

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: Verkehrsanlage und Mittelbahnsteig
km 10,500 bis km 13,700**

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

**Aufsteller: Baugrund Stralsund Ing. mbH
NL Berlin & Brandenburg
Kiefholzstraße 2
12435 Berlin
Dipl.-Ing. Kerstin Gallasch**

Berlin, 01. März 2017

Inhalt

| | | |
|-----|---|-----------|
| 1. | Unterlagenverzeichnis | 3 |
| 2 | Anlagenverzeichnis | 5 |
| 3 | Bauvorhaben / Aufgabenstellung | 5 |
| 4 | Baugrundverhältnisse | 7 |
| 4.1 | Art, Umfang und Lage der Baugrundaufschlüsse | 7 |
| 4.2 | Geologische Situation | 8 |
| 4.3 | Baugrundsichtung | 8 |
| 4.4 | Art und Umfang der Laboruntersuchungen | 10 |
| 4.5 | Baugrundeigenschaften / Baugrundklassifizierung | 10 |
| 4.6 | Wasserverhältnisse und Wassereigenschaften | 12 |
| | Tabelle 2: Ergebnisse der Grundwasseranalysen nach DIN 50929-3 | |
| | (Stahlaggressivität) | 15 |
| 5 | Berechnungskennwerte / Berechnungsprofile / Bodenklassifikation | 15 |
| 5.1 | Charakteristische Bodenkennwerte | 15 |
| | Tabelle 3: Charakteristische Bodenkennwerte | 16 |
| 5.2 | Bemessungswasserstände | 16 |
| 5.3 | Bodenklassifizierung | 17 |
| 6 | Gründungstechnische Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise | 18 |
| 6.1 | Allgemeines | 18 |
| 6.2 | Bemessung Tragschichtsystem | 18 |
| 6.3 | Versickerungsfähigkeit / Entwässerung | 20 |
| 6.4 | Filterstabilität | 21 |
| 6.5 | Gründung der Bahnsteigkante | 21 |
| 6.6 | Gründung der Treppenanlagen und Aufzüge | 22 |
| 6.7 | Gründung des Bahnsteiges (Verkehrsflächen) | 22 |
| 6.8 | Verwertung ausgehobener Erdstoffe | 22 |

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/ PI, 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/ PI, 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/ PI, 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/ PI, PA 16 Bf. Köpenick und BA 1001 ESTW Köpenick, Entwurfsplanung 2010: Bauwerksverzeichnis und Bauwerksentwürfe, erstellt von SSF Ingenieure AG
- U 3-5 ABS Berlin - Frankfurt/Oder - Grenze D/ PI, 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
- U 3-7 Aufgabenstellung, Bast PA 16 Köpenick7, DB Netz AG, 18.05.2016

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 Gründungsverhältnisse, 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
- U 4-8 Geotechnisches Gutachten Ingenieur Consult Hildebrandt, Dresden, 03.12.1999
- U 4-9 Geotechnisches Gutachten, Ingenieur Consult Hildebrandt, Dresden, 03.05.2000
- U 4-10 Schadstoffuntersuchung, Ingenieur Consult Hildebrandt, Dresden, 18.01.2000
- U 4-11 Schadstoffuntersuchung, Ingenieur Consult Hildebrandt, Dresden, 03.05.2000

2 Anlagenverzeichnis

- A 1 10 Blatt Lage- und Aufschlussplan
- A 2 22 Blatt Bohr- und Sondierprofile
- A 3 90 Blatt Bodenmechanischer Laborprüfbericht Nr. 1
- A 4 20 Blatt Prüfbericht der Untersuchung von Grundwasser auf beton- und stahlaggressive Inhaltsstoffe
- A 5 11 Blatt Prüfbericht der Untersuchung von Boden/ Bauschutt

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 sowie der Verkehrsanlage beauftragt.

Ziel des Streckenausbaues 6153 ist eine Geschwindigkeit von 160 km/h (Strecke 6148 120 km/h). Der Umbau umfasst im Wesentlichen das folgende Projektziel:

- Gleis 2 und 3 (Bahnhofsgleise)
- zusätzlich 3. Gleis: Gleis 1 (Bahnhofsgleis NL 750 m)
- zusätzliche Verbindung Strecke 6149 / Gleis 1
- Erneuerung S-Bahngleise im notwendigen Umfang (Verschiebung der Gleislage)
- Überholgleis / Aus- und Einfahrgleise

Die Achslast ist in /U 3-7/ mit 25 t angegeben. Die folgenden Entwurfsgeschwindigkeiten gelten:

- Gleise 2 und 3 $v_e = 140$ km/h (km 10,360 – km 12,000)
- Gleise 2 und 3 $v_e = 160$ km/h (km 12,000 – km 13,580)
- Gleis 1 $v_e = 60$ km/h
- Strecke 6148/ 6149 $v_e = 60$ km/h
- S-Bahn $v_e = 100$ km/h

Es werden insgesamt 28 Weichen neu eingebaut, davon 9 Weichen als Ersatzneubau und 19 Weichen als zusätzliche Weichen. Die Entwässerung des Bahnkörpers erfolgt, wie im Bestand, flächig über das Planum. Eine lokale Sammelleitung (EÜ Bahnhofstraße / EG Bf Köpenick) ist mit Vorflut in die Wuhle wieder herzustellen.

Anlagen der DB Station und Service AG:

- Mittelbahnsteig zwischen Gleis 12 und 13 mit 2 Bahnsteigkanten
- NL 210 m, Höhe BSK 0,76 m über SO
- einschließlich Treppenzugang und Aufzug vom Empfangsgebäude
- Treppenzugang von der Personenunterführung Ost
- Aufzug

4 Baugrundverhältnisse

4.1 Art, Umfang und Lage der Baugrundaufschlüsse

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden im Jahr 2016 ergänzende Bohrsondierungen (BS) und Schwere Rammsondierungen (DPH) durchgeführt. Altaufschlüsse aus den Unterlagen U 4-1 und U 4-7 bis U 4-9 werden zur Beschreibung der Untergrundverhältnisse hinzugezogen. Ab EÜ-Bahnhofstraße, etwa km 11,6 zwischen S- und F-Bahn, konnten weitere geplante Baugrundaufschlüsse aus bahnbetrieblichen Gründen bisher nicht ausgeführt werden. Zur Beschreibung der Untergrundverhältnisse werden zunächst die bahnlinks und bahnrechts liegenden Aufschlüsse genutzt. Ab km 12,1 bis km 12,9 (Bauende mittige LSW) liegen Aufschlüsse nur einseitig bahnlinks vor. Auch hier können zur Vorbemessung zunächst die Kennwerte und die Schichtung aus diesen Aufschlüssen genutzt werden. Im Zuge der weiteren Planung und der Ausschreibung sind die fehlenden Aufschlüsse auszuführen. Arbeiten im Gefahrenbereich der Bahn, insbesondere Schürfe und Tragfähigkeitsmessungen im Schurf konnten bisher ebenfalls nicht ausgeführt werden. Die Ergebnisse in den Unterlagen /U 4-8 und U 4-9/ beziehen sich auf die bestehenden Gleislagen. Daher werden die Ergebnisse zwar informativ genutzt, stellen jedoch in Bezug auf die Bettungsstärke und die Tragfähigkeit im Planum keine direkten Aufschlüsse in den zu planenden, verschobenen Gleistrassen dar. Der tiefere Untergrund wird mit Ausnahme der oben beschriebenen Abschnitte ausreichend mit den ergänzenden Aufschlüssen beschrieben.

Eine Übersicht über die Anordnung der Aufschlüsse zeigen die Lage- und Aufschlusspläne 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, der die Bahnanlage querenden Flüsse (Wuhle, Erpe), können örtlich begrenzt, oberflächennah anstehende, organische Sedimente auftreten.

4.3 Baugrundsichtung

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

Die Bettungsstärke wurde in den Unterlagen /U 4-8 und U 4-9/ allgemein zwischen 50 und 75 cm angegeben. Nur sehr vereinzelt treten Dicken von bis zu 93 cm auf. Im Fernbahngleis Berlin – Erkner werden vereinzelt Packlagen angesprochen. In den ergänzenden Untersuchungen wurden keine Packlagen aufgeschlossen.

Eine Planumsschutzschicht (PSS) im Sinne der Ril 836 ist auf dem untersuchten Streckenabschnitt nicht durchgehend vorhanden. Lokal wurde eine Planumsschutzschicht bzw. schutzschichtähnliches Material festgestellt. Lokal fehlt diese. Die Mächtigkeit der PSS bzw. des schutzschichtähnlichen Materials liegt etwa zwischen 0,1 und 0,3 m. Lokal kann es sich, aufgrund der festgestellten größeren Mächtigkeit aber auch um Dammschüttmaterial handeln. Die Planumsschutzschicht bzw. das schutzschichtähnliche Material weist zum Teil Abweichungen in der Kornverteilung auf. Bei der PSS bzw. dem schutzschichtähnlichen Material handelt es sich um Sand-Kies-Gemische mit teils schwach schluffigen Anteilen der Bodengruppen [SU], [SI] und [GU]. Lokal sind innerhalb der PSS auch Schotterreste eingelagert. Die Lagerungsdichte wird als mitteldicht, teils auch dicht eingestuft.

Die dynamischen Plattendruckversuche aus den Unterlagen /U 4-8 und U 4-9/ wurden im Messhorizont UK-Schotter der Bestandsgleise der Fernbahn ausgeführt. Nach den vorliegenden Ergebnissen kann für die Streckenabschnitte der Fernbahn folgender Bemessungswert angegeben werden:

$$E_{vd} = 35 \text{ MN/m}^2 \text{ bis } >100 \text{ MN/m}^2$$

In den Aufschlüssen, die vom Bahndamm aus abgeteuft wurden, lagert etwa 5,4 bis 6,0 m Aufschüttung / Dammschüttung (Schicht 1). Die Unterkante der Aufschüttung / Dammschüttung liegt bei +32,3 bzw. +33,6 m NN. Im Bereich von Bestandsfundamenten kann diese Schichtunterkante auch tiefer liegen. In der Dammaufstandsfläche wurden organische / organogene Böden (Schicht 2) in Form von Torf und organischen Sanden in einer Mächtigkeit von etwa 0,5 bis 2,3 m aufgeschlossen. Die Unterkante Torf / organischer Sand liegt zwischen +30,8 und +33,6 m NN. 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.

Der Streckenabschnitt mit Torf im Untergrund ist von km 11,200 bis km 11,450 (Wuhle) und hier im Bereich der S-Bahn (bahnlinks, RKS 12 bis RKS 15 sowie BS 56/16). Das Organogen lagert unter >5 m Dammschüttung. Es ist vorbelastet.

Ein zweiter Abschnitt mit Organogen im Untergrund schließt sich am Bauende km 13,600 bis 13,700 (Erpe) an. Auch hier bahnlinks (BS 26/16 und 29/16). Der Streckenbau endet an km 13,600, so dass diese Moorstelle außerhalb des Planungsbereiches liegt.

Unterhalb dieser Böden folgen Fein- und Mittelsande (Schicht 3). Es handelt sich um Feinsande mit mittelsandigen und zum Teil schluffigen Anteilen. In weiterer Tiefe nimmt der mittelsandige Anteil zu. Diese wurden bis zur Endaufschlusstiefe nicht durchteuft.

4.4 Art und Umfang der Laboruntersuchungen

Während der Aufschlussarbeiten wurden durchgehend gekernete 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 bestehen aus Mittel- und Feinsanden mit steinigen und zum Teil organischen Anteilen. Die Auffüllungen sind kalkhaltig und enthalten Fremddanteile, wie Beton, Ziegel, Steine, Asche, Schlacke und Glas. Anteile an Fremdstoffen von > 10% sind nicht auszuschließen. Die Auffüllungen sind im Ergebnis der Rammsondierungen locker bis mitteldicht gelagert. Lokal kann auch eine sehr lockere Lagerung vorherrschen. An Einzelproben wurden organische Anteile von 2,0 und 9,0 % ermittelt.

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

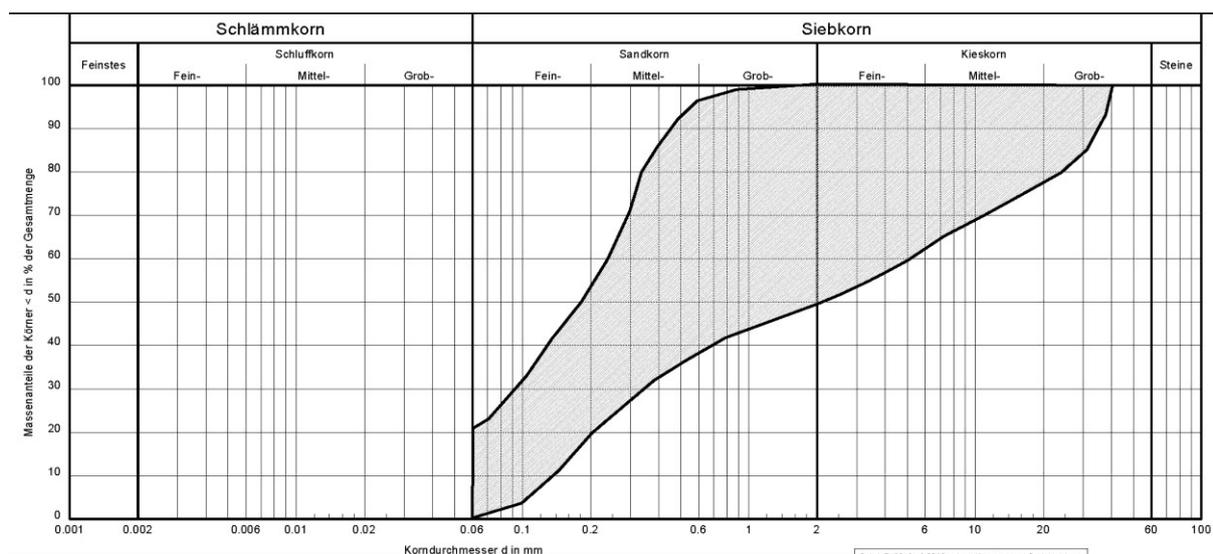


Abb. 1: Körnungsband Schicht 1 Aufschüttung/ Dammschüttung

*Schicht 2 organische/ organogene Erdstoffe HZ/ OH/ SU/ SU**

Der Torf ist stark zersetzt und im Bereich der Dammschüttung vorbelastet. Er wird der Bodengruppe HZ nach DIN 18196 zugeordnet. Im Labor wurde aus der benachbarten BS 56/16 für Torf unter der Dammschüttung ein Wassergehalt von $w = 170,8 \%$ und ein Anteil an organischen Bestandteilen von $V_{gl} = 55 \%$ ermittelt.

Der organische Sand, ggf. ehemaliger Mutterboden, ist locker gelagert. Er wird je nach organischem Anteil den Bodengruppen SU/ SU* bzw. OH nach DIN 18196 zugeordnet.

Schicht 3 Fein- und Mittelsand SE / SU/ SI/ OH

Die im Bau Feld als Hauptbodenart angetroffenen Fein- und Mittelsande enthalten überwiegend geringe Anteile an Schluff und Ton. Diese sind den Bodengruppen SE und SU nach DIN 18 196 zuzuordnen. Oberflächennah sind die Sande zum Teil organisch verunreinigt bzw. wurden Torfreste erkundet. Diese sind der Bodengruppe OH zuzuordnen. Die Sande sind kalkhaltig bis stark kalkhaltig.

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

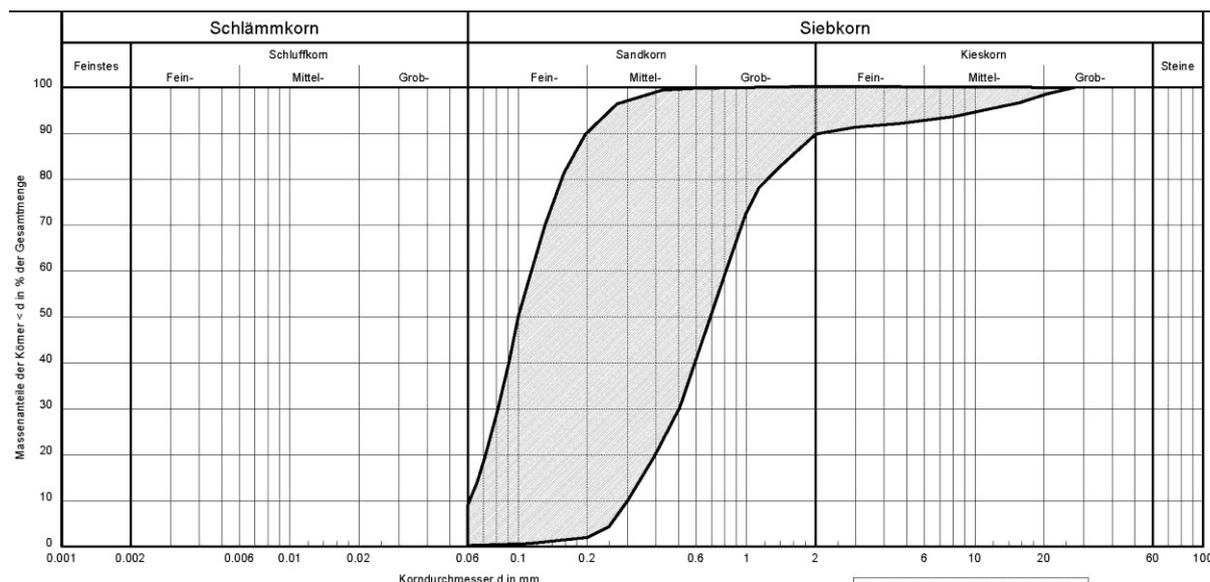


Abb. 2: Körnungsband Schicht 3 Fein- und Mittelsande

Die Lagerungsdichte der Schicht 3 ist bis etwa +24 m NN schwach mitteldicht bis mitteldicht. Darunter liegen überwiegend mitteldichte bis dichte, lokal auch sehr dichte Lagerungsverhältnisse vor. Es geht in Tiefen zwischen etwa +33 und +29 m NN die Lagerungsdichte in einigen Aufschlüssen zurück und es liegt eine lockere bis schwach mitteldichte Lagerung der Sande vor. Ebenso liegen lokal sehr dicht gelagerte Sande im Tiefenbereich +29 bis +28 m NN vor. Darunter geht die Lagerungsdichte wieder zurück. Insbesondere in den Niederungsbereichen (Wuhle, Erpe) liegen die Sande bis in größere Tiefen in einer schwach mitteldichten bis mitteldichten Lagerung 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 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 schwanken zwischen etwa +31,0 und +33,5 m NN.

Grundwassermessstellen wurden nicht ausgebaut.

In den aktuellen Aufschlüssen wurden im Streckenverlauf teilweise höhere Grundwasserstände als in den Altunterlagen gemessen. So liegen die gemessenen Wasserstände lokal höher als der bisher genannte 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 Grundwasserrförderung 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. Dies sollte bei der Festlegung des Bemessungswasserstandes berücksichtigt werden.

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Wasseranalysen hinsichtlich der Betonaggressivität dargestellt, die aus den Bohrsondierungen entnommen wurden.

Tabelle 1: Ergebnisse der Wasseranalysen nach DIN 4030 (Betonaggressivität)

| Entnahmestelle | pH-Wert [--] | Kalklösende Kohlensäure [mg/l] | Ammonium [mg/l] | Magnesium [mg/l] | Sulfat [mg/l] | Angriffsgrad |
|--------------------------------|-----------------|--------------------------------------|--------------------|---------------------|------------------|-----------------------------|
| Grenzwerte nach DIN 4030 | 6,5 – 5,5 | 15 – 40 | 15 – 30 | 300 – 1000 | 200 – 600 | schwach angreifend |
| | <5,5 – 4,5 | >40 – 100 | >30 – 60 | >1000 – 3000 | >600 – 3000 | stark angreifend |
| | <4,5 | >100 | >60 | > 3000 | >3000 | sehr stark angreifend |
| BS 3/16 | 7,7 | n. n. | 18 | 15,1 | 145 | schwach angreifend (XA1) |
| BS 8/16 | 7,9 | n. n. | 0,31 | 13,5 | 128 | nicht angreifend |
| BS 13/16 | 8,0 | n. n. | 0,13 | 5,8 | 35 | nicht angreifend |
| BS 21/16 | 7,9 | 5,5 | 0,28 | 7,7 | 43 | nicht angreifend |
| BS 29/16 | 7,8 | n. n. | 0,74 | 10,6 | 202 | schwach angreifend (XA1) |
| BS 32/16 | 7,3 | 16 | 2,3 | 8,0 | 1,9 | schwach angreifend (XA1) |
| BS 37/16 | 7,5 | n. n. | 7,0 | 11,1 | 85 | nicht angreifend |
| BS 44/16 | 7,8 | 2,0 | 0,13 | 5,8 | 33 | nicht angreifend |
| BS 78/16 | 7,9 | 5,7 | 0,3 | 8,4 | 40 | nicht angreifend |
| BS 82/16 | 7,8 | 11,0 | 0,39 | 9,3 | 37 | nicht angreifend |

Hinsichtlich der Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe nach DIN 50929 T. 3 sind die Grundwasserproben wie in Tabelle 2 zusammengestellt einzustufen:

Tabelle 2: Ergebnisse der Grundwasseranalysen nach DIN 50929-3 (Stahlaggressivität)

| | Korrosionswahrscheinlichkeit für unlegierte und niedriglegierte Stähle | | | | Güte von Deckschichten auf feuerverzinkten Stählen | |
|----------|--|---------------------|---------------------|---------------------|--|---------------------|
| | Mulden- und Lochkorrosion | | Flächenkorrosion | | Unter-wasser-bereich | Wasser-Luft-Bereich |
| | Unterwas-ser-bereich | Wasser-Luft-Bereich | Unterwasser-bereich | Wasser-Luft-Bereich | | |
| BS 3/16 | sehr gering | sehr gering | sehr gering | sehr gering | sehr gut | befriedigend |
| BS 8/16 | sehr gering | sehr gering | sehr gering | sehr gering | sehr gut | befriedigend |
| BS 13/16 | sehr gering | sehr gering | sehr gering | sehr gering | gut | befriedigend |
| BS 21/16 | gering | gering | sehr gering | sehr gering | gut | befriedigend |
| BS 29/16 | gering | gering | sehr gering | sehr gering | gut | befriedigend |
| BS 32/16 | gering | gering | sehr gering | sehr gering | gut | befriedigend |
| BS 37/16 | sehr gering | sehr gering | sehr gering | sehr gering | sehr gut | befriedigend |
| BS 44/16 | sehr gering | sehr gering | sehr gering | sehr gering | gut | befriedigend |
| BS 78/16 | gering | gering | sehr gering | sehr gering | gut | befriedigend |
| BS 82/16 | 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 der nachfolgenden Tabelle angegeben.

Tabelle 3: Charakteristische Bodenkennwerte

| Schicht | Bodenart | Bodengruppe | Lagerung/ Konsistenz | γ_k [kN/m ³] | γ'_k [kN/m ³] | ϕ'_k [°] | c'_k [kN/m ²] | $c_{u,k}^{(1)}$ [kN/m ²] | $E_{s,k}$ [MN/m ²] |
|---------|-------------------------|----------------------|---|------------------------------------|-------------------------------------|------------------|--------------------------------|---|-----------------------------------|
| 1 | Auffüllung/Damm | [SE, SU], [OH, A] | locker/ mitteldicht | 17,0 | 8,5 | 30 | 0 | -- | 10/20 ²⁾ |
| 2 | organischer Sand | OH | locker/ mitteldicht | 18,5 | 9,0 | 30 | 0 | -- | 15 |
| 2 | Torf | HZ | -- | 12,0 | 2,0 | 17 | 5 | 15 | 0,4 |
| 3a | Fein- und Mittelsand | SE, SI, SU | schwach mitteldicht bis mitteldicht | 19,0 | 10,5 | 32 | 0 | -- | 40 |
| 3b | Fein- und Mittelsand | SE, SI, SU | locker | 17,0 | 8,5 | 30 | 0 | -- | 20 |
| 3c | Fein- und Mittelsand | SE, SI, SU | mitteldicht bis dicht | 19,0 | 10,5 | 33 | 0 | -- | 60 |
| 3d | Fein- und Mittelsand | SE, SI, SU | sehr dicht | 19,5 | 11,0 | 34 | 0 | -- | 80 |

¹⁾ undrained Scherfestigkeit, zu verwenden unter Ansatz von ϕ_u

²⁾ bei Nachverdichtung

5.2 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): +33,8 m NN

BS-T (vorübergehende Bemessungssituation): +33,5 m NN

5.3 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 4: Homogenbereiche

| Homogenbereich | A | B | C | D |
|---------------------------------|---|---|---|---|
| Bodenschichten Nr. | 1 | 2 | 3 | 3 |
| ortsübliche Bezeichnung | Auffüllungen | Torf, org. Sand | Fein- und Mittelsand | Fein- und Mittelsand |
| Bodengruppe DIN 18196 | [SE, SU], [OH, A] | HZ (OH) | SE, SI, SU | SE, SI, SU |
| Frostempfindlichkeit ZTV E-StB | F1 – F2 | F 3 | F1 – F2 | F1 – F2 |
| Feinkornanteil / d < 0,006 mm | < 15 % | - | < 15 % | 0...15 % |
| 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 $1 \cdot 10^{-5}$ | $1 \cdot 10^{-8}$ ($1 \cdot 10^{-4}$) | $7 \cdot 10^{-4}$ bis $1 \cdot 10^{-5}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-5}$ |
| Abrasivität | schwach bis normal abrasiv | - | schwach bis normal abrasiv | normal abrasiv |
| organischer Anteil | < 10 % | 50 ...70 % | < 3% | < 3 % |
| Feuchtdichte | 1,7...1,9 g/cm ³ | 1,0...1,2 g/cm ³ | 1,7...1,9 g/cm ³ | 1,8...2,0 g/cm ³ |
| Lagerungsdichte | locker - mitteldicht $I_D = 0,15...0,5$ | -- | locker - mitteldicht $I_D = 0,15...0,5$ | dicht - sehr dicht $I_D > 0,65$ |

Bei Rammung in dicht gelagerten Sanden sind ggf. Rammhilfen erforderlich. Innerhalb der Auffüllungen sowie in Kiesschichten ist mit Rammhindernissen zu rechnen. Bei Einbringung der Pfähle mittels Rammung bzw. Vibration sind Umlagerungen vor allem im Bereich der lockeren Auffüllungen (Schicht 1) sowie der locker gelagerten Sande (Schicht 3b) und damit mögliche Setzungen im Bereich der Gleise nicht ausgeschlossen. Eine bauzeitliche Überwachung der Gleislage wird daher empfohlen.

6 Gründungstechnische Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise

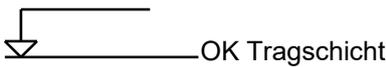
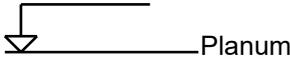
6.1 Allgemeines

Unterbau und Untergrund von Eisenbahnverkehrswegen sollen so beschaffen sein, dass sie sowohl unter statischen als auch unter dynamischen Beanspruchungen eine innere und äußere Stabilität, ein ausreichendes elastisches und verformungsarmes Verhalten sowie eine ausreichende Tragfähigkeit besitzen. Sie sollen so aufeinander abgestimmt sein, dass kein Vermischen der Konstruktionsschichten auftritt, ein schadloses Versickern oder seitliches Ableiten von Niederschlagswasser möglich ist und ein möglichst starker Abbau der auftretenden Schwingungsenergie gewährleistet wird. Diese Eigenschaften sollen durch die Festlegung von erforderlichen mineralischen Konstruktionsschichten mit definierten Dicken und Qualitätsparametern gewährleistet werden.

6.2 Bemessung Tragschichtsystem

Die Streckengeschwindigkeiten für den Streckenabschnitt ist mit $v = 160$ km/h geplant. Die Strecke wird der Streckenklasse D4 (Standard für Neu- und Ausbaustrecken) mit einer Radatzlast von 25 t zugeordnet. Das Untersuchungsgebiet liegt in der Frosteinwirkungszone II. Der Untergrund ist frostsicher bis schwach frostempfindlich (F 1 – F 2) und tragfähig. Nach Tabelle 3 der Ril 836.4101A02, Seite 9 (Verbesserung/ Erneuerung) wird eine Schutzschicht von 25 cm erforderlich. Dabei liegt die Planumsebene etwa 0,75 m u. SOK. Nachfolgend sind die entsprechenden Verdichtungsanforderungen für das Planum und die Tragschicht angegeben.

Tabelle 5 : Verdichtungsanforderungen nach Ril 836 für die Verbesserung/ Erneuerung von Strecken

| | |
|---|--|
| Geschwindigkeit = 160 km/h Gleisbelastung: -- Radsatzlast: 25 t | |
|  | $E_{V2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 40 \text{ MN/m}^2$ |
|  | $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 25 \text{ MN/m}^2$ |

Auch im Bereich lokal lagernder organischer Weichschichten aus Torf ist der Einbau einer Schutzschicht als ausreichend zu bewerten. Eine Überdeckung von > 2,0 m zum Planum ist vorhanden (unkritischer Fall hinsichtlich der Schwingstabilität).

Das Planum wird überwiegend auf sandigen Auffüllungen oder Sanden (mineralischen Böden) liegen. Es wird der Einbau einer Planumsschutzschicht (KG 2) von 25 cm empfohlen. Die Mindesttragschichtdicke von 25 cm ist hier aufgrund der erreichten Bemessungswerte zwischen $E_{vd} = 35$ und $> 100 \text{ MN/m}^2$ auf UK Schotter ~ OK Planum ausreichend /U 4-8 und U 4-9/. In Abschnitten mit vorhandener Planumsschutzschicht bzw. schutzschichtähnlichem Material können diese verbleiben, wenn die 25 cm PSS neu höhenmäßig eingebaut werden können. Lokal sind ggf. Nachverdichtungen der im Planum anstehenden Sande erforderlich, um die in Tabelle 5 genannten Werte im Planum zu erzielen.

Der Nachweis der Böschungsstandsicherheit ist zu erbringen bzw. Maßnahmen zur Standsicherheitserhöhung sind zu planen. Überwiegend lagern am Dammfuß tragfähige sandige Aufschüttungen bzw. gewachsene Sande (Schichten 1 und 3). Untergeordnet treten organische Sande (Schicht 2b) auf, welche für eine Dammschüttung mit $H > 2 \text{ m}$ ebenfalls im Untergrund verbleiben können. Treten Torfe am Dammfuß auf (Schicht 2a, Wuhle) sollten diese unterhalb neuer Dammschüttungen ausgetauscht werden. Die Mächtigkeit der Torfe ist gering ($< 1 \text{ m}$) und der Austausch kann unter Wasser erfolgen.

Für die Dammschüttung ist der alte Damm von Mutterboden frei zu machen und abzutrep-
pen. Dammschüttungen bis zu einer Höhe von 5 m können mit einer Böschungsneigung von
1: 1,5 hergestellt werden. Dammhöhen >5 m sollten eine Neigung von mindestens 1: 1,8
besser 1:2 erhalten. Voraussetzung hierfür ist ein Dammschüttmaterial der Bodengruppen
SE, SI, SW, GE, GI, GW nach DIN 18 196. Sollen Dämme >5m ebenfalls mit 1:1,5 gebaut
werden (ggf. wegen Bahngrenzen), ist ein Schüttmaterial der Bodengruppen SE und GE
nach DIN 18196 auszuschließen.

Setzungen der Dammschüttung (Eigensetzungen und Setzungen des Untergrundes) werden
auf Grund des sandigen Aufbaus sofort während des Baus eintreten und schnell abklingen.
Die Setzungen liegen bei etwa 5 cm. Mitnahmesetzungen am Altdamm werden daher auch
gering ausfallen (1-2 cm). Verbleibt der Torf (Schicht 2a) unter den Neudämmen werden
Setzungen von bis zu 30 cm zu erwarten sein.

6.3 Versickerungsfähigkeit / Entwässerung

Die Beurteilung der Versickerungsfähigkeit der anstehenden Böden erfolgt auf der Grundla-
ge der Vorschrift ATV-DVWK-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versicke-
rung von Niederschlagswasser“. Für Versickerungsanlagen kommen Lockergesteine in Frage,
deren Durchlässigkeit im entwässerungstechnisch relevanten Versickerungsbereich
 $k \sim 1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s liegen. Die Mächtigkeit des Sickerbereiches sollte, bezogen auf den
mittleren höchsten Grundwasserstand, grundsätzlich mindestens 1 m betragen. Dies ist not-
wendig, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu ge-
währleisten.

Die im Untergrund für eine Versickerung maßgebenden Böden sind die sandigen Auffüllun-
gen und die Sande. Die sandigen Auffüllungen sowie die Sande sind ausreichend versicke-
rungsfähig. Im Zusammenhang mit dem Einbau eines KG 2 Materials ist eine Versickerung
von anfallendem Sicker- und Oberflächenwasser flächig über das Planum im Damm / Unter-
grund möglich.

6.4 Filterstabilität

Die Filterstabilität des Korngemisches gegenüber dem Planum ist nachzuweisen. Die Grenzpunkte in der Körnungslinie sind einzuhalten. Bezüglich der Beimengung von Brechkorn und dem Gehalt an organischen oder anderen Stoffen gelten die Bedingungen nach DBS 918 062. Besonderer Wert ist auf die Einhaltung der Frostsicherheit zu legen. In Anlehnung an die DBS 918 062 empfehlen wir, im Vorfeld der Arbeiten die notwendigen aktuellen Prüfzeugnisse der Hersteller / Lieferer für die gewünschten Korngemische vorlegen zu lassen.

Der Nachweis der Filterstabilität (D_{15} , vorh. $< D_{15}$, zul. $= 4 \cdot d_{85}$) zwischen den anstehenden Böden und der einzubauenden Planumsschutzschicht (KG 2) konnte erbracht werden.

6.5 Gründung der Bahnsteigkante

Die am Standort angetroffene Aufschüttung, zumeist aus Sanden mit einigen Fremdstoffen (Schotter, Bauschutt), ist zur Aufnahme von Bauwerkslasten aus der Bahnsteigkante bedingt geeignet. Eine Flachgründung der Bahnsteigkante in frostsicherer Tiefe ist grundsätzlich möglich. Jedoch ist für Streifenfundamente der Bahnsteigkanten die Aufschüttung teilweise unterhalb der Gründungselemente durch ein Gründungspolster zu ersetzen. Es sollte ein Polster von mindestens 0,5 m unterhalb der Fundamente angeordnet werden.

Das einzubauende Polstermaterial ist auf $D_{Pr} \geq 100 \%$ zu verdichten und sollte folgenden Mindestanforderungen genügen:

- grobkörnige Sande oder Kiese gemäß DIN 18 196
- Kornanteil $d \leq 0,063 \text{ mm} < 5 \%$
- Glühverlust $V_{gl} < 3 \%$

6.6 Gründung der Treppenanlagen und Aufzüge

Für die geplanten Treppenanlagen und Aufzüge kann eine Flachgründung zur Ausführung kommen. Die anstehende Aufschüttung ist zur Aufnahme der Bauwerkslasten aus der Treppenanlage ebenfalls bedingt geeignet. In weiterer Tiefe anstehende Sande sind ausreichend tragfähig. Unterhalb der Gründungselemente ist hier ebenfalls die Aufschüttung teilweise durch ein verdichtetes Gründungspolster (0,5 m) zu setzen, Sande sind nachzuverdichten.

6.7 Gründung des Bahnsteiges (Verkehrsflächen)

Die Gründung des Bahnsteiges kann grundsätzlich innerhalb der anstehenden Aufschüttung erfolgen. Die Aufschüttung erfüllt jedoch nicht in jedem Fall die Anforderungen, die nach ZTVE-StB an das Gründungsplanum gestellt werden. Der geforderte Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ ist bei den im Planum anstehenden Auffüllungen nicht in jedem Fall gegeben.

Lässt sich der erforderliche Verformungsmodul auf dem Planum nicht durch Verdichten erreichen, ist entweder

- der Untergrund bzw. Unterbau zu verbessern oder zu verfestigen oder
- die Dicke der ungebundenen Tragschicht zu vergrößern.

Es wird die Nachverdichtung im Planum empfohlen.

Die Auffüllungen sind frostunempfindlich bis schwach frostempfindlich (F 1 – F 2). Der Einbau einer Frostschuttschicht wird empfohlen.

6.8 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. Eine Verwertung im Rahmen dieses Bauvorhabens wird aus bautechnischer Sicht nicht empfohlen.

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

Tabelle 6: Ergebnisse der umweltchemischen Untersuchungen nach LAGA

| Proben-Nr. | Homogenbereich | Aufschlüsse / Entnahmetiefe | Zuordnungswert nach LAGA 2004 |
|------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| MP-1 | Schotterfeinanteil | BS 3/16 bis BS 12/16 / 0...1 m | >Z2 (Zink) |
| MP- 2 | Auffüllungen/ Damm | BS 7,8,9,11,12/16 / 1...5 m | >Z2 (PAK) |
| MP- 3 | Auffüllungen/ Damm | BS 13/16 -18/16 / 1...5 m | >Z2 (PAK) |
| MP 4 | Sand | BS 18/ 16 / 5,5...15 m | >Z2 (PAK) |
| MP 5 | Schotterfeinanteil/ Auffüllung | BS 19/16 bis 23/16 / 0...1 m | >Z2 (TOC, PAK) |
| MP 6 | Schotterfeinanteil/ Auffüllung | BS 24/16 bis 29/16 / 0...1 m | Z2 (PAK) |
| MP- 7 | Auffüllungen/ Damm | BS 26 bis 29/16 / 1...5 m | Z1 (Kupfer) |
| MP 8 | Schotterfeinanteil | BS 32/16 bis 36/16 / 0 ... 1 m | Z2 (PAK) |
| MP-9 | Schotterfeinanteil | BS 40/16 und BS 41/16/ 0...0,7m | Z2 (PAK) |
| EP 10 | Schotterfeinanteil | BS 42/16 / 0...1 m | Z2 (PAK) |
| MP 11/16 | Schotterfeinanteil | BS 46/16 bis 51/16 / 0...1 m | Z2 (PAK) |
| MP 12/16 | Aufschüttung/ Damm | BS 47/16 bis 49/16 / 1...3 m | Z1 (Blei) |
| EP 13/16 | Aufschüttung/ Damm | BS 50/16 / 1...3 m | >Z2 (TOC, PAK) |
| MP 14/16 | Schotterfeinanteil | BS 52/16 bis 55/16 / 0...1 m | Z2 (PAK) |
| MP 15 | Schotterfeinanteil | BS 78/16 bis 83/16 / 0...1 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.

BAUGRUND STRALSUND

i. V.

Dipl.-Ing. Holger Chamier

Dipl.-Ing. Kerstin Gallasch