

BAUGRUND STRALSUND

Ingenieurgesellschaft mbH
für ▶ Geo- und ● Umwelttechnik



Geotechnik



Baugrundgutachten

Bauvorhaben: Kiel
DB-Strecken 1022 und 1031
EÜ Alte Lübecker Chaussee
km 1,115 bzw. km 104,888

Auftraggeber: DB Netz AG
Regionalbereich Nord
Regionalnetze
Anlagenplanung
Lindemannallee 3
30173 Hannover

Bestellung: 0016 / I5B / 24744710

Rahmenvertrag Nr.: 1000 / HH2 / 92202077

Bearbeiter: BAUGRUND Stralsund
Ingenieurgesellschaft mbH
Carl-Heydemann-Ring 55
18437 Stralsund
Kunden-Nr. 245443

Auftrags-Nr.: 13/2346

Stralsund, 27. Mai 2014

Inhaltsverzeichnis	Seite
Anlagenverzeichnis	3
1. Allgemeines	3
1.1 Unterlagenverzeichnis	3
1.2 Aufgabenstellung	4
2. Durchführung von Erkundungsarbeiten und Laborversuchen	5
2.1 Erkundungsarbeiten	5
2.2 Laborversuche	6
2.2.1 Bodenmechanische Laboruntersuchungen	6
2.2.2 Chemische Analytik (Wasser)	6
2.2.3 Chemische Analytik (Boden und Bausubstanz)	6
3. Darstellung der geotechnischen Erkundungsergebnisse	7
3.1 Baugrundsichtung	7
3.2 Wasserverhältnisse und -eigenschaften	8
3.3 Ergebnisse und Bewertung der chemischen Analytik	8
3.4 Baugrundmodell und Berechnungswerte	12
3.5 Auffüllungen / Hinterfüllungen	15
3.6 Bemessungswasserstand	16
4. Schlussfolgerungen / Empfehlungen	16
4.1 Gründungstechnische Schlussfolgerungen	16
4.2 Hinweise zur Bauausführung	16
4.2.1 Baugrube	16
4.2.2 Wasserhaltung	17
4.2.3 Bodenklassen, Bohrbarkeitsklassen, Rammpbarkeit	17
4.3 Verfüllung der Baugrube	18

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Lage- und Aufschlussplan	Blatt 1
Anlage 2	Sondierprofile	Blatt 1
Anlage 3	Laborprüfbericht Nr. 1	Blatt 1 - 12
Anlage 4	Prüfbericht Nr. 14/04528 (Wasseranalyse)	Blatt 1
Anlage 5	Prüfbericht Nr. 14B01378 (LAGA Untersuchung)	Blatt 1 - 3

1. Allgemeines

1.1 Unterlagenverzeichnis

- U 1 Leistungs- und Honorarangebot vom 19. November 2014, Angebots-Nr. 558/13 sowie Angebotsaufforderung mit Aufgabenstellung vom 15. Oktober 2013
- U 2 Nachtragsangebot vom 16. Januar 2014, Angebotsnummer 031/14
- U 3 Bestellung 0016 / I5B / 24744686 vom 26. November 2013 sowie ergänzende vom 22. Januar 2014
- U 4 Übersichtsplan zur Bodenerkundung, EÜ Alte Lübecker Chaussee, im Maßstab 1:250, Ingenieurbüro Vössing, 02. September 2013
- U 5 Erneuerung der EÜ Alte Lübecker Chaussee, Strecke 1031, km 104,915, Erstbesichtigung des Bauwerkes und Abstimmen der Planungsgrundlagen, Ingenieurbüro Vössing, 14. Mai 2013
- U 6 Schichtenverzeichnisse und Bodenproben der Kleinbohrungen BS 1/14 bis BS 6/14, ausgeführt von der BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH am 17. und 18. März 2014

- U 7 Ergebnisse der Schweren Rammsondierung (DPH) 2/14, 5/14 und 6/14, ausgeführt von der BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH am 18. März 2014
- U 8 Lage- und höhenmäßige Einmessung der Baugrundaufschlüsse, BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH am 18. März 2014
- U 9 Laborprüfbericht Nr. 1, erstellt von der BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH am 02. April 2014
- U 10 Prüfbericht 14/04528 zur Untersuchung von Wasser auf Beton- und Stahlaggressivität, erstellt von der IUL Vorpommern GmbH am 26. März 2014
- U 11 Prüfbericht 14B01378 zur Untersuchung der Bodenproben nach LAGA, erstellt von der Deutschen Bahn AG, Umweltservice, Kirchmöser am 17. April 2014
- U 12 Schreiben vom Innenministerium des Landes Schleswig-Holstein, Landeskriminalamt, SG 323, Kampfmittelräumdienst, vom 27. Januar 2014, mit dem Hinweis, dass keine Kampfmittelbelastung erkennbar ist

1.2 Aufgabenstellung

Auf der Strecke 1022, km 1,115 bzw. Strecke 1031, km 104,888 in Kiel ist die Erneuerung der EÜ „Alte Lübecker Chaussee“ geplant. Für das bestehende Brückenbauwerk macht sich ein Ersatzneubau erforderlich. Es ist ein Neubau als Einfeldbauwerk vorgesehen /U 5/.

Die BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH wurde mit der Erkundung der Grundverhältnisse und der Erstellung eines Baugrundgutachtens beauftragt.

2. Durchführung von Erkundungsarbeiten und Laborversuchen

2.1 Erkundungsarbeiten

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse im Bauwerksbereich waren sechs Bohrsondierungen (BS) bis in eine Tiefe von 10,0 m unter Gelände geplant. Ergänzend zu den Bohrsondierungen wurden drei Schwere Rammsondierungen (DPH) bis 10,0 m unter Gelände ausgeführt.

Eine Übersicht über die Anordnung der Aufschlüsse zeigt der Lage- und Aufschlussplan in Anlage 1. Eine Zusammenstellung ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Übersicht der Bohrsondierungen

Aufschluss	Höhe Ansatzpunkt [m bez. SO]	Aufschlusstiefe [m u. GOK]	Endtiefe [m bez. SO]
BS 1/14	-0,53	10,0	-10,53
BS 2/14 + DPH 2/14	-5,01	10,0	-15,01
BS 3/14	-4,90	10,0	-14,90
BS 4/14 + DPH 4/14	-0,34	10,0	-10,34
BS 5/14 + DPH 5/14	-0,61	10,0	-10,61
BS 6/14	-4,29	10,0	-14,29

Bodenproben wurden je laufenden Meter und bei Schichtwechsel aus jeder Erkundung entnommen. Alle Bodenproben wurden durch einen Geologen spezifiziert. Ausgewählte Proben sind im Labor der BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH bodenphysikalischen Untersuchungen unterzogen worden.

Die Baugrundsichtenprofile sind in der Anlage 2 aufgetragen.

2.2 Laborversuche

2.2.1 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Zur genaueren Klassifizierung in Bodengruppen nach DIN 18 196 und Bodenklassen nach DIN 18 300 wurden an ausgewählten Bodenproben folgende bodenphysikalische Untersuchungen durchgeführt:

- Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN 18121-1
- Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123
- Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18128

Die Versuchsergebnisse sind in der Anlage 3 zusammengestellt.

2.2.2 Chemische Analytik (Wasser)

Für Untersuchungen des Grundwassers hinsichtlich der Beton- und Stahlaggressivität wurde eine Wasserprobe entnommen und untersucht. Die Ergebnisse sind der Anlage 4 zu entnehmen.

2.2.3 Chemische Analytik (Boden und Bausubstanz)

Ausgewählte Bodenproben wurden entsprechend den technischen Regeln der LAGA-Richtlinie 2004 bei unspezifischem Verdacht von der Deutschen Bahn AG, Umweltservice, Kirchmöser untersucht:

Boden :

MP 1	BS 1/14	0,0 – 0,7 m u. GOK
	BS 1/14	0,7 – 2,0 m u. GOK
	BS 1/14	2,0 – 3,0 m u. GOK
	BS 1/14	3,0 – 4,5 m u. GOK
MP 2	BS 3/14	0,3 – 1,0 m u. GOK
	BS 3/14	1,0 – 1,7 m u. GOK
EP 3	BS 4/14	2,7 – 3,0 m u. GOK
EP 4	BS 4/14	4,0 – 5,0 m u. GOK (organoleptisch auffällig)

Aus dem Bestandsbauwerk wurden Bausubstanzproben als Einzelproben entnommen und entsprechend des Materials zu Mischproben vereinigt. Folgende Mischproben wurden zur chemischen Analyse übergeben:

MP I Betonproben
MP II Ziegelproben

Einzelergebnisse der chemischen Analytik sind der Anlage 5 zu entnehmen.

3. Darstellung der geotechnischen Erkundungsergebnisse

3.1 Baugrundsichtung

Nachfolgend wird in kurzer Form ein Überblick über die Baugrundsichtung gegeben. Einzelheiten sind den Sondierprofilen in Anlage 2 zu entnehmen.

Ab Geländeoberkante wurden **Auffüllungen (Schicht 1)** angetroffen. In den BS 1/14, BS 4/14 und BS 5/14 handelt es sich hierbei um Bahndämme. Hier wurden überwiegend Fein- und Mittelsande mit unterschiedlichen Anteilen an Grobsanden, bereichsweise schwach bis stark schluffigen Anteilen, aber auch eine Schicht in BS 4/14, die sich überwiegend aus Fremdbestandteilen wie Schlacke- und Betonreste zusammensetzt, angetroffen. Verunreinigungen mit Schlacke-, Ziegel- und Glasresten und organische Anteile können vorhanden sein.

Im Bereich der übrigen BS entspricht die Auffüllung der vorgenannten Beschreibung, wobei der mittelsandige Charakter überwiegt. Die Unterkante der Auffüllung kann nach den Ergebnissen der Untergrundaufschlüsse mit -5,03 m bez. SO (BS 1/14) bis -9,5 m bez. SO (BS 3/14) angegeben werden.

Unter der Auffüllung wurde in BS 1/14 eine 1,3 m mächtige **Geschiebemergelschicht (Schicht 2)** erkundet.

Unter der vorgenannten Geschiebemergelschicht bzw. in allen anderen Aufschlüssen direkt unter der Auffüllung stehen **Fein- und Mittelsande (Schicht 3)** bis zur Endteufe an. In diese Sandschicht kann in unterschiedlichen Tiefen eine **Schluffschicht (Schicht 4)** in verschiedenen Tiefen eingelagert sein.

3.2 Wasserverhältnisse und -eigenschaften

Während der Aufschlussarbeiten im März 2014 wurde nur Wasser in Tiefen von -6,4 m u. SO bis -10,4 m u. SO angetroffenen.

Die Ergebnisse der durchgeführten Grundwasseruntersuchungen hinsichtlich Betonaggressivität nach DIN 4030 und Stahlaggressivität nach DIN 50929-3 sind in den Tabellen 2 und 3 zusammengefasst. Einzelheiten zu den Untersuchungsergebnissen und weitere Hinweise zur Bewertung des Angriffsgrades können dem Laborprüfbericht in Anlage 4 entnommen werden.

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 3/14	7,5	2,6	0,12	7,5	66	nicht angreifend

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

Entnahmestelle	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 3/14	gering	gering	sehr gering	sehr gering	gut	befriedigend

3.3 Ergebnisse und Bewertung der chemischen Analytik

Die im Feststoffgehalt des Bodenmaterials der Mischproben untersuchten Parameter sind in der nachfolgenden Tabelle 4 den Richtwerten der TR LAGA gegenübergestellt.

Tabelle 4: Untersuchungsergebnisse chemische Analytik (Boden)

Parameter	Einheit	MP 1	MP 2	EP 3	EP 4	Zuordnungswerte nach LAGA M 20 TR Boden (Stand 2004)		
						Z 0	Z 1	Z 2
im Feststoffgehalt								
Arsen	mg/kg TM	4,9	4,6	10,8	< 3,0	10	45	150
Blei	mg/kg TM	52,6	69,7	75,1	21,5	40	210	700
Cadmium	mg/kg TM	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	0,4	3	10
Chrom	mg/kg TM	9,74	8,13	10,5	10,3	30	180	600
Kupfer	mg/kg TM	44,7	44,7	163,0	35,8	20	120	400
Nickel	mg/kg TM	11,3	8,64	21,7	7,74	15	150	500
Quecksilber	mg/kg TM	0,22	0,79	1,77	0,15	0,1	1,5	5
Zink	mg/kg TM	61,1	60,6	358	37,5	60	450	1.500
TOC	Masse-%	1,0	1,4	8,7	0,6	0,5	1,5	5
EOX	mg/kg TM	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	1	3	10
MKW	mg/kg TM	<100	<100	<100	<100	100	300	1.000
PAK	mg/kg TM	0,99	3,03	3,50	111	3	3	30
Benzo(a)pyren	mg/kg TM	0,12	0,27	0,26	9,02	0,3	0,9	3
im Eluat								
pH-Wert	-	7,3	7,5	7,8	9,0	6,5-9,5	6-12	5,5-12
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	91	116	87	128	250	1.500	2.000
Arsen	µg/l	<10	<10	<10	<10	14	20	60
Blei	µg/l	<20	<20	<20	<20	40	80	200
Cadmium	µg/l	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	1,5	3	6
Chrom	µg/l	<10	<10	<10	<10	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	<10	10	10	10	20	60	100
Nickel	µg/l	<15	<15	<15	<15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	1	2
Zink	µg/l	<5	<5	7	<5	150	200	600
Zuordnungswert		Z 1	Z 1	> Z 2* (Z 2)	> Z 2			

* aufgrund des TOC-Wertes

Wie aus der vorstehenden Tabelle zu ersehen ist, wurden bei zwei Einzelproben erhöhte Gehalte bestimmt, die den Zuordnungswert Z 1 (Schwermetalle in EP 3) bzw. den Zuordnungswert Z 2 überschreiten (PAK in EP 4). Ebenfalls wurde in EP 3 ein TOC-Wert $>$ Z 2 nachgewiesen.

Es sollte für die Planung und Ausschreibung der Leistungen davon ausgegangen werden, dass die unauffällige Aufschüttung überwiegend der Verwertungsklasse 1 zugeordnet werden kann, ein Teil aber der Verwertungsklasse 2 zugeordnet werden muss.

Die Probe aus der Einzelprobe EP 4, die bei der Entnahme bereits organoleptisch auffällig war, ergab einen PAK-Wert oberhalb des Z 2-Grenzwertes. Organoleptisch auffällige Böden sollten daher beim Aushub separat zwischengelagert werden und sind voraussichtlich zu entsorgen.

Der Zuordnungswert Z 1 stellt die Obergrenze für den offenen Einbau in technischen Bauwerken dar. Der Zuordnungswert Z 0 (Einbauklasse 0) stellt den uneingeschränkten Einbau von Bodenmaterial in bodenähnlichen Anwendungen dar. Z 2-Böden sind unter technisch definierten Bedingungen eingeschränkt verwertbar. In der Regel werden diese einer fachgerechten Entsorgung zugeführt. Böden $>$ Z 2 sind fachgerecht zu entsorgen.

Die der Analytik zugrunde liegenden Einheitsverfahren können dem Prüfbericht der Anlage 5 entnommen werden.

Die im Feststoffgehalt des Baustoffmaterials der Mischproben untersuchten Parameter sind in der nachfolgenden Tabelle 5 den Richtwerten der TR LAGA gegenübergestellt.

Tabelle 5: Untersuchungsergebnisse chemische Analytik (Baustoff)

Parameter	Einheit	MP I (Beton)	MP II (Ziegel)	Zuordnungswerte nach LAGA M 20 TR Bauschutt			
				Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
im Feststoffgehalt							
Arsen	mg/kg TM	<3,0	<3,0	20			
Blei	mg/kg TM	6,0	5,3	100			
Cadmium	mg/kg TM	<0,3	<0,3	0,6			
Chrom	mg/kg TM	12,0	15,7	50			
Kupfer	mg/kg TM	32,5	34,6	40			
Nickel	mg/kg TM	7,79	9,89	40			
Quecksilber	mg/kg TM	<0,1	<0,1	0,3			
Zink	mg/kg TM	20,8	7,02	120			
EOX	mg/kg TM	<1,0	<1,0	1	3	5	10
MKW	mg/kg TM	<100	<100	100	300	500	1.000
PAK	mg/kg TM	--	--	1	5	15	75
im Eluat							
pH-Wert	-	11,4	11,2	7,0-12,5	7,0 -12,5	7,0 - 12,5	7,0- 12,5
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	2.210	1.160	500	1.500	2.500	3.000
Chlorid	mg/l	13,8	5,3	10	20	40	150
Sulfat	mg/l	6,1	10,2	50	150	300	600
Arsen	µg/l	<10	<10	10	10	40	50
Blei	µg/l	<20	<20	20	40	100	100
Cadmium	µg/l	<1,5	<1,5	2	2	5	5
Chrom	µg/l	10	<10	15	30	75	100
Kupfer	µg/l	40	30	50	50	150	200
Nickel	µg/l	<15	<15	40	50	100	100
Quecksilber	µg/l	<0,2	<0,2	0,2	0,2	1	2
Zink	µg/l	<5,0	<10,0	100	100	300	400
Zuordnungswert		Z 1.2* (Z 1.1)	Z 1.1				

* aufgrund der elektr. Leitfähigkeit

Wie aus der vorstehenden Tabelle zu ersehen ist, können die Mischproben der Verwertungsklasse Z 1.1 sowie Z 1.2 (aufgrund der elektr. Leitfähigkeit) zugeordnet werden.

Die der Analytik zugrunde liegenden Einheitsverfahren können wiederum dem Prüfbericht der Anlage 5 entnommen werden.

3.4 Baugrundmodell und Berechnungswerte

Aus den erkundeten Baugrundsichten wird ein Baugrundmodell erstellt. Dabei werden Böden mit annähernd gleichen bodenphysikalischen und bodenmechanischen Eigenschaften in Schichten zusammengefasst.

Schicht 1	Auffüllung, sandig Mittel- und Feinsande grobsandig, kiesig schwach bis stark schluffig schwach bis organisch Schotter-, Schlacke- und Ziegelreste sehr lockere bis lockere Lagerung	[OH, SE, SU; SU*, A]
Schicht 2	Geschiebelehm/-mergel Sand, stark schluffig weiche Konsistenz	SU*-ST*
Schicht 3	Mittel – und Feinsand grobsandige und kiesige Anteile schwach bis stark schluffig lockere bis mitteldichte Lagerung	SE, SU, (SU*)
Schicht 4	Schluff,feinsandig Zwischenlagerung in Sandschicht lockere bis mitteldichte Lagerung	UL-UM

Den Baugrundsichten können aus den Laborversuchen folgende Bodenkennwerte zugeordnet werden:

Tabelle 6: Bodenmechanische Kennwerte

Schicht	1	2	3	4
geologische Bezeichnung	Auffüllung, sandig	Geschiebelehm/-mergel	Mittel- und Feinsande	Schluff, feinsandig
Kurzzeichen nach DIN 18196	[OH], [SE,SU; SU*], [A]	SU*-ST*	SE, SU, (SU*)	UL - UM
Lagerung / Konsistenz	sehr locker bis locker	weich	locker bis mitteldicht	locker bis mitteldicht
Kornanteil $d \leq 0,063$ mm [%]	9,0...23,5	--	0,5...16,6	60,9...80,2
Kornanteil $d > 2,0$ mm [%]	8,4...23,1	--	0,0...38,2	0
Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s]	$1,0 \cdot 10^{-5} \dots 1,0 \cdot 10^{-4}$	--	$9,4 \cdot 10^{-6} \dots 6,6 \cdot 10^{-4}$	$4,7 \cdot 10^{-9} \dots 1,1 \cdot 10^{-8}$
Wassergehalt w [%]	12,7 ¹⁾	18,3 ¹⁾	--	28,9 ¹⁾
organischer Anteil V_{GI} [%]	0,9...2,5	--	--	--
Frostempfindlichkeit	F 1 – F 3	F 3	F 1 (F 3)	F 3
Bodenklasse nach DIN 18300	3 – 4	4 - 5	3 - 4	4

¹⁾ Einzelwerte

Für das Baugrundmodell werden nachfolgend charakteristische Berechnungswerte angegeben:

Tabelle 7: charakteristische Berechnungskennwerte

Schicht	1	2	3	4
geologische Bezeichnung	Auffüllung, sandig	Geschiebelehm/-mergel	Mittel- und Feinsande	Schluff, feinsandig
Kurzzeichen nach DIN 18196	[OH], [SE,SU;SU*], [A]	SU*-ST*	SE, SU, (SU*)	UL - UM
Tiefenbereich [m unter SOK]	GOK bis -6,6 (9,5 ¹⁾)	-5,0 bis -6,4 ²⁾	-6,6 bis -15,0	-7,4 bis -9,8 ³⁾ -14,4 bis -14,9 ¹⁾ -8,5 bis -10,3 ⁴⁾
Lagerung / Konsistenz	sehr locker bis locker	weich	locker bis mitteldicht	locker bis mitteldicht
Wichte des feuchten Bodens γ_k [kN/m ³]	17,5	20,5	18,5	19,0
Wichte Boden unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	9,5	10,5	10,0	11,0
wirksamer Reibungswinkel ϕ'_k [°]	28	28	30	24
wirksame Kohäsion c'_k [kN/m ²]	0	4	0	4
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	5	15	20	15
gerammte Elemente $q_{b,k}$ [kN/m ²]	--	--	2.500	--
gerammte Elemente $q_{s,k}$ [kN/m ²]	20	25	45	25

1) in BS 3/14

2) in BS 1/14

3) in BS 2/14

4) in BS 4/14

Für gerammte Gründungselemente sind die Hinweise der EA-Pfähle in Bezug auf Modellfaktoren und Nennwerte der Pfahlfußflächen und der Pfahlmantelfläche zu berücksichtigen.

Für ein eventuell erforderliches Gründungspolster sind grobkörnige Sande und Kiese einzubringen, die nachfolgenden Anforderungen genügen:

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

Das Gründungspolster ist, ausgehend von der Fundamentaußenkante unter einem Druckverteilungswinkel $\beta \leq 45^\circ$ zu verbreitern und auf $D_{Pr} \geq 98\%$ zu verdichten.

Für das Gründungspolster können folgende charakteristische Bodenkennwerte in Ansatz gebracht werden:

$$\begin{aligned} \gamma_k &= 18 \text{ kN/m}^3 \\ \gamma'_k &= 10 \text{ kN/m}^3 \\ \varphi'_k &= 34^\circ \\ E_{s,k} &= 35 \text{ MN/m}^2 \end{aligned}$$

3.5 Auffüllungen / Hinterfüllungen

Als Ersatzerdstoffe für Verfüllungen der Baugruben sind bis mindestens 0,5 m oberhalb des Bemessungswasserstandes grobkörnige Erdstoffe nach DIN 18196 zu verwenden (Bodengruppen GE, GI, GW, SE, SI, SW). Oberhalb von 0,5 m über dem Bemessungswasserstand können auch gemischtkörnige oder feinkörnige Erdstoffe verwendet werden.

Für die genannten Böden können für eine Vorbemessung die in Tabelle 8 aufgeführten charakteristischen Bodenkennwerte in Ansatz gebracht werden.

Tabelle 8: 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	$D_{PR} \geq 100\%$	17,5	9,0	32	0	30
gemischt- und feinkörnige Erdstoffe: GU, GT, SU, ST, GU*, GT*, SU*, ST*	$D_{PR} \geq 97\%$	20,0	10,0	28	5	20
Brechkorngemische / Betonrecycling	$D_{PR} \geq 100\%$	19,0	10,0	35	0	40

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.

3.6 Bemessungswasserstand

Während der Aufschlussarbeiten wurden sehr unterschiedliche Wasserstände angetroffen. Für die Planung sollte ein Bemessungswasserstand von -6,0 m u SO angesetzt werden.

4. Schlussfolgerungen / Empfehlungen

4.1 Gründungstechnische Schlussfolgerungen

In der derzeitigen Planungsphase wird die Herstellung eines Einfeldbauwerks favorisiert. Dieses kann grundsätzlich flach gegründet werden. Die Auffüllung (Schicht 1) ist als Gründungsschicht nicht geeignet. Damit ergeben sich die empfohlenen Mindestgründungsebenen (MGE) aus geotechnischer Sicht wie folgt:

BS 1/14:	-6,33 m u. SO
BS 2/14:	-6,01 m u. SO
BS 3/14:	-9,50 m u. SO
BS 4/14:	-6,64 m u. SO
BS 5/14:	-5,61 m u. SO
BS 6/14:	-5,69 m u. SO

Sollte die Gründung oberhalb dieser MGE erfolgen, ist ein Gründungspolster entsprechend den Angaben in Punkt 3.4 einzubauen.

4.2 Hinweise zur Bauausführung

4.2.1 Baugrube

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

Unverbaute Baugruben

Für unverbaute Baugruben ergibt sich der ohne rechnerische Nachweis einzuhaltenende Böschungswinkel aus der DIN 4124 zu $\beta = 45^\circ$.

Verbaute Baugruben

Alternativ kann eine Sicherung der Baugruben mittels Verbau ausgeführt werden.

Für die notwendigen erdstatischen Berechnungen sind die charakteristischen Bodenkennwerte aus Abschnitt 3.4 zu verwenden.

Das Einbringen von Spundbohlen kann prinzipiell rammend oder vibrierend erfolgen. Durch die Rammwirkung bzw. Vibration können sich die anstehenden Aufschüttungen (Schicht 1) verdichten und Setzungserscheinungen hervorrufen. Eine Bodenklassifikation für Bohrarbeiten und eine Einstufung der Böden für Rammarbeiten sind dem Abschnitt 4.2.3 zu entnehmen.

Aufgrund des Abstandes zu den Gleisanlagen der DB AG ist sowohl durch Ramm- als auch durch Vibrationsarbeiten eine Beeinflussung der Gleisanlagen zu erwarten.

Ein alternatives, erschütterungsarmes Einpressen von Spundbohlen ist nur grundsätzlich möglich. Eine weitere erschütterungsarme Alternative wäre das Einstellen der Wände in Bohrlöcher und das anschließende Verfüllen mit Beton im zum Lastabtrag benötigten Bereich.

Für die Bemessung des Verbaus in vertikaler Tragrichtung (z.B. Hilfsbrücke) können die Kennwerte aus Tabelle 7 genutzt werden. Die letzten 2 m sind zu rammen.

4.2.2 Wasserhaltung

Zur Trockenhaltung der Baugruben ist voraussichtlich keine Wasserhaltung erforderlich.

4.2.3 Bodenklassen, Bohrbarkeitsklassen, Rammbarkeit

Für die Planung und Ausführung der Erdarbeiten sind die Klassifikation der Bodenschichten nach ihrer Lösbarkeit gemäß DIN 18 300, nach ihrer Einstufung in Bodenklassen entsprechend DIN 18 301 und eine Beurteilung des Baugrundes für das Einbringen von Rammgut in Tabelle 9 zusammengestellt.

Tabelle 9: Klassifizierung der Böden für Erd-, Bohr- und Rammarbeiten

Schicht	Bodenart	Bodengruppe nach DIN 18 196	Bodenklasse nach DIN 18301	Rammpbarkeit
1	Auffüllung, sandig	[OH], [SE, SU, SU*], [A]	BN 1- BB 2 / BS 1-3	leicht - mittelschwer
2	Geschiebelehm/ -mergel	SU*-ST*	BB 2/ BS 1-3	mittelschwer
3	Mittel- und Feinsande (Grobsand)	SE, SU, (SU*) (SW)	BN 1 (BN 2)/ BS 1-3	mittelschwer
4	Schluff, feinsandig	UM-TM	BB 2	leicht - mittelschwer

4.3 Verfüllung der Baugrube

Für die Verfüllung der Baugrube können die Sande (Schicht 3) verwendet werden, wenn sie frei von organischen Beimengungen sind. Die Auffüllungen (Schicht 1), der Geschiebemergel (Schicht 2) und die Schluffe (Schicht 4) sind zur Verfüllung nicht geeignet.

Kennwerte für eventuell erforderliche Ersatzerdstoffe für die Verfüllung können dem Abschnitt 3.5 entnommen werden.

BAUGRUND Stralsund

i. V.



Dipl.-Ing. Holger Chamier



Dipl.-Ing. Kerstin Gallasch