



Nur zur Information

Anlage 17.14a
(geändert)

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

NUR ZUR INFORMATION

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

Geotechnischer Bericht

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

Teilobjekt: ~~Stützwand und Dammverbreiterung km 77,900 – km 77,980~~
Dammverbreiterung km 0,611 - km 0,537
Einfädelbereich Strecke 3657

Leistungsphase: ~~Entwurfsplanung~~ Genehmigungsplanung

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

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

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Ch. ~~Sielisch~~ Josenhans

~~Dieser geotechnische Bericht umfasst 40 Seiten und 7 Anlagen und darf auszugsweise nicht veröffentlicht werden.~~
Dieser geotechnische Bericht umfasst 40 Seiten und 7 Anlagen und darf auszugsweise nicht veröffentlicht werden.

Frankfurt, ~~25.02.2011~~ 05.08.2016

.....
Dipl.-Ing. Ch. ~~Sielisch~~ Josenhans

.....
Dipl.-Geol. U. Tang

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	13
2.5	Baugrundmodell	14
2.6	Bodenrechenwerte	16
2.7	Beton- und Stahlaggressivität des Bodens	18
2.8	Erdbebeneinwirkung	18
2.9	Rammfähigkeit des Untergrundes	19
3	Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen	21
3.1	Allgemeines	21
3.2	Flachgründung	21
3.3	Baugrubensicherung und Wasserhaltung	23
3.4	Verankerung	24
3.5	Entwässerung / Versickerungsfähigkeit	26
3.6	Einfluss auf angrenzende Bebauung	28
3.7	Ausbildung der Hinterfüllung / Dammverbreiterung	28
3.8	Tragschichtsystem	29
3.8.1	Anforderungen an das Tragschichtsystem	29
3.8.2	Bemessung des Tragschichtsystem	30
3.8.3	Materialanforderungen	31
3.8.4	Abnahmekriterien	31
3.9	Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen	31
4	Zusammenfassung / Schlussbemerkungen	39



Anlagenverzeichnis

Anlage 17.14.1	Abkürzungsverzeichnis	1 Blatt
Anlage 17.14.2	Lage- und Aufschlusspläne	1 Blatt
Anlage 17.14.3	Bohr-/Sondierprofile und Rammdiagramme	1 Blatt
Anlage 17.14.4	Bodenmechanische Laborergebnisse	
Anlage 17.14.4.1	Körnungslinien	6 Blatt
Anlage 17.14.4.2	Zustandsgrenzen	2 Blatt
Anlage 17.14.4.3	Beton- und Stahlaggressivität des Bodens	5 Blatt
Anlage 17.14.5	Fundament-/Setzungsdiagramme	2 Blatt
Anlage 17.14.6	Kampfmittelfreimessung	6 Blatt
Anlage 17.14.7	Fotodokumentation	4 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/ Trassierungsentwurf, Vermessungsbüro Riemenschneider vom 10/2014, Plan Nr. EP0201 und 202 VG TE 01 f.
- /U 3/ Querprofile im dwg Format, Arbeitsstand 30.4.2015, übergeben per Mail am 30.4.2015
- /U 4/ Ergebnisse der Aufschlussarbeiten der Fa. Umweltgeotechnik GmbH, Nov. 2010 bis Dez. 2010.
- /U 5/ Laborergebnisse der DB International GmbH, Baugrund, Dez. 2010 bis Jan. 2011.
- /U 6/ Geologische Karte von Hessen, Blatt 5917 Kelsterbach, 3. neu bearbeitete Auflage, Maßstab 1:25.000; Herausgeber: Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden 1980.
- /U 7/ Hydrologisches Kartenwerk, Hessische Rhein- und Mainebene, Grundwasserhöhengleichenplan vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie, Maßstab 1:50.000, Stand: 10/2009.
- /U 8/ Datenauszug zu Grundwassermessstellen vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie und der HESSENWASSER GMBH & CO. KG - MONITORING UND GRUNDWASSERMESSTELLEN, Stand: Sept. 2010.
- /U 9/ Ril 836 Erdbauwerke planen, bauen und instand halten, 3. Aktualisierung, 01.03.2014.
- /U 10/ EAB Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V., 5. Auflage; Verlag Ernst & Sohn, 2012.
- /U 11/ Arbeitsblatt DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“, Stand: 05/2005.
- /U 12/ ZTVE-StB 09 Zusätzliche Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Fassung 2009.
- /U 13/ DBS 918 062 Technische Lieferbedingungen Korngemische für Trag- und Schutzschichten zur Herstellung von Eisenbahnfahrwegen, Juli 2007.
- /U 14/ Grundbau-Taschenbuch, Teil 2: Geotechnische Verfahren, 7. Auflage, Witt, K. J., Verlag Ernst & Sohn, 2009.
- ~~/U 15/ Bestellung 0086/VEW/22669874 vom 10.08.2010 zum Vertrag 0016/RA8/92166128 vom 06.08.2010 auf Grundlage unseres Angebotes ID30616 vom 19.07.2010.~~
- ~~/U 16/ Vorplanung Lagepläne LP21A, 22A, 23A, 04A und 05A, von DB ProjektBau GmbH, Stand: Juli 2004 / Okt. 2009 / Aug. 2010.~~
- ~~/U 17/ Ergebnisse der Aufschlussarbeiten der Fa. Umweltgeotechnik GmbH, Nov. 2010 bis Dez. 2010.~~
- ~~/U 18/ Laborergebnisse der DB International GmbH, Baugrund, Dez. 2010 bis Jan. 2011.~~
- ~~/U 19/ Geologische Karte von Hessen, Blatt 5917 Kelsterbach, 3. neu bearbeitete Auflage, Maßstab 1:25.000; Herausgeber: Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden 1980.~~

- ~~/U 20/ Hydrologisches Kartenwerk, Hessische Rhein und Mainebene; Grundwasserhöhengleichenplan vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie, Maßstab 1:50.000, Stand: 10/2009.~~
- ~~/U 21/ Datenauszug zu Grundwassermessstellen vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie und der HESSENWASSER GMBH & Co. KG MONITORING UND GRUNDWASSERMESSSTELLEN, Stand: Sept. 2010.~~
- ~~/U 22/ Ril 836 Erdbauwerke planen, bauen und instand halten, Fassung vom 01.10.2008.~~
- ~~/U 23/ EA Pfähle Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Verlag Ernst & Sohn, 2007.~~
- ~~/U 24/ EAB Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V., 4. Auflage; Verlag Ernst & Sohn, 2006.~~
- ~~/U 25/ Arbeitsblatt DWA A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“, Stand: 05/2005.~~
- ~~/U 26/ ZTVE StB 09 Zusätzliche Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Fassung 2009.~~
- ~~/U 27/ DBS 918 062 Technische Lieferbedingungen Korngemische für Trag- und Schutzschichten zur Herstellung von Eisenbahnfahrwegen, Juli 2007.~~
- ~~/U 28/ Programm „GGU FOOTING“, Berechnungen von Fundamenten nach DIN 4017 und DIN 4019 bzw. DIN 1054, Version 6.25, 16.06.2010, Copyright + Verfasser: Prof. Dr.-Ing. Johann Buß.~~
- ~~/U 29/ Grundbau Taschenbuch, Teil 2: Geotechnische Verfahren, 7. Auflage, Witt, K. J., Verlag Ernst & Sohn, 2009.~~

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. ~~Zwischen den neuen Eisenbahnüberführungen Gutleutstraße und Gutleuthof wird der Bestandsdamm für die neuen Streckengleise der Strecke 4010 verbreitert (Dammverbreiterung). Infolge unzureichender Platzverhältnisse im Bereich des Stellwerk „Fa“ muss der entstehende Geländesprung hier zusätzlich mit einer Stützwand gesichert werden.~~ Zwischen km 0,537 und km 0,611 der neuen Strecke 3657 soll gemäß geänderten Trassierungsentwurf /U 2/ die Strecke in die Bestandstrecke eingefädelt werden. Die derzeit übersteile Böschung soll nach der EÜ Gutleutstraße durch eine Neuanschüttung regelkonform ausgebildet werden.

Die DB ~~International~~ Engineering & Consulting GmbH, Baugrund wurde auf der Grundlage der Bestellung 0 mit der Erkundung, Darstellung und Bewertung der Baugrundverhältnisse im Untersuchungsbereich der neuen Stützwand, mit Angabe bodenmechanischer Kennwerte für die Gründung sowie mit der Tragschichtbemessung im o.g. Teilbereich beauftragt.

~~Des Weiteren waren umweltanalytische Untersuchungen des im Untersuchungsbereich erkundeten Bodens durchzuführen.~~

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

1.3 Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen

Während des Streckenbegangs durch Mitarbeiter der DB International GmbH vom 06.-08.10.2010 wurden durch die Fa. Geolog die Ansatzpunkte der Kernbohrungen und der Rammsondierungen nach Vorgabe des RP Darmstadt auf Kampfmittelverdacht hin untersucht und freigemessen. Das Freimessprotokoll der Radarmessungen ist in Anlage 17.14.6 beigelegt.

Für die Beurteilung der Baugrundverhältnisse am Standort der neuen Stützwand werden die Erkundungen für die Eisenbahnüberführungen Gutleutstraße und Gutleuthof herangezogen. Die Aufschlussarbeiten wurden durch die Firma Umweltgeotechnik GmbH vom 01.11.2010 bis 16.12.2010 ausgeführt.

Nach Abstimmung mit dem Auftraggeber waren je Brückenwiderlager eine Kernbohrung (B) mit einer schweren Rammsondierung (DPH) bis 20 m unter Gelände sowie je 1 Kleinbohrung im

Hinterfüllbereich/Damm (BS, Ø 60 mm), ebenfalls mit schweren Rammsondierungen bis max. 10 m unter Gelände geplant. Darüber hinaus waren im Damm und vor dem Stellwerk „Fa“ selbst je eine Kleinbohrung (RKS 129, 130) mit einer schweren Rammsondierung (DPH 129, 130) vorgesehen.

Die schweren Rammsondierungen im Dammbereich/Böschungsschulter konnten aufgrund unzureichender Platzverhältnisse nicht ausgeführt werden. Nach Rücksprache mit dem AG sind diese durch zwei leichte Rammsondierungen (DPL-5) ersetzt worden.

Da die am Widerlager Süd der EÜ Gutleuthof geplante Bohrung 132 wegen vorhandenen Kabel und Leitungen in Richtung Stellwerk „Fa“ versetzt wurde, entfiel die Kleinbohrung 130 am Stellwerk.

Für die Klärung der Kabel- und Leitungsfreiheit wurden vor Bohrbeginn Schürfe (S) je Ansatzpunkt ausgeführt.

Die Aufschlüsse DPH 127, S/RKS/DPL-5 128, DPH 132, S/RKS/DPL-5 131 und 129 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 NHN]	Endtiefe [m NHN]	Aufschlusstiefe [m]
34,497 ¹⁾	S/B 127	15,0 m r.d.GA	94,62	74,62	20,00
34,497 ¹⁾	DPH 127	15,0 m r.d.GA	94,62	83,12	11,50 ³⁾
34,507 ¹⁾	S/RKS 128	3,8 m r.d.GA	102,40	93,80	8,60 ³⁾
34,507 ¹⁾	DPL-5 128	3,8 m r.d.GA	102,40	93,40	9,00 ³⁾
34,545 ²⁾	S/RKS 129	5,0 m l.d.GA	101,48	93,98	7,50 ³⁾
34,545 ²⁾	DPL-5 129	5,0 m l.d.GA	101,48	93,68	7,80 ³⁾
34,558 ¹⁾	S/B 132A	22,0 m r.d.GA	95,48	73,48	22,00
34,558 ¹⁾	DPH 132	22,0 m r.d.GA	95,48	85,88	9,60 ³⁾
34,570 ¹⁾	S/RKS 131	2,0 m r.d.GA	100,94	94,34	6,60 ³⁾
34,570 ¹⁾	DPL-5 131	2,0 m r.d.GA	100,94	93,94	7,00 ³⁾

S...Schurf, B...Kernbohrung, 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 3620

²⁾ bezogen auf Streckengleis 3520

³⁾ vorzeitiger Abbruch, zu hoher Eindringwiderstand

Alle Ansatzpunkte wurden nach Lage und Höhe auf m NHN 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 17/ können bei Bedarf im Archiv der DB [International Engineering & Consulting GmbH](#), Baugrund eingesehen werden. Die Lage der Aufschlüsse ist aus Anlage 17.14.2 ersichtlich. Die Baugrundprofile sind bezogen auf m NN in der Anlage 17.14.3 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. Aus der Kernbohrung S/B 132 A ist eine Bodenmischprobe entnommen und bezüglich Beton- und Stahlaggressivität untersucht worden.

Im Einzelnen wurden ausgeführt:

- 4x Nass-/Trockensiebung nach DIN 18123,
- 2x kombinierte Sieb-/Schlammanalyse nach DIN 18123,
- 2x Bestimmung der Atterberg'schen Zustandsgrenzen nach DIN 18122 und
- 1x Bestimmung der Beton-/Stahlaggressivität (Boden) nach DIN 4030 und DIN 50929.

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen können der Anlage 17.14.4 entnommen werden.

Weiterhin sind chemische Laboruntersuchungen an Bodenproben aus dem Bereich der Eisenbahnüberführung 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

Die neu geplante ~~Stützwand mit Dammverbreiterung km 77,900-77,980~~ Maßnahme befindet sich zwischen dem nördlichen Widerlager der EÜ Gutleutstraße und dem südlichen Widerlager der EÜ Gutleuthof. Die Bestandsgleise der Bahnstrecken 3620/3520 liegen hier auf einem 6-7 m hohen Damm. Die Böschungen des Bestandsdammes sind stark bewachsen. Nahe dem Bestandsdamm stehen das Stellwerk „Fa“ und die neuen zum Stellwerk gehörenden Container. Im Bereich des Stellwerkes sind umfangreiche Kabel- und Leitungsbestände vorhanden.

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

Gleisschotter

Nur mit der Erkundung S/RKS 128 ist der Gleisschotter mit einer Gesamtschotterstärke von ca. 0,2 m angetroffen worden. Der Schotter wurde als stark verschmutzt eingeschätzt, mit einem vom Bohrmeister abgeschätzten Feinanteil von 30 %. Gemäß Bohrmeisterangaben ist der angetroffene Schotter nicht reinigungsfähig. Die Einschätzung der mechanischen Reinigungsfähigkeit gilt vorbehaltlich einer abfalltechnischen Einstufung des Schotters.

Auffüllungen

Mit den ausgeführten Bohrungen am Dammfuss und den Kleinbohrungen im Bestandsdamm sind beginnend ab Geländeoberkante bzw. unter dem Gleisschotter im Damm rollige Auffüllungen erkundet worden.

Die rolligen Auffüllungen stellen sich als enggestufte und schwach schluffige bis schluffige, schwach tonige **Fein- bis Mittelsande**, mit kiesigen und steinigen Bestandteilen dar. Darüber hinaus wurden auch intermittierende und weitgestufte sowie schwach schluffige, sandige bis stark sandige **Kiese** erkundet. Die aufgefüllten Sande und Kiese sind mit größeren Kornfraktionen (Steine, Sandsteinstücke) durchsetzt, am Ansatz der Kleinbohrung S/RKS 129 auch mit Schotter, Schlacke und Bauschutt. Nach DIN 18196 werden die Auffüllungen den Bodengruppen [SE, SU, ST, SU*, GI, GW, GU] zugeordnet. Die Schichtdicke in den Bohrungen am Dammfuss schwankt zwischen 1,85-2,5 m. Die im Damm liegenden Kleinbohrungen weisen Mächtigkeiten zwischen 5,0-7,4 m auf. Die Lagerungsdichte der rolligen Auffüllungen im Damm ist gemäß den Ergebnissen der leichten Rammsondierungen als locker bis mitteldicht, lokal auch dicht, einzuschätzen. Die am Dammfuss ausgeführten schweren Rammsondierungen weisen auf eine lockere Lagerung hin.

Am Ansatzpunkt der Bohrung S/B 127 im Gehwegbereich ist eine Oberflächenbefestigung in Form eines grauen Pflasters mit einer Dicke von 5 cm aufgenommen worden.

Anstehender Boden

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

Hierbei handelt es sich zuerst um **Hochflutsande** und **Hochflutlehme**. Das sind enggestufte und schwach tonige bis tonige Fein- bis Grobsande der Bodengruppen SE, ST und ST*. Die Lagerungsdichte dieser rolligen Böden ist im Ergebnis der Rammsondierungen als locker bis

dicht zu bewerten. Die leichten Rammsondierungen DPL-5 128, 129 und 131 mussten infolge eines unzureichenden Bohrfortschritts vorzeitig abgebrochen werden.

Die Hochflutlehme wurden mit den Erkundungen S/B 127, S/RKS 129 und S/RKS 131 in Form von leicht- und mittelplastischen schwach sandigen bis sandigen Tonen der Bodengruppen TL und TM erkundet. Die Konsistenz dieser bindigen Schichten ist gemäß Handspezifizierung und Laborversuch als weich und steif einzuschätzen.

Die Unterkante der Hochflutablagerungen liegt in der Bohrung S/B 127 bei 3,8 m unter GOK (90,82 m NN). Die Kleinbohrungen S/RKS 128, 129 und 131 enden in den Hochflutsanden bei 6,6 m bis 8,6 m unter GOK (93,80...94,34 m NN).

Die **Mainterrassen** wurden mit den beiden Kernbohrungen S/B 127 und S/B 132A unter den Hochflutsedimenten erkundet. Sie stellen sich zum einen als eng- bis intermittierend gestufte und schluffige Mittelsande mit kiesigen und schwach steinigen Anteilen dar, zum anderen als intermittierend gestufte und schwach schluffige sandige Fein- und Mittelkiese. Vielfach sind in den Sanden und Kiesen Sandsteinstücke eingelagert. Gemäß DIN 18186 können diese Böden den Bodengruppen SE-SI, SU*, GI und GU zugeordnet werden. Die Lagerungsdichte der Sande und Kiese ist gemäß der schweren Rammsondierungen als mitteldicht bis dicht zu bewerten. Die Schichtmächtigkeit der quartären Terrassenablagerungen ist mit den Bohrungen zwischen 4,9-6,5 m eingemessen worden, die Unterkante liegt zwischen 8,7-9,0 m unter GOK (85,92...86,48 m NN).

Unter den quartären Schichten folgen bis Endtiefe (20...22 m unter GOK, 74,62...73,48 m NN) der Bohrungen S/B 127 und S/B 132A die **Sedimente des Tertiärs**. Das sind vorwiegend enggestufte und zum Teil schluffige graue Fein- bis Mittelsande der Bodengruppen SE und SU*. Die Lagerungsdichte ist gemäß der Angaben des Bohrmeisters zum Bohrfortschritt als dicht einzuschätzen. Die Bohrung 132A wurde aufgrund der Tonschicht zwischen 15,0-17,7 m unter GOK um 2 m verlängert.

In diese rolligen tertiären Sedimente sind immer wieder in unterschiedlichen Tiefen bindige Ablagerungen eingelagert. Das sind graue mittelplastische, schwach sandige Tone der Bodengruppe TM. Die Konsistenz war zum Zeitpunkt der Erkundung und aus Handspezifizierung und Laborversuch weich, steif und steif/halfest. Die Schichtdicke liegt in den Bohrungen bei 2,5 m bis 3,1 m.

Den erkundeten Böden lassen sich die in folgender Tabelle 2 enthaltenen Kennwerte (Laboruntersuchung an repräsentativen Einzelproben sowie regionale Erfahrungswerte) zuordnen.

Tabelle 2: Bodenkennwerte und Zuordnungen

	Auffüllung	Anstehender Boden				
		Hochflut		Terrasse	Tertiär	
Bezeichnung	Sand/Kies	Sand	Ton	Sand/Kies	Sand	Ton
Bodengruppe nach DIN 18196	[SE, SU, ST, SU*, GI, GW, GU]	SE, ST, ST*	TL, TM	SE-SI, SU*, GI, GU	SE, SU*	TM
Kornanteil $d \leq 0,063$ mm [%]	17,6 [SU*]	30...35 (ST*)	61,5	3,6...6,7 (GI, GU)	---	57,5
Kornanteil $d > 2,0$ mm [%]	4,3 [SU*]	0,5...12,8 (ST*)	---	53,0...64,4 (GI, GU)	---	---
natürl. Wassergehalt w_n [%]	---	---	22,3	---	---	14,7
korr. Wassergehalt w_k [%]	---	---	23,6	---	---	14,7
Fließgrenze w_L [%]	---	---	38,0	---	---	38,1
Ausrollgrenze w_P [%]	---	---	14,1	---	---	13,2
Plastizitätszahl I_P [%]	---	---	23,9	---	---	24,9
Konsistenzzahl I_C [-] bez. auf Gesamtprobe	---	---	0,66	---	---	0,94
Konsistenz handspezifiziert	---	---	weich...steif	---	---	weich...steif/halbfest
Lagerungsdichte	locker...dicht	locker...dicht	---	mitteldicht...dicht	dicht	---
Durchlässigkeitswert k_f [m/s]						
nach Beyer, USBR/Bialas	$2,2 \cdot 10^{-4}$ [SU-GU] $1,1 \cdot 10^{-5}$ [SU*]	$3,1 \cdot 10^{-8}$ (ST*)	---	$9,0 \dots 5,7 \cdot 10^{-4}$ (GI, GU)	---	---
Erfahrungswerte	$10^{-3} \dots 10^{-6}$ $10^{-5} \dots 10^{-7}$ [SU*]	$10^{-3} \dots 10^{-6}$ (SE, ST) $10^{-5} \dots 10^{-8}$ (ST*)	$10^{-7} \dots 10^{-9}$	$10^{-3} \dots 10^{-5}$ $10^{-5} \dots 10^{-7}$ (SU*)	$10^{-3} \dots 10^{-5}$ (SE) $10^{-5} \dots 10^{-7}$ (SU*)	$10^{-8} \dots 10^{-10}$
Durchlässigkeit nach DIN 18 130	stark bis schwach durchlässig	stark bis schwach durchlässig	schwach bis sehr schwach durchlässig	stark bis schwach durchlässig	stark bis schwach durchlässig	sehr schwach durchlässig
Bodenklasse nach DIN 18 300 *)	3 4 [SU*]	3 (SE, ST) 4 (ST*)	4	3 4 (SU*)	3 (SE) 4 (SU*)	4
Frostempfindlichkeit nach ZTVE - StB 09	F1 [SE, GI, GW] F2 [SU, ST, GU] F3 [SU*]	F1 (SE) F2 (ST) F3 (ST*)	F3	F1 (SE-SI, GI) F2 (GU) F3 (SU*)	F1 (SE) F3 (SU*)	F3

Tabellenwerte sind Mittelwerte bzw. Einzelwerte aus Laborversuchen.

*) in Abhängigkeit vom Steinanteil auch höher.

2.4 Hydrologische Verhältnisse

Die Aufschlussarbeiten wurden von November bis Dezember 2010 durchgeführt. Mit den ausgeführten Erkundungen sind die in Tabelle 3 aufgezeigten Grundwasserstände eingemessen worden.

Tabelle 3: Wasserstände

Aufschluss	Wasseranschnitt [m u. GOK]	Wasseranschnitt nach Bohrende [m u. GOK]	Wasseranschnitt nach Bohrende [m NN] *)	Datum
B 127	3,80	3,80	90,82	04.11.2010
B 132A	3,50	---	91,98	03.12.2010

*) der Höhenunterschied resultiert u. E. aus einer Messungenauigkeit beim Einmessen des Bohransatzpunktes bezogen auf SO und dessen Umrechnung auf m NN, Mittelwert ~ 91,4 m NN.

Mit den Kernbohrungen S/B 127 und 132A sind die Grundwasserstände bei 90,82-91,98 m NN (3,5-3,8 m unter Gelände) eingemessen worden. Die erkundeten aufgefüllten Sande und Kiese sind überwiegend gut wasserdurchlässig. Die tonigen Hochflutsande und die Hochflutlehme sind nur schwach wasserdurchlässig bis undurchlässig. Auf diesen Schichten ist mit Stau- bzw. Schichtenwasser zu rechnen. Die mit den Kernbohrungen angetroffenen Mainterrassen und tertiären Sande weisen eine gute Durchlässigkeit auf, die Tone sind prinzipiell schwach bis sehr schwach durchlässig, aufgrund der Tiefenlage jedoch von untergeordneter Bedeutung für die Versickerung. Generell ist von einer guten Versickerungsfähigkeit der anstehenden Sande und Kiese unterhalb der Hochflutablagerungen bzw. der tertiären Tone auszugehen.

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 20/ und /U 21/). 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

Gemäß des aktuellsten Grundwasserhöhengleichenplan vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie /U 20/ fällt der Grundwasserhorizont von ca. 95 m NN auf 92,5 m NN Richtung Main hin ab.

Wir empfehlen, den Bemessungswasserstand in Abhängigkeit der festgestellten Ergebnisse aus den beiden Kernbohrungen S/B 126 und S/B 127 (Mittelwert) zuzüglich eines Sicherheitszuschlages vom 1 m bei 92,4 m NN anzusetzen.

2.5 Baugrundmodell

Im Ergebnis der Baugrunderkundungen und der Laboruntersuchungen lässt sich für den Untersuchungsbereich ein Baugrundmodell entwickeln, welches für die Bewertung der Baugrundverhältnisse herangezogen werden kann. Zur besseren Übersicht wurde für den Ausbau des Knotens Frankfurt (M)-Sportfeld ein einheitliches Schichtenmodell entwickelt. Dabei wurden Böden mit annähernd gleichen bodenphysikalischen und bodenmechanischen Eigenschaften in Schichten zusammengefasst.

- Schicht 1:** **Auffüllung, rollig, nicht bis schwach bindig** Mächtigkeit: 1,3-3,9 m
- Fein-/Mittelsand, enggestuft, schwach schluffig, schwach tonig, schwach kiesig bis kiesig, schwach steinig, Sandsteinstücke, Schotter, Schlacke, Bauschutt
 - Kies, intermittierend und weitgestuft, sandig bis stark sandig, schwach schluffige Anteile
 - lockere Lagerung (**Schicht 1.2.1, 1.4.1**)
mitteldichte Lagerung (**Schicht 1.2.2**)
dichte Lagerung (**Schicht 1.4.3**)
 - Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ **[SE, SU, ST, GW, GI, GU]**

- Auffüllung, rollig, gemischtkörnig** Mächtigkeit: 1,1-3,2 m
- Fein-/Mittelsand, schwach kiesig bis kiesig, schluffig, schwach tonig
 - lockere Lagerung (**Schicht 1.3.1**)
mitteldichte Lagerung (**Schicht 1.3.2**)
dichte Lagerung (**Schicht 1.3.3**)
 - Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ **[SU*]**

- Schicht 5:** **Hochflutsande** Mächtigkeit: 0,3-1,2 m
- Fein-/Grobsand, enggestuft, schwach schluffig, schwach tonig bis tonig, schwach bis stark kiesig, Sandsteinstücke
 - lockere Lagerung (**Schicht 5.2.1**)
mitteldichte Lagerung (**Schicht 5.1.2, 5.2.2**)
dichte Lagerung (**Schicht 5.1.3**)

- Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ **SE, ST, ST***

Schicht 6: Hochflutlehme Mächtigkeit: 1,4-1,6 m

- Ton, leicht- und mittelplastisch, schwach sandig bis sandig, schwach kiesig
- weiche Konsistenz (**Schicht 6.1.2**)
steife Konsistenz (**Schicht 6.1.3**)
- Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ **TL, TM**

Schicht 10: Terrassensande / -kiese Mächtigkeit: 4,9-6,5 m

- Mittelsand, enggestuft bis intermittierend gestuft, schluffig, kiesig, schwach steinig
- Fein-/Mittelkies, schwach sandig bis sandig, schwach schluffig, Sandsteinstücke
- mitteldichte Lagerung (**Schicht 10.1.2, 10.2.2, 10.1.5**)
dichte Lagerung (**Schicht 10.2.3**)
- Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ **SE-SI, GI, GU, SU***

Schicht 15: Tertiäre Sande Mächtigkeit: 8,8 m bis Endtiefe erkundet

- Fein-/Mittelsand, enggestuft, schluffig, schwach tonig
- dichte Lagerung (**Schicht 15.1.3, 15.3.3**)
- Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ **SE, SU***

Schicht 16: Tertiäre Tone Mächtigkeit: 2,5-3,1 m

- Ton, mittelplastisch, schwach schluffig bis schluffig, schwach sandig bis sandig
- steife und steif/halbfeste Konsistenz (**Schicht 16.1.3**), lokal aufgeweichte Bereiche
- Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ **TM**

2.6 Bodenrechenwerte

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

Tabelle 5a: Bodenrechenwerte

Bodenart	Auffüllung, rollig						
	[SE, SU]	[SU, ST]	[SU*]			[GI, GU]	[GW]
Bodengruppe nach DIN 18196							
Schicht-Nr.	1.2.1	1.2.2	1.3.1	1.3.2	1.3.3	1.4.1	1.4.3
Konsistenz, Lagerungsdichte	locker	mitteldicht	locker	mitteldicht	dicht	locker	dicht
wirks. Reibungswinkel φ_k' [Grad]	30,0	32,5	29,0	30,0	31,0	30,0	35,0
wirks. Kohäsion c_k' [kN/m ²]	0,0	0,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0
Wichte des feuchten Bodens γ_k [kN/m ³]	16,5	17,5	17,0	18,0	19,0	16,5	18,5
Wichte des Bodens unter Auftrieb γ_k' [kN/m ³]	9,0	10,0	9,0	10,0	11,0	9,0	11,0
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	10,0	20,0	8,0	15,0	30,0	12,0	45,0

Tabelle 5b: Bodenrechenwerte

Bodenart	Hochflutablagerungen					
	ST	SE	ST*		TM	TL
Bodengruppe nach DIN 18196						
Schicht-Nr.	5.1.2	5.1.3	5.2.1	5.2.2	6.1.2	6.1.3
Konsistenz, Lagerungsdichte	mitteldicht	dicht	locker	mitteldicht	weich	steif
wirks. Reibungswinkel φ_k' [Grad]	32,5	35,0	29,0	30,0	17,5	20,0
wirks. Kohäsion c_k' [kN/m ²]	0,0	0,0	1,0	1,0	5,0	10,0
Wichte des feuchten Bodens γ_k [kN/m ³]	17,0	18,0	17,0	18,0	17,5	18,5
Wichte des Bodens unter Auftrieb γ_k' [kN/m ³]	9,5	10,5	9,0	10,0	7,5	8,5
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	20,0	35,0	8,0	15,0	5,0	9,0

Tabelle 5c: Bodenrechenwerte

Bodenart	Terrassenablagerungen			
	SE-SI	SU*	GI, GU	GI
Bodengruppe nach DIN 18196				
Schicht-Nr.	10.1.2	10.1.5	10.2.2	10.2.3
Konsistenz, Lagerungsdichte	mitteldicht	mitteldicht	mitteldicht	dicht
wirks. Reibungswinkel φ_k' [Grad]	32,5	30,0	35,0	37,5
wirks. Kohäsion c_k' [kN/m ²]	0,0	1,0	0,0	0,0
Wichte des feuchten Bodens γ_k [kN/m ³]	17,0	18,0	18,0	19,5
Wichte des Bodens unter Auftrieb γ_k' [kN/m ³]	9,5	10,0	10,5	12,0
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	45 ab 5 m ¹⁾ : 70	35 ab 5 m ¹⁾ : 65	50 ab 5 m ¹⁾ : 80	80 ab 5 m ¹⁾ : 110

¹⁾ bezogen auf OK anstehender Boden (= UK Auffüllung)

Tabelle 5d: Bodenrechenwerte

Bodenart	Tertiäre Sande		Tertiäre Tone
	SE	SU*	TM
Bodengruppe nach DIN 18196			
Schicht-Nr.	15.1.3	15.3.3	16.1.3
Konsistenz, Lagerungsdichte	dicht	dicht	steif, steif/halbfest
wirks. Reibungswinkel φ_k' [Grad]	35,0	35,0	20,0
wirks. Kohäsion c_k' [kN/m ²] ¹⁾	0,0	0,0	5,0
undrainierte Kohäsion c_u [kN/m ²] ²⁾	0,0	0,0	15,0
Wichte des feuchten Bodens γ_k [kN/m ³]	18,0	21,0	18,0
Wichte des Bodens unter Auftrieb γ_k' [kN/m ³]	10,0	11,0	8,0
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	90 ab 5 m ³⁾ : 120 ab 10 m ³⁾ : 190	65 ab 5 m ³⁾ : 90	10 ab 5 m ¹⁾ : 15 ab 10 m ¹⁾ : 20

¹⁾ Bei bindigen Böden im konsolidierten Zustand.

²⁾ Der zugehörige innere Reibungswinkel beträgt $\varphi_u = 0$.

³⁾ bezogen auf OK anstehender Boden (= UK Auffüllung).

2.7 Beton- und Stahlaggressivität des Bodens

Zur Bestimmung der Beton- und der Stahlaggressivität des Bodens ist aus der Bohrung S/B 132A eine Bodenmischprobe im Bereich von 3,45 m bis 4,50 m entnommen und auf beton- und stahlangreifende Inhaltsstoffe untersucht worden. Die Analyse erfolgte im Labor Wessling GmbH, die Auswertung im Labor der DB International Engineering & Consulting GmbH. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Anlage 17.14.4 beigefügt.

Betonaggressivität

Die aufgeschlämmte und untersuchte Bodenmischprobe ist nach DIN 4030 als **nicht betonangreifend** einzuschätzen (Anlage 17.14.4.3, Blatt 1), was der **Expositionsklasse X0** nach DIN EN 206-1 entspricht.

Stahlkorrosivität

Die Untersuchung der Bodenmischprobe auf Korrosionswahrscheinlichkeit unlegierter und niedriglegierter Eisenwerkstoffe ergab folgende Ergebnisse (Anlage 17.14.4.3, Blatt 02 – 05):

Tabelle 6: Korrosionswahrscheinlichkeit unlegierter und niedriglegierter Werkstoffe

Freie Korrosion	Mulden- und Lochkorrosion	Flächenkorrosion
nur in Bezug auf die Bodenprobe	sehr gering	sehr gering
mit Bezug auf die umgebenden Böden	sehr gering	sehr gering

Tabelle 7: Mittlere Korrosionsgeschwindigkeit

Korrosion	Abtragungsrate $w(100a)$ [mm/a]	Eindringtiefe $w_{Lmax}(30a)$ [mm/a]
nur in Bezug auf die Bodenprobe	0,005	0,03
mit Bezug auf die umgebenden Böden	0,005	0,03

2.8 Erdbebeneinwirkung

Der Untersuchungsbereich des Bauvorhabens „Ausbau des Knotens Frankfurt(M)-Sportfeld, 2. Ausbaustufe“ wird nach DIN 4149:2005-04 wie folgt eingeordnet:

Tabelle 8: Einstufung gemäß DIN 4149

Erdbebenzone (Bild 2)	Erdbebenzone 0
geologische Untergrundklasse (Bild 3)	S = Gebiete tiefer Beckenstrukturen mit mächtiger Sedimentfüllung
Baugrundklasse	C = dominierende Scherwellengeschwindigkeit ca. 150-350 m/s

2.9 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 Uferneubau (EAU).

Tabelle 9: Rammfähigkeit

Schicht	Bodenart	Rammfähigkeit
1.2.1, 1.4.1, 1.3.1	Auffüllung (Sand, Kies), locker	leicht bis mittelschwer
1.2.2, 1.3.2	Auffüllung (Sand), mitteldicht	mittelschwer bis schwer
1.3.3, 1.4.3	Auffüllung (Sand/Kies), dicht	schwer
5.2.1	Hochflut: Sand, locker	leicht
5.1.2, 5.2.2	Hochflut: Sand, mitteldicht	mittelschwer bis schwer
5.1.3	Hochflut: Sand, dicht	schwer
6.1.2	Hochflut: Ton, weich	leicht bis mittelschwer
6.1.3	Hochflut: Ton, steif	mittelschwer bis schwer
10.1.2, 10.2.2, 10.1.5	Ferrasse: Sand/Kies, mitteldicht	mittelschwer bis schwer
10.2.3	Ferrasse: Kies, dicht	schwer bis sehr schwer
15.1.3, 15.3.3	Tertiär: Sand, dicht	schwer bis sehr schwer
16.1.3	Tertiär: Ton, steif, steif/halbfest	mittelschwer bis 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, 1.3.1, 1.4.1) als leicht bis mittelschwer, bei mitteldichter Lagerung (Schicht 1.2.2, 1.3.2) als mittelschwer bis schwer und bei dichter Lagerung als schwer rammfähig eingeschätzt.

Hochflutablagerungen:

Die Sande werden in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte, bei lockerer Lagerung (Schicht 5.2.1) als leicht und bei mitteldichter Lagerung (Schicht 5.1.2, 5.2.2) als mittelschwer bis schwer und bei dichter Lagerung (Schicht 5.1.3) als schwer rammfähig eingeschätzt. In Abhängigkeit der Konsistenz ist der weiche Ton (Schicht 6.1.2) als leicht bis mittelschwer und der steife Ton (Schicht 6.1.3) als mittelschwer bis schwer rammfähig zu bewerten.

~~Ferrassenablagerungen/Tertiär:~~

~~Die Sande und Kiese werden in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte, bei mitteldichter Lagerung (Schicht 10.1.2, 10.2.2, 10.1.5) als mittelschwer bis schwer und bei dichter Lagerung (Schicht 10.2.3, 15.1.3, 15.3.3) als schwer bis sehr schwer rammfähig eingeschätzt. In Abhängigkeit der Konsistenz ist der steife bzw. steif/halbfeste Ton (Schicht 16.1.3) als mittelschwer bis schwer rammfähig zu bewerten.~~

~~Insgesamt ist der Baugrund unter den Auffüllungen vorwiegend als mittelschwer bis schwer rammfähig einzuschätzen. Insbesondere in den dicht gelagerten Sanden und den steifen bis steif/halbfesten Tönen sind Rammhilfen wie Spülen oder Vorbohren einzuplanen.~~

~~In aufgefüllten, locker gelagerten Sanden sowie locker gelagerten Hochflutsanden 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 und/oder schwach schluffigen Hochflut- und Ferrassensande (**Schicht 5.1, 10.1**) generell sehr verlagerungsempfindlich und bei lockerer Lagerung 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 Rammbarkeit schließen nicht die Erfahrungen von Baufirmen bei der Durchführung von Rammarbeiten mit ähnlichen Baugrundverhältnissen aus.~~

3 Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen

3.1 Allgemeines

Im Rahmen des Ausbaus Knoten Frankfurt(Main) Sportfeld sind zwei zusätzliche Fernverkehrsgleise geplant. Diesbezüglich muss im Abschnitt km 77,900-77,980 der Strecke 4010 der Damm verbreitert werden. Aufgrund unzureichender Platzverhältnisse ist hier der Neubau einer Stützwand erforderlich. Gemäß der Vorplanung /U 16/ ist eine Verbreiterung bahnrechts vorgesehen. Bauwerkspläne und Lastangaben zur Stützwand und der sich anschließenden Dammböschung liegen uns nicht vor.

Für die Bemessung der Gründung einer Stützwand müssen die Nachweise der Gleitsicherheit, Kippsicherheit, Grund- und Böschungsbruchsicherheit, der Setzungen sowie der Festigkeit der Wand erbracht werden. In Abschnitt 3.2 wurden Grundbruchberechnungen und Setzungsabschätzungen durchgeführt und auf deren Grundlage die aufnehmbaren Sohldrücke für eine mögliche Flachgründung der Stützwand (Schwergewichtsmauer, Winkelstützwand, o.ä.) angegeben.

3.2 Flachgründung

Bei einer Flachgründung müssen die Fundamente von ihren Abmessungen so beschaffen sein, dass:

- a) die Grundbruchsicherheit nach DIN 4017 gewährleistet ist und
- b) keine bauwerksschädlichen Setzungen bzw. Setzungsunterschiede eintreten.

Aus den bahnrechten Baugrundprofilen (S/B 127, 132A) ist ersichtlich, dass der Baugrund unter locker gelagerten sandigen und kiesigen Auffüllungen aus locker gelagerten Hochflutsanden (Schicht 5) und steifen Hochflutlehm (Schicht 6) besteht. Die Unterkante liegt zwischen 3,8 m unter GOK (90,82 m NN). Am Ansatz der Bohrung 132A fehlen die Hochflutablagerungen. Darunter bzw. unter den Auffüllungen folgen die mitteldicht bis dicht gelagerten Sande und Kiese der Mainterrassen (Schicht 10), gefolgt von steifen und steif/halbfesten Tonen (Schicht 16) sowie dicht gelagerten Sanden (Schicht 15).

Bei Annahme einer frostfreien Gründung von $\geq 0,8$ m unter GOK liegt die Gründungstiefe bei ca. 93,8 m NN. Aufgrund der im gründungsrelevanten Bereich anstehenden locker gelagerten Auffüllungen empfehlen wir zur Reduzierung und Vergleichmäßigung der Setzungen im Bereich der Gründungssohle, den Einbau eines $\geq 1,0$ m dicken Kiespolsters. Die Unterkante des Kiespolsters liegt bei ca. 1,8 m unter GOK. Die Aushubsohle sollte vor Einbau des Kiespolsters

tiefenwirksam nachverdichtet werden. Das Kiespolster ist aus einem gut verdichtbaren Material der Bodengruppe GW, GI, SW oder SI herzustellen, welches bis zu einer Dichte $D_{pr} \geq 1,0$ zu verdichten ist. Bei dem Kiespolster ist zu beachten, dass dieses gegenüber dem Gründungskörper einen allseitigen Überstand in Höhe Unterkante Kiespolster besitzen muss, welcher mindestens so groß wie die Auffüllhöhe ist.

Für das Kiespolster wurden folgende charakteristische Berechnungskennwerte zum Ansatz gebracht:

$$\varphi_k' = 35,0^\circ; c_k' = 0 \text{ kN/m}^2; \gamma_k / \gamma_k' = 19 / 11 \text{ kN/m}^3; E_{s,k} = 80 \text{ MN/m}^2$$

Für die Berechnungen wurden folgende Annahmen getroffen:

- Fundamentlänge: $a = 80 \text{ m}$
- Fundamentbreite: $b = 2 \dots 4 \text{ m}$
- Gründungstiefe: $t_{\text{min}} \approx 0,8 \text{ m}$ (auf mind. 1,0 m Kiespolster)
- Baugrundprofil: S/B 127
- Grundwasser: $t_{\text{GW}} \approx 2,22 \text{ m}$ unter GOK = 92,4 m NN (Abschnitt 2.4)
- Vorbelastung: $\sigma_v \approx 13,2 \text{ kN/m}^2$ (Aushubentlastung am Dammfuss)
- angenommene zulässige Setzung: $s_{\text{zul}} \leq 2 \text{ cm}$

In Anlage 17.14.5, Blatt 01 und 02 wurden bei Annahme der Sicherheiten nach DIN 1054:2005-01, Lastfall 1 und lotrecht mittiger Belastung Grundbruchberechnungen und Setzungsabschätzungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10: aufnehmbarer Sohldruck

	aufnehmbarer Sohldruck [kN/m ²]			Setzung [cm]		
Anlage 17.14.5, Blatt 01	Kiespolster d = 1,1 m *)					
Fundamentbreite [m]	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	4,0
Grundbruchsicherheit nach DIN 1054:2005-01	181	204	216	2,4	3,8	4,7
Setzung max. s = 2,0 cm	150	112	99	2,0	2,0	2,0
Anlage 17.14.5, Blatt 02	Kiespolster d = 1,6 m **)					
Fundamentbreite [m]	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	4,0
Grundbruchsicherheit nach DIN 1054:2005-01	210	206	219	2,4	3,1	3,9
Setzung max. s = 2,0 cm	177	136	117	2,0	2,0	2,0

*) vollständiger Ausbau der Auffüllungen am Ansatz S/B 127

**) vollständiger Ausbau der Hochflutsande Schicht 5.2.1 bis auf den steifen Ton am Ansatz S/B 127

~~Die aus den Grundbruchberechnungen ermittelten aufnehmbaren Sohldrücke liegen in Abhängigkeit von den Fundamentbreiten zwischen $\sigma_{zul} = 181...216 \text{ kN/m}^2$ mit Setzungsbeträgen von 2,4...4,7 cm für ein 1,1 m dickes Kiespolster und zwischen $\sigma_{zul} = 206...219 \text{ kN/m}^2$ mit Setzungsbeträgen von 2,4...3,9 cm für ein 1,6 m dickes Kiespolster.~~

~~Diese hohen Setzungen können vom Bauwerk vermutlich nicht schadensfrei aufgenommen werden. Bei einer angenommenen zulässigen Setzung von 2,0 cm ergibt sich, je nach Fundamentabmessungen, ein aufnehmbarer Sohldruck von $\sigma_{zul} = 150...99 \text{ kN/m}^2$ für ein 1,1 m dickes Kiespolster und von $\sigma_{zul} = 177...117 \text{ kN/m}^2$ für ein 1,6 m dickes Kiespolster.~~

~~Folgerung:—~~

~~Bei einer Flachgründung der Stützwand auf einem Kiespolster können die aufnehmbaren Sohldrücke je nach Fundamentabmessungen in Abhängigkeit von den zulässigen Setzungen der Anlage 17.14.5, Blatt 01 und Blatt 02 entnommen werden.~~

~~Auffüllungen in der Aushubsohle sind auszukoffern und das Kiespolster ist entsprechend zu verstärken. Die Fundamentsohle ist durch einen fachkundigen Geotechniker abnehmen zu lassen.~~

~~Die angegebenen aufnehmbaren Sohldrücke gelten zur Vorbemessung. Sie ersetzen nicht die notwendigen erdstatischen Nachweise (Grundbruchsicherheit, Gleiten, Kippen, Setzungen) unter Ansatz der tatsächlichen Fundamentabmessungen und Lasten.~~

~~3.3 — Baugrubensicherung und Wasserhaltung~~

~~Wird die Stützwand flach gegründet, sind Baugruben erforderlich. Baugruben bis 1,25 m Tiefe können nach DIN 4124 senkrecht ausgehoben werden. Tiefere Baugruben müssen geböschet oder verbaut werden. Unbelastete Böschungen bis 5,0 m Höhe können nach DIN 4124 über Grundwasser unter einem Neigungswinkel von 45° (Sande, Kiese) bzw. 60° (Tone bei mind. steifer Konsistenz) abgeböschet werden. Für belastete und / oder höhere Böschungen ist die Standsicherheit nachzuweisen. Die Böschungswinkel sind nach den tatsächlich anstehenden Erdstoffen im Böschungsbereich anzulegen. Bei der Herstellung von Baugruben sind weitergehende Forderungen, Empfehlungen und Hinweise der DIN 4124 sowie des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB) der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau zu beachten. Sofern Verbauarbeiten vorgesehen sind bzw. die Stützwand als Spundwandverbau ausgeführt wird, können die Rechenwerte zur Verbauberechnung Abschnitt 2.6, Tabelle 5a d entnommen werden. Angaben zur Rammfähigkeit des Untergrundes enthält Abschnitt 2.9.~~

Die horizontalen Bettungsziffern für durchgehende Verbauwände lassen sich in Anlehnung an die EAB /U 24/, Kapitel 4.6 (EB-102) näherungsweise ableiten zu:

$$k_{sh,k} = E_{sh,k}/t_B \quad (\text{für Ortbetonwände und Spundwände})$$

$$k_{sh,k} = E_{sh,k}/b \quad (\text{für Bohlträger})$$

mit: $E_{sh,k}$ — horizontale Steifemodul

t_B — von der Bettung erfasste Einbindetiefe

b — Flanschbreite bei geramten Trägern, bei Trägern, die in vorgebohrte Löcher
 — eingestellt werden, tritt der Bohrlochdurchmesser D an die Stelle von b

Der horizontale Steifemodul $E_{sh,k}$ kann aus dem vertikalen Modul E_s (siehe Tabelle 5a-d) mit dem Faktor 0,5 umgerechnet werden:

Grundwasser wurde mit den Kernbohrungen S/B 127 und S/B 132A in einer Tiefe von 3,8 m bzw. 3,5 m unter GOK angetroffen. Der höchste Grundwasserstand (Bemessungswasserstand) wurde in Abschnitt 2.4 mit 92,4 m NN angegeben.

Wir gehen davon aus, dass im Rahmen einer Flachgründung kein negativer Einfluss des Grundwassers eintritt. Eine Wasserhaltung ist in diesem Fall nicht erforderlich. Bei Auskoffnung der Hochflutsande bis auf den Ton (Schicht 6.1.3 am Ansatz S/B 127) ist mit Stau bzw. Schichtenwasser auf dem Ton zu rechnen. Dieses Wasser kann mit einer temporären Wasserhaltung gefasst werden.

3.4 Verankerung

Die neue Stützwand neben dem Fa Stellwerk wird vermutlich rückverankert werden. Nachfolgend werden Hinweise und Empfehlungen zur Rückverankerung der Stützwand gegeben.

Unter Verpressankern versteht man Stahzugglieder, die in Bohrlöchern von ca. 80 bis 150 mm Durchmesser eingebaut sind und am erdseitigen Ende, in einem durch Einpressen von Zementmörtel hergestellten Verpresskörper, verankert werden. Die Kräfte werden vom Bauwerk über den Ankerkopf in das Stahzugglied und von dort über den Verpresskörper im Bereich der Kräfteintragungslänge in den Baugrund eingeleitet. Die Überprüfung des Tragverhaltens der Anker im Bereich der Kräfteintragungslänge erfolgt durch Anspannen gegen das zu verankern- de Bauteil. Den Einbau, die Prüfung und die Überwachung von Dauer- und Kurzzeitankern regelt die DIN EN 1537. An jedem Anker ist eine Abnahmeprüfung durchzuführen.

Für den Entwurf der Anker sind nach /U 29/ folgende Punkte zu beachten:

- Die freie Ankerlänge sollte mindestens 5 m betragen, um sicherzustellen, dass die Vorspannkraft planmäßig in den Baugrund und nicht durch Kraftkurzschluss von der Erdseite aus in das Widerlager eingeleitet wird.
- Die Verpresskörperlänge (Krafteintragungslänge) sollte ganz im bindigen oder ganz im nichtbindigen Boden liegen. Übergangsbereiche sind zu vermeiden.
- Wegen möglicher Richtungsabweichungen des Bohrlochs und der gegenseitigen Beeinflussung bei der Krafteintragung sollten die Verpresskörper bei 15 m bis 20 m langen Ankern einen planmäßigen Achsabstand von mindestens $a = 1,5$ m aufweisen.
- Durch Spreizung der Anker in einer Reihe ist gegebenenfalls der planmäßige Mindestabstand von 1,5 m zu erzielen.
- Der planmäßige Abstand zwischen Verpresskörper und bestehenden Bauwerken oder empfindlichen Leitungen sollte 3 m nicht unterschreiten. Um bei Ankern unter verformungsempfindlichen Bauwerken Schäden infolge der konzentrierten Krafteinleitung und Zerrung des Bodens zu verhindern, ist eine Staffelung der Ankerlängen zu empfehlen. Bei besonders empfindlichen Bauwerken oder wenn größere Verschiebungen des ganzen Bodenblockes zu erwarten sind, sollten die Anker so lang ausgeführt werden, dass die Verpresskörper nicht unter diese Bauwerke zu liegen kommen.
- Die Verpresskörper sollten mindestens 4 m unter der Geländeoberkante liegen.
- Die Ankerneigung gegenüber der Horizontalen muss wegen der Herstellung mindestens 10° betragen. Wegen der Tragkraft sind in Böden mit wechselnden Schichten mindestens 15° bis 20° Neigung anzustreben.
- Bruch oder Kriechen eines einzelnen Ankers darf die Standsicherheit der verankerten Konstruktion nicht gefährden.
- An einspringenden Wandecken müssen die senkrecht zueinander angeordneten Anker einen ausreichenden Sicherheitsabstand aufweisen.
- Ab einem Verpresskörperabstand von mehr als dem Zehnfachen des Verpresskörperdurchmessers ist keine maßgebliche gegenseitige Beeinflussung mehr zu erwarten.
- Bei üblichen Verpresskörperdurchmessern von 100 mm bis 150 mm sollte im Allgemeinen ein planmäßiger Abstand der Verpresskörper von 1,50 m nicht unterschritten werden.

Die Verpresskörper der Anker müssen in die mitteldicht bis dicht gelagerten Sande und Kiese der Schicht 10.1.2, 10.2.2, 10.2.3 einbinden:

Nachfolgend wird zur Bemessung der Anker Diagramme aus /U 29/ dargestellt. Für nichtbindige Böden sind in den nachfolgenden Grafiken die Grenzlaster beim Bruch in Abhängigkeit von der Krafteintragungslänge (Verpresskörperlänge) für verschiedene Lagerungsdichten dargestellt.

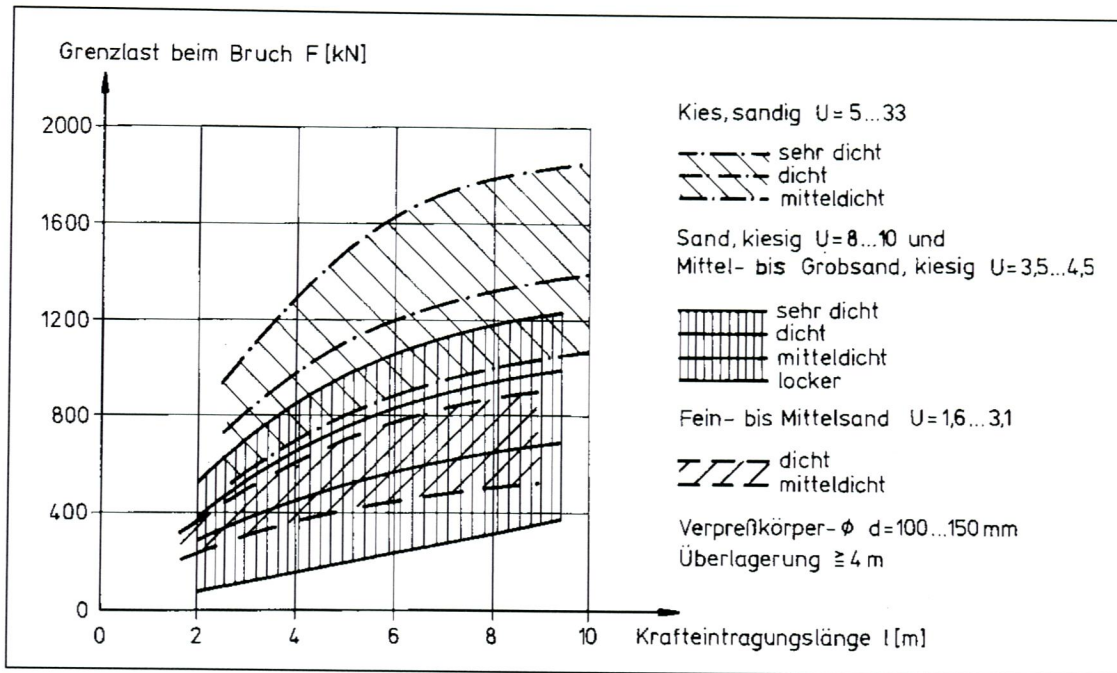


Bild 1: Grenzlaster von Anker in nichtbindigen Böden (nach Ostermeyer) aus /U 29/

3.5 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 25/ 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 11: Versickerungsfähigkeit von Böden nach DWA A 138

Boden	Schicht	k_f -Werte [m/s]	$k_{f, \text{kor}}$ -Werte [m/s]	Versickerungsfähigkeit
Auffüllung, (Sand/Kies), rollig	1.2.1, 1.2.2, 1.4.1, 1.4.3	$2,2 \cdot 10^{-4}$ {SU-GU}	$4,4 \cdot 10^{-5}$ {SU-GU}	versickerungsfähig
		$10^{-3} \dots 10^{-6}$ {SE, SU, ST, GI, GW, GU}	$10^{-3} \dots 10^{-6}$ {SE, SU, ST, GI, GW, GU}	
Auffüllung, (Sand), gemischtkörnig	1.3.1, 1.3.2, 1.3.3	$1,1 \cdot 10^{-5}$ {SU*}	$2,2 \cdot 10^{-6}$ {SU*}	versickerungsfähig bis nicht versickerungsfähig
Hochflutsand, rollig	5.1.2, 5.1.3	$10^{-3} \dots 10^{-6}$ {SE, ST}	$10^{-3} \dots 10^{-6}$ {SE, ST}	versickerungsfähig
Hochflutsand, ge- mischtkörnig	5.2.1, 5.2.2	$3,1 \cdot 10^{-8}$ {ST*}	$6,2 \cdot 10^{-9}$ {ST*}	nicht versickerungsfähig
Hochflutlehm	6.1.2, 6.1.3	$10^{-7} \dots 10^{-9}$	$< 10^{-6}$	nicht versickerungsfähig
Terrasse: Sand/Kies, rollig	10.1.2, 10.2.2, 10.2.3	$9,0 \dots 5,7 \cdot 10^{-4}$ {GI, GU}	$1,8 \dots 1,1 \cdot 10^{-4}$ {GI, GU}	versickerungsfähig
Terrasse: Sand; gemischtkörnig	10.1.5	$10^{-5} \dots 10^{-7}$ {SU*}	$10^{-5} \dots 10^{-7}$ {SU*}	versickerungsfähig bis nicht versickerungsfähig
Tertiär: Sand, rollig	15.1.3	$10^{-3} \dots 10^{-5}$	$10^{-3} \dots 10^{-5}$	versickerungsfähig
Tertiär: Sand; gemischtkörnig	15.3.3	$10^{-5} \dots 10^{-7}$	$10^{-5} \dots 10^{-7}$	versickerungsfähig bis nicht versickerungsfähig
Tertiär: Ton	16.1.3	$10^{-8} \dots 10^{-10}$	$< 10^{-6}$	nicht 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 11 entnommen werden:

Im vorliegenden Fall besitzen die über dem Grundwasser erkundeten, aufgefüllten Sande und Kiese sowie die enggestuften und schwach tonigen Hochflutsande der Bodengruppen {SE, SU, ST, GI, GW, GU} und SE, ST k_f -Werte $> 10^{-6}$ m/s und sind gemäß DWA A138 ausreichend versickerungsfähig. Die rolligen Auffüllungen der Bodengruppe {SU*} sind bedingt versickerungsfähig, da ihre k_f -Werte im Grenzbereich von 10^{-6} m/s liegen. Die tonigen Hochflutsande (ST*), die Hochflutlehme (TL, TM) und die tertiären Tone (TM) sind nach DWA A138 nicht versickerungsfähig. Die Terrassensande und Kiese sowie die tertiären Sande sind prinzipiell versickerungsfähig.

Fazit:

Im Bereich der Bohrpunkte ist eine Versickerung von nicht belastetem Niederschlagswasser gemäß DWA A 138 möglich:

~~3.6 Einfluss auf angrenzende Bebauung~~

~~Um Nachsetzungen der Bestandsbrücken, des Stellwerkgebäudes und der vorhandenen Leitungen zu verhindern bzw. zu minimieren nicht zu gefährden, sollten insbesondere bei Verbauarbeiten möglichst erschütterungsarme Verfahren angewendet werden.~~

~~Darüber hinaus ist eine kontinuierliche Beobachtung und messtechnische Überwachung der in Betrieb befindlichen Gleisanlagen und Masten vorzunehmen. Ggf. ist eine Langsamfahrstelle als bahnsseitige Schutzmaßnahme einzurichten. Im Vorfeld der Baumaßnahme sollte eine Beweissicherung an den Bauwerken und dem Leitungsbestand durchgeführt werden.~~

~~3.7 Ausbildung der Hinterfüllung / Dammverbreiterung~~

~~Mit dem Neubau der Stützwand ist die Hinterfüllung gemäß den Forderungen der Ril 836.4302 auszubilden.~~

~~Danach sind zur Bauwerksentwässerung ausreichend dimensionierte und instandhaltungsarme Anlagen vorzusehen, wenn die Stützbauwerke nicht zur Aufnahme von Wasserdrücken vorgesehen und bemessen werden sollen.~~

~~Zur Dränung der Mauerrückseiten dürfen Dränmatten verwendet werden, die den Anforderungen der geltenden Prüfbedingungen des EBA für Geokunststoffe entsprechen. Die Dräneinrichtungen sind hydraulisch zu bemessen, soweit sie nicht nur konstruktiv der Ableitung von Sickerwasser dienen.~~

~~Die Hinterfüllung/Dammverbreiterung und Entwässerung von Schwergewichts- und Winkelstützmauern sind nach den Regeln der Ril 836 /U 22/ und der ZTVE StB 09 /U 26/ herzustellen. Wir empfehlen für die Hinterfüllung/Dammverbreiterung in Anlehnung an die Ril 836.0501 Bild A 1.9 die Verwendung von grobkörnigen Böden als Schüttmaterial:~~

- ~~→ GW, GI, GE, SE, SW, St~~
- ~~→ empfohlener Verdichtungsgrad $D_{r, \geq} \geq 0,98$~~

Hinweise zur Dammverbreiterung

- ~~▪ Bewuchsbeseitigung und Abtragung Oberboden~~
- ~~▪ Herstellung einer abgetreppten Böschungsfläche am Bestandsdamm, die Stufen der Abtreppungen sollten eine Höhe von ca. 60 cm haben und ein nach außen geneigtes Gefälle von 5 % aufweisen~~
- ~~▪ Herstellung Untergrundplanum / Dammaufstandsfläche~~

- Die in Höhe Untergrundplanum anstehenden Auffüllungen der Schichten 1.2.1 und 1.4.1 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.
- 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.

3.8 Tragschichtsystem

3.8.1 Anforderungen an das Tragschichtsystem

Die Dammverbreiterung 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 12 dargestellten Anforderungen an das Tragschichtsystem:

Tabelle 12: Regelanforderungen an den Unterbau unter Gleisen

Streckenkatgorie Oberbau	Neubau P-160, R-120 Schotter
OKTS = Oberkante Tragschicht (alt: Planum)	$E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ $D_{pr} \geq 1,00$
Planum (alt: Erdplanum)	$E_{v2} \geq 60 \text{ MN/m}^2$ $E_{vd} \geq 35 / 30 \text{ MN/m}^2$ ^{*)} $D_{pr} \geq 0,97$ ^{**)}
Regeldicke der Schutzschicht für Frosteinwirkungsgebiet I	40 cm

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

**) Empfehlung $D_{pr} \geq 0,98$, siehe Abschn. 3.7

3.8.2 Bemessung des Tragschichtsystems

Ausgehend von dem Regelquerschnitt

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

liegt die Oberkante der Tragschicht = Unterkante (UK) Schotter bei 0,7 m unter SO. Die für die Bemessung des Tragschichtsystems maßgebende Bodenart ist der unter dem Schotter anstehende bzw. aufgefüllte Boden. Ausgehend von dem Vorgesagten, Abschn. 3.7, besteht dieser im vorliegenden Fall aus den empfohlenen grobkörnigen Dammschüttmaterialien.

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 Streckenkategorie ergeben, müssen die folgenden Angaben überprüft und ggf. präzisiert werden.

Neubau Fernverkehrsgleise Strecke 4010, km 77,900-77,980

Die Regelanforderungen an das Planum werden durch die oben beschriebene Dammverbreiterung 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	±
Streckenkategorie	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 Tragfähigkeit bemessen und mit 40 cm ausreichend angesehen, was unsere Erfahrungen bestätigen. Aus geotechnischer Sicht sind folgende weitere Maßnahmen erforderlich:~~

- ~~— Prüfung der Tragfähigkeit und Verdichtung des Planums nach Tabelle 12~~
- ~~— Einbau einer 0,40 m dicken Schutzschicht aus KG 2, zweilagiger Einbau~~
- ~~— Prüfung der Tragfähigkeit und Dichte auf der OKTS gemäß Tabelle 12~~
- ~~— Einbau des neuen Schotteroberbaues~~

~~3.8.3 Materialanforderungen~~

~~Bei Verwendung der o. g. Dammschüttstoffe für die Dammverbreiterung 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 27/ erfüllen.~~

~~3.8.4 Abnahmekriterien~~

~~Die für die Bauausführung erforderlichen Abnahmekriterien an die Oberkante Tragschicht und das Planum ergeben sich aus den Regelanforderungen der Ril 836.0501, Bild A1.9 (Abschnitt 3.8.1).~~

~~3.9 Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen~~

~~Die bei der Herstellung der Stützwand und der Dammverbreiterung anfallenden Erdmassen stellen sandige und kiesige Auffüllungen und die rolligen und bindigen Hochflutablagerungen dar, darüber hinaus Oberboden im Böschungsbereich des Bestandsdammes. Diese Böden sind gemäß Ril 836, Modul 836.0504, Bild 2 als Hinterfüllmaterial der Stützwand nicht geeignet. Bis auf den Oberboden können sie jedoch in Bereichen ohne besondere Anforderungen an Durchlässigkeit, Verdichtungsgrad, Frostempfindlichkeit usw. als Auffüllmaterial o.ä. eingesetzt werden.~~

~~Fremdbestandteile wie Wurzeln, Bauschutt, Schlacke o.ä. sowie der 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 Tragschichtsystem

4.1 Anforderungen an das Tragschichtsystem

Die neuen Fernverkehrsgleise der Strecke 3657 im Untersuchungsabschnitt werden aufgrund der Kürze und der Komplexität einer Einfädelstelle in das Kriterium „Neubau“ und die Streckenkategorie VzG: $80\text{km/h} < v \leq 160\text{ km/h}$ 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 4a und 4b dargestellten Anforderungen an das Tragschichtsystem.

Tabelle 13: Regelanforderungen an den Unterbau unter Gleisen Neubau auf Erdkörpern gemäß Frosteinwirkungsgebiet I: bis 160 km/h

Neubau - Schotteroberbau			
max. Geschwindigkeit	ab 80 km/h bis einschließlich 160 km/h		
max. Gleisbelastung	$\leq 25\text{ t}$		
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 ^{**)}

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

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

4.2 Bemessung des Tragschichtsystems

Ausgehend von dem Regelquerschnitt

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

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

Ausgehend von den Trassierungsentwürfen /U 2/ und den Querprofilen /U 3/ besteht dieser im Bereich des Untersuchungsgebietes gemäß Ril 836 /U 9/ aus grobkörnigen Damm - und Hinterfüllmaterialien der Bodengruppen GW, GI, GE, SE, SW, SI. Weiterhin besteht der Untergrund im Bereich des bahnrechten Gleises und im Bereich der Einfädelstelle aus aufgefüllten Böden des Bestandsdammes.

Aufgrund der Tatsache, dass sich die Untergrundverhältnisse kleinräumig sehr stark ändern und der Vorgabe der Ril 836.40101 ein möglich gleichmäßiges Fahrbahnaulager für kurze Abschnitte zu schaffen, wird der Untersuchungsbereich nachfolgend gesamtheitlich betrachtet. Hierzu werden zur Bemessung der Tragschichtdicke die ungünstigsten Bodenverhältnisse herangezogen.

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

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

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

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

4.2.1 Abschnitt, Str. 3657 km 0,611 – km 0,537

Die Neubaustrecke 3657 wird ab der EÜ Gutleutstraße zwischen km 0,611 – km 0,537 dem Bestand zugeführt. Die EÜ Gutleutstraße wird in diesem Bereich erweitert und der Bestandsdamm abschnittsweise neu angeschüttet. Die Gleise verlaufen ab der EÜ Gutleutstraße sowohl auf neuen Anschütt- und Hinterfüllungsmaterialien als auch auf der Bestandstrecke im weiteren Verlauf des Einfädels. Ab ca. km 0,560 verlaufen beide Gleise im Bereich der Bestandstrecke.

Ausgangssituation:

maßgebende Bodenart	Kies, Sand
Bodengruppe nach DIN 18196	[GW, GI, GE, SE, SW, SU, ST]
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 09	F 1, F1 - F2
Hydrologischer Fall nach Ril 836.4101A05	1
Berechnungsmodul E_H [MN/m²] nach Ril 836.4101A05, Bild A 5.1	50 MN/m²

Bewertung der OK Tragschicht nach Ril 836.4101A02

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

Bewertung vorhandenes OK Planum nach Ril 836.4101A02

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

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

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

Bewertung hinsichtlich Filterstabilität nach Ril 836.4101A06

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

Folgerung

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

- Prüfung der Tragfähigkeit und Verdichtung des Planums nach Tabelle 13
- Einbau einer **0,30 m dicken Schutzschicht aus KG 2**, einlagiger Einbau
- Prüfung der Tragfähigkeit und Dichte auf der OKTS gemäß Tabelle 13
- Einbau des neuen Schotteroberbaues

4.2.2 Materialanforderungen

Bei Verwendung der o. g. Dammschüttstoffe für die Dammverbreiterung 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 27/ erfüllen.

4.2.3 Abnahmekriterien

Die für die Bauausführung erforderlichen Abnahmekriterien an die Oberkante Tragschicht und das Planum ergeben sich aus den Regelanforderungen der Tabelle 13.

4.3 Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen

Die bei der Herstellung der Stützwand und der Dammverbreiterung anfallenden Erdmassen stellen sandige und kiesige Auffüllungen und die rolligen und bindigen Hochflutablagerungen dar, darüber hinaus Oberboden im Böschungsbereich des Bestandsdammes. Diese Böden sind gemäß Ril 836, Modul 836.0504, Bild 2 als Hinterfüllmaterial der Stützwand nicht geeignet. Bis auf den Oberboden können sie jedoch in Bereichen ohne besondere Anforderungen an Durchlässigkeit, Verdichtungsgrad, Frostempfindlichkeit usw. als Auffüllmaterial o.ä. eingesetzt werden.

Fremdbestandteile wie Wurzeln, Bauschutt, Schlacke o.ä. sowie der 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.

4.4 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 25/ sind Böden versickerungsfähig, deren k_f -Werte im Bereich von 10^{-3} bis 10^{-6} m/s liegen. Ferner sollte die Mächtigkeit des Sickerraumes (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 14: Versickerungsfähigkeit von Böden nach DWA-A 138

Boden	Schicht	k_f -Werte [m/s]	$k_{f, \text{korrr}}$ -Werte [m/s]	Versickerungsfähigkeit
Auffüllung, (Sand/Kies), rollig	1.2.1, 1.2.2, 1.4.1, 1.4.3	$2,2 \cdot 10^{-4}$ [SU-GU]	$4,4 \cdot 10^{-5}$ [SU-GU]	versickerungsfähig
		$10^{-3} \dots 10^{-6}$ [SE, SU, ST, GI, GW, GU]	$10^{-3} \dots 10^{-6}$ [SE, SU, ST, GI, GW, GU]	
Auffüllung, (Sand), gemischtkörnig	1.3.1, 1.3.2, 1.3.3	$1,1 \cdot 10^{-5}$ [SU*]	$2,2 \cdot 10^{-6}$ [SU*]	versickerungsfähig bis nicht versickerungsfähig
Hochflutsand, rollig	5.1.2, 5.1.3	$10^{-3} \dots 10^{-6}$ [SE, ST]	$10^{-3} \dots 10^{-6}$ [SE, ST]	versickerungsfähig
Hochflutsand, ge- mischtkörnig	5.2.1, 5.2.2	$3,1 \cdot 10^{-8}$ (ST*)	$6,2 \cdot 10^{-9}$ (ST*)	nicht versickerungsfähig
Hochflutlehm	6.1.2, 6.1.3	$10^{-7} \dots 10^{-9}$	$< 10^{-6}$	nicht versickerungsfähig
Terrasse: Sand/Kies, rollig	10.1.2, 10.2.2, 10.2.3	$9,0 \dots 5,7 \cdot 10^{-4}$ (GI, GU)	$1,8 \dots 1,1 \cdot 10^{-4}$ (GI, GU)	versickerungsfähig
Terrasse: Sand, gemischtkörnig	10.1.5	$10^{-5} \dots 10^{-7}$ (SU*)	$10^{-5} \dots 10^{-7}$ (SU*)	versickerungsfähig bis nicht versickerungsfähig
Tertiär: Sand, rollig	15.1.3	$10^{-3} \dots 10^{-5}$	$10^{-3} \dots 10^{-5}$	versickerungsfähig
Tertiär: Sand, gemischtkörnig	15.3.3	$10^{-5} \dots 10^{-7}$	$10^{-5} \dots 10^{-7}$	versickerungsfähig bis nicht versickerungsfähig
Tertiär: Ton	16.1.3	$10^{-8} \dots 10^{-10}$	$< 10^{-6}$	nicht 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 10 entnommen werden.

Im vorliegenden Fall besitzen die über dem Grundwasser erkundeten, aufgefüllten Sande und Kiese sowie die enggestuften und schwach tonigen Hochflutsande der Bodengruppen [SE, SU, ST, GI, GW, GU] und SE, ST k_f -Werte $>10^{-6}$ m/s und sind gemäß DWA-A138 ausreichend versickerungsfähig. Die rolligen Auffüllungen der Bodengruppe [SU*] sind bedingt versickerungsfähig, da ihre k_f -Werte im Grenzbereich von 10^{-6} m/s liegen. Die tonigen Hochflutsande (ST*), die Hochflutlehme (TL, TM) und die tertiären Tone (TM) sind nach DWA-A138 nicht versickerungsfähig. Die Terrassensande und -kiese sowie die tertiären Sande sind prinzipiell versickerungsfähig.

Fazit:

Im Bereich der Bohrpunkte ist eine Versickerung von nicht belastetem Niederschlagswasser gemäß DWA-A 138 möglich.

4.5 Einfluss auf angrenzende Bebauung

Um Nachsetzungen der Bestandsbrücken, des Stellwerkgebäudes und der vorhandenen Leitungen zu verhindern bzw. zu minimieren, sollten insbesondere bei Verbauarbeiten möglichst erschütterungsarme Verfahren angewendet werden.

Darüber hinaus ist eine kontinuierliche Beobachtung und messtechnische Überwachung der in Betrieb befindlichen Gleisanlagen und Masten vorzunehmen. Ggf. ist eine Langsamfahrstelle als bahnseitige Schutzmaßnahme einzurichten. Im Vorfeld der Baumaßnahme sollte eine Beweissicherung an den Bauwerken und dem Leitungsbestand durchgeführt werden.

4.6 Ausbildung der Hinterfüllung / Dammverbreiterung

Mit dem Neubau der Stützwand ist die Hinterfüllung gemäß den Forderungen der Ril 836.4302 auszubilden.

Danach sind zur Bauwerksentwässerung ausreichend dimensionierte und instandhaltungsarme Anlagen vorzusehen, wenn die Stützbauwerke nicht zur Aufnahme von Wasserdrücken vorgesehen und bemessen werden sollen.

Zur Dränung der Mauerrückseiten dürfen Dränmatten verwendet werden, die den Anforderungen der geltenden Prüfbedingungen des EBA für Geokunststoffe entsprechen. Die Dräneinrichtungen sind hydraulisch zu bemessen, soweit sie nicht nur konstruktiv der Ableitung von Sickerwasser dienen.

Die Hinterfüllung/Dammverbreiterung und Entwässerung von Schwergewichts- und Winkelstützmauern sind nach den Regeln der Ril 836 /U 22/ und der ZTVE-StB 09 /U 26/ herzustellen.

Wir empfehlen für die Hinterfüllung/Dammverbreiterung in Anlehnung an die Ril 836.0501 Bild A 1.9 die Verwendung von grobkörnigen Böden als Schüttmaterial.

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

Mit der Erneuerung der Eisenbahnüberführung EÜ Gutleutstraße sind die Hinterfüllungen gemäß den Forderungen der Ril 836 so auszubilden, dass Setzungen am Übergang zwischen Kunstbauwerk und Erdbauwerk infolge:

- Konsolidierung des Untergrundes,
- Eigenverformung der Hinterfüllung und
- Verkehrsbelastung minimiert werden.

Danach müssen Hinterfüllmaterialien gemäß Modul 836.4102A01, Bild 1 (für $v < 160$ km/h) aus wasserdurchlässigen, grobkörnigen, weit- oder intermittierend gestuften Kiessanden (GW, GI, SW, SI nach DIN 18196) mit einem Verdichtungsgrad $D_{pr} \geq 1,0$ bestehen. Diese sind im erdfeuchten Zustand in Lagen von $d \leq 0,30$ m einzubauen und zu verdichten. Die Verdichtung ist im Zuge der Bauausführung kontinuierlich nachzuweisen. Das einzubauende Material ist auf seine Eignung hin im Vorfeld der Baumaßnahme zu prüfen. Die Breite des Hinterfüllbereiches muss auf OK Hinterfüllung mindestens 5,0 m bzw. $2 \times H$ (Auffüllhöhe) betragen. Der größere Wert ist maßgebend.

Bei $160 \text{ km/h} \leq v \leq 300 \text{ km/h}$ gilt Bild 1 des Moduls 836.4102A01 sinngemäß.

Zur Entwässerung empfehlen wir eine Sickerschicht mit Entwässerungsrinne anzuordnen und anfallendes Wasser aus dieser abzuleiten.

Hinweise zur Dammverbreiterung

- Bewuchsbeseitigung und Abtragung Oberboden
- Herstellung einer abgetreppten Böschungsfläche am Bestandsdamm, die Stufen der Abtreppungen sollten eine Höhe von ca. 60 cm haben und ein nach außen geneigtes Gefälle von 5 % aufweisen
- Herstellung Untergrundplanum / Dammaufstandsfläche
- Die in Höhe Untergrundplanum anstehenden Auffüllungen der Schichten 1.2.1 und 1.4.1 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.

- Lagenweiser Einbau und Verdichtung des Dammschüttmaterials ab UK Dammaufstandsfläche. Wir empfehlen einen Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 0,98$.
- Prüfung des Verdichtungsgrades, Prüfmethode und Prüfumfang analog ZTVE-StB bzw. Ril 836.4102A01, Bild 1; Ril 836.4103

5 Zusammenfassung / Schlussbemerkungen

Im vorliegenden geotechnischen Bericht sind die Baugrundverhältnisse und deren Bewertung für die neue Stützwand und die Dammverbreiterung von ~~km 77,900 bis km 77,980~~ km 0,611 – km 0,537 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 Gründung des Bauwerkes. Die Dammschüttung und der Aufbau des Tragschichtsystems wurden erläutert.

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 eng- bis weitgestuften Sanden und Kiesen sowie schwach schluffigen bis schluffigen Sanden. Im Dammbereich weisen die Auffüllungen Mächtigkeiten zwischen 5,0 m und 7,4 m auf und in Höhe Straßenniveau 1,85 m bis 2,5 m. Darunter folgen locker bis dicht gelagerte Hochflutsande und weiche bis steife Hochflutlehme, gefolgt von mitteldichten bis dichten Terrassensande und -kiesen, steifen und steif/halbfesten Tonen und den dicht gelagerten tertiären Sanden.

Das Grundwasser wurde mit den Kernbohrungen S/B 127 und S/B 132A bei 3,8 m und 3,5 m unter Gelände angeschnitten. Wir empfehlen, den Bemessungswasserstand bei ca. 92,4 m NN anzunehmen.

Ausgehend von den Erkundungsergebnissen ist eine Flachgründung der Stützwand möglich. Die Dammverbreiterung kann 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, die Einfluss auf die Gründung des Bauwerkes haben können.

aufgestellt:

~~Dipl.-Ing. Ch. Sietisch~~

Dipl.-Geol. Ch. Josenhans

