



DB

Anlage 17.12a
(geändert)

Nur zur Information

DB Engineering & Consulting GmbH
Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
Büro Frankfurt am Main
Oskar-Sommer-Straße 15
60596 Frankfurt am Main
Tel. 069 6319-176
Fax 069 6319-118

NUR ZUR INFORMATION

Zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001:2000
DQS Reg.-Nr. 005051 QM

Geotechnischer Bericht

Bauvorhaben: Ausbau des Knotens Frankfurt (M)- Sportfeld, 2. Ausbaustufe

Teilobjekt: Bf. Frankfurt (M) Niederrad
Gleisumbau km 5,1 - km 4,5 (Strecke 3683)
Gleisumbau km 32,45 - km 33,1 (Strecke 3520)
Gleisumbau km 6,1 - km 7,15 (Strecke 3624)
~~Gleis- und Weichenumbau km 1,93 - km 1,01 (Strecke 3657)~~
Gleis - und Weichenumbau km 76,65 - km 77,5 (Strecke 4010)

Leistungsphase: ~~Entwurfsplanung~~ Genehmigungsplanung

Auftraggeber: DB ProjektBau GmbH Netz AG
Regionalbereich Mitte
BV MI-P (4-8-T) I.NG - MI - F(1)
Hahnstraße 52 49
60528 Frankfurt (Main)

Auftragsnummer: ~~BG00217~~ PF 30368-01

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Ch. Josenhans

~~Dieser geotechnische Bericht umfasst 43 Seiten und 7 Anlagen und darf auszugsweise nicht veröffentlicht werden.~~
Dieser geotechnische Bericht umfasst 43 Seiten und 7 Anlagen und darf auszugsweise nicht veröffentlicht werden.

Frankfurt, 05.08.2016

Dipl.-Geol. U. Tang

Dipl.-Geol. Ch. Josenhans

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Einleitung	4
1.1	Unterlagen	4
1.2	Vorgang / Aufgabenstellung	6
1.3	Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen	7
2	Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse	10
2.1	Beschreibung der örtlichen Verhältnisse	10
2.2	Geologische Situation	10
2.3	Baugrundverhältnisse - Schichtenaufbau und Kennwerte	11
2.4	Hydrologische Verhältnisse	15
3	Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen	16
3.1	Dammanschüttung, Strecke 3624, km 6,1 - km 6,36	16
3.1.1	Allgemeines	16
3.1.2	Dammanschüttmaterialien nach Ril 836	16
3.1.3	Herstellung Erdbauwerk bis OK Planum	16
3.1.4	Standsicherheit	17
3.1.5	Schwingstabilität	18
3.2	Dammverbreiterung, Güterzugrampe und Widerlagerhinterfüllung	18
3.3	Tragschichtsystem	18
3.3.1	Anforderungen an das Tragschichtsystem	18
3.3.2	Bemessung des Tragschichtsystems	21
3.3.3	Materialanforderungen an die Tragschicht	40
3.3.4	Abnahmekriterien	40
3.4	Entwässerung und Versickerungsfähigkeit	40
3.5	Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen	41
3.6	Geotechnische Hinweise zur Bauausführung	42
4	Zusammenfassung / Schlussbemerkungen	43



Anlagenverzeichnis

Anlage 17.12.1	Abkürzungsverzeichnis	1 Blatt
Anlage 17.12.2	Lage- und Aufschlusspläne	2 Blatt
Anlage 17.12.3	Bohr-/Sondierprofile	3 Blatt
Anlage 17.12.4	Bodenmechanische Laborergebnisse	
Anlage 17.12.4.1	Körnungslinien	17 Blatt
Anlage 17.12.4.2	Zustandsgrenzen	2 Blatt
Anlage 17.12.4.3	Glühverlust	1 Blatt
Anlage 17.12.5	Kampfmittelfreimessung	6 Blatt
Anlage 17.12.6	Fotodokumentation	4 Blatt
Anlage 17.12.7	Ergänzende Stellungnahmen	7 Blatt

1 Einleitung

1.1 Unterlagen

Neben den gegenwärtig gültigen Normen und Vorschriften des Erd- und Grundbaus kamen bei der Erstellung dieses geotechnischen Berichtes insbesondere nachstehende Unterlagen zur Anwendung:

- /U 1/ Leistungsvereinbarung (LV) 3-E-20-0029 vom 16.04.2013 auf Grundlage unseres Angebotes ID35829 vom 03.01.2013.
- /U 2/ Genehmigungsplanung Lageplan GP-0303-VA-LP-03-0 und GP-0404-VA-LP-04-0 von DB ProjektBau GmbH, Stand: März 2012 mit Erläuterungen.
- /U 3/ Streckenbegang der DB International GmbH, Baugrund, 06.-08.10.2010.
- /U 4/ Email von Herrn Kauck, DB ProjektBau GmbH, Frankfurt, bzgl. Gleislagefehler, Geschwindigkeit und Instandhaltungsaufwand vom 13.01.2011.
- /U 5/ Email von Herrn Büchse über favorisierte Ausbildung des BW 2.2.9, vom 24.02.11
- /U 6/ Email von Herrn Büchse, DB Projektbau GmbH , Frankfurt, bzgl. Radsatzlasten im Untersuchungsgebiet Knoten Frankfurt vom 19.3.2014.
- /U 7/ Ergebnisse der Aufschlussarbeiten der Fa. Umweltgeotechnik GmbH, Nov. 2010 bis Jan. 2011.
- /U 8/ Laborergebnisse der DB International GmbH, Baugrund, Dez. 2010 bis Jan. 2011.
- /U 9/ Ril 836 Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten, 3. Aktualisierung, 01.03.2014.
- /U 10/ DBS 918 062 Technische Lieferbedingungen Korngemische für Trag- und Schutzschichten zur Herstellung von Eisenbahnfahrwegen, Juli 2007.
- /U 11/ Arbeitsblatt DWA-A 138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, 04/2005.
- /U 12/ Geologische Karte von Hessen, Blatt 5917 Kelsterbach, 3. neu bearbeitete Auflage, Maßstab 1:25.000; Herausgeber: Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden 1980.
- /U 13/ Trassierungsentwurf Bf u Hp Ffm – Niederrad, Umbau Kn. Ffm- Sportfeld, 2. Ausbaustufe, Plan Nr.. EP 0104 VG TE 01f vom 10/14. Übergeben von DB ProjektBau.
- /U 14/ Bauwerksverzeichnis, Umbau Knoten FFM, 2. Ausbaustufe, Stand 30.03.2012.
- ~~/U 15/ Bestellung 0086/VEW/22669874 vom 10.08.2010 zum Vertrag 0016/RA8/92166128 vom 06.08.2010 auf Grundlage unseres Angebotes ID30616 vom 19.07.2010.~~

- ~~/U 16/ Vorplanung Lagepläne LP21A, 22A, 23A, 04A und 05A, von DB ProjektBau GmbH, Stand: Juli 2004 / Okt. 2009 / Aug. 2010.~~
- ~~/U 17/ Streckenbegang der DB International GmbH, Baugrund, 06. 08.10.2010.~~
- ~~/U 18/ Email von Herrn Kauck, DB ProjektBau GmbH, Frankfurt, bzgl. Gleislagefehler, Geschwindigkeit und Instandhaltungsaufwand vom 13.01.2011.~~
- ~~/U 19/ Email von Herrn Büchse über favorisierte Ausbildung des BW 2.2.9, vom 24.02.11~~
- ~~/U 20/ Ergebnisse der Aufschlussarbeiten der Fa. Umweltgeotechnik GmbH, Nov. 2010 bis Jan. 2011.~~
- ~~/U 21/ Laborergebnisse der DB International GmbH, Baugrund, Dez. 2010 bis Jan. 2011.~~
- ~~/U 22/ Ril 836 Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten, Fassung vom 20.12.1999a, 1. Aktualisierung, Fassung vom 01.10.2008.~~
- ~~/U 23/ DBS 918-062 Technische Lieferbedingungen Korngemische für Trag- und Schutzschichten zur Herstellung von Eisenbahnfahrwegen, Juli 2007.~~
- ~~/U 24/ Technische Mitteilung als Handlungsanweisung gemäß Konzernrichtlinie 138.0202 zum Geotechnischen Ingenieurbau Nr. 304/2003/012: „Anwendererklärung Ril 836: Einbau von Schutzschichten auf Strecken des Bestandsnetzes“, vom 01.06.2004.~~
- ~~/U 25/ Arbeitsblatt DWA A 138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, 04/2005.~~
- ~~/U 26/ Geologische Karte von Hessen, Blatt 5917 Kelsterbach, 3. neu bearbeitete Auflage, Maßstab 1:25.000; Herausgeber: Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden 1980.~~

1.2 Vorgang / Aufgabenstellung

Für den Ausbau des Knotens Frankfurt(Main)-Sportfeld als Teilprojekt der Gesamtmaßnahme Frankfurt RheinMain^{plus} werden unter anderem umfangreiche Maßnahmen zur Anpassung der Gleis- und Weichenanlagen im Bereich Bf. Frankfurt (M) Niederrad erforderlich. Folgende Teilobjekte wurden gemäß Auftrag untersucht, in diesem Gutachten zusammengefasst und geotechnisch bewertet:

1. Gleisumbau km 5,1 - km 4,5 (Strecke 3683, Gl. 597 neu und Gl. 586 neu)
2. Gleisumbau km 32,45 - km 33,1 (Strecke 3520, Gleis 644/624 und Gleis 643/623)
3. Gleisumbau km 6,1 - km 7,15 (Strecke 3624)
4. Gleis - und Weichenumbau km 1,93 - km 1,05 (Strecke 3657 neu)
 - a. Strecke 3657 neu, 1,93 - km 1,01 (EÜ Adolf-Miersch-Str. - EÜ Mainbrücke)
 - b. Weichenneubau, W 608, W 609 (geänderte Lage gemäß /U 13/)
 - c. Weichenneubau, W, 654, W 655, W 656
- ~~5. Gleis - und Weichenumbau km 76,65 - km 77,5 (Strecke 4010 neu)~~
 - ~~d. Strecke 4010 neu, 76,65 - km 77,5 (EÜ Adolf-Miersch-Str. - EÜ Mainbrücke)~~
 - ~~e. Weichenneubau, W 608, W 609, W, 654, W 655, W 656~~

Die zur Herstellung der o.g. Gleisabschnitte erforderlichen Dammverbreiterungen, EÜ - Hinterfüllungen und die bauliche Ausbildung der Güterzugrampen sind den entsprechenden Gutachten zu entnehmen.

- zu 1. Gutachten Stützwand / Dammverbreiterung km 5,05 - 4,45 vom 01.03.2011
- zu 3. Gutachten Güterzugrampe km 6,45 - km 6,95 vom 02.03.2011
- zu 4. Gutachten Stützwand / Dammverbreiterung km 76,65 - km 77,05 sowie Gutachten EÜ Mainbrücke, Widerlagerhinterfüllung, vom 18.2.2011

Die DB ~~International~~ Engineering & Consulting GmbH, Baugrund wurde auf der Grundlage der Bestellung /U 15/ mit der Erkundung und geotechnischen Bewertung des Baugrundes sowie der Bemessung des Tragschichtsystems nach Ril 836 ~~/U 22/~~ /U 9/ für die Umbauarbeiten der 5 Weichen und 4 Gleisabschnitte, einschließlich der baugrundtechnischen Empfehlungen beauftragt.

Des Weiteren waren umweltanalytische Untersuchungen des im Untersuchungsbereiches erkundeten Bodens durchzuführen.

Nachfolgend werden die Untersuchungsergebnisse für den Gleis- und Weichenumbau dargestellt und bewertet. Die abfalltechnische Beurteilung erfolgt in einem separaten Bericht.

1.3 Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen

Die Baugrunderkundungsarbeiten wurden in Verantwortlichkeit der Fa. Umweltgeotechnik GmbH, vom 15.11.2010 bis 07.01.2011 ausgeführt. Unter Berücksichtigung der geplanten Trassenführung wurden sowohl in Gleisachse der bestehenden Gleisanlagen als auch außerhalb der bestehenden Trasse Handschürfe bis 1,2 unter SO (S) und Kleinbohrungen (RKS; $\varnothing = 60$ mm) bis maximal 3,0 m unter SO ausgeführt. Im Bereich der Widerlagerhinterfüllung der EÜ Mainbrücke und der geplanten Lärmschutzwand wurden drei Kleinbohrungen bis max. 8,0 m Tiefe abgeteuft und durch schwere Rammsondierungen (DPH) bis 8,0 m Tiefe ergänzt. Der überwiegende Teil der Kleinbohrungen musste aufgrund zu hoher Eindringwiderstände vorzeitig abgebrochen werden, siehe Tabelle 1.

Die Aufschlüsse stellen sich im Einzelnen wie folgt dar:

Tabelle 1: Lage der Aufschlusspunkte

Gleis [km-km]	Kilometer	Aufschluss	Lage	Ansatzhöhe [m NN]	Endtiefe [m NN]	Aufschlusstiefe [m]
5,1 - 4,5	5,100 ¹⁾	S+RKS 57	in GA	105,91	104,51	1,4*
	5,030 ¹⁾	S 61	1,3 m r.d.GA	105,33	104,91	0,42
	5,000 ¹⁾	S +RKS 63	in GA	105,31	103,71	1,6*
	4,905 ¹⁾	S+ RKS 67	in GA	104,58	102,98	1,6*
	4,655 ¹⁾	S +RKS 81	1,6 m r.d.GA	102,16	99,36	2,8*
	4,570 ¹⁾	S +RKS 86	in GA	102,74	101,34	1,4*
	4,470 ¹⁾	S+RKS 91	in GA	102,47	101,22	1,25*
32,45 - 33,1	32,505 ²⁾	S+RKS 59	in GA	105,23	102,23	3,0
	32,510 ²⁾	S 60	in GA	105,21	104,70	0,51
	4,750 ¹⁾	S+RKS 76	1,5 m r.d.GA	102,67	100,07	2,6*
	31,704 ²⁾	S+RKS 87	2,1 m l.d.GA	102,78	100,28	2,5*
	33,061 ²⁾	S+RKS 92	in GA	102,58	100,78	1,8*
6,1 - 7,15	6,101 ³⁾	S+RKS 50	in GA	111,06	109,86	1,2*
	6,200 ³⁾	S+RKS 51	4,0 m l.d.GA	111,16	109,11	2,05*
	6,315 ³⁾	S+RKS 52	8,0 m l.d.GA	106,16	104,76	1,4*
	6,365 ³⁾	S+RKS 52a	2,0 m r.d.GA	109,10	107,50	1,6*
	6,945 ³⁾	S+ RKS 88	in GA	105,23	102,23	3,0
	7,061 ³⁾	S+RKS 93	5,0 m l.d.GA	104,42	101,42	3,0
76,65 77,50	7,240³⁾	S+RKS-99	in GA	103,07	100,7	3,0
	7,290³⁾	S+RKS-101	1,5 m r.d.GA	102,53	100,53	2,2*
	33,312²⁾	S+RKS-100	7,5 m r.d.GA	102,73	100,83	1,7*
	7,361³⁾	S+RKS-103	2,0 m r.d.GA	102,05	99,95	2,1*
	7,463³⁾	S+RKS-105	in GA	101,96	99,71	2,25*
	7,533³⁾	S+RKS-107	2,2 m r.d.GA	101,37	99,82	1,55*

	7,702 ³⁾	S+RKS 113	3,5 m r.d.GA	101,65	98,65	3,0
	7,737 ³⁾	S+RKS 114	6,0 m r.d.GA	101,57	95,17	6,4*
	7,737 ³⁾	DPH 114	6,0 m r.d.GA	101,57	93,57	8,0
	7,863 ³⁾	S+RKS 115	2,3 m r.d.GA	101,63	98,63	3,0
	8,010 ³⁾	S+RKS 117	in GA	101,86	98,86	3,0

Tabelle 1a: Fortsetzung Lage der Aufschlusspunkte

Gleis {km-km}	Kilometer	Aufschluss	Lage	Ansatz- höhe {m-NN}	Endtiefe {m-NN}	Aufschluss- tiefe {m}
76,65— 77,50	7,958 ³⁾	S+RKS 118	8,0 m r.d.GA	102,27	94,27	8,0
	7,958 ³⁾	DPH 118	8,0 m r.d.GA	102,27	94,27	8,0
	7,988 ³⁾	S+RKS 119	9,0 m r.d.GA	102,21	94,21	8,0
	7,988 ³⁾	DPH 119	9,0 m r.d.GA	102,21	94,21	8,0

Gleis {km-km}	Kilometer	Aufschluss	Lage	Ansatz- höhe {m NHN}	Endtiefe {m NHN}	Aufschluss- tiefe {m}
1,93- 1,05	7,240 ³⁾	S+RKS 99	in GA	103,07	100,7	3,0
	7,290 ³⁾	S+RKS 101	1,5 m r.d.GA	102,53	100,53	2,2*
	33,312 ²⁾	S+RKS 100	7,5 m r.d.GA	102,73	100,83	1,7*
	7,361 ³⁾	S+RKS 103	2,0 m r.d.GA	102,05	99,95	2,1*
	7,463 ³⁾	S+RKS 105	in GA	101,96	99,71	2,25*
	7,533 ³⁾	S+RKS 107	2,2 m r.d.GA	101,37	99,82	1,55*
	7,702 ³⁾	S+RKS 113	3,5 m r.d.GA	101,65	98,65	3,0
	7,737 ³⁾	S+RKS 114	6,0 m r.d.GA	101,57	95,17	6,4*
	7,737 ³⁾	DPH 114	6,0 m r.d.GA	101,57	93,57	8,0
	7,863 ³⁾	S+RKS 115	2,3 m r.d.GA	101,63	98,63	3,0
	8,010 ³⁾	S+RKS 117	in GA	101,86	98,86	3,0
	7,958 ³⁾	S+RKS 118	8,0 m r.d.GA	102,27	94,27	8,0
	7,958 ³⁾	DPH 118	8,0 m r.d.GA	102,27	94,27	8,0
	7,988 ³⁾	S+RKS 119	9,0 m r.d.GA	102,21	94,21	8,0
	7,988 ³⁾	DPH 119	9,0 m r.d.GA	102,21	94,21	8,0

S...Schurf, RKS...Kleinbohrung, l./r. d. GA...links/rechts der Gleisachse

*) RKS vorzeitig abgebrochen

¹⁾ Strecke 3683

²⁾ Strecke 3520

³⁾ Strecke 3624

Alle Ansatzpunkte wurden nach Lage und Höhe auf m NN des DB Referenznetzes und die Gleisachse des nächstgelegenen Streckengleises eingemessen. Die Entnahme von gestörten Bodenproben erfolgte je lfd. Meter bzw. bei Schichtwechsel. Die einzelnen, auf Bohrmeisterangaben beruhenden, handschriftlichen Schichtenverzeichnisse /U 20/ können bei



Bedarf im Archiv der DB ~~International~~ Engineering & Consulting GmbH, Baugrund eingesehen werden.

Die entnommenen Bodenproben wurden durch den Bearbeiter nach DIN 4020 und DIN EN ISO 14688 spezifiziert. Zur genaueren Klassifizierung der Bodenarten in Bodengruppen nach DIN 18196 und Bodenklassen nach DIN 18300 sind ausgewählte Bodenproben bodenphysikalischen und chemischen Untersuchungen unterzogen worden.

Im Einzelnen wurden insgesamt ausgeführt:

- 15x Nass-/Trockensiebung nach DIN 18123,
- 2x kombinierte Sieb-/Schlamm-analyse nach DIN 18123,
- 2x Bestimmung der Atterberg'schen Zustandsgrenzen nach DIN 18122 und
- 1x Glühverlust nach DIN 18 128 .

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche sind als Anlage 17.12.4 beigefügt.

2 Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse

2.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse

Der Untersuchungsbereich umfasst 4 Gleisabschnitte und befindet sich westlich bzw. östlich des Bahnhofs Frankfurt/Main-Niederrad im Bereich der bestehenden Strecken 3683, 3520, 3624. Der Bahnhofsbereich ist 6-gleisig, elektrifiziert und den Streckenkategorien P 160 und M 160 zugeordnet. Der gesamte Untersuchungsabschnitt befindet sich in Dammlage.

2.2 Geologische Situation

Das Untersuchungsgebiet liegt regionalgeologisch in der hessischen Senke zwischen dem Rheinischen Schiefergebirge, dem Vogelsberg im Norden, dem Odenwald im Süden und dem Mainzer Becken im Westen. Die mächtige Grabenfüllung des Oberrheingrabens endet im Norden etwa auf der Höhe von Rüsselsheim. Von Süden her bis dorthin sind über 2.000 m mächtige Tertiärschichten und über 100 m Quartär-Ablagerungen bekannt. Je weiter im Süden desto häufiger ist das Erkundungsgebiet geprägt durch eiszeitliche Flugsande mit Dünenbildung. Häufig sind diese Schichten kalkhaltig und besitzen Kalkkonkretionen. Die Mächtigkeit dieser quartären Flugsande kann mehrere Meter betragen. Nach Norden nehmen die Mächtigkeiten dieser Schichten ab. In großen Teilen des Erkundungsgebietes stehen unter den Terrassensanden und -kiesen des Mains die Gesteine des Oligozäns aus dem Unteren Tertiär in Form des Rupeltones an. Darunter befinden sich die unteren Meeressande als Untergrenze des Tertiärs und Übergang zu den Gesteinen des Rotliegenden. Die Anstehenden Gesteine werden durch eine nach Nordwesten immer mächtiger werdende Deckschicht aus Gesteinen des Tertiärs überdeckt. Im nordwestlichen Bereich des Erkundungsgebietes können einzelne Kalksteinschichten (Hydrobienschichten) angetroffen werden. Im Bereich der Flussniederungen stehen an der Oberfläche quartäre Lockergesteine aus Flusssedimenten, Niederterrassen von Main und kleineren Nebenflüssen an.

Der Rhein und der Main sowie ihre Nebenflüsse haben im Quartär am nördlichen Ende des Oberrheingrabens Sand und Kies abgelagert. Gelegentlich sind Schluff und Ton sowie Torf eingelagert. Dort wo diese Sedimente auf den ähnlichen Schichten des Pliozäns liegen, ist die Abgrenzung zu diesen schwierig.

Als typische pliozän-zeitliche Schichten der Untermain-Ebene gelten feinkörnige kalkfreie Sande (grau, weiß, gelblich) mit Einlagerungen von Tonlinsen, Braunkohlen und Kiesen. Die Gerölle dieser Kiese bestehen aus gebleichtem Buntsandstein, scharfkantigem Gangquarz, Quarzit und Hornstein. Der schwarze Kieseliefer aus Frankenwald und Fichtelgebirge fehlt weitgehend.

Die Pleistozän-Schichten der Untermain-Ebene bestehen aus Sanden und Kiesen mit gelegentlichen schluffig-tonigen Einlagerungen. Die Gerölle der Kiese bestehen aus ungebleichtem Buntsandstein, Kalkstein, Hornstein, Quarz, Quarzit, Basalt und schwarzem Kieselschiefer aus Frankenwald und Fichtelgebirge. Hinzu kommen lokale Gerölle aus Spessart und Odenwald. Diese Sedimente sind in der Regel kalkhaltig, können aber sekundär entkalkt sein.

Im oberflächennahen Bereich der urban genutzten Bereiche ist infolge der Baumaßnahmen mit anthropogenen Auffüllungen zu rechnen. Durch den Einbau von zumeist lokal vorkommenden Böden ist dabei eine zweifelsfreie Unterscheidung zwischen aufgefülltem und gewachsenem Boden nicht immer möglich.

Ergeben sich im Verlauf der Bohrarbeiten auffällige Abweichung von der hier beschriebenen Geologie ist unverzüglich der Baugrundgutachter zu informieren.

2.3 Baugrundverhältnisse - Schichtenaufbau und Kennwerte

Gleisschotter

Zunächst wurde nur in den Schürfen im unmittelbaren Gleisbereich Gleisschotter erkundet. Der Schotter weist im Untersuchungsbereich der Weichen und Gleisabschnitte eine Gesamtschotterstärke zwischen 0,35 m (S+RKS 114) bis 1,55 m (S+RKS 107) auf.

Der Schotter wurde im oberen Bereich, mit einer Stärke von 0,15 m - 0,20 m und mit einem Feinanteil von < 5 % meist als leicht verschmutzt eingeschätzt. Die Schichtdicke der verunreinigten Mischzone variiert zwischen 0,13 m - 1,35 m. Der mittlere Feinkornanteil liegt bei 25 % - 30 %. Gemäß Bohrmeisterangaben ist die Mischzone als überwiegend stark verschmutzt eingestuft.

Eine Übersicht der erkundeten Schotterdicken und geschätzten prozentualen Feinanteile der Mischzonen ist in Tabelle 2 zusammengestellt. Die Einschätzung der mechanischen Reinigungsfähigkeit gilt vorbehaltlich einer abfalltechnischen Einstufung des Schotters.

Tabelle 2: Erkundete Schotterverhältnisse

Gleis [km-km]	Aufschluss	Lage zu GA	Gesamt-schotter-höhe [m]	Höhe Mischzone [m]	Feinanteil geschätzt [%]	mechanisch reinigungs-fähig
5,1 -4,5	S+RKS 57	in GA	0,70	0,25	25	Ja
	S 61	1,3 m r.d.GA	0,42	0,13	k.A	k.A
	S +RKS 63	in GA	0,64	0,29	25	Ja
	S+ RKS 67	in GA	0,60	0,19	25	Ja
	S +RKS 81	1,6 m r.d.GA	k.A	k.A	k.A	k.A

	S +RKS 86	in GA	0,50	0,12	25	Ja
	S+RKS 91	in GA	0,60	0,20	k.A	k.A
32,45 - 33,1	S+RKS 59	in GA	0,80	0,58	30	Ja
	S 60	in GA	0,51	0,16	25	Ja
	S+RKS 76	1,5 m r.d.GA	k.A	k.A	k.A	k.A
	S+RKS 87	2,1 m l.d.GA	0,50	0,25	30	Ja
	S+RKS 92	in GA	0,55	0,10	25	Ja
	6,1 - 7,15	S+RKS 50	in GA	1,20	0,70	30
S+RKS 51		4,0 m l.d.GA	1,10	0,68	25	Ja
S+RKS 52		8,0 m l.d.GA	k.A	k.A	k.A	k.A
S+RKS 52a		2,0 m r.d.GA	0,70	---	30	Ja
76,65-- 77,50	S+RKS 99	in GA	0,64	0,24	30	Ja
	S+RKS 101	1,5 m r.d.GA	0,70	0,37	25	Ja
	S+RKS 100	7,5 m r.d.GA	0,50	0,25	30	Ja
	S+RKS 103	2,0 m r.d.GA	0,95	---	25	Ja
	S+RKS 105	in GA	0,55	0,20	35	Ja
	S+RKS 107	2,2 m r.d.GA	1,55	1,35	30	Ja
	S+RKS 113	3,5 m r.d.GA	0,50	0,25	30	Ja
	S+RKS 114	6,0 m r.d.GA	0,35	---	35	Ja
	S+RKS 115	2,3 m r.d.GA	0,80	0,70	25	Ja
	S+RKS 117	in GA	0,65	0,22	25	Ja
	S+RKS 118	8,0 m r.d.GA	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
	S+RKS 119	9,0 m r.d.GA	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
1,93- 1,05	S+RKS 99	in GA	0,64	0,24	30	Ja
	S+RKS 101	1,5 m r.d.GA	0,70	0,37	25	Ja
	S+RKS 100	7,5 m r.d.GA	0,50	0,25	30	Ja
	S+RKS 103	2,0 m r.d.GA	0,95	---	25	Ja
	S+RKS 105	in GA	0,55	0,20	35	Ja
	S+RKS 107	2,2 m r.d.GA	1,55	1,35	30	Ja
	S+RKS 113	3,5 m r.d.GA	0,50	0,25	30	Ja
	S+RKS 114	6,0 m r.d.GA	0,35	---	35	Ja
	S+RKS 115	2,3 m r.d.GA	0,80	0,70	25	Ja
	S+RKS 117	in GA	0,65	0,22	25	Ja
	S+RKS 118	8,0 m r.d.GA	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
	S+RKS 119	9,0 m r.d.GA	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

k.A.: keine Angaben

Auffüllung

Im gesamten Untersuchungsbereich wurden direkt unter dem Schotter bzw. ab Ansatzhöhe Auffüllungen erkundet. Die Auffüllungen bestehen aus eng - weitgestuften Sanden der Bodengruppen [SE, SW], sowie aus schwach schluffigen bis schluffigen Sanden bzw. schwach tonigen bis tonigen Sanden der Bodengruppe [SU, SU*, ST, ST*]. Untergeordnet wurden schwach schluffige, intermittierende und schwach tonige bis tonige Kiese der Bodengruppen

[GU, GI, GT*, GT], sowie weiche bis steife leichtplastische Tone und tonige Sande mit Plastizität der Bodengruppe [TL, ST*_{m,p.}] erkundet. In der RKS 52 wurde ein locker gelagerter, humoser Kies der Bodengruppe [OH] mit der Mächtigkeit von 1,40 m erkundet.

Die erkundete Mächtigkeit der aufgefüllten Sande variiert zwischen 0,50 m (S+RKS 92) und 6,80 m (S+RKS 119). Die Mächtigkeit der aufgefüllten Kiese liegt zwischen 0,20 m (S+RKS 92) und 0,65 m (S + RKS 117) und die der aufgefüllten Tone bzw. tonigen Sande zwischen 0,55 m (S+RKS 92) und 1,00 m (S+RKS 101).

Die Lagerungsdichte der aufgefüllten Sande wird vom Bohrmeister aufgrund des Bohrfortschritts als locker bis sehr dicht angegeben. In den durchgeführten schweren Rammsondierungen (DPH 114, 118 und 119) weisen die erkundeten Sande eine überwiegend lockere Lagerung auf.

Die Lagerungsdichte der erkundeten Kiese wird vom Bohrmeister als locker bis mitteldicht beschrieben. Der überwiegende Teil der durchgeführten Kleinbohrungen musste im aufgefüllten Boden aufgrund eines zu hohen Eindringwiderstandes vorzeitig abgebrochen werden (siehe Tabelle 1). Vermutlich handelt es sich bei diesen Hindernissen um Steine oder eine zu hohe Lagerungsdichte.

Durch die Verwendung von natürlichen Bodenstoffen beim Bau der Bahnanlagen ist eine zweifelsfreie Unterscheidung von aufgefüllten und anstehenden Böden nicht immer möglich.

Anstehender Boden

Unterhalb der Auffüllungen folgen die anstehenden Böden. Vornehmlich wurden mit den Kleinbohrungen enggestufte und schwach schluffige bis schluffige Sande (SE, SU, SU*) erkundet. Die Mächtigkeit variiert zwischen 0,70 m (S+RKS 99) und 2,00 m (S+RKS 118). Die Lagerungsdichte wurde vom Bohrmeister und aufgrund der durchgeführten schweren Rammsondierung als mitteldicht bis sehr dicht angegeben.

Den erkundeten Böden lassen sich die in Tabelle 3 dargestellten Kennwerte (Laboruntersuchungen an ausgewählten repräsentativen Einzelproben sowie regionale Erfahrungswerte) zuordnen:

Tabelle 3: Bodenkennwerte und Zuordnungen *)

Geologische Bezeichnung	Auffüllung			Anstehender Boden
	Sande	Kiese	Ton	Sande
Bodenart				
Bodengruppe nach DIN 18196	[SE, SW, SU, ST, SU*, ST*]	[GT*, GU, GI, GT, OH]	[TL, ST* _{m.p.}]	SE, SU*, SU
Kornanteil d ≤ 0,063 mm [%]	2...38	7...13	---	---
Kornanteil d ≥ 2,0 mm [%]	1...38	42...62	---	---
natürl. Wassergehalt w _n [%]	---	---	15,0...18,8 [TL]	---
Glühverlust V _{gl} [%]	---	14,4		---
korr. Wassergehalt w _k [%]	---	---	22,52...33,13 [TL]	---
Fließgrenze w _L [%]	---	---	28,20...29,25 [TL]	---
Ausrollgrenze w _P [%]	---	---	14,97...20,90 [TL]	---
Plastizitätszahl I _P [%]	---	---	8,34...13,23 [TL]	---
Konsistenzzahl I _C [-] bez. auf Gesamtprobe	---	---	---	---
Konsistenz handspezifiziert	---	---	weich ... steif	---
Ungleichförmigkeitszahl U [-]	2,43...145,88	9,51...116,27	---	---
Lagerungsdichte	locker - sehr dicht	locker - mitteldicht	---	mitteldicht - sehr dicht
Durchlässigkeitswert k _f [m/s]				
nach USBR/Bialas	1,8*10 ⁻⁴ ... 3,9*10 ⁻⁷	4,9*10 ⁻⁴ ... 7,9*10 ⁻⁵ [GU]	---	---
Erfahrungswerte	10 ⁻³ ... 10 ⁻⁸	10 ⁻³ ... 10 ⁻⁸	10 ⁻⁷ ... 10 ⁻⁹	10 ⁻³ ... 10 ⁻⁷
Durchlässigkeit nach DIN 18 130	stark bis schwach durchlässig	stark bis schwach durchlässig	schwach bis sehr schwach durchlässig	stark bis schwach durchlässig
Bodenklasse nach DIN 18 300 **)	3 [SE, SW, SU, ST] 4 [SU*, ST*]	3 [GU, GI, GT, OH] 4 [GT*]	4	3 (SE, SU) 4 (SU*)
Frostempfindlichkeit nach ZTVE - StB 09	F1 [SE, SW] F1 - F2 [SU, ST] F3 [SU*, ST*]	F1 [GI] F1 - F2 [GU, GT] F3 [GT*, OH]	F3	F1 (SE) F1 - F2 (SU) F3 (SU*)

*) Die Tabellenwerte sind Einzelergebnisse, keine Mittelwerte.

**) Je nach Anteil an Steinen auch höhere Bodenklassen möglich.

2.4 Hydrologische Verhältnisse

Während der Aufschlussarbeiten für die Weichen und Gleisabschnitte der Strecken 3683, 3520, 4010, 3624 von November 2010 bis Januar 2011 wurde kein Grundwasser angeschnitten. Die punktuell erkundeten schluffigen bis tonigen Sande und Kiese [SU*, ST*, GT*] als auch die leichtplastischen Tone [TL] sind als gering bis nicht versickerungsfähig einzuschätzen. Auf diesen Böden ist vor allem in niederschlagsreichen Zeiten mit der Bildung von Stauwasser zu rechnen.

Spezielle hydrologische Untersuchungen und Recherchen waren nicht Leistungsbestandteil. Im Bedarfsfall sind weitere hydrologische Daten (z. B. Mittel- und Höchstwasserstände) von der zuständigen Umwelt- oder Wasserbehörde einzuholen.

3 Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen

3.1 Dammanschüttung, Strecke 3624, km 6,1 – km 6,36

3.1.1 Allgemeines

Die Bestandstrasse der Strecke 3624 verläuft im Untersuchungsgebiet auf einem Damm. Die Dammhöhe im Bereich von km 6,1 bis 6,36 liegt bei ca. 3,0 – 5,0 m. Ab km 6,36 soll gemäß Vorplanung /U 16/ die eingleisige Strecke 3624 dem Kreuzungsbauwerk „Gleisdreieck“ zugeführt werden. Das bestehende Gleis soll ab km 6,1 in Richtung aufsteigende Kilometrierung aus seiner ursprünglichen Lage verschwenkt werden. Aufgrund eines bahnlinken Geländesprungs, der durch eine vorhandene Stützmauer gesichert wird, und der geplanten Zuführung in das Kreuzungsbauwerk „Gleisdreieck“ wird hingegen der Vorplanung /U 16/ die Ausbildung einer neuen Dammanschüttung erforderlich. Die genauen Anschüttungsbreiten ergeben sich erst nach Fertigstellung der Detailplanung. Die neue Strecke 3624 wird in diesem Untersuchungsbereich mit einer Entwurfsgeschwindigkeit $v_e = 80$ km/h geplant (aus /U 16/).

Da zum Zeitpunkt der Vorplanung und in den vorangegangenen Besprechungen die o.g. Dammanschüttung nicht berücksichtigt wurde, sind keine Erkundungen in diesem Bereich erfolgt. Eine Bearbeitung dieses Abschnitts innerhalb dieses Gutachtens, erfolgte auf Grundlage der benachbarten Erkundungen.

3.1.2 Dammanschüttmaterialien nach Ril 836

Für die Dammanschüttung können formal die Böden gemäß Ril 836.0501 Bild A 1.9 verwendet werden. Wir empfehlen grobkörnige Böden als Dammanschüttmaterial zu verwenden.

→ GW, GI, GE, SE, SW, SI

→ empfohlener Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 0,98$

Gemischtkörnige Böden gemäß Ril 836 können ebenfalls genutzt werden. Diese sollten jedoch nur in Dammbereichen Anwendung finden, die selbstständig für sich neben dem Bestandsdamm hergestellt werden, so dass kein Wasser aus dem Bestandsdamm in die Neuschüttung zufließen kann.

3.1.3 Herstellung Erdbauwerk bis OK Planum

Die nachfolgend definierte Ausführung der Dammanschüttung stellt eine seitliche Anschüttung an den Bestandsdamm dar. Damit wird das Erreichen der Anforderungen an OK Planum gleichmäßig gewährleistet und ein Regelaufbau für die Schutzschicht kann vorgenommen werden (Details zum Tragschichtaufbau siehe Abschn. 3.2).

Ablaufschema

- Herstellung Untergrundplanum / Dammaufstandsfläche
 - Die in Höhe Untergrundplanum anstehenden Auffüllungen sind aufgrund ihrer lockeren Lagerung und der Inhomogenität gegen ein mind. 0,5 m dickes Kiessandgemisch auszutauschen. Die Aushubsohle ist tiefenwirksam nach zu verdichten.
 - Der Bodenaushub, die Nachverdichtung und der Wiedereinbau sind zeitnah durchzuführen. Eine Durchfeuchtung, insbesondere der Aushubsohle ist unbedingt zu vermeiden.
 - Mit dem Einbau eines grobkörnigen Materials als Bodenaustausch und im weiteren für die Dammverbreiterung selbst ist eine kapillarbrechende Wirkung im Hochwasserfall gegeben.

- Anschüttbereich bis OK Planum:
 - Lagenweiser Einbau und Verdichtung des Dammschüttmaterials ab UK Dammaufstandsfläche ~~gemäß Ril 836.0501 Bild 2 und Bild A1.9, abweichend von dem in Bild A1.9 geforderten Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 0,97$~~ empfehlen wir ein $D_{Pr} \geq 0,98$.
 - Hinweis: Für Hinterfüllungen gilt gemäß ZTVE-StB ein Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 1,0$.
 - Prüfung des Verdichtungsgrades, Prüfmethode und Prüfumfang analog ZTVE-StB bzw. ~~Ril 836.0501 Bild 1~~ Ril 836.4102A01, Bild 1; Ril 836.4103.

3.1.4 Standsicherheit

Die Standsicherheiten von Böschungen sind im Wesentlichen von den Schüttmaterialien, der Damm-/Böschungshöhe und der Böschungsneigung abhängig.

Bei Einhaltung der Regelböschungsneigungen nach Ril ~~836.0506~~ 836.4102A01 Bild 1, der Verwendung der darin vorgegebenen Bodengruppen (siehe auch Abschn. 3.1.2) und funktionstüchtigen Entwässerungsanlagen gilt der Nachweis der Standsicherheit von Lockergesteinsböschungen als erbracht. Der Untergrund wird nach Herstellung des Untergrundplanums, wie oben beschrieben, als ausreichend tragfähig eingeschätzt.

Standsicherheits- und Verformungsberechnungen sind zurzeit nicht Untersuchungsgegenstand. In weiteren Planungsphasen können diese ggf. notwendig werden. Hierfür werden zusätzliche Planungsdetails und Querprofilaufnahmen benötigt.

3.1.5 Schwingstabilität

Die neue Dammschüttung wird nach den Neubaukriterien hergestellt, so dass die Schwingstabilität hierfür gegeben ist.

3.2 Dammverbreiterung, Güterzugrampe und Widerlagerhinterfüllung

Die Ausbildung der Dammverbreiterungen, Güterzugrampe und Widerlagerhinterfüllung in den einzelnen Teilabschnitten:

- Gleisumbau km 5,1 - km 4,5 (Strecke 3683)
- Gleisumbau km 6,1 - km 7,15 (Strecke 3624)
- Gleis - und Weichenumbau km 1,93 - km 1,05 (Strecke 3657 neu)
 - a. Strecke 3657 neu, km 1,93 - km 1,01 (EÜ Adolf-Miersch-Str. - EÜ Mainbrücke)
 - b. Weichenneubau, W 608, W 609, W, 654, W 655, W 656
- ~~▪ Gleis - und Weichenumbau km 76,65 - km 77,5 (Strecke 4010 neu)~~
 - ~~e. Strecke 4010 neu, 76,65 - km 77,5 (EÜ Adolf Miersch Str. - EÜ Mainbrücke)~~
 - ~~d. Weichenneubau, W 608, W 609, W, 654, W 655, W 656~~

sind den jeweiligen Gutachten zu entnehmen, siehe Abschnitt 1.2. Auf eine weitere Betrachtung wird daher im vorliegenden Gutachten verzichtet. Nachstehend wird die Bemessung des Tragschichtsystems in den v. g. Teilabschnitten vorgenommen.

3.3 Tragschichtsystem

3.3.1 Anforderungen an das Tragschichtsystem

~~Die neuen Gleise der Strecke 3683, 3624 und die neuen Fernverkehrsgleise der Strecke 4010 werden gemäß /U 18/ in das Kriterium „Neubau“ und die Streckenkategorie P160 bzw. M160 gemäß Ril 836.0501 Bild 2 eingeordnet. Die geplante Umverlegung der Strecke 3520 befindet sich im Bereich der bestehenden Gleisanlagen somit gehen wir hier vom Kriterium „Ertüchtigung/Instandhaltung“ und der Streckenkategorie P160 aus. Der Untersuchungsabschnitt zum Projekt Ausbau des Knotens Frankfurt(M) Sportfeld, 2. Ausbaustufe ist entsprechend Ril 836.0501, Bild 3 dem Frosteinwirkungsgebiet I zuzuordnen. Gemäß Modul 836.0501 Bild 3 und Bild A 1.9 ergeben sich die in Tabelle 4a und 4b dargestellten Anforderungen an das Tragschichtsystem.~~

Die neuen Fernverkehrsgleise der Strecke 3657 sowie die Gleisabschnitte der Strecken 3683 und 3624 werden gemäß /U 18/ in das Kriterium „Neubau“ und die Streckenkategorie VzG:

80km/h < v ≤ 160 km/h gemäß Ril 836.4101A01 Tabelle 1 und 2 eingeordnet. Die geplante Umtrassierung der Strecke 3520 befindet sich im Bereich der bestehenden Gleisanlagen somit gehen wir hier vom Kriterium „Verbesserung“ und die Einstufung VzG: 80km/h < v ≤ 160 km/h aus. Die zukünftigen Radsatzlasten betragen gemäß Planerangaben ≤ 25 Tonnen. Der Untersuchungsabschnitt zum Projekt Umbau des Knotens Frankfurt(M)-Sportfeld, 2. Ausbaustufe ist entsprechend Ril 836.4101A04 dem Frosteinwirkungsgebiet I zuzuordnen. Gemäß Modul 836.4101A01 Tabelle 1 und Tabelle 2 ergeben sich die in Tabelle 4a und 4b dargestellten Anforderungen an das Tragschichtsystem.

Tabelle 4a: Regelanforderungen an den Unterbau unter Gleisen (Str. 3520)

Streckenkatgorie Oberbau	Ertüchtigung / Instandhaltung P-160 Schotter
OKTS – Oberkante Tragschicht (alt: Planum)	$E_{v2} \geq 50 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 35 \text{ MN/m}^2$ $D_{Pr} \geq 1,00$
Planum (alt: Erdplanum)	$E_{v2} \geq 30 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 25 / 20 \text{ MN/m}^2$ ^{*)} $D_{Pr} \geq 0,95$
Regeldicke der Schutzschicht für Frosteinwirkungsgebiet I	20 cm

*) 1. Wert bei grobkörnigen Böden / 2. Wert bei gemischt und feinkörnigen Böden

Tabelle 4b: Regelanforderungen an den Unterbau unter Gleisen (Str. 3683, 3624, 4010)

Streckenkatgorie Oberbau	Neubau P-160, M160 Schotter
OKTS – Oberkante Tragschicht (alt: Planum)	$E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ $D_{Pr} \geq 1,00$
Planum (alt: Erdplanum)	$E_{v2} \geq 60 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 35 / 30 \text{ MN/m}^2$ ^{*)} $D_{Pr} \geq 0,97$ ^{**)}
Regeldicke der Schutzschicht für Frosteinwirkungsgebiet I	40 cm

Tabelle 5a: Regelanforderungen an den Unterbau unter Gleisen Neubau auf Erdkörpern gemäß Frosteinwirkungsgebiet I: bis 160 km/h; hier:(Strecke 3683, 3624, 3657)

Neubau - Schotteroberbau			
max. Geschwindigkeit	ab 80 km/h bis einschließlich 160 km/h		
max. Gleisbelastung	≤ 25 t		
Frosteinwirkungsgebiet	I		
abzusichernder Tragbereich	2,0 m unter SO		
Anforderungen an die Verdichtung nach Anhang 01 Modul 836.4101	I _c ≥ 0,75 (steife Konsistenz) D ≥ 0,3 bei U < 3 bzw. D ≥ 0,45 bei U ≥ 3 (mitteldichte Lagerung)		
Frostempfindlichkeitsklasse	F1	F2	F3
Dicke frostsicherer Aufbau	-	60	70
Dicke der Schutzschicht	35	35	40
Anforderungen an die Verformungs- module nach Anhang 01 Modul 836.4101 ²⁾		OFTS	OK Planum / Untergrund
	E _{v2}	100	45
	E _{vd} ¹⁾	45	30
	D _{Pr}	1,0	0,97 / 0,95 ^{**)}

Tabelle 4b: Regelanforderungen an den Unterbau unter Gleisen (Str. 3520)

Verbesserung - Schotteroberbau			
max. Geschwindigkeit	ab 80 km/h bis einschließlich 160 km/h		
max. Gleisbelastung	≤ 25 t (maßgebend)		
Frosteinwirkungsgebiet	I		
abzusichernder Tragbereich	2,5 m unter SO		
Anforderungen an die Verdichtung nach Anhang 01 Modul 836.4101	I _c ≥ 0,75 (steife Konsistenz) D ≥ 0,3 bei U < 3 bzw. D ≥ 0,45 bei U ≥ 3 (mitteldichte Lagerung)		
Frostempfindlichkeitsklasse	F1	F2	F3
Dicke frostsicherer Aufbau	-	60	70
Dicke der Schutzschicht	35	35	40
Anforderungen an die Verformungs- module nach Anhang 01 Modul 836.4101 ²⁾		OFTS	OK Planum / Untergrund
	E _{v2}	80	45
	E _{vd} ¹⁾	40	25
	D _{Pr}	1,0	0,97 / 0,95 ^{**)}

1) E_{vd} Werte gelten für gemischt- und feinkörnigen Böden, bei grobkörnigen Böden sind die Werte um jeweils 5 MN/m² zu erhöhen.

2) Die geforderten Werte sind bei gleisgebundenen Umbau, bzw. bei Verwendung von Geotextil entsprechend den Moduln Ril 836.4105A02 Bild 1, bzw. Ril 836.4101A02 Pkt. 12 anzupassen

3) 1. Wert bei GW, GI, SE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST / 2. Wert bei GU*, GT*, SU*, ST*, U, T

**) Empfehlung D_{Pr} ≥ 0,98

3.3.2 Bemessung des Tragschichtsystems

Ausgehend von dem Regelquerschnitt

- 0,20 m Schiene
- 0,20 m Schwelle
- 0,30 m Schotter

liegt die Oberkante der Tragschicht = Unterkante (UK) Schotter bei 0,7 m unter SO. Die für die Bemessung des Tragschichtsystems maßgebende Bodenart ist der unter dem Schotter aufgefüllte Boden.

Ausgehend von den Gutachten zu den Dammverbreiterungen und der Widerlagerhinterfüllung:

- km 5,05 - km 4,45 (Strecke 3683),
- * ~~km 76,65 - km 77,05, (Strecke 4010 neu)~~
- * ~~km 77,44 - km 77,495, (Strecke 4010 neu, Bereich Widerlagerhinterfüllung EÜ Mainbrücke)~~
- km 1,93 - km 1,50, (Strecke 3657 neu)
- Widerlagerhinterfüllung EÜ Mainbrücke

besteht dieser im vorliegenden Fall aus den empfohlenen grobkörnigen Dammschüttmaterialien GW, GI, GE, SE, SW, SI ~~in Anlehnung an die Ril 836.0501 Bild A 1.9 mit einem empfohlenen Verdichtungsgrad $D_{pr} \geq 0,98$ (abweichend zu Tabelle 4b von 0,97).~~

~~Ausgehend vom Gutachten zur geplanten Güterzugrampe~~

- * ~~km 6,45 - km 6,95 (Strecke 3624)~~

~~wird nach /U 19/ im o.g. Bereich der Bau eines „Tausendfüßlers“ favorisiert. Somit entfällt für den o.g. Bereich die Bemessung einer Tragschicht.~~

~~Im Bereich vor und nach der geplanten Güterzugrampe besteht die maßgebende Bodenart überwiegend aus gemischtkörnigen und bindigen Böden.~~

~~Im Bereich der Strecke 3520 liegen die maßgebenden Bodenarten in Form von grob- und gemischtkörnigen, untergeordnet auch als bindige Böden vor. Es sind demnach frost- und wasserempfindliche Schichten im Planumsbereich erkundet worden. Hier kann das Tragschichtsystem nicht mit Hilfe der TM 304/2003/012, sondern muss gemäß Ril 836, Bild A 1.3 /U 22/ bemessen werden.~~

Ausgehend aus den Informationen der Genehmigungsplannung /U 2/ und dem Bauwerksverzeichnis /U 14/ wird die Strecke 3624 von:

- km 6,420 - ca. km 6,980 auf einem WIB - Überbau bzw. Stahlbetontrog verlaufen.

Somit entfällt für den o.g. Bereich die Bemessung einer Tragschicht.

Im Bereich vor und nach der geplanten Güterzugrampe besteht die maßgebende Bodenart überwiegend aus gemischtkörnigen und bindigen Böden.

~~Da uns für diese Strecke keine Angaben vom AG bezüglich Instandhaltungsaufwand und bekannten Schlammstellen vorliegen, gehen wir davon aus, dass für das Untersuchungsgebiet kein erhöhter Instandhaltungsaufwand vorliegt sowie keine Schlammstellen bzw. Gleislagefehler bekannt sind. Bei den nachfolgenden Bemessungen des Tragschichtsystems sind wir von der jetzigen Höhenlage der Gleisgradienten ausgegangen.~~

~~Für die Gleise der Strecken 3683, 3624 und 4010 neu wird aufgrund des Kriteriums „Neubau“ die Tragschicht in Anlehnung an die Ril 836, Bild A 1.2 bemessen.~~

Da uns keine Angaben vom AG bezüglich des Gleiszustandes vorliegen, gehen wir davon aus, dass für das Untersuchungsgebiet kein erhöhter Instandhaltungsaufwand vorliegt sowie keine Schlammstellen bzw. Gleislagefehler bekannt sind.

Da die zukünftigen Radsatzlasten gemäß Planerangaben /U 6/, ≤ 25 Tonnen betragen, ist nach Ril 836.4101A02, Tabelle 3, die Gleisbelastung der Strecke 3520 gleichzusetzen mit > 30.000 Lasttonnen/Tag und der Höchstgeschwindigkeit $> 160 - 200$ km /h.

Für die Gleise der Strecken 3683, 3624 und 3657 neu muss aufgrund des Kriteriums „Neubau“ der Regelaufbau der Ril 836.4101A02, Tabelle 1 entsprechen.

Aufgrund der geplant, hohen Radsatz - und Gleisbelastungen sowie dem Neubau kann das Entscheidungsdiagramm für Planungsverbesserung gemäß Ril 836.4105 A01 nicht verwendet werden. Die Dicke der Tragschicht wird somit gemäß Ril 836.4101A05, Bild A 5.2 bemessen werden.

In der nachfolgenden Bemessung werden zur Übersichtlichkeit die untersuchten Streckenabschnitte getrennt voneinander betrachtet. Des Weiteren werden für alle Teilabschnitt aufgrund unterschiedlicher Lagerungsbedingungen für die Gleise und Weichen, neue Dammschüttung bzw. Bestandsdamm, eine Unterteilung in Homogenbereiche vorgenommen.

3.3.2.1 Teilabschnitt 1, Str. 3683 km 5,1 – km 4,5 (~~Gl. 597 neu, Gl. 586 neu~~)

Der Teilabschnitt der Strecke 3683 wird gemäß Vorplanung ab km 5,1 bis km 4,5 aus der ursprünglichen Lage nach bahnrechts verschwenkt, sodass das Gleis 597 der Strecke 3683 auf der geplanten Dammverbreiterung zwischen km 5,05 – km 4,6 zu liegen kommt und das Gleis 586 noch auf den bestehenden Gleisanlagen verläuft. Zwischen km 5,1 – km 5,05 und km 4,6 – km 4,5 verlaufen beide Gleise auf der bestehenden Gleisanlage.

Homogenbereich I

Der Homogenbereich I umfasst den Gleisneubau zwischen km 5,05 – km 4,6. Das neue Gleis 597 der Strecke 3683 liegt hier auf der neuen Dammschüttung. Die Regelanforderungen an das Planum werden durch die im Gutachten „Stützwand / Dammverbreiterung km 5,05 – km 4,45“ vom 01.03.2011 beschriebene Dammverbreiterung, Abschnitt 3.6 sichergestellt.

Ausgangssituation:

maßgebende Bodenart	Kies, Sand
Bodengruppe nach DIN 18196	GW, GI, GE, SE, SW, SI
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94	F 1
Hydrologischer Fall nach Ril.836.0503	1
Streckenategorie	P160
Berechnungsmodul E_H [MN/m²] nach Ril 836.0503, Bild A1.1	60 MN/m²

Bemessung:

angesetzter Berechnungsmodul E_H	60 MN/m²
Schutzschicht auf Frostsicherheit nach Ril 836.0501, Bild 2	0,40 m
Schutzschicht auf Tragfähigkeit in Anlehnung an Ril 836.0503, Bild A 1.2 und Erfahrungen	0,40 m

Bewertung der OK Tragschicht nach Ril 836.4101A02

Anforderung an die Verdichtung: Mindestens steif (mit $I_c \geq 0,75$) bzw. mitteldicht ($D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$)	eingehalten*
Anforderung an das Verformungsmodul: $E_{v2}=100 \text{ MN/m}^2$; $E_{vd}=45 \text{ MN/m}^2$	eingehalten*

* Bei Neubau der Dammschüttung, siehe unter Punkt 3.1.3.

Bewertung vorhandenes OK Planum nach Ril 836.4101A02

Anforderung an die Verdichtung: Mindestens weich (mit $I_c \geq 0,75$) bzw. mitteldicht ($D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$)	eingehalten, nach Nachverdichtung
Anforderung an das Verformungsmodul: $E_{v2}=45 \text{ MN/m}^2$; $E_{vd}=30 \text{ MN/m}^2$	eingehalten, nach Nachverdichtung

Bemessung hinsichtlich Tragfähigkeit nach Ril 836.4101A05, Bild A5.2

Mindestdicke Schutzschicht	0,30 m
----------------------------	--------

Bewertung hinsichtlich Filterstabilität nach Ril 836.4101A06

Bei Verwendung von KG 1 Material oder KG 2 kann dieser Nachweis entfallen, gemäß Ril 836.4101A6, Seite 1, Abschnitt 2.

Folgerung:

Da in Höhe Planum frostsicherer Boden ansteht ist aus geotechnischer Sicht die Dimensionierung der Schutzschicht auf Frostsicherheit nicht maßgebend. Die Schutzschicht wird nur bezogen auf die Tragfähigkeit bemessen und mit 40 cm ausreichend angesehen, was unsere Erfahrungen bestätigen. Aus geotechnischer Sicht sind folgende weitere Maßnahmen erforderlich:

- Prüfung der Tragfähigkeit und Verdichtung des Planums nach Tabelle 4b
- Einbau einer 0,40 30 m dicken Schutzschicht aus KG 2, zweilagiger Einbau
- Prüfung der Tragfähigkeit und Dichte auf der OKTS gemäß Tabelle 4b a
- Einbau des neuen Schotteroberbaues

Homogenbereich II

Der Homogenbereich II umfasst den Gleisneubau zwischen km 5,1 – km 5,05 und km 4,6 – km 4,5. Des Weiteren umfasst der Homogenbereich II das Gleis 586 neu. Die neuen Gleise liegen hier auf dem Bestandsdamm. Größere Tragfähigkeitsunterschiede zwischen neuen Dammschüttmaterialien (Homogenbereich I) und den sandigen Auffüllungen des Bestandsdamms (Homogenbereich II) in Höhe Planum können durch eine Schutzschicht nicht mehr gleichmäßig ausgeglichen werden. Höchste Priorität muss darauf gerichtet sein, auf dem Planum ein möglichst gleichmäßiges Tragverhalten sicherzustellen. Im vorliegenden Fall ist der Tragfähigkeitsunterschied zwischen Neuanschüttung und Bestandsdamm aufgrund der erkundeten Böden und Vorbelastung durch den Bahnbetrieb zu vernachlässigen.

~~Die nachfolgende Bemessung berücksichtigt eine Homogenisierung im Bereich unter dem Planum zwischen Boden des Bestandsdamms und Boden der neuen Dammverbreiterung. Hierbei geht es insbesondere um die Vermeidung eines Planumshorizontes, der zum einen aus~~

~~hochwertigem neuem Anschüttmaterial besteht und zum anderen aus den derzeit im Bestandsdamm in diesem Horizont befindlichen sandigen Auffüllungen. Die Herstellung einer einheitlichen Planumsschicht mit einer definierten Dicke entspricht im Wesentlichen einer Übergangsschicht im Sinne der Ril 836.0503. Damit wird das Erreichen der Anforderungen an die OK Planum relativ gleichmäßig gewährleistet und ein Regelaufbau für die Schutzschicht für P160 kann vorgenommen werden.~~

Ausgangssituation:

maßgebende Bodenart	Auffüllung, Sand
Bodengruppe nach DIN 18196	[ST, SU]
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94	F 1- F 2
Hydrologischer Fall nach Ril.836.0503	1
Streckenategorie	P160
Berechnungsmodul E_H [MN/m²] nach Ril 836.0503, Bild A1.1 und Erfahrungen	50 MN/m²

Einschätzung:

~~Die erkundeten kiesigen Auffüllungen der Bodengruppe [ST, SU] sind ausreichend frostsicher, erfüllen jedoch nicht die Tragfähigkeitsanforderungen an die OK Tragschicht nach Einschätzung gemäß Ril 836.0503, Anhang 1, Bild A1.1 (gefordert für OK TS 100 MN/m², siehe Tabelle 4b). Es ist der Einbau einer Schutzschicht erforderlich.~~

Bemessung:

angesetzter Berechnungsmodul E_H	50 MN/m²
Schutzschicht auf Frostsicherheit nach Ril 836.0501, Bild 2	0,40 m
Schutzschicht auf Tragfähigkeit in Anlehnung an Ril 836.0503, Bild A 1.2 und Erfahrungen	0,60 m

Bewertung der OK Tragschicht nach Ril 836.4101A01

Anforderung an die Verdichtung: Mindestens steif (mit $I_c \geq 0,75$) bzw. mitteldicht ($D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$)	eingehalten
Anforderung an das Verformungsmodul: $E_{v2}=100 \text{ MN/m}^2$; $E_{vd}=45 \text{ MN/m}^2$	nicht eingehalten

Bewertung vorhandenes OK Planum nach Ril 836.4101A01

Anforderung an die Verdichtung: Mindestens weich (mit $I_c \geq 0,75$) bzw. mitteldicht ($D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$)	eingehalten, nach Nachverdichtung
--	-----------------------------------

Anforderung an das Verformungsmodul: $E_{v2}=45 \text{ MN/m}^2$; $E_{vd}=30 \text{ MN/m}^2$	eingehalten, nach Nachverdichtung
---	-----------------------------------

Bemessung hinsichtlich Tragfähigkeit nach Ril 836.4101A05, Bild A5.2

Mindestdicke Schutzschicht	0,30 m
----------------------------	--------

Bewertung hinsichtlich Filterstabilität nach Ril 836.4101A06

Bei Verwendung von KG 1 Material oder KG 2 kann dieser Nachweis entfallen, gemäß Ril 836.4101A6, Seite 1, Abschnitt 2.

Folgerung:

Aus geotechnischer Sicht sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- Vollständiger Ausbau des Schotters und des Bodens bis mindestens ~~1,3~~ 1,0 m unter SO
- Einbau einer ~~0,60~~ 0,30 m dicken Schutzschicht aus KG 2, zweilagiger Einbau
- Prüfung der Tragfähigkeit und Dichte auf der OKTS gemäß Tabelle 4b
- Einbau des neuen Schotteroberbaues

~~3.2.2~~ Teilabschnitt 2, Str. 3520 km 32,45 – km 33,1 (~~Gl.644/624 und Gl.643/623~~)

Der Teilabschnitt der Strecke 3520 wird gemäß Vorplanung ab km 32,45 bis km 33,1 aus der ursprünglichen Lage nach bahnlings verschwenkt. Da die o. g. Gleise weiterhin auf den bestehenden Gleisanlagen verlaufen, wird die Bemessung gemäß Kriterium ~~„Ertüchtigung/Instandhaltung“~~, Ril 836, Bild A 1.3 und der Streckenkategorie P160 „Verbesserung / Erneuerung gemäß Ril 836.4101A02 Tabelle 3 (mit erhöhten Radsatzlasten $\leq 25 \text{ Lt/d}$ durchgeführt durchgeführt.

Ausgangssituation:

Maßgebende Bodenart	Auffüllung, Sand, schluffig, weitgestuft; Ton, leichtplastisch
Bodengruppen nach DIN 18196	A {SU*, SW untergeordnet} A {TL}
Frostempfindlichkeit nach ZTVE StB 94	F 3 {SU*, TL}, F 1 {SW}
Frosteinwirkungsgebiet nach Ril 836.0501	1
Hydrologischer Fall nach Ril 836.0503	2
Berechnungsmodul E_v [MN/m²] nach Ril 836.0503, Bild A1.1	15 MN/m²

Einschätzung:

Die maßgebenden Bodenarten sind die locker gelagerten schluffigen Sande sowie steife leichtplastische Tone. Die schluffigen Sande und leichtplastischen Tone sind nicht frostsicher und erfüllen nicht die geforderten Tragwerte an die Oberkante Tragschicht (OKTS). Es ist eine **Schutzschicht erforderlich**. Punktuell wurden im Untersuchungsgebiet frostsichere bzw. ausreichend tragfähige weitgestufte Sande erkundet. Hier wird jedoch zur Vereinheitlichung des Untergrunds eine Schutzschicht über die gesamte Länge des Untersuchungsgebietes empfohlen.

Bemessung:

angesetzter Berechnungsmodul E_H	15 MN/m ²
Schutzschicht auf Frostsicherheit nach Ril 836.0501, Bild 2	0,20 m
Schutzschicht auf Tragfähigkeit in Anlehnung an Ril 836.0503, Bild A 1.2 und Erfahrungen	0,30 m ^{*)}

^{*)} aufgerundet auf volle 5cm

Folgerung

Aus geotechnischer Sicht sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- Vollständiger Ausbau des Schotters und des Bodens bis 1,00 m unter SO
- Einbau einer **0,30 m dicken Schutzschicht aus KG 1**, einlagiger Einbau
- Prüfung der Tragfähigkeit und Dichte auf der OKTS gemäß Tabelle 4a
- Einbau des neuen Schotteroberbaues

Maßgebende Bodenart	Auffüllung, Sand, schluffig, weitgestuft; Ton, leichtplastisch
Bodengruppen nach DIN 18196	A [SU, SE, ST, SW] A [untergeordnet TL, SU*]
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94	F 3 [SU*, TL], F2 [SU, ST], F 1 [SE, SW]
Hydrologischer Fall nach Ril 836.4101A05	1
Berechnungsmodul E_H [MN/m²] nach Ril 836.4101A05, Bild A 5.1	40 MN/m²

Bewertung der OK Tragschicht nach Ril 836.4101A01

Anforderung an die Verdichtung: Mindestens steif (mit $I_c \geq 0,75$) bzw. mitteldicht ($D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$)	eingehalten
Anforderung an das Verformungsmodul: $E_{v2}=100$ MN/m ² ; $E_{vd}=45$ MN/m ²	nicht eingehalten

Bewertung vorhandenes OK Planum nach Ril 836.4101A01

Anforderung an die Verdichtung: Mindestens weich (mit $I_c \geq 0,75$) bzw. mitteldicht ($D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$)	eingehalten, nach Nachverdichtung
Anforderung an das Verformungsmodul: $E_{v2}=45 \text{ MN/m}^2$; $E_{vd}=30 \text{ MN/m}^2$	eingehalten, nach Nachverdichtung

Bemessung hinsichtlich Tragfähigkeit nach Ril 836.4101A05, Bild A5.2

Mindestdicke Schutzschicht	0,30 m
----------------------------	--------

Einschätzung:

Die maßgebenden Bodenarten sind die schwach schluffigen, schwach tonigen Sande sowie eng- bis weitgestuften Sande. Die schwach schluffigen, schwach tonigen Sande sind frostsicher und erfüllen aber nicht die geforderten Tragwerte an die Oberkante Tragschicht (OKTS). Es ist eine **Schutzschicht erforderlich**. Punktuell wurden im Untersuchungsgebiet frostsichere bzw. ausreichend tragfähige weitgestufte Sande erkundet. Hier wird jedoch zur Vereinheitlichung des Untergrunds eine Schutzschicht über die gesamte Länge des Untersuchungsgebietes empfohlen.

Folgerung

Aus geotechnischer Sicht sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- Vollständiger Ausbau des Schotters und des Bodens bis 1,10 m unter SO
- Einbau einer **0,40 m dicken Schutzschicht aus KG 2**, zweilagiger Einbau
- Prüfung der Tragfähigkeit und Dichte auf der OKTS gemäß Tabelle 4b
- Einbau des neuen Schotteroberbaues

3.3.2.3 Teilabschnitt 3, Strecke 3624 km 6,1 – km 7,15 (Gl-647/627)

~~Der Teilabschnitt der Strecke 3624, wird gemäß Vorplanung ab km 6,1 aus seiner ursprünglichen Lage nach bahnlinks verschwenkt und schließt ca. bei km 6,36 an das Kreuzungsbauwerk „Gleisdreieck“ an. Im weiteren Verlauf soll das Gleis 647/627 gemäß /U 19/ zwischen km 6,45 – km 6,95 auf einem „Tausendfüßler“ verlaufen. Laut /U 19/ handelt es sich hierbei um einen auf Pfählen aufgeständerten Stahlbetonunterbau. Somit entfällt für den Bereich von km 6,36 – km 6,95 die Bemessung einer Tragschicht. Für den Bereich zwischen km 6,1 bis km 6,36 verläuft gemäß Abschnitt 3.1 der Gleisabschnitt auf einer neu zu errichtenden Dammschüttung. Ab km 6,95 bis km 7,15 soll gemäß Vorplanung /U 16/ das neue Gleis der bestehenden Trasse wieder zugeführt werden.~~

Der Teilabschnitt der Strecke 3624, wird gemäß /U 2/ und /U 14/ ab km 6,1 aus seiner ursprünglichen Lage nach bahnlinks verschwenkt und schließt ca. bei km 6,36 an das Kreuzungsbauwerk „Gleisdreieck“ an. Im weiteren Verlauf soll die Strecke gemäß /U 14/

zwischen km 6,42 - ca. km 6,98 auf einem WIB - Überbau bzw. Trog verlaufen. Laut /U 14/ handelt es sich hierbei um einen auf Pfählen aufgeständerten WIB - Unterbau sowie ein Stahlbetontrog. Somit entfällt für den Bereich von km 6,36 - km 6,98 die Bemessung einer Tragschicht. Für den Bereich zwischen km 6,1 bis km 6,38 verläuft gemäß Abschnitt 3.1 der Gleisabschnitt auf einer neu zu errichtenden Dammschüttung. Ab km 6,95 bis km 7,15 soll gemäß Genehmigungsplanung /U 16/ das neue Gleis der bestehenden Trasse wieder zugeführt werden.

Homogenbereich I

Der Homogenbereich I umfasst den Gleisneubau zwischen km 6,1 - km 6,36. Das neue Gleis der Strecke 3624 liegt hier auf der neuen Dammschüttung. Die Regelanforderungen an das Planum werden durch die im Abschnitt 3.1 beschriebene Dammschüttung sichergestellt.

Ausgangssituation:

maßgebende Bodenart	Kies, Sand
Bodengruppe nach DIN 18196	GW, GI, GE, SE, SW, SI
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94	F 1
Hydrologischer Fall nach Ril.836.0503	1
Streckenategorie	M160
Berechnungsmodul E_H [MN/m ²] nach Ril 836.0503, Bild A1.1	60 MN/m ²

Bemessung:

angesetzter Berechnungsmodul E_H	60 MN/m ²
Schutzschicht auf Frostsicherheit nach Ril 836.0501, Bild 2	0,40 m
Schutzschicht auf Tragfähigkeit in Anlehnung an Ril 836.0503; Bild A 1.2 und Erfahrungen	0,40 m

Folgerung:

~~Da in Höhe Planum frostsicherer Boden ansteht ist aus geotechnischer Sicht die Dimensionierung der Schutzschicht auf Frostsicherheit nicht maßgebend. Die Schutzschicht wird nur bezogen auf die Tragfähigkeit bemessen und mit 40 cm ausreichend angesehen, was unsere Erfahrungen bestätigen. Aus geotechnischer Sicht sind folgende weitere Maßnahmen erforderlich:~~

- ~~— Prüfung der Tragfähigkeit und Verdichtung des Planums nach Tabelle 4b~~
- ~~— Einbau einer 0,40 m dicken Schutzschicht aus KG 2, zweilagiger Einbau~~
- ~~— Prüfung der Tragfähigkeit und Dichte auf der OKTS gemäß Tabelle 4b~~
- ~~— Einbau des neuen Schotteroberbaues~~

Bewertung der OK Tragschicht nach Ril 836.4101A02

Anforderung an die Verdichtung: Mindestens steif (mit $I_c \geq 0,75$) bzw. mitteldicht ($D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$)	eingehalten*
Anforderung an das Verformungsmodul: $E_{v2}=100 \text{ MN/m}^2$; $E_{vd}=45 \text{ MN/m}^2$	eingehalten*

* Bei Neubau der Dammschüttung, siehe unter Punkt 3.1.3.

Bewertung vorhandenes OK Planum nach Ril 836.4101A02

Anforderung an die Verdichtung: Mindestens weich (mit $I_c \geq 0,75$) bzw. mitteldicht ($D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$)	eingehalten, nach Nachverdichtung
Anforderung an das Verformungsmodul: $E_{v2}=45 \text{ MN/m}^2$; $E_{vd}=30 \text{ MN/m}^2$	eingehalten, nach Nachverdichtung

Bemessung hinsichtlich Tragfähigkeit nach Ril 836.4101A05, Bild A5.2

Mindestdicke Schutzschicht	0,30 m
----------------------------	--------

Bewertung hinsichtlich Filterstabilität nach Ril 836.4101A06

Bei Verwendung von KG 1 Material oder KG 2 kann dieser Nachweis entfallen, gemäß Ril 836.4101A6, Seite 1, Abschnitt 2.

Folgerung

Da in Höhe Planum frostsicherer Boden ansteht ist aus geotechnischer Sicht die Dimensionierung der Schutzschicht auf Frostsicherheit nicht maßgebend. Die Schichtschicht wird nur bezogen auf die Tragschicht bemessen und mit 30 cm ausreichend angesehen, was unsere Erfahrungen bestätigen. Aus geotechnischer Sicht sind folgende weitere Maßnahmen erforderlich:

- Prüfung der Tragfähigkeit und Verdichtung des Planums nach Tabelle 4a
- Einbau einer **0,30 m dicken Schutzschicht aus KG 2**, einlagiger Einbau
- Prüfung der Tragfähigkeit und Dichte auf der OKTS gemäß Tabelle 4a
- Einbau des neuen Schotteroberbaues

Homogenbereich II

Der Homogenbereich II umfasst der Gleisbereich zwischen ~~km 6,95 bis km 7,15~~. In diesem Bereich wird das neue Gleis der Strecke 3624 der bestehenden Gleistrasse zugeführt. Trogbauwerk und Ende Ausbau der Strecke 3624 inklusive der Weichen W 608, W 609 und W 992 (gemäß Planunterlage Umtrassierung /U 13/). In diesem Bereich wird das neue Gleis der Strecke 3624 der bestehenden Gleistrasse zugeführt und verläuft hier auf dem Bestandsdamm. Deshalb wird die Bemessung gemäß Kriterium „Verbesserung / Erneuerung gemäß Ril 836.4101A02 Tabelle 3 (mit erhöhten Radsatzlasten ≤ 25 Lt/d durchgeführt.

Ausgangssituation:

Maßgebende Bodenart	Auffüllung, Sand, tonig
Bodengruppen nach DIN 18196	A [ST*]
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94	F 3
Frosteinwirkungsgebiet nach Ril 836.0501	I
Hydrologischer Fall nach Ril.836.0503	1/2
Berechnungsmodul E_H [MN/m²] nach Ril 836.0503, Bild A1.1	30 MN/m²

Bewertung der OK Tragschicht nach Ril 836.4101A01

Anforderung an die Verdichtung: Mindestens steif (mit $I_c \geq 0,75$) bzw. mitteldicht ($D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$)	nicht eingehalten
Anforderung an das Verformungsmodul: $E_{v2}=100$ MN/m ² ; $E_{vd}=45$ MN/m ²	nicht eingehalten

Bewertung vorhandenes OK Planum nach Ril 836.4101A01

Anforderung an die Verdichtung: Mindestens weich (mit $I_c \geq 0,75$) bzw. mitteldicht ($D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$)	eingehalten, nach Nachverdichtung
Anforderung an das Verformungsmodul: $E_{v2}=45$ MN/m ² ; $E_{vd}=30$ MN/m ²	eingehalten, nach Nachverdichtung

Bemessung hinsichtlich Tragfähigkeit nach Ril 836.4101A05, Bild A5.2

Mindestdicke Schutzschicht	0,40 m
----------------------------	--------

Einschätzung:

Die maßgebende Bodenart sind die locker gelagerten tonigen Sande. Die tonigen Sande sind nicht frostsicher und erfüllen nicht die geforderten Tragwerte an die Oberkante Tragschicht (OKTS). Es ist eine **Schutzschicht erforderlich**. Punktuell wurden im Untersuchungsgebiet frostsichere bzw. ausreichend tragfähige weitgestufte Sande erkundet. Hier wird jedoch zur Vereinheitlichung des Untergrunds eine Schutzschicht über die gesamte Länge des Untersuchungsgebietes empfohlen.

Bemessung:

angesetzter Berechnungsmodul E_v	30 MN/m ²
Schutzschicht auf Frostsicherheit nach Ril 836.0501, Bild 2	0,40 m
Schutzschicht auf Tragfähigkeit in Anlehnung an Ril 836.0503; Bild A 1.2 und Erfahrungen	0,40 m (PSS) 0,20 m (Übergangsschicht)

Folgerung

Aus geotechnischer Sicht sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- ~~— Vollständiger Ausbau des Schotters und des Bodens bis 1,30 m unter SO~~
- ~~— Einbau einer 0,20 m dicken Übergangsschicht aus KG 1, einlagiger Einbau~~
- Vollständiger Ausbau des Schotters und des Bodens bis 1,10 m unter SO
- Einbau einer 0,40 m dicken Schutzschicht aus KG 1, zweilagiger Einbau
- Prüfung der Tragfähigkeit und Dichte auf der OKTS gemäß Tabelle 4b
- Einbau des neuen Schotteroberbaues

Die maßgebende Bodenart sind die locker gelagerten tonigen Sande. Die tonigen Sande sind nicht frostsicher und erfüllen nicht die geforderten Tragwerte an die Oberkante Tragschicht (OKTS). Es ist eine **Schutzschicht erforderlich**.

3.3.2.4 Teilbereich 4, Str. 4010 neu, Gleis – und Weichen km ~~76,65~~ 1,93 – km ~~77,5~~ 1,009

Der Teilabschnitt 4 zwischen km ~~76,65~~ 1,93 bis km ~~77,5~~ 1,009 beginnt am nördlichen Widerlager der neuen EÜ Adolf - Miersch - Str. und endet am südlichen Widerlager der EÜ Mainbrücke bei km ~~77,5~~ 1,009. Das ~~bahnrechte~~ ~~bahnlinke~~ Gleis der Strecke ~~4010~~ 3657 liegt zwischen km ~~76,65~~ und der EÜ Goldsteinstr. bei km ~~77,05~~ sowie zwischen km ~~77,44~~ – km ~~77,5~~ gemäß /U 16/ km 1,930 und km 1,703 gemäß /U 16/ auf der neuen Dammverbreiterung. ~~von km~~ ~~76,65~~ bis km ~~77,05~~ bzw. auf der neu zu bauenden Widerlagerhinterfüllung der EÜ Mainbrücke. Das ~~bahnlinke~~ Gleis sowie die geplanten Weichen verlaufen im Bereich der bestehenden Gleisanlagen. Ausgenommen ist der Bereich zwischen km ~~77,44~~ – km ~~77,5~~ in dem auch das ~~bahnlinke~~ Gleis ebenfalls auf der neu zu bauenden Widerlagerhinterfüllung der EÜ Mainbrücke verläuft; das ~~bahnrechte~~ Gleis dagegen auf dem Bestandsdamm. Von km 1,703 bis km 1,071

befinden sich beide Gleise im Bereich der bestehenden Dammoberfläche bzw. auf der neu zu bauenden Stützwandhinterfüllung km 1,305 bis EÜ Goldsteinstrasse. Ab km 1,071 bis km 1,050 kommen die beiden neuen Gleise auf der neu zu erstellenden Dammschüttung zwischen der EÜ Hahnstrasse und dem südlichen Widerlager der neuen Mainbrücke zu liegen.

Homogenbereich I

Der Homogenbereich I umfasst den Bereich des ~~bahnrechten Gleises der Strecke 4010 zwischen km 76,65 und der EÜ Goldsteinstraße bei km 77,05 sowie den Gleisbereich zwischen km 77,44 – km 77,5 (Widerlagerhinterfüllung, EÜ Mainbrücke):~~ bahnlinken Gleises der Strecke 3657 zwischen km 1,930 und km 1,703 und beide Gleise zwischen km 1,071 und dem südlichen Widerlager der neuen Mainbrücke. ~~Das bahnrechte Gleis der Strecke 4010 liegt~~ Die vorabgenannten Gleise der Strecke 3657 liegen hier auf der neuen Dammverbreiterung, Stützwand- bzw. Widerlagerhinterfüllung der EÜ Mainbrücke. Die Regelanforderungen an das Planum werden durch die im Gutachten „Stützwand / Dammverbreiterung km 76,65 - km 77,05“ sowie durch das Gutachten „EÜ Mainbrücke Abschnitt 3.10 Widerlagerhinterfüllung“ sichergestellt.

Ausgangssituation:

maßgebende Bodenart	Kies, Sand
Bodengruppe nach DIN 18196	GW, GI, GE, SE, SW, SI
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94	F 1
Hydrologischer Fall nach Ril.836.0503	1
Streckenategorie	P160
Berechnungsmodul E_H [MN/m ²] nach Ril 836.0503, Bild A1.1	60 MN/m ²

Bemessung:

angesetzter Berechnungsmodul E_H	60 MN/m ²
Schutzschicht auf Frostsicherheit nach Ril 836.0501, Bild 2	0,40 m
Schutzschicht auf Tragfähigkeit in Anlehnung an Ril 836.0503, Bild A 1.2 und Erfahrungen	0,40 m

Bewertung der OK Tragschicht nach Ril 836.4101A02

Anforderung an die Verdichtung: Mindestens steif (mit $I_c \geq 0,75$) bzw. mitteldicht ($D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$)	eingehalten*
Anforderung an das Verformungsmodul: $E_{v2}=100$ MN/m ² ; $E_{vd}=45$ MN/m ²	eingehalten*

* Bei Neubau der Dammschüttung, siehe unter Punkt 3.1.3.

Bewertung vorhandenes OK Planum nach Ril 836.4101A02

Anforderung an die Verdichtung: Mindestens weich (mit $I_c \geq 0,75$) bzw. mitteldicht ($D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$)	eingehalten, nach Nachverdichtung
Anforderung an das Verformungsmodul: $E_{v2}=45 \text{ MN/m}^2$; $E_{vd}=30 \text{ MN/m}^2$	eingehalten, nach Nachverdichtung

Bemessung hinsichtlich Tragfähigkeit nach Ril 836.4101A05, Bild A5.2

Mindestdicke Schutzschicht	0,30 m
----------------------------	--------

Bewertung hinsichtlich Filterstabilität nach Ril 836.4101A06

Bei Verwendung von KG 1 Material oder KG 2 kann dieser Nachweis entfallen, gemäß Ril 836.4101A6, Seite 1, Abschnitt 2.

Folgerung:

Da in Höhe Planum frostsicherer Boden ansteht ist aus geotechnischer Sicht die Dimensionierung der Schutzschicht auf Frostsicherheit nicht maßgebend. Die Schutzschicht wird nur bezogen auf die Tragfähigkeit bemessen und mit ~~40~~ 30 cm ausreichend angesehen, was unsere Erfahrungen bestätigen. Aus geotechnischer Sicht sind folgende weitere Maßnahmen erforderlich:

- Prüfung der Tragfähigkeit und Verdichtung des Planums nach Tabelle 4b a
- Einbau einer ~~0,40~~ 0,30 m dicken Schutzschicht aus KG 2, zweilagiger Einbau
- Prüfung der Tragfähigkeit und Dichte auf der OKTS gemäß Tabelle 4b a
- Einbau des neuen Schotteroberbaues

Homogenbereich II a

~~Der Homogenbereich II a umfasst den Bereich in dem die Weichen W 608, 609 als auch das bahnlinke Gleis zwischen km 76,65 – km 77,05 zum liegen kommt. Größere Tragfähigkeitsunterschiede zwischen neuen Dammschüttmaterialien (Homogenbereich I) und den sandigen Auffüllungen des Bestandsdammes (Homogenbereich II) in Höhe Planum können durch eine Schutzschicht nicht mehr gleichmäßig ausgeglichen werden. Höchste Priorität muss darauf gerichtet sein, auf dem Planum ein möglichst gleichmäßiges Tragverhalten sicherzustellen.~~

~~Die nachfolgende Bemessung berücksichtigt eine Homogenisierung im Bereich unter dem Planum zwischen Boden des Bestandsdammes und Boden der neuen Dammverbreiterung. Hierbei geht es insbesondere um die Vermeidung eines Planumshorizontes, der zum einen aus hochwertigem neuem Anschüttmaterial besteht und zum anderen aus den derzeit im Bestandsdamm in diesem Horizont befindlichen sandigen Auffüllungen. Die Herstellung einer einheitlichen Planumsschicht mit einer definierten Dicke entspricht im Wesentlichen einer Übergangsschicht im Sinne der Ril 836.0503. Damit wird das Erreichen der Anforderungen an die OK Planum relativ gleichmäßig gewährleistet und ein Regelaufbau für die Schutzschicht für P160 kann vorgenommen werden.~~

Der Homogenbereich II umfasst den Bereich des bahnrechten Gleises der Strecke 3657 zwischen km 1,930 und km 1,435 (EÜ Goldsteinstraße). Das Gleis befindet sich in diesem Bereich auf dem Bestandsdamm. Deshalb wird die Bemessung gemäß Kriterium „Verbesserung / Erneuerung gemäß Ril 836.4101A02 Tabelle 3 (mit erhöhten Radsatzlasten ≤ 25 L/d durchgeführt. In diesem Bereich wurden mit den RKS 99. 101 und 103 im Planumbereich bindige bzw. gemischtkörnige Böden [TL, SU*, ST*_{m,p.}] erkundet. Die RKS 105 mußte vorzeitig im Schotter bei einer Schottermächtigkeit von 1,55 m abgebrochen werden. Diese große Schottermächtigkeit ist ein Hinweis auf einen schlecht tragfähigen Untergrund.

Ausgangssituation:

maßgebende Bodenart	Auffüllung, Ton, toniger Sand
Bodengruppe nach DIN 18196	[ST*, TL]
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94	F 3
Hydrologischer Fall nach Ril.836.0503	1/2
Streckenkatgorie	P160
Berechnungsmodul E_H [MN/m²] nach Ril 836.0503, Bild A1.1 und Erfahrungen	20 MN/m²

Bewertung der OK Tragschicht nach Ril 836.4101A01

Anforderung an die Verdichtung: Mindestens steif (mit $I_c \geq 0,75$) bzw. mitteldicht ($D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$)	nicht eingehalten
Anforderung an das Verformungsmodul: $E_{v2}=100 \text{ MN/m}^2$; $E_{vd}=45 \text{ MN/m}^2$	nicht eingehalten

Bewertung vorhandenes OK Planum nach Ril 836.4101A01

Anforderung an die Verdichtung: Mindestens weich (mit $I_c \geq 0,75$) bzw. mitteldicht ($D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$)	eingehalten, nach Nachverdichtung
Anforderung an das Verformungsmodul: $E_{v2}=45 \text{ MN/m}^2$; $E_{vd}=30 \text{ MN/m}^2$	eingehalten, nach Nachverdichtung

Bemessung hinsichtlich Tragfähigkeit nach Ril 836.4101A05, Bild A5.2

Mindestdicke Schutzschicht	0,60 m
----------------------------	--------

Bewertung hinsichtlich Filterstabilität nach Ril 836.4101A06

Bei Verwendung von KG 1 Material oder KG 2 kann dieser Nachweis entfallen, gemäß Ril 836.4101A6, Seite 1, Abschnitt 2.

Einschätzung:

~~Die erkundeten bindigen Auffüllungen der Bodengruppe [ST*, TL] sind nicht ausreichend frostsicher und erfüllen nicht die Tragfähigkeitsanforderungen an die OK Tragschicht nach Einschätzung gemäß Ril 836.0503, Anhang 1, Bild A1.1 (gefordert für OK TS 100 MN/m², siehe Tabelle 4b). Es ist der Einbau einer **Schutzschicht erforderlich**.~~

Die maßgebenden Bodenarten sind die schluffigen, tonigen Sande sowie weiche leichtplastische Tone. Die schluffigen, tonigen Sande und leichtplastischen Tone sind nicht frostsicher und erfüllen nicht die geforderten Tragwerte an die Oberkante Tragschicht (OKTS). Es ist eine **Schutzschicht erforderlich**. Punktuell wurden im Untersuchungsgebiet frostsichere bzw. ausreichend tragfähige Böden erkundet. Hier wird jedoch zur Vereinheitlichung des Untergrunds eine Schutzschicht über die gesamte Länge des Untersuchungsgebietes empfohlen.

Bemessung:

angesetzter Berechnungsmodul E_H	20 MN/m²
Schutzschicht auf Frostsicherheit nach Ril 836.0501, Bild 2	0,40 m
Schutzschicht auf Tragfähigkeit in Anlehnung an Ril 836.0503, Bild A 1.2 und Erfahrungen	0,40 m (PSS) 0,40 m (Übergangsschicht)

Folgerung:

Aus geotechnischer Sicht sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- ~~— Vollständiger Ausbau des Schotters und des Bodens bis mindestens 1,5 m unter SO~~
- ~~— Einbau einer 0,40 m dicken Übergangsschicht aus KG 1, zweilagiger Einbau~~
- ~~— Einbau einer 0,40 m dicken Schutzschicht aus KG 1, zweilagiger Einbau~~
- Vollständiger Ausbau des Schotters und des Bodens bis 1,30 m unter SO
- Einbau einer **0,30 m dicken Übergangsschicht aus KG 2**, einlagiger Einbau
- Einbau einer **0,30 m dicken Schutzschicht aus KG 1**, einlagiger Einbau
- Prüfung der Tragfähigkeit und Dichte auf der OKTS gemäß Tabelle 4b
- Einbau des neuen Schotteroberbaues

Die maßgebende Bodenart sind die locker gelagerten tonigen Sande. Die tonigen Sande sind nicht frostsicher und erfüllen nicht die geforderten Tragwerte an die Oberkante Tragschicht (OKTS). Es ist eine **Schutzschicht erforderlich**.

Homogenbereich #b III

Der Homogenbereich #b III umfasst den Gleisbereich ~~zwischen km 77,1 – km 77,44~~. In diesem Bereich ~~verlaufen beide Gleise der Strecke 4010 auf den bestehenden Gleisanlagen bzw. bestehenden Dammanschüttungen~~ des bahnlinken Gleises von km 1,703 bis km 1,071 und des bahnrechten Gleises von km 1,435 bis km 1,071. Hier befinden sich beide Gleise im Bereich der bestehenden Dammoberfläche bzw. auf der neu zu bauenden Stützwandhinterfüllung km 1,305 bis EÜ Goldsteinstrasse.

Ausgangssituation:

maßgebende Bodenart	Auffüllung, Sand, Kies
Bodengruppe nach DIN 18196	[SU, GU] [SE, SW, SU]
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94	F 1- F 2
Hydrologischer Fall nach Ril.836.0503	1
Strecken <u>Strecken</u> klasse <u>kat</u>	P160
Berechnungsmodul E_H [MN/m²] nach Ril 836.0503, Bild A1.1 und Erfahrungen	50 MN/m²

Einschätzung:

Die ~~erkundeten sandigen und kiesigen Auffüllungen der Bodengruppe [SU, GU]~~ sind ausreichend frostsicher, erfüllen jedoch nicht die Tragfähigkeitsanforderungen an die OK Tragschicht nach Einschätzung gemäß Ril 836.0503, Anhang 1, Bild A1.1 (gefordert für OK TS 100 MN/m², siehe Tabelle 4b). Es ist der Einbau einer **Schutzschicht erforderlich**:

Bemessung:

angesetzter Berechnungsmodul E_H	50 MN/m ²
Schutzschicht auf Frostsicherheit nach Ril 836.0501, Bild 2	0,40 m
Schutzschicht auf Tragfähigkeit in Anlehnung an Ril 836.0503, Bild A 1.2 und Erfahrungen	0,40 m (PSS) 0,20 m (Übergangsschicht)

Bewertung der OK Tragschicht nach Ril 836.4101A01

Anforderung an die Verdichtung: Mindestens steif (mit $I_c \geq 0,75$) bzw. mitteldicht ($D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$)	eingehalten
Anforderung an das Verformungsmodul: $E_{v2}=100$ MN/m ² ; $E_{vd}=45$ MN/m ²	nicht eingehalten

Bewertung vorhandenes OK Planum nach Ril 836.4101A01

Anforderung an die Verdichtung: Mindestens weich (mit $I_c \geq 0,75$) bzw. mitteldicht ($D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$)	eingehalten, nach Nachverdichtung
Anforderung an das Verformungsmodul: $E_{v2}=45$ MN/m ² ; $E_{vd}=30$ MN/m ²	eingehalten, nach Nachverdichtung

Bemessung hinsichtlich Tragfähigkeit nach Ril 836.4101A05, Bild A5.2

Mindestdicke Schutzschicht	0,30 m
----------------------------	--------

Bewertung hinsichtlich Filterstabilität nach Ril 836.4101A06

Bei Verwendung von KG 1 Material oder KG 2 kann dieser Nachweis entfallen, gemäß Ril 836.4101A6, Seite 1, Abschnitt 2.

Folgerung:

Aus geotechnischer Sicht sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- ~~— Vollständiger Ausbau des Schotters und des Bodens bis mindestens 1,3 m unter SO~~
- ~~— Einbau einer 0,20 m dicken Übergangsschicht aus KG 2, zweilagiger Einbau.~~
- ~~— Einbau einer 0,40 m dicken Schutzschicht aus KG 2, zweilagiger Einbau.~~
- ~~— Prüfung der Tragfähigkeit und Dichte auf der OKTS gemäß Tabelle 4b~~
- Vollständiger Ausbau des Schotters und des Bodens bis mindestens 1,0 m unter SO
- Einbau einer 0,30 m dicken Schutzschicht aus KG 2, einlagiger Einbau
- Prüfung der Tragfähigkeit und Dichte auf der OKTS gemäß Tabelle 4a
- Einbau des neuen Schotteroberbaues

Zusammenstellung der Ergebnisse – Übersicht Tragschichteinbau

Tabelle 6: Übersicht zum empfohlenen Tragschichteinbau

Teilbereich	km von bis	Schutzschicht- dicke KG1/KG 2	Übergangs- schicht	Bemerkung
Teilbereich 1	5,100-4,500			auf Tragfähigkeit
Homogenbereich I	5,050-4,600	0,40 0,30 m KG		auf Tragfähigkeit
Homogenbereich II	5,100-5,050; 4,600-4,500	0,40 0,30 m KG 2	0,20 m KG 2	auf Tragfähigkeit
Teilbereich 2	32,45-33,10	0,30 0,40 m KG 1		auf Tragfähigkeit
Teilbereich 3	6,100-7,150			
Homogenbereich I	6,100-6,360	0,40 0,30 m KG 2		auf Tragfähigkeit
Homogenbereich II	6,950-7,150	0,40 m KG 1	0,20 m KG 1	auf Tragfähigkeit
Teilbereich 4	76,65-77,50			
Homogenbereich I	76,65-77,05	0,40 m KG 2		auf Tragfähigkeit
	77,44-77,50	0,40 m KG 2		auf Tragfähigkeit
Homogenbereich IIa	76,65-77,05	0,40 m KG 1	0,40 m KG 1	auf Tragfähigkeit
Homogenbereich IIb	77,10-77,44	0,40 m KG 2	0,20 m KG 2	auf Tragfähigkeit
Teilbereich 4	1,930-1,009			
Homogenbereich I	1,930-1,703	0,30 m KG 2		auf Tragfähigkeit
	1,071-1,009	0,30 m KG 2		auf Tragfähigkeit
Homogenbereich II	1,930-1,435	0,30 m KG1	0,30 m KG 2	auf Tragfähigkeit
Homogenbereich III	1,703-1,071	0,30 m KG 2		auf Tragfähigkeit, bahnlinkes Gleis
	1,435-1,071	0,30 m KG 2		auf Tragfähigkeit, bahnrechtes Gleis

3.3.3 Materialanforderungen an die Tragschicht

Die erforderlichen Materialeigenschaften der Tragschicht (Schutzschicht) hängen im Wesentlichen davon ab, ob der Untergrund versickerungsfähig ist oder als Wasserstauer wirkt. Bindige Böden führen zur Stauwasserbildung, weichen vielfach bei Wasserzutritt auf und verändern damit ihre Tragfähigkeitseigenschaften. In diesem Fall sollte anfallendes Oberflächenwasser bereits oberhalb der Tragschicht abgeleitet und eine gering durchlässige Schutzschicht (KG 1) eingebaut werden. Bei Verwendung der o. g. Dammschüttstoffe für die Dammverbreiterungen und Hinterfüllungen ist von einer guten Durchlässigkeit auszugehen. Der Einbau eines Korngemisches KG 2 als Schutzschicht wird empfohlen. Das Korngemische KG 1 und KG 2 müssen die Güteanforderungen der DBS 918 062 /U 23/ erfüllen.

3.3.4 Abnahmekriterien

Die für die Bauausführung erforderlichen Abnahmekriterien an die Oberkante Tragschicht und das Planum ~~im Homogenbereich I der Teilbereiche 1, 3 und 4~~ ergeben sich aus den Regelanforderungen der Ril 836.0501, Bild A1.9 (Abschnitt 3.3.1).

Aufgrund der ~~im Homogenbereich II der Teilbereiche 1, 3, und 4 sowie im Teilbereich 2~~ vorgeschlagenen Bemessung der Schutzschicht (mit Übergangsschicht), erfolgt die Prüfung des Planums nach Tabelle 4a bzw. 4b.

3.4 Entwässerung und Versickerungsfähigkeit

Entwässerungsanlagen sind nach Ril 836 dort vorzusehen, wo das Grund- oder Schichtwasser höher als bis 1,5 m unter SO ansteigen kann. Grund- und Schichtwasser ist mit den durchgeführten Erkundungen im Bereich der Weichen und Streckenabschnitte nicht angetroffen worden.

Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138 sind Böden versickerungsfähig, deren k_f -Werte im Bereich von 10^{-3} bis 10^{-6} m/s liegen. Die Mächtigkeit des Sickerraumes (Gesteinskörper, der zum Betrachtungszeitpunkt kein Grundwasser enthält), bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand sollte grundsätzlich mindestens 1 m betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten. Weiterhin von Bedeutung ist, dass sich im hydraulischen Einflussbereich keine Verunreinigungen (Altlasten) befinden.

Die Versickerungsfähigkeit der erkundeten Bodenschichten ist in Abhängigkeit der aus Kornverteilungskurven ermittelten k_f -Werte (siehe Tabelle 3) und unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors von 0,2 nach Tabelle 3 wie folgt einzuschätzen:

Tabelle 7: Versickerungsfähigkeit der Böden nach DWA-A 138

Boden	Bodengruppe	k_f -Werte [m/s]	$k_{f,korr}$ -Werte [m/s]	Versickerungsfähigkeit
Auffüllung, (Sand), rollig, gemischtkörnig	[SE, SW, SU, ST, SU*, ST*]	$1,8 \cdot 10^{-4}$ [ST]	$3,6 \cdot 10^{-5}$ [ST]	versickerungsfähig bis nicht versickerungsfähig
		$3,9 \cdot 10^{-7}$ [ST*]	$7,8 \cdot 10^{-8}$ [ST*]	
Auffüllung, Kies, rollig, gemischtkörnig	[GU, GI, GT, GT*]	$4,9 \cdot 10^{-4}$ [GU]	$9,8 \cdot 10^{-5}$ [GU]	versickerungsfähig
		$7,9 \cdot 10^{-5}$ [GU]	$1,5 \cdot 10^{-5}$ [GU]	
Auffüllung, Ton	[TL, ST*]	$10^{-7} \dots 10^{-9}$	$10^{-7} \dots 10^{-9}$	nicht versickerungsfähig
Sand, rollig, gemischtkörnig	SE, SU, SU*	$10^{-3} \dots 10^{-5}$ (SE, SU)	$10^{-3} \dots 10^{-5}$ (SE, SU)	versickerungsfähig
		$10^{-5} \dots 10^{-7}$ (SU*)	$10^{-5} \dots 10^{-7}$ (SU*)	versickerungsfähig bis nicht versickerungsfähig

Die erkundeten Auffüllungen sind versickerungsfähig bis nicht versickerungsfähig. Die schluffigen bis tonigen Sande und Kiese sowie leichtplastischen Tone [SU*, ST*, GT*, TL] sind als nicht versickerungsfähig einzustufen. Auf diesen Schichten kann es zu Schicht- bzw. Stauwasserbildung kommen, was zu Tragfähigkeitsminderungen führen kann. Die erkundeten aufgefüllten, rolligen Sande und Kiese [SE, SW, SU, ST, GU, GI, GT] sind versickerungsfähig.

Die Versickerungsfähigkeit im Teilbereich 2 und im Teilbereich 3 Homogenbereich II ist als überwiegend schlecht einzuschätzen. Aufgrund der erkundeten gering durchlässigen Böden empfehlen wir aus geotechnischer Sicht den Einbau eines Korngemisches KG 1 und den Neubau einer Entwässerungsanlage (z. B. Tiefenentwässerung mit Anschluss an ein ggf. vorhandenes System).

3.5 Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen

Die im Zuge der Baumaßnahme auszuhebenden Erdmassen sind für eine Wiederverwendung (z. B. Herstellung Hinterfüllung) nicht geeignet. Sie können aber in Bereichen ohne besondere Anforderungen an Durchlässigkeit, Verdichtungsgrad, Frostempfindlichkeit usw. als Auffüllmaterial eingesetzt werden.

Bei den aus den Gleis- und Weichenbereichen entnommenen Schotter- und Bodenproben ist mit einem erhöhten Verschmutzungsgrad zu rechnen.

~~Gemäß /U 22/ ist für alle Ausbaustoffe (Erdaushub, Schotter usw.) im Rahmen jeder Infrastrukturmaßnahme ein Bodenverwertungs- und Entsorgungskonzept (BoVEK) zu erstellen.~~

Wird beim Aushub von Boden organoleptisch auffälliges Bodenmaterial (z. B. in der Auffüllung) angetroffen, ist dieses zu separieren und auf einem Haufwerk getrennt zwischen zu lagern. Die Haufwerke sind mit Folien wirksam gegen eindringendes Niederschlagswasser abzudecken. Auffälliges Haufwerk ist repräsentativ zu beproben und gemäß Parameterliste der LAGA Boden im Feststoff/Eluat (Deklarationsanalyse) zu untersuchen. ~~Es ist für alle Ausbaustoffe (Erdaushub, Schotter usw.) im Rahmen jeder Infrastrukturmaßnahme ein Bodenverwertungs- und Entsorgungskonzept (BoVEK) zu erstellen.~~

3.6 Geotechnische Hinweise zur Bauausführung

- Der überwiegende Teil der Erkundungen musste infolge eines zu hohen Eindringwiderstandes vorzeitig abgebrochen werden. Vermutlich befinden sich Steine o.ä. in der Auffüllung. Bei der Ausschreibung und Planung der Baumaßnahme sind diese Hindernisse zu berücksichtigen.
- Das Befahren von Planien sollte bis auf ein Minimum beschränkt werden.
- Es ist darauf zu achten, dass bei Herstellung von Quer-/Längsgefällen auf den jeweiligen Planums-Ebenen diese bis an die Entwässerungsanlagen (oder auch Böschungsschulter) heran hergestellt werden, um ein ungehindertes Abfließen von Oberflächenwasser zu ermöglichen.
- Die Herstellung möglicher Entwässerungsanlagen sollte nach Möglichkeit vor der eigentlichen Umbaumaßnahme erfolgen.
- Die Bemessung des Tragschichtsystems wurde anhand der vorliegenden Aufschlüsse festgelegt. Im Zuge der Gleisumbauarbeiten sollten die Verhältnisse vor Ort nach Freilegen des Planums mit den Baugrunderkundungen verglichen werden. Bei abweichenden Verhältnissen, ist der Baugrundgutachter heranzuziehen.
- Die Eignung der als Schutzschicht vorgesehenen Materialien ist im Vorfeld der Baumaßnahme nachzuweisen (Ungleichförmigkeit, Filterstabilität, Frostsicherheit, Wasserdurchlässigkeit u. ä. /U 23/).
- Für alle Erdarbeiten sind die Qualitätsanforderungen an Tragfähigkeit und Verdichtung nachzuweisen. Die Verdichtungsarbeiten sind so auszuführen, dass im Hinblick auf ein gleichmäßiges Tragverhalten eine möglichst hohe Homogenität erzielt wird.
- Aushubmaterialien (Boden, Schotter, Bausubstanz) sind getrennt zu lagern.

Eine geotechnische Fremdüberwachung durch ein sachkundiges Ingenieurbüro wird empfohlen. Die DB ~~International-Baugrund~~ Engineering & Consulting Geotechnik, Umwelt & Geodäsie ist gerne bereit, beim weiteren Vorgehen beratend zur Seite zu stehen und fachliche Entscheidungshilfe zu leisten.

4 Zusammenfassung / Schlussbemerkungen

Im vorliegenden geotechnischen Bericht sind die Baugrundverhältnisse und deren Bewertung für die Bereiche:

- Gleisumbau km 5,1 - km 4,5 (Strecke 3683, ~~Gl. 597neu und Gl. 586neu~~)
- Gleisumbau km 32,45 - km 33,1 (Strecke 3520, Gleis 644/624 und Gleis 643/623)
- Gleisumbau km 6,1 - km 7,15 (Strecke 3624)
- ~~Gleis- und Weichenumbau km 76,65 - km 77,5 (Strecke 4010 neu)~~
~~Strecke 4010 neu, 76,65 - km 77,5 (EÜ Adolf-Miersch-Str. - EÜ Mainbrücke)~~
- Gleis- und Weichenumbau km 1,93 - km 1,05 (Strecke 3657 neu)
Strecke 3657 neu, 1,93 - km 1,05 (EÜ Adolf-Miersch-Str. - EÜ Mainbrücke)
Weichenneubau, W 608, W 609, W, 654, W 655, W 656

im Rahmen des Projektes Ausbau des Knotens Frankfurt(M)-Sportfeld, 2. Ausbaustufe dargestellt. Die Untersuchungen beziehen sich auf die Ermittlung der Eigenschaften der überwiegend aufgefüllten Böden zur Beurteilung des Baugrundes hinsichtlich der Tragfähigkeit des Planums für Gleisanlagen und die Bemessung eines notwendigen Tragschichtsystems. Des Weiteren wurden abfallanalytische Untersuchungen des Bodens vorgenommen, deren Auswertung in einem separaten Bericht erfolgt.

Der Baugrund besteht im Dammbereich aus dem Gleisschotter und den darunter folgenden rolligen Auffüllungen in Form von Sanden und Kiesen mit unterschiedlich hohem Feinkornanteil. Die Lagerungsdichte der Auffüllungen variiert zwischen locker und sehr dicht. Untergeordnet wurden weiche bis steife leichtplastische Tone und tonige Sande mit Plastizität erkundet.

Grund- und Schichtenwasser wurde mit den ausgeführten Kleinbohrungen nicht angetroffen.

Das Untersuchungsgebiet wird in diesem geotechnischen Bericht aufgrund der Lage der planerischen Anforderungen in Teilbereiche und Homogenbereiche unterteilt.

Ausgehend von den Erkundungsergebnissen und den getroffenen Annahmen ist für den Teilbereich 1, 3 und 4 jeweils für den Homogenbereich I der Einbau einer ~~40~~ 30 cm dicken Schutzschicht aus KG 2 Material auf dem neuen Dammschüttmaterial bzw. der Widerlagerhinterfüllung vorzunehmen.

Für den Teilbereich ~~1, 3 und 4~~ 2 sind die Homogenbereiche II aufgrund der hohen Anforderungen für den Neubau von Gleisen mit einer 40 cm dicken Schutzschicht ~~zzgl. 20 cm~~ ~~40 cm~~ dicken Übergangsschicht aus KG 1 bzw. KG 2 Material zu versehen. Im Teilbereich 4, Homogenbereich II ist aufgrund der schlechten Untergrundbedingungen eine 30 cm dicke Schutzschicht aus KG 1 Material vorgesehen zzgl. einer 30 cm dicken Übergangsschicht aus KG 2 Material.

Das Schutzschichtmaterial ist lagenweise einzubauen und zu verdichten.

Die punktförmig durchgeführten Bodenuntersuchungen geben einen guten Überblick über die vorhandenen Untergrundverhältnisse, sie schließen jedoch Abweichungen in Teilbereichen nicht aus. Wir empfehlen uns einzuschalten, wenn sich Abweichungen von den Untersuchungsergebnissen ergeben bzw. planungstechnische Änderungen durchgeführt werden, die Einfluss auf das Tragschichtsystem der Gleis- und Weichenabschnitte haben können.

Unsere beauftragten Leistungen für diese Teilobjekte sind hiermit abgeschlossen.

aufgestellt durch:

Dipl.-Geol. Ch. Josenhans