



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

NUR ZUR INFORMATION

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

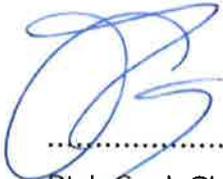
Geotechnischer Bericht

- Bauvorhaben: Ausbau des Knotens Frankfurt(M)-Sportfeld, 2. Ausbaustufe
- Teilobjekt: Dammanschüttung ~~km 75,95—km 76,10, Strecke 4010~~
km 2,400 - km 2,650, Strecke 3657
- Leistungsphase: ~~Entwurfsplanung~~ Genehmigungsplanung
- Auftraggeber: DB ~~ProjektBau GmbH~~ Netz AG
Regionalbereich Mitte
~~BV-MI-P (4-8-T) I.ING - MG - F(1)~~
Hahnstraße ~~52-49~~
60528 Frankfurt (Main)
- Auftragsnummer: ~~PF-3-0368-01~~ BG 00217 P
- Bearbeiter: Dipl.-Geol. Ch. Josenhans

~~Dieser geotechnische Bericht umfasst 26 Seiten und 6 Anlagen und darf auszugsweise nicht veröffentlicht werden.~~
Dieser geotechnische Bericht umfasst 26 Seiten und 6 Anlagen und darf auszugsweise nicht veröffentlicht werden.

Frankfurt, ~~25.02.2011~~ 05.08.2016


.....
Dipl.-Ing. Ch. Sielisch


.....
Dipl.-Geol. Ch. Josenhans



Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Einleitung	4
1.1	Unterlagen	4
1.2	Vorgang / Aufgabenstellung	6
1.3	Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen	6
2	Darstellung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse	8
2.1	Beschreibung der örtlichen Verhältnisse	8
2.2	Geologische Situation	9
2.3	Baugrundverhältnisse - Schichtenaufbau und Kennwerte	10
2.4	Hydrologische Verhältnisse	12
2.5	Baugrundmodell	13
2.6	Bodenrechenwerte	14
2.7	Rammfähigkeit des Untergrundes	15
3	Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen	17
3.1	Dammanschüttung	17
3.1.1	Allgemeines	17
3.1.2	Dammschüttmaterialien nach Ril 836	18
3.1.3	Herstellung Erdbauwerk bis OK Planum	18
3.1.4	Standsicherheit	19
3.1.5	Schwingstabilität	19
3.2	Tragschichtsystem	20
3.2.1	Anforderungen an das Tragschichtsystem	20
3.2.2	Bemessung des Tragschichtsystem	21
3.2.3	Materialanforderungen	23
3.2.4	Abnahmekriterien	24
3.3	Entwässerung / Versickerungsfähigkeit	24
3.4	Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen	25
4	Zusammenfassung / Schlussbemerkungen	26



Anlagenverzeichnis

Anlage 17.2.1	Abkürzungsverzeichnis	1 Blatt
Anlage 17.2.2	Lage- und Anschlusspläne	1 Blatt
Anlage 17.2.3	Bohr-/Sondierprofile und Rammdiagramme	1 Blatt
Anlage 17.2.4	Bodenmechanische Laborergebnisse	
Anlage 17.2.4.1	Körnungslinien	2 Blatt
Anlage 17.2.5	Kampfmittelfreimessung	6 Blatt
Anlage 17.2.6	Fotodokumentation	2 Blatt



1 Einleitung

1.1 Unterlagen

Zur Ausarbeitung dieses Geotechnischen Berichtes standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- /U 1/ Leistungsvereinbarung (LV) 3-E-20-0029 vom 16.04.2013 auf Grundlage unseres Angebotes ID35829 vom 03.01.2013.
- /U 2/ Genehmigungsplanung Lageplan GP-0303-VA-LP-03-0 und GP-0404-VA-LP-04-0 von DB ProjektBau GmbH, Stand: März 2012 mit Erläuterungen.
- /U 3/ Geotechnischer Bericht; Ausbau des Knotens Frankfurt(M)-Sportfeld, 2. Ausbaustufe, Dammanschüttung, km 75,95 - 76,10; Entwurfsplanung DB International GmbH vom 25.02.2011.
- /U 4/ Email von Herrn BÜchse, DB ProjektBau GmbH, Frankfurt, bzgl. Radsatzlasten im Untersuchungsgebiet Knoten Frankfurt vom 19.03.2014.
- /U 5/ Email von Herrn BÜchse, DB ProjektBau GmbH, Frankfurt, bzgl. den Vorgaben der Wasserbehörde und einem Ausschnitt der Grundwasserhöhenkarte von 1884 vom 16.04.2014.
- /U 6/ Ergebnisse der Aufschlussarbeiten der Fa. Umweltgeotechnik GmbH, Nov. 2010 bis Jan. 2011.
- /U 7/ Ergebnisse der Aufschlussarbeiten der Fa. Wendt, Aug. 2013
- /U 8/ Laborergebnisse der DB International GmbH, Baugrund, Nov. 2010 bis Jan. 2011.
- /U 9/ Geologische Karte von Hessen, Blatt 5917 Kelsterbach, 3. neu bearbeitete Auflage, Maßstab 1:25.000; Herausgeber: Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden 1980.
- /U 10/ Hydrologisches Kartenwerk, Hessische Rhein- und Mainebene, Grundwasserhöhengleichenplan vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie, Maßstab 1:50.000, Stand: 10/2009.
- /U 11/ Datenauszug zu Grundwassermessstellen vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie und der HESSENWASSER GMBH & CO. KG - MONITORING UND GRUNDWASSERMESSSTELLEN, Stand: Sept. 2010.
- /U 12/ Ril 836 Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten, 3. Aktualisierung, 01.03.2014.
- /U 13/ Arbeitsblatt DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“, Stand: 05/2005.
- /U 14/ DBS 918 062 Technische Lieferbedingungen Korngemische für Trag- und Schutzschichten zur Herstellung von Eisenbahnfahrwegen, Juli 2007.
- /U 15/ Technische Mitteilung - als Handlungsanweisung gemäß Konzernrichtlinie 138.0202 - zum Geotechnischen Ingenieurbau Nr. 304/2003/012: „Anwendererklärung Ril 836: Einbau von Schutzschichten auf Strecken des Bestandsnetzes“, vom 01.06.2004.
- /U 16/ Handbuch der Erdbauwerke der Bahnen, 1. Auflage 2004, Verfasser: Göbel, C., Lieberenz, K.
- /U 17/ Email von Herrn Kauck, DB ProjektBau GmbH, Frankfurt, bzgl. Gleislagefehler, Geschwindigkeit und Instandhaltungsaufwand vom 13.01.2011.



- /U 18/ ZTVE-StB 09 Zusätzliche Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Fassung 2009.
- /U 19/ EAB 2012 - Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“; Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., 4. Auflage; Verlag Ernst & Sohn, 2012.
- /U 20/ Grundbau-Taschenbuch, Teil 2: Geotechnische Verfahren, 7. Auflage, Witt, K. J., Verlag Ernst & Sohn, 2009.
- ~~/U 21/ Bestellung 0086/VEW/22669874 vom 10.08.2010 zum Vertrag 0016/RA8/92166128 vom 06.08.2010 auf Grundlage unseres Angebotes ID30616 vom 19.07.2010.~~
- ~~/U 22/ Vorplanung Lagepläne LP21A, 22A, 23A, 04A und 05A, von DB ProjektBau GmbH, Stand: Juli 2004 / Okt. 2009 / Aug. 2010.~~
- ~~/U 23/ Ergebnisse der Aufschlussarbeiten der Fa. Umweltgeotechnik GmbH, Nov. 2010 bis Jan. 2011.~~
- ~~/U 24/ Laborergebnisse der DB International GmbH, Baugrund, Nov. 2010 bis Jan. 2011.~~
- ~~/U 25/ Geologische Karte von Hessen, Blatt 5917 Kelsterbach, 3. neu bearbeitete Auflage, Maßstab 1:25.000; Herausgeber: Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden 1980.~~
- ~~/U 26/ Hydrologisches Kartenwerk, Hessische Rhein und Mainebene; Grundwasserhöhengleichenplan vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie, Maßstab 1:50.000, Stand: 10/2009.~~
- ~~/U 27/ Datenauszug zu Grundwassermessstellen vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie und der HESSENWASSER GMBH & CO. KG MONITORING UND GRUNDWASSERMESSSTELLEN, Stand: Sept. 2010.~~
- ~~/U 28/ Ril 836 Erdbauwerke planen, bauen und instand halten, Fassung vom 01.10.2008.~~
- ~~/U 29/ Arbeitsblatt DWA A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“, Stand: 05/2005.~~
- ~~/U 30/ DBS 918 062 Technische Lieferbedingungen Korngemische für Trag- und Schutzschichten zur Herstellung von Eisenbahnfahrwegen, Juli 2007.~~
- ~~/U 31/ Technische Mitteilung als Handlungsanweisung gemäß Konzernrichtlinie 138.0202 zum Geotechnischen Ingenieurbau Nr. 304/2003/012: „Anwendererklärung Ril 836: Einbau von Schutzschichten auf Strecken des Bestandsnetzes“, vom 01.06.2004.~~
- ~~/U 32/ Handbuch der Erdbauwerke der Bahnen, 1. Auflage 2004, Verfasser: Göbel, C., Lieberenz, K.~~
- ~~/U 33/ Email von Herrn Kauck, DB ProjektBau GmbH, Frankfurt, bzgl. Gleislagefehler, Geschwindigkeit und Instandhaltungsaufwand vom 13.01.2011.~~

Außerdem kommen die gegenwärtig gültigen DIN-Normen und Richtlinien für Erd- und Grundbau zur Anwendung.



1.2 Vorgang / Aufgabenstellung

Der Ausbau des Knotens Frankfurt(Main)-Sportfeld ist ein Teilprojekt der Gesamtmaßnahme Frankfurt RheinMain^{plus}. Der Knoten Frankfurt(Main)-Sportfeld soll in der 2. Ausbaustufe im Streckenabschnitt zwischen Frankfurt(Main)-Sportfeld und Frankfurt(Main)-Gutleuthof durch zwei zusätzliche Fernverkehrsgleise ausgebaut werden.

Im Bereich zwischen ~~km 75,950 bis km 76,100~~ km 2,400 bis km 2,650 wird für den Neubau der Strecke ~~4010 3657~~ der bestehende Damm abgetragen und durch eine flachere Dammanschüttung ersetzt.

Die DB ~~International~~ Engineering & Consulting GmbH, Baugrund wurde auf der Grundlage der Bestellung /U 21/ mit der Erkundung, Darstellung und Bewertung der Baugrundverhältnisse im Untersuchungsbereich der geplanten Dammanschüttung, einschließlich Angabe bodenmechanischer Kennwerte und baugrundtechnischer Empfehlungen beauftragt.

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

Nachfolgend werden die Untersuchungsergebnisse für die Dammanschüttung dargestellt und bewertet. Die abfalltechnische Beurteilung erfolgt in einem separaten Bericht.

1.3 Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen

Während des Streckenbegangs durch Mitarbeiter der DB ~~International~~ Engineering & Consulting GmbH vom 06.-08.10.2010 wurden durch die Fa. Geolog die Ansatzpunkte der Rammsondierungen nach Vorgabe des RP Darmstadt auf Kampfmittelverdacht hin untersucht und freigemessen. Das Freimessprotokoll der Radarmessungen ist in Anlage 17.2.5 beigefügt.

Die Aufschlussarbeiten im Bereich der Dammverbreiterung wurden durch die Firma Umweltgeotechnik GmbH vom 19.10.2010 bis 06.01.2011 ausgeführt. ~~Zusätzlich erfolgten zwei weitere Erkundung durch die Firma Wendt zwischen dem 01.08. und 05.08.2013.~~

Unter Berücksichtigung der neuen Trassenführung wurden im Bereich der geplanten Dammanschüttung drei Kleinbohrungen (RKS; $\varnothing = 60$ mm) bis maximal 10,0 m unter Geländeoberkante (GOK) ausgeführt und durch leichte und schwere Rammsondierungen (DPL-5, DPH) bis maximal 13,90 m unter GOK ergänzt. ~~Durch die unmittelbare Nähe der Erkundungsstandorte zum Neubau EÜ Waldfriedstraße werden teilweise die Ergebnisse aus~~

~~den Aufschlüssen zu diesem Brückenbauwerk zur Bewertung der Bodenverhältnisse im Bereich der Dammschüttung herangezogen.~~

Die schwere Rammsondierung im Dammbereich/Böschungsschulter (Nr. 69) konnte aufgrund unzureichender Platzverhältnisse bzw. schlechter Zugangsmöglichkeiten nicht ausgeführt werden. Nach Rücksprache mit dem AG ist diese durch eine leichte Rammsondierung (DPL-5) ersetzt worden.

Für die Klärung der Kabel- und Leitungsfreiheit wurde vor Bohrbeginn ein Schurf je Ansatzpunkt ausgeführt.

Die Aufschlüsse S/RKS 65, S/RKS und DPH 73 mussten aufgrund eines zu hohen Eindringwiderstandes vorzeitig abgebrochen werden.

Die Aufschlüsse stellen sich geordnet nach steigendem Kilometer im Einzelnen wie folgt dar:

Tabelle 1: Übersicht der durchgeführten Aufschlüsse

km	Aufschluss	Lage	Ansatzhöhe [m-NN]	Endtiefe [m-NN]	Aufschlusstiefe [m]
6,450 ³⁾	S/RKS 58	22,30 m r.d.GA	101,77	91,77	10,00
6,450 ³⁾	DPH 58	22,30 m r.d.GA	101,77	87,87	13,90
6,515 ³⁾	S/RKS 65	18,00 m r.d.GA	99,57	93,97	5,60 ²⁾
6,515 ³⁾	DPH 65	18,00 m r.d.GA	99,57	91,57	8,00
6,635 ³⁾	S/RKS 69	9,0 m r.d.GA	104,56	98,56	8,00
6,635 ³⁾	DPL 5-69	9,0 m r.d.GA	104,56	98,56	8,00
6,650 ³⁾	S/RKS 73	9,0 m r.d.GA	105,40	96,64	8,40 ²⁾
6,650 ³⁾	DPH 73	9,0 m r.d.GA	105,40	95,84	9,20 ²⁾

Bauwerk Nr. [neu]	Kilometer [km]	Aufschluss	Lage	Ansatz- höhe [m NHN]	Endtiefe [m NHN]	Aufschluss- tiefe [m]
1.2	6,450 ¹⁾	S/RKS 58	22,30 m r.d.GA	101,77	91,77	10,00
	6,450 ¹⁾	DPH 58	22,30 m r.d.GA	101,77	87,87	13,90
	6,515 ¹⁾	S/RKS 65	18,00 m r.d.GA	99,57	93,97	5,60 ²⁾
	6,515 ¹⁾	DPH 65	18,00 m r.d.GA	99,57	91,57	8,00
	6,585 ¹⁾	S/RKS 29-2	15,00 m r.d.GA	99,04	93,04	6,00
	6,585 ¹⁾	DPH 29-2	15,00 m r.d.GA	99,14	93,14	6,00
	6,635 ¹⁾	S/RKS 69	9,0 m r.d.GA	104,56	98,56	8,00
	6,635 ¹⁾	DPL-5 69	9,0 m r.d.GA	104,56	98,56	8,00
	6,650 ¹⁾	S/RKS 73	9,0 m r.d.GA	105,40	96,64	8,40 ²⁾



	6,650 ¹⁾	DPH 73	9,0 m r.d.GA	105,40	95,84	9,20 ²⁾
--	---------------------	--------	--------------	--------	-------	--------------------

S...Schurf, RKS...Kleinbohrung, DPH...schwere Rammsondierung, DPL-5...leichte Rammsondierung mit einer Sondierspitze A=5cm², l./r. d. GA...links/rechts der Gleisachse

¹⁾ bezogen auf Streckengleis 3624

²⁾ vorzeitiger Abbruch, zu hoher Eindringwiderstand

Alle Ansatzpunkte wurden nach Lage und Höhe auf m NN des DB Referenznetzes und die Gleisachse des nächstgelegenen Streckengleises eingemessen. Die Entnahme von Bodenproben erfolgte je lfd. Meter bzw. bei Schichtenwechsel. Die einzelnen, auf Bohrmeisterangaben beruhenden, handschriftlichen Schichtenverzeichnisse /U 23/ können bei Bedarf im Archiv der DB [International Engineering & Consulting GmbH](#), Baugrund eingesehen werden. Die Lage der Aufschlüsse ist aus Anlage 17.2.2 ersichtlich. Die Baugrundprofile sind bezogen auf m NN in der Anlage 17.2.3 dargestellt.

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

- 2x Nass-/Trockensiebung nach DIN 18123.

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen können der Anlage 17.2.4 entnommen werden.

Weiterhin sind chemische Laboruntersuchungen an Bodenproben aus dem Bereich der Dammanschüttung und des Brückenbauwerks durchgeführt worden. Die umweltanalytischen Untersuchungen werden in einem separaten Bericht dargestellt und ausgewertet.

2 Darstellung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse

2.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse

Der Untersuchungsbereich befindet sich im bahnrchten Bereich zwischen der bestehenden EÜ Golfstraße und ~~der geplanten EÜ Waldfriedstraße~~ dem km 2,4 der Neubaustrecke 3657. Der gesamte Untersuchungsbereich liegt derzeit in Dammlage. Die Böschungen des Bestandsdammes sind stark bewachsen. Die Gleistrasse verläuft im Untersuchungsgebiet durch den Frankfurter Stadtwald.



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 Mainzerbecken 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 Kiesel-schiefer 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 Kiesel-schiefer 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

Unter Auffüllungen folgen Hochflutablagerungen sowie quartäre Sande. Durch die Umlagerungsprozesse, bedingt durch den Main, ist eine klare Abgrenzung zwischen pleistozänen und holozänen Hochflutablagerungen nur bedingt möglich. Ein ausgeprägter Horizont ist hier nicht feststellbar.

Auffüllungen

Mit den ausgeführten Kleinbohrungen sind beginnend ab Geländeoberkante rollige Auffüllungen erkundet worden.

Die rolligen Auffüllungen stellen sich als grob- bis gemischtkörnige weit- bis enggestufte und schwach schluffige bis schluffige **Fein- und Mittelsande**, mit kiesigen und steinigen Bestandteilen dar. Am Ansatz der S/RKS 73 wurde auch ein schwach schluffiger, sandiger, **Kies** erkundet. Darüber hinaus sind die aufgefüllten Sande und Kiese mit Betonresten, Schlacke und Holzresten durchsetzt. Nach DIN 18196 werden die Auffüllungen den Bodengruppen [SW, SE, SU, SU*, GU] zugeordnet. Die Schichtdicke in den Kleinbohrungen am Dammfuss schwankt zwischen 1,1-6,0 m. Die Lagerungsdichte der rolligen Auffüllungen im Untersuchungsgebiet ist gemäß den Ergebnissen der leichten und schweren Rammsondierungen als locker bis mitteldicht einzuschätzen. Die Unterkante der Auffüllungen liegt zwischen 98,47...100,94 m NN.

Anstehender Boden

Unterhalb der Auffüllungen folgen die quartären Hochflutablagerungen und die Mainterrassen als anstehende Böden.

Hierbei handelt es sich zunächst um **Hochflutsande**. Die Hochflutsande stellen sich im Untersuchungsgebiet als schwach schluffige und enggestufte Fein- und Mittelsande, mit schwach kiesigen bis kiesigen Anteilen der Bodengruppen SU, SE dar. Die Lagerungsdichte dieser rolligen Böden ist im Ergebnis der Rammsondierungen als mitteldicht bis dicht zu bewerten.

Die Schichtmächtigkeit liegt zwischen 1,1-3,8 m. Die Kleinbohrung S/RKS 65 endet in den Hochflutsanden bei 5,6 m unter GOK (93,97 m NN). Die Unterkante der Hochflutsande liegt zwischen 93,97...97,24 m NN.



Die **Mainterrassen** stellen sich im Untersuchungsgebiet als eng- und intermittierend gestufte, kiesige, schwach steinige Mittel- bis Grobsande dar. Vereinzelt sind in den Sanden Sandsteinstücke eingelagert. Gemäß DIN 18186 können diese Böden im Untersuchungsgebiet den Bodengruppen SE, SI zugeordnet werden. Die Lagerungsdichte der Sande ist gemäß der schweren Rammsondierungen als mitteldicht bis dicht zu bewerten. Die Schichtmächtigkeit der Terrassenablagerungen ist mit den Erkundungen zwischen 0,6-4,9 m eingemessen worden, die Unterkante liegt zwischen 8,4 m - 10,0 unter GOK (91,77...96,64 m NN). Die Kleinbohrungen RKS 58 und RKS 73 enden in den quartären Sanden bei 8,4 m bzw. 10,0 m unter GOK (91,77...96,64 m NN).

Den erkundeten Böden lassen sich die in der nachfolgenden Tabelle 2 enthaltenen Kennwerte (Laboruntersuchung an repräsentativen Einzelproben - Einzel- bzw. Mittelwerte - sowie regionale Erfahrungswerte) zuordnen.

Tabelle 2: Bodenkennwerte und Zuordnungen

	Auffüllung	Anstehender Boden	
		Hochflut	Terrasse
Bezeichnung	Sand/Kies	Sand	Sand
Bodengruppe nach DIN 18196	[SW, SE, SU, SU*, GU]	SE, SU	SE, SI
Kornanteil d ≤ 0,063 mm [%]	7 [SU]	---	4 (SE)
Kornanteil d > 2,0 mm [%]	29 [SU]	---	25 (SE)
Ungleichförmigkeitszahl U [-]	5,19 [SU]	---	3,76 (SE)
Lagerungsdichte	locker...mitteldicht	mitteldicht...dicht	mitteldicht...dicht
Durchlässigkeitswert k _f [m/s]			
nach Beyer, USBR/Bialas	1,6*10 ⁻⁴ [SU]	---	5,2*10 ⁻⁴ (SE)
Erfahrungswerte	10 ⁻³ ...10 ⁻⁵ 10 ⁻⁵ ...10 ⁻⁷ [SU*]	10 ⁻⁴ ...10 ⁻⁶ (SU) 10 ⁻³ ...10 ⁻⁵ (SE)	10 ⁻³ ...10 ⁻⁵
Durchlässigkeit nach DIN 18 130	stark bis schwach durchlässig	stark durchlässig bis durchlässig	stark durchlässig bis durchlässig
Bodenklasse nach DIN 18 300 *)	3 [SW, SE, SU, GU] 4 [SU*]	3	3
Frostempfindlichkeit nach ZTVE - StB 09	F1 [SE, SW] F1 - F2 [SU, GU] F3 [SU*]	F1 (SE) F1 - F2 (SU)	F1

Die Tabellenwerte sind Einzelergebnisse, keine Mittelwerte.



*) in Abhängigkeit vom Steinanteil auch höher.

2.4 Hydrologische Verhältnisse

Die Aufschlussarbeiten wurden von Oktober 2010 bis Januar 2011 durchgeführt. Mit den ausgeführten Erkundungen sind die in Tabelle 3 aufgezeigten Wasserstände eingemessen worden.

Tabelle 3: Wasserstände

Aufschluss	Wasseranschnitt [m u. GOK]	Wasseranschnitt nach Bohrende [m u. GOK]	Wasseranschnitt nach Bohrende [m NN]	Datum
RKS 58	5,10	—	96,67	25.10.2010

Aufschluss	Wasseranschnitt [m u. GOK]	Wasseranschnitt nach Bohrende [m u. GOK]	Wasseranschnitt nach Bohrende [m NHH]	Datum
RKS 58	5,10	---	96,67	25.10.2010
RKS 29-2	4,32	---	94,72	05.08.2013

Mit der Kleinbohrung S/RKS 58 ist der Wasserstand mit 96,67 m NN eingemessen worden.

Die erkundeten aufgefüllten grobkörnigen Sande und Kiese sind überwiegend gut wasserdurchlässig. Die aufgefüllten gemischtkörnigen schluffigen Sande weisen geringere Durchlässigkeiten auf. Auf diesen Schichten ist mit Stau- bzw. Schichtenwasser zu rechnen. Die mit den Kleinbohrungen angetroffenen Mainterrassen weisen eine gute Durchlässigkeit auf.

Im Rahmen einer Recherche zu Grundwassermessstellen zum Projekt Umbau Knoten Frankfurt wurden beim Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie und bei der HESSENWASSER GMBH & Co. KG - MONITORING UND GRUNDWASSERMESSTELLEN die Wasserstände zu Grundwassermessstellen entlang der Bahntrasse abgefragt (~~(U 26/ und U 27/)~~ (U 26/ und U 27/)). Diese sind nachrichtlich in Tabelle 4 aufgelistet.

Tabelle 4: Wasserstände zu Grundwassermessstellen

Messstelle	Rechtswert	Hochwert	GOK [m NN]	Wasserstand [m GOK]			Wasserstand [m NN]		
				min	max	MW	min	max	MW
G03090	3473726,4	5548109,9	109,65	12,4	16,5	14,5	93,3	97,4	95,3
G04450	3474297,5	5548331,3	108,55	11,9	14,6	13,3	94,0	96,6	95,3
G04500	---	---	95,37	2,7	4,8	3,8	90,6	92,7	91,6
G00740	---	---	99,51	4,1	6,8	5,5	92,7	95,4	94,0
G05190	---	---	109,77	13,8	15,6	14,7	94,2	95,9	95,1



Schicht 10: Terrassensande Mächtigkeit: 0,6-4,9 m

- Mittel- bis Grobsand, eng- und intermittierend gestuft, kiesig, Sandsteinstücke
- mitteldichte Lagerung (**Schicht 10.1.2**)
dichte Lagerung (**Schicht 10.1.3**)
- Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ **SE, SI**

2.6 Bodenrechenwerte

Den erkundeten Baugrundsichten werden aus den Laborversuchen und Erfahrungen für erdstatische Berechnungen folgende charakteristische Berechnungskennwerte zugeordnet:

Tabelle 5a: Bodenrechenwerte

Bodenart	Auffüllungen, rollig				
	[SE, SU]	[SE, SU]	[SE, SU]	[SU*]	[GU]
Bodengruppe nach DIN 18196					
Schicht-Nr.	1.2.1	1.2.2	1.2.3	1.3.2	1.4.1
Konsistenz, Lagerungsdichte	locker	mitteldicht	dicht	mitteldicht	locker
wirks. Reibungswinkel φ_k' [Grad]	30,0	32,5	35	30,0	30,0
wirks. Kohäsion c_k' [kN/m ²]	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
Wichte des feuchten Bodens γ_k [kN/m ³]	16,5	17,5	18,5	18,0	16,5
Wichte des Bodens unter Auftrieb γ_k' [kN/m ³]	9,0	10,0	11,0	10,0	9,0
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	10,0	20,0	40,0	15,0	12,0

Tabelle 5b: Bodenrechenwerte

Bodenart	Hochflutablagerungen	Terrassenablagerungen	
	SU, SE	SE, SI	SE
Bodengruppe nach DIN 18196			
Schicht-Nr.	5.1.2	10.1.2	10.1.3
Konsistenz, Lagerungsdichte	mitteldicht	mitteldicht	dicht
wirks. Reibungswinkel φ_k' [Grad]	32,5	32,5	35
wirks. Kohäsion c_k' [kN/m ²] ¹⁾	0,0	0,0	0,0
Wichte des feuchten Bodens γ_k [kN/m ³]	17,0	17,0	18
Wichte des Bodens unter Auftrieb γ_k' [kN/m ³]	9,5	9,5	10,5
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	20,0	45	75

2.7 Rammfähigkeit des Untergrundes

Eine Klassifizierung der Böden hinsichtlich ihrer Rammfähigkeit (z.B. nach DIN-Norm) gibt es nicht. Die nachfolgende Einschätzung basiert auf der Grundlage von Erfahrungen mit den erkundeten Bodenarten, Lagerungsdichten bzw. Konsistenzen und erfolgt in Anlehnung an Empfehlungen des Arbeitskreises Ufereinfassungen (EAU).

Tabelle 6: Rammfähigkeit

Schicht	Bodenart	Rammfähigkeit
1.2.1, 1.4.1	Auffüllung (Sand, Kies), locker	leicht bis mittelschwer
1.2.2, 1.3.2	Auffüllung (Sand), mitteldicht	mittelschwer
1.2.3	Auffüllung (Sand), dicht	mittelschwer bis schwer
5.1.2	Hochflut: Sand, mitteldicht	mittelschwer
10.1.2	Terrasse: Sand, mitteldicht	mittelschwer bis schwer
10.1.3	Terrasse: Sand, dicht	schwer bis sehr schwer

Auffüllung:

In aufgefüllten Böden ist generell mit Steinen, Blöcken, o.ä. zu rechnen, die die Rammfähigkeit des Untergrundes wesentlich verschlechtern können.

In Abhängigkeit der Ergebnisse der Rammsondierungen werden die Auffüllungen bei lockerer Lagerung (Schicht 1.2.1, 1.4.1) als leicht bis mittelschwer, bei mitteldichter Lagerung (Schicht 1.2.2, 1.3.2) als mittelschwer rammfähig und bei dichter Lagerung (Schicht 1.2.3) als mittelschwer bis schwer rammfähig eingeschätzt.

Hochflutablagerungen:

Die Sande werden in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte, bei mitteldichter Lagerung (Schicht 5.1.2) als mittelschwer rammfähig eingeschätzt.

Terrassenablagerungen:

Die Sande werden in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte bei mitteldichter Lagerung (Schicht 10.1.2) als mittelschwer bis schwer und bei dichter Lagerung (Schicht 10.1.3) als schwer bis sehr schwer rammfähig eingeschätzt.

Insgesamt ist der Baugrund unter den Auffüllungen vorwiegend als mittelschwer bis schwer rammfähig einzuschätzen. Insbesondere in den dicht gelagerten quartären Sanden sind Rammhilfen wie Spülen oder Vorbohren einzuplanen.



In aufgefüllten, locker gelagerten Sanden und Kiesen ist mit Verdichtungssetzungen beim Rammen zu rechnen. Ferner ist zu beachten, dass in den pleistozänen Böden der Schicht 10 aufgrund der geologischen Entstehung mit Findlingen (Steine und Blöcke) gerechnet werden muss.

Zu beachten ist außerdem, dass die enggestuften Hochflut- und Terrassensande generell sehr verlagerungsempfindlich und im Grundwasser **setzungsfließgefährdet** sind.

Zur Minimierung der Setzungsfließgefahr sollten folgende Grundsätze beachtet werden:

- Zur Verringerung der dynamischen Anregung des Bodens sollten möglichst erschütterungsarme Verfahren angewendet werden.
- Die Bohlen sollten nach Möglichkeit in einem Zug bis zur Endtiefe gerammt werden. Sofern ein Nachrammen vorgesehen ist, muss die Verweilzeit bis zum Rammen auf Endtiefe minimiert werden, um den „Festwachseffekt“ zu vermeiden.
- Es ist ein Rammgerät zu verwenden, das eine ausreichende Größe hat. Wird ein zu kleines Gerät verwendet, so dass kaum ein Rammfortschritt erzielt wird, wird die Rammenergie zum großen Teil in Schwingungsenergie umgesetzt, welche zur Verflüssigung des Bodens führen kann.
- Zur Vermeidung hoher Schwingenergien beim Ziehen der Bohlen sollten diese im Boden verbleiben.

Wir empfehlen, zur Auswahl der Rammtechnologie und Rammgeräte eine Fachfirma einzuschalten und Proberammungen vorzusehen. Die von uns vorgenommenen Einschätzungen zur Rammpbarkeit schließen nicht die Erfahrungen von Baufirmen bei der Durchführung von Rammarbeiten mit ähnlichen Baugrundverhältnissen aus.



3 Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen

3.1 Dammanschüttung

3.1.1 Allgemeines

Zu einem großen Teil verläuft die Bestandstrasse im Untersuchungsabschnitt auf Dämmen. Die Dammhöhe im Bereich von km ~~75,950-76,100~~ km 2,400 - 2,650 liegt bei ca. 8,0 - 10,0 m. Durch den geplanten Verlauf der Strecke ~~4010~~ 3657 unter dem „Kreuzungsbauwerk Gleisdreieck“ hindurch ist teilweise der Rückbau der bestehenden Gleisanlagen sowie des Dammes erforderlich. Der Neubau der Strecke ~~4010~~ 3657 verläuft am Dammfuss der bestehenden Gleisanlagen und wird zwischen ~~km 75,950 bis km 76,100~~ km 2,400 bis km 2,650 mittels einer neuen Dammanschüttung an das bestehende Gleisniveau herangeführt. Stützbauwerke, Stahlspundwände im Bereich der Böschungsschulter oder Böschungsaufsteilungen (z. B. mittels Vernagelung) waren in diesem Bereich nicht näher zu untersuchen. Die genauen Anschüttungsbreiten ergeben sich erst nach Fertigstellung der Detailplanung. Die neue Strecke 4010 wird in diesem Untersuchungsbereich mit einer Entwurfsgeschwindigkeit $v_e = 100$ km/h geplant (aus /U 22/).

Folgende Randbedingungen sind aus geotechnischer Sicht für Dammanschüttungen bei der vorhandenen Bestandsstrecke zu beachten. Wir empfehlen eingeschränkte Anforderungen an die Dammbaumaterialien zu berücksichtigen:

- Die Entwässerung muss nach dem Neubau der zwei Fernverkehrsgleise für den Bestandsdamm gewährleistet sein. In der weiteren Planung sollte das Gefälle der neuen Gleise darauf abgestimmt werden.
- Der Bestandsdamm besteht im Untersuchungsabschnitt überwiegend aus durchlässigen Böden und in geringem Maße aus gering durchlässigen Zwischenschichten (schluffige Sande, Schicht 1.3.2). Um sicherstellen zu können, dass in den Dammkörper eindringendes Oberflächenwasser über das bisherige Bestandsgleisnetz nicht am seitlichen Anschüttkörper aufgestaut wird und zu Aufweichungen bzw. kapillaren Durchfeuchtungen führt, empfehlen wir, eine Einschränkung der zu verwendenden Anschüttmaterialien zu definieren. Ein seitliches Abfließen von in den Bestandsdamm eingedrungenen Oberflächenwässern nach außen muss sichergestellt werden. Bei einer umfassenden Neugestaltung des Bahndamms im Untersuchungsgebiet sind alle Entwässerungsmaßnahmen aufeinander abzustimmen.
- Die Bildung von Stauwasser zwischen versickerungsfähigen Teilbereichen des Bestandsdamms und neuen nicht versickerungsfähigen bzw. nur bedingt versickerungsfähigen Anschüttbereichen ist zu vermeiden.

3.1.2 Dammschüttmaterialien nach Ril 836

Für die Dammschüttung können formal die Böden gemäß Ril 836.0501 Bild A 1.9 verwendet werden. Wir empfehlen, aus vorgenannten Gründen grobkörnige Böden als Dammschüttmaterial zu verwenden.

- GW, GI, GE, SE, SW, SI
- empfohlener Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 0,98$

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

3.1.3 Herstellung Erdbauwerk bis OK Planum

Die nachfolgend definierte Ausführung der Dammschüttung stellt gemäß Vorplanung /U 22/ eine seitliche Anschüttung an den Bestandsdamm als auch ein Neuaufbau eines Dammes dar. Damit wird das Erreichen der Anforderungen an OK Planum gleichmäßig gewährleistet und ein Regelaufbau für die Schutzschicht kann vorgenommen werden (Details zum Tragschichtaufbau siehe Abschn. 3.2).

Ablaufschema

- **Abtrag Rückbau** des Bestandsdammes und der bestehenden Gleisanlagen
- Herstellung Untergrundplanum / Dammaufstandsfläche
 - Die in Höhe Untergrundplanum anstehenden Auffüllungen Schicht 1.2.1 sind aufgrund ihrer lockeren Lagerung und der Inhomogenität gegen ein mind. 0,5 m dickes Kiessandgemisch auszutauschen. Die Aushubsohle ist tiefenwirksam nach zu verdichten.
 - Der Bodenaushub, die Nachverdichtung und der Wiedereinbau sind zeitnah durchzuführen. Eine Durchfeuchtung, insbesondere der Aushubsohle ist unbedingt zu vermeiden.
 - Mit dem Einbau eines grobkörnigen Materials als Bodenaustausch und im weiteren für die Dammverbreiterung selbst ist eine kapillarbrechende Wirkung im Hochwasserfall gegeben.

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

3.1.4 Standsicherheit

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

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

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

3.1.5 Schwingstabilität

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



3.2 Tragschichtsystem

3.2.1 Anforderungen an das Tragschichtsystem

Die Dammschüttung wird von uns in das Kriterium „Neubau“ und die Streckenkategorie P160, R120 gemäß Ril 836.0501 Bild 2 eingeordnet. Der Untersuchungsabschnitt zum Projekt Ausbau des Knotens Frankfurt(M) Sportfeld, 2. Ausbaustufe ist entsprechend Ril 836.0501, Bild 3 dem Frosteinwirkungsgebiet I zuzuordnen. Gemäß Modul 836.0501 Bild 3 und Bild A 1.9 ergeben sich die in Tabelle 7 dargestellten Anforderungen an das Tragschichtsystem.

Die neuen Fernverkehrsgleise der Strecke 3657 werden gemäß /U 33/ in das Kriterium „Neubau“ 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 ≤ 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 7 dargestellten Anforderungen an das Tragschichtsystem.

Tabelle 7: Regelanforderungen an den Unterbau unter Gleisen

Streckenkategorie Oberbau	Neubau P-160, R-120 Schotter
ÖKTS = Oberkante Tragschicht (alt: Planum)	$E_{vz} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ $D_{pt} \geq 1,00$
Planum (alt: Erdplanum)	$E_{vz} \geq 60 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 35 / 30 \text{ MN/m}^2$ ^{*)} $D_{pt} \geq 0,97$ ^{**)}
Regeldicke der Schutzschicht für Frosteinwirkungsgebiet I	20 cm

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

***) Empfehlung $D_{pt} \geq 0,98$

Tabelle 8: Regelanforderungen an den Unterbau unter Gleisen Neubau auf Erdkörpern gemäß Frosteinwirkungsgebiet I: bis 160 km/h; Pkt.

Neubau - Schotteroberbau	
max. Geschwindigkeit	ab 80 km/h bis einschließlich 160 km/h
max. Gleisbelastung	≤ 25
Frosteinwirkungsgebiet	I
abzusichernder Tragbereich	2,0 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	-	60	70
Dicke der Schutzschicht	35	35	40
Anforderungen an die Verformungs- module nach Anhang 01 Modul 836.4101 ²⁾		OFTS	OK Planum / Untergrund
	E_{v2}	100	45
	E_{vd} ¹⁾	45	30
	D_{Pr}	1,0	0,97 / 0,95 ^{**)}

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 $D_{Pr} \geq 0,98$

3.2.2 Bemessung des Tragschichtsystem

Ausgehend von dem Regelquerschnitt

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

liegt die Oberkante der Tragschicht = Unterkante (UK) Schotter bei 0,7 m unter SO. Die für die Bemessung des Tragschichtsystems maßgebende Bodenart ist der unter dem Schotter anstehende bzw. aufgefüllte Boden. Ausgehend von dem Vorgesagten besteht dieser im vorliegenden Fall aus den zu verwendenden grobkörnigen Dammschüttmaterialien.



Neubau Fernverkehrsgleise Strecke ~~4010, km 75,95-76,10~~ 3657, km 2,400 – 2,650

Die Regelanforderungen an das Planum werden durch die oben beschriebene Dammanschüttung sichergestellt.

Ausgangssituation:

maßgebende Bodenart	Kies, Sand
Bodengruppe nach DIN 18196	GW, GI, GE, SE, SW, SI
Frostempfindlichkeit nach ZTVE StB 94	F1
Hydrologischer Fall nach Ril.836.0503	1
Streckenategorie	P160
Berechnungsmodul E_H [MN/m²] nach Ril 836.0503, Bild A1.1	60 MN/m²

Bemessung:

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

Folgerung

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

- Prüfung der Tragfähigkeit und Verdichtung des Planums nach Tabelle 7
- Einbau einer **0,40 m dicken Schutzschicht aus KG 2**, zweilagiger Einbau
- Prüfung der Tragfähigkeit und Dichte auf der OKTS gemäß Tabelle 7
- Einbau des neuen Schotteroberbaues

Ausgangssituation:

maßgebende Bodenart	Kies, Sand
Bodengruppe nach DIN 18196	[GW, GI, GE, SE, SW, SI]
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 09	F 1
Hydrologischer Fall nach Ril 836.4101A05	1
Berechnungsmodul E_H [MN/m²] nach Ril 836.4101A05, Bild A 5.1	60 MN/m²



Bewertung der OK Tragschicht nach Ril 836.4101A01

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

* Bei Neubau der Dammschüttung, siehe unter Punkt 3.1.3.

Bewertung vorhandenes OK Planum nach Ril 836.4101A01

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

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

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.

Folgerung

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

- Prüfung der Tragfähigkeit und Verdichtung des Planums nach Tabelle 7
- Einbau einer **0,30 m dicken Schutzschicht aus KG 2**, einlagiger Einbau
- Prüfung der Tragfähigkeit und Dichte auf der OKTS gemäß Tabelle 7
- Einbau des neuen Schotteroberbaues

3.2.3 Materialanforderungen

Bei Verwendung der o. g. Dammschüttstoffe für die Dammschüttung ist von einer guten Durchlässigkeit auszugehen. Der Einbau eines Korngemisches KG 2 als Schutzschicht wird



empfohlen. Das Korngemisch muss die Güteforderungen der DBS 918 062 ~~/U 30/~~/U 14/ erfüllen.

3.2.4 Abnahmekriterien

Die für die Bauausführung erforderlichen Abnahmekriterien an die Oberkante Tragschicht und das Planum ~~in den Teilbereichen 1~~ ergeben sich aus den Regelanforderungen der Ril 836.0501, Bild A1.9 (Abschnitt 3.2.1). 836.4101A01 Tabelle 2 (Abschnitt 3.2.1).

3.3 Entwässerung / Versickerungsfähigkeit

Entwässerungsanlagen sind nach Ril 836 dort vorzusehen, wo das Grund- oder Schichtwasser höher als bis 1,50 m unter SO ansteigen kann.

Nach DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ ~~/U 29/~~ /U 29/ sind Böden versickerungsfähig, deren k_f -Werte im Bereich von 10^3 bis 10^6 m/s liegen. Ferner sollte die Mächtigkeit des Sickertraumes (Gesteinskörper, der zum Betrachtungszeitpunkt kein Grundwasser enthält), bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, grundsätzlich mindestens 1,0 m betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten.

Die Versickerungsfähigkeit der Schichten ist in Abhängigkeit der aus Kornverteilungskurven ermittelten k_f -Werte (siehe Tabelle 2) und unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors von 0,2 nach DWA-A 138 wie folgt einzuschätzen:

Tabelle 9: Versickerungsfähigkeit von Böden nach DWA-A 138

Boden	Schicht	k_f -Werte [m/s]	$k_{f,korr}$ -Werte [m/s]	Versickerungsfähigkeit
Auffüllung, (Sand, Kies), rollig	1.2.1, 1.2.2, 1.2.3	$10^{-3} \dots 10^{-5}$ $1,6 \cdot 10^{-4}$ [SU]	$10^{-3} \dots 10^{-5}$ $3,2 \cdot 10^{-5}$ [SU]	versickerungsfähig
Auffüllung, (Sand), gemischtkörnig	1.3.2	$10^{-5} \dots 10^{-7}$ [SU*]	$10^{-5} \dots 10^{-7}$ [SU*]	versickerungsfähig bis nicht versickerungsfähig
Hochflutsand, gemischtkörnig	5.2.1,	$10^{-4} \dots 10^{-6}$ (SU) $10^{-3} \dots 10^{-5}$ (SE)	$10^{-4} \dots 10^{-6}$ (SU) $10^{-3} \dots 10^{-6}$ (SE)	versickerungsfähig
Terrasse: Sand, rollig	10.1.2, 10.1.3	$5,2 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	versickerungsfähig

Mit den ausgeführten Aufschlüssen wurden im Untergrund aufgefüllte und anstehende Böden mit unterschiedlich hohem Feinkornanteil erkundet. Die Versickerungsfähigkeit der einzelnen Schichten kann der Tabelle 8 entnommen werden.



Im vorliegenden Fall besitzen die über dem Grundwasser erkundeten, aufgefüllten Sande der Bodengruppen [SE, SU] und SU k_f -Werte $>10^{-6}$ m/s und sind gemäß DWA-A138 ausreichend versickerungsfähig. Die gemischtkörnigen Auffüllungen der Bodengruppe [SU*] sind nur bedingt versickerungsfähig, da ihr k_f -Werte im Grenzbereich von 10^{-6} m/s und liegt. Die Terrassensande sowie die tertiären Sande sind versickerungsfähig.

Fazit:

Im Bereich der Bohrpunkte ist eine Versickerung von nicht belastetem Niederschlagswasser gemäß DWA-A 138 in den rolligen Auffüllungen oberhalb des Grundwassers möglich.

3.4 Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen

Die beim Dammbatrag anfallenden Erdmassen stellen sandige, kiesige Auffüllungen, Oberboden sowie die anstehenden Hochflutablagerungen dar.

Diese Böden können in Bereichen ohne besondere Anforderungen an Durchlässigkeit, Verdichtungsgrad, Frostempfindlichkeit usw. als Auffüllmaterial o. ä. eingesetzt werden. Fremdbestandteile wie Wurzeln, Bauschutt, Schlacke o.ä. sowie Oberboden sind vor einer Wiederverwendung der Böden auszusondern.

Für den Wiedereinbau ist gemäß LAGA 20 bzw. Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“, Hessen eine Haufwerksuntersuchung erforderlich. Die umweltanalytischen Laborergebnisse werden in einem gesonderten Bericht dargestellt und erläutert.



4 Zusammenfassung / Schlussbemerkungen

Im vorliegenden geotechnischen Bericht sind die Baugrundverhältnisse und deren Bewertung für die Dammanschüttung von ~~km 75,95-76,10 der Strecke 4010~~ km 2,400 - km 2,650 der ~~Strecke 3657~~ im Rahmen des Projektes Ausbau des Knotens Frankfurt(M)-Sportfeld, 2. Ausbaustufe dargestellt. Die Untersuchungen beziehen sich auf die Ermittlung der Eigenschaften der aufgefüllten und anstehenden Böden zur Beurteilung des Baugrundes hinsichtlich der Ausführung der Dammschüttung.

Des Weiteren wurden abfallanalytische Untersuchungen des Bodens vorgenommen, deren Auswertung in einem separaten Bericht erfolgt.

Der Baugrund besteht ab Geländeoberkante bzw. im Dammbereich aus rolligen Auffüllungen in Form von enggestuften und schwach schluffigen bis schluffigen Sanden/Kiesen. Darunter folgen mitteldicht bis dicht gelagerte Hochflutsande. Unter diesen Sedimenten stehen die mitteldichten und dichten Terrassensande an.

Das Grundwasser wurde mit den Erkundungen S/RKS 58 bei 96,67 m NN eingemessen. Wir empfehlen, den Bemessungswasserstand zuzüglich eines Sicherheitszuschlages von 1 m bei ca. 97,67 m NN und für den Endzustand unter Berücksichtigung der Vorgaben der Unteren Wasserbehörde /U 5/ bei 98,0 m NHN anzusetzen.

Ausgehend von den Erkundungsergebnissen kann die Dammanschüttung auf einem ca. 0,5 m dicken Bodenaustausch ausgeführt werden. Der Dammaufbau ist entsprechend den Vorgaben zu prüfen. Auf Oberkante Planum ist der Einbau einer 40 cm dicken Schutzschicht mit einem KG 2 Material vorzunehmen.

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.

aufgestellt:

Dipl.-Geol. Ch. Josenhans