



# NUR ZUR INFORMATION

DB Engineering & Consulting GmbH  
Umwelt, Geotechnik & Geodäsie  
Umwelt & Geotechnik  
Büro Frankfurt am Main  
Oskar-Sommer-Straße 15  
60596 Frankfurt am Main  
[www.db-international.de](http://www.db-international.de)  
Tel. 069 6319-176  
Fax 069 6319-118

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

## Geotechnischer Bericht

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

**Teilobjekt:** Bf. Frankfurt (M) Niederrad  
Weichenneubau W 1 - W 4, W 7- W 10 und W 611neu/ W612neu  
Bauwerksnummer 1.2

**Leistungsphase:** Genehmigungsplanung

**Auftraggeber:** DB Netz AG  
Regionalbereich Mitte  
I.NG - MI - F(1)  
Hahnstraße 49  
60528 Frankfurt (Main)

**Auftragsnummer:** D- BG00636

**Bearbeiter:** Dipl.-Geol. Ch . Josenhans

Dieser geotechnische Bericht umfasst 19 Seiten und 4 Anlagen und darf auszugsweise nicht veröffentlicht werden.

Frankfurt, 05.08.2016

Dipl.-Geol. U. Tang

Dipl.-Geol. Ch. Josenhans



<b>Inhaltsverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
1.1	Unterlagen	4
1.2	Vorgang / Aufgabenstellung	5
1.3	Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen	5
<b>2</b>	<b>Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse</b>	<b>8</b>
2.1	Beschreibung der örtlichen Verhältnisse	8
2.2	Geologische Situation	8
2.3	Baugrundverhältnisse - Schichtenaufbau und Kennwerte	9
2.4	Hydrologische Verhältnisse	12
<b>3</b>	<b>Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen</b>	<b>13</b>
3.1	Tragschichtsystem	13
3.1.1	Anforderungen an das Tragschichtsystem	13
3.1.2	Bemessung des Tragschichtsystems	14
3.1.3	Materialanforderungen an die Tragschicht	16
3.1.4	Abnahmekriterien	17
3.2	Entwässerung und Versickerungsfähigkeit	17
3.3	Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen	18
3.4	Geotechnische Hinweise zur Bauausführung	18
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung / Schlussbemerkungen</b>	<b>19</b>



## Anlagenverzeichnis

Anlage 17.23.1	Abkürzungsverzeichnis	1 Blatt
Anlage 17.23.2	Lage- und Aufschlusspläne	1 Blatt
Anlage 17.23.3	Bohr-/Sondierprofile	1 Blatt
Anlage 17.23.4	Bodenmechanische Laborergebnisse/ Körnungslinien	38 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 vom 12.3.2014 mit der Nr. :4-E-20-0090 auf Grundlage unseres Angebotes ID40367 vom 21.02.2014.
- /U 2/ Trassierungsentwurf Variante 3 Entwurfsplanung Plan Nr.: EP 0201 VG TE-410 und -420 , von DB ProjektBau GmbH, Stand: Mai 2013.
- /U 3/ Streckenbegang der DB International GmbH, Geotechnik mit DB ProjektBau GmbH, 03.04.2014.
- /U 4/ Email von Herrn Büchse, DB Projektbau GmbH , Frankfurt, bzgl. Radsatzlasten im Untersuchungsgebiet Knoten Frankfurt vom 19.3.2014.
- /U 5/ Ergebnisse der Aufschlussarbeiten der Fa. IUG Steinmetzer, Mai 2014.
- /U 6/ Laborergebnisse der DB International GmbH, Baugrund, Juni 2014.
- /U 7/ Ril 836 Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten, 3. Aktualisierung, 01.03.2014.
- /U 8/ ZTVE-StB 09 Zusätzliche Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2009.
- /U 9/ DBS 918 062 Technische Lieferbedingungen Korngemische für Trag- und Schutzschichten zur Herstellung von Eisenbahnfahrwegen, Juli 2007.
- /U 10/ Arbeitsblatt DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“, Ausgabe 2005.
- /U 11/ 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<sup>plus</sup> werden unter anderem Maßnahmen zur Anpassung der Gleis- und Weichenanlagen im Bereich Bf. Frankfurt (M) Niederrad erforderlich. Folgende neue Weichenlagen wurden gemäß /U 2/ untersucht, in diesem Gutachten zusammengefasst und geotechnisch bewertet:

- Strecke 3683, 3520, Neubauweichen: W 1 - W4, W 7 - W 10 und W 611/ W 612neu

Die DB International GmbH, Geotechnik wurde auf der Grundlage der Leistungsvereinbarung /U 1/ mit der Erkundung und geotechnischen Bewertung des Baugrundes sowie der Bemessung des Tragschichtsystems nach Ril 836 /U 7/ einschließlich der baugrundtechnischen Empfehlungen beauftragt.

Umweltanalytische Untersuchungen des erkundeten Schotters und Bodens waren nicht Bestandteil unserer Beauftragung.

## 1.3 Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen

Die Bohransatzpunkte wurden mit Hilfe des Trassierungsentwurfs Variante 3 /U 2/ und im Rahmen eines Streckenbegangs unter Berücksichtigung der örtlichen Begebenheiten festgelegt.

Für die Erkundung der Baugrundverhältnisse sind insgesamt 20 Schürfe bis 1,2 m unter Ansatzpunkt (AP) mit anschließenden Kleinrammbohrungen (KRB) mit Tiefen bis maximal 4,2 m unter AP durchgeführt worden. Aufgrund zu hoher Eindringwiderstände mussten zwei KRB vorzeitig abgebrochen werden.

Weiterhin wurde ein Schurf auf der EÜ Goldsteinstraße zur Ermittlung der Schotterstärke über dem Ingenieurbauwerk ausgeführt.

Die Aufschlussarbeiten erfolgten durch die Fa. IUG Steinmetzer, Wiesbaden im Zeitraum vom 04.05. bis 29.05.2014 aufgrund der stark befahrenen Strecken ausschließlich in Nachtschichten.

Die Aufschlüsse stellen sich im Einzelnen wie folgt dar:

Tabelle 1: Übersicht der ausgeführten Aufschlüsse

Kilometer	Aufschluss	Ansatz	Endtiefe	Aufschlusstiefe
		[m unter SO]	[m unter SO]	[m]
33,396 <sup>1)</sup>	S/ KRB 16	-0,05	-4,25	-4,20
33,456 <sup>1)</sup>	S/ KRB 11	-0,20	-4,20	-4,00
33,506 <sup>1)</sup>	S/ KRB 12	-0,21	-4,41	-4,00
33,559 <sup>1)</sup>	S/ KRB 4	-0,22	-4,42	-4,20
33,577 <sup>1)</sup>	S/ KRB 14	-0,22	-4,42	-4,20
33,611 <sup>1)</sup>	S/ KRB 3	-0,20	-4,40	-4,20
33,648 <sup>1)</sup>	S/ KRB 2	-0,20	-4,40	-4,20
33,676 <sup>1)</sup>	S 1	-0,18	-0,63	-0,45
4,009 <sup>2)</sup>	S/ KRB 13	-0,20	-4,40	-4,20
4,028 <sup>2)</sup>	S/ KRB 5	-0,40	-4,60	-4,20
4,051 <sup>2)</sup>	S/ KRB 6	-0,40	-4,60	-4,20
4,079 <sup>2)</sup>	S/ KRB 7	-0,20	-4,40	-4,20
4,098 <sup>2)</sup>	S/ KRB 17	-0,21	-4,41	-4,20
4,116 <sup>2)</sup>	S/ KRB 15	-0,20	-3,80	-3,60
4,126 <sup>2)</sup>	S/ KRB 8	-0,15	-4,35	-4,20
4,144 <sup>2)</sup>	S/ KRB 18	-0,50	-4,70	-4,20
4,175 <sup>2)*)</sup>	S/ KRB 9	-0,17	-3,67-	-3,50
4,184 <sup>2)</sup>	S/ KRB 19	-0,50	-4,70	-4,20
4,221 <sup>2)</sup>	S/ KRB 10	-0,22	-4,42	-4,20
4,223 <sup>2)</sup>	S/ KRB 20	-0,22	-4,42	-4,20

S...Schurf, KRB...Kleinrammbohrung

\*) vorzeitiger Abbruch

<sup>1)</sup> Strecke 3520

<sup>2)</sup> Strecke 3683

Alle Ansatzpunkte wurden nach Lage und Höhe auf die Gleisachse und Schienenoberkante des nächstgelegenen Gleises eingemessen. Die Schienenoberkante SO wurde hier mit 0,0 m angenommen. Die Entnahme von Bodenproben erfolgte je lfd. Meter bzw. bei Schichtenwechsel. Die einzelnen, auf Bohrmeisterangaben beruhenden, handschriftlichen Schichtenverzeichnisse /U 5/ können bei Bedarf im Archiv der DB International GmbH, Geotechnik eingesehen werden. Die Lage der Aufschlüsse ist aus Anlage 17.23.2 ersichtlich. Die Baugrundprofile sind in Anlage 17.23.3 dargestellt.

Die entnommenen Bodenproben wurden durch den Bearbeiter nach DIN 4022 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:

- 16x Nass-/Trockensiebung nach DIN 18123 und
- 2x kombinierte Sieb-/Schlamm-analyse nach DIN 18123.

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche sind als Anlage 17.23.4 beigelegt.

## **2 Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse**

### **2.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse**

Der Untersuchungsbereich der insgesamt 10 neu geplanten Weichen umfasst die Strecke 3683 zwischen ca. km 4,000 und ca. km 4,230 sowie die Strecke 3520 zwischen ca. km 33,400 und ca. km 33,700. Die Streckenabschnitte befinden sich nördlich des Bahnhofs Frankfurt/Main-Niederrad. Der Bahnhofsbereich ist 6-gleisig ausgebaut und elektrifiziert. Der gesamte Untersuchungsbereich befindet sich in einer ca. 4- 5 m hohen 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.

### **2.3 Baugrundverhältnisse - Schichtenaufbau und Kennwerte**

#### **Gleisschotter**

Zunächst wurde in allen Schürfen Gleisschotter erkundet. Der Schotter weist je nach Lage im Gleisfeld im Untersuchungsbereich der neuen Weichen eine Gesamtschotterstärke zwischen 0,10 m (S/ KRB 18) bis 0,65 m (S/ KRB 10) auf. In S/ KRB 7 ist der Schotter ab 0,55 bis 1,10 m unter AP noch stark mit Splitt, Ziegelresten und Sand durchsetzt.

Der Schotter wurde im oberen Bereich, mit einer Stärke von 0,10 m - 0,40 m und mit einem Feinanteil von < 5 % meist als leicht verschmutzt oder sauber eingeschätzt. Die Schichtdicke der verunreinigten Mischzone variiert zwischen 0,05 m - 0,40 m. Der mittlere Feinkornanteil liegt bei 25 % - 30 %. Gemäß Bohrmeisterangaben ist die Mischzone als überwiegend verschmutzt und lokal 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

Kilometer	Aufschluss	Gesamt- schotter- höhe [m]	Höhe Mischzone [m]	Feinant- eil geschät- zt [%]	mechanisch reinigungs- fähig
33,396 <sup>1)</sup>	S/ KRB 16	0,45	---	<5	Ja
33,456 <sup>1)</sup>	S/ KRB 11	0,20	---	<5	Ja
33,506 <sup>1)</sup>	S/ KRB 12	0,60	0,20	15	Ja
33,559 <sup>1)</sup>	S/ KRB 4	0,60	0,30	25	Ja
33,577 <sup>1)</sup>	S/ KRB 14	0,55	0,25	30	Ja
33,611 <sup>1)</sup>	S/ KRB 3	0,50	0,35	25	Ja
33,648 <sup>1)</sup>	S/ KRB 2	0,55	0,35	25	Ja
33,676 <sup>1)</sup>	S 1	0,45	0,25	25	Ja
4,009 <sup>2)</sup>	S/ KRB 13	0,55	0,20	25	Ja
4,028 <sup>2)</sup>	S/ KRB 5	0,40	0,20	25	Ja
4,051 <sup>2)</sup>	S/ KRB 6	0,40	0,20	30	Ja
4,079 <sup>2)</sup>	S/ KRB 7	0,55	0,40	25	Ja
4,098 <sup>2)</sup>	S/ KRB 17	0,60	0,20	30	Ja
4,116 <sup>2)</sup>	S/ KRB 15	0,50	0,25	30	Ja
4,126 <sup>2)</sup>	S/ KRB 8	0,50	0,25	20	Ja
4,144 <sup>2)</sup>	S/ KRB 18	0,10	---	<5	Ja
4,175 <sup>2*)</sup>	S/ KRB 9	0,35	0,10	20	Ja
4,184 <sup>2)</sup>	S/ KRB 19	0,30	---	<5	Ja
4,221 <sup>2)</sup>	S/ KRB 10	0,65	0,25	25	Ja
4,223 <sup>2)</sup>	S/ KRB 20	0,65	0,05	<5	Ja

### **Auffüllung**

Im gesamten Untersuchungsbereich wurden direkt unter dem Schotter ausschließlich Auffüllungen erkundet. Die Auffüllungen wurden aufgrund der ausgeprägten Dammlage im Untersuchungsgebiet in allen Aufschlüssen bis zur Endtiefe angetroffen. Diese bestehen aus grobkörnigen eng - intermittierend- bis weitgestuften Sanden und Kiesen der Bodengruppen [SE, SW, GW, GI] sowie aus gemischtkörnigen schwach schluffigen bis schluffigen Sanden bzw. schwach tonigen bis tonigen Sanden und Kiesen der Bodengruppe [SU, SU\*, ST\*, SU\*-ST\*, GU, GT, GT\*]. Lokal wurden Böden erkundet, die stark mit Bauschutt, Ziegel, Schotter und Schlackeresten durchmischt sind. Diese künstlichen Auffüllungen sind in den Profilen mit [A] gekennzeichnet. Die Mächtigkeit der künstlichen Auffüllungen schwankt zwischen 0,55 m (S/ KRB 7) und 1,80 m (S/ KRB 11).

Die erkundete Mächtigkeit der grobkörnigen Auffüllungen variiert zwischen 0,30 m (S/ KRB 2, 14). Die Mächtigkeit der aufgefüllten, gemischtkörnigen Böden liegt zwischen 0,60 m (S/ KRB 12) und 3,75 m (S/ KRB 16).

Die Lagerungsdichte der aufgefüllten Sande und Kiese wird vom Bohrmeister aufgrund des Bohrfortschritts als locker bis überwiegend mitteldicht angegeben. Im Bereich der Sondierungsabbrüche ist die Lagerung auch dicht.

### Anstehender Boden

Anstehende Böden wurden aufgrund der geringen Erkundungstiefe nicht angetroffen.

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	
	Grobkörnige Sande und Kiese	Gemischtkörnige Sande und Kiese
Bodenart		
Bodengruppe nach DIN 18196	[SE, SW, GW, GI]	[SU, SU*, ST*, SU*-ST*, GU, GT,GT*].
Kornanteil $d \leq 0,063$ mm [%]	3,5...4,9 [SE]	17,8...23,3 [SU*]
Kornanteil $d \geq 2,0$ mm [%]	15,1...30,3 [SE]	31,7...45,0 [SU*]
Ungleichförmigkeitszahl U [-]	3,39...7,48 [SE]	136,63...266,64 [SU*]
Lagerungsdichte	locker - mitteldicht	locker - mitteldicht (lokal dicht)
Durchlässigkeitswert $k_f$ [m/s]		
nach USBR/Bialas, Beyer	$2,1 \cdot 10^{-4} \dots 5,3 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5} \dots 1,9 \cdot 10^{-6}$ [SU*]
Erfahrungswerte	$10^{-2} \dots 10^{-5}$	$10^{-5} \dots 10^{-9}$
Durchlässigkeit nach DIN 18 130	sehr stark durchlässig bis durchlässig	durchlässig bis sehr schwach durchlässig
Bodenklasse nach DIN 18 300 **)	3	3 [SU, GU, GT] 4 [SU*, ST*, SU*-ST*, GT*]
Frostempfindlichkeit nach ZTVE - StB 09	F1	F1 - F2 [SU, GU, GT] F3 [SU*, ST*, SU*-ST*, GT*]

\*) 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 der Strecken 3683, 3520, im Mai 2014 wurde kein Grundwasser angeschnitten. Die punktuell erkundeten schluffigen bis tonigen Sande und Kiese [SU\*, ST\*, GU\*, GT\*] sind als gering bis nicht versickerungsfähig einzuschätzen. Auf diesen Böden ist vor allem in niederschlagsreichen Zeiten mit der Bildung von Stauwasser zu rechnen.

### 3 Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen

#### 3.1 Tragschichtsystem

##### 3.1.1 Anforderungen an das Tragschichtsystem

Die Streckeneinstufung erfolgt nach der Geschwindigkeit, Radsatzlast und Gleisbelastung. Die jeweils höchste Einstufung ist maßgebend. Die geplanten Weichenneubauten werden aufgrund der Lage im Bestandsgleisfeld in das Kriterium „Verbesserung“ und die Einstufung VzG: 80km/h <  $v \leq 160$  km/h gemäß Ril 836.4101A01 Tabelle 1 und 2 eingeordnet. Die zukünftige Gleisbelastung beträgt gemäß Planerangaben /U 4/,  $\leq 25$  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 4 dargestellten Anforderungen an das Tragschichtsystem.

Tabelle 4: Regelanforderungen an den Unterbau unter Gleisen Neubau auf Erdkörpern gemäß Frosteinwirkungsgebiet I: bis 160 km/h

<b>Verbesserung - Schotteroberbau</b>			
max. Geschwindigkeit	ab 80 km/h bis einschließlich 160 km/h		
Radsatzlast [t]	<b><math>\leq 25</math> (maßgebend)</b>		
Frosteinwirkungsgebiet	I		
abzusichernder Tragbereich	2,5 m unter SO		
Anforderungen an die Verdichtung nach Anhang 01 Modul 836.4101	$I_c \geq 0,75$ (steife Konsistenz) $D \geq 0,3$ bei $U < 3$ bzw. $D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$ (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 <sup>2)</sup>		OFTS	OK Planum / Untergrund
	$E_{vd}$	80	45
	$E_{vd}^{1)}$	40	25
	$D_{Pr}$	1,0	0,97 / 0,95 <sup>**)</sup>

1)  $E_{vd}$  Werte gelten für gemischt- und feinkörnigen Böden, bei grobkörnigen Böden sind die Werte um jeweils 5 MN/m<sup>2</sup> 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  $D_{Pr} \geq 0,98$



### 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.

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 Instandhaltungsaufwand und bekannten Schlammstellen 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 4/,  $\leq 25$  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 geplant, hohen Radsatz - und Gleisbelastungen kann das Entscheidungsdiagramm für Planungsverbesserung gemäß Ril 836.4105A01 nicht verwendet werden. Die Dicke der Tragschicht wird somit gemäß Ril 8364101A05, Bild A 5.2 bemessen.



## **Bf Frankfurt Niederrad**

### **Neubau Weichen :**

W 1, W 2, W 3, W 4, W 7, W 8, W 9, W 10 und W 611n und W 612 neu

### **Ausgangssituation:**

maßgebende Bodenart	Auffüllungen, Sande, eng - weitgestuft, schwach schluffig, schwach schluffiger, intermittierender Kies
Bodengruppe nach DIN 18196	A [SE, SW, SU, GW, GI, GU] vereinzelt [SU*]
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94	F 1, F1 - F2
Hydrologischer Fall nach Ril 836.4101A05	1/2
<b>Berechnungsmodul <math>E_H</math> [MN/m<sup>2</sup>]</b> nach Ril 836.4101A05, Bild A 5.1 und Erfahrungen	<b>45 MN/m<sup>2</sup></b>

### **Bewertung vorhandene OK Tragschicht nach Ril 836.4101A01**

Anforderung an die Verdichtung: Mindestens weich (mit $I_c \geq 6$ ) bzw. locker (mit $D > 0,2$ )	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 $I_c \geq 6$ ) bzw. locker (mit $D > 0,2$ )	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 bis weitgestufter 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.

Der schluffige Sand [SU\* in S/ RKS 8] wurde nur einmalig erkundet und wird deshalb in der obigen Tragschichtbemessung nicht berücksichtigt.

#### **Folgerung:**

Da im Untersuchungsabschnitt 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.

Aus geotechnischer Sicht sind folgende weitere Maßnahmen erforderlich:

- 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 Schotteroberbaues

### **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 wurden in der Aufschlüssen bis zur Endtiefe fast ausschließlich ausreichend versickerungsfähige Böden erkundet. Der Einbau eines Korngemisches KG 2 als Schutzschicht wird empfohlen. Das Korngemisch muss die Güteanforderungen der DBS 918 062 /U 9/ 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 aus Tabelle 4.

## 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 geplanten Weichen nicht angetroffen worden. Weiterhin konnten im Rahmen des Streckenbegangs /U 3/ keine Entwässerungsanlagen im Untersuchungsgebiet gefunden werden.

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 bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand sollte grundsätzlich mindestens 1 m betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten.

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 5: Versickerungsfähigkeit der Böden nach DWA-A 138

Boden	Bodengruppe	$k_f$ -Werte [m/s]	$k_{f,korr}$ -Werte [m/s]	Versickerungsfähigkeit
Auffüllung, Sand, Kies, grobkörnig	[SE, SW, GW, GI]	$5,4 \cdot 10^{-4} \dots 2,1 \cdot 10^{-4}$ [SE]	$1,1 \cdot 10^{-4} \dots 4,2 \cdot 10^{-5}$ [SE]	versickerungsfähig
		$10^{-2} \dots 10^{-5}$ [SW, GW, GI]	$10^{-2} \dots 10^{-5}$ [SW, GW, GI]	
Auffüllung, Sand, Kies, gemischtkörnig	[SU, SU*, ST*, SU*-ST*, GU, GT, GT*].	$7,9 \cdot 10^{-4} \dots 1,9 \cdot 10^{-6}$	$3,4 \cdot 10^{-5} \dots 3,8 \cdot 10^{-7}$	versickerungsfähig bis schwach versickerungsfähig

Die sehr lokal vorkommenden schluffigen bis tonigen Sande und Kiese [SU\*, ST\*, GT\*] sind als schwach versickerungsfähig einzustufen. Auf diesen Schichten kann es zeitweise zu Schicht- bzw. Stauwasserbildung kommen. Die erkundeten aufgefüllten, grob- und gemischtkörnigen Sande und Kiese [SE, SW, SU, GW, GU, GI, GT] sind versickerungsfähig.

### 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 Gleis - und Weichenbereichen entnommenen Bodenproben ist mit einem erhöhten Verschmutzungsgrad zu rechnen.

Wird beim Aushub von Boden organoleptisch auffälliges Bodenmaterial 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

- Das Befahren von Planien sollte generell auf ein Minimum beschränkt werden.
- Für alle Erdarbeiten sind die Qualitätsanforderungen an die Tragfähigkeit und Verdichtung des Planums nachzuweisen. Die Verdichtungsarbeiten sind so auszuführen, dass im Hinblick auf ein gleichmäßiges Tragverhalten eine möglichst hohe Homogenität erzielt wird.
- 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).
- Alle Planien sind tiefenwirksam zu verdichten.
- 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.
- 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 die Baugrundverhältnisse und deren Bewertung für 10 neu geplante Weichen im Bereich Bf. Frankfurt (Main) Niederrad im Rahmen des Projektes Ausbau des Knotens Frankfurt(M)-Sportfeld, 2. Ausbaustufe dargestellt. Die Untersuchungen beziehen sich auf die Ermittlung der Eigenschaften der ausschließlich aufgefüllten Böden zur Beurteilung des Baugrundes hinsichtlich der Tragfähigkeit des Planums für Gleisanlagen und die Bemessung eines notwendigen Tragschichtsystems.

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.

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 Weichenverbindungen) der Einbau einer 25 cm dicken Schutzschicht aus KG 2 Material empfohlen.

Die Tragschichtbemessung als auch Hinweise zur Bauausführung können dem Abschnitt 3 entnommen werden

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 Neubauweichen haben können.

Unsere beauftragten Leistungen für diese Teilobjekte sind hiermit abgeschlossen.

aufgestellt durch:

Dipl.-Geol. Ch. Josenhans