

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: Ersatzneubau EÜ Hämmerlingstraße
km 11,073, F- und S-Bahn

Auftraggeber: INROS LACKNER
Bismarckstraße 91
10625 Berlin

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

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	7
4.3	Baugrundsichtung	7
4.4	Art und Umfang der Laboruntersuchungen	8
4.5	Baugrundeigenschaften / Baugrundklassifizierung	8
4.6	Wasserverhältnisse und Wassereigenschaften	10
5	Berechnungskennwerte / Berechnungsprofile / Bodenklassifikation	13
5.1	Charakteristische Bodenkennwerte	13
5.2	Auffüllungen / Hinterfüllungen	15
5.3	Bemessungswasserstände	16
5.4	Bodenklassifizierung	17
6	Gründungstechnische Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise	18
6.1	Gründungsempfehlungen	18
6.2	Hinweise zu Baugruben und Wasserhaltung	21
6.3	Bauhilfskonstruktionen	22
6.4	Verwertung ausgehobener Erdstoffe	23
6.5	Schutz vorhandener Bauwerke	25

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

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

2 Anlagenverzeichnis

A 1	1 Blatt	Lage- und Aufschlussplan
A 2	3 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	1 Blatt	Fundamentdiagramm

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 Ersatzneubau der Eisenbahnüberführung (EÜ) "Hämmerlingstraße". Mit der EÜ queren derzeit die Strecke 6153 der F-Bahn und die Strecke 6004 der S-Bahn jeweils zweigleisig die Hämmerlingstraße in km 11,119. Die Geländehöhen wurden im Zuge der Baugrunderkundungen im Bereich der Hämmerlingstraße zwischen etwa +35,2 und +35,6 m NN und im Bereich der Gleisanlagen (Hinterfüllung/ Damm) zwischen etwa +38,5 und +39,1 m NN eingemessen.

Im Zuge des Ersatzneubaus sollen die alten Brückenteile der S- und F-Bahn vollständig zurückgebaut und durch zwei neue Rahmenbauwerke in km 11,073 ersetzt werden. Es ist eine zweifeldrige Eisenbahnüberführung der S- und F-Bahn über die Straße „Ost-West-Trasse“ geplant. Im Zuge der Erneuerung der Überbauten werden die Bestandsgleise durch die neu trassierten Gleise ersetzt. Es sind eine Vorfertigung und ein Verschiebung der Bauwerke vorgesehen. Die geplanten Gründungssohlen des neuen Rahmenbauwerks liegen einheitlich bei +32,20 m NN (Verschiebungsbahn). Die Grundrissabmessungen der Fundamente betragen beidseitig jeweils 21,87 m Länge und 2,5 m Breite.

4 Baugrundverhältnisse

4.1 Art, Umfang und Lage der Baugrundaufschlüsse

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden im Jahr 2016 ergänzend eine Bohrsondierung (BS) und eine Schwere Rammsondierung (DPH) durchgeführt. Vor allem Altaufschlüsse aus den Unterlagen U 4-1 und U 4-7 werden zur Beschreibung der Untergrundverhältnisse genutzt.

Die Bohrsondierungen wurden in den geplanten Widerlagerachsen sowohl vom Damm als auch von der Straße aus abgeteuft und durch Schwere Rammsondierungen ergänzt. Zur Ergänzung wurden in Nähe der Pfeilerachse Rammsondierungen ausgeführt. Die maximale Erkundungstiefe liegt bei 15 m, was einer Höhe von ca. +23 m NN entspricht. Die Bohrsondierungen mussten teilweise vor Erreichen der geplanten Tiefe wegen fehlendem Bohrfortschritt abgebrochen werden.

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 4,9 bis 6,9 m Aufschüttung / Dammschüttung (Schicht 1). Die Unterkante der Aufschüttung / Dammschüttung liegt bei +32,2 bzw. +35,1 m NN. Im Bereich von Bestandsfundamenten kann diese Schichtgrenze auch tiefer liegen. In der Dammaufstandsfläche wurden organische / organogene Böden (Schicht 2) in Form von Sanden und Schluffen in geringer Mächtigkeit aufgeschlossen. In den Aufschlüssen von Straßenniveau abgeteuft, lagert etwa noch 0,8 bis 1,4 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 mittelsandigen und zum Teil schluffigen Anteilen. In weiterer Tiefe nimmt der mittelsandige Anteil zu. Ab etwa +30 m NN liegen grobsandige und kiesige Mittelsande vor. Diese wurden bis zur Endaufschlusstiefe nicht durchteuft.

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

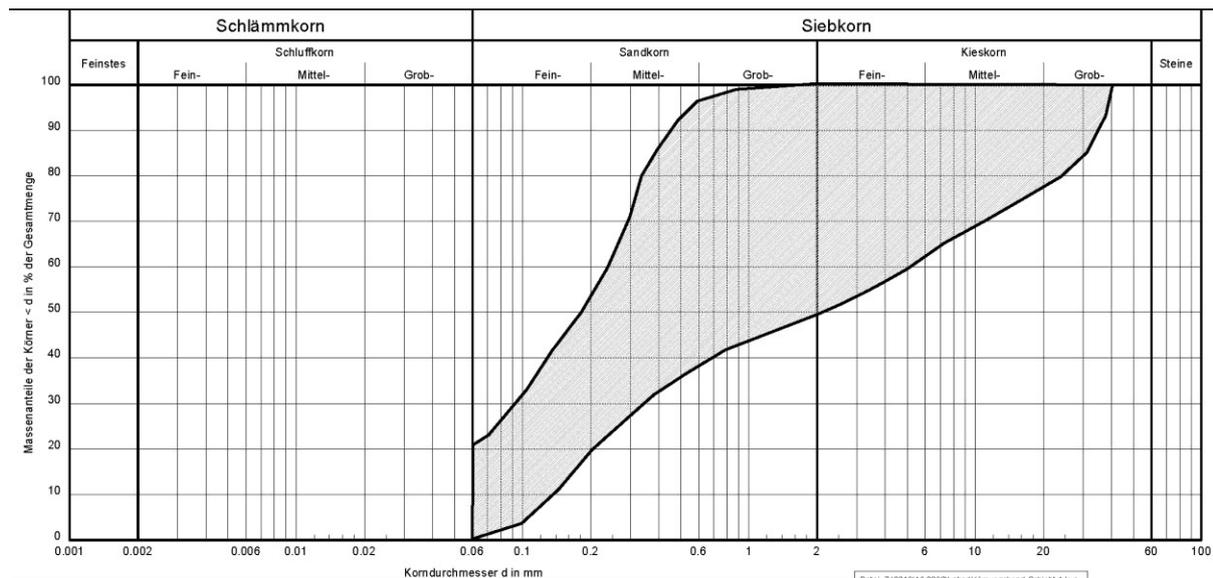


Abb. 1: Körnungsband Schicht 1 Aufschüttung/ Dammschüttung

Schicht 2 organische/ organogene Erdstoffe OH

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

Schicht 3 Fein- und Mittelsand SE / SI / SU

Die im Bau Feld als Hauptbodenart angetroffenen Fein- und Mittelsande enthalten überwiegend nur sehr geringe Anteile an Schluff und Ton. Diese sind den Bodengruppen SE und SI nach DIN 18 196 zuzuordnen. Lokal wurden auch 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.

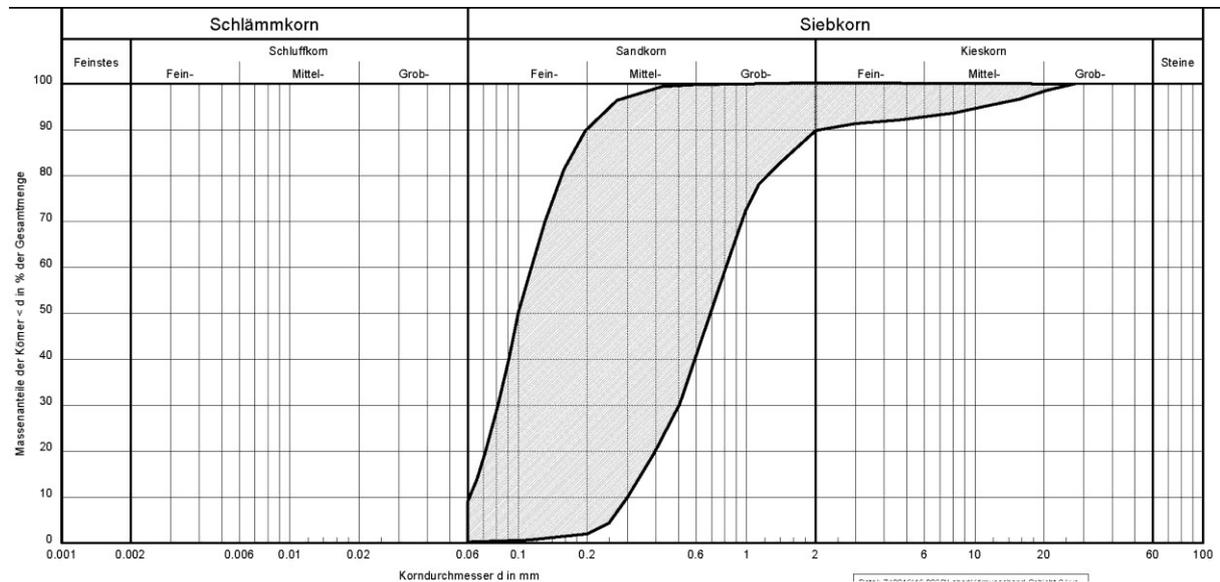


Abb. 2: Körnungsbandschicht 3 Fein- und Mittelsande

Die Lagerungsdichte der Schicht 3 ist zunächst mitteldicht. In Tiefen zwischen etwa +32 und +30 m NN geht die Lagerungsdichte in allen Aufschlüssen zurück und es liegt eine lockere bis schwach mitteldichte Lagerung der Sande vor. Die Schlagzahlen gehen auf 0 bis 2 Schläge/10cm zurück. Oftmals kann dies mit dem Anschnitt des Grundwassers in Übereinstimmung gebracht werden. Lokal jedoch auch nicht. Im Einflussbereich der Dammauflast ist der Rückgang der Schlagzahlen und somit der Lagerungsdichte nicht so deutlich zu verzeichnen. Eine Konsolidierung der Sande durch die Dammauflast ist vorhanden.

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 1	3,2	+32,4	-	-
BS 2	2,9	+32,28	3,25	+31,93
BS 3	2,9	+32,24	-	-
BS 6	5,9	+32,76	-	-
BS 7	6,0	+32,66	6,0	+32,66
BS 52/16	6,3	+32,80	5,7	+33,40

Grundwassermessstellen wurden nicht ausgebaut.

Es wurden in den aktuellen Aufschlüssen (auch in benachbarten BS 53/16 sowie BS 38/16) höhere Grundwasserstände als in den Altunterlagen gemessen. So liegen die gemessenen Wasserstände teilweise 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. Dies erklärt die weit höheren gemessenen Wasserstände in der aktuellen Erkundung.

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

Tabelle 2: 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 37/16	7,5	n. n.	7,0	11,1	85	nicht angreifend

Es liegt ein schwach erhöhter Permanganatverbrauch vor, welcher auf organischen Kohlenstoff (DOC 36 mg/l) hinweist. Offenbar vorhandene Huminstoffe können das Aushärten frischen Betons beeinträchtigen sowie über pH-Wertabsenkung angriffsfördernd wirken.

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		Unter- wasser- bereich	Wasser- Luft- Bereich
	Unterwasser- bereich	Wasser-Luft- Bereich	Unterwasser- bereich	Wasser-Luft- Bereich		
BS 37/16	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gut	befriedi- gend

5 Berechnungskennwerte / Berechnungsprofile / Bodenklassifikation

5.1 Charakteristische Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen sind charakteristische Kennwerte der Bodenschichten in den nachfolgenden Tabellen angegeben. Es wurde hier eine Konsolidierung aus der Dammschüttung berücksichtigt, da die Gründungen innerhalb des vorbelasteten Bereiches errichtet werden. Bei Gründungen außerhalb des Dammeinflussbereiches (Verschubbahn) sind die Werte abzumindern.

**Tabelle 4: Charakteristische Bodenkennwerte Widerlager Achse 10 (west)
 S- und F-Bahn Überbau**

Schicht	von/ bis m NN	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	+39,1/ +35,0	Auffüllung/Damm	[SE, GE, SI, SU], [OH, A]	locker bis schwach mitteldicht	17,0	8,5	30	0	--	10
1/ 2	+35,0/ +32,2	Auffüllung/Damm organischer Sand	[SE, GE, SI, SU], [OH, A] OH	mitteldicht	18,5	9,0	30	0	--	15
3a	+32,2/ +31,5	Feinsand	SE, SI, SU	mitteldicht	19,0	10,5	32	0	--	40
3b	+31,5 +29,5	Fein- und Mittelsand	SE, SI, SU	locker	17,0	8,5	30	0	--	20
3c	+29,5 +23,0	Mittelsand	SE, SI	mitteldicht bis dicht	19,0	10,5	33	0	--	60

¹⁾ undrännierte Scherfestigkeit, zu verwenden unter Ansatz von ϕ_u

**Tabelle 5: Charakteristische Bodenkennwerte Pfeiler Achse 20
 S- und F-Bahn Überbau**

Schicht	von/ bis m NN	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/ 2	+35,0/ +32,2	Auffüllung/Damm organischer Sand	[SE, GE, SI, SU], [OH, A] OH	locker bis mitteldicht	18,5	9,0	30	0	--	10
3a	+32,2/ +31,5	Feinsand	SE, SI, SU	mitteldicht	19,0	10,5	32	0	--	40
3b	+31,5 +29,5	Fein- und Mittelsand	SE, SI, SU	locker	17,0	8,5	30	0	--	20
3c	+29,5 +25,0	Mittelsand	SE, SI	mitteldicht bis dicht	19,0	10,5	33	0	--	60

¹⁾ undrännierte Scherfestigkeit, zu verwenden unter Ansatz von ϕ_u

**Tabelle 6: Charakteristische Bodenkennwerte Widerlager Achse 30 (ost)
 S- und F- Bahn Überbau**

Schicht	von/ bis m NN	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	+38,9/ +35,0	Auffüllung/Damm	[SE, GE, SI, SU], [OH, A]	locker bis schwach mitteldicht	17,0	8,5	30	0	--	10
1/ 2	+35,0/ +33,6	Auffüllung/ Damm organischer Sand	[SE, GE, SI, SU], [OH, A] OH	mitteldicht	18,5	9,0	30	0	--	15
3a	+33,6/ +32,0	Feinsand	SE, SI, SU	mitteldicht	19,0	10,5	32	0	--	40
3b	+32,0 +30,5	Fein- und Mittelsand	SE, SI, SU	locker	17,0	8,5	30	0	--	20
3c	+30,5 +23,0	Mittelsand	SE, SI	mitteldicht bis dicht	19,0	10,5	33	0	--	60

1) undränierte Scherfestigkeit, zu verwenden unter Ansatz von ϕ_u

Für die Vorbemessung einer Pfahlgründung sind charakteristische Bodenkennwerte in der nachfolgenden Tabelle angegeben. Der Tragfähigkeitsnachweis ist gemäß DIN 1054 in Verbindung mit dem EC 7.1 durch Probelastungen zu erbringen. Die Hinweise in Abschnitt 6.1 und 6.2 sind zu beachten. Dynamische Probelastungen können ergänzend zu statischen Probelastungen ausgeführt werden. Es sollte eine Qualitätsprüfung der Pfähle mittels Pfahlintegritätsprüfungen erfolgen. Des Weiteren wird empfohlen, die Herstellung der Probe- und Bauwerkspfähle sowie die Durchführung der Probelastung durch einen geotechnischen Sachverständigen überwachen zu lassen.

Tabelle 7: Charakteristische Bodenkennwerte für Ramppfähle nach EA Pfähle

Schicht	von/ bis m NN	Bodenart	Bodengruppe	Lagerung/ Konsistenz	q_{sk} [kN/m ²]	q_{bk} [kN/m ²]		$k_H = E_s/D$ [MN//m ³] ¹⁾
						s/D = 0,035	s/D = 0,10	
1/ 2	+35,0/ +32,2	Auffüllung/Damm organischer Sand	[SE, GE, SI, SU], [OH, A] OH	mitteldicht	--	--	--	--
3a	+32,2/ +31,5	Feinsand	SE, SI, SU	mitteldicht	50	--	--	45
3b	+31,5 +29,5	Fein- und Mittelsand	SE, SI, SU	locker	30	--	--	20
3c	+29,5 +23,0	Mittelsand	SE, SI	mitteldicht bis dicht	100	5.000	7.500	65

1) gilt für Pfahl mit Durchmesser 0,8 m

Tabelle 8: Charakteristische Bodenkennwerte für Bohrpfähle nach EA Pfähle

Schicht	von/ bis m NN	Bodenart	Bodengruppe	Lagerung/ Konsistenz	q _{sk} [kN/m ²]	q _{bk} [kN/m ²]			k _H = E _s /D [MN//m ³] ¹⁾
						s/D = 0,02	s/D = 0,03	s/D = 0,10	
1/ 2	+35,0/ +32,2	Auffüllung/ Damm organischer Sand	[SE, GE, SI, SU], [OH, A] OH	mitteldicht	--	--	--	--	--
3a	+32,2/ +31,5	Feinsand	SE, SI, SU	mitteldicht	50				30
3b	+31,5 +29,5	Fein- und Mittelsand	SE, SI, SU	locker	30				15
3c	+29,5 +23,0	Mittelsand	SE, SI	mitteldicht bis dicht	90	850	1.100	2.500	50

1) gilt für Pfahl mit Durchmesser 1,2 m

Tabelle 9: Charakteristische Widerstände für Verpressanker und Verpresspfähle (Beanspruchung auf Zug)

Nr.	Bodenart	Lagerungsdichte/ Konsistenz	mittlere Mantelreibung q _{s,k} [kN/m ²]	
			Verpressanker	Verpresspfähle
1/ 2	Auffüllung/ Damm	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.

Im Hinterfüllbereich der Rahmenbauwerke (Übergänge) sind die Regelungen der Ril 836.0504 zu beachten, d.h. es sind grobkörnige Erdstoffe der Bodengruppen GI, GW, SI, SW nach DIN 18196 zu verwenden. Der Einbau erfolgt in Schüttilagen zu je 0,30 m und es ist ein Verdichtungsgrad von $D_{PR} \geq 100 \%$ nachzuweisen.

Tabelle 10: Charakteristische Kennwerte für Ersatzerdstoffe

Bodengruppe DIN 18196	Verdichtung	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	φ_k' [°]	c_k' [kN/m ²]	$E_{s,k}$ [MN/m ²]
grobkörnige Erdstoffe: GE, GI, GW, SE, SI, SW	$D_{PR} \geq 98 \%$	17,5	9,5	30	0	25
grobkörnige Erdstoffe: GE, GI, GW, SE, SI, SW	$D_{PR} \geq 100 \%$	18,0	10,0	32	0	40
gemischtkörnige Erdstoffe: 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

Im Falle einer dauerhaften und in ausreichendem Maße wirksamen Entwässerung im Bereich der Bauwerkshinterfüllung kann auch ein geringerer Wasserstand angesetzt werden, der der Tiefenlage der Entwässerungseinrichtungen entspricht.

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 11: Homogenbereiche

Homogenbereich	A	B	C
Bodenschichten Nr.	1, 2	3	3
Ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, organische Sande	Fein- und Mittelsand	Mittelsand
Bodengruppe DIN 18196	[SE, GE, SI, SU], [OH, A], OH	SE, SI, SU	SE, SI
Frostempfindlichkeit ZTV E-StB	F1 - F3	F1 – F2	F1
Feinkornanteil / d < 0,006 mm	< 15 %	< 15 %	0...10 %
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 $1 \cdot 10^{-4}$
Abrasivität	schwach bis normal abrasiv	schwach bis normal abrasiv	normal abrasiv
Organischer Anteil	< 10 %	< 3%	< 2 %
Feuchtdichte	1,7...1,9 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 $I_D > 0,65$

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 erkundeten organogenen Sande (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).

Gemäß den Angaben in den Unterlagen 3-3, 3-4 wird die Gründungstiefe einheitlich auf +32,2 m NN angeordnet. Die Lage der Fundamente befindet sich im Bereich der bestehenden Dammschüttung, d.h. der Baugrund ist im Gründungsbereich als vorbelastet einzustufen. Diese Vorbelastungsspannung kann bei erdstatischen Berechnungen der Fundamente des neuen Rahmenbauwerks berücksichtigt werden. Eine Flachgründung des neuen Rahmenbauwerks ist daher prinzipiell möglich.

Flachgründung

Die baugrundbedingte Mindestgründungsebene für eine Flachgründung liegt in der Ebene Unterkante Aufschüttung bei +33,2 bzw. +33,6 m NN.

Unterhalb der Gründungssohle bei +32,2 m NN verbleiben somit tragfähige Erdstoffe. Lediglich mit Schicht 3b (locker gelagerte Sande) verbleibt eine Schicht mit erhöhter Kompressibilität in einer Mächtigkeit von rund 2 m. In Anlage 6 ist ein Fundamentdiagramm zur Bemessung beigefügt. Die Grundbruchsicherheit ist bis zu einer Sohlpressung (Bemessungswert) von mindestens $\sigma = 500 \text{ kN/m}^2$ gegeben. Bei der Ermittlung der Setzungen sind die durch das Dammbauwerk eingetragenen Spannungen zu berücksichtigen, d.h. von den neu einzutragenden Sohlpressungen abzuziehen. Bis zu einem zusätzlichen Spannungseintrag von $\Delta\sigma = 150 \text{ kN/m}^2$ ist mit Setzungen $\leq 1,0 \text{ cm}$ zu rechnen.

Für die Bemessung der Fundamente können in Abhängigkeit der zusätzlichen Spannungseinträge $\Delta\sigma$ folgende Bettungsmoduln angesetzt werden:

$$\begin{array}{ll} \Delta\sigma = 50 - 100 \text{ kN/m}^2 & k_s = 20 \text{ MN/m}^3 \\ \Delta\sigma > 100 \text{ kN/m}^2 & k_s = 15 \text{ MN/m}^3 \end{array}$$

Baugrundverbesserung

Die Herstellung des neuen Rahmenbauwerks erfolgt für jede der zwei Brücken in einer besonderen Bauphase, der Schienenverkehr wird ggf. zum Teil aufrechterhalten. Die locker gelagerten Auffüllungen und die locker bzw. locker bis mitteldicht gelagerten Sande sind als erschütterungsempfindlich gegenüber dynamischen Einwirkungen einzustufen. Im Falle zu hoher dynamischer Einwirkungen könnten Sackungen der Erdstoffe auftreten, die Setzungen der Bestandsbauwerke in der Nähe und des Bestandsdammes zur Folge hätten.

Von der Ausführung einer Baugrundverbesserung in Form einer Rütteldruckverdichtung oder einer Rüttelstopfverdichtung wird zum Schutz der Bestandsbauten daher abgeraten.

Ein Bodenaustausch hätte auf die Gründungsverhältnisse nur im unvorbelasteten Bereich einen relevanten Einfluss. Dabei müssten die lockeren Sande der Schicht 3b vollständig ausgetauscht werden. Wegen der Tiefenlage dieser Sande (bis 5 m u. GOK unterhalb des Grundwasserspiegels) wird hiervon ebenfalls abgeraten.

Tiefgründung

Sollte sich für eine Flachgründung keine ausreichende Sicherheit gegen Grundbruch nachweisen lassen oder sollten sich im Zuge der Bemessung zu hohe Setzungsbeträge bzw. Setzungsdifferenzen ergeben, so sollte das geplante Rahmenbauwerk tief gegründet werden. Wegen der Erschütterungsempfindlichkeit der vorhandenen Erdstoffe und der innerhalb der gröberen Sande zu erwartenden Hindernisse sollte eine Tiefgründung im Bedarfsfall als Bohrpfahlgründung ausgeführt werden. Bei Ausführung einer Bohrpfahlgründung sind die Hinweise der DIN EN 1536 zu beachten (Bohrpfähle unter Wasser). Die äußere Tragfähigkeit der Pfähle ist durch Probelastungen zu bestätigen. Für Gruppenwirkungen und horizontale Belastungen auf Pfähle sind die Ansätze der EA-Pfähle zu berücksichtigen. Es ist bei Vorhandensein von organischen Böden die Nachweisführung des Seitendrucks auf Pfähle zu beachten. Im Falle einer Kombination aus Tief- und Flachgründung einzelner Bauwerksteile sind diese wegen des dann sehr unterschiedlichen Setzungsverhaltens konstruktiv voneinander zu trennen (Bewegungsfugen).

Aufgrund der aktuell gemessenen hohen Grundwasserstände reduzieren sich bei Wahl einer Tiefgründung die Wasserhaltungsmaßnahmen für die Gründungen / Verschiebbahnen.

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 einzuhaltenen 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 der Fundamente liegen bei ca. +32,2 m NN, d.h. unterhalb der geloteten Grundwasserspiegellagen. Es sind daher Maßnahmen zur Wasserhaltung erforderlich. Zur Trockenhaltung der Baugruben ist 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 $k = 1 \cdot 10^{-4}$ 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. Die niedrigsten Grundwasserstände wurden bislang bei +32,4 m NN festgestellt. Es ergibt sich hieraus eine maximale Absenkung von $\Delta GW = 0,7$ m. Im Ergebnis einer überschläglichen Berechnung der zu erwartenden Setzungen ist nicht mit dem Eintreten relevanter Setzungen zu rechnen ($s \ll 1$ cm).

6.3 Bauhilfskonstruktionen

Behelfsbrücken

Behelfsbrücken werden für die temporäre Abstützung der Gleisanlagen in den geplanten Bauphasen erforderlich. Hierfür können prinzipiell Pfähle oder Trägerelemente verwendet werden. Zum Schutz der Gleisanlagen wird empfohlen, hierfür Stahlträger zu verwenden, die eingepresst oder in vorgebohrte Löcher eingestellt werden. Im Falle eines Einstellens in vorgebohrte Löcher sind in den Ringraum Sande / Kiese einzuschlämmen. Zur Bemessung sind die Kennwerte aus Abschnitt 5.1 in Verbindung mit den Bemessungsprofilen zu verwenden.

Bezüglich des rechnerischen Ansatzes der Mantelflächen und der Fußflächen von Stahlträgern gelten die Angaben der EA-Pfähle in Abschnitt 5.4.4. Zur Erhöhung des vertikalen Lastabtrags können im Bedarfsfall die Trägerfüße zusätzlich einbetoniert werden. Die Träger sind nach Rückbau der Behelfsbrücke um das erforderliche Maß abzubrennen, von einem vollständigen Ziehen wird zur Vermeidung nachträglicher Auflockerungen im Gründungsbereich abgeraten.

Sicherung der Hinterfüllbereiche

Die Hinterfüllbereiche können durch Abböschungen oder mittels Verbau gesichert werden. Im Falle eines Abböschens beträgt der einzuhaltende Böschungswinkel $\beta = 45$ bis zu einer Böschungshöhe von 5,0 m. Bei höheren Böschungen sind Berme anzulegen.

Als Verbau können Trägerbohlwände, Bohrpfahlwände oder Spundbohlen verwendet werden. Entsprechend der Angaben in Abschnitt 6.2 wird empfohlen, im Nahbereich bestehender Bauwerke oder Bauteile (Abstand < 25 m) erschütterungsarme Bauweisen zu wählen. Die Herstellung einer Trägerbohlwand mit eingestellten oder eingepressten Verbauträgern und einer Holzausfachung stellt aus geotechnischer Sicht die Vorzugsvariante für einen Verbau im Nahbereich bestehender Bauwerke oder Bauteile dar. Im Bedarfsfall ist eine Verankerung aus Verpresspfählen oder aus Verpressankern herzustellen.

6.4 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 Rahmenbauwerkes 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 12: Ergebnisse der umweltchemischen Untersuchungen nach LAGA

Proben-Nr.	Homogenbereich	Aufschlüsse / Entnahmetiefen	Zuordnungswert nach LAGA 2004
MP-14	Schotterfeinanteil	BS 52/16 bis BS 55/16/ 0..1 m	Z2 (PAK)
UVP1	Schotterfeinanteil	Unterlage 4_1	>Z2
MP- 2	1 / Auffüllungen/ Damm	BS 7,8,9,11,12/16/ 1...5 m	>Z2 (PAK)
MP- 3	1 / Auffüllungen/ Damm	BS 13/16 -18/16/ 1... 5 m	>Z2 (PAK)
MP- 7	1 / Auffüllungen	BS 26 - 29/16/ 1...5 m	Z1 (Kupfer)
UVP 2	1 / Auffüllungen	Unterlage 4_1	Z2
UVP 3	1 / Auffüllungen	Unterlage 4_1	Z2

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.

6.5 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