

GEO.TECH Ingenieure & Geologen GmbH
Hopfenbruchweg 4 · D-19059 Schwerin

Anschrift Hopfenbruchweg 4
D-19059 Schwerin
Telefon 0385 / 64011-74 oder -75
Telefax 0385 / 64011-76
E-Mail info@geotech-net.de

Geotechnischer Bericht 19 1213-1-A

Strecke : 1770 Lehrte - Nordstemmen
Streckenabschnitt : Algermissen – Harsum
Projekt : GE Str. 1770 Algermissen – Harsum Gleis 1
km 31,0+16 – 31,5+00 und km 33,5+00 – 34,4+82
Projektnummer : 1901460
Bestellung : 00R0 / UBA / 29077050
Untersuchungsstufe : Geotechnische Hauptuntersuchung

Technischer Platz : 1770030GL-----1
Auftraggeber : DB Engineering & Consulting GmbH
SE Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
Umweltservice
Bahntechnikerring 70
14774 Brandenburg

Auftragnehmer : GEO.TECH Ingenieure & Geologen GmbH
Bearbeiter : A. Lipke / D. Pittermann
Datum : 27.10.2020
Auftragsnummer : 19 1213-1

Inhaltsverzeichnis

1	Vorgang	5
1.1	Veranlassung	5
1.2	Aufgabenstellung	5
2	Planungsgrundlagen	5
2.1	Betriebstechnische Parameter	5
2.2	Schutzgebiete	5
2.3	Kampfmittelbelastung	5
2.4	Bestand (Standortangaben, örtliche Situation)	6
3	Baugrunderkundungen und -untersuchungen	6
3.1	Felderkundung und -untersuchung	6
3.2	Laboruntersuchungen	7
3.3	Aufmaß	7
4	Baugrundbeurteilung und Beurteilung der Grundwasserverhältnisse	7
4.1	Geologie	7
4.2	Schichtenaufbau	7
4.3	Hydrologische Verhältnisse	11
5	Bautechnische Bewertung der Baugrundverhältnisse	12
5.1	Frosteinwirkgebiet	12
5.2	Geotechnische Kategorie	12
5.3	Homogenbereiche	12
6	Gründungstechnische Schlussfolgerungen und Empfehlungen	13
6.1	Einstufung der Maßnahmen und Regelanforderungen	13
6.2	Geotechnische Bewertung des Ist-Zustandes und Bautechnische Empfehlungen	13
6.2.1	TA 1 km 31,0+16 – km 31,2+50	13
6.2.2	TA 2 km 31,2+50 – km 31,5+00	16
6.2.3	TA 3 km 33,5+00 – km 34,1+50	19
6.2.4	TA 4 km 34,1+50 – km 34,3+50	21
6.2.5	TA 5 km 34,3+50 – km 34,4+82	24
6.3	Überdeckung von Bauwerken	26
6.4	Allgemeine Empfehlungen und Hinweise zur Baudurchführung	26
6.5	Zusammenfassung der Bautechnischen Empfehlungen	27
7	Schlussbemerkungen	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Eisenbahnbetriebliche Parameter	5
Tabelle 2: Aufschlüsse	6
Tabelle 3: Festlegung der Teilabschnitte	8
Tabelle 4: Ausbildung Schotterbettung	9
Tabelle 5: Planumstragfähigkeit	9
Tabelle 6: Homogenbereiche (HGB)	12
Tabelle 7: Regelanforderungen Ril 836.4 101	13
Tabelle 8: Regelanforderungen Ril 820.2010	13
Tabelle 9: Bemessung km 31,0+16 – km 31,2+50	15
Tabelle 10: Bemessung km 31,2+50 – km 31,5+00	17
Tabelle 11: Bemessung km 33,5+00 – km 34,1+50	20
Tabelle 12: Bemessung km 34,1+50 – km 34,3+50	23
Tabelle 13: Bemessung km 34,3+50 – km 34,4+84	25
Tabelle 14: Zusammenstellung der bautechnischen Maßnahmen	27

Anlagenverzeichnis

[A 1] Übersichtsplan	1 Blatt
[A 2] entfällt	0 Blatt
[A 3] Geotechnischer Längsschnitt mit Lageplan der Baugrundaufschlüsse	2 Blatt
[A 4] Streckenband	1 Blatt
[A 5] Protokolle - Bodenmechanische Laborergebnisse	11 Blatt
[A 6] Protokolle - Prüfergebnisse leichte Fallplatte (TP BF StB Teil B 8.3)	1 Blatt
[A 7] Aufmaß - Hindernisse	1 Blatt
[A 8] Aufmaß - Entwässerung	2 Blatt
[A 9] Kampfmittelbelastungsauskunft	6 Blatt

Unterlagenverzeichnis

- [U 1] Auftrag der DB E&C GmbH vom 13.12.2019; Bestellnummer 00R0 / UBA / 29077050; unser Angebot 19-11-3302 vom 26.11.2019.
- [U 2] Projektauftrag in Form der Angebotsabfrage, Projektdaten.- DB E&C GmbH, E-Mail vom 26.11.2019 und 29.11.2019.
- [U 3] ivL-Lagepläne: IvL 1770 BB BE BF km 30,3+68 - 31,5+71; 33,3+72 - 35,1+78.- Netz AG, 05/2018, 09/2018, 03/2019, M 1 : 1000.
- [U 4] Internet:< <http://www.umweltdaten.landsh.de/atlas/script/index.php>> -Wasserschutzgebiete.- Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Stand 08/2015.
- [U 5] Kampfmittelauskunft des LGLN.- 20.04.2020, 21.04.2020.
- [U 6] Infrastrukturkarte – DB-AG (Internet).
- [U 7] DB Netz AG Ril 836, Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten.- 7. Aktualisierung 01.11.2019.
- [U 8] DBS 918 062 TL Korngemische für Trag- und Schutzschichten zur Herstellung von Eisenbahn-fahrwegen.- Juli 2007
- [U 9] DB Netz AG Ril 820 Grundlagen des Oberbaues – 9. Aktualisierung.- 13.03.2018.
- [U 10] VOB-Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen, Ausgabe 2019.- Beuth Verlag GmbH.
- [U 11] Handlungsempfehlungen für die Anlage „Homogenbereiche“ im Baugrundgutachten bzw. als Anlage zum Vertrag.-, DB Engineering & Consulting GmbH, 31.12.2016.
- [U 12] ZTV E-StB 09 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau.- FGSV e.V., Ausgabe 2009.

Sowie verschiedene DIN-Normen und Ril-Vorschriften in den jeweils angegebenen Ausgaben.

1 Vorgang

1.1 Veranlassung

Die DB Engineering & Consulting GmbH plant auf der Strecke 1770 Lehrte - Nordstemmen im Streckenabschnitt Harsum – Algermissen eine Gleiserneuerung für beide Streckengleise [U 2]. Der vorliegende Geotechnische Bericht 19 1213-1 gilt für das Gleis 1, km 31,0+16 - 31,5+00 und km 33,5+00 - 34,4+82.

1.2 Aufgabenstellung

Unsere Ingenieurgesellschaft wurde durch die DB Engineering & Consulting GmbH beauftragt, Baugrunderkundungen und -untersuchungen durchzuführen und einen Geotechnischen Bericht zu erstellen. Umwelttechnische Probenahmen und Untersuchungen waren nicht Bestandteil der Aufgabenstellung.

2 Planungsgrundlagen

2.1 Betriebstechnische Parameter

Nach [U 2] und [U6] gelten die in Tabelle 1 zusammengestellten eisenbahnbetrieblichen Parameter und Vorgaben für das Bauvorhaben.

Tabelle 1: Eisenbahnbetriebliche Parameter

Strecke	1770 Lehrte - Nordstemmen
Streckenabschnitt	Algermissen – Harsum
Teilabschnitt	km 31,0+16 – 31,50+00, km 33,5+00 - 34,4+82
Streckenstandard	D4 / 22,5 t / 8,0 t/m
Streckenbelastung (Kategorie)	17837 Lt/d
Streckengeschwindigkeit	$v_{zG} \leq 140 \text{ km/h}$

Die Streckenbelastung, Gradienten- und Linienführung bleiben unverändert erhalten.

2.2 Schutzgebiete

Das Untersuchungsgebiet liegt außerhalb von Wasserschutzgebieten [U 4]. Deshalb sind nach Ril 836 [U 7] keine besonderen bautechnischen Anforderungen an die bauliche Durchbildung von Erdbauwerken und Entwässerungsanlagen, die den Schutz von Gewässern und Boden gewährleisten einzuhalten.

2.3 Kampfmittelbelastung

Laut Auskunft zur Luftbilddauswertung [U 5] und [A 9] des Landesamtes für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen, Regionaldirektion Hamel – Hannover besteht im Untersuchungsgebiet kein Kampfmittelverdacht.

2.4 Bestand (Standortangaben, örtliche Situation)

Die Strecke 1770 Lehrte - Nordstemmen liegt im Bundesland Niedersachsen.

Sie ist im Untersuchungsgebiet zweigleisig ausgebaut und elektrifiziert. Der Oberbau besteht aus Schotterbettung und überwiegend aus Betonschwellen. Ab km 34,4+32 liegt das Gleis auf Holzschwellen (Weichenbereich).

Angaben zu Gleislagefehler und zum Instandhaltungsaufwand sind nicht bekannt. Visuell wurden keine Gleislagefehler festgestellt.

Die zwei Untersuchungsabschnitte liegen nördlich von Harsum und östlich des Stichkanals Hildesheim sowie der Autobahn A 7 km 31,0+16 - km 31,5+00 (nördlicher Abschnitt) und km 33,5+00 - km 34,4+82 (südlicher Abschnitt).

Im nördlichen Untersuchungsabschnitt verläuft die Strecke zwischen km 31,0+16 bis ca. km 31,1+80 in einem Einschnitt von ca. 2,50 m. Daran folgt ein geländegleicher Übergang und Dammlage. Zwischen km 31,2+50 - km 31,5+00 steigt der Damm bis zu einer Höhe von ~3,50 m an.

Im südlichen Untersuchungsabschnitt liegt die Strecke 1770 von km 33,5+00 - km 33,9+50 auf einem Damm (~4,00 m). Von km 33,9+50 - km 34,4+82 liegt die Strecke in geländegleichem Niveau.

Am km 31,3+97 wird die Strecke 1770 vom Bahnübergang „Algermissen 2“ gequert, der mit Strail Auslegplatten zwischen den Schienen und mit Asphalt zwischen den Gleisen und zur weiterführenden Straße bis an die Außenschienen befestigt ist.

Durchlässe oder Eisenbahnüberführungen wurden im Untersuchungsgebiet nicht festgestellt.

Die Randwege sind teils stark bewachsen oder mit Schotter überdeckt.

Im nördlichen Untersuchungsabschnitt ist bahnrechts ein Schacht einer Tiefenentwässerung am km 31,0+04 vorhanden. Im Bereich km 31,4+15 – 31,5+00 erfolgt die Entwässerung über den bahnrechten Graben.

Im südlichen Untersuchungsabschnitt liegt die Tiefenentwässerung zwischen km 34,4+29 – km 34,4+87 bahnlinks zwischen Gleis 1 und Gleis 2.

3 Baugrunderkundungen und -untersuchungen

3.1 Felderkundung und -untersuchung

Die Baugrunderkundung erfolgte durch unsere Ingenieurgesellschaft im Mai 2020. Im Untersuchungsbereich wurden im Abstand von ca. 100 m insgesamt 17 Schotterschürfe (S), 17 Tragfähigkeitsmessungen (E_{vd}) und 17 Rammkernsondierungen (RKS) in Gleisachse ausgeführt. Die Untersuchungspunkte = Ansatzpunkte wurden auf die Schienenoberkante (SO) und Gleisachse (GA) eingemessen.

Tabelle 2: Aufschlüsse

Aufschlussart	in Gleisachse
Schotterschurf	17
RKS	17
E_{vd}	17

Die Lage- und Höheneinordnung der Ansatzpunkte sind im geotechnischen Längsschnitt mit Lageplan der Baugrundaufschlüsse [A 3] enthalten.

3.2 Laboruntersuchungen

Die aus den Rammkernsondierungen und Schürfen entnommenen gestörten Bodenproben wurden im Labor spezifiziert. Um bodenphysikalische Bodenkennzahlen zu erhalten, wurden repräsentative Proben ausgewählt und untersucht. Es erfolgte

- 10 mal die Bestimmung der Kornverteilung durch Siebung nach DIN EN 933-1,
- 2 mal die Bestimmung der Kornverteilung durch Siebung nach DIN EN ISO 17892-4,
- 7 mal die Bestimmung der Kornverteilung des Sedimentation nach DIN EN ISO 17892-4,
- 6 mal die Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN EN ISO 17892-1,
- 3 mal die Bestimmung von organischen Beimengungen nach DIN 18 128 und
- 2 mal die Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12.

Die Ergebnisse der Laborversuche sind der Anlage [A 5] zu entnehmen.

3.3 Aufmaß

Zusätzlich zu den Aufschlussarbeiten erfolgte ein Aufmaß möglicher Hindernisse (bis 0,70 m u SO und bis 3,30 m von GA) und ein Aufmaß der Entwässerungsanlagen an den Untersuchungspunkten. Die Ergebnisse sind in den Anlagen [A 7 - Hindernisse] und [A 8 - Entwässerung] enthalten.

4 Baugrundbeurteilung und Beurteilung der Grundwasserverhältnisse

4.1 Geologie

Regionalgeologisch liegt das Untersuchungsgebiet im Bereich von Ablagerungen der Saalevereisung (Drenthe-Stadiums), die von Lössablagerungen der Weichselvereisung überlagert und von Tonen der Unterkreide unterlagert werden. Zwischen dem südlichen und dem nördlichen Untersuchungsabschnitt wird die Bahnstrecke vom weiträumig vom Tal des Bruchgrabens gequert, das zum eizeitlichen und nacheiszeitlichen Entwässerungssystem gehört und Terrassenkiese und holozäne fluviatile Sande führt. Diese Ablagerungen liegen, jedoch außerhalb der untersuchten Abschnitte.

Deshalb waren unterhalb der Dammauffüllungen Tone, Geschiebemergel und Lössablagerungen zu erwarten.

4.2 Schichtenaufbau

- Nördlicher Untersuchungsabschnitt

Unterhalb der Schotterbettung wurden in allen Aufschlusspunkten Schutzschichten in geringer Mächtigkeit vorgefunden. Die Schutzschichten liegen auf anthropogenen und geogenen Sanden und anthropogenen Schluffen (km 31,3+00). Im nördlichen Teil wurde der geogene Untergrund unterhalb der anthropogenen Böden erbohrt, der aus Sand, Ton und Schluff besteht.

- Südlicher Untersuchungsabschnitt

Im südlichen Untersuchungsabschnitt wurde außer km 33,6+00 und km 34,1+50, durchgehend eine geringmächtige Schutzschicht angetroffen. Statt bzw. unter der Schutzschicht ist zwischen km 33,5+00 - km 34,1+50 eine geringmächtige Schicht aus anthropogenen Sanden festgestellt worden. Unterhalb der Schutzschicht und der anthropogenen Sande bilden anthropogene Tone (km 33,5+00- km 33,9+50), geogener Schluff (km 33,9+50 - km 34,3+50) und anthropogener Schluff (km 34,3+50 - km 34,4+82) den Unterbau bzw. den Untergrund. Die anthropogenen Tone werden wiederum von einer Schicht aus anthropogenen Sanden unterlagert.

Für die weitere Beschreibung und Bearbeitung werden 5 Teilabschnitte (TA) festgelegt.

Tabelle 3: Festlegung der Teilabschnitte

Teilabschnitt	Gleis	Streckenabschnitt	Geometrie
TA 1	1	km 31,0+16 - km 31,2+50	Einschnitt bis geländegleich
TA 2	1	km 31,2+50 - km 31,5+00	Damm
TA 3	1	km 33,5+00 - km 33,9+50	Damm
TA 4	1	km 33,9+50 - km 34,2+50	Damm und geländegleich
TA 5	1	km 34,2+50 - km 34,4+63	geländegleich

4.2.1 Schotterbettung

Das Schotterbett ist in den Teilabschnitten TA 1 (außer ca. km 31,0+50 - ca. km 31,1+50) - TA 3 und TA 5 normal durch Sand und humose Bestandteile verschmutzt. Im unteren Teil der Bettung wurde eine Mischzone mit einer Dicke von $\varnothing d_{MZ} = 10 - 25$ cm festgestellt.

Aufgrund der festgestellten Verschmutzung kann in diesen Teilabschnitten eine mechanische Reinigungsfähigkeit der Schotterbettung vorausgesetzt werden. Vorbehaltlich umwelttechnischer Untersuchungsergebnisse (Untersuchungen gemäß Ril 880.4010) ist eine Wiederverwendung des Altschotters nach einer Behandlung in einer Abprall- und

Siebanlage (Verbesserung des Korngefüges durch Schärfung des Einzelkorns und Absiebung der Unter- und Überkornanteile) möglich.

Im Teilabschnitt TA 1 (ca. km 31,0+50 - ca. km 31,1+50) und im TA 4 (km 34,1+50 - km 34,3+50) ist der Schotter in der Mischzone durch aufsteigenden Schluff und Ton verklebt. Dort kann aufgrund der bindigen Bestandteile eine Erneuerung des Schotters notwendig werden.

Das Schotterbettplanum liegt in den TA 1 - TA 3 und TA 5 0,59 - 0,64 m u SO. Bei einer Bettungsdicke von 0,22 - 0,27 m liegt das Schotterbett damit oberhalb des Toleranzbereiches für die Einhaltung des Regelquerschnitts (0,70 m u SO).

Im TA 4 km 33,9+50 - km 34,1+50 liegt das Schotterbettplanum 0,69 m u SO. Bei einer Bettungsdicke von 0,32 m liegt das Schotterbett damit innerhalb des Toleranzbereiches für die Einhaltung des Regelquerschnitts (0,70 m u SO).

Die genauen Angaben sind der Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4: Ausbildung Schotterbettung

Teilabschnitt	Uk Schotter [m u SO]	Schotter- Bettungsdicke ¹⁾ [m]	Anteil Schotter- Feinfraktion ²⁾ (<31,5 mm)	Mischzonen Dicke [cm]	Verschmutzungs- grad ²⁾	mechan. Reinigungs- fähigkeit
TA 1 - km 31,0,16 - km 31,2+50	0,63 - 0,64	0,22 - 0,27	mittel	15 - 16	normal (Sand, tws. Schluff, humos)	teilweise ja / km 31,5+50 - km 31,1+50 nein
TA 2 - km 31,2+50 - km 31,5+00	0,64	0,27	mittel	10 - 15	gering bis normal (Sand, humos)	ja
TA 3 - km 33,5+00 - km 33,9+50	0,59 - 0,64	0,22-0,27	mittel	10 - 15	normal (Sand, humos)	ja
TA 4 - km 33,9+50 - km 34,2+50	0,69	0,32	mittel	20	normal (Schluff und Ton, humos)	nein
TA 5 - km 34,2+50 - km 34,4+82	0,64	0,27 - 0,29	mittel	20 - 25	normal (Sand, humos)	ja

¹⁾ gemessen in GA; Gleisrosthöhe 0,25 - 0,40 m ²⁾ visuelle Einschätzung ³⁾ Einzelwert

4.2.2 Tragfähigkeit des Schotterbettauflagers

Unterhalb der Schotterbettung wurden Messungen des Verformungsmoduls (E_{vd}) durchgeführt. Die Messungen erfolgten mit dem leichten Fallgewicht nach TP BF-StB Teil B 8.3. Auf der OKTS (= UK Schotter) wurden dynamische Verformungsmoduln von $E_{vd} = 20,2 - 48,4 \text{ MN/m}^2$ ermittelt.

Die Einzelergebnisse können der Anlage [A 6] bzw. der nachfolgenden Tabelle 5 entnommen werden.

Tabelle 5: Planumstragfähigkeit

Teilabschnitt	Uk Schotter m u SO	Hauptboden unter SB bis 2,00 m u SO	Hydrologie ³⁾ m u SO	Verformungsmodul ab Uk SB E_{vd} in MN/m^2
TA 1 - km 31,0+16 - km 31,2+50	0,63 - 0,64	SE-SU-SU* auf UL bzw. [TM-TA]	0,83 (SW)	48,40 – 61,50
TA 2 - km 31,2+50 - km 31,5+00	0,64	[SU] - [SU*], [UL]	-	24,10 – 46,00
TA 3 - km 33,5+00 - km 34,1+50	0,59 - 0,64	[SU] auf [TL] und [SU*]	-	26,00 – 42,60
TA 4 - km 34,1+50 - km 34,3+50	0,69	UL	-	20,20 – 48,40
TA 5 - km 34,3+50 - km 34,4+82	0,64	UL	0,64 (feucht)	26,20 – 34,70

³⁾ Erster Anschnitt von Vernässungen oder Wasser ⁴⁾ Einzelwert

4.2.3 Schutzschichten

Schutzschichten treten nur in den Teilabschnitten TA 1, TA 2, TA 4 und TA 5 durchgehend auf. Im TA 3 ist nur am km 33,5+00 eine 5 cm dicke Schutzschicht festgestellt worden. Die Schichtmächtigkeit in TA 1-2 und TA 4-5 ist ungleichmäßig zwischen 5 - 15 cm, an Einzelstandorten 20 cm bzw. 30 cm dick.

Die Schutzschichten setzen sich aus schwach schluffigen - schluffigen Kiesen und Sanden [SU]-[GU]-[GU*] ($C_u \sim -9 - 50 / d_{\leq 0,063\text{mm}} = 7 - 21\%$, $d_{\geq 2,0\text{mm}} = 37 - 80\%$) zusammen.

Die Mineralkorngemische sind stark wasserdurchlässig bis durchlässig ($k_f \sim 1,0 \cdot 10^{-5} - 5,2 \cdot 10^{-4}$), gering wasser- und frostempfindlich (F 2-F3).

Die Trennflächenstabilität gegenüber den Schotter wird mit $D_{85,ist} = 9 - 22 \text{ mm} > D_{85,soll} \geq 10 \text{ mm}$ i.d.R. gewährleistet.

Nach Auswertung der Laborergebnisse bestehen die festgestellten Schutzschichten aus überwiegend KG 2-ähnlichen und KG 1-ähnlichen Mineralkorngemischen, wobei der Feinkornanteil i.d.R. oberhalb des zulässigen Grenzwertes von $d_{<0,063\text{mm},soll} \leq 7 \%$ liegt.

4.2.4 Unterbau / Aufgefüllte (anthropogene) Böden

Unterhalb der Schotterbettung und der Schutzschicht bilden aufgefüllte (anthropogene) Böden in den Dämmen den Unterbau. Sie bestehen aus unterschiedlichen Materialien und können in gemischtkörnige Böden (Sande) und feinkörnige Böden (Schluff und Ton) unterteilt werden.

4.2.4.1 Gemischtkörnige Böden / Anthropogene Sande

Unterhalb der Schotterbettung und teilweise unterhalb der Schutzschicht bilden anthropogene gemischtkörnige Böden in den Dämmen zwischen km 31,3+50 - 31,5+00 und km 33,5+00 - km 34,1+50 den Unterbau bis in eine Tiefe von 0,69 - 1,29 m u SO (Schichtdicke 5 - 60 cm). Im TA 3, zwischen km 33,5+00 - km 33,7+50 wurden gemischtkörnige anthropogene Böden auch unterhalb 1,54 m u SO mit einer Dicke von $> 0,30 - >0,65 \text{ m}$ festgestellt. Dort reichen sie bis unterhalb der Erkundungstiefe von 2,20 m u SO.

Da sie im oberen Teil teilweise nur dort auftreten, wo keine Schutzschicht vorhanden ist wird angenommen, dass sie dort einen Schutzschichtersatz darstellen.

Die gemischtkörnigen Böden bestehen aus $\pm$ schluffigen Sanden [SU] - [SU*] ($C_u \sim 4 - 20 / d_{\leq 0,063\text{mm}} \sim 7-20 \%$, $d_{\geq 2,0 \text{ mm}} \sim 20 - 30 \%$). Die Sande sind wasserdurchlässig ($k_f \sim 1,0 \times 10^{-6} - 1,0 \times 10^{-5} \text{ m/s}$), wasser- und frostempfindlich (F2-F3). Sie verhalten sich gegenüber der Schotterbettung mit $D_{85,ist} < 6 \text{ mm} < D_{85,soll} \geq 10 \text{ mm}$ nicht trennflächenstabil. Die Lagerung der Sande wird im Bereich der Eisenbahnverkehrslasten als mitteldicht ($D \sim 0,30 - 0,50$) eingeschätzt.

4.2.4.2 Feinkörnige Böden / Anthropogener Schluff

Im TA 2 km 31,2+50 - km 31,5+00 und im TA 5 km 34,3+50 - km 34,4+82 bildet anthropogener Schluff im Dammkörper den Unterbau. Die Schicht weist Dicken von 0,60 - $>1,30 \text{ m}$ auf und reicht bis in eine Tiefe von 1,39 - $>2,19 \text{ m}$ u SO.

Sie besteht aus schwach tonigen Schluffen [UL] (leichtplastischer Schluff). Der Schluff ist stark frost- und wasserempfindlich (F3) und gering wasserdurchlässig ($k_f < 5,0 \times 10^{-7} \text{ m/s}$). Er verhält sich gegenüber der Schotterbettung mit $D_{85,ist} < 1,5 \text{ mm} < D_{85,soll} \geq 10 \text{ mm}$ nicht trennflächenstabil. Der anthropogene Schluff ist steif - halbfest ($I_c \sim 0,50 - 1,10$) ausgebildet.

4.2.4.3 Feinkörnige Böden / Anthropogener Ton

Anthropogene Tone sind im Unterbau im TA 3 unterhalb der anthropogenen Sande angetroffen worden. Die Schichtdicken betragen 0,80 - $>1,35 \text{ m}$ und reichen bis ca. 1,55 - $>2,20 \text{ m}$ u SO.

Der stark schluffige schwach sandige Ton [TM]-[TA] (mittel - ausgeprägt plastischer Ton) ist stark wasser- und frostempfindlich (F2-F3). Er ist gering wasserdurchlässig ($k_f < 1,0 \times 10^{-8} \text{ m/s}$) und wirkt wasserstauend

und verhält sich gegenüber der Schotterbettung mit $D_{85,ist} < 0,6 \text{ mm} < D_{85,soll} \geq 10 \text{ mm}$ nicht trennflächenstabil. Die Konsistenz des Tones ist steif - halbfest ($I_c \sim 0,75 - 1,10$).

4.2.5 Untergrund / Geogene Böden

Der geogene Untergrund wurde bis auf die Dammbereiche TA2 und TA 3 durchgehend erbohrt. Er besteht aus grob- und gemischtkörnigen Böden (Sande) und feinkörnigen Böden (Schluff und Ton). In ihrer Zusammensetzung ähneln sie den anthropogenen Böden.

4.2.5.1 Grob- und gemischtkörnige Böden / Geogene Sande

Geogene Sande wurden in den Teilabschnitten TA 1 (Einschnitt) angetroffen. Im TA 1 bilden sie das Auflager für den Oberbau und reichen mit Dicken von 0,80 - > 1,45 m bis 1,54 - > 2,18 m u SO.

Die Sande sind $\pm$ schluffig ausgebildet SE-SU-SU* ($C_u \sim 3 - 20$; $d_{\leq 0,063 \text{ mm}} \sim 4-20 \%$, $d_{\geq 2,0 \text{ mm}} \sim 5 - 20 \%$). Sie sind nicht - stark frostempfindlich (F1 - F3, teilweise wasserempfindlich und wasserdurchlässig ($k_f \sim 1,0 \times 10^{-6} - 1,0 \times 10^{-4} \text{ m/s}$). Die Sande verhalten sich gegenüber der Schotterbettung mit $D_{85,ist} < 5 \text{ mm} < D_{85,soll} \geq 10 \text{ mm}$ nicht trennflächenstabil.

Die Lagerungsdichte wird auf Grund der Bohrbarkeit als mitteldicht - dicht ($D \sim 0,40 - 0,70$) eingeschätzt.

4.2.5.2 Feinkörnige Böden / Geogener Schluff

Bis auf TA 2 wurde in allen Teilabschnitten im Untergrund Schluff erbohrt. Er stellt den dominierenden Boden im Untergrund dar und bildet mit Schichtdicken von >0,40 m - >1,50 m das Auflager für den Ober- oder Unterbau.

Der $\pm$ tonige, schwach sandige Schluff (UL, leichtplastischer Schluff) ist stark frost- und wasserempfindlich (F3) und gering wasserdurchlässig ($k_f < 9,1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$). Er verhält sich gegenüber der Schotterbettung mit $D_{85,ist} < 0,6 \text{ mm} < D_{85,soll} \geq 10 \text{ mm}$ nicht trennflächenstabil. Der Schluff ist weich-steif - halbfest ($I_c \sim 0,40 - 1,10$) ausgebildet. Lokal treten konsistenzlose Bereiche auf.

4.2.5.3 Feinkörnige Böden / Geogener Ton

Geogener Ton wurde nur in TA 1 km 31,1+00 ab 1,54 m u SO mit einer Dicke >0,65 m erbohrt. Der schluffige Ton (TA-TM) ist mittel-stark frostempfindlich (F2-F3), stark wasserempfindlich und gering wasserdurchlässig ($k_f < 1,0 \times 10^{-9} \text{ m/s}$). Er verhält sich gegenüber der Schotterbettung mit $D_{85,ist} < 0,5 \text{ mm} < D_{85,soll} \geq 10 \text{ mm}$ nicht trennflächenstabil. Die Konsistenz ist halbfest ($I_c \sim 1,00 - 1,10$).

4.3 Hydrologische Verhältnisse

Grund- oder Schichtenwasser wurde während der Erkundung nur am Bauanfang im TA 1 (km 31,0+00) ab 0,83 m u SO in den geogenen Sanden angetroffen. Die weitere Ausdehnung der wasserführenden Sande ist nicht bekannt, da sie außerhalb des Untersuchungsabschnittes liegen.

Im Untersuchungsabschnitt stehen hauptsächlich gemischt- bis feinkörnige Böden mit mittleren bis geringen Wasserdurchlässigkeiten an. Deswegen kann oberflächennah **Sicker- und Stauwasser** auftreten.

Die Entwässerung von Gleis 1 erfolgt

- im Einschnitt (TA 1) km 31,0+04 über eine bahnrechts Tiefenentwässerung (Einzelschacht),
- km 31,4+15 - km 31,5+00 in einem Graben am Dammfuß und
- im südlichen Abschnitt (TA 5) km 34,4+29 - km 34,4+87 über eine Tiefenentwässerung zwischen Gleis 1 und Gleis 2.

In den anderen Bereichen entwässert das Gleis über den Oberbau bzw. den Randweg.

Eine Zusammenstellung der Entwässerung ist in Anlage [A 8] enthalten.

5 Bautechnische Bewertung der Baugrundverhältnisse

5.1 Frosteinwirkgebiet

Der Gleisabschnitt ist gemäß Ril 836.4101A04 [U 10] in das Frosteinwirkgebiet FEWG II einzuordnen.

5.2 Geotechnische Kategorie

Die geplante Baumaßnahme ist gemäß DIN EN 1997-2 sowie Ril 836.1002 Abs. 3 (1) in die geotechnische Kategorie GK 1 (Planumsverbesserungsmaßnahmen) einzuordnen.

5.3 Homogenbereiche

Die nachfolgende Tabelle enthält die aus geotechnischer Sicht festgestellten Homogenbereiche für Erdarbeiten nach DIN 18 300, die im Zusammenhang mit der Gleiserneuerung ausgeführt werden. Die Homogenbereiche wurden gemäß [U 10] und [U 11] ermittelt.

Die festgelegte Einteilung der Homogenbereiche muss mit der weiterführenden Planung, insbesondere unter Berücksichtigung von Bauzuständen und -phasen überprüft und ggf. angepasst und ergänzt werden. Die Homogenbereiche, inkl. Kennzahlen gelten nicht für erdstatische Nachweise und Bemessungen.

Tabelle 6: Homogenbereiche (HGB)

Kennzahl	Kennzeichen	Maßeinheit	Homogenbereiche für Erdarbeiten nach DIN 18 300			
			HGB I	HGB II	HGB III	HGB IV
Bodengruppe	-	-	GE	[SU], [GU], [GU*]	SE, SU, SU*	UL, TL, TM-TA
Ortsübliche Bezeichnung	-	-	Schotter	Schutzschicht	anthropogener und geogener Sand	anthropogener und geogener Schluff und Ton
Steine / Blöcke	-	%	< 10 ⁵⁾	0 ⁵⁾	0 ⁵⁾	0 ⁵⁾
Konsistenzzahl	I _c	-	n.b.	n.b.	n.b.	0,40 - 1,10
Plastizitätszahl	I _p	%	n.b.	n.b.	n.b.	> 5 - 40
Lagerungsdichte	D	-	0,40 - 0,60 ⁵⁾	0,20 - 0,50 ⁵⁾	0,30 - 0,60 ⁵⁾	n.b.

n.b.) nicht bestimmbar ⁵⁾ Literatur- und Erfahrungswerte

6 Gründungstechnische Schlussfolgerungen und Empfehlungen

6.1 Einstufung der Maßnahmen und Regelanforderungen

Die DB Engineering & Consulting GmbH plant auf der Strecke 1770 Lehrte - Nordstemmen im Streckenabschnitt Harsum – Algermissen Gleis 1 km 31,0+16 - 31,5+00 und km 33,5+00 - 34,4+82 die Gleiserneuerung. Gradienten- und Linienführung bleiben dabei unverändert. Bautechnische Maßnahmen sind danach als Verbesserungsmaßnahmen einzustufen.

Das Gleis wird mit 17837 Lt/d belastet. Die Geschwindigkeit liegt bei $v_{zG} = 140$ km/h. Die Belastung lässt eine geotechnische Bewertung des Untersuchungsabschnittes gemäß Ril 836.4105A01 zu. Bei Wertung der Parameter aus Tz. 2.1 und Berücksichtigung der Verbesserungskriterien ergeben sich nach [U 7] für das anzusetzende Frosteinwirkgebiet FEWG II folgende Regelanforderungen:

Tabelle 7: Regelanforderungen Ril 836.4101

Bauteil bzw. –ebene	Regelanforderung	Modul / Anhang
abzusichernder Tragbereich	bis 2,0 m u SO min. locker gelagert mit $D > 0,2$ bzw. min. weiche Konsistenz mit $I_c \geq 0,60$	836.4101A01, Tabelle 1
OK Schutzschicht (OFTS)	$E_{v2} \geq 50 \text{ MN/m}^2$, $E_{vd} \geq 35 \text{ MN/m}^2$	
Planum auf OK Unterbau / Untergrund	$E_{v2} \geq 30 \text{ MN/m}^2$, $E_{vd} \geq 20 \text{ MN/m}^2$ ⁶⁾	836.4101A01, Tabelle 2
Schutzschichtmindestdicke	$d \geq 20 \text{ cm}$ KG 1 bzw. KG 2	836.4101A02, A03

⁶⁾ E_{vd} -Werte gelten für gemischt und feinkörnige Böden, Werte für grobkörnige Böden sind um 5 MN/m^2 zu erhöhen

Tabelle 8: Regelanforderungen Ril 820.2010

Bauteil bzw. –ebene	Regelanforderung	Modul / Anhang
Schotter vor Kopf	40 cm	820.2010A04
Bettungsdicke ab UkSw	30 cm	

6.2 Geotechnische Bewertung des Ist-Zustandes und Bautechnische Empfehlungen

6.2.1 TA 1 km 31,0+16 – km 31,2+50

6.2.1.1 Geometrie

Im TA 1 verläuft die Strecke 1770 zwischen km 31,0+16 – km 31,2+50 in einem Einschnitt von ca. 2,50 m.

6.2.1.2 Gleiszustand

Gleislagefehler waren visuell nicht feststellbar.

6.2.1.3 Randwege

Bahnrechts von Gleis 1 befindet sich ein Randweg der mit Gras bewachsen sowie teilweise mit Schotter überdeckt ist. Zwischen km 31,0+25 – 31,1+67 ist der Randwegbereich stark vernässt. Dies entspricht dem in den TE-Schächten (Gleis 2) und dem TE-Schacht km 31,0+04 festgestellten Wasserständen, in denen Wasser bis 0,68 m u SO gemessen wurde.

6.2.1.4 Schotterbett

Im TA 1 ist das Schotterbett, außer ca. km 30,9+50 - 31,0+50, durch Sand und humose Bestandteile normal verschmutzt. Zwischen ca. km 31,0+50 - ca. km 31,1+50 ist die Mischzone durch aufsteigenden Schluff verklebt.

Das Schotterbett weist im unteren Teil der Bettung eine Mischzone mit einer Dicke von $d_{MZ} = 15 - 16$ cm auf. Angaben zur Reinigungsfähigkeit sind unter Tz 4.2.1 aufgeführt. Der verklebte Schotter km 31,0+50 - km 31,1+50 ist nicht reinigungsfähig und muss ausgetauscht werden.

Die Unterkante des Schotters liegt bei $d_{ist} = 0,63 - 0,64$ m u SO. Damit liegt die Schotterunterkante oberhalb des Regelquerschnittes 0,70 m u SO. Wiederherstellung des Regelquerschnittes wird eine Planumsabsenkung von 6 - 7 cm notwendig.

6.2.1.5 Geotechnische Bewertung Schutzschichten, Unterbau und Untergrund

Die Tragfähigkeit des Schotterbettplanums wurde mit $E_{vd,ist} = 24,1 - 61,5$ MN/m² $<> E_{vd,soll} \geq 35$ MN/m² ermittelt.

Unterhalb des Schotters steht eine 5 - 10 cm dicke Schutzschicht (schutzschichtähnliches Material) an, die die Trennflächenstabilität gegenüber der Schotterbettung gewährleistet. Aufgrund des erhöhten Feinkornanteils und der geringen Dicke kann die Schicht nicht als regelkonforme Schutzschicht betrachtet werden.

Die maßgeblichen Böden bis 2,0 m u SO sind sehr frost- und wasserempfindliche mitteldichte $\pm$ schluffige Sande und halbfester Schluff oder Ton (UL/F3-Boden). Der Boden wird damit nach Ril 836.4101A01 als tragfähig eingeschätzt.

Das Grund- und Schichtenwasser steht bei km 31,0+00 bei 0,83 m u SO, weshalb der hydrologische Fall 3 maßgebend ist.

Die Entwässerung erfolgt über eine Tiefenentwässerung, die bahnrechts von Gleis 1 liegt. In den Schächten wurde stehendes Wasser bis 0,68 m u SO gemessen oder den Oberbau und Randweg in den Untergrund.

6.2.1.6 Bewertung Gebrauchstauglichkeit / Notwendigkeit Planumsverbesserung

Gemäß Ril 836.4105A01 (Diagramm) [U 9] ergibt sich folgende Einschätzung zur Notwendigkeit einer Planumsverbesserung:

- Streckenbelastung	>10.000 bis 20.000 Lt/d]
- Geschwindigkeit (v_{zG})	≤ 140 km/h
- Streckeneinstufung	Ba
- Instandhaltungsaufwand notwendig	nein
- Höhen- und Richtungsfehler bekannt	nein
- Planumsabsenkung erforderlich	ja
- nichtbindiger Boden auf dem Planum	nein
- ausgeprägte plastischer Boden auf dem Planum	nein
- Entscheidungsergebnis	2

Gemäß Ril 836.4105A01 wird eine Planumsverbesserung spätestens im Zusammenhang mit dem nächsten Gleisumbau notwendig.

6.2.1.7 Bautechnische Empfehlung / Planum

Im Bereich von km 31,0+16 und km 31,2+50 ist eine Planumsabsenkung von 6-7 cm und der Einbau einer Schutzschicht erforderlich.

Bei Beachtung der Feststellungen aus Tz. 4.2, 6.1. ergibt sich bei Berücksichtigung des ungünstigsten anstehenden Bodens (UL/F3-Boden) folgende Bemessung:

Tabelle 9: Bemessung km 31,0+16 – km 31,2+50

Ril 836.4101A02		Ril 836.4101A05	
maßgebliche Geschwindigkeit	140 km/h	Hydrologischer Fall	3
Gleisbelastung	< 20.000 Lt/d	maßgeblicher Boden	UL
Radsatzlast	≤ 22,5t	OK Planum _{neu}	$E_{PL} \geq 15 \text{ MN/m}^2$
Frosteinwirkzone	II		
Frostempfindlichkeit	maßgeblich F 3	Regelanforderung OFTS	$E_{v2} \geq 50 \text{ MN/m}^2$
Dicke Schutzschicht (SS)	$d_{SS} = 25 \text{ cm}$	Dicke Tragschicht	$d_{TS} = 40 \text{ cm}$

Entsprechend der Bemessung wird km 31,0+16 - km 31,2+50 eine 40 cm dicke Schutzschicht notwendig. Auf dem wasserundurchlässigen Unterbau ist die Schutzschicht zweilagig aus 20 cm KG 1 0/32 auf 20 cm KG 2 0/32 herzustellen.

Die Anforderungen und Qualität des Mineralstoffgemisches KG 1/ KG 2 ergibt sich aus DBS 918 062.

Folgende alternativen Varianten zur Einbauempfehlung sind gemäß Ril 836 möglich:

Variante 1: Gemäß Ril 836.4101, Tz 3.2 (5) kann statt der kapillarbrechenden KG 2-Schicht ein Mineralkorn-gemisch KG 1 eingesetzt werden, wenn die kapillarbrechende Funktion durch den Einbau von Vliesstoff (Geokunststoff) gewährleistet wird. In diesem Fall ist gemäß [U 12] ein Geokunststoff Anwendungsfall 3.4 zu verwenden. Die Herstellerbezogene Produktqualifikation (HPQ) des Geokunststoffes ist nachzuweisen.

Variante 2: Gemäß Ril 836.4101A05 kann durch den Einbau von Geokunststoffen mit Bewehrungsfunktion die Schutzschichtdicke um 25% auf eine 30 cm dicke einlagige Schutzschicht aus KG 1 gesenkt werden, wenn der Verformungsmodul auf dem Planum bei mindestens $E_{v2} = 10 - 30 \text{ MN/m}^2$ liegt. Für den anstehenden feinkörnigen Boden wird dann der Einsatz eines Bewehrungselementes mit zusätzlicher Trenn- und Filterfunktion gemäß [U 12] Anwendungsfall 3.5 empfohlen. Die Herstellerbezogene Produktqualifikation (HPQ) des Geokunststoffes ist nachzuweisen.

Voraussetzung für den Einbau der 40 cm dicken Schutzschicht ist ein Verformungsmodul des Planums von $E_{v2} \geq 15 \text{ MN/m}^2$ / $E_{vd} \geq 10 \text{ MN/m}^2$. Der Verformungsmodul kann nach Profilierung und einfacher statischer Verdichtung vorausgesetzt werden.

Wird der Verformungsmodul auf dem Planum nicht erreicht, sind diese Bereiche einzugrenzen und durch Verstärkung der Schutzschicht nach Ril 836.4101A05 bzw. durch Zusatzmaßnahmen gemäß Ril 836.4201, .4202 zu verbessern.

Die Schutzschichten sind durchgehend auf $E_{v2} \geq 50 \text{ MN/m}^2$ / $E_{vd} \geq 35 \text{ MN/m}^2$ und zur Gewährleistung der Wasserundurchlässigkeit auf $D_{Pr} \geq 100 \%$ zu verdichten. Sie sind mit einer Querneigung von 1:20 nach außen herzustellen und an die Entwässerungsanlagen anzubinden. Bauanfang und -ende von Schutzschichten sind mit einer Länge von $\geq 10 \text{ m}$ keilförmig an die angrenzenden Erdkörper auszuführen.

6.2.1.8 Bautechnische Empfehlung / Entwässerung

Es wird empfohlen im Zuge der Gleiserneuerung den Randweg neu zu profilieren.

Die bahnlinks und bahnrechts vorhandene Tiefenentwässerung ist wegen des festgestellten hohen Grund- oder Schichtenwasserspiegels (0,83 m u SO, Mai 2020) zu überprüfen und ggf. instand zu setzen. Dabei ist vor allem der Anschluss an einen Vorfluter sicherzustellen, um das stehende Wasser, dass sich teilweise bis 0,68 m u SO in den Schächten aufstaut, in ausreichendem Maß ableiten zu können.

Ist eine Instandsetzung nicht möglich ist für eine ordnungsgemäße Entwässerung des Bahnkörpers sicherzustellen, dass die Tiefenentwässerung gemäß Ril 836.4602, Bild 8 neu hergestellt wird.

Die Herstellung der Entwässerungsanlagen soll mit einem ausreichenden zeitlichen Vorlauf vor dem Einbau der Schutzschicht zu erfolgen (s. Ril 836.4601).

6.2.2 TA 2 km 31,2+50 – km 31,5+00

6.2.2.1 Geometrie

Im TA 2 verläuft die Strecke 1770 vom geländegleichem Niveau ausgehend auf einen ca. 3,50 m hohen Damm.

6.2.2.2 Gleiszustand

Gleislagefehler waren visuell nicht feststellbar.

6.2.2.3 Randwege

Der bahnrechte Randweg ist teilweise durch niedrigen Bewuchs und Schotter überdeckt.

6.2.2.4 Schotterbett

Im TA 2 ist das Schotterbett normal durch Sand und humose Bestandteile verschmutzt. Das Schotterbett weist im unteren Teil der Bettung eine Mischzone mit einer Dicke von $d_{MZ} = 10$ cm auf. Angaben zur Reinigungsfähigkeit sind unter Tz 4.2.1 aufgeführt.

Die Unterkante des Schotters liegt bei $d_{ist} = 0,64$ m u SO. Damit liegt die Schotterunterkante oberhalb des Regelquerschnittes 0,70 m u SO. Wiederherstellung des Regelquerschnittes wird eine Planumsabsenkung von 6 cm notwendig.

6.2.2.5 Geotechnische Bewertung Schutzschichten, Unterbau und Untergrund

Die Tragfähigkeit des Schotterbettplanums wurde mit $E_{vd,ist} = 24,1 - 46,0$ MN/m² $\nless E_{vd,soll} \geq 35$ MN/m² ermittelt.

Unterhalb des Schotters steht eine 5 cm (punktuell 30 cm) dicke Schutzschicht (schutzschichtähnliches Material) an, die die Trennflächenstabilität gegenüber der Schotterbettung gewährleistet. Aufgrund des erhöhten Feinkornanteils und der geringen Dicke kann die Schicht nicht als regelkonforme Schutzschicht betrachtet werden.

Die maßgeblichen Böden bis 2,0 m u SO sind frost- und wasserempfindliche mitteldichte $\pm$ schluffige Sande und steifer - halbfester Schluff (SU-SU*, UL/F3-Boden). Der Boden wird damit nach Ril 836.4101A01 als tragfähig eingeschätzt.

Wasserführende Bereiche wurden nicht festgestellt. Das Niederschlagswasser entwässert über den Oberbau und den Randweg bzw. den zwischen km 31,4+15 - km 31,5+00 vorhandenen bahnrechten Bahngraben in dem im Mai 2020 der Oberflächenwasserspiegel bei 4,40 m u SO stand.

Wegen der wasserstauenden Eigenschaften des schluffigen Unterbaus und Untergrundes wird erwartet, dass sich temporär in den wasserdurchlässigen Sanden oberhalb der wasserstauende Schicht Wasser bis < 1,50 m u SO einstauen kann. Deshalb ist für den TA 2 der hydrologische Fall 2 maßgebend.

6.2.2.6 Bewertung Gebrauchstauglichkeit / Notwendigkeit Planumsverbesserung

Gemäß Ril 836.4105A01 (Diagramm) [U 9] ergibt sich folgende Einschätzung zur Notwendigkeit einer Planumsverbesserung:

- Streckenbelastung	>10.000 bis 20.000 Lt/d]
- Geschwindigkeit (v_{zG})	≤ 140 km/h
- Streckeneinstufung	Ba
- Instandhaltungsaufwand notwendig	nein
- Höhen- und Richtungsfehler bekannt	nein
- Planumsabsenkung erforderlich	ja
- nichtbindiger Boden auf dem Planum	nein
- ausgeprägte plastischer Boden auf dem Planum	nein
- Entscheidungsergebnis	2

Gemäß Ril 836.4105A01 wird eine Planumsverbesserung spätestens im Zusammenhang mit dem nächsten Gleisumbau notwendig.

6.2.2.7 Bautechnische Empfehlung / Planum

Im Bereich von km 31,2+50 und km 31,5+00 ist eine Planumsabsenkung von 6 cm und der Einbau einer Schutzschicht erforderlich.

Bei Beachtung der Feststellungen aus Tz. 4.2, 6.1. ergibt sich bei Berücksichtigung des anstehenden Bodens (UL/F3-Boden) folgende Bemessung:

Tabelle 10: Bemessung km 31,2+50 – km 31,5+00

Ril 836.4101A02		Ril 836.4101A05	
maßgebliche Geschwindigkeit	140 km/h	Hydrologischer Fall	2
Gleisbelastung	< 30.000 Lt/d	maßgeblicher Boden	UL
Radsatzlast	$\leq 22,5t$	OK Planum _{neu}	$E_{PL} \geq 15 \text{ MN/m}^2$
Frosteinwirkzone	II		
Frostempfindlichkeit	maßgeblich F3	Regelanforderung OFTS	$E_{v2} \geq 50 \text{ MN/m}^2$
Dicke Schutzschicht (SS)	$d_{SS} = 25 \text{ cm}$	Dicke Tragschicht	$d_{TS} = 40 \text{ cm}$

Entsprechend der Bemessung wird km 31,2+50 - km 31,5+00 eine 40 cm dicke Schutzschicht notwendig. Auf dem wasserundurchlässigen Unterbau ist die Schutzschicht zweilagig aus 20 cm KG 1 0/32 auf 20 cm KG 2 0/32 herzustellen.

Die Anforderungen und Qualität des Mineralstoffgemisches KG 1/ KG 2 ergibt sich aus DBS 918 062.

Folgende alternativen Varianten zur Einbauempfehlung sind gemäß Ril 836 möglich:

Variante 1: Gemäß Ril 836.4101, Tz 3.2 (5) kann statt der kapillarbrechenden KG 2-Schicht ein Mineralkorn-gemisch KG 1 eingesetzt werden, wenn die kapillarbrechende Funktion durch den Einbau von Vliesstoff (Geokunststoff) gewährleistet wird. In diesem Fall ist gemäß [U 12] ein Geokunststoff Anwendungsfall 3.4 zu verwenden. Die Herstellerbezogene Produktqualifikation (HPQ) des Geokunststoffes ist nachzuweisen.

Variante 2: Gemäß Ril 836.4101A05 kann durch den Einbau von Geokunststoffen mit Bewehrungsfunktion die Schutzschichtdicke um 25% auf eine 30 cm dicke einlagige Schutzschicht aus KG 1 gesenkt werden, wenn der Verformungsmodul auf dem Planum bei mindestens $E_{v2} = 10 - 30 \text{ MN/m}^2$ liegt. Für den anstehenden feinkörnigen Boden wird dann der Einsatz eines Bewehrungselementes mit zusätzlicher Trenn- und Filterfunktion gemäß [U 12] Anwendungsfall 3.5 empfohlen. Die Herstellerbezogene Produktqualifikation (HPQ) des Geokunststoffes ist nachzuweisen.

Voraussetzung für den Einbau der 40 cm dicken Schutzschicht ist ein Verformungsmodul des Planums von $E_{v2} \geq 15 \text{ MN/m}^2$ / $E_{vd} \geq 10 \text{ MN/m}^2$. Der Verformungsmodul kann nach Profilierung und einfacher statischer Verdichtung vorausgesetzt werden.

Wird der Verformungsmodul auf dem Planum nicht erreicht, sind diese Bereiche einzugrenzen und durch Verstärkung der Schutzschicht nach Ril 836.4101A05 bzw. durch Zusatzmaßnahmen gemäß Ril 836.4201, .4202 zu verbessern.

Die Schutzschichten sind durchgehend auf $E_{v2} \geq 50 \text{ MN/m}^2$ / $E_{vd} \geq 35 \text{ MN/m}^2$ und zur Gewährleistung der Wasserundurchlässigkeit auf $D_{pr} \geq 100 \%$ zu verdichten. Sie sind mit einer Querneigung von 1:20 nach außen herzustellen und an die Entwässerungsanlagen anzubinden. Bauanfang und -ende von Schutzschichten sind mit einer Länge von $\geq 10 \text{ m}$ keilförmig an die angrenzenden Erdkörper auszuführen.

6.2.2.8 Bautechnische Empfehlung / Entwässerung

Es wird empfohlen im Zuge der Gleiserneuerung den Randweg neu zu profilieren.

Für die Entwässerung des Bahnkörpers von km 31,2+50 bis 31,4+15 ist eine Tiefenentwässerung gemäß Ril 836.4602, Bild 8 oder einen Bahngraben gemäß Ril 836.4602, Bild 1 herzustellen und an einen Vorfluter anzubinden. Der bahnrechte Graben von km 31,4+15 - km 31,5+00 ist zu profilieren, um die Entwässerung sicher zu stellen.

Die Herstellung der Entwässerungsanlagen soll mit einem ausreichenden zeitlichen Vorlauf vor dem Einbau der Schutzschicht zu erfolgen (s. Ril 836.4601).

6.2.3 TA 3 km 33,5+00 – km 34,1+50

6.2.3.1 Geometrie

Im TA 3 verläuft die Strecke 1770 zwischen km 33,5+00 – km 34,1+50 auf einem Damm von ca. 4,00 m Höhe, der in geländegleiche Lage übergeht.

6.2.3.2 Gleiszustand

Gleislagefehler waren visuell nicht feststellbar.

6.2.3.3 Randwege

Bahnrechts von Gleis 1 befindet sich ein Randweg der teilweise durch niedrigen Bewuchs sowie teils durch Schotter überdeckt ist.

6.2.3.4 Schotterbett

Im TA 3 ist das Schotterbett normal durch Sand und humose Bestandteile verschmutzt. Das Schotterbett weist im unteren Teil der Bettung eine Mischzone mit einer Dicke von $d_{MZ} = 10\text{--}15\text{ cm}$ auf. Angaben zur Reinigungsfähigkeit sind unter Tz 4.2.1 aufgeführt.

Die Unterkante des Schotters liegt bei $d_{ist} = 0,59\text{--}0,64\text{ m u SO}$. Damit liegt die Schotterunterkante oberhalb des Regelquerschnittes $0,70\text{ m u SO}$. Wiederherstellung des Regelquerschnittes wird eine Planumsabsenkung von $6\text{--}11\text{ cm}$ notwendig.

6.2.3.5 Geotechnische Bewertung Schutzschichten, Unterbau und Untergrund

Die Tragfähigkeit des Schotterbettplanums wurde mit $E_{vd,ist} = 26,0\text{--}42,6\text{ MN/m}^2 <> E_{vd,soll} \geq 35\text{ MN/m}^2$ ermittelt.

Unterhalb des Schotters steht keine Schutzschicht an. Die $15\text{--}30\text{ cm}$ dicke Schicht aus anthropogenen gemischtkörnigen Böden ist nicht trennflächenstabil gegenüber dem Schotter. Sie erfüllt nicht die Anforderungen als regelkonforme Schutzschicht.

Die maßgeblichen Böden bis $2,0\text{ m u SO}$ sind frost- und wasserempfindlicher weicher-steifer Schluff und steifer - halbfester Ton (UL, TL / F3-Böden). Der Boden wird damit nach Ril 836.4101A01 als tragfähig eingeschätzt.

Wasserführende Bereiche wurden nicht festgestellt. Das Niederschlagswasser entwässert über den Oberbau und den Randweg. Wegen der wasserstauenden Eigenschaften des schluffigen Unterbaus und Untergrundes wird erwartet, dass sich temporär in den wasserdurchlässigen Sanden oberhalb der wasserstauende Schicht Wasser bis $< 1,50\text{ m u SO}$ einstauen kann. Deshalb ist für den TA 3 der hydrologische Fall 2 maßgebend.

6.2.3.6 Bewertung Gebrauchstauglichkeit / Notwendigkeit Planumsverbesserung

Gemäß Ril 836.4105A01 (Diagramm) [U 9] ergibt sich folgende Einschätzung zur Notwendigkeit einer Planumsverbesserung:

- Streckenbelastung	>10.000 bis 20.000 Lt/d]
- Geschwindigkeit (v_{zG})	≤ 140 km/h
- Streckeneinstufung	Ba
- Instandhaltungsaufwand notwendig	nein
- Höhen- und Richtungsfehler bekannt	nein
- Planumsabsenkung erforderlich	ja
- nichtbindiger Boden auf dem Planum	nein
- ausgeprägt plastischer Boden auf dem Planum	nein
- Entscheidungsergebnis	2

Gemäß Ril 836.4105A01 wird eine Planumsverbesserung spätestens im Zusammenhang mit dem nächsten Gleisumbau notwendig.

6.2.3.7 Bautechnische Empfehlung / Planum

Im Bereich von km 33,5+00 - km 34,1+50 ist eine Planumsabsenkung von 6 - 11 cm und der Einbau einer Schutzschicht erforderlich.

Bei Beachtung der Feststellungen aus Tz. 4.2, 6.1. ergibt sich bei Berücksichtigung des anstehenden Bodens (UL, TL/F3-Boden) folgende Bemessung:

Tabelle 11: Bemessung km 33,5+00 – km 34,1+50

Ril 836.4101A02		Ril 836.4101A05	
maßgebliche Geschwindigkeit	140 km/h	Hydrologischer Fall	2
Gleisbelastung	< 30.000 Lt/d	maßgeblicher Boden	TL, UL
Radsatzlast	$\leq 22,5t$	OK Planum _{neu}	$E_{PL} \geq 15 \text{ MN/m}^2$
Frosteinwirkzone	II		
Frostempfindlichkeit	maßgeblich F3	Regelanforderung OFTS	$E_{v2} \geq 50 \text{ MN/m}^2$
Dicke Schutzschicht (SS)	$d_{SS} = 25 \text{ cm}$	Dicke Tragschicht	$d_{TS} = 40 \text{ cm}$

Entsprechend der Bemessung wird bei km 33,5+00 - km 34,1+50 eine 40 cm dicke Schutzschicht notwendig. Auf dem wasserundurchlässigen Unterbau ist die Schutzschicht zweilagig aus 20 cm KG 1 0/32 auf 20 cm KG 2 0/32 herzustellen.

Die Anforderungen und Qualität des Mineralstoffgemisches KG 1/ KG 2 ergibt sich aus DBS 918 062.

Folgende alternativen Varianten zur Einbauempfehlung sind gemäß Ril 836 möglich:

Variante 1: Gemäß Ril 836.4101, Tz 3.2 (5) kann statt der kapillarbrechenden KG 2-Schicht ein Mineralkorn-gemisch KG 1 eingesetzt werden, wenn die kapillarbrechende Funktion durch den Einbau von Vliesstoff (Geo-kunststoff) gewährleistet wird. In diesem Fall ist gemäß [U 12] ein Geokunststoff Anwendungsfall 3.4 zu verwenden. Die Herstellerbezogene Produktqualifikation (HPQ) des Geokunststoffes ist nachzuweisen.

Variante 2: Gemäß Ril 836.4101A05 kann durch den Einbau von Geokunststoffen mit Bewehrungsfunktion die Schutzschichtdicke um 25% auf eine 30 cm dicke einlagige Schutzschicht aus KG 1 gesenkt werden, wenn der Verformungsmodul auf dem Planum bei mindestens $E_{v2} = 10 - 30 \text{ MN/m}^2$ liegt. Für den anstehenden feinkörnigen Boden wird dann der Einsatz eines Bewehrungselementes mit zusätzlicher Trenn- und Filter-

funktion gemäß [U 12] Anwendungsfall 3.5 empfohlen. Die Herstellerbezogene Produktqualifikation (HPQ) des Geokunststoffes ist nachzuweisen.

Voraussetzung für den Einbau der 40 cm dicken Schutzschicht ist ein Verformungsmodul des Planums von $E_{v2} \geq 15 \text{ MN/m}^2$ / $E_{vd} \geq 10 \text{ MN/m}^2$. Der Verformungsmodul kann nach Profilierung und einfacher statischer Verdichtung vorausgesetzt werden.

Wird der Verformungsmodul auf dem Planum nicht erreicht, sind diese Bereiche einzugrenzen und durch Verstärkung der Schutzschicht nach Ril 836.4101A05 bzw. durch Zusatzmaßnahmen gemäß Ril 836.4201, .4202 zu verbessern.

Die Schutzschichten sind durchgehend auf $E_{v2} \geq 50 \text{ MN/m}^2$ / $E_{vd} \geq 35 \text{ MN/m}^2$ und zur Gewährleistung der Wasserundurchlässigkeit auf $D_{pr} \geq 100 \%$ zu verdichten. Sie sind mit einer Querneigung von 1:20 nach außen herzustellen und an die Entwässerungsanlagen anzubinden. Bauanfang und -ende von Schutzschichten sind mit einer Länge von $\geq 10 \text{ m}$ keilförmig an die angrenzenden Erdkörper auszuführen.

6.2.3.8 Bautechnische Empfehlung / Entwässerung

Es wird empfohlen im Zuge der Gleiserneuerung den Randweg zu profilieren.

Von km 33,9+50 - km 34,1+50 wird die Herstellung eines Bahngrabens gemäß Ril 836.4602, Bild 1 empfohlen. Der Graben ist an einen Vorfluter anzubinden.

6.2.4 TA 4 km 34,1+50 – km 34,3+50

6.2.4.1 Geometrie

Im TA 4 verläuft die Strecke 1770 zwischen km 34,1+50 – km 34,3+50 in geländegleichem Niveau.

6.2.4.2 Gleiszustand

Gleislagefehler waren visuell nicht feststellbar.

6.2.4.3 Randwege

Bahnrechts von Gleis 1 befindet sich ein Randweg der durch niedrigen Bewuchs sowie teils mit Schotter überdeckt ist.

6.2.4.4 Schotterbett

Im TA 4 ist das Schotterbett mit Sand, Schluff und Ton und humose Bestandteile verschmutzt. Das Schotterbett weist im unteren Teil der Bettung eine Mischzone mit einer Dicke von $d_{MZ} = 20 \text{ cm}$ auf. Die Mischzone ist durch Schluff und Ton verklebt. Deshalb ist der Schotter nicht reinigungsfähig und muss ausgetauscht werden.

Die Unterkante des Schotters liegt bei $d_{\text{ist}} = 0,69 \text{ m}$ u SO. Damit liegt die Schotterunterkante oberhalb des Regelquerschnitts ($0,70 \text{ m}$ u SO). Zur Wiederherstellung des Regelquerschnittes wird eine Planumsabsenkung notwendig.

6.2.4.5 Geotechnische Bewertung Schutzschichten, Unterbau und Untergrund

Die Tragfähigkeit des Schotterbettplanums wurde mit $E_{\text{vd,ist}} = 20,2 - 48,4 \text{ MN/m}^2 < E_{\text{vd,soll}} \geq 35 \text{ MN/m}^2$ ermittelt.

Unterhalb des Schotters steht von km 34,1+50 – km 34,3+50 eine 5 - 20 cm dicke Schutzschicht (schuttschichtähnliches Material) an, die die Trennflächenstabilität gegenüber der Schotterbettung gewährleistet. Aufgrund des erhöhten Feinkornanteils und der meist geringen Dicke kann die Schutzschicht nicht als regelkonforme Schutzschicht betrachtet werden.

Die maßgeblichen Böden bis 2,0 m u SO sind sehr frost- und wasserempfindliche Schluffe (UL / F3-Boden). Die Schluffe sind sehr schwach wasserdurchlässig. Ihre Konsistenz ist überwiegend steif bis halbfest. Der Boden wird nach Ril 836.4 101A01 als tragfähig eingeschätzt.

Wasserführende Bereiche wurden nicht festgestellt. Aufstauendes Wasser ist aufgrund des sehr schwach wasserdurchlässigen Bodens nach Niederschlägen temporär oberhalb 1,50 m u SO zu erwarten, weshalb der hydrologische Fall 2 maßgebend ist.

6.2.4.6 Bewertung Gebrauchstauglichkeit / Notwendigkeit Planumsverbesserung

Gemäß Ril 836.4 105A01 (Diagramm) [U 9] ergibt sich folgende Einschätzung zur Notwendigkeit einer Planumsverbesserung:

- Streckenbelastung	>10.000 bis 20.000 Lt/d]
- Geschwindigkeit (v_{zG})	$\leq 140 \text{ km/h}$
- Streckeneinstufung	Ba
- Instandhaltungsaufwand notwendig	nein
- Höhen- und Richtungsfehler bekannt	nein
- Mindesttragfähigkeit auf dem Schotterbettplanum vorhanden	nein
- Planumsabsenkung erforderlich	ja
- nichtbindiger Boden	nein
- ausgeprägte Plastizität	nein
- Entscheidungsergebnis	2

Gemäß Ril 836.4 105A01 wird zur Wiederherstellung des Regelquerschnittes und zur Absicherung der Tragfähigkeit des Schotterbettauflagers eine Planumsverbesserung spätestens im Zusammenhang mit dem nächsten Gleisumbau notwendig.

6.2.4.7 Bautechnische Empfehlung / Planum

Für den TA 4 wird eine Planumsverbesserung, eine Planumsabsenkung und der Einbau einer Schutzschicht erforderlich.

Bei Beachtung der Feststellungen aus Tz. 4.2, 6.1. ergibt sich bei Berücksichtigung des anstehenden Bodens (UL/F3-Boden) folgende Bemessung:

Tabelle 12: Bemessung km 34,1+50 - km 34,3+50

Ril 836.4101A02		Ril 836.4101A05	
maßgebliche Geschwindigkeit	140 km/h	Hydrologischer Fall	2
Gleisbelastung	< 30.000 Lt/d	maßgeblicher Boden	UL
Radsatzlast	≤ 22,5t	OK Planum _{neu}	$E_{PL} \geq 15 \text{ MN/m}^2$
Frosteinwirkzone	II		
Frostempfindlichkeit	maßgeblich F3	Regelanforderung OFTS	$E_{v2} \geq 50 \text{ MN/m}^2$
Dicke Schutzschicht (SS)	$d_{SS} = 25 \text{ cm}$	Dicke Tragschicht	$d_{TS} = 40 \text{ cm}$

Entsprechend der Bemessung wird von km 34,1+50 - km 34,3+50 auf UL (F 3 - Boden) eine 40 cm dicke Schutzschicht notwendig. Auf dem wasserundurchlässigen Unterbau ist die Schutzschicht zweilagig aus 20 cm KG 1 0/32 auf 20 cm KG 2 0/32 herzustellen.

Folgende alternativen Varianten zur Einbauempfehlung sind gemäß Ril 836 möglich:

Variante 1: Gemäß Ril 836.4101, Tz 3.2 (5) kann statt der kapillarbrechenden KG 2-Schicht ein Mineralkorn-gemisch KG 1 eingesetzt werden, wenn die kapillarbrechende Funktion durch den Einbau von Vliesstoff (Geokunststoff) gewährleistet wird. In diesem Fall ist gemäß [U 12] ein Geokunststoff Anwendungsfall 3.4 zu verwenden. Die Herstellerbezogene Produktqualifikation (HPQ) des Geokunststoffes ist nachzuweisen.

Variante 2: Gemäß Ril 836.4101A05 kann durch den Einbau von Geokunststoffen mit Bewehrungsfunktion die Schutzschichtdicke um 25% auf eine 30 cm dicke einlagige Schutzschicht aus KG 1 gesenkt werden, wenn der Verformungsmodul auf dem Planum bei mindestens $E_{v2} = 10 - 30 \text{ MN/m}^2$ liegt. Für den anstehenden feinkörnigen Boden wird dann der Einsatz eines Bewehrungselementes mit zusätzlicher Trenn- und Filterfunktion gemäß [U 12] Anwendungsfall 3.5 empfohlen. Die Herstellerbezogene Produktqualifikation (HPQ) des Geokunststoffes ist nachzuweisen.

Voraussetzung für den Einbau der 40 cm dicken Schutzschicht ist ein Verformungsmodul des Planums von $E_{v2} \geq 15 \text{ MN/m}^2$ / $E_{vd} \geq 10 \text{ MN/m}^2$. Der Verformungsmodul kann nach Profilierung und einfacher statischer Verdichtung vorausgesetzt werden.

Wird der Verformungsmodul auf dem Planum nicht erreicht, sind diese Bereiche einzugrenzen und durch Verstärkung der Schutzschicht nach Ril 836.4101A05 bzw. durch Zusatzmaßnahmen gemäß Ril 836.4201, .4202 zu verbessern.

Die Schutzschichten sind durchgehend auf $E_{v2} \geq 50 \text{ MN/m}^2$ / $E_{vd} \geq 35 \text{ MN/m}^2$ und zur Gewährleistung der Wasserundurchlässigkeit auf $D_{Pr} \geq 100 \%$ zu verdichten. Sie sind mit einer Querneigung von 1:20 nach außen herzustellen und an die Entwässerungsanlagen anzubinden. Bauanfang und -ende von Schutzschichten sind mit einer Länge von $\geq 10 \text{ m}$ keilförmig an die angrenzenden Erdkörper auszuführen.

6.2.4.8 Bautechnische Empfehlung / Entwässerung

Im Zuge der Gleiserneuerung wird empfohlen, den Randweg zu profilieren.

Es wird empfohlen, die im TA 5 vorhandenen Tiefenentwässerung zwischen den Gleisen 1 und 2 gemäß Ril 836.4602, Bild 8 bis in diesen Teilabschnitt zu verlängern, um die hydrologische Situation zu verbessern.

6.2.5 TA 5 km 34,3+50 – km 34,4+82

6.2.5.1 Geometrie

Im TA 5 verläuft die Strecke 1770 zwischen km 34,3+50 – km 34,4+82 auf geländegleichem Niveau.

6.2.5.2 Gleiszustand

Gleislagefehler waren visuell nicht feststellbar.

6.2.5.3 Randwege

Bahnrechts von Gleis 1 befindet sich ein Randweg der teilweise durch niedrigen Bewuchs sowie teils durch Schotter überdeckt ist.

6.2.5.4 Schotterbett

Im TA 5 ist das Schotterbett normal durch Sand und humose Bestandteile verschmutzt. Das Schotterbett weist im unteren Teil der Bettung eine Mischzone mit einer Dicke von $d_{MZ} = 20 - 25$ cm auf. Angaben zur Reinigungsfähigkeit sind unter Tz 4.2.1 aufgeführt.

Die Unterkante des Schotters liegt 0,64 m u SO. Damit liegt die Schotterunterkante des TA 5 oberhalb des Regelquerschnitts 0,70 m u SO. Zur Wiederherstellung des Regelquerschnittes wird eine Planumsabsenkung von 6 cm notwendig.

6.2.5.5 Geotechnische Bewertung Schutzschichten, Unterbau und Untergrund

Die Tragfähigkeit des Schotterbettplanums wurde mit $E_{vd,ist} = 26,2 - 34,7 \text{ MN/m}^2 < > E_{vd,soll} \geq 35 \text{ MN/m}^2$ ermittelt.

Unterhalb des Schotters steht von km 34,3+50 – km 34,4+82 eine 15 cm dicke Schutzschicht (schutzschicht-ähnliches Material) an, die die Trennflächenstabilität gegenüber der Schotterbettung gewährleistet. Aufgrund des erhöhten Feinkornanteils und der meist geringen Dicke kann die Schutzschicht nicht als regelkonforme Schutzschicht betrachtet werden.

Die maßgeblichen Böden bis 2,0 m u SO sind sehr frost- und wasserempfindliche Schluffe (UL / F3-Boden). Die Konsistenz ist halbfest. Der Boden wird nach Ril 836.4101A01 als tragfähig eingeschätzt.

Wasserführende Bereiche wurden nicht festgestellt. Aufstauendes Wasser ist aufgrund des sehr schwach wasserdurchlässigen Bodens nach Niederschlägen temporär oberhalb 1,50 m u SO zu erwarten, weshalb der hydrologische Fall 2 maßgebend ist.

Zwischen km 34,4+29 und km 34,4+87 ist zwischen Gleis 1 und Gleis 2 eine Tiefenentwässerung vorhanden. Der Wasserstand lag in den Schächten 1,22 - 1,27 m u SO.

6.2.5.6 Bewertung Gebrauchstauglichkeit / Notwendigkeit Planumsverbesserung

Gemäß Ril 836.4105A01 (Diagramm) [U 9] ergibt sich folgende Einschätzung zur Notwendigkeit einer Planumsverbesserung:

- Streckenbelastung	>10.000 bis 20.000 Lt/d]
- Geschwindigkeit (v_{zG})	≤ 140 km/h
- Streckeneinstufung	Ba
- Instandhaltungsaufwand notwendig	nein
- Höhen- und Richtungsfehler bekannt	nein
- Planumsabsenkung erforderlich	ja
- nichtbindiger Boden	nein
- ausgeprägte Plastizität	nein
- Entscheidungsergebnis	2

Gemäß Ril 836.4105A01 wird eine Planumsverbesserung spätestens im Zusammenhang mit dem nächsten Gleisumbau notwendig.

6.2.5.7 Bautechnische Empfehlung / Planum

Für den TA 5 wird eine Planumsverbesserung und Planumsabsenkung von 6 cm und der Einbau einer Schutzschicht erforderlich.

Bei Beachtung der Feststellungen aus Tz. 4.2, 6.1. ergibt sich bei Berücksichtigung des anstehenden Bodens (UL/F3-Boden) folgende Bemessung:

Tabelle 13: Bemessung km 34,3+50 – km 34,4+84

Ril 836.4101A02		Ril 836.4101A05	
maßgebliche Geschwindigkeit	140 km/h	Hydrologischer Fall	2
Gleisbelastung	< 30.000 Lt/d	maßgeblicher Boden	UL
Radsatzlast	$\leq 22,5t$	OK Planum _{neu}	$E_{PL} \geq 15 \text{ MN/m}^2$
Frosteinwirkzone	II		
Frostempfindlichkeit	maßgeblich F3	Regelanforderung OFTS	$E_{v2} \geq 50 \text{ MN/m}^2$
Dicke Schutzschicht (SS)	$d_{SS} = 25 \text{ cm}$	Dicke Tragschicht	$d_{TS} = 40 \text{ cm}$

Entsprechend der Bemessung wird von km 34,3+50 – km 34,4+82 auf UL (F 3 - Boden) eine 40 cm dicke Schutzschicht notwendig. Auf dem wasserundurchlässigen Unterbau ist die Schutzschicht zweilagig aus 20 cm KG 1 0/32 auf 20 cm KG 2 0/32 herzustellen.

Folgende alternativen Varianten zur Einbauempfehlung sind gemäß Ril 836 möglich:

Variante 1: Gemäß Ril 836.4101, Tz 3.2 (5) kann statt der kapillarbrechenden KG 2-Schicht ein Mineralkorn-gemisch KG 1 eingesetzt werden, wenn die kapillarbrechende Funktion durch den Einbau von Vliesstoff (Geokunststoff) gewährleistet wird. In diesem Fall ist gemäß [U 12] ein Geokunststoff Anwendungsfall 3.4 zu verwenden. Die Herstellerbezogene Produktqualifikation (HPQ) des Geokunststoffes ist nachzuweisen.

Variante 2: Gemäß Ril 836.4101A05 kann durch den Einbau von Geokunststoffen mit Bewehrungsfunktion die Schutzschichtdicke um 25% auf eine 30 cm dicke einlagige Schutzschicht aus KG 1 gesenkt werden, wenn der Verformungsmodul auf dem Planum bei mindestens $E_{v2} = 10 - 30 \text{ MN/m}^2$ liegt. Für den anstehenden feinkörnigen Boden wird dann der Einsatz eines Bewehrungselementes mit zusätzlicher Trenn- und Filter-

funktion gemäß [U 12] Anwendungsfall 3.5 empfohlen. Die Herstellerbezogene Produktqualifikation (HPQ) des Geokunststoffes ist nachzuweisen.

Voraussetzung für den Einbau der 40 cm dicken Schutzschicht ist ein Verformungsmodul des Planums von $E_{v2} \geq 15 \text{ MN/m}^2$ / $E_{vd} \geq 10 \text{ MN/m}^2$. Der Verformungsmodul kann nach Profilierung und einfacher statischer Verdichtung vorausgesetzt werden.

Wird der Verformungsmodul auf dem Planum nicht erreicht, sind diese Bereiche einzugrenzen und durch Verstärkung der Schutzschicht nach Ril 836.4101A05 bzw. durch Zusatzmaßnahmen gemäß Ril 836.4201, .4202 zu verbessern.

Die Schutzschichten sind durchgehend auf $E_{v2} \geq 50 \text{ MN/m}^2$ / $E_{vd} \geq 35 \text{ MN/m}^2$ und zur Gewährleistung der Wasserundurchlässigkeit auf $D_{pr} \geq 100 \%$ zu verdichten. Sie sind mit einer Querneigung von 1:20 nach außen herzustellen und an die Entwässerungsanlagen anzubinden. Bauanfang und -ende von Schutzschichten sind mit einer Länge von $\geq 10 \text{ m}$ keilförmig an die angrenzenden Erdkörper auszuführen.

6.2.5.8 Bautechnische Empfehlung / Entwässerung

Es wird empfohlen im Zuge der Gleiserneuerung den Randweg zu profilieren.

Die vorhandene Tiefenentwässerung ist zu reinigen und auf Ihre Funktionstüchtigkeit zu überprüfen.

6.3 Überdeckung von Bauwerken

Im Zuge der Erkundungsarbeiten wurden keine Bauwerke festgestellt, die unterhalb des Gleises die Strecke queren.

Am km 31,3+95 stellt der mit 6,20 m Länge und mit Strail-Befestigungsplatten ausgelegte Bahnübergang Algermissen 2 eine Unterbrechung dar. Weitere Hindernisse, die einen Abstand von $\leq 3,30 \text{ m}$ zur Gleisachse aufweisen, sind in Anlage 7 dokumentiert.

6.4 Allgemeine Empfehlungen und Hinweise zur Baudurchführung

Durch die Erd- und Tiefbauarbeiten darf die Standsicherheit baulicher Anlagen nicht gefährdet werden.

Einzuleitende Sicherungsmaßnahmen für die baulichen Anlagen und Maste sind von den durchzuführenden Baumaßnahmen abhängig und sind nach Auswahl der Bau- und Betriebstechnologie festzulegen.

Der Boden unterhalb des Planums besteht überwiegend aus schluffigen Sanden (SU*) und leichtplastischen Schluffen und Tonen (UL, TL). Um bei einem konventionellen Umbau Verdrückungen des Planums und Tragfähigkeitsverluste zu vermeiden, ist ein direktes Befahren dieser Böden mit Baufahrzeugen ohne besondere Zusatzmaßnahmen nicht zulässig. Die Erdarbeiten/ Massentransporte sind deshalb vorzugsweise gleisgebunden (im Richtungsgleis) bzw. rückschreitend, oberhalb der Altschotterbettung auszuführen. Das freigelegte Planum ist nach der Profilierung sofort zu überbauen.

Bei einem konventionellen Umbau (gleislos) wird ein $E_{v2} \geq 30 \text{ MN/m}^2$ auf dem Planum notwendig, damit beim Befahren mit Transportfahrzeugen keine Schädigung des Planums eintreten kann.

Aus oben genannten Gründen wird zur Schonung des Unterbaus ein gleisgebundener Umbau empfohlen.

Um Vernässungen des Planums während der Baumaßnahme vorzubeugen, sollte die Entwässerung (Tiefenentwässerung und Bahngräben), wenn vorhanden, im zeitlichen Vorlauf zur Gleiserneuerung überprüft und instandgesetzt werden.

Mit dem Anschnitt der Schotterbettung und der darunterliegenden Sande und Schluffe bzw. Tone kann insbesondere nach vorangegangenen Niederschlägen eingestaut Wasser austreten.

Um Aufweichungen des Planums zu vermeiden, ist das austretende Wasser über eine offene Wasserhaltung abzuleiten bzw. in Dammlagen durch eine entsprechende Querneigung in den Bahngraben abzuführen. Die Bauwasserhaltung ist optional einzuplanen.

Die Schutzschichten sind mit einer Querneigung von 1:20 nach außen herzustellen. Bauanfang und -ende von Schutzschichten sind mit einer Länge von ≥ 10 m keilförmig, an die angrenzenden Erdkörper, auszuführen.

Die unter Tz. 6.1 und 6.2.ff genannten Verdichtungsanforderungen sind Mindestanforderungen und deshalb einzuhalten und nachzuweisen.

Wird bei der Herstellung des Planums der vorgegebene Verformungsmodul (s. Tz. 6.2.ff) nicht erreicht, sind diese Bereiche einzugrenzen und durch Verstärkung der Schutzschicht nach Ril 836.4101A05 bzw. durch Zusatzmaßnahmen gemäß Ril 836.4201, .4202 zu verbessern.

6.5 Zusammenfassung der Bautechnischen Empfehlungen

Im Rahmen der Gleiserneuerung Strecke 1770 Lehrte - Nordstemmen im Streckenabschnitt Algermissen – Harsum Gleis 1 km 31,0+16 – 31,50+00 und km 33,5+00 – 34,4+82 ergeben sich folgende Empfehlungen:

Tabelle 14: Zusammenstellung der bautechnischen Maßnahmen

TA	Abschnitt	Schotterbettung [m u SO]	Umbaumaßnahmen	Randweg / Entwässerung
TA 1	km 31,0+16 – km 31,2+50	0,63 - 0,64	- Schotterbett reinigen - km 31,5+00-31,1+50 Schotter austauschen - Planumsabsenkung um 6 - 7 cm - Schutzschichteinbau (20 cm KG 1 auf 20 cm KG 2 oder Variante 1 bzw. 2	- Randweg profilieren - TE überprüfen und instand setzen ggf. erneuern
TA 2	km 31,2+50 – km 31,5+00	0,64	- Schotterbett reinigen - Planumsabsenkung um 6 cm - Schutzschichteinbau (20 cm KG 1 auf 20 cm KG 2) oder Variante 1 bzw. 2	- Randweg profilieren - ggf. TE oder Bahngraben herstellen - Bahngraben ab km 31,4+15 profilieren
TA 3	km 33,5+00 – km 34,1+50	0,59 - 0,64	- Schotterbett reinigen - Planumsabsenkung um 6-11 cm - Schutzschichteinbau (20 cm KG 1 auf 20 cm KG 2 oder Variante 1 bzw. 2	- Randweg profilieren - Bahngraben herstellen
TA 4	km 34,1+50 – km 34,3+50	0,69	- Schotterbett reinigen - Planumsabsenkung / Planumsanpassung - Schutzschichteinbau (20 cm KG 1 auf 20 cm KG 2 oder Variante 1 bzw. 2	- Randweg profilieren - ggf. TE vom TA 5 verlängern
TA 5	km 34,3+50 – km 34,4+82	0,64	- Schotterbett reinigen - Planumsabsenkung um 6 cm - Schutzschichteinbau (20 cm KG 1 auf 20 cm KG 2) oder Variante 1 bzw. 2	- Randweg profilieren - vorhandene TE überprüfen und instand setzen

7 Schlussbemerkungen

Durch die punktförmige Aufschlussmethodik und geringe Aufschlussdichte, -art und -tiefe können Abweichungen von den bisher beschriebenen und bewerteten Bodenschichten und Grundwasserverhältnissen nicht ausgeschlossen werden.

Werden im Zusammenhang mit der Baudurchführung Abweichungen festgestellt und ergeben sich damit aus bautechnischer Sicht Veränderungen in der Baudurchführung, ist der verantwortliche Bodengutachter zu informieren.

Führen die weiteren Planungen zu Änderungen der betriebstechnischen Parameter, Streckenanforderungen und der vorgesehenen Technologien, sind die bautechnischen Empfehlungen des Berichtes zu überprüfen und ggf. an den veränderten Planungsstand anzupassen.

Schwerin, 27.10.2020

Dipl.-Ing. (FH) I. Zoch

B. Sc. A. Lipke

Dipl.-Geol. (FH) D. Pittermann

GEO.TECH Ingenieure & Geologen GmbH