



Nur zur Information

Anlage 17.10a
(geändert)

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
DOS Reg.-Nr. 005061 GM

Geotechnischer Bericht

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

Teilobjekt: Bf. Frankfurt (Main) Stadion
Gleis - und Weichenumbau der Strecken 3683, 3520, ~~4010~~ 3657, 3650
Bauwerksnummer 1.2

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: ~~PF-30368-01~~ BG 00217 P

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Ch. Josenhans

~~Dieser geotechnische Bericht umfasst 28 Seiten und 5 Anlagen und darf auszugsweise nicht veröffentlicht werden.~~
Dieser geotechnische Bericht umfasst 28 Seiten und 6 Anlagen und darf auszugsweise nicht veröffentlicht werden.

Frankfurt, ~~15.02.2011~~

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	9
2.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse	9
2.2 Geologische Situation	9
2.3 Baugrundverhältnisse - Schichtenaufbau und Kennwerte	10
2.4 Hydrologische Verhältnisse	14
3 Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen	15
3.1 Tragschichtsystem	15
3.1.1 Anforderungen an das Tragschichtsystem	15
3.1.2 Bemessung des Tragschichtsystem	16
3.1.3 Materialanforderungen an die Tragschicht	22
3.1.4 Abnahmekriterien	22
3.2 Entwässerung und Versickerungsfähigkeit	23
3.3 Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen	24
3.4 Geotechnische Hinweise zur Bauausführung	25
4 Zusammenfassung / Schlussbemerkungen	26



Anlagenverzeichnis

Anlage 17.10.1	Abkürzungsverzeichnis	1 Blatt
Anlage 17.10.2	Lage- und Aufschlusspläne	2 Blatt
Anlage 17.10.3	Bohr-/Sondierprofile	2 Blatt
Anlage 17.10.4	Bodenmechanische Laborergebnisse	
Anlage 17.10.4.1	Körnungslinien	16 Blatt
Anlage 17.10.5	Fotodokumentation	8 Blatt
Anlage 17.10.6	Ergänzende Stellungnahmen	13 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:

- ~~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.~~
- ~~Vorplanung Lagepläne LP21A, 22A, 23A, 04A und 05A, von DB ProjektBau GmbH, Stand: Juli 2004 / Okt. 2009 / Aug. 2010.~~
- ~~Streckenbegang der DB International GmbH, Baugrund, 06. 08.10.2010.~~
- ~~Email von Herrn Kauck, DB ProjektBau GmbH, Frankfurt, bzgl. Gleislagefehler, Geschwindigkeit und Instandhaltungsaufwand vom 13.01.2011.~~
- ~~Ergebnisse der Aufschlussarbeiten der Fa. Umweltgeotechnik GmbH, Okt. 2010 bis Jan. 2011.~~
- ~~Laborergebnisse der DB International GmbH, Baugrund, Dez. 2010 bis Jan. 2011.~~
- ~~Ril 836 Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten, Fassung vom 20.12.1999a, 1. Aktualisierung, Fassung vom 01.10.2008.~~
- ~~DBS 918 062 Technische Lieferbedingungen Korngemische für Trag- und Schutzschichten zur Herstellung von Eisenbahnfahrwegen, Juli 2007.~~
- ~~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.~~
- ~~Arbeitsblatt DWA A 138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, 04/2005.~~
- ~~Geologische Karte von Hessen, Blatt 5917 Kelsterbach, 3. neu bearbeitete Auflage, Maßstab 1:25.000, Herausgeber: Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden 1980.~~



- /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-0101-VA-LP-01-0 von DB ProjektBau GmbH, Stand: März. 2012.
- /U 3/ Geotechnischer Bericht; Ausbau des Knotens Frankfurt(M)-Sportfeld, 2. Ausbaustufe. Anlage 17.10., Teilobjekt Bf. Frankfurt Stadion, DB International GmbH; Frankfurt; Baugrund; 15.02.2011.
- /U 4/ Streckenbegang der DB International GmbH, Baugrund, 06.-08.10.2010
- /U 5/ Email von Herrn Büchse, DB Projektbau GmbH , Frankfurt, bzgl. Radsatzlasten im Untersuchungsgebiet Knoten Frankfurt vom 19.3.2014.
- /U 6/ Email von Herrn Kauck, DB ProjektBau GmbH, Frankfurt, bzgl. Gleislagefehler, Geschwindigkeit und Instandhaltungsaufwand vom 13.01.2011.
- /U 7/ Ergebnisse der Aufschlussarbeiten der Fa. Umweltgeotechnik GmbH, Okt. 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/ BoVEK Feinkonzept, Umbau Knoten Frankfurt (Main) – Sportfeld, Standort 4164 Frankfurt Louisa, erstellt durch FRI-M-S, April 2014.

1.2 Vorgang / Aufgabenstellung

Im Rahmen des 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 Bf. Frankfurt (M) Stadion erforderlich. Folgende Teilobjekte wurden gemäß Auftrag untersucht, in diesem Gutachten zusammengefasst und geotechnisch bewertet:

1. Weichen der Strecken 3683, 3520, ~~4010~~ 3650 und 3657 sowie die Gleisabschnitte der Strecke ~~4010 neu, Lückenschluss W 569 - km 75,200~~ 3657
2. Gleisabschnitte der Strecke 3520
 - a. Strecke 3520, von DKW 596 neu - km 32,180
 - b. Strecke 3520, von DKW 595 neu - km 32,180

Die DB Engineering & Consulting GmbH, Baugrund wurde auf der Grundlage der Bestellung /U 1/ mit der ~~Erkundung und geotechnischen Bewertung des Baugrundes sowie der Bemessung des Tragschichtsystems nach Ril 836~~ für die ~~Umbauarbeiten der 25 Weichen und 2 Gleisabschnitte, einschließlich der baugrundtechnischen Empfehlungen~~ beauftragt. Überarbeitung des Geotechnischen Berichts /U 3/, der geotechnischen Bewertung des Baugrundes sowie der Bemessung des Tragschichtsystems nach aktueller Ril 836 /U 9/ für die Umbauarbeiten der 12 Weichen und 2 Gleisabschnitte, einschließlich der baugrundtechnischen Empfehlungen beauftragt. Ergänzende Erkundungen wurden für die o.g. Weichen und Streckenabschnitte nicht durchgeführt.

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.~~

Die abfalltechnische Beurteilung erfolgte in einem separaten Bericht. Die Ergebnisse der abfalltechnischen Beurteilung wurden für die Erstellung des BoVEK - Feinkonzeptes /U 13/ verwendet.

1.3 Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen

Die Baugrunderkundungsarbeiten wurden in Verantwortlichkeit der Fa. Umweltgeotechnik GmbH, vom 08.11. bis 25.11.2011 ausgeführt. Unter Berücksichtigung der geplanten Trassenführung wurden sowohl in Gleisachse der bestehenden Gleisanlagen als auch außerhalb der bestehenden Trasse Handschürfe bis 1,20 unter SO (S) und Kleinrammbohrungen (RKS; $\varnothing = 60$ mm) bis 3,00 m unter SO ausgeführt. Der überwiegende Teil der Kleinrammbohrungen musste aufgrund zu hoher Eindringwiderstände vorzeitig abgebrochen werden, siehe Tabelle 1.

~~Des Weiteren liegt uns keine Planunterlage zum Abschnitt 2.2.3, Gleis von km 5,7 – km 5,4, der Strecke 3683 vor. Die durchgeführten Erkundungen können aber zur geotechnischen Beurteilung des o.g. Gleises auf Bedarf herangezogen werden.~~

Die Aufschlüsse stellen sich im Einzelnen wie folgt dar:

Tabelle 1: Lage der Aufschlusspunkte

Bauwerk Nr. [neu]	Kilometer	Aufschluss	Lage	Ansatzhöhe [m NHN]	Endtiefe [m NHN]	Aufschlusstiefe [m]
1.2	31,184 ^{*1)}	S+RKS 1	in GA	108,75	107,15*	1,6
	31,280 ^{*1)}	S+RKS 3	6,0 m r.d.GA	108,41	105,41	3,0
	31,348 ^{*1)}	S 4	6,0 m r.d.GA	108,33	107,13	1,2
	31,385 ^{*1)}	S+RKS 6	6,0 m r.d.GA	108,28	105,28	3,0
	3,710 ^{*2)}	S 7	in GA	108,70	107,50	1,2
	31,422 ^{*1)}	S 8	in GA	108,69	107,49	1,2
	31,466 ^{*1)}	S+RKS 10	in GA	108,69	107,09*	1,6
	31,510 ^{*1)}	S+RKS 13	in GA	108,65	106,65*	2,0
	31,545 ^{*1)}	S+RKS 15	in GA	108,69	107,19*	1,5
	5,935 ^{*4)}	S+RKS 16	in GA	108,64	106,64*	2,0
	31,612 ^{*1)}	S+RKS 18	6,0 m r.d.GA	108,69	106,29*	2,4
	31,704 ^{*3)}	S+RKS 20	4,0 m l.d.GA	108,45	106,35*	2,1
	31,706 ^{*1)}	S+RKS 21	3,6 m r.d.GA	108,46	106,36*	2,1
	31,760 ^{*1)}	S+RKS 23	4,3 m r.d.GA	108,28	106,28*	2,0
	31,750 ^{*1)}	S+RKS 24	3,1 m l.d.GA	108,28	106,28*	2,0
	31,808 ^{*1)}	S+RKS 26	in GA	108,68	107,18*	1,5
	31,740 ^{*1)}	S+RKS 28	in GA	108,61	107,01*	1,6
	31,824 ^{*1)}	S+RKS 29	5,0 m l.d.GA	108,46	105,76*	2,7
	31,900 ^{*1)}	S+RKS 32	4,3 m r.d.GA	108,52	106,22*	2,3
	31,910 ^{*1)}	S+RKS 33	4,9 m l.d.GA	107,56	104,56*	3,0
32,020 ^{*1)}	S+RKS 35	in GA	107,63	105,53*	2,1	



32,110 ^{*1)}	S+RKS 39	in GA	107,14	104,94*	2,2
32,204 ^{*1)}	S+RKS 44	4,5 m r.d.GA	106,34	103,34	3,0
32,300 ^{*1)}	S+RKS 47	5,5 m r.d.GA	105,85	102,75	3,1
32,405 ^{*1)}	S+RKS 56	2,5 m r.d.GA	105,39	102,39	3,0

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

*) RKS vorzeitig abgebrochen

*¹⁾ Strecke 3520

*²⁾ Strecke 3657

*³⁾ Strecke 3650

*⁴⁾ Strecke 3683

Alle Ansatzpunkte wurden nach Lage und Höhe auf m NHN des DB Referenznetzes und die Gleisachse des nächstgelegenen Streckengleises eingemessen. Die Entnahme von gestörten Bodenproben erfolgte je lfd. Meter bzw. bei Schichtwechsel. Insgesamt wurden aus den abgeteufte Rammkernsondierungen 61 gestörte Bodenproben entnommen. Die einzelnen, auf Bohrmeisterangaben beruhenden, handschriftlichen Schichtenverzeichnisse ~~H-7~~ /U 7/ können bei Bedarf im Archiv der DB Engineering & Consulting GmbH, Umwelt Geotechnik und Geodäsie 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 Untersuchungen unterzogen worden.

Im Einzelnen wurden insgesamt ausgeführt:

- 16 x Nass-/ Trockensiebung nach DIN 18123

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche sind als ~~Anlage 4~~ Anlage 17.10.4 beigefügt.

2 Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse

2.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse

Der Untersuchungsabschnitt befindet sich im unmittelbaren Bereich des Bahnhofs Frankfurt/Main Stadion an den Strecken 3683, 3520, 3657, 3650. Der Bahnhofsbereich ist 8-gleisig, elektrifiziert und ~~der Streckenkategorie P-160~~ gemäß Ril 836 /U 9/ der Einstufung HG VzG der Einstufung $80 \text{ km/h} < v \leq 160 \text{ km/h}$ zugeordnet. Der Standort liegt überwiegend in Geländegleichlage, lokal begrenzt auch Einschnitt- bzw. Dammlage vor.

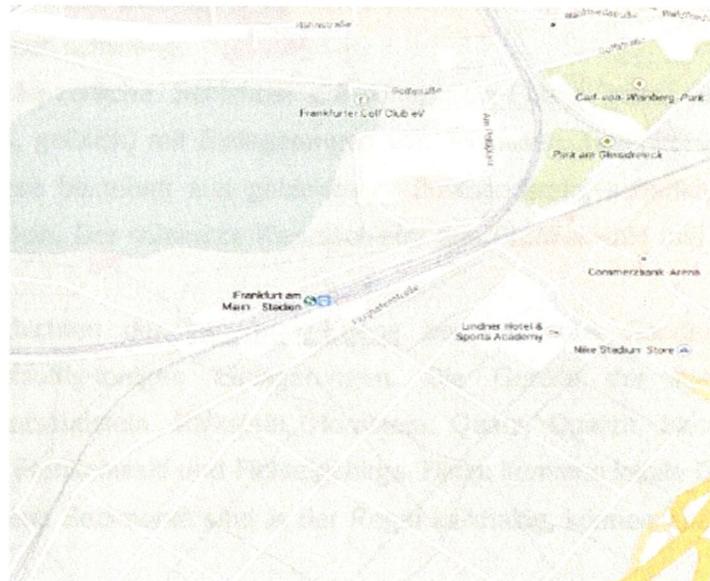


Bild 1: Bahnhof Frankfurt Main Sportfeld, Quelle: Google

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 Kieselschiefer 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 in den Schürfen Gleisschotter und in den Aufschlüssen außerhalb der bestehenden Gleistrasse auch vereinzelt Mutterboden mit Gleisschotter erkundet. Der Schotter weist im Untersuchungsbereich der Weichen und Gleisabschnitte eine Gesamtschotterstärke zwischen 0,30 m (S+RKS 3) bis 0,80 m (S+RKS 23, S+RKS 39) auf.

Der Schotter wurde im oberen Bereich, mit einer Stärke von 0,15 m - 0,50 m, meist als leicht verschmutzt eingeschätzt, mit einem Feinanteil von < 5 %. Die Schichtdicke der verunreinigten Mischzone variiert zwischen 0,20 m - 0,60 m. Der mittlere Feinkornanteil liegt bei 25 % - 40 %. Gemäß Bohrmeisterangaben ist die Mischzone als überwiegend stark mit Feinanteilen 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

Bauwerk Nr.	Aufschluss	Lage zu GA	Gesamt-schotter-höhe [m]	Höhe Mischzone [m]	Feinanteil geschätzt [%]	mechanisch reinigungs-fähig
2.2.1	S+RKS-1	in-GA	0,60	0,21	30	ja
	S+RKS-3	6,0 m r.d.GA	0,30	0,30	k.A.	—
	S-4	6,0 m r.d.GA	0,45	0,25	25	ja
	S+RKS-6	6,0 m r.d.GA	0,30	0,30	k.A.	—
	S-7	in-GA	0,65	0,46	25	ja
	S-8	in-GA	0,45	0,15	30	ja
	S+RKS-10	in-GA	0,60	0,41	25	ja
	S+RKS-13	in-GA	0,50	0,20	25	ja
	S+RKS-15	in-GA	0,55	0,20	25	ja
	S+RKS-16	in-GA	0,52	0,24	25	ja
	S+RKS-18	6,0 m r.d.GA	0,50	0,22	25	ja
	S+RKS-20	4,0 m l.d.GA	0,50	0,25	25	ja
	S+RKS-21	3,6 m r.d.GA	0,52	0,26	25	ja
	S+RKS-23	4,3 m r.d.GA	0,80	0,60	k.A.	—
	S+RKS-24	3,1 m l.d.GA	0,70	0,20	k.A.	—
S+RKS-26	in-GA	0,55	0,12	25	ja	
2.2.4	S+RKS-28	in-GA	0,55	0,26	25	ja
	S+RKS-29	5,0 m l.d.GA	—	—	—	—
	S+RKS-32	4,3 m r.d.GA	—	—	—	—
	S+RKS-33	4,9 m l.d.GA	—	—	—	—
	S+RKS-35	in-GA	0,60	0,27	25	ja
	S+RKS-39	in-GA	0,80	0,45	40	ja
	S+RKS-44	4,7 m r.d.GA	—	—	—	—
	S+RKS-47	5,5 m r.d.GA	—	—	—	—
S+RKS-56	2,5 m r.d.GA	—	—	—	—	

Bauwerk Nr. [neu]	Aufschluss	Lage zu GA	Gesamt-schotter-höhe [m]	Höhe Mischzone [m]	Feinanteil geschätzt [%]	mechanisch reinigungs-fähig
1.2	S+RKS 1	in GA	0,60	0,21	30	ja
	S+RKS 3	6,0 m r.d.GA	0,30	0,30	k.A.	---
	S 4	6,0 m r.d.GA	0,45	0,25	25	ja
	S+RKS 6	6,0 m r.d.GA	0,30	0,30	k.A.	---
	S 7	in GA	0,65	0,46	25	ja
	S 8	in GA	0,45	0,15	30	ja
	S+RKS 10	in GA	0,60	0,41	25	ja
	S+RKS 13	in GA	0,50	0,20	25	ja
	S+RKS 15	in GA	0,55	0,20	25	ja
	S+RKS 16	in GA	0,52	0,24	25	ja
	S+RKS 18	6,0 m r.d.GA	0,50	0,22	25	ja
	S+RKS 20	4,0 m l.d.GA	0,50	0,25	25	ja
	S+RKS 21	3,6 m r.d.GA	0,52	0,26	25	ja
	S+RKS 23	4,3 m r.d.GA	0,80	0,60	k.A.	---
	S+RKS 24	3,1 m l.d.GA	0,70	0,20	k.A.	---
	S+RKS 26	in GA	0,55	0,12	25	ja
	S+RKS 28	in GA	0,55	0,26	25	ja
	S+RKS 29	5,0 m l.d.GA	---	---	---	---
	S+RKS 32	4,3 m r.d.GA	---	---	---	---
	S+RKS 33	4,9 m l.d.GA	---	---	---	---
S+RKS 35	in GA	0,60	0,27	25	ja	
S+RKS 39	in GA	0,80	0,45	40	nein	
S+RKS 44	4,7 m r.d.GA	---	---	---	---	
S+RKS 47	5,5 m r.d.GA	---	---	---	---	
S+RKS 56	2,5 m r.d.GA	---	---	---	---	

Auffüllung

Im gesamten Untersuchungsbereich wurden direkt unter dem Schotter überwiegend Auffüllungen erkundet. Die Auffüllungen bestehen aus eng - und weitgestuften Sanden der Bodengruppen [SE, SW], untergeordnet aus schwach schluffigen bis schluffigen Sanden der Bodengruppe [SU, SU*] sowie aus intermittierend gestufte, weitgestufte und schwach schluffige Kiese der Bodengruppen [GI, GW, GU]. Die erkundete Mächtigkeit der aufgefüllten Sande variiert zwischen 0,55 m (S+RKS 26) und 2,60 m (S+RKS 3). Die Lagerungsdichte wird vom Bohrmeister aufgrund des Bohrfortschritts als locker bis sehr dicht angegeben.

Die Mächtigkeit der aufgefüllten Kiese schwankt zwischen 0,40 m (S 8) und 1,58 m (S+RKS 21). Die Lagerungsdichte wird vom Bohrmeister aufgrund des Bohrfortschritts als mitteldicht bis sehr dicht angegeben. Vereinzelt wurden aufgefüllte Sandsteingeröllschichten mit Mächtigkeiten von 0,10 m (S+RKS 3) bis 0,90 m (S+RKS 20) erkundet.

Die Kleinrammbohrung S+RKS 13, 15, 16, 18, 20, 21, 24, 23 und 26 mussten im aufgefüllten Boden aufgrund eines zu hohen Eindringwiderstandes vorzeitig abgebrochen werden. Vermutlich handelt es sich bei diesen Hindernissen um Steinlagen oder eine sehr 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 Kleinrammbohrungen enggestufte und intermittierend gestufte Sande (SE, SI) erkundet. Die Mächtigkeit variiert zwischen 0,10 m (S+RKS 35) und 1,70 m (S+RKS 56). Die Lagerungsdichte wurde vom Bohrmeister aufgrund des Bohrfortschritts als mitteldicht bis sehr dicht angegeben. Die Kleinrammbohrungen S+RKS 1, 35 mussten im anstehenden Boden aufgrund eines zu hohen Eindringwiderstandes vorzeitig abgebrochen werden. Vermutlich handelt es sich bei diesen Hindernissen um Steine oder eine zu hohe Lagerungsdichte.

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	Steine	Sande
Bodenart	[SE, SW, SU, SU*]	[GI, GW GU]	[X]	SE, SI
Bodengruppe nach DIN 18196	[SE, SW, SU, SU*]	[GI, GW GU]	[X]	SE, SI
Kornanteil $d \leq 0,063$ mm [%]	2...6 [SE, SU]	3...6	---	---
Kornanteil $d \geq 2,0$ mm [%]	2...32 [SE, SU]	41...76	---	---
Ungleichförmigkeitszahl U [-]	1,47...4,57 [SE, SU]	7,2...63,42	---	---
Lagerungsdichte	locker - sehr dicht	mitteldicht - sehr dicht	sehr dicht	mitteldicht - sehr dicht
Durchlässigkeitswert k_f [m/s]				
nach USBR/Bialas	$1,0 \cdot 10^{-3} \dots 7,8 \cdot 10^{-4}$ [SE, SU]	$1,9 \cdot 10^{-3} \dots 6,9 \cdot 10^{-4}$	---	---
Erfahrungswerte	$10^{-3} \dots 10^{-7}$	$10^{-3} \dots 10^{-5}$	$10^{-2} \dots 10^{-4}$	$10^{-3} \dots 10^{-5}$
Durchlässigkeit nach DIN 18 130	stark bis schwach durchlässig	stark durchlässig - durchlässig	stark durchlässig	stark durchlässig - durchlässig
Bodenklasse nach DIN 18 300 **)	3 [SE, SW, SU] 4 [SU*]	3	5-6	3
Frostempfindlichkeit nach ZTVE - StB 09	F1 [SE, SW] F1 - F2 [SU] F3 [SU*]	F1 [GI, GW] F1 - F2 [GU]	F1	F1

*) 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~~ 3657, 3650 von Oktober 2010 bis Januar 2011 wurde kein Grundwasser angeschnitten. Die lokal erkundeten schluffigen Sande [SU*] im Bereich der S+RKS 32 und S+RKS 33 sind als gering bis nicht versickerungsfähig einzuschätzen. Auf den schluffigen Sanden 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 Tragschichtsystem

3.1.1 Anforderungen an das Tragschichtsystem

~~Auf Grundlage der Angaben von Herrn Kauck /U 6/ gehen wir für die umzubauenden Streckenabschnitte vom Kriterium „Ertüchtigung/Instandhaltung“ und den Streckenkategorien **P-160** bei den Strecken 3520, 3683 und 4010 und von **R-120** bei der Strecke 3650 mit einem Schotteroberbau gemäß Ril 836.0501 ~~aus~~. Der gesamte Untersuchungsabschnitt Bahnhof Frankfurt Main Sportfeld ist entsprechend Ril 836.0501, Bild 3 dem Frosteinwirkungsgebiet zuzuordnen:~~

Die Streckeneinstufung erfolgt nach der Geschwindigkeit, Radsatzlast und Gleisbelastung. Die jeweils höchste Einstufung ist maßgebend. Die geplanten Strecken und Weichenneubauten werden aufgrund der Lage im Bestandsgleisfeld in das Kriterium „Verbesserung“ und die Einstufung VzG: 80km/h < v ≤ 160 km/h gemäß Ril 836.4101A01 Tabelle 1 und 2 eingeordnet. Die zukünftigen Radsatzlasten betragen gemäß Planerangaben /U 4/, ≤ 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 ~~836.0501 Bild 2 und Bild 3 sowie Bild A 1.16~~ 836.4101A01 Tabelle 1 und Tabelle 2 ergeben sich die in Tabelle 4 dargestellten Anforderungen an das Tragschichtsystem.

Tabelle 4: Regelanforderungen an den Unterbau unter Gleisen

Streckenkatgorie Oberbau	Ertüchtigung/Instandhaltung P-160, R-120 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 5: Regelanforderungen an den Unterbau unter Gleisen Neubau auf Erdkörpern gemäß Frosteinwirkungsgebiet I: bis 160 km/h

Verbesserung - Schotteroberbau			
max. Geschwindigkeit	ab 80 km/h bis einschließlich 160 km/h		
Radsatzlast [t]	≤ 25 (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	-	50	60
Dicke der Schutzschicht	25	25	30
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

3.1.2 Bemessung des Tragschichtsystems

Ausgehend von dem Regelquerschnitt

- 0,20 m Schiene
- 0,20 m Schwelle
- 0,30 m Schotter (Regeldicke Bettung)

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 anstehende bzw. aufgefüllte Boden. Im vorliegenden Fall besteht dieser aus grob- und gemischtkörnigen Auffüllungen.

~~Das Untersuchungsgebiet wird in diesem geotechnischen Bericht aufgrund der Lage der Erkundungen in Homogenbereiche eingeteilt. Die Unterscheidung der Homogenbereiche erfolgt aufgrund der erkundeten Böden im Planumbereich des Untersuchungsabschnitts.~~

Bei den nachfolgenden Bemessungen des Tragschichtsystems sind wir von der Beibehaltung der jetzigen Höhenlage der Gleisgradienten ausgegangen. Sollten sich im Zuge der Planung Gradientenänderungen oder Abweichungen von der angenommenen Einstufung ergeben, müssen die folgenden Angaben überprüft und ggf. präzisiert werden.

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.

~~Die Gleisbelastung liegt nach /U 6/ unter 30.000 Lasttonnen/Tag, die Höchstgeschwindigkeit liegt bei ≤ 160 km/h und die Radsatzlasten betragen ≤ 225 kN.~~

~~Damit sind die Anwendungsbedingungen der Technischen Mitteilung TM 304/2003/012 für den Homogenbereich 1 erfüllt. Im Homogenbereich 2 sind frost- und wasserempfindliche Schichten im Planungsbereich erkundet worden. Hier kann das Tragschichtsystem unabhängig von der o.g. Gleisbelastung nicht mit Hilfe der TM 304/2003/012, sondern gemäß Ril 836, Bild A 1.3 bemessen werden.~~

Da die zukünftigen Radsatzlasten gemäß Planerangaben /U 5/, ≤ 25 Tonnen betragen, ist nach Ril 836.4101A02, Tabelle 3, die Gleisbelastung gleichzusetzen mit > 30.000 Lasttonnen/Tag und der Höchstgeschwindigkeit $> 160 - 200$ km/h.

Aufgrund der geplanten, 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.

Bf. Frankfurt Sportfeld

Neubau/ Umbau Weichen :

~~W 559, W 560, W 531, W 532, Kr. 595, W 562, EKW, 596, Kr. 593, W 568, W 569, W 351, W 350, Kr. 392, Kr. 597, W 556~~

W 559, W 560, W 531, W 532, W 562, Kr 591, DKW 596, DKW 595, W 564, W 528, W 558, Kr 598

Neubau/ Umbau Gleise:

~~Strecke 3520, Gleis 573 neu von EKW 596 neu - km 31,850~~

~~Strecke 3520, Gleis 574 neu von Kr 595 neu - km 31,850~~

~~Strecke 4010 neu, Lückenschluss W 569 - km 75,200~~

Strecke 3520, von DKW 596 neu - km 31,850

Strecke 3520, von DKW 595 neu - km 31,850

Strecke 3657, Ende W 528 - km 3,260

Ausgangssituation:

Maßgebende Bodenart	Auffüllungen; Sande, eng - weitgestuft, schwach schluffig Kiese, intermittierend, schwach schluffig
Bodengruppen nach DIN 18196	A [SE, SW] vereinzelt [SU] A [GI] über Bauwerken [GU]
Frostempfindlichkeit nach ZTVE StB 94	F 1, F 1 - F 2
Frosteinwirkungsgebiet nach Ril 836.0501	±
Hydrologischer Fall nach Ril.836.0503	±
erhöhter Instandhaltungsaufwand	nicht bekannt

maßgebende Bodenart	Auffüllungen, Sande, eng - weitgestuft, schwach schluffig Kiese, intermittierend, schwach schluffig
Bodengruppe nach DIN 18196	A [SE, SW] vereinzelt [SU]
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94	F 1, F 1 - F 2
Hydrologischer Fall nach Ril 836.4101A05	1/2
Berechnungsmodul E_H [MN/m²] nach Ril 836.4101A05, Bild A 5.1 und Erfahrung	50 MN/m² und Erfahrungen

Bewertung vorhandene 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: $E_{v2}=80 \text{ MN/m}^2$; $E_{vd}=40 \text{ MN/m}^2$	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: $E_{v2}=45 \text{ MN/m}^2$; $E_{vd}=25 \text{ MN/m}^2$	eingehalten, nach Nachverdichtung

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

Mindestdicke Schutzschicht	0,25 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 maßgebende Bodenart sind die eng - weitgestuften, schwach schluffigen Sande sowie schwach schluffige, intermittierende Kiese. Diese Böden sind frostsicher und erfüllen die geforderten Tragwerte an das Planum. Die gemäß Tabelle 4 geforderten Werte an die OK Tragschicht werden aufgrund der Anforderungen infolge der hohen Radsatzlasten erfahrungsgemäß ohne Zusatzmaßnahmen nicht erreicht.

Die oberflächennah erkundeten, nicht frostsicheren schluffigen Sande [SU* in S/ RKS 32 und 44] wurden nur sehr lokal erkundet und werden deshalb in der obigen Tragschichtbemessung nicht berücksichtigt.

~~Das Entscheidungsdiagramm für Planumsverbesserungen der TM 304/2003/012, Anlage 1a, zeigt nach den Schritten:~~

War ein erhöhter Instandhaltungsaufwand notwendig?	→Nein
Zeigt der Gleismaßstreifen Höhen- und Richtungsfehler auf?	→Nein
Ist beim Gleisumbau eine Absenkung des Planums erforderlich?	→Nein

~~Ergebnis nach Entscheidungsdiagramm TM 304/2003/012: PSS ist nicht notwendig.~~

Folgerung:

Aus geotechnischer Sicht sind folgende Maßnahmen erforderlich:

~~— Vollständige Bettungs Erneuerung bzw. Bettungsreinigung~~

~~Demnach kann im Homogenbereich 1 auf den Einbau einer Tragschicht verzichtet werden. Es ist lediglich eine vollständige Bettungserneuerung durchzuführen. Die nach Ausbau des Regelquerschnitts verbleibenden Schotterschichten können im Untergrund verbleiben. Diese Bemessung nach TM 304/2003/012 gilt nur unter der Voraussetzung, dass die uns angegebenen Bedingungen /U 6/ beibehalten werden. Sollte in Zukunft eine höhere Gleisbelastung oder eine höhere Geschwindigkeit geplant kann der Einbau einer PSS erforderlich werden.~~

~~Homogenbereich 2~~

~~Neubau/ Umbau Gleise:~~

~~Strecke 3520, Gleis 573 neu von km 31,850 – km 32,120~~

~~Strecke 3520, Gleis 574 neu von km 31,850 – km 32,180~~

~~Ausgangssituation:~~

maßgebende Bodenart	Sand, schwach schluffig bis schluffig
Bodengruppe nach DIN 18196	A, {SU, SU*}
Frostempfindlichkeit nach ZTVE StB 94	F 1-2 {SU} bis F 3 {SU*}
Frosteinwirkungsgebiet nach Ril 836.0501	†
Hydrologischer Fall nach Ril.836.0503	1/2
Streckenategorie	P160
erhöhter Instandhaltungsaufwand	nicht bekannt
Berechnungsmodul nach Ril 836.0503 E_H [MN/m²]	20 MN/m²

~~Einschätzung:~~

~~Die maßgebenden Bodenarten sind die locker gelagerten schwach schluffigen bis schluffigen Sande. Insbesondere die schluffigen Sande sind nicht frostsicher und erfüllen nicht die geforderten Tragwerte an die Oberkante Tragschicht (OKTS). Es ist eine **Schutzschicht erforderlich**.~~

~~Bemessung:~~

angesetzter Berechnungsmodul E_H	20 MN/m²
Schutzschicht auf Frostsicherheit nach Ril 836.0501, Bild 2	0,20 m
Schutzschicht auf Tragfähigkeit nach Ril 836.0503, Bild A 1.3	0,20 m

Folgerung

Aus geotechnischer Sicht sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- Vollständiger Ausbau des Schotters und des Bodens bis 0,90 m unter SO
- Einbau einer **0,20 m dicken Schutzschicht aus KG 1** (einlagig)
- Prüfung der Tragfähigkeit und Dichte auf der OKTS gemäß Tabelle 4
- Einbau des neuen bzw. aufbereiteten Schotteroberbaues (0,5 m)

Tabelle 6: Übersicht zum empfohlenen Tragschichteinbau

Homogenbereich	Weichen, Gleise	Schutzschichtstärke [cm]	Korngemisch	Bemerkung
1	Neubau: W 559, W 560, W 531, W 532, Kr. 595, W 562, EKW, 596, Kr. 593, W 568, W 569, W 351, W 350, Kr. 392, Kr. 597, W 556 Strecke: 3520, Gleis 573 neu von EKW 596 neu km 31,850 Strecke: 3520, Gleis 574 neu von Kr 595 neu km 31,850 Strecke: 4010 neu, Lückenschluss W 569 km 75,200	—	—	nach TM 304/2003/012
2	Strecke 3520, Gleis 573 neu von km 31,850 km 32,120 Strecke 3520, Gleis 574 neu von km 31,850 km 32,180	20	KG 1	nach Ril 836.0503; Bild A 1.3

Folgerung:

Da im gesamten Untersuchungsgebiet des Bf. Frankfurt/ Sportfeld in Höhe des Planums, ausreichend mächtige, frostsichere, aufgefüllte Böden erkundet wurden ist nach Ril 836.4101A02, Tabelle 3 die Dimensionierung der Schutzschicht auf Frostsicherheit nicht maßgebend. Die Dicke der Schutzschicht wird zur Gewährleistung einer ausreichenden Tragfähigkeit und zur Vereinheitlichung des Baugrundes mit der Mindestdicke von 0,25 m bemessen.

- Vollständiger Ausbau des Schotters und des Bodens bis 0,95 m unter SO,
- Verdichtung und Prüfung der Tragfähigkeit des Planums nach Tab. 4,
- Einbau einer 0,25 m dicken Schutzschicht aus KG 2, einlagiger Einbau,
- Verdichtung und Prüfung der Tragfähigkeit und Dichte auf der OFTS gemäß Tab. 4,
- Einbau des neuen bzw. aufbereiteten Schotteroberbaues

Tabelle 7: Übersicht zum empfohlenen Tragschichteinbau

Weichen, Gleise	Schutzschichtstärke [cm]	Korngemisch	Bemerkung
<u>Neubau:</u> W 559, W 560, W 531, W 532, W 562, Kr 591, DKW 596, DKW 595, W 564, W 528, W 558, Kr 598 <u>Strecke:</u> 3520, von DKW 596 neu - km 31,180 <u>Strecke:</u> 3520, von DKW 595 neu - km 32,180 <u>Strecke:</u> 3657 neu, W 528-km 3,280	25	KG 2	Ril 836.4101A05

3.1.3 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.~~

~~Die in Teilbereichen erkundeten Auffüllungen weisen infolge des hohen Feinkornanteils nur geringe Durchlässigkeiten auf. Der Einbau eines Korngemisches KG 1 als Schutzschicht ist erforderlich. Das Korngemisch muss die Güteforderungen der DBS 918 062 erfüllen.~~

In diesem Fall wurden in direktem Gleisbereich ausschließlich versickerungsfähige Böden erkundet. Der Einbau eines Korngemisches KG 2 als Schutzschicht wird empfohlen. Das Korngemisch muss die Güteanforderungen der DBS 918 062 /U 10/ erfüllen. Weiterhin sind die Schutzschichten filterstabil gegen anliegende Schichten auszubilden. Für Korngemische KG 1 und KG 2 gilt der Nachweis gemäß Ril 836.4101 als erbracht und ist nicht gesondert zu führen.

3.1.4 Abnahmekriterien

Die für die Bauausführung erforderlichen Abnahmekriterien an die Oberkante Tragschicht und das Planum ergeben sich aus den Regelanforderungen ~~der Ril 836.0501, Bild 2 (Abschnitt 3.1.1)~~ aus

Tabelle 5.

~~Die in Höhe Planum erkundeten aufgefüllten und anstehenden Lockergesteinsböden des Homogenbereichs 2 können die Anforderungen hinsichtlich Tragfähigkeit an die OK Tragschicht nicht erfüllen. Aufgrund der vorgeschlagenen kostengünstigeren einlagigen Bemessung der Schutzschicht (ohne Übergangsschicht), ist hier die Prüfung des Planums nach Tabelle 4 nicht anwendbar. Die Abnahmen beschränken sich daher im Wesentlichen auf die Oberkante Tragschicht entsprechend Tabelle 4. Eine Tragfähigkeits- oder Dichtepfung auf dem Planum erfolgt hier nicht.~~

3.2 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 ~~U 11~~ /U 11/ sind Böden versickerungsfähig, deren k_f -Werte im Bereich von 10^{-3} bis 10^{-6} m/s liegen. Die Mächtigkeit des Sickertraumes (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 ~~U 11~~ /U 11/ wie folgt einzuschätzen:

Tabelle 8: Versickerungsfähigkeit der Böden nach DWA-A 138

Bereich	Bodengruppe	k_r -Werte [m/s]	$k_{f,korr}$ -Werte [m/s]	Versickerungsfähigkeit
Bf. Frankfurt - Sportfeld	[SE, SW, SU]	$1 \cdot 10^{-3} \dots 7,8 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4} \dots 1,5 \cdot 10^{-4}$	versickerungsfähig
	[GI, GU]	$1,9 \cdot 10^{-3} \dots 6,9 \cdot 10^{-4}$	$3,8 \cdot 10^{-4} \dots 1,3 \cdot 10^{-4}$	versickerungsfähig - schwach
	[SU, SU*]	$10^{-4} \dots 10^{-7}$	$10^{-4} \dots 10^{-7}$	versickerungsfähig

~~Die erkundeten Auffüllungen sind versickerungsfähig bis nicht versickerungsfähig. Die schluffigen Sande [SU*] sind als nicht versickerungsfähig einzustufen. Auf diesen Schichten kann es zu Schicht- bzw. Stauwasserbildung kommen, was zu Tragfähigkeitsminderungen führen kann. Die erkundeten Sande und Kiese aus dem Homogenbereich 1 und die schwach schluffigen Sande aus dem Homogenbereich 2 sind versickerungsfähig.~~

~~Die Versickerungsfähigkeit im Homogenbereich 2 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 vorhandenes System).~~

Die im Gleisbereich erkundeten Auffüllungen [SE, SW, SU, GI, GU] sind ausreichend versickerungsfähig. Punktuell wurden oberflächennah schluffigen Sande [SU*] angetroffen diese sind als schwach versickerungsfähig einzustufen. Auf diesen Schichten kann es zu Schicht- bzw. Stauwasserbildung kommen. Da sie nur vereinzelt und nicht im unmittelbaren Gleisbereich erkundet wurden, ist aus geotechnischer Sicht keine negative Beeinflussung der Tragfähigkeit zu erwarten.

3.3 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 Weichenbereichen entnommenen Schotter- und Bodenproben ist mit einem erhöhten Verschmutzungsgrad zu rechnen.

~~Gemäß [] 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.

3.4 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.~~
- ~~▪ Die im Homogenbereich 2 erkundeten Böden sind aufgrund des erhöhten Feinkornanteils überwiegend wasserempfindlich. Sie weichen bei Wasserzutritt oder Stören durch Befahren (Porenwasserüberdrücke) schnell auf und verlieren dann rasch ihre Festigkeit. Das Befahren von Planien sollte daher bis auf ein Minimum beschränkt werden, ein Offenstehen bindiger Planien ist zu vermeiden.~~
- ~~▪ Es ist darauf zu achten, dass bei Herstellung von Quer/Längsgefällen auf den jeweiligen Planums Ebenen diese bis an die Entwässerungsanlagen heran hergestellt werden, um ein ungehindertes Abfließen von Oberflächenwasser zu ermöglichen.~~
- ~~▪ Die Herstellung von Entwässerungsanlagen sollte nach Möglichkeit vor der eigentlichen Umbaumaßnahme erfolgen.~~
- ~~▪ Schottersäcke sind bis 0,5 m unter Planum auszuheben. Diese können durch das eingesetzte Schutzschichtmaterial ersetzt werden. Tieferreichende Schottersäcke können im Boden verbleiben.~~
- ~~▪ 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.):~~
- ~~▪ 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 ist gerne bereit, beim weiteren Vorgehen beratend zur Seite zu stehen und fachliche Entscheidungshilfe zu leisten.~~

- Das Befahren von Planien sollte generell auf ein Minimum beschränkt werden.
- Eventuell vorhandene Schottersäcke sind bis 0,5 m unter Planum auszuheben. Diese können durch das eingesetzte Schutzschichtmaterial ersetzt werden. Tieferreichende Schottersäcke können im Boden verbleiben.
- 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 vorgesehen Materialien ist im Vorfeld der Baumaßnahme entsprechend DBS 918 062 nachzuweisen (z.B. Ungleichförmigkeit, Filterstabilität, Frostsicherheit, Wasserdurchlässigkeit u.ä).
- 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.
- Im Bereich von Eisenbahnunterführungen kann auf ein PSS - Einbau verzichtet oder die PSS - Stärke verringert werden, wenn keine ausreichende Überdeckung zum Ing. Bauwerk gewährleistet ist.
- Alle Planien sind tiefenwirksam zu verdichten.
- Aushubmaterialien (Boden, Schotter, Bausubstanz) sind getrennt zu lagern.

Eine geotechnische Fremdüberwachung durch ein sachkundiges Ingenieurbüro wird empfohlen. Die DB International Baugrund ist gerne bereit, beim weiteren Vorgehen beratend zur Seite zu stehen und fachliche Entscheidungshilfe zu leisten.

4 Zusammenfassung / Schlussbemerkungen

Im vorliegenden geotechnischen Bericht sind für das Teilobjekt Bf. Frankfurt (M) Stadion die Baugrundverhältnisse und deren Bewertung für die geplanten Umbau- bzw.

Neubaumaßnahmen Rahmen des Projektes Ausbau des Knotens Frankfurt(M)-Sportfeld, 2. Ausbaustufe dargestellt. Im Einzelnen werden in den o.g. Bereich insgesamt ~~15~~ 12 Weichen neu- bzw. umgebaut. Des Weiteren werden die Neu- bzw. Umbaumaßnahmen der Gleise 573 neu und 574 neu sowie der Gleisabschnitt der Strecke ~~4010 von W 569 km 75,200~~ 3657 neu, W 528- km 3,280 geotechnisch nach der neuen Kriterien der Ril 836. /U 9/ bewertet.

Die Untersuchungen beziehen sich auf die Ermittlung der Eigenschaften der anstehenden bzw. aufgefüllten Böden zur Beurteilung des Baugrundes hinsichtlich der Tragfähigkeit des Planums für Gleisanlagen und die Bemessung eines notwendigen Tragschichtsystems.

Das Untersuchungsgebiet wird in diesem geotechnischen Bericht aufgrund der Lage der Erkundungen in Homogenbereiche unterteilt. Die Unterscheidung der Homogenbereiche erfolgt aufgrund der erkundeten Böden im Planumbereich des Untersuchungsabschnitts.

~~Im Homogenbereich 1 besteht der Baugrund unter dem Gleisschotter bis Endtiefe der ausgeführten Erkundungen größtenteils aus Auffüllungen. Die Auffüllungen stellen sich überwiegend als eng bis weitgestufte Sande und intermittierend und weitgestufte Kiese mit einer lockeren bis sehr dichten Lagerung dar, durchsetzt mit unterschiedlichem Anteil an Feinkorn. Untergeordnet wurden auch Schichten aus Sandsteingeröllen erkundet.~~

~~Die Böden des Homogenbereichs 2 wurden als schwach schluffige bis schluffige Sande klassifiziert.~~

~~Die punktuell erkundeten anstehenden Böden im Homogenbereich 1 und 2 sind überwiegend mitteldicht bis sehr dicht gelagerte enggestufte und intermittierend gestufte Sande (SE, SI).~~

~~Die qualitative Beschreibung der Bodenverhältnisse wurde durch bodenphysikalische Laborversuche unteretzt als Grundlage für eine Klassifizierung der Böden nach DIN 18196.~~

~~Grund- und Schichtenwasser ist zum Zeitpunkt der Erkundungen nicht angetroffen worden. In niederschlagsreichen Zeiten ist auf den schluffigen Sanden des Homogenbereichs 2 mit der Bildung von Stauwasser zu rechnen.~~

~~Entsprechend den in Abschnitt 3.1.1 getroffenen Annahmen wurden für den Homogenbereich 1 die Tragschichtanforderungen nach der TM 304/2003/012 herangezogen. Eine Schutzschicht ist hier nicht erforderlich.~~

~~Für den Homogenbereich 2 wurden aufgrund von frost- und wasserempfindlichen Schichten im Bereich des Planums, die Schutzschichtdicken nach Ril 836 Bild A 1.3 bemessen. Für die Gleise 573 neu und 574 neu ist ab km 31,850 der Einbau einer 0,20 m mächtigen Schutzschicht aus KG 1 Material erforderlich.~~



~~In den Abschnitten mit Einbau eines Korngemisches KG 1 empfehlen wir aus geotechnischer Sicht die Anlage einer Entwässerungseinrichtung.~~

Der Baugrund besteht im Dammbereich aus dem Gleisschotter und den darunter folgenden grob - und gemischtkörnigen Auffüllungen in Form von Sanden und Kiesen mit unterschiedlich hohen Feinkornanteilen. Die Lagerungsdichte der Auffüllungen variiert bis zur Endtiefe der Aufschlüsse zwischen locker und mitteldicht und im Bereich der Sondierabbrüche auch sehr dicht.

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

Ausgehend von den Erkundungsergebnissen und den getroffenen Annahmen wird für den gesamten Untersuchungsbereich (Weichen und Gleisanlagen) der Einbau einer 25 cm dicken Schutzschicht aus KG 2 Material empfohlen.

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

