



Geotechnik



BAUGRUNDGUTACHTEN

Projekt-Nr.:	20/2389
Bauvorhaben:	Gießen – Fulda Strecke 3700 BÜ km 102,6 „Maberzeller Straße“ Änderung der Bahnübergangsanlagen
Auftraggeber:	WSP Infrastructure Engineering GmbH Rudower Chaussee 12 F 12489 Berlin
Aufsteller:	Baugrund Stralsund Ing. mbH Carl-Heydemann-Ring 55 18437 Stralsund Dipl.-Geol. Felicitas Krause

Stralsund, 30. Juli 2021

INHALT

1	Unterlagenverzeichnis	3
2	Anlagenverzeichnis.....	4
3	Bauvorhaben / Aufgabenstellung	5
4	Feld- und Laborarbeiten.....	6
4.1	Baugrunderkundung	6
4.2	Laboruntersuchungen	7
4.2.1	Bodenmechanische Laboruntersuchungen	7
4.2.2	Chemische Analytik	8
5	Baugrundverhältnisse und Wasserverhältnisse	9
5.1	Baugelände	9
5.2	Baugrundsichtung	9
5.3	Baugrundeigenschaften, Bodenklassifizierung und Homogenbereiche	10
5.4	Ergebnisse der chemischen Analytik und abfalltechnische Bewertung	14
5.5	Wasserverhältnisse	16
6	Berechnungskennwerte	16
6.1	Charakteristische Bodenkennwerte	16
6.2	Auffüllungen / Hinterfüllungen	17
7	Geotechnische Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise	17
7.1	Gründung der Schranken- und Lichtsignalanlagen	17
7.2	Gründung des Überwachungssignales	18
7.3	Gründung Betonschaltheus	19
7.4	Verkehrsflächen.....	20
7.5	Gleisquerung	22
7.6	Weitere Hinweise zur Bauausführung	23

1 Unterlagenverzeichnis

- U 1 Leistungs- und Honorarangebot Nr. 519/20 vom 17. Juli 2020 / Angebots-
aufforderung vom 02. Juli 2020
- U 2 Auftrag vom 05. August 2020
- U 3 Änderung der Bahnübergangsanlagen, Strecke 3700, Gießen – Fulda, Kreuzungsplan - Bodengutachten, BÜ 102,6 „Maberzeller Straße“, km 102,635; BUES2000-LzF-ÜS, Plan-Nr. IW 3740.102,6.23 001, WSP Berlin, Stand: 30. November 2020
- U 4 Änderung der Bahnübergangsanlagen, Strecke 3700, Gießen – Fulda, Kabeltrassenplan - Bodengutachten, km 101,7+67 – km 102,6+24, Erneuerung BÜ-Anlagen, Plan-Nr. IW 3700.098,2.-102,6.07, Blatt 8 von 10, WSP Berlin, Stand: 27. November 2020
- U 5 Änderung der Bahnübergangsanlagen, Strecke 3700, Gießen – Fulda, Kabeltrassenplan - Bodengutachten, km 102,6+24 – km 103,4+54, Erneuerung BÜ-Anlagen, Plan-Nr. IW 3700.098,2.-102,6.07, Blatt 9 von 10, WSP Berlin, Stand: 27. November 2020
- U 6 Erläuterungsbericht zur Entwurfsplanung, Änderung einer Bahnübergangsanlage, Projektnummer: T016046857, Streckennummer: 3700 von km 101,6 bis km 103,7, WSP Berlin, Stand 30.11. 2020
- U 7 Schichtenverzeichnisse und Bodenproben der Bohrsondierungen BS 1/21 bis BS 6/21, BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, April und Juni 2021
- U 8 Ergebnisse der Schweren Rammsondierungen DPH 3/21, DPH 4/21, DPH 5/21 und DPH 6/21, BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, Juni 2021

- U 9 Asphaltprobe (AP1/21), entnommen aus der Wegbefestigung (vgl. Anlage 1),
BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, Juni 2021
- U 10 Protokoll zur Entnahme von Altschotterproben aus dem Schotterschurf
Sch 1/21, BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, 15. April 2021
- U 11 Vermessungsunterlagen der Höhen- und Lagemessung der Aufschlussan-
satzpunkte, BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, April und Juni
2021
- U 12 Bodenmechanischer Laborprüfbericht Nr. 1, BAUGRUND Stralsund Ing. mbH,
26. Juli 2021
- U 13 Prüfberichte 21-3323-001 bis -003, Industrie- und Umweltlaboratorium GmbH,
29. Juli 2021 (Analytik Boden, Asphalt, Schotter)
- U 14 TM: 4-2015-10323 I. NPS 3 zur Ril 819 892: Betonfundamente, DB Netze,
10. April 2015
- U 15 TM: 4-2016-10434 I. NPS 3 zur Ril 819 892: Rammrohrgründung – große
Bauform – DB Netze, 05. September 2016

2 Anlagenverzeichnis

- | | | |
|-----|----------|---|
| A 1 | 3 Blatt | Lage- und Aufschlussplan |
| A 2 | 2 Blatt | Bohrprofile und Sondierdiagramme |
| A 3 | 16 Blatt | Bodenmechanischer Laborprüfbericht Nr. 1 |
| A 4 | 2 Blatt | Protokoll der Entnahme von Altschotterproben (Sch 1/21) |
| A 5 | 9 Blatt | Prüfberichte Nr. 21-3323-001 bis -003
(Analytik Boden, Asphalt, Schotter) |
| A 6 | 2 Blatt | Zusammenstellung chemische Analytik- Schotter, Boden |
| A 7 | 1 Blatt | Bemessungswert Sohlwiderstand, Einzelfundamente, BSH |
| A 8 | 3 Blatt | Bemessungswert Sohlwiderstand, Einzelfundamente,
Schranken- und Lichtsignalanlagen |

3 Bauvorhaben / Aufgabenstellung

An der Bahn-Strecke 3700, Gießen-Fulda, ist die Änderung der Bahnübergangsanlagen bei km 102,6 vorgesehen. Die geplante Baumaßnahme umfasst folgende Teilmaßnahmen:

- Erneuerung der Schranken- und Lichtsignalanlagen
- Neubau von zwei Überwachungssignalen bei km 101,935 und 103,355
- Neubau eines Betonschalthauses (BSH) im Quadranten II
- Ausbau des Rad- und Fußweges auf eine Breite von 3,0 m
- Neubau Gleisquerung DN 300 im unterirdischen Rohrvortrieb bei km 102,621

Die Gründung der Schranken- und Lichtsignalanlagen soll standardisiert mittels Betonmonolithen (große Bauform bzw. kleine Bauform) erfolgen.

Das Betonschalthaus (BSH) soll ebenfalls standardisiert auf Betonmonolithen (kleine Bauform) gegründet werden.

Für das Überwachungssignal ist eine Gründung mittels Rammrohren geplant.

Für den Rad- und Fußweg ist gemäß RStO 12, Tafel 6, Zeile 1 folgender Aufbau geplant.

10 cm Asphalttragdeckschicht

15 cm Schottertragschicht 0/32

15 cm Frostschuttschicht 0/45

40 cm Gesamtdicke

Beim v. g. Aufbau ist auf dem Planum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Die Zuwegung zum Betonschalthaus wird mit einer Oberflächenbefestigung aus Öko-Rasenfugenpflaster hergestellt. Folgender Aufbau ist geplant:

8 cm Öko-Rasenfugenpflaster

4 cm Pflastersand

23 cm Frostschuttschicht 0/45

35 cm Gesamtdicke

Beim v. g. Aufbau ist auf dem Planum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Die BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH wurde mit der Durchführung von Baugrunderkundungen und der Erstellung eines Baugrundgutachtens zum geplanten Bauvorhaben einschließlich der abfalltechnischen Bewertung der potenziellen Aushubböden und Baustoffe beauftragt.

4 Feld- und Laborarbeiten

4.1 Baugrunderkundung

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden im April und Juni 2021 sechs Bohrsondierungen (BS 1/21 bis BS 6/21) mit einer Tiefe von 6,0 m und 9,0 m abgeteuft.

Aus den Bohrsondierungen wurden Bodenproben je laufenden Meter und bei Schichtwechsel entnommen. Zum Nachweis der Leitungsfreiheit wurden vor dem Abteufen der Bohrsondierungen Handschachtungen bis 1,2 m Tiefe je Ansatzpunkt ausgeführt.

Die direkten Aufschlüsse wurden durch indirekte Aufschlüsse in Form von Schweren Rammsondierungen (DPH 3/21, DPH 4/21, DPH 5/21 und DPH 6/21) ergänzt.

Darüber hinaus wurde aus der derzeitigen Wegbefestigung am bestehenden Bahnübergang zur umwelttechnischen Bewertung des Ausbausphalts eine Asphaltprobe (vgl. Anlage 1) entnommen.

Zur Beurteilung der Beseitigungs- / Verwertungsmöglichkeiten des Altschotters im geplanten Baubereich wurde ein Schurf (Sch 1/21) im Schwellenfach ausgeführt und Bodenproben gemäß Altschotterrichtlinie entnommen. Das Protokoll zur Entnahme der Altschotterproben ist als Anlage 4 dem vorliegenden Bericht beigelegt.

Sämtliche Aufschlussansatzpunkte wurden lage- und höhenmäßig (NHN) eingemessen.

Eine Übersicht über die Aufschlüsse zeigen der Lage- und Aufschlussplan in Anlage 1 sowie Tabelle 1. Die höhengerecht dargestellten Schichtenprofile und Sondierdiagramme sind der Anlage 2 zu entnehmen.

Tabelle 1: Übersicht über die Aufschlussansatzpunkte

Aufschluss	Höhe Ansatzpunkt [m NHN]	Aufschlusstiefe [m]	Endteufe [m NHN]	Lage
BS 1/21	+266,87	6,0	+260,87	BSH, Zufahrt BSH, Gleisquerung
BS 2/21	+267,26	6,0	+261,26	Gleisquerung
BS 3/21 + DPH	+266,91	9,0	+257,91	Schranken und Lichtsignalanlagen, Zufahrt BSH
BS 4/21 + DPH	+267,89	9,0	+258,89	Schranken- und Lichtsignalanlagen
BS 5/21 + DPH	+273,98	9,0	+264,98	Überwachungssignal km 101,935
BS 6/21 + DPH	+259,85	9,0	+250,85	Überwachungssignal km 103,355
AP 1	Asphaltproben entnommen aus der Wegbefestigung (vgl. Anlage 1)			
Schurf 1/21	+267,19	1,0	+266,19	Gleis bei km 102,630

4.2 Laboruntersuchungen

4.2.1 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

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

- Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN EN ISO 17892-1
- Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12
- Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4
- Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18128

Die detaillierten Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche sind dem Laborprüfbericht in Anlage 3 zu entnehmen.

4.2.2 Chemische Analytik

In Hinblick auf die Verwertung / Beseitigung von Ausbaustoffen (Altschotter, Boden, Asphalt) waren diese chemisch zu analysieren und die Ergebnisse zu bewerten. Die umwelttechnischen Untersuchungen der potenziellen Ausbaustoffe wurden von der Industrie- und Umweltlaboratorium GmbH Greifswald durchgeführt.

Schotter/Boden

Aus dem b-Horizont des Schotters wurde der Feinanteil abgesiebt (Sch 1/21, EP 1; 0 – 31,5 mm), die Probe an das o. g. Chemielabor zu Analytik übergeben und gemäß Altschotterrichtlinie 880.4010 sowie auf Herbizide (lt. Niedersächsischen Erlass) untersucht. Zur abfalltechnischen Deklaration des Bodens im c-Horizont wurde die aus dem Schurf Sch 1/21 entnommene Bodenprobe (EP 2; U, t, fs) ebenfalls dem o.g. chemischen Labor zur Analytik nach TR LAGA übergeben.

Die Ergebnisse der chemischen Analytik sind in den Anlagen 6.1 und 6.2 zusammengefasst und den relevanten Grenzwerten der geltenden Richtlinien gegenübergestellt. Die Prüfberichte sind als Anlage 5 dem vorliegenden Gutachten beigelegt. Unter Abschnitt 5.4 des vorliegenden Gutachtens erfolgt eine Bewertung der Ergebnisse der chemischen Analytik

Asphalt

Zur Bewertung der Wiederverwertbarkeit des Ausbauasphaltes wurde die Asphaltprobe AP 1 im chemischen Labor (Industrie- und Umweltlaboratorium Greifswald) gemäß RuVA-StB auf die Parameter PAK und Phenole analysiert. Die detaillierten Analysenergebnisse sind dem Prüfbericht in Anlage 5 zu entnehmen. Unter Abschnitt 5.4 erfolgt eine Bewertung der vorliegenden Analysenergebnisse.

5 Baugrundverhältnisse und Wasserverhältnisse

5.1 Baugelände

Der Bahnübergang km 102,6 liegt in der Gemeinde Stadt Fulda und kreuzt das Streckengleis der Strecke 3700. Die höhengleiche Kreuzung liegt im Zuge eines Fuß- und Radweges (Breite 2,9 bis 3,5 m). Die genaue Lage geht aus dem Lage- und Aufschlussplan der Anlage 1 hervor.

Das Baugelände ist generell in östliche Richtung (Richtung Flusslauf der Fulda) geneigt. Die natürliche Geländeoberfläche liegt bei ca. +260 m NHN im Westen (km 101,935) und ca. +245 m NHN im Osten (km 103,355).

Am Bahnübergang wechselt die Gleislage von einer Dammlage (westlich des BÜ) in einen Einschnitt (östlich des BÜ). Ausgehend von den Höhen der Aufschlussansatzpunkte liegt das Gelände am Bahnübergang ca. zwischen +266,9 m NHN und + 267,3 m NHN.

Im Bereich der geplanten Überwachungssignale liegt das Gleis in Dammlage, wobei hier der Bahndamm ca. 5 m (km 101,935) bzw. 14 m (km 103,355) hoch ist.

Die Bahnstrecke ist eingleisig und wird mit $v = 100 \text{ km/h}$ (Gleisbelastung beträgt < 30.000 Leistungstonnen/Tag) befahren.

5.2 Baugrundsichtung

Nachfolgend wird die wesentliche Baugrundsichtung zusammenfassend dargestellt. Einzelheiten sind den zugehörigen Bohrprofilen in Anlage 2 in Verbindung mit dem Lageplan der Anlage 1 zu entnehmen. Die angegebenen Schichtnummern werden im Gutachten durchgängig verwendet.

Als Geländedeckschicht wurden Auffüllungen (Schicht 1), bestehend aus umgelagerten sandigen, schwach tonigen bis tonigen Schluffen, mit Mächtigkeiten in Abhängigkeit von der Höhe des Bahndammes von 1,4 m (BS 2/21) bis $> 9 \text{ m}$ (BS 6/21) angetroffen.

Im oberen Meter sind die Auffüllungen häufig organisch durchsetzt (Schicht 1a). Darunter weisen die Auffüllungen keine nennenswerten organischen Anteile (Schichten 1b/1c) auf. Die Konsistenz der Auffüllungen wird als weich bis steif (Schicht 1a und 1b) bzw. steif, untergeordnet halbfest, (Schicht 1c) beurteilt.

Die Auffüllungen werden von feinkörnigen bis gemischtkörnigen Böden (Schluffe mit sandigen, tonigen und zum Teil kiesigen Beimengungen; Schicht 2) unterlagert.

Es handelt sich hierbei um zu Lockergestein zersetztem Festgestein (Verwitterungsprodukte in Form von Verwitterungslehm). Die Konsistenz des Verwitterungslehms wechselt zwischen steif (Schicht 2a) und steif bis halbfest (Schicht 2b).

Unterlagert wird der Verwitterungslehm häufig von Sanden (Schicht 4) und in größerer Tiefe (ab ca. +262 m NHN) von Tonen (Schicht 3).

Die anstehenden Sande wurden mit Mächtigkeiten von 0,9 bis 1,8 m erkundet. Es handelt sich um Mittelsande mit feinsandigen, grobsandigen und schluffigen Beimengungen, die ausgehend von den Schlagzahlen der Schweren Rammsondierungen mitteldicht bis dicht gelagert sind.

Der Ton (Schicht 3) weist eine steife bis halbfeste (Schicht 3a) bzw. halbfeste bis feste Konsistenz (Schicht 3b) auf.

5.3 Baugrundeigenschaften, Bodenklassifizierung und Homogenbereiche

Nachfolgend werden die bodenmechanischen Eigenschaften der Böden zusammenfassend beschrieben. Einzelheiten sind den Schichtenprofilen der Anlage 2 in Verbindung mit dem Lageplan der Anlage 1 und dem bodenmechanischen Laborprüfbericht in Anlage 3 zu entnehmen. Die Benennung der Schichten erfolgt gemäß DIN EN ISO 14688-1, die bautechnische Klassifikation in Bodengruppen nach DIN 18 196.

Schicht 1a	Auffüllung, organisch	[OU]
	Schluff, schwach tonig bis tonig	
	schwach sandig bis stark sandig	
	organische Beimengungen	
	leichtplastisch	
	weiche bis steife bzw. steife Konsistenz	
	Fremdanteile: Schotter-, Splitt- und Ziegelreste	

Schicht 1b	Auffüllung Schluff, tonig, sandig z.T. schwach kiesig leichtplastisch weiche bzw. weiche bis steife Konsistenz	[TL]
Schicht 1c	Auffüllung Schluff, tonig, sandig z.T. schwach kiesig leichtplastisch steife, untergeordnet halbfeste Konsistenz	[TL]
Schicht 2a	Schluff (Verwitterungslehm) Schluff, tonig sandig bis stark sandig z.T. schwach kiesig bis kiesig leichtplastisch steife Konsistenz	TL
Schicht 2b	Schluff (Verwitterungslehm) Schluff, tonig sandig bis stark sandig z.T. schwach kiesig bis kiesig leichtplastisch steife bis halbfeste Konsistenz	TL
Schicht 3a	Ton stark schluffig schwach sandig mittelpastisch steife bis halbfeste Konsistenz	TM

Schicht 3a	Ton stark schluffig schwach sandig mittelplastisch halbfeste bis feste Konsistenz	TM
Schicht 4	Sand Mittelsand, feinsandig schwach grobsandig bis grobsandig meist schwach schluffig bis schluffig mitteldicht bis dicht gelagert	SU, SU*, SE

Den v.g. Baugrundsichten können zusammenfassend nachfolgende Bodenkennwerte zugeordnet werden. Grundlage dafür sind die bodenmechanischen Eigenschaften der Böden nach den Ergebnissen der bodenmechanischen Laborversuche und nach unseren Erfahrungen mit vergleichbaren Böden.

In Tabelle 2 sind darüber hinaus die Homogenbereiche nach VOB/C für

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

sowie die Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 17 angegeben.

Tabelle 2: Bodenmechanische Kennwerte und Homogenbereiche

Homogenbereich nach VOB/C	A	B	B	C	C	D	D	E
Schicht	1a	1b	1c	2a	2b	3a	3b	4
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung (Schluff, organisch)	Auffüllung (Schluff)		Schluff (VL)		Ton		Sand
Bodengruppe nach DIN 18 196	[OU]	[TL]		TL		TM		SU, SU*, SE
Bodengruppe nach ATV-DVWK A 127	G4					G4		G1 ... G3
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 17	F3					F3		F1 ... F3
Feinkornanteil d < 0,063 mm	57,1 ... 79,5					85,8 ¹⁾		11,7 ... 20,9
Sandanteil d = 0,063 ...2,0 mm	19,9 ... 42,3					14,2 ¹⁾		75,0 ... 88,1
Kiesanteil d = 2,0...63 mm	0,6 ... 6,9					0 ¹⁾		0,3 ... 4,1
Massenanteil Steine/ Blöcke [%]	2)			-		-		-
Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]	2,6*10 ⁻⁹ ... 1,0*10 ⁻⁸					<1*10 ⁻⁸		8,5*10 ⁻⁶ ... 6,6*10 ⁻⁵
Wassergehalt w [%]	17,2 ... 25,5	18,0 ... 19,1	16,6 ... 21,3	16,1 22,7	13,6 ¹⁾	23,4 ¹⁾	16,8 ... 20,0	-
Glühverlust V _{GL} [%]	6,4 ... 13,8	<2		<2		<2		<2
Lagerungsdichte D	-	-		-		-		0,4 ... 0,6
Konsistenz I _c [--]	0,5 ... 1,0		0,81 ¹⁾	1,02 ¹⁾	1,03 ¹⁾	~1,0	1,17 ¹⁾	-
Plastizitätszahl I _P [%]	12,9 ¹⁾			10,03 ... 12,79		19,78 ¹⁾		-
Abrasivität	schwach bis normal abrasiv			schwach bis normal abrasiv		schwach abrasiv		abrasiv
Rammpbarkeit	leicht bis mittelschwer			mittelschwer bis schwer		mittelschwer bis schwerst		mittelschwer bis schwerst

1) Einzelwert

2) Natürliche Blöcke und große Blöcke sind nicht enthalten, innerhalb der Schicht sind jedoch Fremdstoffeinlagerungen unterschiedlicher Größe und Anteile möglich.

5.4 Ergebnisse der chemischen Analytik und abfalltechnische Bewertung

Einzelergebnisse der chemischen Analytik der untersuchten Proben (Schotter, Boden, Asphalt) sind den Prüfberichten der Anlage 5 zu entnehmen. In Anlage 6 sind die Analyseergebnisse für Boden und Schotter zusammengefasst und den relevanten Grenzwerten für eine Wiederverwertung / Beseitigung gegenübergestellt. Ferner erfolgt für die einzelnen untersuchten Proben die abfalltechnische Zuordnung durch die Angabe des jeweiligen Abfallschlüssels nach der Abfallverzeichnisverordnung (AVV).

Die Zuordnungswerte der TR-LAGA sind Orientierungswerte. Schadstoffgehalte bis zum Zuordnungswert Z 0 kennzeichnen natürliche Böden bzw. Baustoffe oder Fehlchargen aus der Produktion von Baustoffen, die im Allgemeinen uneingeschränkt eingebaut werden können. Bei Unterschreitung des Zuordnungswertes Z 1 ist ein offener Einbau von Böden und Baustoffen in technischen Bauwerken bzw. unter Berücksichtigung bestimmter Nutzungseinschränkungen möglich. Die höheren Zuordnungswerte Z 1.2 machen dabei gegenüber den Zuordnungswerten Z 1.1 für den offenen Einbau hydrogeologisch günstige Standortbedingungen (gemäß LAGA I.4.3.3.1) erforderlich. Z2-Böden / Baustoffe sind nicht frei verwertbar. Sie können gemäß LAGA-Richtlinie nur eingeschränkt mit definierten Sicherungsmaßnahmen verwertet werden. Böden und Baustoffe mit einer Überschreitung des Z2-Wertes der LAGA-Richtlinie sind generell fachgerecht zu beseitigen/entsorgen.

Schotter (Horizont a+b) und Boden (c-Horizont)

Die untersuchte Probe aus den Schotterfeinanteilen zeigt für die Parameter Chrom, Kupfer und Nickel im Feststoff Überschreitungen der Z0-Werte der TR-LAGA.

Der Gehalt an Herbiziden liegt zum Teil über dem Grenzwert von 0,5 µg/l (Bromacil).

Der Gehalt an AMPA und Glyphosat liegt ebenfalls über dem Grenzwert von < 0,10 µg/l.

Die Feinfraktion wird somit dem Zuordnungswert Z2 zugeordnet.

Zur Ermittlung der Einbauklassen gemäß Altschotterrichtlinie wurden die Ergebnisse der chemischen Analytik der Schotterfeinanteile < 31,5 mm auf die Gesamtfraktion hochgerechnet. Es wurde gemäß der v.g. Richtlinie von einem Feinkornanteil von ca. 33 % ausgegangen. Die Gesamtschotterfraktion ist somit ebenfalls dem Zuordnungswert Z2 zuzuordnen.

Die Bewertung der Feinfraktion kommt zur Anwendung, wenn der Altschotter bei der Aufbereitung durch Siebung aufgetrennt wird. Im Falle einer Entsorgung der Gesamtfraktion ohne Aufbereitung sind die hochgerechneten Gehalte und die daraus abgeleitete Einstufung der Gesamtfraktion maßgebend.

Der Altschotter ist als nichtgefährlicher Abfall einzustufen und dem AVV-Abfallschlüssel 17 05 08 zuzuordnen.

Die aus dem c-Horizont untersuchte Probe zeigt lediglich eine Überschreitung des Z1-Zuordnungswertes für TOC (2,7%). Der Boden aus dem c-Horizont ist somit als nichtgefährlicher Abfall einzustufen. Er ist der Einbauklasse EK2 und dem Abfallschlüssel 170504 zuzuordnen.

Asphalt

Einzelergebnisse der chemischen Analytik der Asphaltprobe sind dem Prüfbericht der Anlage 5 zu entnehmen.

In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die Ergebnisse der chemischen Analytik des Asphalts zusammengefasst, den Verwertungsklassen nach den Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/ pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau RuVA-StB 01 zugeordnet.

Tabelle 3: Untersuchungsergebnisse chemische Analytik Asphalt

Probe	Entnahmetiefe	Gesamtgehalt im Feststoff PAK nach EPA	Phenolindex im Eluat	Verwertungsklasse nach RuVA-StB 01
	[cm]	[mg/kg]	[µg/l]	
AP 1	0,0 – 6,0	6,61	< 10	A
Verwertungsklasse nach RuVA-StB 01	A	≤ 25	≤ 100	
	B	> 25	≤ 100	
	C	Wert ist anzugeben	> 100	

Zusammenfassend wird festgestellt, dass der Asphalt keine umwelttechnischen Einschränkungen aufweist (Verwertungsklasse A nach RuVA-StB 01/05).

Asphalt der Verwertungsklasse A ist entsprechend RuVA-StB 01 als nichtpechhaltig zu bewerten. Er kann als Zusatz in Form von Fräsasphalt bzw. Asphaltgranulat für die Herstellung von Tragschichtasphalt im Heißmischverfahren verwendet werden.

5.5 Wasserverhältnisse

Während der Aufschlussarbeiten wurde kein Wasser angetroffen.

Unabhängig davon, ist aufgrund der oberflächennah vorhandenen gering wasserdurchlässigen Böden (Schichten Nr. 1 bis 3) grundsätzlich nicht auszuschließen, dass sich nach langanhaltenden ergiebigen Niederschlägen lokal zeitweilig Stauwasser bis nahe der vorhandenen GOK ausbilden kann.

6 Berechnungskennwerte

6.1 Charakteristische Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen werden nachfolgend in der Tabelle 4 die charakteristischen Berechnungswerte der maßgebenden Schichten angegeben. Die angegebenen Bodenkennwerte sind gemäß EC 7 / DIN 1054 auf der sicheren Seite liegende Rechenwerte. Die Schichtabgrenzungen können den Profilzeichnungen der Anlage 2 entnommen werden.

Tabelle 4: Charakteristische Bodenkennwerte für erdstatische Berechnungen

Schicht Nr.	Bodenart	Boden- gruppe	I _D /I _C	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	φ_k' [°]	c_k' [kN/m ²]	$E_{s,k}$ [MN/m ²]
1a	Auffüllung (Schluff, organisch)	[OU]	weich bis steif/steif	18,0	9,5	20	2	5-10
1b	Auffüllung (Schluff)	[TL]	weich/ weich bis steif	18,5	10,0	22	7	10
1c	Auffüllung (Schluff)	[TL]	steif, (halbfest)	19,0	10,0	23	8	12
2a	Schluff (VL)	TL	steif	19,0	10,0	24	9	15
2b			steif bis halbfest	19,5	10,5	25	11	20
3a	Ton	TM	steif bis halbfest	19,5	10,5	23	8	15
3b			halbfest bis fest	20,0	10,5	25	15	20
4	Sand	SU, SU*, SE	mitteldicht bis dicht	18,0	10,0	30	0	30

6.2 Auffüllungen / Hinterfüllungen

Als Erdstoffe für Auffüllungen / Hinterfüllungen können prinzipiell sowohl grobkörnige als auch gemischtkörnige Erdstoffe verwendet werden. In Bereichen mit hohen Verdichtungsanforderungen und als Austauschmaterial unterhalb der Verkehrsflächen (Unterbau) wird die Verwendung von grobkörnigen Erdstoffen mit einem Ungleichförmigkeitsgrad $C_u \geq 3$ empfohlen. Für grob- und gemischtkörnige Erdstoffe können für eine Vorbemessung die in Tabelle 5 genannten charakteristischen Bodenkennwerte in Ansatz gebracht werden.

Tabelle 5: 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	10,0	32	0	25
grobkörnige Erdstoffe: GE, GI, GW, SE, SI, SW	$D_{PR} \geq 100 \%$	18,0	10,5	34	0	40
gemischtkörnige Erdstoffe: GU, GT, SU, ST, GU*, GT*, SU*, ST*	$D_{PR} \geq 97 \%$	20,0	10,0	28	5	20

Die Erdstoffe sind entsprechend den Vorgaben der ZTV E-StB lagenweise einzubauen und zu verdichten.

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.

7 Geotechnische Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise

7.1 Gründung der Schranken- und Lichtsignalanlagen

Die geplante Flachgründung der Schranken- und Lichtsignalanlagen kann, wie geplant, mittels Blockfundamenten (Monolithe) erfolgen. Die Einzelfundamente werden gemäß U 14 (TM: 4-2015-10323 I.NPS 3) in Abhängigkeit von den Fundamentabmessungen in einer Tiefe von 0,9 m bis 1,8 m unter Gelände gegründet.

Die Auffüllungen der Schichten 1a und 1b sind nicht ausreichend tragfähig. Sofern sie unterhalb der Gründungsebene anstehen, sind diese Auffüllungen auszuheben und durch ein verdichtetes Sand-/Kiespolster zu ersetzen. Das zum Einsatz kommende Polstermaterial hat folgenden Anforderungen zu genügen:

Bodenart:	grobkörnige Sande und Kiese (GE, GI, GW, SE, SI)
Ungleichförmigkeit:	$C_U \geq 3$
Proctordichte:	$\rho_{Pr} \geq 1,75 \text{ t/m}^3$
organische Anteile:	$V_{gl} < 3 \%$
Feinkornanteil $d < 0,063 \text{ mm}$:	$< 5 \%$

Das Gründungspolster ist lagenweise unter einem Druckverteilungswinkel von $\beta = 45^\circ$ zur Fundamentaußenkante einzubauen und auf $D_{Pr} \geq 98 \%$ zu verdichten.

Berechnungskennwerte für das Gründungspolster können Abschnitt 6.2 entnommen werden.

Die Auffüllungen der Schicht 1c, die anstehenden Schluffe (Schicht 2), die Sande (Schicht 4) sowie die Tone (Schicht 3) sind zur Aufnahme der zu erwartenden Bauwerkslasten geeignet.

Für lotrecht mittig belastete Fundamente sind der Bemessungswert des Sohlwiderstandes und die Setzungen in Abhängigkeit von der Fundamentgröße für Einzelfundamente in der Anlage 8 angegeben. Bei den Berechnungen wurde eine Einbindetiefe der Fundamente von 0,9 m (Anlage 8.1), 1,2 m (Anlage 8.2) und 1,8 m (Anlage 8.3) berücksichtigt.

7.2 Gründung des Überwachungssignales

Die geplanten Signale bei km 101,935 (BS 5/21) und km 103,355 (BS 6/21) können wie geplant mittels Rammrohren gegründet werden. Hierfür sind nach den Vorgaben der DB Netz AG Mindestrohrlängen für die kleine Bauform von 3,0 m (ebenes Gelände) bzw. 4,0 m (Böschungen) sowie für die große Bauform von 5,0 m (ebenes Gelände) bzw. 6,0 m (Böschungen) bei den im Baubereich überwiegend angetroffenen Böden (bindig) erforderlich.

Gemäß Unterlage U 15 erfüllen die umgelagerten Schluffe der Schichten 1a und 1b nicht die Anforderungen an die Bodenkennwerte für eine Regelgründung. Erst die ab 1,0 m unter Gelände (+272,98 m NHN, km 101,935) bzw. ab 1,4 m unter Gelände (+258,45 m NHN, km 103,355) angetroffenen Böden erfüllen die Anforderungen an die Bodenkennwerte für eine Regelgründung. Entsprechend kann die Rammrohrgründung ab den v.g. Ebenen unter Berücksichtigung der Mindesteinbindung gemäß U14 erfolgen. Die Auffüllungen der Schichten 1a und 1b sind aufgrund ihrer Eigenschaften nicht anzusetzen.

Für die Gründung der Überwachungssignale empfehlen wir nachfolgend aufgeführte Rammrohrlängen bzw. Pfahlabsetzebenen.

Tabelle 6: empfohlene Rammrohrlängen / empfohlene Pfahlabsetzebenen

Aufschluss	Höhe GOK [m NHN]	Pfahlabsetzebene			
		große Bauform		kleine Bauform	
BS 5/21 ¹⁾ (km 101,935)	+273,98	+266,98 m NHN	7,0 m u. GOK	+268,98 m NHN	5,0 m u. GOK
BS 6/21 ¹⁾ (km 103,355)	+259,85	+252,45 m NHN	7,4 m u. GOK	+254,45 m NHN	5,4 m u. GOK

¹⁾ liegt im Böschungsbereich

7.3 Gründung Betonschaltheus

Nach der vorliegenden Unterlage U 6 wird das Betonschaltheus (BSH) standardisiert auf Einzelfundamenten (Betonmonolithe) flach gegründet. Bei einer aufgrund der Frostepfindlichkeit der anstehenden Böden erforderlichen Mindesteinbindetiefe der Fundamente von 0,8 m liegt die Gründungsebene innerhalb der Auffüllungen der Schichten 1b und 1c.

Ausgehend von den zu erwartenden verhältnismäßig geringen Lasten können die Fundamente in den Auffüllungen der Schichten 1b/1c flach gegründet werden. Die darunter anstehenden Schluffe (Schicht 2) und Tone (Schicht 3) sind ebenfalls zur Aufnahme der zu erwartenden Bauwerkslasten geeignet.

Sofern während der Tiefbauarbeiten festgestellt wird, dass in Höhe der Aushubebene noch organisch durchsetzte Auffüllungen (Schicht 1a) lagern, sind diese aufgrund der nicht ausreichenden Tragfähigkeit unterhalb der Gründungselemente auszuheben und durch ein verdichtetes Sand-/Kiespolster zu ersetzen. Das zum Einsatz kommende Polstermaterial hat folgenden Anforderungen zu genügen:

Bodenart:	grobkörnige Sande und Kiese (GE, GI, GW, SE, SI)
Uneichförmigkeit:	$C_U \geq 3$
Proctordichte:	$\rho_{Pr} \geq 1,75 \text{ t/m}^3$
organische Anteile:	$V_{gl} < 3 \%$
Feinkornanteil $d < 0,063 \text{ mm}$:	$< 5 \%$

Das Gründungspolster ist lagenweise unter einem Druckverteilungswinkel von $\beta = 45^\circ$ zur Fundamentaußenkante einzubauen und auf $D_{Pr} \geq 98 \%$ zu verdichten.

Berechnungskennwerte für das Gründungspolster können Abschnitt 6.2 entnommen werden.

Für lotrecht mittig belastete Fundamente sind der Bemessungswert des Sohlwiderstandes und die Setzungen in Abhängigkeit von der Fundamentgröße für Einzelfundamente in der Anlage 7 angegeben. Bei den Berechnungen wurde eine Einbindetiefe der Fundamente von 0,8 m berücksichtigt.

Sofern die ausgewiesenen Bemessungswerte des Sohlwiderstandes nicht ausreichend sind, sind die Auffüllungen der Schichten 1b und 1c unterhalb der Fundamente auszuheben und durch ein verdichtetes Sand-/Kiespolster zu ersetzen (siehe oben) bzw. die Fundamente bis auf den anstehenden Boden (Schicht 2) herunterzuführen.

7.4 Verkehrsflächen

Die Bemessung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus für den Rad- und Fußweg hat in Abhängigkeit von der Frostempfindlichkeitsklasse nach RStO 12 zu erfolgen. Darüber hinaus sind örtlich bedingte anzusetzende Mehr- bzw. Minderdicken bezüglich ungünstiger Klimaeinflüsse und Wasserverhältnisse zu berücksichtigen.

Bei der Bemessung des frostsicheren Oberbaus ist von einer Frostempfindlichkeitsklasse F3 auszugehen. Die Wasserverhältnisse sind als ungünstig einzustufen, da aufgrund der oberflächennah vorhandenen wasserundurchlässigen Schichten ein Aufstau von Niederschlagswasser bis 1,5 m unter Planum nicht auszuschließen ist.

Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus nach RStO 12 ergibt sich somit zu 45 cm.

Die im Planum anstehenden Böden (Schicht 1a) sind generell als Untergrund für die Straße geeignet. Sie erfüllen erfahrungsgemäß jedoch nicht die Anforderungen an das Planum (Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$). Darüber hinaus ist zu beachten, dass die anstehenden bindigen Böden bei Wasserzutritt oder mechanischer Belastung mit rascher Konsistenzänderung reagieren können. Der Baubetrieb ist darauf abzustellen. Die in Höhe des Planums anstehenden Böden sind gegen mechanische und meteorologische Einflüsse zu schützen.

Sollte der geforderte Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Planum nicht erreicht werden, wird unter Berücksichtigung der eingeschränkten Verdichtbarkeit ein Abtrag der v.g. Böden bis mindestens 0,2 m unter Planum und der Einbau eines gut verdichtungsfähigen Bodens empfohlen. Die tatsächlich erforderliche Dicke des Bodenaustausches hängt vom tatsächlich erreichbaren Verformungsmodul auf dem Planum und den verwendeten Ersatzerdstoffen ab und sollte durch Probeverdichtungen im Zuge der Bauausführung ermittelt werden.

Als Austauschmaterial sind gut verdichtbare und gut durchlässige grobkörnige Erdstoffe zu verwenden, die Nutzung von Frostschutzmaterial der Körnung 0/32 nach ZTV SoB-StB oder einem gleichwertigen Material wird empfohlen.

Die Anforderungen, die an das eingesetzte Material für den Oberbau hinsichtlich des Kornaufbaus sowie der maßgebenden Verdichtungsgrade gestellt werden, sind der ZTV SoB-StB zu entnehmen.

Die Verdichtungsanforderungen sind einzuhalten und durch geeignete Verdichtungskontrollen (z. B. statische Plattendruckversuche nach DIN 18134 und dynamische Plattendruckversuche mit dem Leichten Fallgewichtsgesetz nach TP BF-StB, sofern die Vergleichbarkeit der Ergebnisse nachgewiesen wird) nachzuweisen.

Die Zuwegung zum Betonschaltheus kann wie geplant in Anlehnung an das Arbeitsblatt DWA-A 904 (Richtlinien für den ländlichen Wegebau, Ausgabe Oktober 2005) zur Ausführung kommen. Da auch hier die im Planum anstehenden Böden nicht generell den Anforderungen an das Planum (Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) entsprechen, sind hier die o.g. Hinweise zu berücksichtigen.

7.5 Gleisquerung

Böden im Durchfahrbereich

In Abhängigkeit von der höhenmäßigen Einordnung der Kabelquerung werden Auffüllungen (Schicht 1) und ggf. die anstehenden Schluffe (Schicht 2) durchfahren. Für diese Böden können die Verformungsmoduli E_B in Abhängigkeit vom gewählten Vortriebsverfahren nach DVGW – Merkblatt 312 (A), Abschnitt 4.4, ermittelt und in Ansatz gebracht werden.

In Ergänzung zur Beschreibung der Böden in Abschnitt 5.3 sind nachfolgend die gemäß DWA - A - 125 erforderlichen besonderen bodenmechanischen Angaben für Lockergesteine hinsichtlich eines Rohrvortriebsverfahrens zusammengestellt.

Tragfähigkeit der Böden

Die anstehenden Böden sind als ausreichend tragfähig für die Durchführung eines geschlossenen Rohrvortriebs einzustufen (Stützung des Steuerkopfs, Auflager für die Rohrleitung).

Hindernisse

Mit dem Antreffen von Hindernissen in Form von Steinen ist ggf. innerhalb der Auffüllungen (Fremdbeimengungen) zu rechnen.

Verflüssigungsgefährdung (Liquefaktion)

Schluffe, eingeschlossen die schluffigen Auffüllungen, sind nicht verflüssigungsgefährdet.

Verklebungspotential

Schluffe, eingeschlossen die schluffigen Auffüllungen, weisen ein mittleres bis hohes Verklebungspotential auf.

Grundwasser

Der Durchfahrbereich liegt oberhalb des Grundwasserspiegels.

7.6 Weitere Hinweise zur Bauausführung

Baugruben mit Tiefen > 1,25 m sind ordnungsgemäß abzuböschten oder zu verbauen. Für abgeboöschte Baugruben mit Tiefen bis 3,0 m kann für unbelastete Bööschungen oberhalb des Wasserspiegels ein Bööschungswinkel von $\beta \leq 45^\circ$ gewählt werden.

Ausgehend von den angetroffenen Wasserverhältnissen sind im Zuge der Gründungsarbeiten voraussichtlich keine Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich. Lediglich zur Ableitung anfallender Stau- und Niederschlagswässer ist eine offene Wasserhaltung vorzuhalten.

Zum Schutz des Baugrundes ist darauf zu achten, dass die in Höhe der Gründungsebene anstehenden Böden nicht durch mechanische oder meteorologische Einflüsse gestört werden. In diesem Zusammenhang wird explizit nochmals darauf hingewiesen, dass die anstehenden Schluffe bei Wasserzutritt und mechanischer Belastung mit rascher Konsistenzänderung reagieren. Der Baubetrieb ist darauf abzustellen.

Es ist darauf zu achten, dass die Aushubsohlen nur kurzzeitig offen liegen und / oder vor Witterungseinflüssen durch eine Sauberkeitsschicht aus Magerbeton bzw. das Aufbringen eines Flächenfilters geschützt werden. Bauseitig aufgeweichter oder gefrorener Schluff muss zusätzlich aus der Gründungssohle entfernt und durch grobkörnige Erdstoffe (Gründungspolster) bzw. Magerbeton ersetzt werden.

Bei Einbringung der Pfähle mittels Rammung sind Umlagerungen und damit mögliche Setzungen im Bereich der Gleise nicht ausgeschlossen. Eine bauzeitliche Überwachung der Gleislage wird daher empfohlen.

BAUGRUND STRALSUND

Dipl.-Ing. Holger Chamier

i. A.

Dipl.-Geol. Felicitas Krause