

# **BAUGRUND- und GRÜNDUNGSGUTACHTEN**

**Projekt-Nr.:** 16/2269

**Bauvorhaben:** ABS Berlin- Frankfurt/Oder- Grenze D/ PI  
PA 16 Bf. Köpenick, km 10,3 - km 13,7

**Bauwerk:** Personenunterführung (PU) Ost  
km 11,877, F- und S-Bahn

**Auftraggeber:** INROS LACKNER  
Bismarckstraße 91  
10625 Berlin

**Aufsteller:** Baugrund Stralsund Ing. mbH  
NL Berlin & Brandenburg  
Kieholzstraße 2  
12435 Berlin  
Dipl.-Ing. Holger Chamier

**Berlin, 13. Februar 2017**

## Inhalt

|       |                                                                       |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 1.    | Unterlagenverzeichnis .....                                           | 3  |
| 2     | Anlagenverzeichnis .....                                              | 5  |
| 3     | Bauvorhaben / Aufgabenstellung .....                                  | 5  |
| 4     | Baugrundverhältnisse.....                                             | 6  |
| 4.1   | Art, Umfang und Lage der Baugrundaufschlüsse .....                    | 6  |
| 4.2   | Geologische Situation .....                                           | 6  |
| 4.3   | Baugrundsichtung .....                                                | 7  |
| 4.4   | Art und Umfang der Laboruntersuchungen.....                           | 7  |
| 4.5   | Baugrundeigenschaften / Baugrundklassifizierung .....                 | 8  |
| 4.6   | Wasserverhältnisse und Wassereigenschaften .....                      | 10 |
| 5     | Berechnungskennwerte / Berechnungsprofile / Bodenklassifikation ..... | 12 |
| 5.1   | Charakteristische Bodenkennwerte .....                                | 12 |
| 5.2   | Auffüllungen / Hinterfüllungen .....                                  | 13 |
| 5.3   | Bemessungswasserstände .....                                          | 14 |
| 5.4   | Bodenklassifizierung .....                                            | 15 |
| 6     | Gründungstechnische Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise.....       | 16 |
| 6.1   | Gründungsempfehlungen.....                                            | 16 |
| 6.1.1 | Tunnelbauwerk.....                                                    | 16 |
| 6.1.2 | Fahrstühle .....                                                      | 17 |
| 6.1.3 | Treppenanlagen .....                                                  | 17 |
| 6.2   | Hinweise zu Baugruben und Wasserhaltung .....                         | 18 |
| 6.3   | Verwertung ausgehobener Erdstoffe .....                               | 20 |
| 6.4   | Schutz vorhandener Bauwerke .....                                     | 21 |

## **1.           Unterlagenverzeichnis**

### Unterlagen Aufschlussarbeiten

- U 1-1           Bohrprofile der Aufschlüsse BS 3/16 bis BS 58/16, BS 63/16, BS 78/16 bis BS 85/16, ausgeführt von der BAUGRUND Stralsund Ing. mbH im November/Dezember 2016
- U 1-2           Ergebnisse der Schweren Rammsonde DPH 3/16 bis DPH 58/16, DPH 63/16, DPH 78/16 bis DPH 85/16, ausgeführt von der BAUGRUND Stralsund Ing. mbH im November/Dezember 2016
- U 1-3           Vermessungsunterlagen der Höhen- und Lagemessung der Aufschlussansatzpunkte, ausgeführt von der BAUGRUND Stralsund Ing. mbH im November/Dezember 2016
- U 1-4           Gestörte Bodenproben und Sonderproben, entnommen bei Ausführung der Aufschlussarbeiten von der BAUGRUND Stralsund Ing. mbH im November/Dezember 2016
- U 1-5           Wasserproben aus den BS 3/16, BS 8/16, BS 13/16, BS 21/16, BS 29/16, BS 32/16, BS 37/16, BS 44/16, BS 78/16 und BS 83/16, entnommen von der BAUGRUND Stralsund Ing. mbH im November/Dezember 2016

### Laborprüfberichte

- U 2-1           Bodenmechanischer Laborprüfbericht Nr. 1, erstellt von der BAUGRUND Stralsund Ing. mbH am 23. Januar 2017
- U 2-2           Untersuchung von Grundwasser auf beton- und stahlaggressive Inhaltsstoffe, Prüfberichte Nr. 16-5728-001 bis -010, erstellt von der IUL Vorpommern GmbH am 16. Dezember 2016
- U 2-3           Untersuchung von Boden/ Bauschutt auf umweltchemische Inhaltsstoffe, Prüfberichte Nr. 17-0207-001 bis -015, erstellt von der IUL Vorpommern GmbH am 31. Januar 2017

### Planunterlagen

- U 3-1        ABS Berlin - Frankfurt/Oder - Grenze D/ Pl, PA 16 Bf. Köpenick und BA 1001  
ESTW Köpenick, Vorplanung: Erläuterungsbericht, erstellt von der DB AG
  
- U 3-2        ABS Berlin - Frankfurt/Oder - Grenze D/ Pl, PA 16 Bf. Köpenick und BA 1001  
ESTW Köpenick, Entwurfsplanung: Lageplan, erstellt von der INROS Lackner  
SE, 01/2017
  
- U 3-3        ABS Berlin - Frankfurt/Oder - Grenze D/ Pl, PA 16 Bf. Köpenick und BA 1001  
ESTW Köpenick, Vorplanung 2016: Bauwerksfiktiventwürfe, erstellt von der  
SSF Ingenieure AG
  
- U 3-4        ABS Berlin-Frankfurt/Oder - Grenze D/ Pl, PA 16 Bf. Köpenick und BA 1001  
ESTW Köpenick, Entwurfsplanung 2010: Bauwerksverzeichnis und Bau-  
werksentwürfe, erstellt von SSF Ingenieure AG
  
- U 3-5        ABS Berlin - Frankfurt/Oder - Grenze D/ Pl, PA 16 Bf. Köpenick und BA 1001  
ESTW Köpenick, Vertragsunterlagen mit Projektbeschreibung
  
- U 3-6        Angaben zu Ist-Schienenoberkanten, übergeben per E-Mail am 24.01.2017

### Sonstige Berichte / Angaben

- U 4-1        EÜ Hämmerlingstraße, Geotechnischer Bericht, BOLAB IG mbH, Berlin,  
13.11.2003
  
- U 4-2        EÜ Wuhle, Geotechnisches Gutachten, IC Hildebrandt, Dresden, 03.12.1999
  
- U 4-3        EÜ Wuhle, Geotechnisches Gutachten, BBG Baugrundberatungsgesellschaft  
mbH, Dresden, 31.03.2003
  
- U 4-4        EÜ Bahnhofstraße Köpenick, Gutachten über die Baugrund- und Gründungs-  
verhältnisse, DE Consult, Berlin, 16.10.1997
  
- U 4-5        EÜ Bahnhofstraße Berlin- Köpenick, Geotechnischer Bericht zur Ausführung  
von Düsenstrahlarbeiten EÜ Bahnhofstraße, GUD Geotechnik und Dynamik  
Consult GmbH, Berlin, März 2004
  
- U 4-6        Erweiterung EÜ Empfangsgebäude Bf. Köpenick, Geotechnisches Gutachten,  
BBG Baugrundberatungsgesellschaft mbH, Dresden, 21.01.2004
  
- U 4-7        Lärmschutzwände km 10,6- km 13,5, PA 6 Bf. Köpenick, Baugrundgutachten,  
Dr. Tischer und Partner IB für Geotechnik, Berlin, 23.12.2009

## **2                    Anlagenverzeichnis**

|     |          |                                                                                           |
|-----|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| A 1 | 1 Blatt  | Lage- und Aufschlussplan                                                                  |
| A 2 | 1 Blatt  | Bohr- und Sondierprofile                                                                  |
| A 3 | 90 Blatt | Bodenmechanischer Laborprüfbericht Nr. 1                                                  |
| A 4 | 2 Blatt  | Prüfbericht der Untersuchung von Grundwasser auf beton- und stahlaggressive Inhaltsstoffe |
| A 5 | 11 Blatt | Prüfbericht der Untersuchung von Boden/ Bauschutt                                         |
| A 6 | 3 Blatt  | Fundamentdiagramme                                                                        |

## **3                    Bauvorhaben / Aufgabenstellung**

Die DB Netz AG plant den Um- und Neubau der Bahninfrastruktur im Bereich des Bahnhofs Berlin-Köpenick. Es handelt sich hier um den Planungsabschnitt 16 (PA 16) der ABS Berlin-Frankfurt/Oder. Der PA 16 erstreckt sich von km 10,3 bis km 13,7. Der auszubauende Streckenabschnitt ist als Teilstück der Eisenbahnmagistrale Berlin-Warschau auf eine Geschwindigkeit von 160 km/h umzurüsten. Im Zuge dessen sind Parallelmaßnahmen in der S-Bahn S3 Ost erforderlich.

Die BAUGRUND Stralsund Ing. mbH wurde mit der Durchführung notwendiger ergänzender Baugrunderkundungen und der Erstellung von Baugrundgutachten für den Neubau einzelner Bauwerke beauftragt.

Das vorliegende Baugrundgutachten beinhaltet den Neubau der Personenunterführung (PU) Ost. Die PU verbindet den Stellingdamm im Norden und die neue Straßenführung in Bereich der ehemaligen Ladestraße im Süden und quert derzeit die Strecke 6153 der F-Bahn und die Strecke 6004 der S-Bahn in km 11,877. Die Geländehöhen wurden im Zuge der Baugrunderkundungen im Bereich der PU zwischen etwa +37,5 und +39,3 m NN und im Bereich der Gleisanlagen zwischen etwa +39,4 und +40,5 m NN eingemessen.

Die geplante PU wird durch einen abgeöschten Fuß- und Radweg vom Stellingdamm erschlossen. Die PU wird als Tunnelbauwerk mit Treppenzugängen und einem Fahrstuhl ausgeführt. Die geplante Gründungssohle des neuen Bauwerks liegt bei +35,07 m NN. Die Breite des Tunnelbauwerkes beträgt 6,5 m.

## **4 Baugrundverhältnisse**

### **4.1 Art, Umfang und Lage der Baugrundaufschlüsse**

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden im Jahr 2016 ergänzend drei Bohrsondierung (BS) und drei Schwere Rammsondierung (DPH) durchgeführt. Weitere geplante Baugrundaufschlüsse konnten aus bahnbetrieblichen Gründen bisher nicht ausgeführt werden. Ergänzend wurden Altaufschlüsse aus der Unterlage U 4-7 zur Beschreibung der Grundverhältnisse genutzt. Die maximale Erkundungstiefe liegt bei 15 m, was einer Höhe von ca. +24,3 m NN entspricht. Eine Übersicht über die Anordnung der Aufschlüsse zeigt der Lage- und Aufschlussplan in Anlage 1.

### **4.2 Geologische Situation**

Regionalgeologisch gesehen befindet sich das Untersuchungsgebiet innerhalb des Berliner Urstromtales, einer pleistozän angelegten, mehrere Kilometer breiten Schmelzwasserabflussrinne. Unter bebauungsbedingten Auffüllungen sind hier bis in mehrere Dekameter Tiefe Tal- und Schmelzwassersande zu erwarten. Die Sande sind mittel- bis feinkörnig ausgebildet. Mit größerer Tiefe ist eine Zunahme der grobkörnigen Fraktion (Kies) zu erwarten.

In den Uferbereichen des die Bahnanlage querenden Flusses (Wuhle) können örtlich begrenzt, oberflächennah anstehende, organische Sedimente auftreten.

#### 4.3 Baugrundsichtung

Nachfolgend wird ein Überblick über die Baugrundsichtung im Bereich des Ersatzneubaus gegeben. Einzelheiten sind den Bohr- und Sondierprofilen in Anlage 2 zu entnehmen.

In den Aufschlüssen, die vom Bahndamm abgeteuft wurden, lagert etwa 3,5 bis 4,7 m Aufschüttung / Dammschüttung (Schicht 1). Die Unterkante der Aufschüttung / Dammschüttung liegt bei +35,9 bzw. +36,0 m NN. In der Dammaufstandsfläche wurde eine organisch verunreinigte Aufschüttung angetroffen, die im Folgenden der Schicht 2 zugeordnet wird. In den Aufschlüssen, die außerhalb des Bahnkörpers abgeteuft wurden, lagert ebenfalls noch 1,8 bis 4,5 m Aufschüttung. Auch hier wurde die Schicht 2 geringmächtig angetroffen.

Unterhalb dieser Böden folgen Fein- und Mittelsande (Schicht 3). Zunächst handelt es sich um Feinsande mit schluffigen und zum Teil mittelsandigen Anteilen. In weiterer Tiefe nimmt der mittelsandige Anteil bereichsweise zu.

#### 4.4 Art und Umfang der Laboruntersuchungen

Während der Aufschlussarbeiten wurden durchgehend gekerkte Bodenproben entnommen. An ausgewählten Proben wurden die nachfolgend aufgeführten Laborversuche durchgeführt:

- Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18 123
- Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN EN ISO 17892-1
- Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18 128

Die detaillierten Ergebnisse der Laborversuche sind im Laborprüfbericht in Anlage 3 dargestellt.

Für Untersuchungen des vorhandenen Grundwassers hinsichtlich der Beton- und Stahlaggressivität wurde eine Wasserprobe entnommen.

Aus Einzelproben wurden Mischproben zusammengestellt und zur umweltchemischen Untersuchung nach LAGA gegeben. Es handelt sich überwiegend um Proben aus der Bettung und der Aufschüttung. Organoleptische Auffälligkeiten wurden lediglich in BS 18/16 ab etwa 5,0 m Tiefe angetroffen. Es handelt sich um einen starken Mineralölgeruch.

#### 4.5 Baugrundeigenschaften / Baugrundklassifizierung

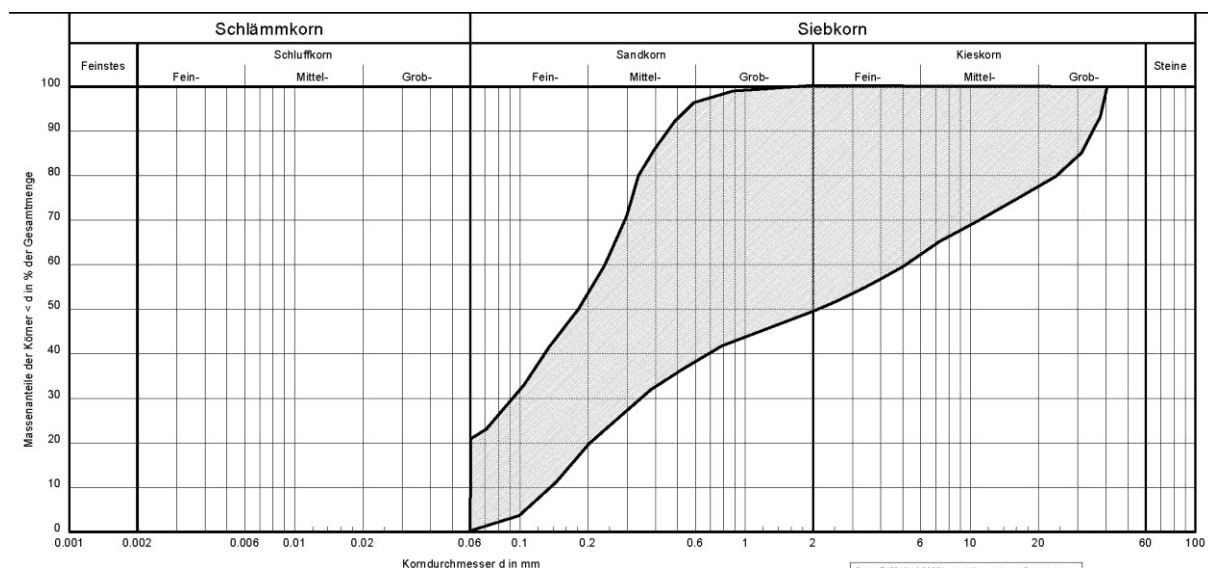
Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen in Verbindung mit den Ergebnissen der Feldansprache und den Felduntersuchungen sind für die einzelnen Schichten des Baugrundes nachstehend zusammengefasst.

##### *Schicht 1      Auffüllungen*

*[SE, SU] / [OH] / [A]*

Die Auffüllungen im Bereich der Dämme bestehen aus Grob-, Mittel- und Feinsanden mit steinigem und zum Teil organischen Anteilen. Die Auffüllungen sind kalkhaltig und enthalten Fremdanteile, wie Beton, Ziegel, Steine, Asche, Schlacke und Glas. Anteile an Fremdstoffen von > 10% sind nicht auszuschließen. Die Auffüllungen sind im Ergebnis der Rammsondierungen sehr locker bis locker gelagert. Lokal kann auch eine mitteldichte Lagerung vorherrschen. An Einzelproben wurden organische Anteile von 0,6 und 3,0 % ermittelt.

Die Ergebnisse der Bestimmungen der Korngrößenverteilung sind in Abbildung 1 einzusehen.



**Abb. 1: Körnungsband Schicht 1 Aufschüttung/ Dammschüttung**



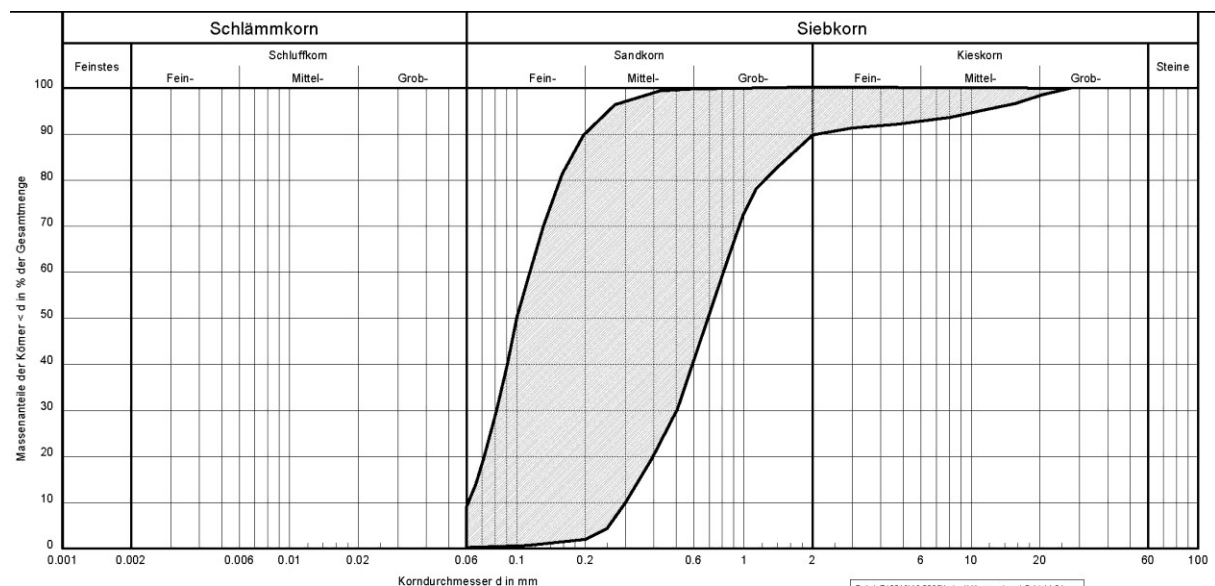
**Schicht 2 organische/ organogene Erdstoffe [SE, SU, OH]**

Die organische bzw. organogene Auffüllung im Bereich der Dammsohle ist locker gelagert. Sie wird je nach organischem Anteil den Bodengruppen [SE, SU] bzw. [OH] nach DIN 18196 zugeordnet.

**Schicht 3 Fein- und Mittelsand SE / SU**

Die im Bau Feld als Hauptbodenart angetroffenen Feinsande enthalten Anteile an Schluff und Mittelsanden. Diese sind den Bodengruppen SE und SU nach DIN 18 196 zuzuordnen. Lokal wurden auch stark schluffige Fein- und Mittelsande erkundet. Diese sind der Bodengruppe SU\* zuzuordnen. Innerhalb der Sandschichten wurden Kiese und Steine erkundet. Die Sande sind kalkhaltig bis stark kalkhaltig.

Die Ergebnisse der Bestimmungen der Korngrößenverteilung sind in Abbildung 2 einzusehen.



**Abb. 2: Körnungsband Schicht 3 Fein- und Mittelsande**

Die Lagerungsdichte der Schicht 3 ist zunächst überwiegend mitteldicht. In Tiefen zwischen etwa +32 und +29 m NN geht die Lagerungsdichte in einigen Aufschlüssen zurück und es liegt eine lockere bis schwach mitteldichte Lagerung der Sande vor. Die Schlagzahlen gehen auf 1 bis 2 Schläge/10cm zurück. Bereichsweise kann dieses mit dem Anschnitt des Grundwassers in Übereinstimmung gebracht werden. Lokal jedoch auch nicht.

Darunter liegen überwiegend mitteldichte, lokal auch dichte Lagerungsverhältnisse vor.

#### 4.6 Wasserverhältnisse und Wassereigenschaften

Die im Baugebiet vorhandenen Auffüllungen und Sande (Schichten Nr. 1 und 3) stellen einen zusammenhängenden, unbedeckten Grundwasserleiter dar. Gering durchlässige Erdstoffe in Form von organischen / organogenen Erdstoffen (Schicht Nr.2) wurden hier nicht oder nur in sehr geringer Mächtigkeit erkundet.

Der aus den Auffüllungen und Sanden gebildete Grundwasserleiter enthält überwiegend ungespanntes Grundwasser, nur unterhalb der lokal vorhandenen organischen Einlagerungen liegt das Grundwasser in gespannter Form vor. Da die Einlagerungen nicht durchgängig vorhanden sind, stellt sich eine gleiche Standrohrspiegelhöhe ein. Die während der aktuellen Baugrunderkundungen gemessenen Wasserstände nach Beendigung der Bohrarbeiten (Ruhewasserstand) sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

**Tabelle 1: Ruhewasserstände nach Beendigung der Aufschlussarbeiten (GWE)**

| Aufschluss | GWA [m u. GOK] | GWA [m NN] | GWE [m u. GOK] | GWE [m NN] |
|------------|----------------|------------|----------------|------------|
| BS 12/16   | 7,2            | +32,35     | 6,9            | +32,65     |
| BS 13/16   | 7,0            | +32,26     | 6,8            | +32,46     |
| BS 63/16   | 7,5            | +33,04     | 7,2            | +33,34     |
| BS 59      | 4,3            | +33,20     | -              | -          |
| BS 60      | 6,6            | +32,86     | -              | -          |
| BS 42/16   | 6,2            | +33,16     | 6,52           | +32,84     |

Grundwassermessstellen wurden nicht ausgebaut.

Es wurden in den aktuellen Aufschlüssen im Bereich anderer Bauwerke wesentlich höhere Grundwasserstände als in den Altunterlagen gemessen. Für das konkrete Bauwerk ähneln die aktuellen Messdaten denen aus 2009 (U 4-7).

So liegen die gemessenen Wasserstände beider Erkundungen im Planungsbereich höher als die bisher genannten HHW von +33,14 m NN (Pegel Berlin-Köpenick der Spree-Oder-Wasserstraße). Der Untersuchungsbereich liegt bzw. lag im Einflussbereich einer Wasserversorgungseinrichtung. Wurde oder wird diese stillgelegt bzw. die Grundwasserförderung deutlich reduziert, treten höhere Grundwasserstände ein. Nachrichtlich ist dies in der kürzeren Vergangenheit erfolgt, so dass im Untersuchungsgebiet ein Anstieg des Grundwasserspiegels von 0,5 bis 1,0 m (Messung bis 2012) gemessen wurde.

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der Wasseranalysen hinsichtlich der Betonaggressivität dargestellt, die aus einer Bohrsondierungen im Planungsbereich entnommen wurden.

**Tabelle 2: Ergebnisse der Wasseranalysen nach DIN 4030 (Betonaggressivität)**

| Entnahmestelle                 | pH-Wert<br>[--] | Kalklösende<br>Kohlensäure<br>[mg/l] | Ammonium<br>[mg/l] | Magnesium<br>[mg/l] | Sulfat<br>[mg/l] | Angriffsgrad             |
|--------------------------------|-----------------|--------------------------------------|--------------------|---------------------|------------------|--------------------------|
| Grenzwerte<br>nach DIN<br>4030 | 6,5 – 5,5       | 15 – 40                              | 15 – 30            | 300 – 1000          | 200 – 600        | schwach<br>angreifend    |
|                                | <5,5 – 4,5      | >40 – 100                            | >30 – 60           | >1000 – 3000        | >600 – 3000      | stark<br>angreifend      |
|                                | <4,5            | >100                                 | >60                | > 3000              | >3000            | sehr stark<br>angreifend |
| BS 13/16                       | 8,0             | n. n.                                | 0,13               | 5,8                 | 35               | nicht<br>angreifend      |

Hinsichtlich der Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe nach DIN 50929 T. 3 sind die Grundwasserproben wie in Tabelle 3 zusammengestellt einzustufen:

**Tabelle 3: Ergebnisse der Grundwasseranalysen nach DIN 50929-3 (Stahlaggressivität)**

|          | Korrosionswahrscheinlichkeit für unlegierte und niedriglegierte Stähle |                     |                    |                     | Güte von Deckschichten auf feuerverzinkten Stählen |                     |
|----------|------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------------------------------------|---------------------|
|          | Mulden- und Lochkorrosion                                              |                     | Flächenkorrosion   |                     | Unterwasserbereich                                 | Wasser-Luft-Bereich |
|          | Unterwasserbereich                                                     | Wasser-Luft-Bereich | Unterwasserbereich | Wasser-Luft-Bereich |                                                    |                     |
| BS 13/16 | sehr gering                                                            | sehr gering         | sehr gering        | sehr gering         | gut                                                | befriedigend        |

## 5 Berechnungskennwerte / Berechnungsprofile / Bodenklassifikation

### 5.1 Charakteristische Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen sind charakteristische Kennwerte der Bodenschichten in den nachfolgenden Tabellen angegeben.

**Tabelle 4: Charakteristische Bodenkennwerte**

| Schicht | von/<br>bis<br>m NN | Bodenart                      | Bodengruppe          | Lagerung/<br>Konsistenz  | $\gamma_k$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma'_k$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\phi'_k$<br>[°] | $c'_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $c_{u,k}^{1)}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $E_{s,k}$<br>[MN/m <sup>2</sup> ] |
|---------|---------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------|--------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|
| 1/2     | +40,5/<br>+34,8     | Auffüllung/org.<br>Auffüllung | [SE, SU],<br>[OH, A] | locker                   | 17,0                               | 8,5                                 | 30               | 0                              | --                                     | 10                                |
| 3a      | +34,8/<br>+32,5     | Feinsand                      | SE, SU, SU*          | mitteldicht              | 19,0                               | 10,5                                | 32               | 0                              | --                                     | 40                                |
| 3b      | +32,5/<br>+29,3     | Fein- und<br>Mittelsand       | SE, SU, SU*          | locker-<br>mitteldicht   | 17,0                               | 8,5                                 | 30               | 0                              | --                                     | 20                                |
| 3c      | +29,3/<br>+24,3     | Mittelsand                    | SE, SU, SU*          | mitteldicht<br>bis dicht | 19,0                               | 10,5                                | 33               | 0                              | --                                     | 50                                |

<sup>1)</sup> undrnierte Scherfestigkeit, zu verwenden unter Ansatz von  $\phi_u$

Für die Vorbemessung von eingestellten Verbauelementen sind charakteristische Bodenkennwerte in der nachfolgenden Tabelle 5 angegeben.

**Tabelle 5: Charakteristische Bodenkennwerte für eingestellte Verbauelemente**

| Schicht | von/<br>bis<br>m NN | Bodenart                      | Bodengruppe          | Lagerung/<br>Konsistenz  | $q_{sk}$<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | $q_{bk}$ [kN/m <sup>2</sup> ] |               |               | $k_H = E_s/D$<br>[MN//m <sup>3</sup> ] <sup>1)</sup> |
|---------|---------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------|---------------|---------------|------------------------------------------------------|
|         |                     |                               |                      |                          |                                  | s/D =<br>0,02                 | s/D =<br>0,03 | s/D =<br>0,10 |                                                      |
| 1/2     | +40,0/<br>+34,7     | Auffüllung/org.<br>Auffüllung | [SE, SU],<br>[OH, A] | locker                   | --                               | --                            | --            | --            | --                                                   |
| 3a      | +34,7/<br>+32,5     | Feinsand                      | SE, SU, SU*          | mitteldicht              | 50                               | --                            | --            | --            | 60                                                   |
| 3b      | +32,5<br>+29,3      | Fein- und<br>Mittelsand       | SE, SU, SU*          | locker-<br>mitteldicht   | 30                               | --                            | --            | --            | 35                                                   |
| 3c      | +29,3<br>+24,3      | Mittelsand                    | SE, SU, SU*          | mitteldicht<br>bis dicht | 90                               | 850                           | 1.100         | 2.500         | 100                                                  |

<sup>1)</sup> gilt für Lochgröße mit Durchmesser 0,8 m

**Tabelle 6: Charakteristische Widerstände für Verpressanker und Verpresspfähle (Beanspruchung auf Zug)**

| Nr.  | Bodenart   | Lagerungsdichte/<br>Konsistenz | mittlere Mantelreibung<br>$q_{s,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ] |                |
|------|------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------|
|      |            |                                | Verpressanker                                            | Verpresspfähle |
| 1/ 2 | Auffüllung | locker                         | --                                                       | --             |
| 3b   | Sand       | locker                         | 60                                                       | 50             |
| 3a   | Sand       | mitteldicht                    | 100                                                      | 90             |
| 3c   | Sand       | mitteldicht bis dicht          | 120                                                      | 110            |

## 5.2 Auffüllungen / Hinterfüllungen

Als Erdstoffe für eventuell erforderliche Auffüllungen im Gründungsbereich (Gründungspolster) wird die Verwendung von gut verdichtbaren grobkörnigen Erdstoffen nach DIN 18196 empfohlen (Bodengruppen GE, GI, GW, SE, SI, SW mit einem Ungleichförmigkeitsgrad  $C_u \geq 3$ ). Diese sind entsprechend der Regelungen der ZTV E-StB lagenweise einzubauen und zu verdichten. Bis 0,5 m unterhalb der Gründungssohle ist ein Verdichtungsgrad von  $D_{PR} \geq 98 \%$  zu erreichen, ab 0,5 m unterhalb der Gründungssohle bis zur Gründungssohle ist ein Verdichtungsgrad von  $D_{PR} \geq 100 \%$  nachzuweisen.

**Tabelle 7: Charakteristische Kennwerte für Ersatzerdstoffe**

| Bodengruppe<br>DIN 18196                                         | Verdichtung          | $\gamma_k$<br>[kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma'_k$<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> ] |
|------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| grobkörnige Erdstoffe:<br>GE, GI, GW, SE, SI, SW                 | $D_{PR} \geq 98 \%$  | 17,5                               | 9,5                                 | 30               | 0                              | 25                                |
| grobkörnige Erdstoffe:<br>GE, GI, GW, SE, SI, SW                 | $D_{PR} \geq 100 \%$ | 18,0                               | 10,0                                | 32               | 0                              | 40                                |
| gemischtkörnige Erdstoffe:<br>GU, GT, SU, ST, GU*, GT*, SU*, ST* | $D_{PR} \geq 97 \%$  | 20,0                               | 10,0                                | 28               | 5                              | 20                                |

Im Rahmen der Ausführung ist für die verwendeten Erdstoffe nachzuweisen, dass diese den o. g. Kennwerten entsprechen. Ist dies nicht der Fall, so ist die Ausführungsplanung / Ausführungsstatik entsprechend den geänderten Kennwerten anzupassen.

Oberhalb des Wasserspiegels ist ein ausreichender Verdichtungsgrad durch Verdichtungsprüfungen nach DIN 18 125 nachzuweisen. Unterhalb des Wasserspiegels ist der Nachweis einer ausreichenden Lagerungsdichte mittels Druck- oder Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476-2 und -3 zu erbringen.

### 5.3 Bemessungswasserstände

Der Grundwasserstand ist innerhalb des Jahresverlaufs natürlichen Schwankungen unterworfen. Die höchsten Grundwasserstände treten meist in den Monaten Februar - April auf. Diese Schwankungen sind bei der Wahl des Bemessungswasserstandes zu berücksichtigen.

Auf Grundlage der geloteten Wasserstände wird empfohlen, bei erdstatischen Berechnungen folgende Bemessungswasserstände in den jeweiligen Bemessungssituationen in Ansatz zu bringen:

BS-P (ständige Bemessungssituation): +33,9 m NN  
 BS-T (vorübergehende Bemessungssituation): +33,4 m NN

#### 5.4 Bodenklassifizierung

Für die Planung, Ausschreibung und Ausführung der geplanten Arbeiten werden die erkundeten Erdstoffe nachfolgend in Homogenbereiche eingeteilt, die für folgende DIN gelten:

- DIN 18300 Erdarbeiten
- DIN 18301 Bohrarbeiten
- DIN 18304 Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten

**Tabelle 8: Homogenbereiche**

| Homogenbereich                  | A                                          | B                                          | C                                       |
|---------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Bodenschichten Nr.              | 1, 2                                       | 3                                          | 3                                       |
| Ortsübliche Bezeichnung         | Auffüllungen,<br>organische Sande          | Fein- und<br>Mittelsand                    | Fein- und<br>Mittelsand                 |
| Bodengruppe DIN 18196           | [SE, SU, SU*],<br>[OH, A], OH              | SE, SU, SU*                                | SE, SU, SU*                             |
| Frostempfindlichkeit ZTV E-StB  | F1 - F3                                    | F1 – F3                                    | F1 – F3                                 |
| Feinkornanteil / d < 0,006 mm   | < 25 %                                     | < 25 %                                     | < 25 %                                  |
| Sandanteil / d = 0,063...2,0 mm | 75...90 %                                  | 75...90 %                                  | 60...80 %                               |
| Kiesanteil / d = 2,0...63 mm    | 0...15 %                                   | 5...10 %                                   | 10...30 %                               |
| Steine / d = 63...200 mm        | < 5 %                                      | < 5 %                                      | < 5 %                                   |
| Blöcke / d = 200...630 mm       | nicht enthalten                            | nicht enthalten                            | nicht enthalten                         |
| Große Blöcke / d > 630 mm       | nicht enthalten                            | nicht enthalten                            | nicht enthalten                         |
| Durchlässigkeit m/s             | $7 \cdot 10^{-4}$ bis $1 \cdot 10^{-5}$    | $7 \cdot 10^{-4}$ bis $1 \cdot 10^{-5}$    | $1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-5}$ |
| Abrasivität                     | schwach bis normal<br>abrasiv              | schwach bis normal<br>abrasiv              | normal abrasiv                          |
| Organischer Anteil              | < 6 %                                      | < 2 %                                      | < 2 %                                   |
| Feuchtdichte                    | 1,7...1,9 g/cm <sup>3</sup>                | 1,7...1,9 g/cm <sup>3</sup>                | 1,8...2,0 g/cm <sup>3</sup>             |
| Lagerungsdichte                 | locker - mitteldicht<br>$I_D = 0,15...0,5$ | locker - mitteldicht<br>$I_D = 0,15...0,5$ | dicht<br>$I_D > 0,65$                   |

## 6 Gründungstechnische Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise

### 6.1 Gründungsempfehlungen

Die im Baufeld erkundeten locker gelagerten Auffüllungen und locker bzw. locker bis schwach mitteldicht gelagerten Sande (Schichten Nr. 1, 3b) sind als bedingt tragfähig einzustufen, sie weisen eine erhöhte Kompressibilität auf. Die lokal und geringmächtig erkundete organogene Aufschüttung (Schicht Nr. 2) weist trotz der Vorbelastung durch die überlagernden Erdstoffe eine geringe Scherfestigkeit und eine hohe Kompressibilität auf. Uneingeschränkt tragfähig sind die mindestens mitteldicht gelagerten Sande (Schichten Nr. 3a, 3c).

Die baugrundbedingte Mindestgründungsebene (MGE) ergibt sich nach den Aufschlüssen wie in Tabelle 9 angegeben

**Tabelle 9: baugrundbedingte Mindestgründungsebenen (MGE)**

| Aufschluss | m unter GOK | m NN  |
|------------|-------------|-------|
| BS 12/16   | 4,4         | +35,1 |
| BS 13/16   | 4,5         | +34,7 |
| BS 63/16   | 4,7         | +35,8 |
| RKS 60     | 3,5         | +36,0 |
| RKS 59     | 1,8         | +35,7 |
| BS 42/16   | 3,3         | +36,0 |

#### 6.1.1 Tunnelbauwerk

Die geplante Flachgründung des Tunnelbauwerkes kann aus geotechnischer Sicht ausgeführt werden. Im Gründungsbereich des Rahmenbauwerkes (Gründungssohle bei +35,07 m NN) werden die eingeschränkt tragfähigen Auffüllungen weitestgehend ausgehoben. Hier sind die Aushubsohlen nachzuverdichten, weitergehende baugrundverbessernde Maßnahmen sind nicht erforderlich. In Teilbereichen kann unter der geplanten Gründungssohle Auffüllung in einer Mächtigkeit von wenigen Dezimetern anstehen. Diese ist gegen Füllboden gemäß Punkt 5.2 auszutauschen.



In Anlage 6 sind Fundamentdiagramme zur Bemessung des Tunnelbauwerkes beigelegt. In Abhängigkeit der mittleren Sohlpressungen ergeben sich folgende mittleren Setzungen:

|                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| $\sigma = 100 \text{ kN/m}^2$ | $s = 1,1 \text{ cm}$ |
| $\sigma = 150 \text{ kN/m}^2$ | $s = 1,7 \text{ cm}$ |
| $\sigma = 200 \text{ kN/m}^2$ | $s = 2,2 \text{ cm}$ |

Zwischenwerte können interpoliert werden. Die Setzungen werden praktisch bei Lasteintrag eintreten.

Für die Bemessung der Sohlplatte können in Abhängigkeit des auftretenden Spannungsreichs folgende Bettungsmoduln angesetzt werden:

|                               |                            |
|-------------------------------|----------------------------|
| $\sigma = 100 \text{ kN/m}^2$ | $k_s = 9,0 \text{ MN/m}^3$ |
| $\sigma = 150 \text{ kN/m}^2$ | $k_s = 9,0 \text{ MN/m}^3$ |
| $\sigma = 200 \text{ kN/m}^2$ | $k_s = 9,0 \text{ MN/m}^3$ |

#### 6.1.2 Fahrstühle

Die Fahrstühle können aus geotechnischer Sicht als Flachgründung ausgeführt werden, wenn ihre Gründung unterhalb der o.g. MGE erfolgt. Im Gründungsbereich der Fahrstühle werden die eingeschränkt tragfähigen Auffüllungen dann vollständig ausgehoben. Die Aushubsohlen sind nachzuverdichten, weitergehende baugrundverbessernde Maßnahmen sind nicht erforderlich.

#### 6.1.3 Treppenanlagen

Die Gründung der Treppenanlagen erfolgt im oberen Teil innerhalb der locker gelagerten Auffüllungen (Schicht Nr. 1) sowie der organogenen Böden (Schicht 2). Im unteren Teil der Treppenanlagen erfolgt die Gründung innerhalb der ausreichend tragfähigen Sande (Schicht Nr. 3 a und c).

Zur Erhöhung der Tragfähigkeit und zur Gewährleistung der Frostsicherheit wird empfohlen, im Bereich des oberen Auflagers der Treppenanlagen einen Austausch der Auffüllungen gegen grobkörnige Erdstoffe nach ZTV E-StB entsprechend der Angaben von Abschnitt 5.2 bis in eine Tiefe von 1,0 m u. GOK auszuführen.

Im Bereich des unteren Auflagers sind die Gründungssohlen nachzuverdichten, weitergehende baugrundverbessernde Maßnahmen sind hier nicht erforderlich.

In den gering belasteten, geneigten Zwischenbereichen sind die Auffüllungen nachzuverdichten. Sollte sich aufgrund eines zu hohen Feinkornanteils oder eines zu hohen Bauschuttanteils keine ausreichende Verdichtung erreichen lassen, so ist im Bedarfsfall ein Bodenaustausch bis 0,3 m unterhalb der Fundamentsohle auszuführen.

## 6.2 Hinweise zu Baugruben und Wasserhaltung

Baugruben sind gemäß DIN 4124 ab 1,25 m Tiefe zu verbauen oder abzuböschten.

### Unverbaute Baugruben

Für unverbaute Baugruben ergibt sich der ohne rechnerischen Nachweis einzuhaltende Böschungswinkel aus der DIN 4124 zu  $\beta = 45^\circ$ . Unterhalb des Wasserspiegels gilt der genannte Böschungswinkel innerhalb nichtbindiger Erdstoffe (Schichten Nr. 1 und 3) nur in Verbindung mit einer geschlossenen Wasserhaltung. Für Abgrabungen im Bereich bestehender Bauwerke sind die Regelungen der DIN 4123 zu beachten.

### Verbaute Baugruben

Eine Baugrubensicherung kann alternativ mittels Verbau ausgeführt werden. Für die notwendigen erdstatischen Berechnungen sind die Angaben aus Kapitel 5.1 in Verbindung mit den Bemessungsprofilen zu verwenden. Zum Schutze der Gleisanlagen und sonstiger Bebauung wird von der Anwendung des Vibrations- oder Rammverfahrens zum Einbringen von Verbauelementen im Nahbereich bestehender Bauwerke oder Bauteile (Abstand  $< 25$  m) abgeraten. Es sollten Bauweisen gewählt werden, bei denen die Verbauelemente erschütterungsarm eingebracht werden können.

Die geringsten Auswirkungen lassen Verfahren erwarten, bei denen Verbauelemente eingestellt werden (z.B. gestützte Verbauplatten) oder Bauweisen mit eingestellten Trägerelementen (Trägerbohlwand). Alternativ können Spundbohlen oder Träger einer Trägerbohlwand auch eingepresst werden. Ein Einpressen ist voraussichtlich innerhalb der Auffüllungen, der locker bzw. locker bis mitteldicht gelagerten Sande möglich.

Außerhalb des Nahbereichs ist eine Rammung möglich, zur Minimierung der dynamischen Einträge in den Baugrund und zur Reduzierung der Geräuschemissionen sollte dann eine Schnellschlagrammung bevorzugt angewendet werden. Von der Anwendung des Vibrationsverfahrens wird im innerstädtischen Bereich grundsätzlich abgeraten.

Die Ausführung einer Trägerbohlwand ist nur in Verbindung mit einer geschlossenen Wasserhaltung möglich.

#### Wasserhaltung

Die Baugrubensohlen für die Herstellung des Tunnelbauwerkes liegen bei ca. +34,5 bis +35,0 m NN, d.h. oberhalb der geloteten Grundwasserspiegellagen und des Bemessungswasserstandes. Es sind daher bei Beibehaltung dieser Höhen keine Maßnahmen zur Wasserhaltung erforderlich. Ggfs. kann sich eine Wasserhaltung bei der Gründung der Fahrstuhlanlagen notwendig machen. Zur Trockenhaltung der Baugruben ist dann eine geschlossene Grundwasserabsenkung (Gravitation, Brunnen) zu betreiben. Die Durchlässigkeit der Sande schwankt im Baufeld sehr stark. Für die Vorbemessung einer Grundwasserabsenkung sollte ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von  $k = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$  angesetzt werden.

Durch eine Absenkung des Grundwasserspiegels fällt die Auftriebswirkung im entwässerten Bodenkörper weg, so dass sich eine höhere effektive Spannung einstellt. In der Folge können zusätzliche Setzungen auftreten, die wiederum Schäden an angrenzender Bebauung hervorrufen könnten. Maßgeblich für die Beurteilung der Schadenswahrscheinlichkeit sind der geringste, bislang aufgetretene Grundwasserstand und der Abstand zwischen den Absenkbrunnen und der Bebauung.

### 6.3 Verwertung ausgehobener Erdstoffe

Im Zuge der Erdarbeiten fallen Auffüllungen und Sande an (Schichten Nr. 1 und 3). Die Auffüllungen (Schicht Nr. 1) enthalten überwiegend Bauschuttreste und teilweise organogene Anteile. Die Auffüllungen weisen daher eine eingeschränkte Verdichtbarkeit auf. Eine Verwertung im Rahmen dieses Bauvorhabens wird aus bautechnischer Sicht nicht empfohlen.

Ausgehobene Sande (Schicht Nr. 3) sind überwiegend als enggestuft einzustufen und weisen aufgrund der engen Körnung eine eingeschränkte Verdichtbarkeit auf. Die Sande entsprechen nicht den Vorgaben der Ril 836.0504, so dass ein Einbau im Hinterfüllbereich des Tunnelbauwerkes nicht möglich ist und eine Verwertung im Rahmen dieses Bauvorhabens aus geotechnischer Sicht nur in Bereichen mit geringen bis mittleren Verdichtungsanforderungen empfohlen wird.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der ausgeführten umweltchemischen Untersuchungen nach LAGA zusammengefasst.

**Tabelle 10: Ergebnisse der umweltchemischen Untersuchungen nach LAGA**

| Proben-Nr. | Homogenbereich               | Aufschlüsse / Entnahmetiefen  | Zuordnungswert nach LAGA 2004 |
|------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| MP 3       | Aufschüttung / Dammschüttung | BS 7/12 – 12/16 / 1,0 – 5,0 m | >Z2 (PAK)                     |
| EP 10      | Schotterfeinanteil           | BS 42/16 / 0,0 – 1,0 m        | Z2 (PAK)                      |

Erdstoffe des Zuordnungswertes Z0 sind umweltchemisch nach LAGA uneingeschränkt verwertbar. Erdstoffe, die einem Zuordnungswert Z1 nach LAGA entsprechen, sind für einen eingeschränkt offenen Einbau zugelassen. Erdstoffe, die einem Zuordnungswert Z2 entsprechen, dürfen hingegen nur mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen verbaut werden (z.B. Einbau unterhalb wasserundurchlässiger Deckschichten). Erdstoffe >Z2 sind einer fachgerechten Beseitigung zuzuführen.

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen an den Bodenproben ergaben keine Hinweise auf erforderliche zusätzliche Arbeitsschutzmaßnahmen. Auf die innerhalb der Auffüllungen enthaltenen Bauschuttanteile ist im Rahmen der Ausschreibung hinzuweisen (Anteil bis und  $> 10 \%$ ). Ab einem Bauschuttanteil  $> 10 \%$  kann im Regelfall eine Entsorgung/Verwertung als Boden nicht mehr erfolgen.

#### 6.4 Schutz vorhandener Bauwerke

Grundsätzlich sind die vorhandenen Böden, insbesondere die wassergesättigten, locker bis mitteldicht gelagerten Sande, empfindlich gegenüber dynamischen Einwirkungen, wie sie z. B. durch Vibrationsarbeiten auftreten. Auf vorhandene Bauwerke sind daher standsicherheitsgefährdete Auswirkungen aufgrund dynamischer Einwirkungen zu vermeiden. Zur Pfahlherstellung und für Verbaue ist ein Verfahren zu planen, das dynamische Einwirkungen minimiert. Die Einbringtechnologie ist hierauf abzustimmen und diese im Rahmen der Ausschreibung der Bauleistung als verbindlich festzuschreiben.

BAUGRUND STRALSUND

i. V.

Dipl.-Ing. Holger Chamier

Dipl.-Ing. Kerstin Gallasch