



**GEO - UND UMWELTECHNIK
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH**

BERATENDE INGENIEURE

2012/008 – Hk/Ho/Vo –04. Oktober 2016

**BBI Geo- und Umwelttechnik
Ingenieur-Gesellschaft mbH
Beratende Ingenieure**

Lübecker Str. 1 · 22087 Hamburg
Tel. +49-40-229 468-0 · Fax -40
E-Mail info@b-b-i.de
www.b-b-i.de

SCHIENENANBINDUNG DER FESTEN BELT- QUERUNG (FBQ) RV-TRASSE

Geotechnischer Bericht

Hier:

Gleiserweiterung auf der Insel Fehmarn (PFA 6)

**Ergänzungsbericht für eine Entwurfsgeschwindigkeit
200 km/h**

- Zur Information -

Auftraggeber:

DB Netz AG
Regionalbereich Nord
Großprojekte I-NG-N-F
Hammerbrookstraße 44
20097 Hamburg

**Gutachten
Beratung
Planung
Bauüberwachung
Baugruddynamik
Umwelttechnik**

Geschäftsleitung

Dr.-Ing. Franjo Böckmann²
Dr.-Ing. habil. Sascha Henke²
Dr. rer. nat. Götz Hirschberg
Dr.-Ing. Fabian Kirsch¹
Dr.-Ing. Olaf Stahlhut²

Senior-Partner

Dipl.-Ing. Peter Bahnsen²

¹ Anerkannter Prüfsachverständiger für
den Erd- und Grundbau.

² Mitglieder der Hamburgischen
Ingenieurkammer-Bau

Verband Beratender Ingenieure

Zertifiziert gemäß:
SCC (Safety Certificated Contractor)





INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. VERANLASSUNG	4
2. UNTERLAGEN	5
2.1 Planunterlagen	5
2.2 Normen	6
2.3 Regelwerke	6
3. TRASSE	6
4. UNTERSUCHUNGEN	6
5. UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE	7
5.1 Allgemeine geologische Verhältnisse	7
5.2 Ergebnisse der Sondierbohrungen	7
5.3 Ergebnisse der schweren Rammsondierungen (DPH)	7
5.4 Altlastenverdachtsflächen	7
5.5 Schadstoffuntersuchungen	7
5.5.1 Untersuchungsumfang	7
5.5.2 Probenahmestellen	7
5.5.3 Ergebnisse und Bewertung der chemischen Bodenuntersuchungen	7
6. BODENMECHANISCHE LABORVERSUCHE	7
6.1 Korngrößenverteilung	7
6.2 Glühverluste	8
6.3 Wassergehalte	8
7. BODENKENNWERTE	8
7.1 Bodenklassifizierung	8
7.2 Baugrundkennwerte für erdstatische Berechnungen	8
8. GRUNDWASSER	8
8.1 Allgemeine hydrogeologische Verhältnisse	8
8.2 Oberflächengewässer	8
8.3 Überschwemmungsflächen	8
8.4 Grundwassermessstellen	8

...



8.5 Grundwasserstände.....	8
8.6 Chemische Grundwasserqualität.....	8
8.7 Versickerung.....	9
9. GEOTECHNISCHE EINORDNUNGEN.....	9
9.1 Geotechnische Kategorie.....	9
9.2 Erdbebenzone.....	9
9.3 Frosteinwirkungszone.....	9
10. GEOTECHNISCHE BEURTEILUNG UND EMPFEHLUNGEN ZUR GEPLANTEN BAUMASSNAHME.....	9
10.1 Anforderungen an den Untergrund.....	9
10.2 Anforderungen an den Unterbau.....	12
10.3 Anforderungen an den Oberbau.....	12
10.4 Bodenaustausch- bzw. Verbesserungsmaßnahmen.....	13
10.4.1 Oberböden und bindige Böden geringer Konsistenz.....	13
10.4.2 Auffüllung.....	14
10.4.3 Austausch- / Verbesserungsmaßnahmen.....	14
10.5 Austausch- bzw. Verfüllmaterial.....	16
10.6 Dammschüttmaterial.....	16
10.7 Böschungsneigungen Einschnitte.....	16
10.8 Anforderungen an die Schutzschicht.....	16
10.9 Prüfen der Bodenverdichtung.....	17
10.10 Entwässerungsmaßnahmen.....	17
10.11 Generelle Angaben zur Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit.....	17
10.12 Standsicherheit des Bahnkörpers.....	20
10.13 Maßnahmen mit Gleiserneuerung.....	20
10.14 Kunstbauwerke.....	20
11. WIEDERVERWERTUNG VON AUSHUBMATERIAL.....	20
12. HINWEISE FÜR DIE BAUAUSFÜHRUNG.....	21
12.1 Allgemeine Hinweise.....	21
12.2 Empfehlung Testfeld.....	21
13. GEOTECHNISCHE HINWEISE.....	22
14. SCHLUSSBEMERKUNGEN.....	22



ANLAGENVERZEICHNIS 23



1. VERANLASSUNG

Im September 2008 vereinbarten das Königreich Dänemark und die Bundesrepublik Deutschland in einem Staatsvertrag den Bau einer festen Verbindung über den Fehmarnbelt. Dänemark baut einen Absenktunnel durch die Ostsee und die Anbindung auf dänischer Seite. Deutschland hat sich verpflichtet, für eine leistungsfähige Straßen- und Schienenanbindung auf deutscher Seite zu sorgen.

Die Deutsche Bahn wurde vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur beauftragt, eine leistungsfähige Schienenanbindung von Lübeck nach Puttgarden zu planen – zweigleisig, elektrifiziert, auf dem neusten Stand der Technik.

Das Land Schleswig-Holstein führte für die Schienenanbindung ein Raumordnungsverfahren durch. Mit dem Ergebnis, statt des ursprünglich geplanten zweistufigen Ausbaus der bestehenden Trasse wird nun eine überwiegende Neubaustrecke geplant, die zahlreiche Bäderorte und Gemeinden in der Region umfährt.

Die vorliegende Streckenplanung gliedert sich in 6 Planungs-/Planfeststellungsabschnitte (PFA 1 – PFA 6) und beginnt mit dem PFA 1 in Bad Schwartau (Bau-km 104,704) und endet im PFA 6 auf Fehmarn mit dem Anschluss an die Planung des Absenktunnels (Bau-km 184,160).

Ein weiterer Planungsabschnitt ist der Bf Lübeck Süd. Die Strecke Hamburg – Puttgarden verläuft durch den Lübecker Hauptbahnhof. Mit dem Neubau von Puffergleisen im Bahnhofsteil Lübeck Hgbf wird eine Abstellmöglichkeit für Güterzüge geschaffen.

Die Übersichtskarte auf der Anlage 1 zeigt den Verlauf der geplanten RV-Trasse.

Das Ingenieurbüro BBI Geo- und Umwelttechnik Ingenieur-Gesellschaft mbH, Hamburg, wurde seitens der DB Netz AG mit der Ausarbeitung eines Geotechnischen Berichtes für die geplante RV-Trasse beauftragt.

Für den PFA 6 wurde mit der Unterlage [U17] ein Geotechnischer Bericht (Revision 2, Stand 29.09.2016) abgegeben. Dieser berücksichtigt eine maximale Entwurfsgeschwindigkeit im PFA 6 von $v_e \leq 160$ km/h. Gemäß aktuellem Planungsstand ist es vorgesehen, dass im PFA 6 ab Bau-km 175,9+17 bis Abschnittsende eine Entwurfsgeschwindigkeit von $v_e = 200$ km/h zugrunde gelegt wird.

Der hier vorliegende Bericht ist die Ergänzung des Geotechnischen Berichtes für den PFA 6 der RV-Trasse unter Berücksichtigung der Entwurfsgeschwindigkeit von $v_e = 200$ km/h im o.g. Trassenabschnitt. Diese Ergänzung gilt somit ausschließlich



für den Bereich des PFA 6 von Bau-km 175,9+17 bis Abschnittsende, in dem eine Entwurfsgeschwindigkeit von $v_e = 200$ km/h vorgesehen ist. Für den Bereich des PFA 6 bis Bau-km 175,9+17 gilt unverändert der Bericht [U17] mit einer Entwurfsgeschwindigkeit von $v_e = 160$ km/h.

Für die weiteren PFA werden separate Berichte erstellt.

2. UNTERLAGEN

Nachfolgende Planunterlagen, Normen und Regelwerke liegen dem vorliegenden Bericht zugrunde.

2.1 Planunterlagen

Zur Projektbearbeitung wurden folgende Planunterlagen verwendet:

- [U1] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe;
Geologische Übersichtskarte M. 1:200.000, Blatt CC 2326 Lübeck,
Hannover 1987
- [U2] DB ProjektBau GmbH; Lagepläne Varianten 1A;
M. 1:1.000, Stand März 2010
- [U3] DB ProjektBau GmbH; Längsschnitte, Varianten 1A-Fehmarn;
M. 1:500/5000, Stand März 2012
- [U4] DB AG, Sanierungsmanagement;
FRS Informationsgrundlage Altlastenverdachtsflächen, 24. Februar 2010
- [U5] Die deutsche Ostseeküste,
Sammlung geologischer Führer Band 105, Gebr. Borntraeger, 2011
- [U6] Hydrogeologie von Schleswig-Holstein, Geologisches Jahrbuch Reihe C,
Band C 28; A. Johannsen; 1980
- [U7] GÜK 200 (1987, 1993): Geologische Übersichtskarte der BRD;
M. 1:200.000, Blatt CC 2326/Lübeck. – Bundesanstalt für Geowissenschaften
und Rohstoffe, Hannover
- [U8] DB ProjektBau GmbH; 1. Geotechnischer Bericht (Voruntersuchung), Be-
standsstrecke 1100, Stand 24. April 2009
- [U9] Ingenieurgesellschaft Dr. Reinisch mbH; Hydrogeologisches Sondergutachten
zur Raumordnerischen Umweltverträglichkeitsuntersuchung RO-UVS/RVU,
Stand Juni 2012



- [U10] DB ProjektBau GmbH; Übersichtskarten Trassenvarianten, M. 1:50.000, Stand November 2010
- [U11] FBQ – Schienenhinterlandanbindung der festen Beltquerung; Trassenvarianten im Raumordnungsverfahren, Geotechnisches Gutachten vom 10. August 2012, BBI Geo- und Umwelttechnik Ingenieur-Gesellschaft mbH
- [U12] Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Kiel; Deutsche Grundkarte mit vorhandenen Bohrpunkten, 28 Karten, M. 1:5.000
- [U13] Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Kiel; 63 Schichtenverzeichnisse bzw. Bohrprofile von Archivbohrungen
- [U14] Kreis Ostholstein; Altablagerungen im Bereich der FBQ-Trasse, 7 Karten, M. 1:5.000, vom 19. Juli 2011
- [U15] Kreis Ostholstein; Altablagerungen im Bereich der FBQ-Trasse, 7 Karten, M. 1:3.000, 1:5.000, 1:10.000 vom Oktober 2014
- [U16] Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Kiel; Hochwasserrisikogebiete, 3 Karten, M. 1:40.000 bis 1:60.000 Sachstand 20. August 2010
- [U17] BBI Geo- und Umwelttechnik Ingenieur-Gesellschaft mbH: Schienenanbindung der Festen Beltquerung (FBQ), RV-Trasse, Planfeststellungsabschnitt 6 (PFA 3), Bau-km 173,80 – Bau-km 183.70 – Geotechnischer Bericht, Revision 2, Stand 29.09.2016.

2.2 Normen

Siehe Bericht [U17] vom 28.09.2016

2.3 Regelwerke

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

3. TRASSE

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

4. UNTERSUCHUNGEN

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016



5. UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE

5.1 Allgemeine geologische Verhältnisse

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

5.2 Ergebnisse der Sondierbohrungen

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

5.3 Ergebnisse der schweren Rammsondierungen (DPH)

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

5.4 Altlastenverdachtsflächen

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

5.5 Schadstoffuntersuchungen

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

5.5.1 Untersuchungsumfang

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

5.5.2 Probenahmestellen

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

5.5.3 Ergebnisse und Bewertung der chemischen Bodenuntersuchungen

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

6. BODENMECHANISCHE LABORVERSUCHE

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

6.1 Korngrößenverteilung

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016



6.2 Glühverluste

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

6.3 Wassergehalte

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

7. BODENKENNWERTE

7.1 Bodenklassifizierung

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

7.2 Baugrundkennwerte für erdstatische Berechnungen

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

8. GRUNDWASSER

8.1 Allgemeine hydrogeologische Verhältnisse

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

8.2 Oberflächengewässer

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

8.3 Überschwemmungsflächen

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

8.4 Grundwassermessstellen

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

8.5 Grundwasserstände

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

8.6 Chemische Grundwasserqualität

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016



8.7 Versickerung

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

9. GEOTECHNISCHE EINORDNUNGEN

9.1 Geotechnische Kategorie

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

9.2 Erdbebenzone

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

9.3 Frosteinwirkungszone

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

10. GEOTECHNISCHE BEURTEILUNG UND EMPFEHLUNGEN ZUR GEPLANTEN BAUMASSNAHME

Nach Festlegung ist die RV-Strecke im PFA 6 im Teilbereich von Bau-km 175,9+17 bis Abschnittsende hinsichtlich der Herstellung des Erdkörpers in die Kategorie Neubau, HG VzG 160 - 200, einzustufen. Als Schienenoberbau ist für die gesamte Strecke ein Schotteroberbau vorgesehen. An den Untergrund bzw. den Unterbau (Erdbauwerk) werden besondere Anforderungen gestellt. Dazu werden gemäß Ril 836, Modul 4101 an den Untergrund (anstehender Boden) sowie den Unterbau (Damm, verbesserter Untergrund) Anforderungen an den Boden und die Verdichtung definiert.

10.1 Anforderungen an den Untergrund

In Einschnitten bzw. geländegleichen Bereichen wird im abzusichernden Tragbereich eine mindestens steife Konsistenz für bindige Böden ($I_c \geq 0,75$) bzw. eine mitteldichte Lagerung für nichtbindige Böden ($D \geq 0,3$ bei $U < 3$ bzw. $D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$) gefordert, siehe Tabelle 1 der Ril 836, Modul 4101A01. Der abzusichernde Tragbereich beträgt bei einer Entwurfsgeschwindigkeit $160 \text{ km/h} \leq v \leq 200 \text{ km/h}$ 2,5 m unter Schienenoberkante. Diese Anforderungen gelten auch an den anstehenden Untergrund wenn die Dammsohle weniger als 2,5 m unter Schienenoberkante liegt.

In dem 2,5 m abzusichernden Bereich ist jeweils die Schutzschicht in Abhängigkeit der Frostempfindlichkeit des Planums in Regeldicken von 0,35 m (Frostempfindlich-



keitsklasse F 1), 0,45 m (Frostempfindlichkeitsklasse F 2) bzw. 0,55 m (Frostempfindlichkeitsklasse F 3) enthalten. Auf der Oberfläche Untergrund (OFU) ist nach Ril 836, Modul 4101, A02, Tabelle 1 ein Tragfähigkeitswert von min. $E_{v2} = 60 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Die Konsistenz der oberflächennah anstehenden bindigen Böden (im wesentlichen Geschiebemergel und -lehm, lokal Schluff) ist örtlich weich bzw. weich bis steif, überwiegend jedoch mindestens steif. Das bedeutet, dass die in planmäßiger Aushubebene (Oberfläche Untergrund = OFU) und unmittelbar darunter anstehenden Bodenarten die Anforderungen gemäß Ril 836.4101A01, Tabelle 2 hinsichtlich des Verdichtungsgrades und der Tragfähigkeit bereichsweise nicht erfüllen.

Es ist deshalb im Rahmen der weitergehenden Planung für Böden mit einer geringeren als steifen Konsistenz ($I_c \leq 0,75$) von Bodenaustausch- oder „qualifizierten Bodenverbesserungsmaßnahmen“ auszugehen, deren genauer Umfang erst in der Örtlichkeit nach Freilegen des Planums festgelegt werden kann. Zunächst kann bei den vorgenannten Verhältnissen von folgenden Annahmen ausgegangen werden:

Für derartige Böden ($I_c \leq 0,75$) wird ohne weitere Untersuchungen eine „qualifizierte Bodenverbesserung“ des Untergrundes mit hydraulischen Bindemitteln bis mindestens 0,30 m Tiefe empfohlen. Es wird empfohlen, dass im Rahmen von vorlaufenden Testfeldern der erreichbare Verformungsmodul E_{v2} des Geschiebemergels in Abhängigkeit der Konsistenz des Bodens ermittelt wird, um hieraus Rückschlüsse für die weitere Planung und ggf. erforderliche Verbesserungsmaßnahmen zu erhalten.

Für gemischtkörnige Böden mit $0,75 \leq I_c \leq 1,00$ (hier im Wesentlichen Geschiebemergel und Geschiebelehm) wird davon ausgegangen, dass ein Tragfähigkeitswert von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Planum sicher erreicht wird. Dieser ist kleiner als der gemäß Ril 836.4101A01, Tabelle 2 erforderliche Wert von $E_{v2} = 60 \text{ MN/m}^2$, sodass hier von dem Regelaufbau nach Ril 836.4101A02, Tabelle 1 abgewichen werden muss.

Die Bestimmung der erforderlichen Schutzschichtdicke kann gemäß Modul 836.4101A05 erfolgen.

Danach wäre bei den überwiegend steifen Geschiebeböden (Konsistenzzahlen von $I_c = 0,75$ bis $I_c = 1,00$ mit einem ansetzbaren $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$) nach Bild A5.2 des o. g. Moduls sowie einer Mindestanforderung $E_{v2(OFTS)}$ auf der Oberfläche der Trag-schicht von 120 MN/m^2 eine Schutzschichtdicke von mindestens $d_T = 0,45 \text{ m}$ für Boden der Frostempfindlichkeitsklasse F1 notwendig. Für die Ermittlung wird gemäß Absatz (3) für das Bild A5.2 eine Eigensteifigkeit von $E_0 = 200 \text{ MN/m}^2$ für die Trag-schicht zugrunde gelegt. Unter Beachtung der Anforderungen an die Dicke des frost-sicheren Aufbaus gemäß Ril 836.4102A01, Tabelle 1 ergibt sich dann für den Ge-



schiebemergel (Frostempfindlichkeitsklasse F3) bei einer Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus von 0,85 m und einer Schottermächtigkeit von 0,30 m eine erforderliche Schutzschichtdicke von mindestens $d_{T,erf.} = 0,55 \text{ m}$. Dies entspricht den Anforderungen gemäß Regelaufbau in Ril 836.4101A02, Tabelle 1, sodass für den Geschiebemergel mit $0,75 \leq I_c \leq 1,00$ keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich werden.

Bei Geschiebeböden halbfester Konsistenz ($I_c > 1,0$) ist davon auszugehen, dass das Kriterium von $E_{v2} = 60 \text{ MN/m}^2$ eingehalten wird. Hierfür sind somit keine Abweichungen von dem Regelaufbau gemäß Ril 836.4101A02 erforderlich.

Nach den Erkenntnissen für die Sande kann nach einer erfolgten Nachverdichtung i. d. R. von einem Erreichen des geforderten Verformungsmoduls ausgegangen werden. Für diese Böden sind unter den genannten Voraussetzungen ausgenommen von dem Nachverdichten keine Verbesserungsmaßnahmen erforderlich.

Für lokal oberflächennah anstehenden weich-steifen gemischtkörnigen Böden ist davon auszugehen, dass an der Oberfläche des Untergrunds (OFU) ein Verformungsmodul von $E_{v2} = 60 \text{ MN/m}^2$ nicht erreicht wird. Zum Erreichen der erforderlichen Verformungskriterien wird bei dem vorliegenden genannten Boden eine „qualifizierte Bodenverbesserung“ des Untergrundes mit hydraulischen Bindemitteln bis mindestens 0,30 m Tiefe empfohlen. Sofern diese Verhältnisse bis in 2,5 m Tiefe unter Schienenoberkante (SO) vorliegen, ist bei 0,30 m qualifizierter Bodenverbesserung der Aushub bis 2,20 m unter SO zu führen.

Bindige Böden von weicher Konsistenz sind bis in eine Tiefe von mindestens 2,5 m unter Schienenoberkante auszutauschen, um die Anforderungen des abzusichernden Tragbereiches zu erfüllen.

Auf Grund der geschilderten unterschiedlichen Konsistenzen des anstehenden Geschiebemergels wird im Vorwege die Ausführung eines Probefeldes mit Überprüfung der Wirktiefe und der Verformungsmoduli (E_{v2}) in Abhängigkeit der vorhandenen Konsistenzen empfohlen.

Nach den Erkenntnissen für die Sande kann nach einer erfolgten Nachverdichtung i. d. R. von einem Erreichen des geforderten Verformungsmoduls ausgegangen werden. Für diese Böden sind unter den genannten Voraussetzungen ausgenommen von dem Nachverdichten keine Verbesserungsmaßnahmen erforderlich.

Die erforderlichen Bodenaustausch- bzw. Verbesserungsmaßnahmen sind im Abschnitt 10.4 beschrieben und in Abschnitt 10.4.3 sowie den Strecken-/Bewertungsbändern abschnittsweise dargelegt.



10.2 Anforderungen an den Unterbau

Für den neu herzustellenden Unterbau (Dammschüttung, Bodenaustausch) ist ein Verdichtungsgrad von mind. $D_{pr} = 1,00$ (GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST sowie mind. $D_{pr} = 0,97$ im Zusammenhang mit einem Porenanteil von $n_a \leq 0,12$ (GU*, GT*, SU*, ST*, U, T) bis zur Dammsohle/Austauschebene nachzuweisen, vgl. Ril 836.4101 A01, Tabelle 1. Unterhalb des Tragbereichs sind Werte von 98% bzw. 97% bei $n_a \leq 0,12$ nachzuweisen, siehe Ril 836.4101A01, Tabelle 1.

Auf dem Planum ist nach Ril 836, Modul 4101, A02, Tabelle 1 ein Tragfähigkeitswert von min. $E_{v2} = 60 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Bei Dammschüttungen ist zu beachten, dass an der Dammbasis eine mindestens 0,5 m dicke Sohlschicht aus grobkörnigen Böden (Sande/Kies) anzuordnen ist.

10.3 Anforderungen an den Oberbau

Bei Einhaltung der Verformungsmoduln auf dem Planum gelten die Mindestdicken der Schutzschicht von 0,35 m (Frostempfindlichkeitsklasse F1), 0,45 m (Frostempfindlichkeitsklasse F2) bzw. 0,55 m (Frostempfindlichkeitsklasse F3) in der Frosteinwirkungszone II.

Werden die Regelwerte nicht eingehalten, ist die Schutzschichtdicke nach Ril 836.4101A05 zu bestimmen:

Bei Ausführung einer qualifizierten Bodenverbesserung von mindestens 0,3 m Dicke bei Böden mit einer Konsistenz $I_c < 0,75$ kann nach Abschnitt (5) der vorgenannten Ril zur Ermittlung der Schutzschichtdicke ein Ausgangsverformungsmodul von $E_{pL} = 30 \text{ MN/m}^2$ für die Neubaustrecke angesetzt werden. Gemäß Bild A 5.2 ergibt sich bei einer Mindestanforderung $E_{OFTS} = 120 \text{ MN/m}^2$ an der Oberfläche der Tragschicht eine Tragschichtdicke $d_T = 0,65 \text{ m}$. (Ein höherer Bemessungswert E_{pL} kann angesetzt werden, wenn entsprechende Nachweise vorgelegt werden. In diesem Fall ist eine Tragschichtdicke von $d_T \leq 0,65 \text{ m}$ möglich.)

Die oben genannten Mindestdicken zur Gewährleistung der Frostsicherheit dürfen jedoch nicht unterschritten werden. Bei Durchführung einer qualifizierten Bodenverbesserung (Mindestdicke = 0,3 m) eines F3 Bodens können 0,1 m als frostsicherer Aufbau angerechnet werden.

Für gemischtkörnige Böden mit $0,75 < I_c < 1,00$ wird die erforderliche Schutzschichtdicke ohne qualifizierte Bodenverbesserung wie zuvor beschrieben zu $d_T = 0,55 \text{ m}$ bestimmt.



Bei dem geplanten Schotteroberbau ergibt sich mit einer Entwurfsgeschwindigkeit $160 \text{ km/h} \leq v \leq 200 \text{ km/h}$ eine Dicke der Schotterschicht von 0,30 m.

10.4 Bodenaustausch- bzw. Verbesserungsmaßnahmen

10.4.1 Oberböden und bindige Böden geringer Konsistenz

Im Untersuchungsgebiet wurden oberflächennah setzungsempfindliche Sedimente in Form von humosem Oberboden, Mutterboden sowie weichen bindigen Böden erkundet. Teilweise sind diese Böden auch mit einer geringmächtigen Auffüllung bzw. von natürlichen Böden abgedeckt. Die vorgenannten Böden haben eine zu geringe Konsistenz bzw. humose Bestandteile. Sie sind infolgedessen nicht geeignet, die geplanten statischen und dynamischen Lasten verformungsarm aufzunehmen. Der Austausch der oben genannten Böden ist grundsätzlich erforderlich.

Die Austauschtiefe der o. g. Böden richtet sich nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen (Anlagenteil 3). Der Austausch muss mindestens die ganze Breite des Bahnkörpers erfassen. Zusätzlich ist eine Druckausbreitung von 45° zu berücksichtigen. Mit Blick auf die erkundeten Grund- bzw. Stau- und Schichtenwasserstände findet der Austausch teilweise unter Einfluss von Schichtenwasser statt. Für diese Austauschbereiche sind lokal Wasserfassungen und -ableitungen erforderlich. In den Bereichen, in denen nur mit geringem Wasserzulauf zu rechnen ist, kann auf intensive Wasserhaltungsmaßnahmen verzichtet werden. Dort kann der Austausch Zug um Zug erfolgen, indem Abschnitte von 5 m bis 10 m Länge gewählt werden. Für größere Abschnitte kann auch der erdbautechnisch relevante Einbau von Belastungsfaltern, d. h. Dränschichten auf der Böschung zur Fassung von linien- oder flächenhaft auftretendem Wasser (wie in Ril 836.4603, Bild 6, dargestellt) erwogen werden, die für die dauerhafte Sicherung von sandgebänderten Böschungen ohnehin erforderlich sind bzw. empfohlen werden.

Für bindige und gemischtkörnige Böden, die eine Konsistenzzahl von $I_C \leq 0,75$ in Planumshöhe aufweisen, ist eine qualifizierte Bodenverbesserung auszuführen. Die Bodenbehandlung mit Bindemitteln ist in der Ril 836.401A07 geregelt. Ergänzend hierzu ist das Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln (FGSV 551) zu berücksichtigen.

Die qualifizierte Bodenverbesserung ist bis in eine Tiefe von mindestens 0,3 m durchzuführen. Im Vorwege wird die Ausführung von Probefeldern mit Überprüfung der Wirktiefe und des erreichten Verformungsmoduls empfohlen. Die Mindestbindemittelmenge beträgt 3 %. Für die Planung ist bei den vorliegenden Böden von einer Bindemittelmenge von im Mittel 5 % auszugehen.



10.4.2 Auffüllung

Die sandige Auffüllung hat teilweise humose sowie grobstückige Beimengungen in Form von Schotter, Schlacke- und Ziegelresten. Aufgefüllte humose Böden sind für die Abtragung der zukünftigen Lasten ungeeignet. Wir empfehlen deshalb, für die geländegleichen Abschnitte und im Einschnitt die aufgefüllten Böden teilweise und die aufgefüllten Böden mit humosen Beimengungen über 1 % Anteil vollständig auszutauschen. Die unterhalb dieser Deckschichten zu erwartenden Auffüllungen sind nachzuverdichten bzw. teilweise auszuheben und bei lagenweiser Verdichtung wieder einzubauen. Entsprechende Aushub- und Austauschebenen sind durch den Bauwerksachverständigen abzunehmen. Alternativ sind auch in derartigen Bereichen Verbesserungsmaßnahmen möglich.

Die notwendigen Austausch- bzw. Verbesserungsmaßnahmen sind tabellarisch gesondert im nachfolgenden Abschnitt angegeben.

10.4.3 Austausch- / Verbesserungsmaßnahmen

Die nachfolgend beschriebenen und tabellarisch aufgeführten Bodenverbesserungsmaßnahmen sind zudem in den Längsschnitten mit Strecken- und Bewertungsband des Anlagenteils 4 (Blatt 1d bis 4d) angegeben.



km – km	Austausch-/Verbesserungsmaßnahmen	Lage der Strecke	Entwässerungsmaßnahmen
ca. 173,80 – ca. 176,10	Abtrag Oberboden i. M. 0,40 m + lokal Bodenaustausch weicher Schluff bis 4,50 m unter GOK (BS 25), Nachverdichten OFU, Einbau Dammschüttung bis UK PSS	Damm	Bahngraben
ca. 176,10 – ca. 177,10	Abtrag Oberboden i. M. 0,75 m bzw. Aushub bis UK PSS, keine Bodenverbesserung des Untergrundes (Mg), $I_c \geq 0,75$	Einschnitt	Bahngraben, TE, Böschung schützen (Belastungsfilter)
ca. 177,10 – ca. 178,50	Abtrag Oberboden i. M. 0,40 m bzw. Aushub bis UK PSS, in Bereichen von Sanden Nachverdichten OFU, Austausch weich-steifer Mg bis max. 2,20 m (i. M. 1,70 m) unter SO (BS 57, BS 60, BS 66, BS 71, BS 72 und BS 73), Qualifizierte Bodenverbesserung der Austauschebene, $d \geq 0,30$ m	Geländegleich	Bahngraben, TE
ca. 178,50 – ca. 180,70	Abtrag Oberboden i. M. 0,40 m bzw. Aushub bis UK PSS, Austausch weich bzw. weich-steifer Mg bis max. 2,20 m (i. M. 1,80 m) unter SO (BS 89a, BS 92, BS 93, BS 95, BS 100, BS 102, BS 108 und BS 109), Qualifizierte Bodenverbesserung der Austauschebene, $d \geq 0,30$ m	Einschnitt	Bahngraben, TE, Böschung schützen (Belastungsfilter)
ca. 180,70 - ca. 181,90	Abtrag Oberboden i. M. 0,50 m bzw. Aushub bis UK PSS, Austausch weich bzw. weich-steifer Mg bis 2,20 m unter SO (BS 111, BS 113, BS 114, BS 117, BS 118, BS 121c, BS 122a), Qualifizierte Bodenverbesserung der Austauschebene, $d \geq 0,30$ m, in Bereichen von Sanden Nachverdichten OFU	Geländegleich	Bahngraben, TE
ca. 181,90 – ca. 182,80	Abtrag Oberboden i. M. 0,60 m bzw. Aushub bis UK PSS + lokal Austausch weich-steifer Mg bis 1,50 m unter GOK (BS 124)	Damm geringer Höhe	Bahngraben, TE
ca. 182,80 – ca. 183,70	Abtrag Oberboden i. M. 0,60 m bzw. Aushub bis UK PSS, keine Bodenverbesserung des Untergrundes (Lg/Mg), $I_c \geq 0,75$	Einschnitt	Bahngraben, TE, Böschung schützen (Belastungsfilter)

Tabelle 2: Austausch- und Verbesserungsmaßnahmen für den PFA 6



Sandige Aushubebenen sind unter Berücksichtigung der überwiegend unterlagernden/anstehenden bindigen Böden intensiv mit einem entsprechenden Verdichtungsgerät (z. B. Walzenzug, schwere Rüttelplatte mit steuerbarem Energieeinsatz) nachzuverdichten. Der erforderliche Verdichtungsgrad gemäß Abschnitt 10.2 ist nachzuweisen. In den Bereichen, in denen ein Bodenaustausch unter Wasser vorgenommen wurde, ist das Austauschmaterial ca. 0,3 m oberhalb des Grundwasserspiegels intensiv mit mehreren Übergängen zu verdichten.

10.5 Austausch- bzw. Verfüllmaterial

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

10.6 Dammschüttmaterial

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

10.7 Böschungsneigungen Einschnitte

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

10.8 Anforderungen an die Schutzschicht

Nach Ril 836, Modul 4102 A01, Tabelle 1, ist die Strecke hinsichtlich der Herstellung des Erdkörpers in die Kategorie Neubau, HG VzG 200 eingestuft. Unter Berücksichtigung der Lage in der Frosteinwirkungszone II ist eine Regeldicke für die Schutzschicht von mindestens 0,35 m vorzusehen. Die Ermittlung der Schutzschichtdicke ist in Abschnitt 10.3 dargestellt.

Dieses gilt für alle herzustellenden Dämme, wobei vorausgesetzt wird, dass die Dammbaustoffe gemäß Abschnitt 10.6 eingebaut und gemäß Abschnitt 10.2 verdichtet werden.

Es wird vorausgesetzt, dass die notwendigen Verformungsmoduln (Ril 836.4101 A02 Tabelle 1) entweder durch Bodenaustausch- oder qualifizierte Bodenverbesserungsmaßnahmen unter Verwendung von hydraulischen Bindemitteln sichergestellt werden.

Bei bindigen bzw. gemischtkörnigen Böden mit halbfester Konsistenz und mitteldicht gelagerten rolligen Böden wird in der Regel eine ausreichende Tragfähigkeit auf dem Planum sicher erreicht, so dass hier eine Regelschichtdicke von 0,35 m bei F1-Böden, 0,45 m bei F2-Böden bzw. 0,55 m bei F3-Böden für die Schutzschicht im Allgemeinen ausreichend ist. Dies sollte durch statische Lastplattenversuche überprüft werden (siehe auch Abschnitt 10.1).



Die Schutzschicht besteht beim Schotteroberbau im Regelfall aus einer abdeckenden Schutzschicht aus den Korngemischen 1 bzw. 2 nach DBS 918062. Da das Planum in den Einschnitten und geländegleichen Abschnitten überwiegend aus gemischtkörnigen bzw. bindigen Böden besteht, sind gemäß Ril 836.4101 A03 mindestens die oberen 0,2 m aus dem wasserundurchlässigeren Korngemisch KG 1 herzustellen. Dasselbe gilt auch für Dammschüttungen, die aus gemischtkörnigen Böden errichtet wurden. Unterhalb dieser mind. 0,2 m dicken Schicht aus Korngemisch KG1 können ggf. auch Korngemisch KG2 oder Baustoffgemische für die Frostschutzschicht gemäß TL SoB-StB 07 (0/8 bis 0/63; GW, GI) eingebaut werden. Bei Auswahl von Korngemischen abweichend von KG 1 sind die Anforderungen der DIN 18315 bezüglich der vom Größtkorn abhängigen Mindesteinbaudicken zu beachten.

Steht versickerungsfähiger Untergrund an bzw. ist eine Dammschüttung aus grobkörnigem Boden erfolgt, kann dagegen ein Korngemisch KG 2 verwendet werden.

Die Schutzschicht sollte generell mindestens zweilagig eingebaut werden, um eine homogene Verdichtung zu gewährleisten.

10.9 Prüfen der Bodenverdichtung

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

10.10 Entwässerungsmaßnahmen

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

10.11 Generelle Angaben zur Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit

Beim Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit der geotechnischen Bauwerke ist die RIL 836.3001 zu beachten. Diese sind auf Basis der DIN EN 1997-1 nach dem Teilsicherheitskonzept durchzuführen. Dabei sind die charakteristischen Bodenwiderstände gemäß Abschnitt 7 des Gutachtens in Ansatz zu bringen. Die Kennwerte gelten für Einwirkungen von vorwiegend ruhender Belastung.

Eine ausreichende Tragfähigkeit des Unterbaus bzw. Untergrundes unter der Gleisstrecke ist gegeben, wenn eine ausreichende Sicherheit gegen Grundbruch bzw. der Verlust der Gesamtstandsicherheit (Böschungsbruch) nachgewiesen werden kann. Diese Nachweise sind erforderlichenfalls nach DIN 4017 und DIN 4084 zu führen. Bei Einhaltung der in 10.1 ff. getroffenen Angaben ist von einer ausreichenden Tragfähigkeit des Streckenunterbaus/-untergrundes auszugehen.



Sollten Bauwerke bzw. Bauteile angeordnet werden, die im inneren Druckbereich gemäß Modul 836.2001 liegen, ist davon auszugehen, dass eine Bauteilbemessung für vorwiegend nicht ruhende Belastung durchzuführen ist. Beim Nachweis der Wechselwirkung Boden-Bauwerk sind in diesem Falle die angegebenen charakteristischen Scherparameter ggf. anzupassen. Hierzu ist im Bedarfsfall der unterzeichnende Baugrundgutachter zu kontaktieren.

Die Gebrauchstauglichkeit des Unterbaus/Untergrundes unter Eisenbahnstrecken gilt als gegeben, wenn folgende Kriterien eingehalten werden:

- Verformungen infolge ständiger oder veränderlicher Einwirkungen, insbesondere aus Eisenbahnverkehr, nur soweit auftreten, dass
 - die Verformungen für das Bauwerk selbst verträglich bleibenund
 - die aus den Verformungen des Bauwerks und/oder des Unterbaus/Untergrundes resultierenden Gleislageveränderungen im Rahmen der vorgesehenen oberbautechnischen Instandhaltungsmaßnahmen ausgeglichen werden können;
- Schwingungen infolge veränderlicher Einwirkungen, insbesondere aus Eisenbahnverkehr, nur soweit auftreten, dass
 - die Schwingungen für das Bauwerk selbst verträglich bleiben,
 - keine schädlichen, die Stabilität des fahrenden Zuges beeinträchtigenden Schwingungen des Gesamtsystems entstehen,
 - keine Schädigungen des Oberbaus eintreten (z. B. bei Schotteroberbau: Umlagerungen des Schotters („Schotterfließen“); bei fester Fahrbahn: Lösen des Verbundes Schwelle/Tragplatte).

Bei der vorliegenden Planung der Strecke mit Schotteroberbau und einer Entwurfsgeschwindigkeit $v_e = 200$ km/h können gesonderte Nachweise zur Begrenzung der Verformung entfallen, wenn

- die konstruktiven Anforderungen zur Ausbildung des Unterbaus nach Modul 836.4101 eingehalten werden und
- der Unterbau nach den Regelungen dieses Moduls als ausreichend tragfähig nachgewiesen ist und
- der Unterbau/Untergrund als dynamisch stabil bestätigt werden kann.



Die Anforderungen in den ersten zwei genannten Spiegelstrichen werden bei Einhaltung der in diesem Abschnitt des Gutachtens 10.1 ff. getroffenen Angaben erfüllt.

Auf die Vorlage prüffähiger Nachweise zur dynamischen Stabilität des Unterbaus/Untergrundes kann bei den vorliegenden Planungsrandbedingungen (Schotteroberbau, $v_e = 200$ km/h, Gründung in der Regel auf mind. steifem Geschiebemergel, keine Gründung oberhalb dynamisch empfindlicher Weichschichten) verzichtet werden. Inspektionen mit Bewertung des Fahrwegverhaltens und Veranlassung von Abhilfemaßnahmen sind sicherzustellen.

Auch bei Verzicht der Vorlage prüffähiger Nachweise sollen die Maßnahmen zur Absicherung der Gebrauchstauglichkeit von Eisenbahnstrecken mit Untersuchungen zum Verformungsverhalten und zur dynamischen Stabilität nach Punkt 3, Absätze 4 und 5, Modul 836.3001 begründet werden. Zudem sind die Hinweise und Anforderungen der Planungshilfe „Qualitative Beurteilung der dynamischen Stabilität des Eisenbahnfahrwegs bei Zugüberfahrt“ zu berücksichtigen. In Bereichen, die gemäß Planungshilfe als dynamisch kritisch angesehen werden, sind entsprechende Maßnahmen zur Erhöhung der Gleisstabilität vorzusehen. Die Untersuchungen sind in der Phase der "Entwurfsplanung" durchzuführen und in geotechnischen Stellungnahmen darzustellen.

Die Verformungen des Baugrundes resultieren im Wesentlichen aus Setzungen des Unterbaus/Untergrundes. Gemäß RIL 836.3001, Punkt 4, Abs. 4, sind Setzungsuntersuchungen durchzuführen, wenn nicht auf Grund von Erfahrungswerten ausgeschlossen werden kann, dass die Eingreifschwelle SR_{lim} nach Ril 821.2001 innerhalb der vorgesehenen Instandhaltungszyklen erreicht oder überschritten werden. Für die Bewertung von Setzungsuntersuchungen darf von der Darstellung in Bild 1 vorgeannten Moduls ausgegangen werden, in der hinnehmbare längenbezogene Setzungen angegeben sind, die der Bewertung zugrunde gelegt werden können.

Unter Beachtung der zuvor benannten Darstellung aus Ril 836.3001 sowie unter Berücksichtigung der zu erwartenden Setzungsdifferenzen werden die hinnehmbaren Setzungsdifferenzen innerhalb eines Instandhaltungszyklus (6-10 Jahre) voraussichtlich nicht überschritten. Das Gleiche gilt für die Gesamtsetzungen.

Die Nachweise und Untersuchungen zur dynamischen Stabilität des Unterbaus/Untergrundes sind in Abschnitt 5 o. g. RIL definiert. Diese Nachweise sind auf Basis von Begutachtungen im Rahmen der "Entwurfsplanung" zu erbringen. Danach sind bei den vorliegenden Planungsrandbedingungen Untersuchungen zur Schwingungsstabilität des Unterbaus/Untergrundes durchzuführen, wenn

- unterhalb des Unterbaus schwingungsempfindliche Böden verbleiben sollen, bei denen auf Grund von Erfahrungen schädliche Schwingungseinflüsse



se auf die Gebrauchstauglichkeit des Gleises nicht ausgeschlossen werden können.

Vorgenannte Kriterien werden nach derzeitigem Kenntnisstand nicht erfüllt.

Als schwingungsempfindliche Böden gelten dabei

- verlagerungsempfindliche Sande mit einem Ungleichförmigkeitsgrad $U < 2,0$ und einer bezogenen Lagerungsdichte $I_D < 0,5$
- bindige Böden mit einer Konsistenzzahl $I_C < 0,6$
- organische Böden der Gruppen HN, HZ und F nach DIN 18 196,
- organogene Böden der Gruppen OU, OT, OH und OK nach DIN 18 196.

Mit den in 10.1 ff. aufgeführten geotechnischen Angaben sind vorgenannte Böden für den Unterbau ausgeschlossen. Die erkundeten Sande des Untergrundes weisen danach eine Ungleichförmigkeit $U \geq 2,0$ mit einer Lagerungsdichte $I_D \geq 0,5$ auf. Der mindestens steife Geschiebemergel weist erfahrungsgemäß ein $I_C \geq 0,6$ auf. Desgleichen die in relevanter Tiefe anstehenden Schluffe. Bindige weiche Böden werden mindestens bis in den abzusichernden Tragbereich ausgetauscht oder mittels Qualifizierter Bodenverbesserung behandelt.

10.12 Standsicherheit des Bahnkörpers

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

10.13 Maßnahmen mit Gleiserneuerung

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

10.14 Kunstbauwerke

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

11. WIEDERVERWERTUNG VON AUSHUBMATERIAL

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016



12. HINWEISE FÜR DIE BAUAUSFÜHRUNG

12.1 Allgemeine Hinweise

Grundsätzlich sind im gesamten Baubereich der Oberboden sowie pflanzliche Bestandteile und größere Steine zu entfernen. Beim Bodenaushub sind die verschiedenen Bodenarten ihrer Wiederverwertung entsprechend getrennt zu gewinnen.

Die bindigen Aushubplanien weisen eine hohe Empfindlichkeit für Witterungseinflüsse (Frost) und mechanische Beanspruchungen (knetende Beanspruchung und freies Wasser) auf. Daher sollten bindige Aushubplanien weder direkt von Baufahrzeugen befahren noch länger offen stehen bleiben. Die Aushubplanien müssen demzufolge möglichst umgehend überschüttet werden. In der Praxis bedeutet dieses, dass der Bauablauf so zu organisieren ist, dass der Längstransport von Aushub- und Schüttmassen über parallele Baustraßen erfolgt (rückschreitender Aushub und Auffüllung Zug um Zug). Alternativ hierzu kann ein Längstransport auch auf bereits eingebautem Schüttmaterial erfolgen, wenn sichergestellt ist, dass hierdurch die Zusammensetzung des Schüttmaterials nicht nachträglich beeinflusst wird. Sollten Aushubplanien von bindigen Böden durch Frosteinwirkungen und/oder mechanische Beanspruchungen aus Baubetrieb aufgeweicht werden, so sind diese Böden auszuheben und zu ersetzen. Grundsätzlich sollte bei bindigen Böden der Aushub der letzten 20 cm nur mit einer Glattschaufel erfolgen.

Der Einbau der Schüttmaterialien sollte planmäßig in Lagen entsprechend der Einwirkungstiefe der eingesetzten Verdichtungsgeräte erfolgen. Bei Einsatz von speziellen Verdichtungsgeräten oder Bauverfahren scheint es sinnvoll, Probestrecken bzw. Probepuffelder anzulegen, um die Leistungsfähigkeit zu dokumentieren. Die Mindestanforderungen sowie der Prüfumfang gelten für jede Schüttlage. Fertig gestellte und abgenommene Planien sollten nicht mehr mit schwerem Erdbaugerät befahren werden.

12.2 Empfehlung Testfeld

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass für die Ermittlung des erforderlichen Schutzschichtdicken, sowie für die Bewertung hinsichtlich der Erfordernis von Verbesserungsmaßnahmen (z. B. qualifizierte Bodenverbesserung) im Wesentlichen die Tragfähigkeit auf dem Planum (hier insbesondere E_{v2}) der maßgebende Parameter ist.

Es wird aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten empfohlen, dass im Rahmen von vorlaufenden Testfeldern die erzielbaren Tragfähigkeiten im Aushubplanum in Abhängigkeit des anstehenden Baugrundes und seiner Konsistenz ermittelt werden.

Zudem wird ebenfalls empfohlen, dass die erzielbare Tragfähigkeit E_{v2} eines durch qualifizierte Baugrundverbesserung ertüchtigten Baugrundes vorlaufend im Rahmen eines Testfeldes ermittelt wird, da zurzeit gemäß Vorgaben der Ril für die Ermittlung der Schutzschichtdicke auf einem qualifiziert verbesserten Baugrund lediglich $E_{v2} = 30 \text{ MN/m}^2$ abgesichert ansetzbar ist. Ggf. vorhandene höhere E_{v2} -Werte des qualifiziert verbesserten Planums sind messtechnisch zu belegen.

Eine Erhöhung der ansetzbaren Tragfähigkeit E_{v2} auf dem qualifiziert verbesserten Planum würde ggf. zu einer Reduktion der erforderlichen Schutzschichtdicken führen.

13. GEOTECHNISCHE HINWEISE

Siehe Bericht [U17] vom 29.09.2016

14. SCHLUSSBEMERKUNGEN

Dieser Bericht ist eine Ergänzung des Geotechnischen Berichts für den PFA 6 vom 29.09.2016 (Revision 2) [U17] und berücksichtigt die Anforderungen an den Baugrund sowie weitere geotechnische Anforderungen, die sich aus der Erhöhung der Entwurfsgeschwindigkeit auf $v_e = 200 \text{ km/h}$ für Teilbereiche des PFA 6 (Bau-km 175,9+17 bis Abschnittsende) ergeben. Der hier vorliegende Bericht ist somit nur in Zusammenhang mit dem Bericht [U17] vom 29.09.2016 gültig, die entsprechenden Verweise auf diesen Bericht sind zu beachten.

Auf Basis der nunmehr vorliegenden Untersuchungen sollten zunächst die weiteren Planungsphasen fortgesetzt werden, auf deren Grundlage im Weiteren ggf. detailliertere Baugrunduntersuchungen durchzuführen sind. Soweit noch detailliertere Angaben aus bodenmechanischer oder grundbautechnischer Sicht erforderlich werden, wird um Rücksprache gebeten.

Eine eingehende fachtechnische Betreuung der Erdbau- und Gründungsarbeiten sowie die gutachterliche Abnahme von Aushub- bzw. Gründungsflächen werden für erforderlich gehalten.

BBI Geo- und Umwelttechnik


Dr.-Ing. habil. S. Henke



i. A. 
Dipl.-Ing. M. Hoffmann

i.A. 
Dipl.-Ing. A. Voss



ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1	Übersichtskarte (siehe [U17] vom 29.09.2016) M. 1:100.000
Anlage 2	Lagepläne (siehe [U17] vom 29.09.2016) M. 1:1.000, (Blatt 1 bis 15)
Anlage 3	Ergebnisse der Untergrundaufschlüsse (Blatt 1 bis 27) (siehe [U17] vom 29.09.2016) M. d. H. 1: 100
Anlagen 4.1d – 4.4d	Längsschnitte mit Strecken-/Bewertungsband M. 1:500/M.1:1.000
Anlagen 5.1 – 5.24	Zusammenstellung der Versuchsergebnisse (siehe [U17] vom 29.09.2016)
Anlagen 6.1 – 6.30	Ergebnisse der Laborversuche (Körnungslinien) (siehe [U17] vom 29.09.2016)
Anlage 7	Zusammenstellung der Grundwasserstände (Blatt 1 bis 5) (siehe [U17] vom 29.09.2016)
Anlage 8	Zusammenstellung der chemischen Analysenergebnisse (Bodenmischproben) (siehe [U17] vom 29.09.2016)
Anlage 9	Laborberichte Schadstoffuntersuchung Boden GBA, Pinneberg (siehe [U17] vom 29.09.2016)
Anlage 10	Laborberichte zur Glühverlustbestimmung GBA, Pinneberg (siehe [U17] vom 29.09.2016)
Anlage 11	Laborberichte zur Grundwasseruntersuchung auf Beton- und Stahlaggressivität, GBA, Pinneberg (siehe [U17] vom 29.09.2016)
Anlage 12	Auskunft zu Altlasten und Überschwemmungsgebieten im Bereich des geplanten Ausbaus (siehe [U17] vom 29.09.2016) Kreisverwaltung Ostholstein

Legende		
fest	T (Ton)	G (Kies)
halbfest - fest	U (Schuff)	X (Steine)
halbfest	IS (Feinsand)	H (Torf, Humus)
steif - halbfest	mS (Mittelsand)	Mu (Mutterboden)
steif	gS (Grobsand)	A (Aufüllung)
weich - steif	S (Sand)	F (Muckde)
breitig - weich	FG (Feinkies)	L (Lehm)
breitig	mG (Mittelkies)	Lg (Geschiebelehm)
	gG (Grobkies)	
		Kl (Klei, Schlack)
		Bk (Braunkohle)
		Mg (Geschiebemergel)
		Schlacke (Schlacke)
		Bu (Beckenschluff)
		Bn (Beckenton)
		o (org. Beimengung)
		Gt (Glitterton)

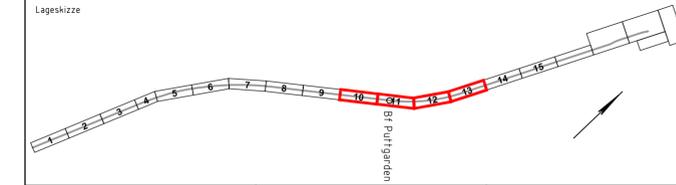
Ausschließlich Darstellung der Hauptbodenarten.
Bodenprofile mit Haupt- und Nebenteilen siehe Anlage 3.

Gradiente (SO)
Geländeoberkante
UK Planumsschutzschicht (PSS)

ANLAGE 4.3d

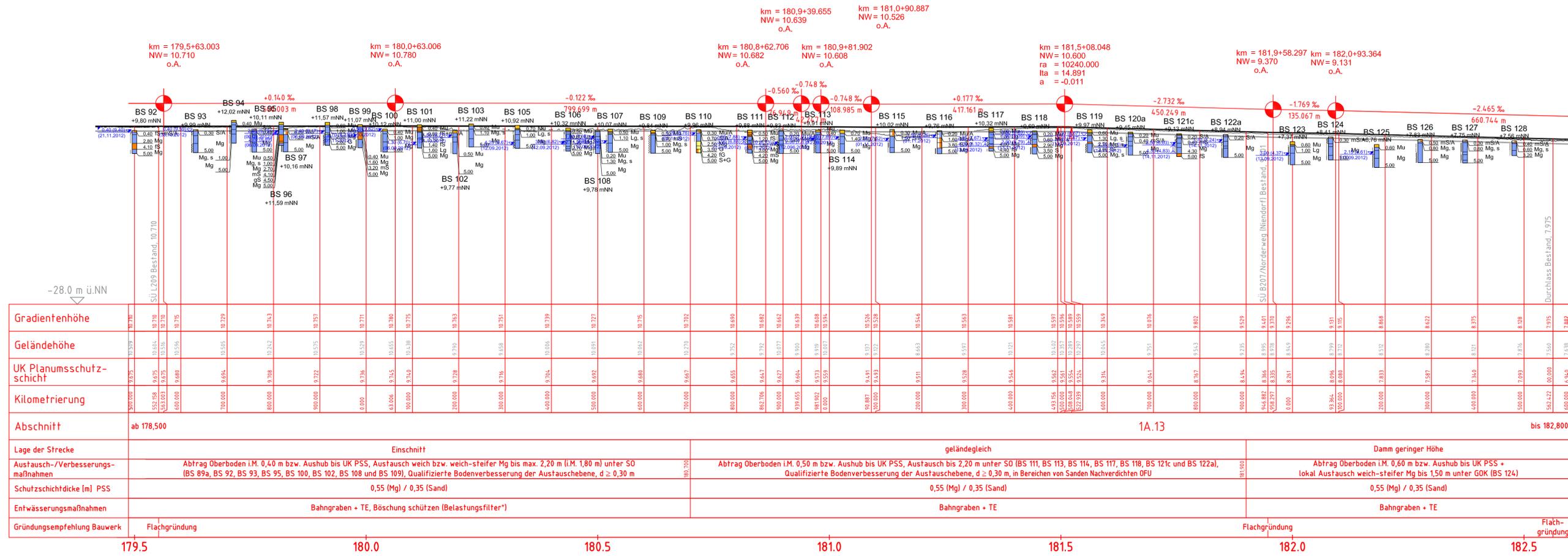
d	Anpassung an die Entwurfsgeschwindigkeit	Graf	04.10.2016
c	Ergänzungen Austausch-/Verbesserungsmaßnahmen	Smolka	29.09.2016
b	Ergänzungen Austausch-/Verbesserungsmaßnahmen	Smolka	21.03.2014
a	Anpassung an Ril 836, Stand 01.02.2013	Smolka	20.11.2013
Index:	Änderungen bzw. Ergänzungen	Name:	Datum:

Prüfvermerke		geprüft / genehmigt
die Übereinstimmung der Zeichnung mit der Ausführung bestätigt	gleichgestellt mit Prüfexemplaren	geprüft / genehmigt
für den Auftragnehmer:	Ort, Datum, Unterschrift	Datum
für die DB ProjektBau	Ort, Datum, Unterschrift	Prüfingenieur
interoperabilität geprüft (benannte Stelle)	Name	
Datum	geprüft / genehmigt	
Datum	geprüft / genehmigt	Freigabe der Ausführungsunterlagen
Datum	geprüft / genehmigt	<input type="checkbox"/> mit Regelungen durch den BVB
Datum	geprüft / genehmigt	Freigabe-Nr.: IBT-x-Bjyy-NM /
Datum	geprüft / genehmigt	
Datum	Ort, Datum, Unterschrift (BVB)	
zur Vorlage beim EBA freigegeben		Genehmigung zur Bauausführung
Ort, Datum, Unterschrift		Ort, Datum, Unterschrift



Planverfasser - Baugrund:	 BERATENDE INGENIEURE LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG Hamburg, den 03.05.2013, gez. Bahnsen Datum, Unterschrift	 DB ProjektBau GmbH Regionalbereich Nord Planung Bautechnik IBT-N-B (2) Joachimstraße 8, 30159 Hannover Hannover, den Datum, Unterschrift	Blatt: 3 von 4 Auftrag-Nr.: 81096P <table border="1"> <tr> <th>Datum</th> <th>Name</th> </tr> <tr> <td>gez. Mai 2013</td> <td>Smolka</td> </tr> <tr> <td>bearb. Mai 2013</td> <td>V. Hoffmann</td> </tr> <tr> <td>gepr. Mai 2013</td> <td>Bahnsen</td> </tr> </table>	Datum	Name	gez. Mai 2013	Smolka	bearb. Mai 2013	V. Hoffmann	gepr. Mai 2013	Bahnsen
Datum	Name										
gez. Mai 2013	Smolka										
bearb. Mai 2013	V. Hoffmann										
gepr. Mai 2013	Bahnsen										
Bauherr:	 DB Netz AG Regionalbereich Nord Produktionsdurchführung Kiel Hamburger Chaussee 10, 24114 Kiel	 DB ProjektBau GmbH Regionalbereich Nord Regionales Projektmanagement (BV-N-PL4) Museumstraße 39, 22765 Hamburg	Plan-Nr.: S01GG41d-44d.dwg Planart: Vorplanung Planzeichen: Blattgr.: 890 x 420 Einwirkungen (Lastmodelle): Höhen- und Koordinatensystem								

Längsschnitte mit Strecken-/Bewertungsband Variante 1A			
Projekt: Schienenhinterlandanbindung Feste Fehmarnbeltquerung Strecke: Lübeck Hbf - Puttgarden			
Bauwerksnummer		Brückennr.	
Strecke	Kilometer	Kennzahl	Barcode
1100	x	x	



*Flächenfilter auf Böschung wie Ril 836.4603 Bild 6

