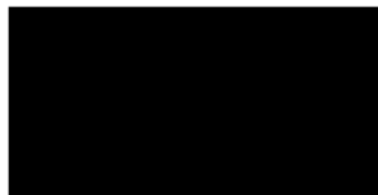




## **Kanalsanierung Castroper Straße**

### **Gutachten über die Baugrundverhältnisse im Bereich der Kanalbauwerke in der Klinikstraße / Castroper Straße in Bochum**

**Auftraggeber:**



Bearbeitungs-Nr.: 26.036

Aachen, Juli 2026

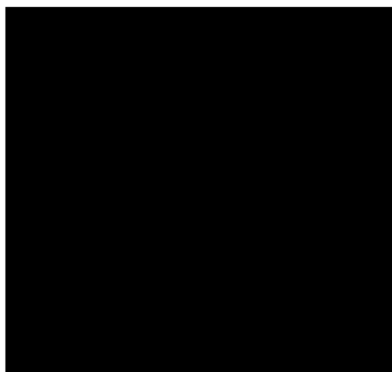


---

**Kanalсанierung Castroper Straße - Gutachten über die Baugrundverhältnisse im Bereich  
der Kanalbauwerke in der Klinikstraße / Castroper Straße in Bochum**

---

**Auftraggeber:**



**Ansprechpartner:**

**Bestellnummer:**

-

---

**Auftragnehmer:**

Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstraße 112  
52078 Aachen

**Projektbearbeiter:**

Dipl.-Geol. R. Hagen

**Bearbeitungsnummer:**

26.036

**Berichtsdatum:**

23.07.2026

**Berichtsumfang:**

32 Seiten (einschließlich Deckblatt und Inhaltsverzeichnis)

**Anlagen:**

5 Anlagen

---



## **I. Inhaltsverzeichnis**

|       |                                                     |    |
|-------|-----------------------------------------------------|----|
| 1     | Vorgang, Aufgabenstellung .....                     | 1  |
| 1.1   | Allgemeines .....                                   | 1  |
| 1.2   | Aufgabenstellung, geotechnische Kategorie .....     | 2  |
| 1.3   | Vorauskünfte.....                                   | 2  |
| 2     | Unterlagen .....                                    | 3  |
| 2.1   | Unterlagen des Auftraggebers .....                  | 3  |
| 2.2   | Karten .....                                        | 3  |
| 2.3   | Normen .....                                        | 3  |
| 2.4   | Weitergehende Literatur .....                       | 4  |
| 2.5   | Archivunterlagen, Informationssysteme .....         | 5  |
| 3     | Bauvorhaben .....                                   | 5  |
| 3.1   | Bauwerke und Bauwerksabmessungen .....              | 5  |
| 3.2   | Konstruktion .....                                  | 6  |
| 4     | Durchgeführte Untersuchungen.....                   | 7  |
| 4.1   | Außenarbeiten .....                                 | 7  |
| 4.2   | Geotechnische Laborversuche .....                   | 7  |
| 4.3   | Chemische Laborversuche .....                       | 7  |
| 5     | Ergebnisse .....                                    | 8  |
| 5.1   | Lage und Morphologie .....                          | 8  |
| 5.2   | Geologische und hydrogeologische Verhältnisse ..... | 9  |
| 5.2.1 | Geologischer Rahmen, Tektonik .....                 | 9  |
| 5.2.2 | Erdbeben .....                                      | 10 |
| 5.2.3 | Bergbauliche Tätigkeit .....                        | 11 |
| 5.3   | Angetroffene Schichtenfolge .....                   | 11 |
| 5.3.1 | Beschreibung der Bodenschichten .....               | 11 |
| 5.3.2 | Schichtgrenzen .....                                | 13 |
| 5.4   | Hydrogeologische Situation .....                    | 14 |
| 5.4.1 | Grundwasserverhältnisse .....                       | 14 |
| 5.4.2 | Durchlässigkeit.....                                | 14 |
| 5.4.3 | Bemessungswasserspiegel .....                       | 15 |



|       |                                                               |    |
|-------|---------------------------------------------------------------|----|
| 5.4.4 | Wasserwirtschaft .....                                        | 15 |
| 5.5   | Bodenfestigkeit, Tragfähigkeit.....                           | 15 |
| 5.6   | Bodenklassifizierung, Wasser- und Frostepfindlichkeit.....    | 17 |
| 5.7   | Bodenkennwerte .....                                          | 18 |
| 5.8   | Bohr- und Rammbarkeit.....                                    | 19 |
| 5.9   | Chemische Untersuchungen (Feststoff) .....                    | 20 |
| 6     | Empfehlungen für die Bauausführung .....                      | 21 |
| 6.1   | Konzept der Vortriebe, Allgemeines .....                      | 21 |
| 6.2   | Empfehlungen für die Vortriebsverfahren .....                 | 22 |
| 6.3   | Hinweise für die Bauausführung, Schmierung des Vortriebs..... | 23 |
| 6.4   | Schachtbauwerke .....                                         | 24 |
| 6.5   | Wasserhaltung .....                                           | 25 |
| 6.6   | Erdarbeiten / Verfüllen von Arbeitsräumen .....               | 25 |
| 7     | Baubegleitende Kontrollen, Beweissicherung.....               | 26 |
| 8     | Allgemeine Hinweise .....                                     | 28 |

## **II - Verzeichnis der Anlagen:**

|            |                                                                 |
|------------|-----------------------------------------------------------------|
| Anl. 1     | Lageplan, M. 1:750                                              |
| Anl. 2     | Längsprofile entlang der Rohrleitungstrassen                    |
| Anl. 2.1   | Kanaltrasse S1 -> S2, M.d.L./H.: 1::250/100                     |
| Anl. 3     | Dokumentation der Feldarbeiten                                  |
| Anl. 3.1   | Schichtenverzeichnisse der Kleinrammbohrungen                   |
| Anl. 4     | Dokumentation der Laborarbeiten                                 |
| Anl. 4.1   | Bodenmechanische Untersuchungen                                 |
| Anl. 4.1.1 | Tabellarische Zusammenstellung der geotechnischen Laborversuche |
| Anl. 4.1.2 | Dokumentation der Kornverteilungsanalysen                       |
| Anl. 4.1.3 | Dokumentation der Wassergehaltsbestimmungen                     |
| Anl. 4.1.4 | Dokumentation der Zustandsgrenzen (Grenzwassergehalte)          |
| Anl. 4.2   | Chemische Untersuchungen                                        |
| Anl. 4.2.1 | Tabellarische Auswertung der Feststoffuntersuchungen nach EBV   |
| Anl. 4.2.2 | Analyseprotokolle der Feststoffuntersuchungen                   |
| Anl. 5     | Tabelle Kennwerte der Homogenbereiche                           |

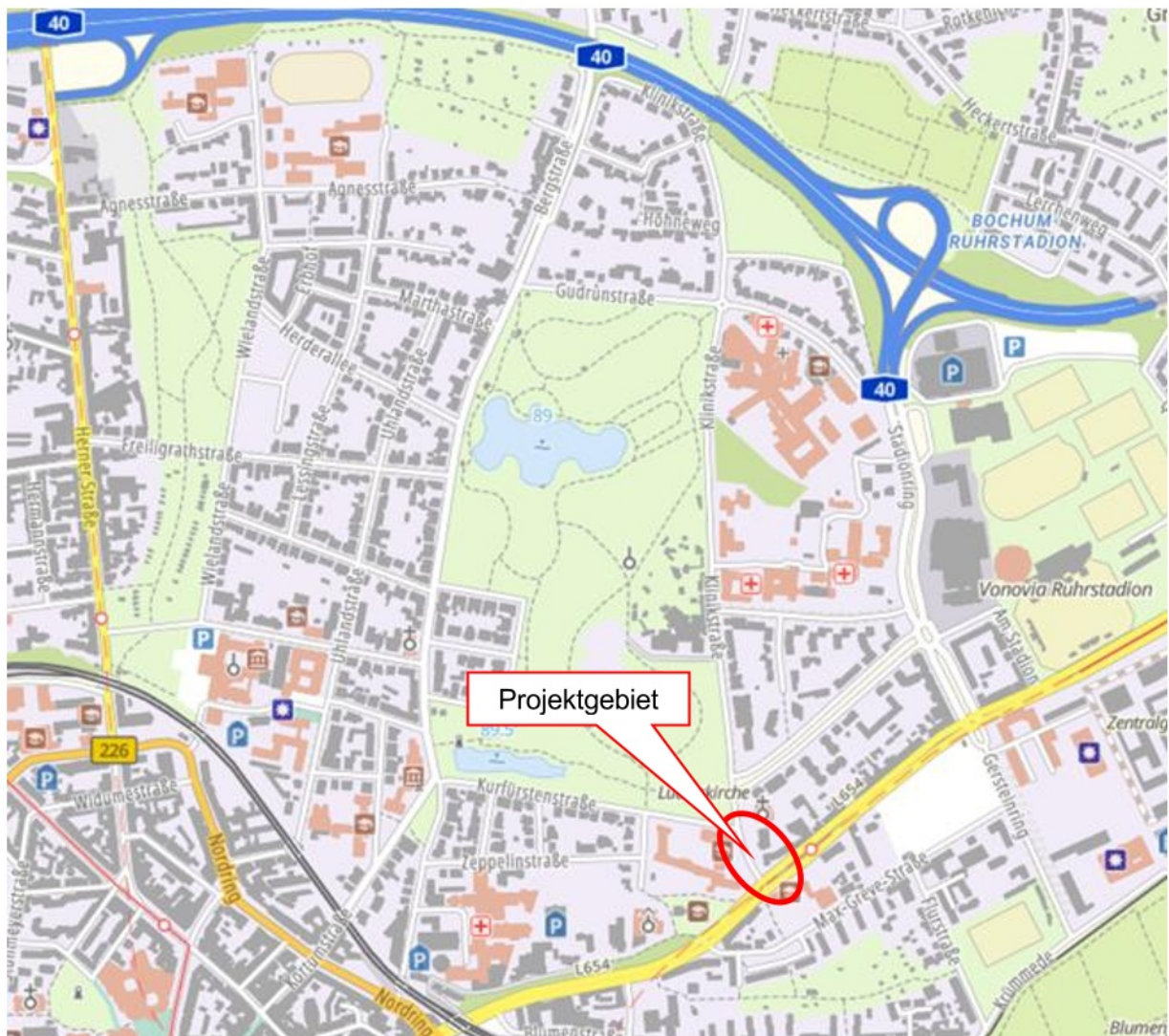


## 1 Vorgang, Aufgabenstellung

### 1.1 Allgemeines

Die Stadt Bochum plant die Sanierung der Kanäle an der Castroper Straße. Im Zuge dieser Maßnahme ist die Verlegung eines Anschlusskanals zwischen dem Kanalnetz an der Castroper Straße und der neu errichteten Stauhaltung DN 700 im Bereich des Stadtparks Bochum vorgesehen.

Die Lage des Projektgebietes ist in der folgenden Abbildung wiedergegeben (Abb. 1).



**Abb. 1:** Lage des Projektgebietes (Auszug aus [www.tim-online.nrw.de](http://www.tim-online.nrw.de))

Die Planung obliegt der





## **1.2 Aufgabenstellung, geotechnische Kategorie**

Die Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH (GBD) wurde mit dem Schreiben vom 30.03.2026 von der [REDACTED] beauftragt, die Baugrundverhältnisse im Bereich der geplanten Kanaltassen zu erkunden. Folgende Punkte wurden im Rahmen des vorliegenden Gutachtens bearbeitet:

- Baugrunduntersuchung und -beurteilung (Gruppierung nach DIN 18196),
- Einteilung der Böden in Homogenbereiche nach VOB C,
- Angabe der bodenmechanischen Kennwerte (Rechenwerte),
- Abschätzung der Grundwasserstände und deren Schwankungsbereiche,
- Angabe zur Erdbebenzone,
- Empfehlungen für die Herstellung der Kanalbauwerke und Ausführung der Vortriebsarbeiten,
- Hinweise zur Herstellung von Baugruben / Verbau,
- Angaben zur Abdichtung / Dränage,
- Angaben zu der Wiederverwendbarkeit der anfallenden Erdstoffe,
- Hinweise und Empfehlungen zur Bauausführung.

Im Lockergestein aufgefahrene Rohrvortriebe sind als unterirdisch aufgefahrene Hohlraumbaumaßnahmen gemäß DIN 4020 der geotechnischen Kategorie 3 zuzuordnen. Aufgrund der bereits bestehenden Maschinenbohrung an der Startbaugrube des Staukanals im Bereich des Stadtparks und der oberflächennahen Verlegung der Anschlusshaltungen DN 500 wurde für die Baugrunduntersuchung nur auf Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen zurückgegriffen.

## **1.3 Vorkünfte**

Im Rahmen einer Vorkunft wurden die Ergebnisse der Außenarbeiten mit E-Mail vom 02.07.2026 sowie planungsbegleitend weitere Informationen dem Auftraggeber zur Verfügung gestellt.



## **2            Unterlagen**

### **2.1            Unterlagen des Auftraggebers**

Vom Auftraggeber bzw. dem Planungsbüro wurden zur Verfügung gestellt:

#### **U1. Planunterlagen**

- a. Kanalsanierung Castroper Straße 2.BA - Längsschnitt Entwurfsplanung, per E-Mail vom 21.07.2026,
  - b. Kanalsanierung Castroper Straße – Stadtpark, Lageplan Entwurfsplanung, per E-Mail vom 21.07.2026,
  - c. Strecke Hattingen – Bochum – Castrop-Rauxel Abschnitt Castroper Straße; Übersichtsplan Bauabschnitt 1, 2 , 3, 4, 5 - km 0.8+70,850 – 1.1+48,678 des Ingenieurbüros Bung vom 15.12.1978,
- U2. Baugrunduntersuchung für den Kanalneubau des Bauvorhabens Castroper Straße. 2. BA, 44791 Bochum“ der Geobau GmbH vom Stellungnahme zum oberflächennahen Bergbau im Projektgebiet vom 28.05.2026,

### **2.2            Karten**

- U3. Geologische Karte von NRW mit Erläuterungen, Blatt 4509, Bochum, M. 1:25.000,

### **2.3            Normen**

- U4. DIN 1054 (04/2021) - Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1,
- U5. DIN EN 1997-1/NA (12/2012) - Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009,
- U6. DIN EN 1997-2 (10/2010) - Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds; Deutsche Fassung EN 1997-2:2007,



- U7. DIN EN 1998-1 /NA (11/2023), Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten,
- U8. DIN 4020 (12-2010)- Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2,
- U9. DIN 4124 (01/2012),- Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten
- U10. DIN 18300 (09/2019) - VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten,
- U11. DIN 18301 (09/2023) - VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Bohrarbeiten,
- U12. DIN 18319 - VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Rohrvortriebsarbeiten (2019-09),

## **2.4 Weitergehende Literatur**

- U13. DWA-A 125 (2008-12, korr. Fassung 2020-09): Rohrvortrieb und verwandte Verfahren,
- U14. Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ - EAB (04/2021),
- U15. Prinz, H.; Strauss, R.; Ingenieurgeologie, 2017,
- U16. Scherle, M. (1977) Rohrvortrieb Bd. 1 - Maschinen, Geräte, Bauverl. Wiesbaden,
- U17. Scherle, M. (1977) Rohrvortrieb Bd. 2 - Statik, Planung, Ausführung, Bauverlag Wiesbaden,
- U18. Stein, D. (2003) Grabenloser Leitungstunnelbau, Ernst und Sohn, Berlin,
- U19. Jancsecz, S.; Fietzsche, W.; Breuer, J.; Ulrichs, K.R. (2001). Minimierung von Senkungen beim Schildvortrieb am Beispiel der U-Bahn Düsseldorf, Taschenbuch Tunnelbau, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (Herausgeber),
- U20. Hollmann, F. S., Thewes, M. (2011) - Bewertung der Neigung zur Ausbildung von Verklebungen und zum Anfall von gelöstem Feinkorn bei Schildvortrieben im Lockergestein; 18. Tagung für Ingenieurgeologie und Forum für junge Ingenieurgeologen, Berlin, 2011, S. 237-244,



## 2.5 Archivunterlagen, Informationssysteme

U21. Archiv der GBD GmbH, hier insbesondere:

- a. „Kanalsanierung Castroper Straße - Gutachten über die Baugrundverhältnisse im Bereich der Kanalbauwerke am Stadtpark Bochum“ vom 09.07.2025,

U22. Fachinformationssystem ELWAS des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW ([www.elwasweb.nrw.de](http://www.elwasweb.nrw.de)),

U23. Geoportal.NRW des Ministeriums des Inneren des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf,

U24. Internetportal Bohrungen in NRW - Geologischer Dienst NRW,

U25. TIM-online-Karten und Luftbilder im Internet der Bezirksregierung Köln ([www.bezreg-koeln.nrw.de/brk\\_internet/tim-online/](http://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/tim-online/)).

## 3 Bauvorhaben

### 3.1 Bauwerke und Bauwerksabmessungen

Im Rahmen der Baumaßnahme ist die Erstellung der in der folgenden Tabelle zusammengestellten Bauwerke vorgesehen.

**Tab. 1: Zusammenstellung der Schachtbauwerke**

| Schachtbezeichnung | OK Deckel<br>[m ü NHN] | Rohrsohle<br>[m ü NHN] | UK Bauwerk<br>[m ü NHN] | Baugrubensohle<br>[m ü NHN] | Bemerkung               |
|--------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| S226 (ehem. S5)    | 106,93                 | 100,31                 | ca. 100,0               | ca. 99,7                    | Doppelstartbaugrube     |
| S225               | 108,28                 | 104,46                 | ca. 104,1               | ca. 103,8                   | Ziel- und Startbaugrube |
| S224               | 108,95                 | 106,00                 | ca. 105,7               | ca. 105,4                   | Zielbaugrube            |
| S223               | 109,65                 | 106,64                 | ca. 106,3               | ca. 106,0                   | Startbaugrube           |

**Tab. 2: Zusammenstellung der Kanalhaltungen**

| geplante Verlegung | zwischen den Schachtbauwerken | Haltungslänge<br>[m] | Durchmesser<br>DN [mm] | Gefälle<br>[‰] |
|--------------------|-------------------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| Vortrieb           | S226 -> S225                  | 61,33                | 500 Stb                | 30,0           |
| Vortrieb           | S225 -> S224                  | 17,86                | 500 Stb                | 30,0           |
| Vortrieb           | S223 -> S224                  | 28,68                | 500 Stb                | 22,3           |



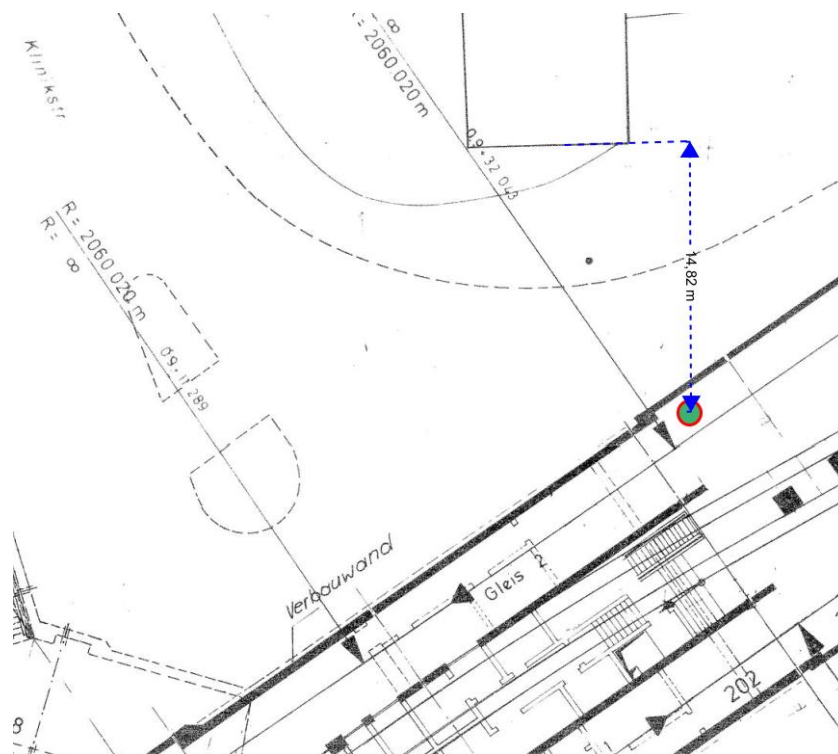
Für den Anschluss an den Bestandskanal ist die Verlegung eines Rohrs DN 300 PVC-U in einer offenen Baugrube mit einem Gefälle von 6,7‰ vorgesehen. Die Maßnahmen und die Baugrundverhältnisse in der Castroper Straße werden in U2 beschrieben und sind nicht Gegenstand des vorliegenden Gutachtens.

### 3.2 Konstruktion

Die in den Gehweg- bzw. Straßenbereichen gelegenen Baugruben sind aufgrund der beengten Verhältnisse mit einem senkrechten Verbau auszuführen. Für die Baugruben ist die Ausführung als Spritzbetonbaugruben vorgesehen.

Die Schachtbauwerke selbst sind als Fertigteilschächte geplant.

Es wird darauf hingewiesen, dass sich das geplante Schachtbauwerk S223 innerhalb der Baugrubenumschließung des U-Bahnhofes „Planetarium“ und teilweise über den Tunnelröhren befindet.



**Abb. 2:** Lage des Schachtes 223 zur ehemaligen U-Bahnbaugrube (Auszug aus U1.c)



## **4 Durchgeführte Untersuchungen**

### **4.1 Außenarbeiten**

Im Zeitraum zwischen dem 12.06.2026 und dem 17.07.2026 wurden im Bereich der Kanalhaltungen folgende Geländearbeiten ausgeführt:

- 2 x Aufbohren von Schwarzdecken (77 cm) und Wiederverschluss mit Kaltasphalt,
- 3 Kleinrammbohrungen (KRB,  $\varnothing$  35 - 80 mm) mit Aufschlusstiefen zwischen 4,2 m und 6,5 m,  $\Sigma$  16,7 m; s. Anl. 3,
- 3 Schwere Rammsondierungen (DPH), Spitzenquerschnitt 15 cm<sup>2</sup>, Fallhöhe 50 cm, Fallmasse 50 kg, Einzelteufen zwischen 4,5 m und 7,0 m,  $\Sigma$  17,5 m; s. Anl. 3,
- Absteckung / Einmessung der Ansatzpunkte nach Lage und Höhe durch Nachunternehmer der GBD GmbH.

Die Lage der Bohr- und Sondieransatzpunkte ist der Anl. 1 zu entnehmen.

### **4.2 Geotechnische Laborversuche**

Zur Bestimmung der klassifizierenden Eigenschaften wurde auf Grund der eigenen Erfahrungswerte nur ein reduziertes Laborprogramm durchgeführt. Folgende Untersuchungen zur Beschreibung der anstehenden Schichtenfolge wurden ausgeführt:

**Tab. 3: Zusammenstellung der bodenmechanischen Laborversuche**

| Gesamtzahl | Versuch                                                                                   |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3          | Bestimmung des natürlichen Wassergehaltes nach DIN EN ISO 17892-1                         |
| 1          | Bestimmung der Korngrößenverteilung durch kombinierte Sieb-Schlamm-Analyse nach DIN 18123 |
| 2          | Bestimmung der Grenzwassergehalte nach DIN EN ISO 17892-12                                |

Die Ergebnisse aller Untersuchungen sind tabellarisch in Anl. 4.1.1 zusammengestellt. Die Dokumentation der Einzelversuche sind den Anl. 4.2 ff zu entnehmen.

### **4.3 Chemische Laborversuche**

Im Labor der Eurofins Umwelt West GmbH wurde folgende Untersuchungen ausgeführt:



- 1 x Untersuchung von Bodenproben hinsichtlich des Parameterumfanges nach Anl. 1 Tab. 3 (Boden/Baggergut) der EBV.

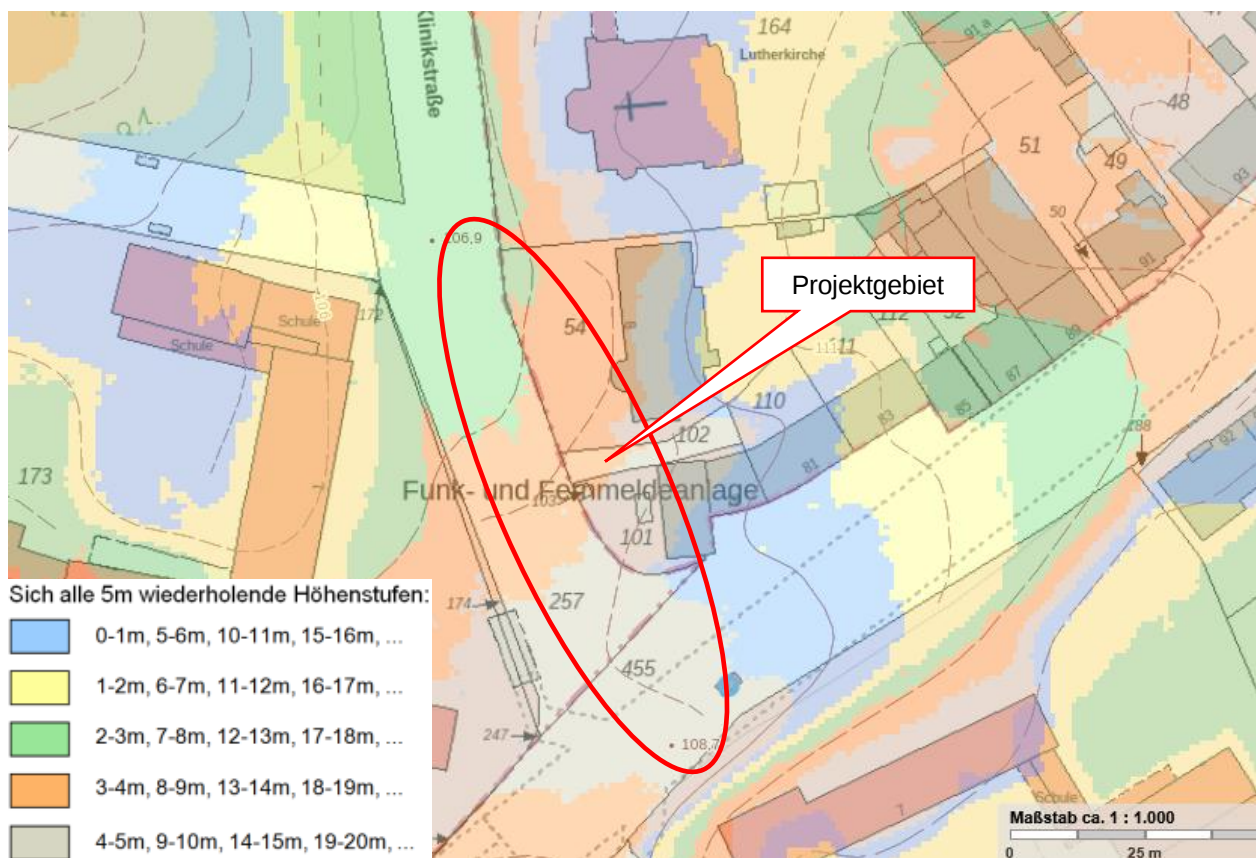
Die Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen sind als Anlage 5 beigelegt.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Lage und Morphologie

Das Projektgebiet liegt nördlich des Stadtkerns von Bochum.

Die Kanäle verlaufen von der Einmündung der Kurfürstenstraße in die Klinikstraße in südlicher Richtung bis zur Einmündung in die Castropor Straße in Höhe des U-Bahnhofes „Planetarium“. Die Geländehöhen im Bereich des Projektgebietes liegen zwischen ca. 109,7 und 106,9 m ü. NHN. Sie fallen sowohl von Osten nach Westen als auch von Süden nach Norden ab.



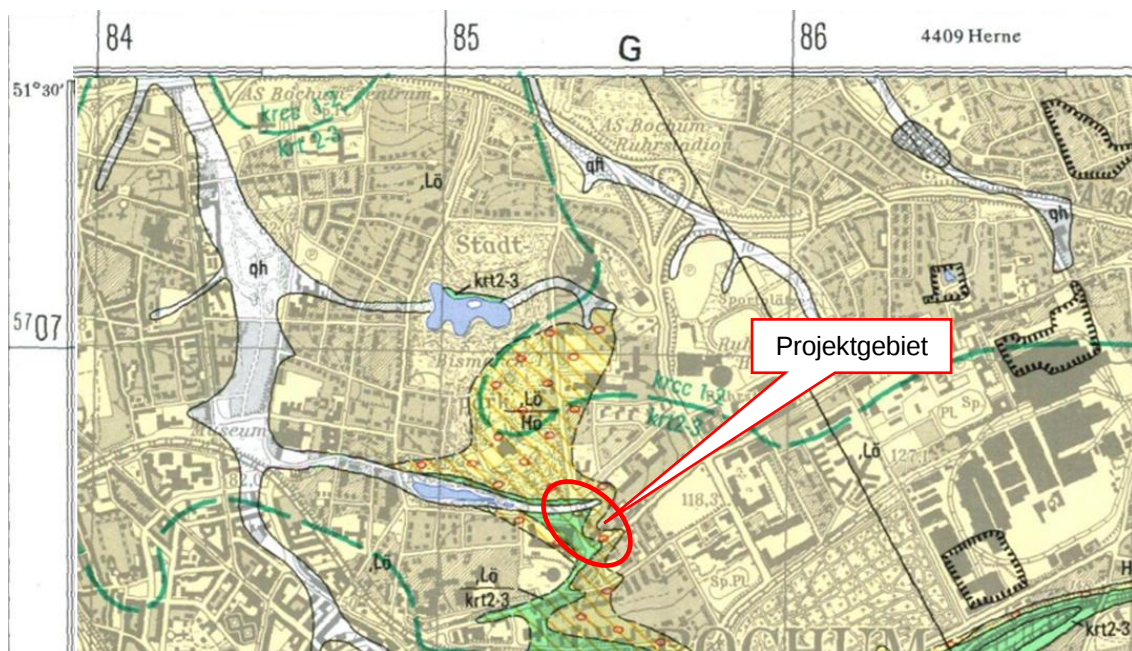
**Abb. 3:** Auszug aus der TK 5 mit farbig hervorgehobenen Geländestufen (U25)



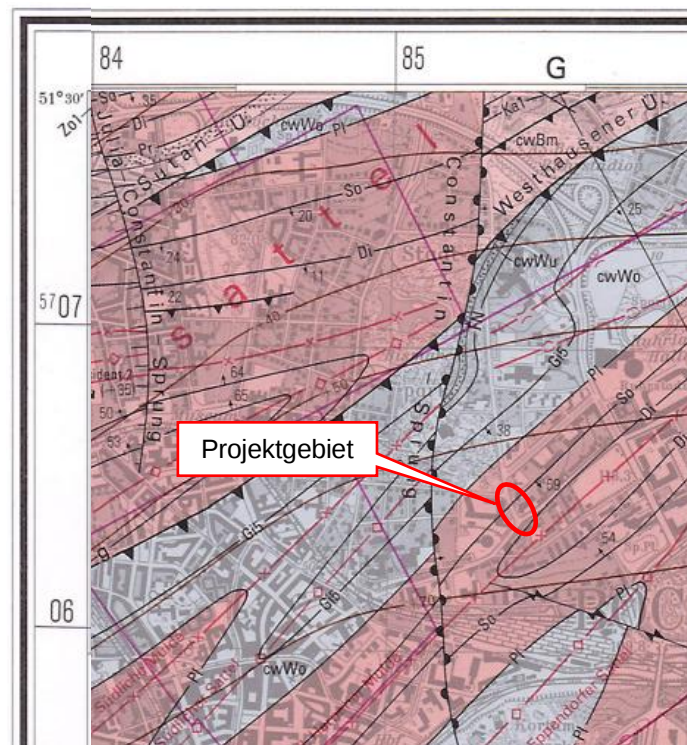
## 5.2 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

### 5.2.1 Geologischer Rahmen, Tektonik

Das Projektgebiet liegt am Südrand der Westfälischen Tieflandbucht und gehört dem naturräumlichen Großraum des sogen. „Westenhellweges“ an. Nach U3 und U23 sind im Bereich des gesamten Projektgebietes keine tektonischen Störungen ausgewiesen. In der Strukturgeologischen Karte (Abb. 5) liegen die untersuchten Anschlusshaltungen östlich des im paläozoischen Grundgebirge ausgebildeten „Constantin-Sprung“.



**Abb. 4:** Auszug aus U3 - Darstellung der Schichtenfolge im Projektgebiet



**Abb. 5:** Auszug aus U3 – Strukturgeologische Karte mit Eintragung des Projektgebietes

## 5.2.2 Erdbeben

Das Projektgebiet liegt nach der derzeit bauaufsichtlich noch zugelassenen DIN 4149 (04/2005) „Bauten in deutschen Erdbebengebieten“ außerhalb der Erdbebenzone 0.

Nach DIN EN 1998-1:2023-11 ist für das Projektgebiet eine spektrale Antwortbeschleunigung in Höhe von

$$S_{aP,R} = 0,3615 \text{ m/s}^2$$

und ein Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung von

$$a_{gR} = 0,145 \text{ m/s}^2$$

maßgebend.

Der Lastfall „Erdbeben“ ist damit für die Bauvorhaben nicht relevant.



### **5.2.3 Bergbauliche Tätigkeit**

Nach Auskunft des Tiefbauamtes der Stadt Bochum (U21.a) ist oberflächennaher Bergbau im Projektgebiet nicht zu besorgen.

## **5.3 Angetroffene Schichtenfolge**

### **5.3.1 Beschreibung der Bodenschichten**

Nach den durchgeführten Untersuchungen setzt sich das Baugrundprofil aus den folgenden Schichtgliedern zusammen. Bei den Schichten handelt es sich im Einzelnen um (von oben nach unten):

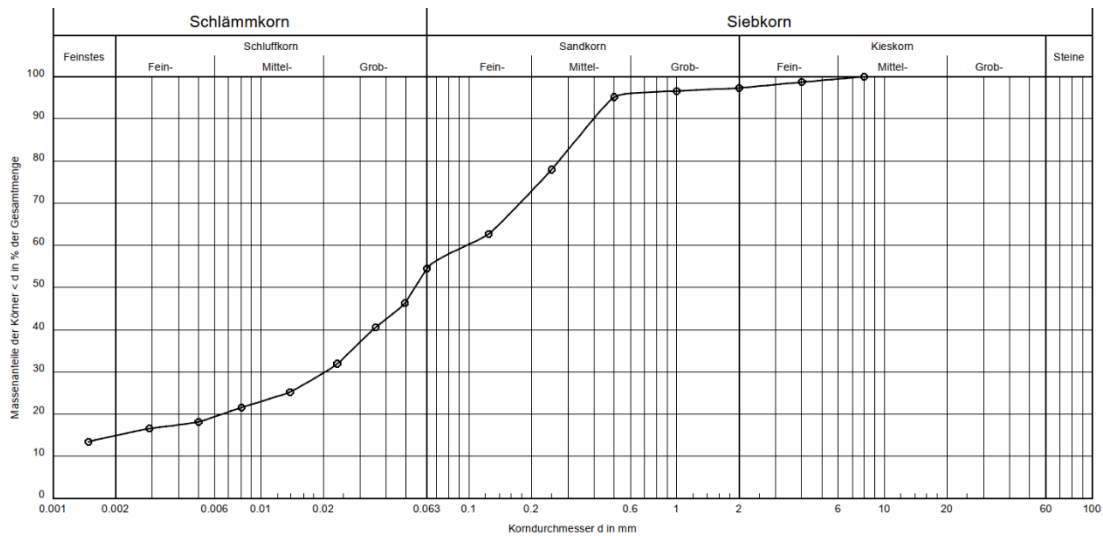
#### **Schicht 1: Oberboden/Auffüllung**

Im Bereich der Klinikstraße setzt das Baugrundprofil zunächst aus den Straßenbelägen und einem zwischen 0,5 m und 1,0 m mächtigen Weg- bzw. Straßenunterbau ein. Das Unterbaumaterial ist an der KRB15 aus Sanden und an der KRB 16 aus Tonsteinbruch in Schotter und Kieskorngroße aufgebaut.

Die Mächtigkeit der Auffüllungen beträgt zwischen 1,7 m und 3,5 m, wobei es sich bei der größeren Mächtigkeit voraussichtlich um eine Grabenverfüllung handelt.

#### **Schicht 2: Verwitterungslehm**

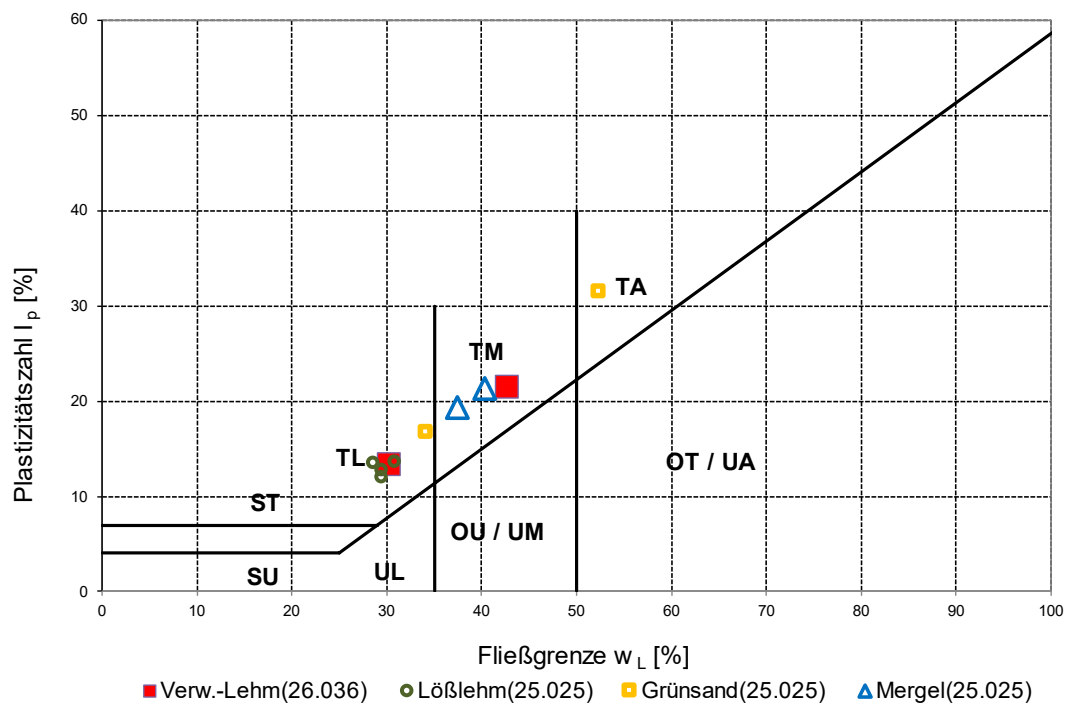
Unter den Auffüllungen folgen, anders als in der geologischen Karte angegeben, feinsandige Schluffe von weicher bis steifer Konsistenz, die jedoch abweichend von der geologischen Karte und den Ergebnissen in U2 und U21.a nicht von brauner, sondern von überwiegend grüner Farbe sind. Sie werden daher als umgelagerte Verwitterungsbildungen des Grünsandes gewertet. Eine Vermengung mit den im Umkreis des Projektgebietes anstehenden Lößböden ist dabei wahrscheinlich. Die Körnungslinie der Bodenprobe ist in der folgenden Abbildung wiedergegeben.



**Abb. 6:** Körnungslinie der Verwitterungslehmprobe (n = 1)

Die Plastizitätszahlen liegen in den beiden untersuchten Proben zwischen 13,3% und 21,4%. Auch hier zeigt sich der Einfluss der bindigen Lößböden. Nach dem Plastizitätsdiagramm (s. Abb. 7) sind die Lehme nach DIN 18 196 überwiegend als leicht- bis mittelplastischer Ton (TL, TM) zu klassifizieren.

Die natürlichen Wassergehalte liegen zwischen 18% und 22%. Die Böden sind von steifer Konsistenz.



**Abb. 7:** Plastizitätsdiagramm nach CASAGRANDE mit den Proben aus U21.a



### **Schicht 3: Terrassensedimente**

Die Terrassensedimente wurden in den Sondierungen in der Klinikstraße nicht erbohrt. Sie treten nur in der KRB/DPH 1 im Stadtpark mehrere Meter unter den Kanalsohlen der Anschlusshaltungen auf. Auf die Ausführungen in U21.a wird verwiesen.

### **Schicht 4: Oberkreide (Bochumer Grünsand)**

Die Schichtenfolge der Oberkreide setzt mit intermittierend gestuften, schluffigen bis stark schluffigen Fein- bis Mittelsanden ein, die den Bochumer Grünsanden zugeordnet werden. Die Schichten weisen eine graugrüne bis grünbraune Färbung auf.

Die Schlagzahlen der Schweren Rammsonde steigen innerhalb der Grünsande deutlich an, so dass sie unterhalb von 5 m u GOK von mind. mitteldichter Lagerung sind. In der KRB/DPH 6 steigt die Oberfläche der Grünsande bis auf 3,3 m u GOK an.

Im CASAGRANDE-Diagramm liegen die Proben aus U21.a in den Bereichen TL/TM und TA (vgl. Abb. 7).

### **Schicht 5: Oberkreide (Kreidemergel)**

Als unterstes Schichtglied treten in den Sondierungen die Oberkreidemergel auf, die mit zunehmender Tiefe einen deutlichen Festgesteinscharakter aufweisen. Im verwitterten Zustand weisen die Kreidemergel gegenüber den darüber liegenden Grünsanden in der Bodenansprache einen ähnlichen Kornaufbau auf. Das Material ist allerdings diagenetisch verfestigt und liegt daher als Bruchstücke in Kieskorngröße vor.

## **5.3.2 Schichtgrenzen**

Die Kanalhaltungen zwischen den Schächten 221 und 224 liegen fast durchgehend in der Schicht 2 (Verwitterungslehm). Im Bereich des Schachtes 226 können auch dichter gelagerte Grünsande (Schicht 3) in der Vortriebssohle auftreten (vgl. Anl. 2).



## 5.4 Hydrogeologische Situation

### 5.4.1 Grundwasserverhältnisse

In den im Rahmen der Baugrunduntersuchung durchgeführten Kleinrammbohrungen wurden keine Hinweise auf Grund- oder Schichtenwasser festgestellt.

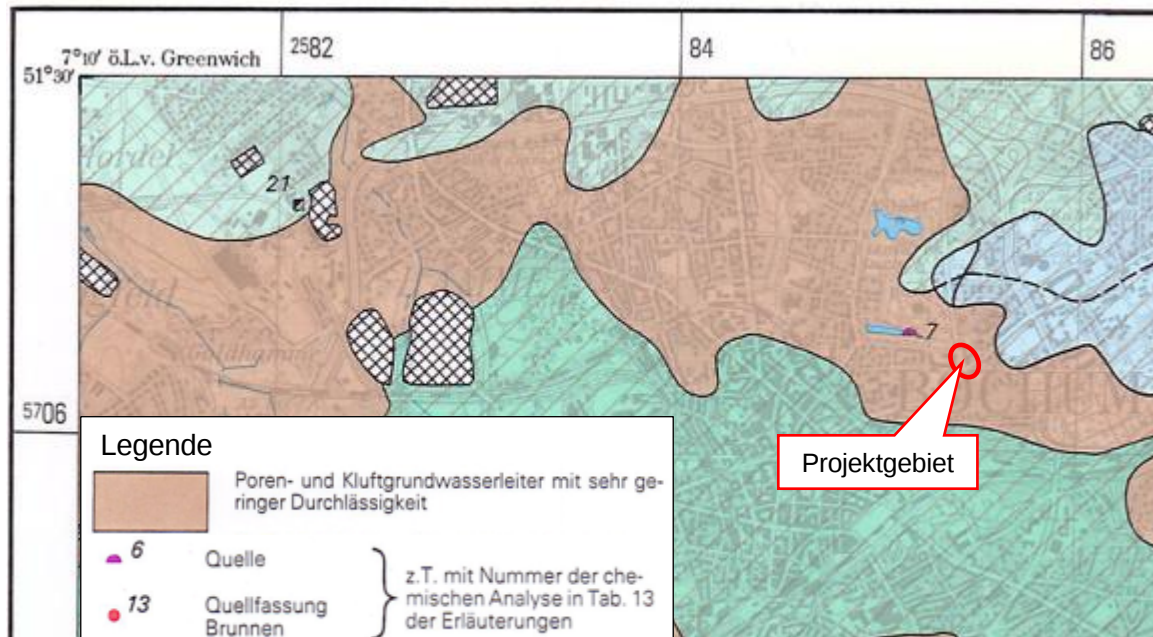
Dies stimmt gut mit den Angaben nach U23 überein (vgl. Abb. 10), wonach die Grundwasseroberfläche mit ca. 97 m ü NHN deutlich unter den Kanalsohlen und den Endtiefen der Sondierungen liegen.



**Abb. 8:** Auszug aus U23 - mittlere Grundwassergleichen (Stand 2016, ohne Maßstab)

### 5.4.2 Durchlässigkeit

Nach der hydrogeologischen Karte (U3) liegt das Projektgebiet im Bereich von Porengrundwasserleitern mit sehr geringer Durchlässigkeit.



**Abb. 9:** Auszug aus der hydrologischen Karte (U3, ohne Maßstab)

### 5.4.3 Bemessungswasserspiegel

Nach den vorliegenden Unterlagen hat der Grundwasserspiegel für die Baumaßnahme keine Bedeutung.

### 5.4.4 Wasserwirtschaft

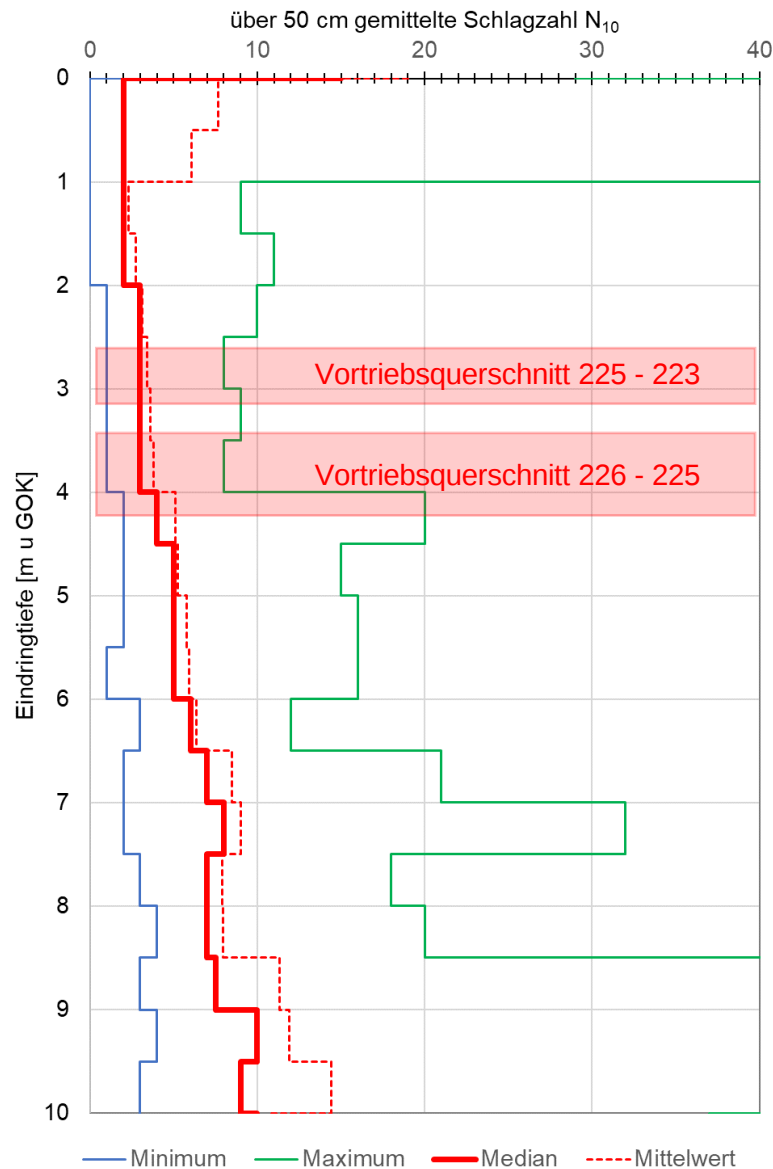
Das Projektgebiet liegt nicht in einem ausgewiesenen oder geplanten Trinkwasserschutzgebiet.

### 5.5 Bodenfestigkeit, Tragfähigkeit

Im Rahmen der Baugrunduntersuchungen wurden direkt neben den Kleinrammbohrungen Schwere Rammsondierungen zur Bestimmung der Lagerungsdichte der Schichtenfolge ausgeführt. In der folgenden Abbildung sind die über 50 cm gebildeten Mittelwerte aller Sondierungen sowie die Minima und Maxima und der Median der Sondierungen über die Tiefe aufgetragen. Außerdem sind



die Vortriebsquerschnitte der Haltungen zwischen den Schächten 221 – 222 und 222 – 224 eintragen.



**Abb. 10:** Gemittelte Schlagzahlen der Schweren Rammsondierungen (DPH) über die Tiefe

Eine Korrelation der Lagerungsdichten und Vergleich der verschiedenen Aufschlussmethoden ist in der folgenden Abbildung wiedergegeben.



| Lagerungsdichte<br>nichtbindiger Böden | Spitzendruck<br>CPT<br>$q_{c,}$ [MN/m <sup>2</sup> ] | Eindringwiderstand   |                      |                      |                            |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|
|                                        |                                                      | DPH<br>$N_{10,}$ [-] | DPM<br>$N_{10,}$ [-] | DPL<br>$N_{10,}$ [-] | BDP / SPT<br>$N_{30,}$ [-] |
| sehr locker                            | –                                                    | $\leq 1$             | $\leq 4$             | $\leq 6$             | $\leq 3$                   |
| locker                                 | < 5 (7,5)                                            | 1 – 4                | 4 – 11               | 6 – 10               | 3 – 8                      |
| mitteldicht                            | 5 (7,5) – 10 (15)                                    | 4 – 13               | 11 – 26              | 10 – 50              | 8 – 25                     |
| dicht                                  | 10 (15) – 20 (25)                                    | 13 – 24              | 26 – 44              | 50 – 64              | 25 – 42                    |
| sehr dicht                             | > 20 (25)                                            | > 24                 | > 44                 | > 64                 | 42 – 58                    |

**Abb. 11:** Empirische Korrelationen zwischen den Sondierergebnissen verschiedener Sonden und der Lagerungsdichte nichtbindiger Böden (U15)

In den oberen Metern der Schichtenfolge (Auffüllungen und Verwitterungslehm) liegen die Schlagzahlen unter dem hochverdichteten Straßenkoffer zwischen 1 bis 9, i.M. 3-4 Schlägen für 10 cm Eindringung der Sondenspitze und belegen damit eine nur lockere bis locker-mitteldichte Lagerung und eingeschränkte Tragfähigkeitseigenschaften.

Mit weiterer Tiefe nehmen die Schlagzahlen etwas zu. Erst mit dem Erreichen des Grünsandes steigen die Schlagzahlen signifikant auf Werte >10 Schläge an für 10 cm Eindringung der Sondenspitze an und belegen eine mitteldichte Lagerung. Diese Bodenschichten liegen unterhalb des Vortriebsquerschnittes. Nur im Bereich des Schachtes S223 können diese Böden im Sohlbereich des Vortriebs angeschnitten werden.

An der Basis der Grünsande nimmt der Verfestigungsgrad im Übergang zu den liegenden Kreidemergeln zu. Das Schlagzahlniveau steigt innerhalb weniger Dezimeter deutlich auf Werte  $N_{10} > 15$  an.

## 5.6 Bodenklassifizierung, Wasser- und Frostepfindlichkeit

Im Untersuchungsbereich ist mit den in der folgenden Tabelle angegebenen Bodengruppen (DIN 18196) und Bodenklassen nach DIN 18300 (Erdarbeiten, 2012), DIN 18301 (Bohrarbeiten, 2006) und DIN 18319 (Rohrvortriebsarbeiten, 2012, angegeben werden die Böden im Vortriebsquerschnitt) in den alten Fassungen zu rechnen.



**Tab. 4:** Bodengruppen, Bodenklassen und Frostempfindlichkeit

| Schicht                                | Bodengruppen<br>DIN 18196                                                   | Bodenklassen           |                                    |                                |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
|                                        |                                                                             | DIN 18300 <sup>3</sup> | DIN 18301 <sup>3</sup>             | DIN 18319 <sup>3</sup>         |
| <b>Schicht 1</b><br>Auffüllung         | A, Mu [GW <sup>1</sup> , SW <sup>1</sup> , GU, SU,<br>SU*, GU*, UL, UM, OU] | 3, 4 (1, 2)            | BN 1-2, BB 1-2,<br>BBS1, BO1       | LBM 1-2,<br>LN/LNW 1-2, (S 1)  |
| <b>Schicht 2</b><br>Verwitterungslehm  | TL, TM, SU*                                                                 | 4 (2)                  | BB 1-2                             | LBM 1-2                        |
| <b>Schicht 3 (örtlich)</b><br>Terrasse | GU*, UL, UM                                                                 | 3 - 4 (2)              | BB 1-2                             | LBM 1-2                        |
| <b>Schicht 4</b><br>Grünsande          | TL, TM, TA, SU*                                                             | 3 - 4                  | BB 2-3<br>BN 2 (BN 1) <sup>2</sup> | LN 1-2, LBM 1-2<br>(LNE 2-3)   |
| <b>Schicht 5</b><br>Oberkreidemergel   | TM, TA, UM, SU*, GU*<br>angewittert                                         | 3 – 5<br>5 - 6         | BB 2 - 4,<br>FV1-2, FD1-2          | LBM 2-3, LN 3,<br>FZ 1, FD 1-2 |

<sup>1</sup> nur oberhalb des Vortriebs

<sup>2</sup> Bodenklassen in Klammern treten untergeordnet auf

<sup>3</sup> Fassung vor 2015 (s.o.)

**Die Zuordnung nach VOB C in Homogenbereiche mit entsprechenden bodenmechanischen Kennwerten ist als Anlage 5 beigelegt.**

Weitgehend schluffiges und toniges Bodenmaterial ist wegen des Korngrößenanteils < 0,06 mm wasserempfindlich. Bei Wasserzutritt in Verbindung mit mechanischer Beanspruchung können diese Böden unter Festigkeitsverlust in fließende Bodenarten übergehen. Sie sind ferner sehr frostempfindlich (Klasse F3 nach ZTVE-StB 17).

## 5.7 Bodenkennwerte

Die Bodenkennwerte werden nach den Ergebnissen der Material- und Konsistenzansprache in den Kleinrammbohrungen, dem Bohrwiderstand, den Ergebnissen der Rammsondierungen, den bodenmechanischen Laboruntersuchungen und nach Erfahrungswerten abgeschätzt. Den für das Bauvorhaben maßgebenden Bodenschichten können folgende Kennwerte zugeordnet werden:



Schicht 1: Auffüllung

|                            |                                                              |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Wichte des feuchten Bodens | $\gamma = 18 - 20 \text{ kN/m}^3$ , i.M. $19 \text{ kN/m}^3$ |
| Wichte unter Auftrieb      | $\gamma' = \text{i.M. } 10 \text{ kN/m}^3$                   |
| Reibungswinkel             | $\varphi' = 22^\circ - 35^\circ$ , i.M. $27,5^\circ$         |
| Kohäsion                   | $c' = 0 \text{ kN/m}^2$                                      |
| Steifemodul                | $E_s = 3 - 25 \text{ MN/m}^2$ , i.M. $7 \text{ MN/m}^2$      |

Schicht 2: Verwitterungslehm

|                            |                                                              |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Wichte des feuchten Bodens | $\gamma = 18 - 20 \text{ kN/m}^3$ , i.M. $19 \text{ kN/m}^3$ |
| Wichte unter Auftrieb      | $\gamma' = \text{i.M. } 10 \text{ kN/m}^3$                   |
| Reibungswinkel             | $\varphi' = 22^\circ - 32,5^\circ$ , i.M. $30,0^\circ$       |
| Kohäsion                   | $c' = 0 - 5 \text{ kN/m}^2$ , i.M. $3 \text{ kN/m}^2$        |
| Steifemodul                | $E_s = 3 - 8 \text{ MN/m}^2$ , i.M. $5 \text{ kN/m}^2$       |

Schicht 3: Terrasse

|                                                   |                                                              |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Wichte des feuchten Bodens                        | $\gamma = 17 - 20 \text{ kN/m}^3$ , i.M. $19 \text{ kN/m}^3$ |
| Wichte unter Auftrieb                             | $\gamma' = \text{i.M. } 10 \text{ kN/m}^3$                   |
| Reibungswinkel                                    | $\varphi' = 27,5^\circ - 35^\circ$ , i.M. $32,5^\circ$       |
| Kohäsion                                          | $c' = 0 - 5 \text{ kN/m}^2$ , i.M. $3 \text{ kN/m}^2$        |
| Steifemodul ( $\sigma = 200-500 \text{ kN/m}^2$ ) | $E_s = 60 - 90 \text{ MN/m}^2$ , i.M. $70 \text{ MN/m}^2$    |

Schicht 4: Grünsand

|                                                   |                                                              |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Wichte des feuchten Bodens                        | $\gamma = 17 - 20 \text{ kN/m}^3$ , i.M. $19 \text{ kN/m}^3$ |
| Wichte unter Auftrieb                             | $\gamma' = \text{i.M. } 10 \text{ kN/m}^3$                   |
| Reibungswinkel                                    | $\varphi' = 27,5^\circ - 35^\circ$ , i.M. $32,5^\circ$       |
| Kohäsion                                          | $c' = \text{i.M. } 5 \text{ kN/m}^2$                         |
| Steifemodul ( $\sigma = 200-500 \text{ kN/m}^2$ ) | $E_s = 30 - 70 \text{ MN/m}^2$ , i.M. $50 \text{ MN/m}^2$    |

Schicht 5: Oberkreidemergel (auch verwittert)

|                                                   |                                                            |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Wichte des feuchten Bodens                        | $\gamma = \text{i.M. } 20 \text{ kN/m}^3$                  |
| Wichte unter Auftrieb                             | $\gamma' = \text{i.M. } 10 \text{ kN/m}^3$                 |
| Reibungswinkel                                    | $\varphi' = 27,5^\circ - 35^\circ$ , i.M. $30^\circ$       |
| Kohäsion                                          | $c' = 10 - 40$ , i.M. $20 \text{ kN/m}^2$                  |
| Steifemodul ( $\sigma = 200-500 \text{ kN/m}^2$ ) | $E_s = 15 - 100 \text{ MN/m}^2$ , i.M. $60 \text{ MN/m}^2$ |

## 5.8 Bohr- und Rammpbarkeit

Die Bohrbarkeit ist in den erkundeten Bodenschichten grundsätzlich gegeben.



In den unteren Lagen der Grünsande und in den Oberkreidemergeln können die Rammwiderstände so stark ansteigen, dass diese Schichten als „nicht rammbaar“ einzustufen sind. Für in diese Böden einbindende Spundwände sind daher Austauschbohrungen vorzusehen.

Es wird nochmals darauf hingewiesen, dass der Schacht 221 direkt am U-Bahnhof „Planetarium“ liegt. In diesem Bereich sind Störkörper aus der Bauzeit des Bahnhofes im Untergrund nicht auszuschließen. Ein Sicherheitsabstand des Verbaus zur OK Bauwerk ist einzuhalten.

## 5.9 Chemische Untersuchungen (Feststoff)

Die anstehenden Böden wurde in einer Mischprobe aus den Auffüllungen der KRB14 und KRB15 untersucht. Die Zusammenstellung der Probe ist der folgenden Tabelle zu entnehmen. Die Auswertung der Untersuchungen nach EBV sind als Anlagen 4.2.1 und die Analyseprotokolle als Anl. 4.2.2 beigelegt.

**Tab. 5:** Zusammenstellung der untersuchten Mischproben

| Sondierung | Mischprobe 1<br>Auffüllung |                    |
|------------|----------------------------|--------------------|
|            | Probe                      | Tiefe<br>[m u GOK] |
| KRB 14     | 2 - 3                      | 0,5 – 3,5          |
| KRB 15     | 2                          | 1,3 – 2,2          |

Nach den vorliegenden Untersuchungen sind die Böden nach EBV den Klassen BM-0\* zuzuordnen (vgl. Anl. 4.2.1). Für die Einstufung ist der TOC-Wert im Feststoff maßgebend.

Auf der Grundlage aller aus dem Bereich vorliegenden Untersuchungen wird empfohlen, die beim Aushub anfallenden Böden entsprechend den Vorgaben der Klassen BM-0\* bzw. BM-F1 unter Berücksichtigung der Vorgaben der EBV wiederzuverwerten oder unter der Abfallschlüsselnummer 17 05 04 (Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen) zu entsorgen.



## **6 Empfehlungen für die Bauausführung**

### **6.1 Konzept der Vortriebe, Allgemeines**

Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten kommt für die Rohrverlegung bevorzugt der unterirdische Rohrvortrieb in Betracht.

Für die Rohrvortriebsarbeiten sind die Vorgaben der DIN 18319 (U12), das Arbeitsblatt ATV A 125 (Rohrvortrieb) sowie die Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für grabenloses Bauen (GSTT) zu berücksichtigen.

Bauschäden bei Rohrvortriebsarbeiten können an unterfahrenen

- Straßen, Wegen, Plätzen,
- Ver- und Entsorgungsleitungen,
- Bauwerken,

sowie an benachbarten

- Ver- und Entsorgungsleitungen,
- Bauwerken,

vor allem durch

- Setzungen durch den Überschchnitt des Schildes und den Bodenverlust beim Eindringen des Schildes in das Gebirge,
- Grundwasserabsenkung und
- Rammerschütterungen

entstehen. Sie werden im Folgenden mit ihren Auswirkungen auf die Maßnahme kurz beschrieben:

#### Setzungen durch den Überschchnitt des Schildes und den Bodenverlust beim Eindringen des Schildes

Hierbei handelt es sich um unvermeidbare Setzungen, die fast ausschließlich von den Parametern Rohraußendurchmesser, Überdeckungshöhe, Bodenkennwerte aber auch maßgebend von der Vortriebstechnik beeinflusst werden. Durch eine entsprechende Wahl des Überschchnittes, der Schmierung und die anschließende Verdämmung des Ringspaltes lassen sich diese Setzungen zwar nicht vollständig verhindern, jedoch deutlich reduzieren. Die ausführende Firma sollte daher im Vorfeld der Baumaßnahme Angaben zu den durch das von ihr vorgeschlagene Bauverfahren zu erwartenden Setzungen machen.



#### Setzungen infolge von Grundwasserabsenkung

Schäden durch Grundwasserabsenkungsmaßnahmen sind nicht spezifisch für Rohrvortriebe, da sie in gleicher Weise auch bei anderen Bauverfahren auftreten können.

Aufgrund des tiefliegenden Grundwasserspiegels ist ein Einfluss des Grundwassers auf die Baumaßnahme nicht zu besorgen.

#### Rammerschütterungen

Rammerschütterungen sind bei der teilweise denkmalgeschützten Bebauung im Nahbereich der Vortriebsmaßnahme zu vermeiden.

## **6.2 Empfehlungen für die Vortriebsverfahren**

Aufgrund des einheitlichen Rohrdurchmessers und ähnlichen Baugrundbedingungen kann für die verschiedenen Abschnitte ein einheitliches Vortriebsverfahren gewählt werden.

Aufgrund der querenden Leitungen werden trotz der kurzen Vortriebsstrecken nur steuerbare Verfahren empfohlen.

Für die Anschlusshaltungen kommen Pilotrohr-Vortriebe nach DWA bzw. ATV Merkblatt A 125 oder Mikrotunneling-Maschinen mit Nassförderung (AVN) in Betracht.

Beim Einsatz einer Nassförderung wird für die Auslegung der Separieranlage auf die Tongehalte der Schichtenfolge (Kap. 5.3.1) verwiesen.

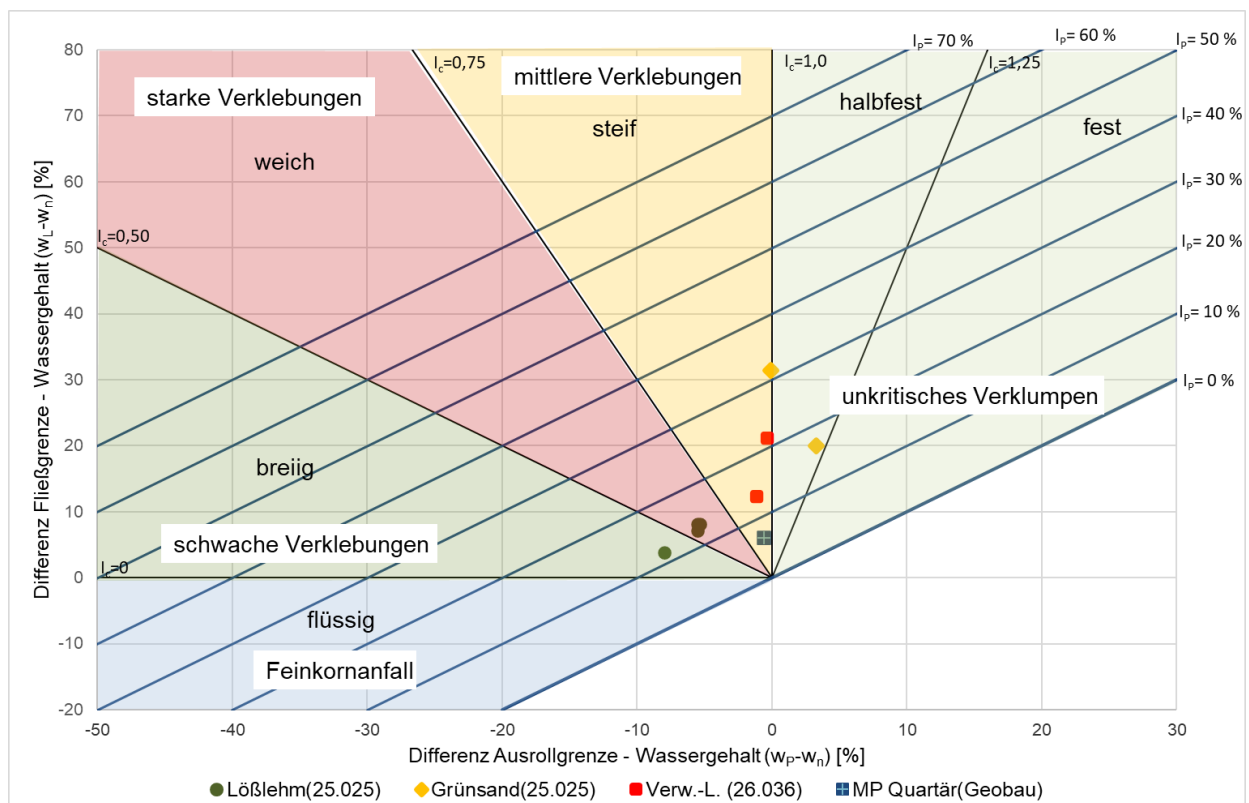
Bei nicht oder nur vorübergehend standfester Ortsbrust muss ständig eine teilweise oder vollflächige Stützung sichergestellt werden. Diese kann nach dem Prinzip der natürlichen Stützung (natürlicher Böschungswinkel), der mechanischen Stützung, der Flüssigkeits- oder der Erddruckstützung erfolgen. Die Standsicherheit der Ortsbrust muss entsprechend dem gewählten Verfahren nachgewiesen werden.

Es muss sichergestellt werden, dass nicht mehr Boden an der Ortsbrust entnommen wird, als es der Rohrquerschnitt ergibt. Die bei dem Vortrieb geförderten Abbaumengen sollten durch geeignete Verfahren gemessen und dokumentiert werden.



### 6.3 Hinweise für die Bauausführung, Schmierung des Vortriebs

Aufgrund der hohen, bindigen Anteile innerhalb der durchfahrenen Schichtenfolge ist das Risiko von Verklebungen der Abbauwerkzeuge sowie bei der Wahl der Separieranlagen zu berücksichtigen. Das Verklebungspotenzial der anstehenden Bodenschichten ist in der folgenden Darstellung wiedergegeben.



**Abb. 12:** Indikationsbereiche für das Verklebungspotenzial von Tonböden aus dem Bereich Castroper Straße in Abhängigkeit von der Plastizitätszahl und der Konsistenzzahl nach THEWES zit. in STEIN (2003)

Um die Mantelreibung entlang des Vortriebsstranges zu reduzieren, wird der Einsatz von Gleit- und Stützmitteln empfohlen. Die Schmierungsmittel dienen v.a. dazu, den Reibungswiderstand zwischen Rohrstrang und Baugrund zu vermindern sowie eine gleichmäßige Andrückkraft durch Vermeidung eines ruckartigen Vortriebs sicherzustellen.

Durch die Injektion des Schmierungsmittels kann der Ringspalt (im Lockergestein üblicherweise mind. 20 mm) i.d.R. durchgehend offengehalten werden, so dass auch Verformungen an der GOK durch den Überschnitt klein gehalten werden können.



Nach Erfahrungswerten kann beim Einsatz automatischer Schmiersysteme auf der Basis von Bentonitsuspensionen die Mantelreibung auf Größenordnungen  $\leq 1 \text{ kN/m}^2$  reduziert werden.

## 6.4 Schachtbauwerke

Oberhalb des Grundwasserspiegels können Trägerbohlwände mit Holz- oder einer bewehrten Spritzbetonausfachung eingesetzt werden. Alternativ kommt die Ausführung einer Spritzbetonbaugrube in Betracht. Auf die geringeren Konsistenzen der oberflächennahen Böden wird hingewiesen.

Einhergehend mit dem günstigen statischen Tragverhalten kreisförmiger oder elliptischer Schächte kann unter der Voraussetzung kleiner Deformationen in radialer Richtung mit einer Gewölbewirkung im Boden gerechnet werden, die den die Schachtwandungen belastenden aktiven Erddruck gegenüber dem ebenen Coulomb'schen Erddruck abmindert. Die Berechnung kann z.B. nach WALZ (1988)<sup>1</sup> erfolgen.

Die ideelle Knicklast eines Ringes unter konstantem Außendruck kann nicht als Maßstab für die Knicksicherheit kreisförmiger oder elliptischer Umschließungen aus überschrittenen Bohrpfählen herangezogen werden. Üblicherweise ist nachzuweisen, dass unter 1,75-facher äußerer Belastung die gebettete Umschließung bei Berechnung nach Theorie II. Ordnung einer stabilen Gleichgewichtslage zustrebt. Als Ausgangssystem ist das ggfs. durch Herstellungsungenauigkeiten verformte System anzusehen, als Belastungen sind insbesondere unsymmetrische Lastzustände zu untersuchen. Ggfs. ist die Schalenwirkung der Umschließung in Anspruch zu nehmen.

In der Baugrube anfallendes Prozess- und Tagwasser ist über eine offene Wasserhaltung abzuführen. Nach dem Erreichen der Aushubsohle ist daher die Baugrubensohle durch eine ca. 30 cm starke Kies- oder Splitttragschicht zu ballastieren, die auch zur Ableitung des anfallenden Restwassers verwendet werden kann.

Für die Bemessung der Baugrubenumschließung ist bei Einsatz unnachgiebiger Systeme (z.B. rückverankerte Baugruben, Bohrpfahlwände, Schlitzwände) sowie bei naheliegenden Gebäuden

---

<sup>1</sup> WALZ      Berechnung des räumlichen Erddrucks auf die Wandungen schachtartiger Baugruben, Taschenbuch für Tunnelbau 1988, S. 131 - 159, Glückauf-Verlag, Essen.



oder Versorgungsleitungen im Einflussbereich der Baugrubenumschließung nach DIN 4085 ein erhöhter aktiver Erddruck mit

$$E'_{ah} = 0,5 \times E_{ah} + 0,5 \times E_{oh}$$

vorzusehen. Für runde Baugruben kann der Erddruck nach EB 73 auf

$$E = 0,5 \times (E_0 + E_{aR}) \quad (E_{aR} = \text{räumliche aktive Erddrucklast nach WALZ UND HOCK})$$

reduziert werden.

## 6.5 Wasserhaltung

Aufgrund der Lage der Baugruben deutlich über dem Grundwasserspiegel sind anfallende Tagwassermengen über eine offene Wasserhaltung abzuleiten.

## 6.6 Erdarbeiten / Verfüllen von Arbeitsräumen

Die überwiegend feinkörnigen Aushubböden sind aufgrund ihres Wassergehaltes ohne Zusatzmaßnahmen nicht auf den erforderlichen Verdichtungsgrad von 95 bzw. 97 % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Das gewonnene Aushubmaterial kann unter Kalk-Zement Zugabe stabilisiert und für die Verfüllung wiederverwendet werden. Hierbei ist die Einhaltung der Einbaubedingungen der EBV entsprechend zu beachten.

Der Einbau des Materials und die erzielte Verdichtung sind laufend zu überprüfen. Auf die Abhängigkeit der Erdarbeiten von der Witterung wird besonders hingewiesen.

Für die Entsorgung der Böden wird auf die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen (Kap 5.9) verwiesen. Für die Ausführung der Erdarbeiten sind die Vorschriften der ZTVE-StB 17 maßgebend. Danach ergeben sich für die verschiedenen Bodenarten und unterschiedlichen Tiefen unter dem Planum folgende Anforderungen:



**Tab. 6:** Anforderungen an das 10%-Mindestquantil<sup>2</sup> für den Verdichtungsgrad  $D_{Pr}$  bzw. an das 10%-Höchstquantil für den Luftporenanteil  $n_a$

|   | Bereich                                                      | Bodengruppen                               | $D_{Pr}$ in % | $n_a$ in Vol-%  |
|---|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------|-----------------|
| 1 | Planum bis 1,0 m Tiefe bei Dämmen und 0,5 m bei Einschnitten | GW, GI, GE<br>SW, SI, SE<br>GU, GT, SU, ST | 100           | -               |
| 2 | 1,0 m unter Planum bis Dammsohle                             | GW, GI, GE<br>SW, SI, SE<br>GU, GT, SU, ST | 98            | -               |
| 3 | Planum bis Dammsohle und bis 0,5 m Tiefe bei Einschnitten    | GU*, GT*, SU*,<br>ST*, U, T,               | 97            | 12 <sup>3</sup> |

Zusätzlich ist der Verhältniswert des Verformungsmoduls  $E_{V2}/E_{V1}$  zur Beurteilung des Verdichtungsgrades heranzuziehen. Dabei gelten

$$E_{V2}/E_{V1} \leq 2,3 \text{ für } D_{Pr} \leq 100\% \text{ und}$$

$$E_{V2}/E_{V1} \leq 2,5 \text{ für } D_{Pr} \leq 98\%.$$

Der Einbau des Materials und die erzielte Verdichtung sind laufend zu überprüfen. Auf die Abhängigkeit der Erdarbeiten von der Witterung wird besonders hingewiesen.

## 7 Baubegleitende Kontrollen, Beweissicherung

Beim Rohrvortrieb sind die Vorgaben der DIN EN 12889 und des ATV-Merkblattes A 125 bezüglich der Vortriebsüberwachung einzuhalten. Bei steuerbaren Verfahren sind die folgenden Vortriebsparameter kontinuierlich zu messen und in Vortriebsintervallen von max. 100 mm Länge oder max. 90 Sekunden Dauer automatisch aufzuzeichnen:

- Datum und Uhrzeit,
- Vortriebslänge,

<sup>2</sup> Das Mindestquantil ist das kleinste zugelassene Quantil (früher: Fraktile), unter dem nicht mehr als der vorgegebene Anteil von Merkmalswerten (z.B. für den Verdichtungsgrad) der Verteilung zugelassen ist

<sup>3</sup> wenn die Böden nicht verfestigt oder qualifiziert verbessert werden, empfiehlt sich der bei Einbau von wasserempfindlichen gemischt- und feinkörnigen Böden eine Anforderung von 8 Vol-%.



- Abweichungen von der Sollage (Höhe/Seite) sowie Steuerungskorrekturen,
- Verrollung,
- Maschinenneigung und –richtung,
- maximale Vortriebskräfte an der Pressstation bzw. der Hauptpress- und der Zwischenpressstationen,
- Schneidrad-Drehmoment bei Vollschnittmaschinen,
- Steuerzylinderhübe und –kräfte,
- räumliche Abwinklung in der maßgeblichen Rohrfuge, erfahrungsgemäß die zweite oder dritte (ohne Abwinklungsmessung müssen auf der sicheren Seite liegende Annahmen für die Berechnung der zulässigen Vortriebskräfte getroffen werden),
- Menge der eingesetzten Stütz- und Gleitmittel sowie die Einpressdrücke der Schmierstoffe,
- Luftdruck und Druckluftverbrauch bei Druckluftbeaufschlagung der Ortsbrust,
- Bei bemannten, steuerbaren Verfahren mit offenen Schilden muss bei nicht standfester Ortsbrust das Eindringen der Schildhaube in die Ortsbrust kontinuierlich dokumentiert werden (z. B. durch Videoaufnahme, Ultraschallmessung).

Die Mess- und Navigationseinrichtungen müssen zu Beginn einer Vortriebsstrecke und zusätzlich in geeigneten Abständen kontrolliert werden.

Besonderheiten, wie z.B. das Antreffen von Hindernissen, Abweichungen vom prognostizierten Baugrundmodell oder Bodenverunreinigungen sind im Bautagebuch zu dokumentieren und der Baugrundgutachter hinzuzuziehen.

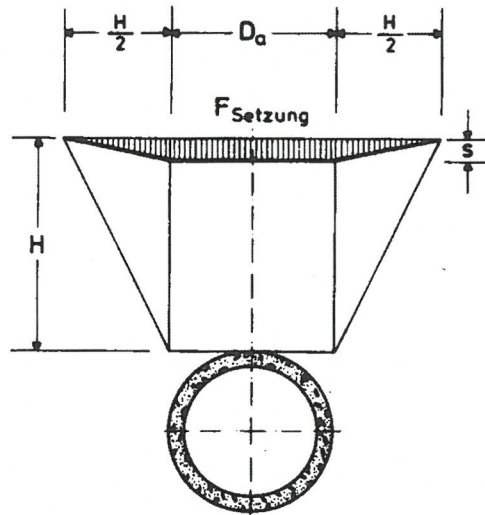
Darüber hinaus werden folgende Untersuchungen während der Durchführung der Maßnahme empfohlen:

- aus dem beim Vortrieb anfallenden Böden sollten mind. 1 x täglich Rückstellproben gewonnen werden,
- der Aushub ist vor der Entsorgung einer Deklarationsanalytik zu unterziehen.

Aufgrund der geringen Tiefe der Vortriebe ist ein weitreichender Einflussbereich nicht zu erwarten. Für Gebäude in der Klinikstraße wird eine äußere Beweissicherung der Grundstückseinfassungen und der straßenseitigen Fassaden für ausreichend gehalten.



Für die im Bereich der Vortriebe gelegenen Versorgungsleitungen werden punktuelle Lagemessungen vor und nach der Baumaßnahme empfohlen. Der Einflussbereich einer Vortriebsmaßnahme kann nach der folgenden Abbildung abgeschätzt werden.



**Abb. 13:** Einflussbereich der Setzungsmulde über einer Vortriebsmaßnahme (nach SCHERLE)

Für den mit einer Überdeckung von etwa 3,5 m u GOK verlaufenden Vortrieb S226->S225 DN 500 ergibt sich damit eine einseitige Setzungsmulde mit einem Abstand von ca. 2,1 m zur Vortriebsachse.

## 8 Allgemeine Hinweise

Die Beschreibung der Baugrundverhältnisse beruht auf punktuellen Aufschlüssen, zwischen denen linear interpoliert wurde. Abweichungen zwischen Aufschlüssen sind möglich.

Eine weitere fachtechnische Begleitung der Maßnahme durch den geotechnischen Gutachter wird empfohlen.

Sachbearbeiter

  
Dipl.-Geol. R. Hagen

  
Dr.-Ing. M. Nendza