

Geotechnik

BAUGRUNDGUTACHTEN

Projekt-Nr.:	20/2385
Bauvorhaben:	Gießen – Fulda Strecke 3700 BÜ km 98,2 „Am Melm“ 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	8
4.2.1	Bodenmechanische Laboruntersuchungen	8
4.2.2	Chemische Analytik	8
5	Baugrundverhältnisse und Wasserverhältnisse	9
5.1	Baugelände	9
5.2	Baugrundsichtung	10
5.3	Baugrundeigenschaften, Bodenklassifizierung und Homogenbereiche	11
5.4	Ergebnisse der chemischen Analytik und abfalltechnische Bewertung	14
5.5	Wasserverhältnisse	17
6	Berechnungskennwerte	17
6.1	Charakteristische Bodenkennwerte	17
6.2	Auffüllungen / Hinterfüllungen	18
7	Geotechnische Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise	18
7.1	Gründung der Schranken- und Lichtsignalanlagen	18
7.2	Gründung der Überwachungssignale	19
7.3	Gründung Betonschaltheus	21
7.4	Durchlass	21
7.5	Gleisanlagen.....	22
7.5.1	Allgemeines	22
7.5.2	Bemessung des Tragschichtsystems.....	22
7.6	Verkehrsflächen.....	23
7.7	Weitere Hinweise zur Bauausführung	25
8	Versickerung.....	26

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 98,2 „Am Melm“, km 98,209; BÜSA LzH-ÜS,
Plan-Nr. IW 3740.098,2.23 001, WSP Berlin, Stand: 30. November 2020

- U 4 Änderung der Bahnübergangsanlagen, Strecke 3700, Gießen – Fulda, Kabel-
trassenplan - Bodengutachten, km 97,4+15 – km 97,9,9+15, Erneuerung BÜ-
Anlagen, Plan-Nr. IW 3700.098,2.-102,6.07, Blatt 2 von 10, WSP Berlin,
Stand: 27. November 2020

- U 5 Änderung der Bahnübergangsanlagen, Strecke 3700, Gießen – Fulda, Kabel-
trassenplan - Bodengutachten, km 98,7+73 – km 99,5+87, Erneuerung BÜ-
Anlagen, Plan-Nr. IW 3700.098,2.-102,6.07, Blatt 4 von 10, WSP Berlin,
Stand: 27. November 2020

- U 6 Erläuterungsbericht zur Entwurfsplanung, Änderung einer Bahnübergangs-
anlage, Projektnummer: T016046851, Streckennummer: 3700 von km 97,2 bis
km 99,2, WSP Berlin, Stand 30. November 2020

- U 7 Schichtenverzeichnisse und Bodenproben der Bohrsondierungen BS 1/21 bis
BS 8/21, BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, 07. bis 13. April
2021

- U 8 Ergebnisse der Schweren Rammsondierungen DPH 3/21, DPH 5/21,
DPH 7/21 und DPH 8/21, BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH,
07. bis 13. April 2021

- U 9 Asphaltprobe (AP1), entnommen aus der Wegbefestigung (vgl. Anlage 1),
BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, 07. April 2021

- U 10 Protokoll zur Entnahme von Altschotterproben aus dem Schotterzuschurf Sch 1/21, BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, 08. April 2021
- U 11 Vermessungsunterlagen der Höhen- und Lagemessung der Aufschlussansatzpunkte, BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH, 07. bis 13. April 2021
- U 12 Bodenmechanischer Laborprüfbericht Nr. 1, BAUGRUND Stralsund Ing. mbH, 13. Juli 2021
- U 13 Prüfberichte 21-2103-001 bis -005, Industrie- und Umweltlaboratorium GmbH, 01. Juni 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 | 10 Blatt | Bodenmechanischer Laborprüfbericht Nr. 1 |
| A 4 | 2 Blatt | Protokoll der Entnahme von Altschotterproben (Sch 1/21) |
| A 5 | 15 Blatt | Prüfberichte Nr. 21-2103-001 und -005
(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 |
| A 9 | 1 Blatt | Bemessungswert Sohlwiderstand, Einzelfundament,
Überwachungssignal km 98,909 |

3 Bauvorhaben / Aufgabenstellung

An der Bahn-Strecke 3700, Gießen -Fulda, ist die Änderung der Bahnübergangsanlagen bei km 98,2 vorgesehen. Die geplante Baumaßnahme umfasst folgende Teilmaßnahmen:

- Erneuerung der Schranken- und Lichtsignalanlagen
- Neubau von zwei Überwachungssignalen bei km 97,509 und 98,909
- Neubau eines Betonschalthauses (BSH) im Quadranten I
- Erneuerung des vorhandenen Durchlasses (DN 300)
- Einbau neuer Schwellen, ggf. Einbau einer PSS (sofern erforderlich, $v = 100 \text{ km/h}$, Gleisbelastung $< 30.000 \text{ Leistungstonnen/Tag}$)
- Aufweitung des Wirtschaftsweges auf eine Breite von 6,5 m (außerhalb des BÜ) bzw. 5,50 m (Kreuzungsstück)
- Neubau einer Zuwegung zum Betonschalthaus
- Neubau von Entwässerungsrinnen, einem Sickerschacht in Quadrant I und einer Versickerungsmulde in Quadrant III, sofern die Bodenverhältnisse eine Versickerung von Niederschlagswasser zulassen

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 die Überwachungssignale ist eine standardisierte Gründung mittels Rammrohren geplant (Einbauhöhe 100 mm unter SO mit Plattform).

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.

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

8 cm Öko-Rasenfugenpflaster
4 cm Pflastersand
23 cm Frostschutzschicht 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 Aushuböden und Baustoffe beauftragt.

4 Feld- und Laborarbeiten

4.1 Baugrunderkundung

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden im April 2021 acht Bohrsondierungen (BS 1/21 bis BS 8/21) mit einer Tiefe von 4,0 m bis 8,0 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 5/21, DPH 7/21 und DPH 8/21) ergänzt.

Darüber hinaus wurde aus der derzeitigen Wegbefestigung am bestehenden Bahnübergang zur umwelttechnischen Bewertung des Ausbauasphalts 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	+288,99	4,0	+284,99	Wirtschaftsweg
BS 2/21	+289,76	6,0	+283,76	
BS 3/21 + DPH	+287,66	7,6 ¹⁾ /8,0	+280,06/+279,66	Schranken- und Licht- signalanlagen
BS 4/21	+288,39	4,0	+284,39	BSH
BS 5/21 + DPH	+287,86	8,0	+279,86	Schranken- und Licht- signalanlagen
BS 6/21	+288,62	4,0	+284,62	Wirtschaftsweg
BS 7/21 + DPH	+278,35	8,0	+270,35	Signal, km 97,509
BS 8/21 + DPH	+294,99	4,0	+290,99 ¹⁾	Signal, km 98,909
AP 1 (Asphaltprobe)	entnommen aus der Wegbefestigung südlich BÜ bei BS 6/21			
Schurf 1/21	+287,53	0,90	+286,63	Gleis bei km 98,203

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

Aus dem a-/b-Horizont des Schotters wurde der Feinanteil (Sch 1/21, EP 1, 0 – 31,5 mm) abgesiebt, 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 der Böden im c-Horizont wurde die aus dem Schurf Sch 1/21 entnommene Bodenprobe (EP 2, Schluff, weich bis steif) 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.

Boden

Zur abfalltechnischen Bewertung der potenziellen Aushubböden wurde je eine Probe aus der Auffüllung (EP 1, BS 6/21; 0,0 – 0,6 m) und eine Probe aus dem anstehenden Boden (EP 2, BS 6/21; 0,6 – 1,6 m) dem chemischen Labor zur Analytik gemäß der LAGA-TR Boden übergeben.

Die Analysenergebnisse im Einzelnen gehen aus den Prüfberichten der Anlage 5 hervor. Die Ergebnisse der chemischen Analytik sind in Anlage 6.2 zusammengefasst und den relevanten Grenzwerten der geltenden Richtlinien gegenübergestellt. Unter Abschnitt 5.4 des vorliegenden Gutachtens erfolgt eine Bewertung der Ergebnisse der chemischen Analytik.

Asphalt

Zur Bewertung der Wiederverwertbarkeit des Ausbauasphaltes wurde eine Asphaltprobe AP 1 aus der Wegbefestigung südlich des BÜ 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 98,2 liegt in der Gemeinde Großenlütder / 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.

Das natürliche Gelände fällt in westliche Richtung von ca. +296 m NHN (Höhe Signal km 98,909) auf ca. +274 m NHN (Höhe Signal km 97,509) ein.

Der Bahnübergang liegt in einen ca. 1 bis 2 m tiefen Einschnitt etwa bei +287,5 m NHN.

Im Bereich des geplanten Signals bei km 97,509 liegen die Gleise auf einem ca. 5 m hohem Bahndamm. Bei km 98,909 (Signal km 98,909) verlaufen die Gleise etwa geländegleich bzw. in einem flachen Einschnitt.

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 3,5 bis 4,5 m breit und ist bahnlinks unbefestigt. Bahnrechts ist der Wirtschaftsweg asphaltiert.

Das Niederschlagswasser entwässert gemäß U 6 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 bis tonigen Schluffen, häufig mit organischen Beimengungen (Schicht 1a), mit Mächtigkeiten von 0,3 bis 1,0 m angetroffen. Im Bereich der BS 7/21 (Dammbereich, km 97,509) sind die Auffüllungen in Abhängigkeit von der Dammhöhe 4,9 m mächtig. Hier handelt es sich bei den Auffüllungen in den oberen 0,20 m um Kiese mit sandigen, schluffigen und organischen Anteilen (Schicht 1b). Darunter wurden wiederum umgelagerte Schluffe erkundet.

Die Auffüllungen werden von feinkörnigen Böden (Schluffe mit sandigen und tonigen Beimengungen; Schicht 2) und in größeren Tiefen (i.d.R. ab 3 bis 4 m unter Gelände) von gemischtkörnigen Böden (Schluffe mit sandigen, tonigen und kiesigen Beimengungen; Schicht 3) unterlagert.

Sowohl bei der Schicht 2 als auch bei der Schicht 3 handelt es sich um zu Lockergestein zersetztem Festgestein (Verwitterungsprodukte in Form von Verwitterungslehm), wobei der Zersetzungsgrad differiert und sich deutlich im Kiesanteil widerspiegelt.

Die Konsistenz des Verwitterungslehms variiert von weich bis halbfest, z.T. fest.

Mit der BS 8/21 wurden die v.g. Böden bei 2,90 m unter Gelände (+292,09 m NHN) durchteuft und angewitterter Tonstein (Schicht 4) aufgeschlossen. Die Bohrsondierung BS 8/21 sowie die Schwere Rammsondierung mussten hier aufgrund der Festigkeit des Tonsteins bei 4 m unter Gelände abgebrochen werden.

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 Schluff, schwach tonig, sandig schwach kiesig bis kiesig häufig organische Beimengungen leichtplastisch weiche bzw. weiche bis steife Konsistenz	[OU], [TL]
Schicht 1b	Auffüllung Kies, stark sandig schwach schluffig schwach organisch lockere bis mitteldichte Lagerung	[OH]
Schicht 2a	Schluff (Verwitterungslehm) Schluff, schwach tonig bis stark tonig schwach sandig bis sandig leichtplastisch, untergeordnet mittelplastisch weiche bzw. weiche bis steife Konsistenz	TL, (TM)

Schicht 2b	Schluff (Verwitterungslehm) Schluff schwach tonig bis stark tonig schwach sandig bis sandig leichtplastisch, untergeordnet mittelplastisch steife, untergeordnet halbfeste Konsistenz	TL, (TM)
Schicht 3a	Schluff, kiesig (Verwitterungslehm) Schluff tonig, schwach sandig bis sandig schwach kiesig bis kiesig leichtplastisch, untergeordnet mittelplastisch weiche bzw. weiche bis steife Konsistenz	TL, (TM)
Schicht 3b	Schluff, kiesig (Verwitterungslehm) Schluff tonig, schwach sandig bis sandig schwach kiesig bis kiesig leichtplastisch, untergeordnet mittelplastisch steife, untergeordnet halbfeste bis feste Konsistenz	TL, (TM)
Schicht 4	Tonstein angewittert	

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	G
Schicht	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung (Schluff)	Auffüllung (Kies)	Schluff (VL)		Schluff, kiesig (VL)		Tonstein
Bodengruppe nach DIN 18 196	[OU], [TL]	[OH]	TL, (TM)		TL, (TM)		SF ³⁾
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 17	F3	F2	F3		F3		F3
Feinkornanteil d < 0,063 mm	50 ... 80	5 ... 15	77,2 ... 93,5		40 ... 70		
Sandanteil d = 0,063 ...2,0 mm	15 ... 40	< 55	6,5 ... 20,6		5 ... 30		
Kiesanteil d = 2,0...63 mm	5 ... 30	> 40	0,0 ... 2,2		5 ... 30		
Massenanteil Steine/ Blöcke [%]	2)	2)	-		≤15		
Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]	< 1*10 ⁻⁸	1*10 ⁻⁵ ... 1*10 ⁻⁴	<1*10 ⁻⁸		<5*10 ⁻⁸		< 1*10 ⁻⁷ 4)
Wassergehalt w [%]	17,9 ... 18,0	-	18,0 ... 23,6	16,4 ... 19,9	>20	10,0 ... 19,7	-
Glühverlust V _{GL} [%]	< 2 ... 11,1 ¹⁾	>2	<2		< 2		-
Lagerungsdichte D	-	<0,3 ∴ 0,4	-		-		-
Konsistenz I _C [--]	0,5 ... 0,75	-	0,5 ... 0,75	0,75 ... > 1,0	0,50 ... 0,75	0,75 ... >> 1,0	-
Plastizitätszahl I _P [%]	≤ 10	-	7,4 ... 12,4		≥ 10		-
Rammpbarkeit	leicht bis mittel- schwer	leicht bis mittel- schwer	leicht bis mittelschwer	mittelschwer bis schwer	leicht bis mittelschwer	mittelschwer bis schwerst	schwerst bis nicht rammpbar
	Rammhindernisse mögl..				Rammhindernisse mögl..		

1) Einzelwert

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

3) gemäß Merkblatt für Felsgruppenbeschreibung für bautechnische Zwecke im Straßenbau

4) in Abhängigkeit von den Trennfugen

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 PAK im Feststoff (4,4 mg/kg) sowie Quecksilber im Eluat (1,4 µg/l) Überschreitungen der Z1-Werte der TR-LAGA. Darüber hinaus wurden die Z0-Zuordnungswerte für Chrom, Kupfer, Nickel und Quecksilber im Feststoff überschritten.

Der Gehalt an Herbiziden liegt zum Teil über den Nachweisgrenzen (Bromacil, AMPA).

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 Quecksilber (0,67 mg/kg). Der Boden aus dem c-Horizont ist somit als nichtgefährlicher Abfall einzustufen. Er ist der Einbauklasse EK1 und dem Abfallschlüssel 170504 zuzuordnen.

Boden

Die Probe aus den Auffüllungen (EP1) zeigt Überschreitungen des Z1-Zuordnungswertes für TOC (1,9 %) und des Z0-Zuordnungswertes für Nickel (58 mg/kg), was eine Zuordnung zur Einbauklasse EK 2 zur Folge hat. Es kann jedoch hier davon ausgegangen werden, dass der erhöhte TOC-Gehalt (gesamter organisch gebundener Kohlenstoff) vermutlich auf die in der Probe enthaltenen organischen Bestandteile zurückzuführen ist und aus unserer Sicht für die Verwertung des Bodenmaterials als Z1-Boden kein Ausschlusskriterium darstellt. Hier sind eindeutige Festlegungen im Rahmen der Ausschreibung zu treffen.

Die Probe aus dem anstehenden Schluff (EP2) zeigt Überschreitungen des Z0-Zuordnungswertes für Chlorid (47 mg/l) und der elektrischen Leitfähigkeit (268 µs/cm), was eine Zuordnung zur Einbauklasse EK 1.2 zur Folge hat.

Für Z1-Böden ist ein offener Einbau in technischen Bauwerken bzw. unter Berücksichtigung bestimmter Nutzungseinschränkungen möglich.

Für Z1.2-Böden ist aus umwelttechnischer Sicht, wie bereits oben beschrieben, ein offener Einbau in technischen Bauwerken (z.B. im Straßenbau) unter der Maßgabe, dass hydrogeologisch günstige Standortbedingungen vorliegen (gemäß LAGA I.4.3.3.1) möglich. Bezüglich der Verbringung und Wiederverwertung sollten mit der Erdbaufirma eindeutige vertragliche Regelungen getroffen werden.

Die Auffüllungen und der anstehende Boden sind als nichtgefährlicher Abfall zu behandeln, der unter dem Abfallschlüssel 17 05 04 (Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 170503* fallen) zu entsorgen / zu verwerten ist.

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 (bei BS 6/21)	0,0 – 5,0	4,1	< 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 überwiegend kein Wasser angetroffen. Lediglich in der BS 4/21 wurde bei 3,8 m unter Gelände Wasser angeschnitten. Es handelt sich hier vermutlich um Schichtenwasser. Ein Endwasserstand konnte nicht festgestellt werden.

Unabhängig davon, ist aufgrund der oberflächennah vorhandenen gering wasserdurchlässigen Böden (Schichten Nr. 1a, 2, 3 und 4) 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)	[OU], [TL]	weich bzw. weich bis steif	18,0	9,0	20	5	5-10
1b	Auffüllung (Kies)	[OH]	locker bis mitteldicht	19,0	10,0	30	0	20
2a	Schluff (VL)	TL, (TM)	weich bzw. weich bis steif	18,5	9,5	26	3	10
2b			steif bis halbfest	19,0	10,0	24	9	15
3a	Schluff, kiesig (VL)	TL, (TM)	weich bzw. weich bis steif	19,0	10,0	27	2	10
3b			steif bis halbfest (fest)	21,5	12,0	25	10	20
4	Tonstein	-	-	23,0	13,0	40	-	100

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 Schicht 1a 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 unter den Auffüllungen anstehenden Schluffe (Schicht 2 und 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 der Überwachungssignale

Das Signal bei km 97,509 (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 angetroffenen Böden (bindig) erforderlich.

Gemäß Unterlage U 15 erfüllen die umgelagerten Schluffe (Schicht 1a) nicht die Anforderungen an die Bodenkennwerte für eine Regelgründung. Erst die ab 4,9 m unter Gelände (+273,45 m NHN) anstehenden Schluffe der Schicht 2b erfüllen die Anforderungen an die Bodenkennwerte für eine Regelgründung. Entsprechend kann die Rammrohrgründung ab OK Schluff (Schicht 2b) unter Berücksichtigung der Mindesteinbindung gemäß U 15 erfolgen. Die Auffüllung der Schicht 1a ist aufgrund ihrer Eigenschaften und Inhomogenität nicht anzusetzen.

Für die Gründung des Überwachungssignals bei km 97,509 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⁾	+278,35	+267,45 m NHN	10,9 m u. GOK	+269,45 m NHN	8,9 m u. GOK

¹⁾ liegt im Böschungsbereich

Wie aus Tabelle 6 hervorgeht, liegen die Absetzebenen unterhalb der Endaufschlusstiefe der Bohrsondierung. Ggf. ist daher für eine ausreichende Planungssicherheit eine ergänzende, tieferreichende Erkundung bis 11 m unter GOK erforderlich.

Für das Signal bei km 98,909 (BS 8/21) ist aufgrund der angetroffenen Bodenverhältnisse eine Gründung mittels Rammrohren nicht möglich. Im Baubereich steht ab 2,9 m unter Gelände Tonstein an. Hier wird eine Gründung auf einem Blockfundament (Monolith) empfohlen.

Für lotrecht mittig belastete Fundamente sind der Bemessungswert des Sohlwiderstandes und die Setzungen in Abhängigkeit von der Fundamentgröße für Einzelfundamente in der Anlage 9 angegeben. Bei den Berechnungen wurde eine Einbindetiefe der Fundamente von $\geq 1,4$ m berücksichtigt.

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 Schicht 2a (Schluff, steife bis halbfeste Konsistenz). Der anstehende Schluff wird als ausreichend tragfähig beurteilt und ist als Gründungsschicht 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 sowie die Baugrundsichtung (BS 4/21) im Bereich des BSH berücksichtigt.

7.4 Durchlass

Es ist davon auszugehen, dass in Höhe der Gründungsebene Böden in Form von Schluff (Schicht 2) anstehen.

Der Schluff ist als Gründungsschicht (sowohl für den Durchlass als auch für ggf. erforderliche Stirnmauern bzw. Ein- und Auslaufbauwerke) und zur Aufnahme der zu erwartenden Bauwerkslasten geeignet.

Unter Beachtung der relativ geringen Bauwerkslast und der tragfähigen Böden im Untergrund sind Setzungen des Untergrundes in relevanten Größenordnungen bei fachgerechter Ausführung nicht zu erwarten.

7.5 Gleisanlagen

7.5.1 Allgemeines

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

7.5.2 Bemessung des Tragschichtsystems

Nach den Ergebnissen des Schurfes Sch 1/21 steht unterhalb einer 0,53 m mächtigen Schotterschicht, die mit Feinanteilen durchsetzt ist, Schluff an, der eine weiche bis steife Konsistenz aufweist (Schicht 2a).

Die im Planum anstehenden Schluffe werden als ausreichend tragfähig beurteilt.

Eine Planumsschutzschicht wurde nicht erkundet.

Bei frost- und wasserempfindlichem Untergrund bzw. Unterbau, wie im Untersuchungsgebiet angetroffen, ist gemäß Ril 836.4101 als Regellösung, unabhängig von der Streckenbelastung, der Einbau einer Schutzschicht einzuplanen. Der Einbau einer Schutzschicht ist jedoch bei Umbau oder Verbesserung bestehender Strecken nur vorzusehen, wenn sich die Notwendigkeit aus dem Bewertungsalgorithmus des Moduls Ril 836.4105A01 ergibt.

Unter Beachtung der vorliegenden Baugrund- und Bodenverhältnisse und der Hinweise der Ril 836.4105 ist im Baubereich der Einbau einer Planumsschutzschicht aus unserer Sicht nicht zwingend erforderlich, sofern davon auszugehen ist, dass in der Vergangenheit keine größeren Instandhaltungsmaßnahmen aufgrund einer Veränderung der Gleislage erforderlich waren.

Folgende Faktoren sind dafür maßgebend:

- ausreichend tragfähiger Boden im Untergrund/Unterbau
- für die Gleise sind keine absehbaren Veränderungen der Beanspruchung geplant
- die Höchstgeschwindigkeit beträgt ≤ 100 km/h
- die Funktionstüchtigkeit von Entwässerungsanlagen wird sichergestellt und die ungehinderte Entwässerung des Planums gewährleistet

7.6 Verkehrsflächen

Die Bemessung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus für den Wirtschaftsweg hat in Abhängigkeit von der Belastungsklasse (Bk 1,0 gemäß U 6) 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 frostsicheren Oberbaus

	Bk 1,0
Ausgangswert F3	60 cm
Frosteinwirkzone II	+5 cm
keine besonderen Klimaeinflüsse	± 0 cm
Wasserverhältnisse ungünstig	+5 cm
Geländehöhe bis Damm $\leq 2,0$ 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 1a und 2) sind generell als Untergrund für die Straße geeignet. Sie erfüllen erfahrungsgemäß jedoch nicht generell 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 Teil B 8.3), 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 auch hier die o.g. Hinweise zu berücksichtigen.

7.7 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 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.

8 Versickerung

Die Beurteilung der Versickerungsfähigkeit der anstehenden Böden kann auf der Grundlage der Vorschrift ATV-DVWK-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ erfolgen. Für eine Versickerung kommen Lockergesteine in Frage, deren Durchlässigkeit im entwässerungstechnisch relevanten Versickerungsbereich $k \sim 1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s liegt. Die Mächtigkeit des Sickerraumes sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, grundsätzlich mindestens 1 m betragen. Dies ist notwendig, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten. Ein weiteres Entscheidungskriterium, inwieweit eine Versickerung zum Schutz des Planums nicht erfolgen sollte und demzufolge Entwässerungsanlagen zu planen sind, ist gemäß RIL 836 (U 13) der Abstand zwischen dem mittleren Grundwasserstand und der Schienenoberkante, der mindestens 1,5 m betragen sollte.

Die im Untersuchungsgebiet anstehenden Böden werden aufgrund der geringen Durchlässigkeiten ($k < 1 \cdot 10^{-8}$ m/s) als nicht sickerfähig beurteilt. Eine schadfreie Versickerung von anfallendem Sicker- und Oberflächenwasser im Untergrund ist nicht möglich.

BAUGRUND STRALSUND

i. A.

Dipl.-Ing. Holger Chamier

Dipl.-Geol. Felicitas Krause