Z0       | <1,0 Z0     |
| Cadmium                     | µg/L       | <0,30 Z0    | <0,30 Z0    | <0,30 Z0    |
| Chrom ges.                  | µg/L       | <1,0 Z0     | 3,3 Z0      | <1,0 Z0     |
| Kupfer                      | µg/L       | 9,4 Z0      | 5,5 Z0      | <1,0 Z0     |
| Nickel                      | µg/L       | <1,0 Z0     | 3,1 Z0      | <1,0 Z0     |
| Quecksilber                 | µg/L       | <0,20 Z0    | <0,20 Z0    | <0,20 Z0    |
| Zink                        | µg/L       | 12 Z0       | 74 Z0       | <10 Z0      |

BG = Bestimmungsgrenze MU = Messunsicherheit n.a. = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar n.n. = nicht nachweisbar ngw. = nachgewiesen

Zuordnungswerte in Klammern gelten nur in besonderen Fällen. Zur abschließenden Einstufung sind die Regelungen der TR zu Zuordnungswerten sowie die Sonderregelungen einzelner Bundesländer zu beachten. Die angegebenen Einstufungen sind eine Serviceleistung und dienen zur Unterstützung der Auswertung durch den Auftraggeber. Die abschließende rechtsverbindliche Einstufung ist durch den Auftraggeber vorzunehmen und liegt allein in seinem Verantwortungsbereich.

**Prüfbericht-Nr.: 2023P509784/ 1**
**BV Jarrestraße 20 , Kampnagel**

|                                        |            |             |             |             |
|----------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>unsere Auftragsnummer</b>           |            | 23506549    | 23506549    | 23506549    |
| <b>Probe-Nr.</b>                       |            | 004         | 005         | 006         |
| <b>Material</b>                        |            | Boden       | Boden       | Boden       |
| <b>Probenbezeichnung</b>               |            | <b>MP 4</b> | <b>MP 5</b> | <b>MP 6</b> |
| <b>DepV, DK I-III (Erg. LAGA-Bod.)</b> |            | ---         | ---         |             |
| <b>Glühverlust</b>                     | Masse-% TM | 4,2         | 1,7         |             |
| <b>Lipophile Stoffe</b>                | Masse-%    | <0,010      | <0,010      |             |
| <b>Lipophile Stoffe</b>                | Masse-% TM | <0,010      | <0,010      |             |
| <b>Summe PCB (7)</b>                   | mg/kg TM   | n.n.        | n.n.        |             |
| <b>DOC</b>                             | mg/L       | 2,1         | 3,6         |             |
| <b>Cyanid I. freis. (CFA)</b>          | mg/L       | <0,010      | <0,010      |             |
| <b>Fluorid</b>                         | mg/L       | 0,24        | 0,21        |             |
| <b>Ges.-Gehalt an gel. Feststoffen</b> | mg/L       | 328         | 205         |             |
| <b>Barium</b>                          | mg/L       | 0,040       | 0,033       |             |
| <b>Molybdän</b>                        | mg/L       | 0,0025      | 0,0012      |             |
| <b>Antimon</b>                         | mg/L       | 0,0084      | 0,0027      |             |
| <b>Selen</b>                           | mg/L       | <0,0020     | <0,0020     |             |
| <b>Säureneutralisationskapazität</b>   | mmol/kg TM | 411         | 158         |             |

BG = Bestimmungsgrenze MU = Messunsicherheit n.a. = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar n.n. = nicht nachweisbar ngw. = nachgewiesen

Zuordnungswerte in Klammern gelten nur in besonderen Fällen. Zur abschließenden Einstufung sind die Regelungen der TR zu Zuordnungswerten sowie die Sonderregelungen einzelner Bundesländer zu beachten. Die angegebenen Einstufungen sind eine Serviceleistung und dienen zur Unterstützung der Auswertung durch den Auftraggeber. Die abschließende rechtsverbindliche Einstufung ist durch den Auftraggeber vorzunehmen und liegt allein in seinem Verantwortungsbereich.

**Prüfbericht-Nr.: 2023P509784/ 1**
**BV Jarrestraße 20 , Kampnagel**
**Zuordnungswerte gem. LAGA-Boden (M20, Fassung 2004)**

|                             |            |             |             |
|-----------------------------|------------|-------------|-------------|
| unsere Auftragsnummer       |            | 23506549    | 23506549    |
| Probe-Nr.                   |            | 007         | 008         |
| Material                    |            | Boden       | Boden       |
| Probenbezeichnung           |            | <b>MP 7</b> | <b>MP 8</b> |
| Probemenge                  |            | ca. 350 g   | ca. 350 g   |
| Probeneingang               |            | 20.04.2023  | 20.04.2023  |
| Zuordnung gemäß             |            | Sand        | Sand        |
| Trockenrückstand            | Masse-%    | 86,7        | 94,6        |
| EOX                         | mg/kg TM   | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     |
| Kohlenwasserstoffe          | mg/kg TM   | <100 Z0     | <100 Z0     |
| mobiler Anteil bis C22      | mg/kg TM   | <50 Z0      | <50 Z0      |
| Cyanid ges.                 | mg/kg TM   | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     |
| Summe BTEX                  | mg/kg TM   | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     |
| Summe LHKW                  | mg/kg TM   | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     |
| Summe PAK (16)              | mg/kg TM   | 50,2 >Z2    | 0,119 Z0    |
| Benzo(a)pyren               | mg/kg TM   | 3,3 >Z2     | <0,050 Z0   |
| PCB Summe 6 Kongenere       | mg/kg TM   | n.n. Z0     | n.n. Z0     |
| Aufschluss mit Königswasser |            | ---         | ---         |
| Arsen                       | mg/kg TM   | 26 Z1       | 2,2 Z0      |
| Blei                        | mg/kg TM   | 514 Z2      | 10 Z0       |
| Cadmium                     | mg/kg TM   | 0,24 Z0     | <0,10 Z0    |
| Chrom ges.                  | mg/kg TM   | 11 Z0       | 3,9 Z0      |
| Kupfer                      | mg/kg TM   | 139 Z2      | 5,0 Z0      |
| Nickel                      | mg/kg TM   | 17 Z1       | 4,0 Z0      |
| Quecksilber                 | mg/kg TM   | 0,22 Z1     | <0,10 Z0    |
| Thallium                    | mg/kg TM   | <0,30 Z0    | <0,30 Z0    |
| Zink                        | mg/kg TM   | 185 Z1      | 18 Z0       |
| TOC                         | Masse-% TM | 4,8 Z2      | <0,050 Z0   |
| Eluat 10:1                  |            | ---         | ---         |
| pH-Wert                     |            | 7,4 Z0      | 7,5 Z0      |
| Temperatur (Labor)          | °C         | 23,4        | 23,4        |
| Leitfähigkeit               | µS/cm      | 1050 Z1.2   | 44 Z0       |
| Chlorid                     | mg/L       | 0,80 Z0     | <0,60 Z0    |
| Sulfat                      | mg/L       | 574 >Z2     | 11 Z0       |
| Cyanid ges.                 | µg/L       | <5,0 Z0     | <5,0 Z0     |
| Phenolindex                 | µg/L       | <5,0 Z0     | <5,0 Z0     |
| Arsen                       | µg/L       | 4,1 Z0      | <0,50 Z0    |
| Blei                        | µg/L       | 10 Z0       | <1,0 Z0     |
| Cadmium                     | µg/L       | <0,30 Z0    | <0,30 Z0    |
| Chrom ges.                  | µg/L       | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     |
| Kupfer                      | µg/L       | 5,6 Z0      | <1,0 Z0     |
| Nickel                      | µg/L       | <1,0 Z0     | <1,0 Z0     |
| Quecksilber                 | µg/L       | <0,20 Z0    | <0,20 Z0    |
| Zink                        | µg/L       | 10 Z0       | <10 Z0      |

BG = Bestimmungsgrenze MU = Messunsicherheit n.a. = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar n.n. = nicht nachweisbar ngw. = nachgewiesen

Zuordnungswerte in Klammern gelten nur in besonderen Fällen. Zur abschließenden Einstufung sind die Regelungen der TR zu Zuordnungswerten sowie die Sonderregelungen einzelner Bundesländer zu beachten. Die angegebenen Einstufungen sind eine Serviceleistung und dienen zur Unterstützung der Auswertung durch den Auftraggeber. Die abschließende rechtsverbindliche Einstufung ist durch den Auftraggeber vorzunehmen und liegt allein in seinem Verantwortungsbereich.

**Prüfbericht-Nr.: 2023P509784/ 1**
**BV Jarrestraße 20 , Kampnagel**

|                                 |            |             |             |
|---------------------------------|------------|-------------|-------------|
| unsere Auftragsnummer           |            | 23506549    | 23506549    |
| Probe-Nr.                       |            | 007         | 008         |
| Material                        |            | Boden       | Boden       |
| Probenbezeichnung               |            | <b>MP 7</b> | <b>MP 8</b> |
| DepV, DK I-III (Erg. LAGA-Bod.) |            | ---         | ---         |
| Glühverlust                     | Masse-% TM | 4,5         | ---         |
| Lipophile Stoffe                | Masse-%    | 0,010       | ---         |
| Lipophile Stoffe                | Masse-% TM | 0,012       | ---         |
| Summe PCB (7)                   | mg/kg TM   | n.n.        | ---         |
| DOC                             | mg/L       | 2,5         | ---         |
| Cyanid I. freis. (CFA)          | mg/L       | <0,010      | ---         |
| Fluorid                         | mg/L       | 0,33        | ---         |
| Ges.-Gehalt an gel. Feststoffen | mg/L       | 862         | ---         |
| Barium                          | mg/L       | 0,073       | ---         |
| Molybdän                        | mg/L       | 0,0044      | ---         |
| Antimon                         | mg/L       | 0,0045      | ---         |
| Selen                           | mg/L       | <0,0020     | ---         |
| Säureneutralisationskapazität   | mmol/kg TM | 284         | ---         |

BG = Bestimmungsgrenze MU = Messunsicherheit n.a. = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar n.n. = nicht nachweisbar ngw. = nachgewiesen

Zuordnungswerte in Klammern gelten nur in besonderen Fällen. Zur abschließenden Einstufung sind die Regelungen der TR zu Zuordnungswerten sowie die Sonderregelungen einzelner Bundesländer zu beachten. Die angegebenen Einstufungen sind eine Serviceleistung und dienen zur Unterstützung der Auswertung durch den Auftraggeber. Die abschließende rechtsverbindliche Einstufung ist durch den Auftraggeber vorzunehmen und liegt allein in seinem Verantwortungsbereich.

**Prüfbericht-Nr.: 2023P509784/ 1**
**BV Jarrestraße 20 , Kampnagel**
**Angewandte Verfahren und Bestimmungsgrenzen (BG)**

| Parameter                       | BG     | Einheit    | Methode                                                                          |
|---------------------------------|--------|------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Trockenrückstand                | 0,40   | Masse-%    | DIN ISO 11465: 1996-12 <sup>a</sup> 5                                            |
| EOX                             | 1,0    | mg/kg TM   | US-Extr. Cyclo/Hex/Acet; DIN 38414 (S17): 2017-01 <sup>a</sup> 5                 |
| Kohlenwasserstoffe              | 100    | mg/kg TM   | DIN EN 14039: 2005-01 i.V.m. LAGA KW/04: 2019-09 <sup>a</sup> 5                  |
| mobiler Anteil bis C22          | 50     | mg/kg TM   | DIN EN ISO 16703: 2011-09 <sup>a</sup> i.V.m. LAGA KW/04: 2009-12 <sup>a</sup> 5 |
| Cyanid ges.                     | 1,0    | mg/kg TM   | DIN ISO 17380: 2013-10 <sup>a</sup> 5                                            |
| Summe BTEX                      | 1,0    | mg/kg TM   | DIN EN ISO 22155: 2016-07 <sup>a</sup> 5                                         |
| Summe LHKW                      | 1,0    | mg/kg TM   | DIN EN ISO 22155: 2016-07 <sup>a</sup> 5                                         |
| Summe PAK (16)                  |        | mg/kg TM   | DIN ISO 18287: 2006-05 <sup>a</sup> 5                                            |
| Benzo(a)pyren                   | 0,050  | mg/kg TM   | DIN ISO 18287: 2006-05 <sup>a</sup> 5                                            |
| PCB Summe 6 Kongenere           |        | mg/kg TM   | DIN EN 15308: 2016-12 <sup>a</sup> 5                                             |
| Aufschluss mit Königswasser     |        |            | DIN EN 13657: 2003-01 <sup>a</sup> 5                                             |
| Arsen                           | 1,0    | mg/kg TM   | DIN EN 16171: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                             |
| Blei                            | 1,0    | mg/kg TM   | DIN EN 16171: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                             |
| Cadmium                         | 0,10   | mg/kg TM   | DIN EN 16171: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                             |
| Chrom ges.                      | 1,0    | mg/kg TM   | DIN EN 16171: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                             |
| Kupfer                          | 1,0    | mg/kg TM   | DIN EN 16171: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                             |
| Nickel                          | 1,0    | mg/kg TM   | DIN EN 16171: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                             |
| Quecksilber                     | 0,10   | mg/kg TM   | DIN EN 16171: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                             |
| Thallium                        | 0,30   | mg/kg TM   | DIN EN 16171: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                             |
| Zink                            | 1,0    | mg/kg TM   | DIN EN 16171: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                             |
| TOC                             | 0,050  | Masse-% TM | DIN EN 15936: 2012-11 <sup>a</sup> 5                                             |
| Eluat 10:1                      |        |            | DIN EN 12457-4: 2003-01 <sup>a</sup> 5                                           |
| pH-Wert                         |        |            | DIN EN ISO 10523: 2012-04 <sup>a</sup> 5                                         |
| Temperatur (Labor)              |        | °C         | DIN 38404-4: 1976-12 <sup>a</sup> 5                                              |
| Leitfähigkeit                   |        | µS/cm      | DIN EN 27888: 1993-11 <sup>a</sup> 5                                             |
| Chlorid                         | 0,60   | mg/L       | DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 <sup>a</sup> 5                                       |
| Sulfat                          | 1,0    | mg/L       | DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 <sup>a</sup> 5                                       |
| Cyanid ges.                     | 5,0    | µg/L       | DIN EN ISO 14403-2 (D3): 2012-10 <sup>a</sup> 5                                  |
| Phenolindex                     | 5,0    | µg/L       | DIN EN ISO 14402: 1999-12 <sup>a</sup> 5                                         |
| Arsen                           | 0,50   | µg/L       | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                       |
| Blei                            | 1,0    | µg/L       | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                       |
| Cadmium                         | 0,30   | µg/L       | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                       |
| Chrom ges.                      | 1,0    | µg/L       | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                       |
| Kupfer                          | 1,0    | µg/L       | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                       |
| Nickel                          | 1,0    | µg/L       | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                       |
| Quecksilber                     | 0,20   | µg/L       | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                       |
| Zink                            | 10     | µg/L       | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                       |
| DepV, DK I-III (Erg. LAGA-Bod.) |        |            |                                                                                  |
| Glühverlust                     | 0,10   | Masse-% TM | DIN EN 15169: 2007-05 <sup>a</sup> 5                                             |
| Lipophile Stoffe                | 0,010  | Masse-%    | LAGA KW/04: 2019-09 <sup>a</sup> 5                                               |
| Lipophile Stoffe                | 0,010  | Masse-% TM | LAGA KW/04: 2019-09 <sup>a</sup> 5                                               |
| Summe PCB (7)                   |        | mg/kg TM   | DIN EN 15308: 2016-12 <sup>a</sup> 5                                             |
| DOC                             | 1,0    | mg/L       | DIN EN 1484: 2019-04 <sup>a</sup> 5                                              |
| Cyanid I. freis. (CFA)          | 0,010  | mg/L       | DIN EN ISO 14403-2 (D3): 2012-10 <sup>a</sup> 5                                  |
| Fluorid                         | 0,15   | mg/L       | DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 <sup>a</sup> 5                                       |
| Ges.-Gehalt an gel. Feststoffen | 100    | mg/L       | DIN EN 15216: 2021-12 <sup>a</sup> 5                                             |
| Barium                          | 0,0010 | mg/L       | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                       |
| Molybdän                        | 0,0010 | mg/L       | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                       |
| Antimon                         | 0,0010 | mg/L       | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                       |
| Selen                           | 0,0020 | mg/L       | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> 5                                       |
| Säureneutralisationskapazität   |        | mmol/kg TM | LAGA EW 98p: 2017-09 <sup>a</sup> 5                                              |
| Atmungsaktivität (AT4)          | 1,0    | mg O2/g TM | DepV Anh. 4, Nr. 3.3.1: 2020-06 <sup>a</sup> 2                                   |
| Brennwert Ho (wf)               | 1000   | kJ/kg      | DIN EN 15170: 2009-05 <sup>a</sup> 22                                            |

Die mit <sup>a</sup> gekennzeichneten Verfahren sind akkreditierte Verfahren. Die Bestimmungsgrenzen (BG) können matrixbedingt variieren.  
 Untersuchungslabor: 5GBA Pinneberg 2GBA Gelsenkirchen 22GBA Herten

## Anhang A2

GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH · Flensburger Straße 15 · 25421 Pinneberg

Burmann, Mandel + Partner  
Ingenieurbüro für Grundbau und Umwelttechnik  
Gasstraße 18 Haus 6b

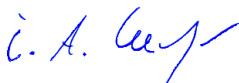


22761 Hamburg

## Prüfbericht-Nr.: 2023P507422 / 1

|                               |                                                                                                                                           |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Auftraggeber</b>           | Burmann, Mandel + Partner Ingenieurbüro für Grundbau und Umwelttechnik<br>über Knut Rösch GmbH                                            |
| <b>Eingangsdatum</b>          | 24.03.2023                                                                                                                                |
| <b>Projekt</b>                | Kampnagel                                                                                                                                 |
| <b>Material</b>               | Wasser                                                                                                                                    |
| <b>Auftrag</b>                | 016/23                                                                                                                                    |
| <b>Verpackung</b>             | Glas- und PE-Flaschen                                                                                                                     |
| <b>Probenmenge</b>            | ca. 5,56 l                                                                                                                                |
| <b>GBA-Nummer</b>             | 23504968                                                                                                                                  |
| <b>Probenahme</b>             | Knut Rösch GmbH                                                                                                                           |
| <b>Probentransport</b>        | GBA                                                                                                                                       |
| <b>Labor</b>                  | GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH                                                                                                      |
| <b>Analysenbeginn / -ende</b> | 24.03.2023 - 03.04.2023                                                                                                                   |
| <b>Bemerkung</b>              | keine                                                                                                                                     |
| <b>Probenaufbewahrung</b>     | Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt. |

Pinneberg, 03.04.2023



i. A. Dr. Peter Ludwig  
Projektbearbeitung

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Es wird keine Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme übernommen, wenn die Proben nicht durch die GBA oder in ihrem Auftrag genommen wurden. In diesem Fall beziehen sich die Ergebnisse auf die Probe wie erhalten. Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Prüfbericht nicht veröffentlicht sowie nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Entscheidungsregeln der GBA sind in den AGBs einzusehen.

Seite 1 von 3 zu Prüfbericht-Nr.: 2023P507422 / 1

**Prüfbericht-Nr.: 2023P507422 / 1**
**Kampfnagel**

|                                  |                         |                                        |
|----------------------------------|-------------------------|----------------------------------------|
| <b>GBA-Nummer</b>                |                         | 23504968                               |
| <b>Probe-Nummer</b>              |                         | 001                                    |
| <b>Material</b>                  |                         | Wasser                                 |
| <b>Probenbezeichnung</b>         |                         | <b>WP. 1 / KRB.<br/>15<br/>11,00 m</b> |
| <b>Probemenge</b>                |                         | ca. 5,56 l                             |
| <b>Probeneingang</b>             |                         | 24.03.2023                             |
|                                  |                         |                                        |
| <b>Analysenergebnisse</b>        | <b>Einheit</b>          |                                        |
| <b>pH-Wert</b>                   |                         | 7,5                                    |
| <b>Absetzbare Stoffe (0,5 h)</b> | mg/L                    | 0,10                                   |
| <b>Abfiltrierbare Stoffe</b>     | mg/L                    | 93                                     |
| <b>Kohlendioxid, kalklösend</b>  | mg/L                    | <5,0                                   |
| <b>Magnesium</b>                 | mg/L                    | 14                                     |
| <b>Sulfat</b>                    | mg/L                    | 151                                    |
| <b>Ammonium</b>                  | mg/L                    | 1,4                                    |
| <b>Ammonium-N</b>                | mg/L                    | 1,1                                    |
| <b>Eisen (II)</b>                | mg/L                    | 2,2                                    |
| <b>Eisen, ges.</b>               | mg/L                    | 6,2                                    |
| <b>Kohlenwasserstoffe</b>        | mg/L                    | <0,10                                  |
| <b>CSB</b>                       | mg/L                    | 31                                     |
| <b>AOX</b>                       | mg/L                    | <0,010                                 |
| <b>Membranfiltration</b>         |                         | +                                      |
| <b>Arsen</b>                     | mg/L                    | 0,0031                                 |
| <b>Cadmium</b>                   | mg/L                    | <0,00030                               |
| <b>Chrom ges.</b>                | mg/L                    | 0,0050                                 |
| <b>Blei</b>                      | mg/L                    | 0,014                                  |
| <b>Nickel</b>                    | mg/L                    | 0,0046                                 |
| <b>Zink</b>                      | mg/L                    | 0,031                                  |
| <b>Kupfer</b>                    | mg/L                    | 0,013                                  |
| <b>Quecksilber</b>               | mg/L                    | <0,00020                               |
| <b>TOC</b>                       | mg/L                    | 10                                     |
| <b>Geruch</b>                    |                         | unauffällig                            |
| <b>Permanganat-Verbrauch</b>     | mg KMnO <sub>4</sub> /L | 25                                     |
| <b>Gesamthärte</b>               | °dH                     | 26                                     |
| <b>Härtehydrogencarbonat</b>     | °dH                     | 21                                     |
| <b>Nichtcarbonathärte</b>        | °dH                     | 5,2                                    |
| <b>Chlorid</b>                   | mg/L                    | 63                                     |
| <b>Säurekapazität bis pH 4,3</b> | mmol/L                  | 7,44                                   |
| <b>Calcium</b>                   | mg/L                    | 163                                    |

BG = Bestimmungsgrenze MU = Messunsicherheit n.a. = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar n.n. = nicht nachweisbar

**Prüfbericht-Nr.: 2023P507422 / 1**  
**Kampnagel**
**Angewandte Verfahren**

| Parameter                 | BG      | Einheit                 | Methode                                                     |
|---------------------------|---------|-------------------------|-------------------------------------------------------------|
| pH-Wert                   |         |                         | DIN EN ISO 10523: 2012-04 <sup>a</sup> <sub>5</sub>         |
| Absetzbare Stoffe (0,5 h) | 0,10    | mL/L                    | DIN 38409-9: 1980-07 <sup>a</sup> <sub>5</sub>              |
| Abfiltrierbare Stoffe     | 2,0     | mg/L                    | DIN 38409-H2-2/3: 1987-03 <sup>a</sup> <sub>5</sub>         |
| Kohlendioxid, kalklösend  | 5,0     | mg/L                    | DIN 4030-2: 2008-06 <sup>a</sup> <sub>5</sub>               |
| Magnesium                 | 0,10    | mg/L                    | DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 <sup>a</sup> <sub>5</sub>   |
| Sulfat                    | 0,50    | mg/L                    | DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 <sup>a</sup> <sub>5</sub>       |
| Ammonium                  | 0,025   | mg/L                    | DIN EN ISO 11732: 2005-05 <sup>a</sup> <sub>5</sub>         |
| Ammonium-N                | 0,020   | mg/L                    | DIN EN ISO 11732: 2005-05 <sup>a</sup> <sub>5</sub>         |
| Eisen (II)                | 0,25    | mg/L                    | DIN 38406-1: 1983-05 <sup>a</sup> <sub>5</sub>              |
| Eisen, ges.               | 0,010   | mg/L                    | DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 <sup>a</sup> <sub>5</sub>   |
| Kohlenwasserstoffe        | 0,10    | mg/L                    | DIN EN ISO 9377-2 (H53): 2001-07 <sup>a</sup> <sub>5</sub>  |
| CSB                       | 15      | mg/L                    | DIN ISO 15705 (H45): 2003-01 <sup>a</sup> <sub>5</sub>      |
| AOX                       | 0,010   | mg/L                    | DIN EN ISO 9562 (H14): 2005-02 <sup>a</sup> <sub>2</sub>    |
| Membranfiltration         |         |                         |                                                             |
| Arsen                     | 0,00050 | mg/L                    | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> <sub>5</sub>       |
| Cadmium                   | 0,00030 | mg/L                    | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> <sub>5</sub>       |
| Chrom ges.                | 0,0010  | mg/L                    | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> <sub>5</sub>       |
| Blei                      | 0,0010  | mg/L                    | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> <sub>5</sub>       |
| Nickel                    | 0,0010  | mg/L                    | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> <sub>5</sub>       |
| Zink                      | 0,0050  | mg/L                    | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> <sub>5</sub>       |
| Kupfer                    | 0,0010  | mg/L                    | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> <sub>5</sub>       |
| Quecksilber               | 0,00020 | mg/L                    | DIN EN ISO 17294-2: 2017-01 <sup>a</sup> <sub>5</sub>       |
| TOC                       | 1,0     | mg/L                    | DIN EN 1484: 2019-04 <sup>a</sup> <sub>5</sub>              |
| Geruch                    |         |                         | DIN EN 1622 Anhang C: 2006-10 <sup>a</sup> <sub>5</sub>     |
| Permanganat-Verbrauch     | 2,0     | mg KMnO <sub>4</sub> /L | DIN EN ISO 8467: 1995-05 <sup>a</sup> <sub>5</sub>          |
| Gesamthärte               | 0,010   | °dH                     | DIN 38409-6: 1986-01 <sup>a</sup> <sub>5</sub>              |
| Härtehydrogencarbonat     |         | °dH                     | DIN 38409-7: 2005-12/DEV D8: 1971 <sup>a</sup> <sub>5</sub> |
| Nichtcarbonathärte        |         | °dH                     | berechnet <sub>5</sub>                                      |
| Chlorid                   | 0,60    | mg/L                    | DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 <sup>a</sup> <sub>5</sub>       |
| Säurekapazität bis pH 4,3 | 0,050   | mmol/L                  | DIN 38409-7: 2005-12 <sup>a</sup> <sub>5</sub>              |
| Calcium                   | 0,020   | mg/L                    | DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 <sup>a</sup> <sub>5</sub>   |

Die mit <sup>a</sup> gekennzeichneten Verfahren sind akkreditierte Verfahren. Die Bestimmungsgrenzen (BG) können matrixbedingt variieren.  
 Untersuchungslabor: <sub>5</sub>GBA Pinneberg <sub>2</sub>GBA Gelsenkirchen

## Anlage zu Prüfbericht 2023P507422

Probe-Nr.: 23504968 / 001

Probenbezeichnung: WP. 1 / KRB. 15  
11,00 m

**Tabelle 1:** Expositionsklassen für Betonkorrosion durch chemischem Angriff durch Grundwasser  
nach DIN 1045-2 Tab. 2 / DIN EN 206-1

| Parameter                | Messwert | Einheit                 | Angriffsgrad                               |                                          |                                          |
|--------------------------|----------|-------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
|                          |          |                         | schwach<br>angreifende<br>Umgebung<br>XA 1 | mäßig<br>angreifende<br>Umgebung<br>XA 2 | stark<br>angreifende<br>Umgebung<br>XA 3 |
| pH-Wert                  | 7,5      |                         | 6,5 - 5,5                                  | < 5,5 - 4,5                              | < 4,5 - >= 4,0                           |
| Kohlendioxid, kalklösend | <5,0     | mg/L                    | 15 - 40                                    | > 40 - 100                               | > 100                                    |
| Ammonium                 | 1,4      | mg/L                    | 15 - 30                                    | > 30 - 60                                | > 60 - 100                               |
| Magnesium                | 14       | mg/L                    | 300 - 1000                                 | > 1000 - 3000                            | > 3000                                   |
| Sulfat                   | 151      | mg/L                    | 200 - 600                                  | > 600 - 3000                             | > 3000 - 6000                            |
| Chlorid                  | 63       | mg/L                    | ---                                        | ---                                      | ---                                      |
| Gesamthärte              | 26       | °dH                     | ---                                        | ---                                      | ---                                      |
| Härtehydrogencarbonat    | 21       | °dH                     | ---                                        | ---                                      | ---                                      |
| Permanganat-Verbrauch    | 25       | mg KMnO <sub>4</sub> /L | ---                                        | ---                                      | ---                                      |

**Kurzbeurteilung:** Gemäß DIN EN 206-1 sind bei der hier untersuchten Wasserprobe keine Maßnahmen nach DIN 1045 erforderlich. Das Wasser ist nicht Beton angreifend.

## Anlage zu Prüfbericht 2023P507422

Probe-Nr.: 23504968 / 001

Probenbezeichnung: WP. 1 / KRB. 15  
11,00 m

**Tabelle 1:** Beurteilung von Wässern gem. DIN 50929 Teil 3

| Nr.      | Merkmal und Dimension / Einheit                                                                                                        |                                              |                                             |     | Bewertungs-<br>ziffer |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|-----|-----------------------|
|          |                                                                                                                                        | unlegierte Eisen                             | verzinkter Stahl                            |     |                       |
| <b>1</b> | <b>Wasserart</b><br>- fließende Gewässer<br>- stehende Gewässer<br>- Küste von Binnenseen<br>- anaerob. Moor, Meeresküste              | <b>N1</b><br>0<br>-1<br>-3<br>-5             | <b>M1</b><br>-2<br>1<br>-3<br>-5            |     | <b>N1</b><br><br>-1   |
| <b>2</b> | <b>Lage des Objektes</b><br>- Unterwasserbereich<br>- Wasser / Luft-Bereich<br>- Spritzwasserbereich                                   | <b>N2</b><br>0<br>1<br>0,3                   | <b>M2</b><br>0<br>-6<br>-2                  |     | <b>N2</b><br>0        |
| <b>3</b> | <b>c (Cl-) + 2c (SO4<sup>2-</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b><br>< 1<br>> 1 bis 5<br>> 5 bis 25<br>> 25 bis 100<br>> 100 bis 300<br>> 300 | <b>N3</b><br>0<br>-2<br>-4<br>-6<br>-7<br>-8 | <b>M3</b><br>0<br>0<br>-1<br>-2<br>-3<br>-4 | 4,9 | <b>N3</b><br><br>-2   |
| <b>4</b> | <b>Säurekapazität bis pH 4,3 mol/m<sup>3</sup></b><br>< 1<br>1 bis 2<br>> 2 bis 4<br>> 4 bis 6<br>> 6                                  | <b>N4</b><br>1<br>2<br>3<br>4<br>5           | <b>M4</b><br>-1<br>1<br>1<br>0<br>-1        | 7,4 | <b>N4</b><br><br>5    |
| <b>5</b> | <b>c (Ca<sup>2+</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b><br>< 0,5<br>0,5 bis 2<br>> 2 bis 8<br>> 8                                               | <b>N5</b><br>-1<br>0<br>1<br>2               | <b>M5</b><br>0<br>2<br>3<br>4               | 4,1 | <b>N5</b><br><br>1    |
| <b>6</b> | <b>pH-Wert</b><br>< 5,5<br>5,5 bis 6,5<br>> 6,5 bis 7,0<br>> 7,0 bis 7,5<br>> 7,5                                                      | <b>N6</b><br>-3<br>-2<br>-1<br>0<br>1        | <b>M6</b><br>-6<br>-4<br>-1<br>1<br>1       | 7,5 | <b>N6</b><br><br>0    |

Bewertungszahlsumme Unterwasserbereich:  $W0 = N1 + N3 + N4 + N5 + N6 + N3/N4 =$

**2,60**

Bewertungszahlsumme Wasser/Luft-Grenze:  $W1 = W0 - N1 + N2 \times N3 =$

**3,60**

**Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeiten:**

| W0- bzw.<br>W1 - Werte                 | Mulden- und<br>Lochkorrosion            | Flächen-<br>korrosion                          |
|----------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|
| >= 0<br>-1 bis -4<br><-4 bis -8<br><-8 | sehr gering<br>gering<br>mittel<br>hoch | sehr gering<br>sehr gering<br>gering<br>mittel |

## Anhang A3

GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH · Flensburger Straße 15 · 25421 Pinneberg

Burmann, Mandel + Partner  
Ingenieurbüro für Grundbau und Umwelttechnik  
Gasstraße 18 Haus 6b

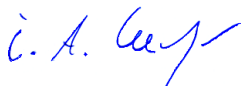


22761 Hamburg

## Prüfbericht-Nr.: 2023P507488 / 1

|                               |                                                                                                                                           |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Auftraggeber</b>           | Burmann, Mandel + Partner Ingenieurbüro für Grundbau und Umwelttechnik<br>über Knut Rösch GmbH                                            |
| <b>Eingangsdatum</b>          | 22.03.2023                                                                                                                                |
| <b>Projekt</b>                | Jarrestraße 20, Kampnagel, Hamburg                                                                                                        |
| <b>Material</b>               | Wasser                                                                                                                                    |
| <b>Auftrag</b>                | 016/23                                                                                                                                    |
| <b>Verpackung</b>             | Glas- und PE-Flaschen                                                                                                                     |
| <b>Probenmenge</b>            | ca. 2 l                                                                                                                                   |
| <b>GBA-Nummer</b>             | 23504733                                                                                                                                  |
| <b>Probenahme</b>             | Knut Rösch GmbH                                                                                                                           |
| <b>Probentransport</b>        | GBA                                                                                                                                       |
| <b>Labor</b>                  | GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH                                                                                                      |
| <b>Analysenbeginn / -ende</b> | 22.03.2023 - 03.04.2023                                                                                                                   |
| <b>Bemerkung</b>              | keine                                                                                                                                     |
| <b>Probenaufbewahrung</b>     | Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt. |

Pinneberg, 03.04.2023



i. A. Dr. Peter Ludwig  
Projektbearbeitung

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Es wird keine Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme übernommen, wenn die Proben nicht durch die GBA oder in ihrem Auftrag genommen wurden. In diesem Fall beziehen sich die Ergebnisse auf die Probe wie erhalten. Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Prüfbericht nicht veröffentlicht sowie nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Entscheidungsregeln der GBA sind in den AGBs einzusehen.

Seite 1 von 3 zu Prüfbericht-Nr.: 2023P507488 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2023P507488 / 1

Jarrestraße 20, Kampnagel, Hamburg

|                               |                         |                                       |
|-------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| GBA-Nummer                    |                         | 23504733                              |
| Probe-Nummer                  |                         | 001                                   |
| Material                      |                         | Wasser                                |
| Probenbezeichnung             |                         | <b>WP.1 / KRB.11</b><br><b>3,60 m</b> |
| Probemenge                    |                         | ca. 2 l                               |
| Probeneingang                 |                         | 22.03.2023                            |
|                               |                         |                                       |
| <b>Analysenergebnisse</b>     | <b>Einheit</b>          |                                       |
| Beton- und Stahlaggressivität |                         | s. Anlage                             |
| pH-Wert                       |                         | 6,9                                   |
| Geruch                        |                         | unauffällig                           |
| Permanganat-Verbrauch         | mg KMnO <sub>4</sub> /L | 19                                    |
| Gesamthärte                   | °dH                     | 31                                    |
| Härtehydrogencarbonat         | °dH                     | 6,6                                   |
| Nichtcarbonathärte            | °dH                     | 25                                    |
| Magnesium                     | mg/L                    | 11                                    |
| Ammonium                      | mg/L                    | <0,20                                 |
| Sulfat                        | mg/L                    | 310                                   |
| Chlorid                       | mg/L                    | 27                                    |
| Kohlendioxid, kalklösend      | mg/L                    | 19                                    |
| Säurekapazität bis pH 4,3     | mmol/L                  | 2,35                                  |
| Calcium                       | mg/L                    | 207                                   |

BG = Bestimmungsgrenze MU = Messunsicherheit n.a. = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar n.n. = nicht nachweisbar

**Prüfbericht-Nr.: 2023P507488 / 1**
**Jarrestraße 20, Kampnagel, Hamburg**
**Angewandte Verfahren**

| Parameter                     | BG    | Einheit                 | Methode                                                     |
|-------------------------------|-------|-------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Beton- und Stahlaggressivität |       |                         |                                                             |
| pH-Wert                       |       |                         | DIN EN ISO 10523: 2012-04 <sup>a</sup> <sub>5</sub>         |
| Geruch                        |       |                         | DIN EN 1622 Anhang C: 2006-10 <sup>a</sup> <sub>5</sub>     |
| Permanganat-Verbrauch         | 2,0   | mg KMnO <sub>4</sub> /L | DIN EN ISO 8467: 1995-05 <sup>a</sup> <sub>5</sub>          |
| Gesamthärte                   | 0,010 | °dH                     | DIN 38409-6: 1986-01 <sup>a</sup> <sub>5</sub>              |
| Härtehydrogencarbonat         |       | °dH                     | DIN 38409-7: 2005-12/DEV D8: 1971 <sup>a</sup> <sub>5</sub> |
| Nichtcarbonathärte            |       | °dH                     | berechnet <sub>5</sub>                                      |
| Magnesium                     | 0,10  | mg/L                    | DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 <sup>a</sup> <sub>5</sub>   |
| Ammonium                      | 0,20  | mg/L                    | DIN EN ISO 11732: 2005-05 <sup>a</sup> <sub>5</sub>         |
| Sulfat                        | 0,50  | mg/L                    | DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 <sup>a</sup> <sub>5</sub>       |
| Chlorid                       | 0,60  | mg/L                    | DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 <sup>a</sup> <sub>5</sub>       |
| Kohlendioxid, kalklösend      | 5,0   | mg/L                    | DIN 4030-2: 2008-06 <sup>a</sup> <sub>5</sub>               |
| Säurekapazität bis pH 4,3     | 0,050 | mmol/L                  | DIN 38409-7: 2005-12 <sup>a</sup> <sub>5</sub>              |
| Calcium                       | 0,020 | mg/L                    | DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 <sup>a</sup> <sub>5</sub>   |

Die mit <sup>a</sup> gekennzeichneten Verfahren sind akkreditierte Verfahren. Die Bestimmungsgrenzen (BG) können matrixbedingt variieren.  
 Untersuchungslabor: <sub>5</sub>GBA Pinneberg

## Anlage zu Prüfbericht 2023P507488

Probe-Nr.: 23504733 / 001

Probenbezeichnung: WP.1 / KRB.11  
 3,60 m

**Tabelle 1:** Expositionsklassen für Betonkorrosion durch chemischem Angriff durch Grundwasser  
 nach DIN 1045-2 Tab. 2 / DIN EN 206-1

| Parameter                | Messwert | Einheit                 | Angriffsgrad                               |                                          |                                          |
|--------------------------|----------|-------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
|                          |          |                         | schwach<br>angreifende<br>Umgebung<br>XA 1 | mäßig<br>angreifende<br>Umgebung<br>XA 2 | stark<br>angreifende<br>Umgebung<br>XA 3 |
| pH-Wert                  | 6,9      |                         | 6,5 - 5,5                                  | < 5,5 - 4,5                              | < 4,5 - >= 4,0                           |
| Kohlendioxid, kalklösend | 19       | mg/L                    | 15 - 40                                    | > 40 - 100                               | > 100                                    |
| Ammonium                 | <0,20    | mg/L                    | 15 - 30                                    | > 30 - 60                                | > 60 - 100                               |
| Magnesium                | 11       | mg/L                    | 300 - 1000                                 | > 1000 - 3000                            | > 3000                                   |
| Sulfat                   | 310      | mg/L                    | 200 - 600                                  | > 600 - 3000                             | > 3000 - 6000                            |
| Chlorid                  | 27       | mg/L                    | ---                                        | ---                                      | ---                                      |
| Gesamthärte              | 31       | °dH                     | ---                                        | ---                                      | ---                                      |
| Härtehydrogencarbonat    | 6,6      | °dH                     | ---                                        | ---                                      | ---                                      |
| Permanganat-Verbrauch    | 19       | mg KMnO <sub>4</sub> /L | ---                                        | ---                                      | ---                                      |

**Kurzbeurteilung:** Gemäß DIN EN 206-1 sind bei der hier untersuchten Wasserprobe besondere Maßnahmen nach DIN 1045 erforderlich. Das Wasser ist mäßig Beton angreifend.

## Anlage zu Prüfbericht 2023P507488

Probe-Nr.: 23504733 / 001

Probenbezeichnung: WP.1 / KRB.11  
 3,60 m

**Tabelle 1:** Beurteilung von Wässern gem. DIN 50929 Teil 3

| Nr.      | Merkmal und Dimension / Einheit                                                                                             |                                              |                                             |     | Bewertungs-<br>ziffer |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|-----|-----------------------|
|          |                                                                                                                             | unlegierte Eisen                             | verzinkter Stahl                            |     |                       |
| <b>1</b> | <b>Wasserart</b><br>- fließende Gewässer<br>- stehende Gewässer<br>- Küste von Binnenseen<br>- anaerob. Moor, Meeresküste   | <b>N1</b><br>0<br>-1<br>-3<br>-5             | <b>M1</b><br>-2<br>1<br>-3<br>-5            |     | <b>N1</b><br><br>-1   |
| <b>2</b> | <b>Lage des Objektes</b><br>- Unterwasserbereich<br>- Wasser / Luft-Bereich<br>- Spritzwasserbereich                        | <b>N2</b><br>0<br>1<br>0,3                   | <b>M2</b><br>0<br>-6<br>-2                  |     | <b>N2</b><br>0        |
| <b>3</b> | <b>c (Cl-) + 2c (SO4<sup>2-</sup>) / mol/m³</b><br>< 1<br>> 1 bis 5<br>> 5 bis 25<br>> 25 bis 100<br>> 100 bis 300<br>> 300 | <b>N3</b><br>0<br>-2<br>-4<br>-6<br>-7<br>-8 | <b>M3</b><br>0<br>0<br>-1<br>-2<br>-3<br>-4 | 7,2 | <b>N3</b><br><br>-4   |
| <b>4</b> | <b>Säurekapazität bis pH 4,3 mol/m³</b><br>< 1<br>1 bis 2<br>> 2 bis 4<br>> 4 bis 6<br>> 6                                  | <b>N4</b><br>1<br>2<br>3<br>4<br>5           | <b>M4</b><br>-1<br>1<br>1<br>0<br>-1        | 2,4 | <b>N4</b><br><br>3    |
| <b>5</b> | <b>c (Ca<sup>2+</sup>) / mol/m³</b><br>< 0,5<br>0,5 bis 2<br>> 2 bis 8<br>> 8                                               | <b>N5</b><br>-1<br>0<br>1<br>2               | <b>M5</b><br>0<br>2<br>3<br>4               | 5,2 | <b>N5</b><br><br>1    |
| <b>6</b> | <b>pH-Wert</b><br>< 5,5<br>5,5 bis 6,5<br>> 6,5 bis 7,0<br>> 7,0 bis 7,5<br>> 7,5                                           | <b>N6</b><br>-3<br>-2<br>-1<br>0<br>1        | <b>M6</b><br>-6<br>-4<br>-1<br>1<br>1       | 6,9 | <b>N6</b><br><br>-1   |

Bewertungszahlsumme Unterwasserbereich:  $W0 = N1 + N3 + N4 + N5 + N6 + N3/N4 =$

**-3,33**

Bewertungszahlsumme Wasser/Luft-Grenze:  $W1 = W0 - N1 + N2 \times N3 =$

**-2,33**

**Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeiten:**

| W0- bzw.<br>W1 - Werte                 | Mulden- und<br>Lochkorrosion            | Flächen-<br>korrosion                          |
|----------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|
| >= 0<br>-1 bis -4<br><-4 bis -8<br><-8 | sehr gering<br>gering<br>mittel<br>hoch | sehr gering<br>sehr gering<br>gering<br>mittel |

## Anhang A4

GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH · Flensburger Straße 15 · 25421 Pinneberg

Burmann, Mandel + Partner  
Ingenieurbüro für Grundbau und Umwelttechnik  
Gasstraße 18 Haus 6b

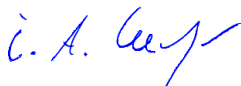


22761 Hamburg

## Prüfbericht-Nr.: 2023P507727 / 1

|                               |                                                                                                                                           |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Auftraggeber</b>           | Burmann, Mandel + Partner Ingenieurbüro für Grundbau und Umwelttechnik<br>über Knut Rösch GmbH                                            |
| <b>Eingangsdatum</b>          | 24.03.2023                                                                                                                                |
| <b>Projekt</b>                | Jarrestraße 20, Kampnagel, Hamburg                                                                                                        |
| <b>Material</b>               | Wasser                                                                                                                                    |
| <b>Auftrag</b>                | 016/23                                                                                                                                    |
| <b>Verpackung</b>             | Glas- und PE-Flaschen                                                                                                                     |
| <b>Probenmenge</b>            | ca. 2 l                                                                                                                                   |
| <b>GBA-Nummer</b>             | 23505070                                                                                                                                  |
| <b>Probenahme</b>             | Knut Rösch GmbH                                                                                                                           |
| <b>Probentransport</b>        | GBA                                                                                                                                       |
| <b>Labor</b>                  | GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH                                                                                                      |
| <b>Analysenbeginn / -ende</b> | 24.03.2023 - 05.04.2023                                                                                                                   |
| <b>Bemerkung</b>              | keine                                                                                                                                     |
| <b>Probenaufbewahrung</b>     | Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt. |

Pinneberg, 05.04.2023



i. A. Dr. Peter Ludwig  
Projektbearbeitung

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Es wird keine Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme übernommen, wenn die Proben nicht durch die GBA oder in ihrem Auftrag genommen wurden. In diesem Fall beziehen sich die Ergebnisse auf die Probe wie erhalten. Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Prüfbericht nicht veröffentlicht sowie nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Entscheidungsregeln der GBA sind in den AGBs einzusehen.

Seite 1 von 3 zu Prüfbericht-Nr.: 2023P507727 / 1

Prüfbericht-Nr.: 2023P507727 / 1

Jarrestraße 20, Kampnagel, Hamburg

|                               |                         |                                         |
|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|
| GBA-Nummer                    |                         | 23505070                                |
| Probe-Nummer                  |                         | 001                                     |
| Material                      |                         | Wasser                                  |
| Probenbezeichnung             |                         | <b>WP. 1 / KRB. 14</b><br><b>3,80 m</b> |
| Probemenge                    |                         | ca. 2 l                                 |
| Probeneingang                 |                         | 24.03.2023                              |
|                               |                         |                                         |
| <b>Analysenergebnisse</b>     | <b>Einheit</b>          |                                         |
| Beton- und Stahlaggressivität |                         | s. Anlage                               |
| pH-Wert                       |                         | 7,5                                     |
| Geruch                        |                         | unauffällig                             |
| Permanganat-Verbrauch         | mg KMnO <sub>4</sub> /L | 13                                      |
| Gesamthärte                   | °dH                     | 24                                      |
| Härtehydrogencarbonat         | °dH                     | 20                                      |
| Nichtcarbonathärte            | °dH                     | 4,5                                     |
| Magnesium                     | mg/L                    | 16                                      |
| Ammonium                      | mg/L                    | <0,20                                   |
| Sulfat                        | mg/L                    | 160                                     |
| Chlorid                       | mg/L                    | 63                                      |
| Kohlendioxid, kalklösend      | mg/L                    | <5,0                                    |
| Säurekapazität bis pH 4,3     | mmol/L                  | 6,99                                    |
| Calcium                       | mg/L                    | 146                                     |

BG = Bestimmungsgrenze MU = Messunsicherheit n.a. = nicht auswertbar n.b. = nicht bestimmbar n.n. = nicht nachweisbar

**Prüfbericht-Nr.: 2023P507727 / 1**
**Jarrestraße 20, Kampnagel, Hamburg**
**Angewandte Verfahren**

| Parameter                     | BG    | Einheit                 | Methode                                                     |
|-------------------------------|-------|-------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Beton- und Stahlaggressivität |       |                         |                                                             |
| pH-Wert                       |       |                         | DIN EN ISO 10523: 2012-04 <sup>a</sup> <sub>5</sub>         |
| Geruch                        |       |                         | DIN EN 1622 Anhang C: 2006-10 <sup>a</sup> <sub>5</sub>     |
| Permanganat-Verbrauch         | 2,0   | mg KMnO <sub>4</sub> /L | DIN EN ISO 8467: 1995-05 <sup>a</sup> <sub>5</sub>          |
| Gesamthärte                   | 0,010 | °dH                     | DIN 38409-6: 1986-01 <sup>a</sup> <sub>5</sub>              |
| Härtehydrogencarbonat         |       | °dH                     | DIN 38409-7: 2005-12/DEV D8: 1971 <sup>a</sup> <sub>5</sub> |
| Nichtcarbonathärte            |       | °dH                     | berechnet <sub>5</sub>                                      |
| Magnesium                     | 0,10  | mg/L                    | DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 <sup>a</sup> <sub>5</sub>   |
| Ammonium                      | 0,20  | mg/L                    | DIN EN ISO 11732: 2005-05 <sup>a</sup> <sub>5</sub>         |
| Sulfat                        | 0,50  | mg/L                    | DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 <sup>a</sup> <sub>5</sub>       |
| Chlorid                       | 0,60  | mg/L                    | DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 <sup>a</sup> <sub>5</sub>       |
| Kohlendioxid, kalklösend      | 5,0   | mg/L                    | DIN 4030-2: 2008-06 <sup>a</sup> <sub>5</sub>               |
| Säurekapazität bis pH 4,3     | 0,050 | mmol/L                  | DIN 38409-7: 2005-12 <sup>a</sup> <sub>5</sub>              |
| Calcium                       | 0,020 | mg/L                    | DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 <sup>a</sup> <sub>5</sub>   |

Die mit <sup>a</sup> gekennzeichneten Verfahren sind akkreditierte Verfahren. Die Bestimmungsgrenzen (BG) können matrixbedingt variieren.  
 Untersuchungslabor: <sub>5</sub>GBA Pinneberg

## Anlage zu Prüfbericht 2023P507727

Probe-Nr.: 23505070 / 001

 Probenbezeichnung: WP. 1 / KRB. 14  
 3,80 m

**Tabelle 1:** Expositionsklassen für Betonkorrosion durch chemischem Angriff durch Grundwasser  
 nach DIN 1045-2 Tab. 2 / DIN EN 206-1

| Parameter                | Messwert | Einheit                 | Angriffsgrad                               |                                          |                                          |
|--------------------------|----------|-------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
|                          |          |                         | schwach<br>angreifende<br>Umgebung<br>XA 1 | mäßig<br>angreifende<br>Umgebung<br>XA 2 | stark<br>angreifende<br>Umgebung<br>XA 3 |
| pH-Wert                  | 7,5      |                         | 6,5 - 5,5                                  | < 5,5 - 4,5                              | < 4,5 - >= 4,0                           |
| Kohlendioxid, kalklösend | <5,0     | mg/L                    | 15 - 40                                    | > 40 - 100                               | > 100                                    |
| Ammonium                 | <0,20    | mg/L                    | 15 - 30                                    | > 30 - 60                                | > 60 - 100                               |
| Magnesium                | 16       | mg/L                    | 300 - 1000                                 | > 1000 - 3000                            | > 3000                                   |
| Sulfat                   | 160      | mg/L                    | 200 - 600                                  | > 600 - 3000                             | > 3000 - 6000                            |
| Chlorid                  | 63       | mg/L                    | ---                                        | ---                                      | ---                                      |
| Gesamthärte              | 24       | °dH                     | ---                                        | ---                                      | ---                                      |
| Härtehydrogencarbonat    | 20       | °dH                     | ---                                        | ---                                      | ---                                      |
| Permanganat-Verbrauch    | 13       | mg KMnO <sub>4</sub> /L | ---                                        | ---                                      | ---                                      |

**Kurzbeurteilung:** Gemäß DIN EN 206-1 sind bei der hier untersuchten Wasserprobe keine Maßnahmen nach DIN 1045 erforderlich. Das Wasser ist nicht Beton angreifend.

## Anlage zu Prüfbericht 2023P507727

Probe-Nr.: 23505070 / 001

Probenbezeichnung: WP. 1 / KRB. 14  
3,80 m

**Tabelle 1:** Beurteilung von Wässern gem. DIN 50929 Teil 3

| Nr.      | Merkmal und Dimension / Einheit                                       |                  |                  |     | Bewertungs-<br>ziffer |
|----------|-----------------------------------------------------------------------|------------------|------------------|-----|-----------------------|
|          |                                                                       | unlegierte Eisen | verzinkter Stahl |     |                       |
| <b>1</b> | <b>Wasserart</b>                                                      | <b>N1</b>        | <b>M1</b>        |     | <b>N1</b>             |
|          | - fließende Gewässer                                                  | 0                | -2               |     |                       |
|          | - stehende Gewässer                                                   | -1               | 1                |     | -1                    |
|          | - Küste von Binnenseen                                                | -3               | -3               |     |                       |
|          | - anaerob. Moor, Meeresküste                                          | -5               | -5               |     |                       |
| <b>2</b> | <b>Lage des Objektes</b>                                              | <b>N2</b>        | <b>M2</b>        |     | <b>N2</b>             |
|          | - Unterwasserbereich                                                  | 0                | 0                |     | 0                     |
|          | - Wasser / Luft-Bereich                                               | 1                | -6               |     |                       |
|          | - Spritzwasserbereich                                                 | 0,3              | -2               |     |                       |
| <b>3</b> | <b>c (Cl-) + 2c (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b> | <b>N3</b>        | <b>M3</b>        |     | <b>N3</b>             |
|          | < 1                                                                   | 0                | 0                |     |                       |
|          | > 1 bis 5                                                             | -2               | 0                |     |                       |
|          | > 5 bis 25                                                            | -4               | -1               | 5,1 | -4                    |
|          | > 25 bis 100                                                          | -6               | -2               |     |                       |
|          | > 100 bis 300                                                         | -7               | -3               |     |                       |
|          | > 300                                                                 | -8               | -4               |     |                       |
|          |                                                                       |                  |                  |     |                       |
| <b>4</b> | <b>Säurekapazität bis pH 4,3 mol/m<sup>3</sup></b>                    | <b>N4</b>        | <b>M4</b>        |     | <b>N4</b>             |
|          | < 1                                                                   | 1                | -1               |     |                       |
|          | 1 bis 2                                                               | 2                | 1                |     |                       |
|          | > 2 bis 4                                                             | 3                | 1                |     |                       |
|          | > 4 bis 6                                                             | 4                | 0                | 7,0 | 5                     |
|          | > 6                                                                   | 5                | -1               |     |                       |
| <b>5</b> | <b>c (Ca<sup>2+</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b>                        | <b>N5</b>        | <b>M5</b>        |     | <b>N5</b>             |
|          | < 0,5                                                                 | -1               | 0                |     |                       |
|          | 0,5 bis 2                                                             | 0                | 2                |     |                       |
|          | > 2 bis 8                                                             | 1                | 3                | 3,6 | 1                     |
|          | > 8                                                                   | 2                | 4                |     |                       |
| <b>6</b> | <b>pH-Wert</b>                                                        | <b>N6</b>        | <b>M6</b>        |     | <b>N6</b>             |
|          | < 5,5                                                                 | -3               | -6               |     |                       |
|          | 5,5 bis 6,5                                                           | -2               | -4               |     |                       |
|          | > 6,5 bis 7,0                                                         | -1               | -1               |     |                       |
|          | > 7,0 bis 7,5                                                         | 0                | 1                | 7,5 | 0                     |
|          | > 7,5                                                                 | 1                | 1                |     |                       |

Bewertungszahlsumme Unterwasserbereich:  $W0 = N1 + N3 + N4 + N5 + N6 + N3/N4 =$

**0,20**

Bewertungszahlsumme Wasser/Luft-Grenze:  $W1 = W0 - N1 + N2 \times N3 =$

**1,20**

**Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeiten:**

| W0- bzw.<br>W1 - Werte | Mulden- und<br>Lochkorrosion | Flächen-<br>korrosion |
|------------------------|------------------------------|-----------------------|
| >= 0                   | sehr gering                  | sehr gering           |
| -1 bis -4              | gering                       | sehr gering           |
| <-4 bis -8             | mittel                       | gering                |
| <-8                    | hoch                         | mittel                |