



Nur zur Information

NUR ZUR INFORMATION

Anlage 17.25a-neu

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

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

Geotechnischer Bericht

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

Teilobjekt: Bf. Frankfurt (M) Niederrad
Weichenneubau Kr 987, (inkl. W 991, W 990, W 621, W 656)
Strecke 3520, Streckenabschnitt km 33,693 - km 33,862
Strecke 3520, W 998 und W 999
Bauwerksnummer 1.2

Leistungsphase: Genehmigungsplanung

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

Auftragsnummer: D- BG01059

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Ch . Josenhans

Dieser geotechnische Bericht umfasst 20 Seiten und 5 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	5
1.3	Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen	5
2	Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse	7
2.1	Beschreibung der örtlichen Verhältnisse	7
2.2	Geologische Situation	7
2.3	Baugrundverhältnisse - Schichtenaufbau und Kennwerte	8
2.4	Hydrologische Verhältnisse	10
3	Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen	11
3.1	Tragschichtsystem	11
3.1.1	Anforderungen an das Tragschichtsystem	11
3.1.2	Bemessung des Tragschichtsystems	12
3.1.3	Materialanforderungen an die Tragschicht	14
3.1.4	Abnahmekriterien	15
3.2	Entwässerung und Versickerungsfähigkeit	15
3.3	Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen	16
3.4	Geotechnische Hinweise zur Bauausführung	16
4	Zusammenfassung / Schlussbemerkungen	19



Anlagenverzeichnis

Anlage 17.24.1	Abkürzungsverzeichnis	1 Blatt
Anlage 17.24.2	Lage- und Aufschlusspläne	2 Blatt
Anlage 17.24.3	Bohr-/Sondierprofile	1 Blatt
Anlage 17.24.4	Bodenmechanische Laborergebnisse/ Körnungslinien	6 Blatt
Anlage 17.24.5	Ergebnisse chemische Analytik	9 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 04.03.2015 mit der Nr.:5-E-20-0131 auf Grundlage unseres Angebotes ID43509 vom 02.02.2015.
- /U 2/ Trassierungsentwurf Entwurfsplanung Plan Nr.: EP 0201 VG TE-01 f und TE-02 f , von DB ProjektBau GmbH, Stand: Oktober 2014.
- /U 3/ Streckenbegang der DB International GmbH, Geotechnik mit DB ProjektBau GmbH, 02.2015.
- /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. BGN Nowak, Februar 2015.
- /U 6/ Laborergebnisse der DB International GmbH, Baugrund, April 2015.
- /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.
- /U 12/ Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis – Abfallverzeichnis-Verordnung AVV, vom 10.12.2001.
- /U 13/ Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20; Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen, Technische Regeln, Stand: 06.11.1997.
- /U 14/ Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“, Hessen, Abteilung Umwelt, vom 15.05.2009.
- /U 15/ Grenzwerte Herbizide, gemäß Vorgaben Regierungspräsidium Darmstadt, 24.03.2006.

1.2 Vorgang / Aufgabenstellung

Für den Ausbau des Knotens Frankfurt(Main)-Sportfeld als Teilprojekt der Gesamtmaßnahme Frankfurt RheinMain^{plus} werden unter anderem Maßnahmen zur Anpassung der Gleis- und Weichenanlagen im Bereich Bf. Frankfurt (M) Niederrad erforderlich. Folgende neue Weichenanlagen wurden gemäß /U 2/ untersucht, in diesem Gutachten zusammengefasst und geotechnisch bewertet:

- Weichenneubau Kr 987, (inkl. W 991, W 990, W 621, W 656)
- Strecke 3520, Streckenabschnitt km 33,693 - km 33,862 (Gradientenerhöhung)
- Strecke 3520, W 998 und W 999

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 Bodens (C- Horizont) waren ebenfalls Bestandteil unserer Beauftragung.

1.3 Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen

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

Für die Erkundung der Baugrundverhältnisse sind insgesamt 7 Schürfe bis 1,2 m unter Ansatzpunkt (AP) mit anschließenden Kleinrammbohrungen (KRB) mit Tiefen bis maximal 3,0 m unter AP durchgeführt worden.

Die Aufschlussarbeiten erfolgten durch die Fa. BGN Nowak im Zeitraum vom 23.02. bis 24.02.2014 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]
33,732	KRB 1	-0,18	-3,18	-3,00
33,779	KRB 2	-0,15	-3,15	-3,00
33,782	KRB 3	-0,08	-3,08	-3,00
33,827	KRB 4	-0,12	-3,12	-3,00
34,339	KRB 5	-0,18	-3,18	-3,00
34,369	KRB 6	-0,19	-3,19	-3,00
34,413	KRB 7	-0,17	-3,17	-3,00

KRB...Kleinrammbohrung

Alle Ansatzpunkte wurden nach Lage und Höhe auf die Gleisachse und Schienenoberkante des nächstgelegenen Gleises (Strecke 3520) 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 17.24.2 ersichtlich. Die Baugrundprofile sind in Anlage 17.24.3 dargestellt.

Die entnommenen Bodenproben wurden durch den Bearbeiter 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:

- 6x Nass-/Trockensiebung nach DIN 18123.

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche sind als Anlage 17.24.4 beigefügt.

2 Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse

2.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse

Der Untersuchungsbereich der Weichen und des Streckenabschnitts umfasst die Strecke 3520 zwischen km 33,690 und ca. km 33,850 und zwischen ca. km 34,350 und ca. km 34,450. Die Streckenabschnitte befinden sich nördlich des Bahnhofs Frankfurt/Main-Niederrad und unmittelbar nördlich des Mains. Der Bahnhofsbereich ist 2- 6-gleisig ausgebaut und elektrifiziert. Der gesamte Untersuchungsbereich befindet sich auf einem ca. 4- 8 m hohen Damm.

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.

2.3 Baugrundverhältnisse - Schichtenaufbau und Kennwerte

Gleisschotter

Zunächst wurde in allen Schürfen Gleisschotter erkundet. Der Schotter weist im Untersuchungsbereich der neuen Weichen eine Gesamtschotterstärke zwischen 0,47 m (KRB 3) bis 0,76 m (KRB 5) auf.

Der Schotter wurde im oberen Bereich, mit einer Stärke von 0,10 m - 0,67 m und mit einem Feinanteil von < 5 % meist als leicht verschmutzt oder sauber eingeschätzt. Die Schichtdicke der verunreinigten Mischzone variiert zwischen 0,36 m - 0,56 m. Der mittlere Feinkornanteil liegt bei 20 % - 30 %. Gemäß Bohrmeisterangaben ist die Mischzone als überwiegend verschmutzt aber reinigungsfähig 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
33,732	KRB 1	0,69	0,54	20-30	Ja
33,779	KRB 2	0,67	---	20-30	Ja
33,782	KRB 3	0,47	0,37	20-30	Ja
33,827	KRB 4	0,64	0,54	20-30	Ja
34,339	KRB 5	0,76	0,56	20-30	Ja
34,369	KRB 6	0,59	0,39	20-30	Ja
34,413	KRB 7	0,61	0,36	20-30	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 - und weitgestuften Sanden der Bodengruppen [SE, SW] sowie aus gemischtkörnigen schwach schluffigen Sanden bzw. schluffigen bis tonigen Sanden der Bodengruppe [SU, SU*, ST*]. Lokal wurde unterhalb der aufgefüllten Sande, aufgefüllter, steifer, leichplastischer Ton [TL] mit einer erkundeten Mächtigkeit von 0,5 m angetroffen. Die erkundete Mächtigkeit der grob - und gemischtkörnigen Auffüllungen variiert zwischen 1,89 m (KRB 7) und 2,53 m (KRB 3).

Die Lagerungsdichte der aufgefüllten Sande und Kiese wird vom Bohrmeister aufgrund des Bohrfortschritts als teilweise locker bis überwiegend mitteldicht angegeben.

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	Gemischtkörnige Sande	Ton
Bodenart	[SW, SE]	[SU, SU*, ST*]	[TL]
Bodengruppe nach DIN 18196	[SW, SE]	[SU, SU*, ST*]	[TL]
Kornanteil $d \leq 0,063$ mm [%]	4,70 [SE]	4,70...15,01	>40,0
Kornanteil $d \geq 2,0$ mm [%]	26,80 [SE]	0,1...31,40	---
Ungleichförmigkeitszahl U [-]	5,59 [SE]	4,21...13,11	---
Lagerungsdichte	locker - mitteldicht	locker - mitteldicht	---
Konsistenz (handspezifiziert)	---	---	steif
Durchlässigkeitswert k_f [m/s]			
nach USBR/Bialas, Beyer	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4} \dots 8,6 \cdot 10^{-5}$	---
Erfahrungswerte	$10^{-2} \dots 10^{-5}$	$10^{-4} \dots 10^{-8}$	$10^{-8} \dots 10^{-10}$
Durchlässigkeit nach DIN 18 130	sehr stark durchlässig bis durchlässig	durchlässig bis sehr schwach durchlässig	sehr schwach durchlässig
Bodenklasse nach DIN 18 300 **)	3	3 [SU] 4 [SU*, ST*]	4
Frostempfindlichkeit nach ZTVE - StB 09	F1	F 1- F2 [SU] F3 [SU*, ST*]	F3

*) 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 3520, im Februar 2015 wurde kein Grundwasser angeschnitten. Die punktuell erkundeten schluffigen und tonigen Sande [SU*, ST*] und 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.

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 und Gradientenanhebungen der o.g. Strecke werden aufgrund der Lage im Bestandsgleisfeld in das Kriterium „Verbesserung“ und die Einstufung VzG: $80\text{km/h} < v \leq 160\text{ km/h}$ gemäß Ril 836.4101A01 Tabelle 1 und 2 eingeordnet. Die zukünftige Gleisbelastung beträgt gemäß Planangaben /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 836.4101A01 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

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	$I_c \geq 0,75$ (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 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 $D_{Pr} \geq 0,98$

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 gemäß Trassierungsentwurf /U 2/ bei der Strecke 3520 zwischen km 33,963 - km 33,862 von einer Gradientenerhöhung von ca. 0,04 m bis zu 0,31 m ausgegangen. Die Erhöhung umfasst ebenfalls die in die Strecke integrierten Weichen Kr 987, (inkl. W 991, W 990, W 621, W 656).

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/, ≤ 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 und Streckenabschnitt:

- Weichenneubau Kr 987, (inkl. W 991, W 990, W 621, W 656)
- Strecke 3520, Streckenabschnitt km 33,693 - km 33,862
- Strecke 3520, W 998 und W 999

Ausgangssituation:

maßgebende Bodenart	Auffüllungen, Kiese Sande, weitgestuft, schwach schluffig,
Bodengruppe nach DIN 18196	A [SU]
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 94	F1 - F2
Hydrologischer Fall nach Ril 836.4101A05	1/2
Berechnungsmodul E_H [MN/m²] nach Ril 836.4101A05, Bild A 5.1 und Erfahrungen	50 MN/m²

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

Minstdicke 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.

Einschätzung:

Die maßgebende Bodenart sind im gesamten Untersuchungsgebiet die schwach schluffigen Sande [SU]. Diese Böden sind nur gering frostempfindlich und erfüllen die geforderten Tragwerte an das Planum nach Nachverdichtung. Die gemäß Tabelle 4 geforderten Werte an die OK Tragschicht werden aufgrund der Anforderungen infolge der hohen Radsatzlasten erfahrungsgemäß ohne Zusatzmaßnahmen nicht erreicht.

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 0,30 m bemessen.

Aus geotechnischer Sicht sind folgende weitere Maßnahmen erforderlich:

- Vollständiger Ausbau des Schotters und des Bodens bis 1,0 m unter geplanter SO, (gemäß Trassierungsentwurf /U 2/),
- Verdichtung und Prüfung der Tragfähigkeit des Planums nach Tab. 4,
- Einbau einer 0,30 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.

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 Sickertraumes 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, grobkörnig	[SE, SW]	$1,6 \cdot 10^{-4}$ [SE]	$3,2 \cdot 10^{-5}$ [SE]	versickerungsfähig
		$10^{-2} \dots 10^{-5}$ [SW]	$10^{-2} \dots 10^{-5}$ [SW]	
Auffüllung, Sand, gemischtkörnig	[SU, SU*, ST*]	$1,8 \cdot 10^{-4} \dots 8,6 \cdot 10^{-5}$	$3,6 \cdot 10^{-5} \dots 1,7 \cdot 10^{-5}$	versickerungsfähig
Auffüllung, Ton	[TL]	$10^{-8} \dots 10^{-10}$	$10^{-8} \dots 10^{-10}$	sehr schwach versickerungsfähig

Die lokal vorkommenden schluffigen bis tonigen Sande [SU*, ST*] und Tone [TL] sind erfahrungsgemäß als schwach versickerungsfähig und die Tone als sehr schwach versickerungsfähig einzustufen. Auf diesen Schichten kann es zeitweise zu Schicht- bzw. Stauwasserbildung kommen. Die erkundeten aufgefüllten, grob- und gemischtkörnigen Sande [SE, SW, SU] sind versickerungsfähig. Aufgrund der nur lokal vorkommenden schluffigen und tonigen Sande, kann der Wasserdrang durch Regenspender im Untersuchungsgebiet direkt versickern.

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 Darstellung der Abfalltechnischen Untersuchungen

4.1 Probenahme / Untersuchungen

Für den Wiedereinbau bzw. die Entsorgung sind umweltanalytische Laborversuche gemäß LAGA 20 erforderlich. Damit sind durch die Bestimmung der Zuordnungswerte (Z 0 bis Z 5) zwischen

- uneingeschränktem Einbau (Z 0),
- eingeschränkt offenen Einbau (Z 1) und
- eingeschränkt offenen Einbau mit technischen Sicherungsmaßnahmen (Z 2)

Wiederverwendungsmöglichkeiten aus umweltrelevanter Sicht vorgegeben. Bei Überschreitung des Z 2 - Wertes sind Einbau und Ablagerung in Deponien nach weiteren Untersuchungen erforderlich.

Die Entnahme, die Analyse und Bewertung der Proben erfolgte auf der Grundlage der der Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA); Anforderungen an die stoffliche Verwendung von mineralischen Reststoffen/Abfällen, Technische Regeln und dem Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“, Hessen /U 14/, sowie auf Grundlage der durch die Landesregierung festgelegten Herbizidgrenzwerte gemäß /U 15/.

Tabelle 6: Zusammenstellung Probenahme / Untersuchungsumfang

Aufschluss	Tiefe [m]	Material	Mischprobe	Untersuchungs- umfang
MP1 KRB 1- 4	0,47 - 1,30 (c- Horizont)	organoleptisch auffallende Auffüllungsprobe	15-045755-01	LAGA Boden Feststoff + Eluat

MP2 KRB 5 - 7	0,59 - 1,70 (c- Horizont)	organoleptisch auffallende Auffüllungsprobe	15-045755-02	LAGA Boden Feststoff + Eluat
MP3 KRB 1- 4	0,47 - 1,30 (c- Horizont)	organoleptisch auffallende Auffüllungsprobe	15-045757-01	Herbizidpaket Hessen

4.2 Untersuchungsergebnisse

Die folgenden Schadstoffbelastungen wurden labortechnisch analysiert und daraus die Zuordnungswerte gemäß den Grenzwerten nach LAGA bzw. dem Merkblatt Hessen abgeleitet:

Tabelle 7: Ergebnisse Umweltanalytik Boden gemäß LAGA

Aufschluss	Probennummer	Zuordnungswert Z	maßgebende Parameter Feststoff/ Eluat
MP1	15-045755-01	Z 1.1	Quecksilber (Feststoff)
MP2	15-045755-02	Z 1.2	Arsen (Eluat)

Die Analyse der Mischprobe aus den Auffüllungen MP 1 ergibt nach LAGA Boden eine Einstufung des Auffüllungsmateriales in die Zuordnungs-klasse **Z 1.1** und für die Mischprobe MP 2 eine Zuordnungs-klasse von **Z 1.2**.

Die Analyseergebnisse und Auswertung der chemischen Untersuchung durch die Fa. Wessling GmbH sind im Einzelnen der Anlage 5 zu entnehmen.

Tabelle 8: Ergebnisse Umweltanalytik Herbizide gemäß /U 15/

Aufschluss	Probennummer	Zuordnungswert Z	maßgebende Parameter Eluat
MP3	15-045757-01	Z 1.2	Summe AMPA, Glyphosat

4.3 Verwertung / Entsorgung

Die Verwertung / Entsorgung der Bodensubstanz richtet sich nach den für die Einbauklassen angegebenen Zuordnungswerten gemäß Mitteilung der LAGA 20 und den Merkblättern des Landes Hessen/U 14/.

Bodenmaterial mit einem Zuordnungswert **Z 1.2** entsprechen der Einbauklasse „eingeschränkter offener Einbau in hydrologisch günstigen Gebieten“ und können unter Berücksichtigung bestimmter Nutzungseinschränkungen nach LAGA wiedereingebaut werden.

Abfallschlüssel nach/U 12/: *nicht überwachungsbedürftiger Abfall, 17 05 04 = Boden mit Ausnahme desjenigen, der unter 17 05 03 fällt*

Bodenmaterial mit einem Zuordnungswert **Z 1.1** entsprechen der Einbauklasse „eingeschränkter offener Einbau in hydrologisch ungünstigen Gebieten“ und können unter Berücksichtigung bestimmter Nutzungseinschränkungen nach LAGA wiedereingebaut werden.

Abfallschlüssel nach/U 12/: *nicht überwachungsbedürftiger Abfall, 17 05 04 = Boden mit Ausnahme desjenigen, der unter 17 05 03 fällt*

Zur Qualitätssicherung ist der Einbau bzw. die Verwertung/Beseitigung von Material ab einem Wert > Z 1.1 zu dokumentieren. Zu Vorgaben für die Dokumentation siehe Tabelle I.8-1 aus den Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA).

Grundsätzlich sind Verwertung und Beseitigung als Entsorgungsmöglichkeiten zu unterscheiden. Den Maßgaben des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes entsprechend, ist eine Verwertung einer Beseitigung vorzuziehen.

Eine Verwertung durch dafür zugelassene Unternehmen ist zu empfehlen. Die Abwicklung der Entsorgung des Altschotter und des Bodens ist durch die bahneigene Materialentsorgung durchführen zu lassen.

5 Zusammenfassung / Schlussbemerkungen

Im vorliegenden geotechnischen Bericht sind die Baugrundverhältnisse und deren Bewertung für die geplante Weichen und der Gradientenanhebung 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 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 der Einbau einer 30 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