



Geotechnik



BAUGRUNDGUTACHTEN

Projekt-Nr.:	20/2388
Bauvorhaben:	Gießen – Fulda Strecke 3700 BÜ km 100,2 „Am Bildstock“ 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	Weitere Hinweise zur Bauausführung	22

1 Unterlagenverzeichnis

- U 1 Leistungs- und Honorarangebot Nr. 515/20 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, Kreuz-
ungsplan - Bodengutachten, BÜ 100,2 „Am Bildstock“, km 100,231; BÜSA
LzH-Hp / ÜS, Plan-Nr. IW 3740.100,2.23 001, WSP Berlin, Stand: 30. Novem-
ber 2020
- U 4 Änderung der Bahnübergangsanlagen, Strecke 3700, Gießen – Fulda, Kabel-
trassenplan - Bodengutachten, km 100,9+30 – km 101,7+67, Erneuerung BÜ-
Anlagen, Plan-Nr. IW 3700.098,2.-102,6.07, Blatt 7 von 10, WSP Berlin,
Stand: 27. November 2020
- U 5 Erläuterungsbericht zur Entwurfsplanung, Änderung einer Bahnübergangsan-
lage, Projektnummer: T016076206, Streckennummer: 3700 von km 97,7 bis
km 101,4, WSP Berlin, Stand 30. November 2020
- U 6 Schichtenverzeichnisse und Bodenproben der Bohrsondierungen BS 1/21 bis
BS 7/21, BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, April und Juni
2021
- U 7 Ergebnisse der Schweren Rammsondierungen DPH 1/21, DPH 3/21 und
DPH 7/21, BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, April und Juni
2021
- U 8 Asphaltprobe (AP1/21, AP 2/21), entnommen aus der Wegbefestigung (vgl.
Anlage 1), BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, Juni 2021
- U 9 Protokoll zur Entnahme von Altschotterproben aus dem Schotterschurf
Sch 1/21, BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, 13. April 2021

- U 10 Vermessungsunterlagen der Höhen- und Lagemessung der Aufschlussansatzpunkte, BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, April und Juni 2021
- U 11 Bodenmechanischer Laborprüfbericht Nr. 1, BAUGRUND Stralsund Ing. mbH, 26. Juli 2021
- U 12 Prüfberichte 21-3322-001 bis -003, Industrie- und Umweltlaboratorium GmbH, 29. Juli 2021 (Analytik Boden, Asphalt, Schotter)
- U 13 TM: 4-2015-10323 I. NPS 3 zur Ril 819 892: Betonfundamente, DB Netze, 10. April 2015
- U 14 TM: 4-2016-10434 I. NPS 3 zur Ril 819 892: Rammrohrgründung – große Bauform – DB Netze, 05. September 2016

2 Anlagenverzeichnis

- | | | |
|-----|----------|---|
| A 1 | 2 Blatt | Lage- und Aufschlussplan |
| A 2 | 1 Blatt | Bohrprofile und Sondierdiagramme |
| A 3 | 14 Blatt | Bodenmechanischer Laborprüfbericht Nr. 1 |
| A 4 | 2 Blatt | Protokoll der Entnahme von Altschotterproben (Sch 1/21) |
| A 5 | 9 Blatt | Prüfberichte Nr. 21-3322-001 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 100,2 vorgesehen. Die geplante Baumaßnahme umfasst folgende Teilmaßnahmen:

- Erneuerung der Schranken- und Lichtsignalanlagen
- Neubau eines Überwachungssignals bei km 101,061
- Neubau eines Betonschalthauses (BSH) im Quadranten I
- Aufweitung des Wirtschaftsweges außerhalb des BÜ-Bereiches auf der bahnlinken Seite auf eine Breite von 6,5 m bzw. 5,50 m im BÜ-Bereich (Kreuzungsstück)

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 Wirtschaftsweg ist gemäß RStO 12, Tafel 1, Belastungsklasse 1,0, Zeile 3 folgender Aufbau geplant.

4 cm Asphaltbeton
10 cm Asphalttragschicht
15 cm Schottertragschicht
26 cm Frostschuttschicht
55 cm Gesamtdicke

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

Bahnrechts wird der Wirtschaftsweg in ungebundener Bauweise befestigt. Für die ungebundene Bauweise ist ein Fahrbahnaufbau gemäß DWA-A 904 Bild 8.3a, Zeile 2, Spalte 5 vorgesehen:

5 cm Deckschicht (sandgeschlämmt)
35 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 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 sieben Bohrsondierungen (BS 1/21 bis BS 7/21) mit einer Tiefe von 3,0 m bis 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 1/21, DPH 3/21 und DPH 7/21) ergänzt.

Darüber hinaus wurde aus der derzeitigen Wegbefestigung am bestehenden Bahnübergang zur umwelttechnischen Bewertung des Ausbauasphalts zwei Asphaltproben (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]	Aufschluss Tiefe [m]	Endteufe [m NHN]	Lage
BS 1/21 + DPH	+293,81	6,0 ¹⁾ / 8,0 ¹⁾	+287,81 / +285,81	Schraken- und Lichtsignal- anlagen
BS 2/21	+293,64	6,0	+287,64	
BS 3/21 + DPH	+293,87	6,1 ¹⁾ / 4,7 ¹⁾	+287,77 / +289,17	
BS 4/21	+294,15	6,0	+288,15	BSH
BS 5/21	+291,63	3,0	+288,63	Wirtschaftsweg
BS 6/21	+294,64	3,0	+291,64	
BS 7/21 + DPH	+283,29	9,0 / 5,4 ¹⁾	+274,29 / +277,89	Signal km 101,061
AP 1 und AP 2	Asphaltproben entnommen aus der Wegbefestigung (vgl. Anlage 1)			
Schurf 1/21	+293,83	0,90	+286,63	Gleis bei km 100,237

¹⁾ Abbruch, kein Bohrfortschritt bzw. Abbruchkriterium erreicht

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 a-/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. Niedersächsischem Erlass) untersucht. Zur abfalltechnischen Deklaration der Böden im c-Horizont wurde die aus dem Schurf Sch 1/21 entnommene Bodenprobe (EP 2; gS, ms, fs,g*) 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 aus den Asphaltproben eine Mischprobe (MP) hergestellt und im chemischen Labor (Industrie- und Umweltlaboratorium Greifswald) gemäß RuVA-StB auf die Parameter PAK und Phenole analysiert. Die detaillierten Analyseergebnisse sind dem Prüfbericht in Anlage 5 zu entnehmen. Unter Abschnitt 5.4 erfolgt eine Bewertung der vorliegenden Analyseergebnisse.

5 Baugrundverhältnisse und Wasserverhältnisse

5.1 Baugelände

Der Bahnübergang km 100,2 liegt in der Gemeinde Stadt Fulda und kreuzt das Streckengleis der Strecke 3700. Die höhengleiche Kreuzung liegt im Zuge eines Wirtschaftsweges. Die genaue Lage geht aus dem Lage- und Aufschlussplan der Anlage 1 hervor.

Am Bahnübergang wechselt die Gleislage von einer Dammlage (nordwestlich des BÜ) in einen Einschnitt (südöstlich des BÜ). Ausgehend von den Höhen der Aufschlussansatzpunkte liegt das Gelände am Bahnübergang ca. zwischen +292 m NHN und + 294 m NHN.

Im Bereich des geplanten Signals bei km 101,061 liegen die Gleise im Anschnitt (Gleishöhe ca. +283 m NHN).

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

Der die Bahnstrecke querende Wirtschaftsweg ist 3,7 bis 4,5 m breit und ist bahnrechts unbefestigt. Bahnlinks ist der Wirtschaftsweg asphaltiert. Der unmittelbare Kreuzungsbereich ist ebenfalls asphaltiert.

Das Niederschlagswasser entwässert gemäß U 5 über das Längs- und Quergefälle in das umliegende Gelände.

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, bestehend aus umgelagerten sandigen, schwach tonigen Schluffen, mit Mächtigkeiten von 0,1 bis 1,6 m angetroffen. Häufig sind die Auffüllungen organisch durchsetzt (Schicht 1a). Lokal weisen die Auffüllungen keine nennenswerten organischen Anteile (Schicht 1b) auf.

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

Es handelt sich hierbei um zu Lockergestein zersetztem Festgestein (Verwitterungsprodukte in Form von Verwitterungslehm), wobei der Zersetzungsgrad differiert und sich deutlich im Kiesanteil widerspiegelt.

Die Konsistenz des Verwitterungslehms ist steif bzw. steif bis halbfest (Schicht 2a) und in größeren Tiefen meist halbfest bzw. halbfest bis fest (Schicht 2b).

In den Bohrsondierungen BS 3/21 und BS 7/21 wurden bereichsweise Kies bzw. stark kiesige Sande (Schicht 3) mit einer Mächtigkeit von 0,3 bis 1,30 m aufgeschlossen. Bei den Kiesen handelt es sich weitestgehend um Kalk- und Tonsteinreste, d.h., um zu Lockergestein zersetztem Festgestein (=Verwitterungsprodukt in Form von Verwitterungsschutt).

Die Kiese und kiesigen Sande sind ausgehend von den Schlagzahlen der Schweren Rammsondierungen i.d.R. dicht bis sehr dicht gelagert. Oberflächennah (BS 7/21; 0,6 bis 1,5 m unter GOK) liegt eine lockere bis mitteldichte Lagerung vor.

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	[OU]
	Schluff, schwach tonig	
	schwach sandig bis stark sandig	
	überwiegend schwach kiesig bis kiesig	
	organische Beimengungen	
	leichtplastisch	
	steife Konsistenz	

Schicht 1b	Auffüllung Schluff, schwach tonig schwach sandig bis sandig schwach kiesig leichtplastisch steife Konsistenz	[TL]
Schicht 2a	Schluff, kiesig (Verwitterungslehm) Schluff, tonig bis stark tonig schwach sandig bis sandig schwach kiesig leicht- bis mittelplastisch steife bzw. steife bis halbfeste Konsistenz	TL, TM
Schicht 2b	Schluff, kiesig (Verwitterungslehm) Schluff, tonig bis stark tonig schwach sandig bis sandig schwach kiesig leicht- bis mittelplastisch halbfeste bzw. halbfeste bis feste Konsistenz	TL, TM
Schicht 3a	Kies (Verwitterungsschutt) Kies, stark sandig schluffig lockere bis mitteldichte Lagerung	GU*
Schicht 3b	Kies (Verwitterungsschutt) Kies, stark sandig bzw. Sand, stark kiesig schluffig dichte bis sehr dichte Lagerung	GU*, SU*

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

sowie die Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 17 angegeben.

Tabelle 2: Bodenmechanische Kennwerte und Homogenbereiche

Homogenbereich nach VOB/C	A	B	C	D	E	F
Schicht	1a	1b	2a	2b	3a	3b
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung (Schluff, organisch)	Auffüllung (Schluff)	Schluff, kiesig (VL)		Kies (VS)	
Bodengruppe nach DIN 18 196	[OU]	[TL]	TL, TM		GU*, SU*	
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 17	F3		F3		F3	
Feinkornanteil d < 0,063 mm	50 ... 70		61,8 ... 77,9		16,7 ... 24,4	
Sandanteil d = 0,063 ... 2,0 mm	20 ... 60		17,6 ... 32,1		32,0 ... 37,2	
Kiesanteil d = 2,0 ... 63 mm	5 ... 30		4,5 ... 6,1		37,7 ... 50,5	
Massenanteil Steine/ Blöcke [%]	2)		≤15		≤30	
Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]	< 1*10 ⁻⁷		< 1*10 ⁻⁸		2,5*10 ^{-5 1)}	
Wassergehalt w [%]	13,0 ... 20,0		16,6 ... 22,8	8,2 ... 18,1	-	
Glühverlust V _{GL} [%]	6,2 ... 6,5	< 2	< 2		-	
Lagerungsdichte D	-		-		<0,35 ... 0,4	0,5 ... >0,85
Konsistenz I _c [--]	0,75 ... 1,0		0,98 ... 0,99	1,14 ... 1,43	-	
Plastizitätszahl I _P [%]	≤ 10		9,24 ... 21,67		-	
Rammpbarkeit	mittelschwer		mittelschwer bis schwer	schwer bis schwerst	leicht bis mit- telschwer	schwer bis schwerst
	Rammhindernisse möglich					

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 und Nickel im Feststoff (jeweils 190 mg/kg) Überschreitungen der Z1-Werte der TR-LAGA. Darüber hinaus wurde der Z0-Zuordnungswert für Chrom im Feststoff überschritten.

Der Gehalt an AMPA und Glyphosat liegt ebenfalls über dem Grenzwert von < 0,5 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 Gesamtfraction 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 Z0-Zuordnungswertes für TOC (0,69 %). Der Boden aus dem c-Horizont ist somit als nichtgefährlicher Abfall einzustufen. Er ist der Einbauklasse EK1 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]	
MP 1	0,0 – 5,0	19,4	< 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 und 2) 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]	steif	18,5	9,5	20	2	5-10
1b	Auffüllung (Schluff)	[OH]	steif	19,0	10,0	22	7	10
2a	Schluff, kiesig (VL)	TL, TM	steif/ steif bis halbfest	21,0	11,0	25	10	15
2b			halbfest/ halbfest bis fest	21,5	12	26	12	20
3a	Kies / VS	GU*, SU*	locker bis mitteldicht	19,0	10	32	0	20
3b			dicht bis sehr dicht	19,5	10,5	36	0	40

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 13 (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 Schicht 1 sind nicht ausreichend tragfähig. Sofern sie unterhalb der Gründungsebene anstehen, sind die 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 unter den Auffüllungen anstehenden Schluffe (Schicht 2) 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

Das geplante Signal bei km 101,061 (BS 7/21) kann 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 getroffenen Böden (bindig) erforderlich.

Gemäß Unterlage U 14 erfüllen die umgelagerten Schluffe (Schicht 1) nicht die Anforderungen an die Bodenkennwerte für eine Regelgründung. Erst die ab 0,6 m unter Gelände (+282,69 m NHN) anstehenden Böden erfüllen die Anforderungen an die Bodenkennwerte für eine Regelgründung. Entsprechend kann die Rammrohrgründung ab UK Auffüllung unter Berücksichtigung der Mindesteinbindung gemäß U 14 erfolgen. Die Auffüllung der Schicht 1 ist aufgrund ihrer Eigenschaften und Inhomogenität nicht anzusetzen.

Für die Gründung des Überwachungssignales bei km 101,061 empfehlen wir nachfolgend aufgeführte Rammrohrlängen bzw. Pfahlabsetzebenen.

Tabelle 6: empfohlene Rammrohrlängen / empfohlene Pfahlabsetzebenen

Aufschluss	Höhe GOK [m NHN]	Pfahlabsetzebene			
		große Bauform		kleine Bauform	
BS 7/21 ¹⁾	+283,29	+276,69 m NHN	6,6 m u. GOK	+278,69 m NHN	4,6 m u. GOK

¹⁾ liegt im Böschungsbereich

7.3 Gründung Betonschaltheus

Nach der vorliegenden Unterlage U 5 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 Schicht Nr. 1a (Auffüllung, Schluff, organisch).

Die Auffüllungen der Schicht 1a sind nicht ausreichend tragfähig. Auffüllungen sind 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)
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 unter den Auffüllungen anstehenden Schluffe (Schicht 2) 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 7 angegeben. Bei den Berechnungen wurde eine Einbindetiefe der Fundamente von 0,8 m berücksichtigt.

7.4 Verkehrsflächen

Die Bemessung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus für den Wirtschaftsweg bahnlinks hat in Abhängigkeit von der Belastungsklasse (Bk 1,0 gemäß U 5) und der Frostepfindlichkeitsklasse nach RStO 12 zu erfolgen. Darüber hinaus sind örtlich bedingte anzusetzende Mehr- bzw. Minderdicken zu berücksichtigen.

Das Baugebiet befindet sich innerhalb der Frosteinwirkungszone II. Bei der Bemessung des frostsicheren Oberbaus ist von einer Frostepfindlichkeitsklasse 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 Straßenaufbaus nach RStO 12 ergibt sich wie folgt:

Tabelle 7: Mindestdicke des frostsichern Oberbaus

	Bk 1,0
Ausgangswert F3	60 cm
Frosteinwirkzone II	+5 cm
keine besonderen Klimaeinflüsse	± 0 cm
Wasserverhältnisse ungünstig	+5 cm
Geländehöhe bis Damm ≤ 2,0 m	± 0 cm
Entwässerung über Mulden, Gräben, bzw. Böschungen	± 0 cm
Mindestdicke	70 cm

Sofern die Entwässerung der Fahrbahn über Rinnen, Abläufe bzw. Rohrleitungen erfolgt, kann die Mindestdicke um 5 cm auf 65 cm reduziert werden.

Die im Planum anstehenden Böden (Schichten 1 und 2) sind generell als Untergrund für die Straße geeignet. Sie erfüllen bei steifer Konsistenz erfahrungsgemäß die Anforderungen an das Planum (Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$). Es ist jedoch 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.

Bahnrechts wird der Wirtschaftsweg in ungebundener Bauweise gemäß DWA-A 904, Bild 8.3a, Zeile 2, Spalte 5 befestigt. Beim v. g. Aufbau ist auf dem Planum ebenfalls ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Das Planum für den Wirtschaftsweg liegt hier unter Annahme einer geländegleichen Lage voraussichtlich in den Auffüllungen der Schicht 1. Hier sind ebenfalls die Hinweise für die Gründung des Wirtschaftsweges bahnlinks zu beachten.

7.5 Weitere Hinweise zur Bauausführung

Baugruben mit Tiefen $> 1,25 \text{ m}$ sind ordnungsgemäß abzuböschten oder zu verbauen. Für abgeboöschte Baugruben mit Tiefen bis $3,0 \text{ m}$ kann für unbelastete Böschungen oberhalb des Wasserspiegels ein Böschungswinkel 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

i. A.

Dipl.-Ing. Holger Chamier

Dipl.-Geol. Felicitas Krause