



Mobility
Networks
Logistics

UNGÜLTIG

Anlage entfällt
ersatzlos

Anlage 17.19

DB International GmbH
Baugrund
Bereich West / Südwest
Büro Frankfurt am Main
Oskar-Sommer-Straße 15
60596 Frankfurt am Main
Tel. 069 6319-176
Fax 069 6319-118

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

Geotechnischer Bericht

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

Teilobjekt: Neubau Zweigleisiger Überbau Gutleuthof km 78,020 Str. 4010

Leistungsphase: Entwurfsplanung

Auftraggeber: DB ProjektBau GmbH
Regionalbereich Mitte
BV-MI-P (4-8_7)
Hahnstraße 52
60528 Frankfurt (Main)

Auftragsnummer: PF 3 0368 01

Bearbeiter: Dipl.-Geol. U. Tang

Dieser geotechnische Bericht umfasst 32 Seiten und 7 Anlagen und darf auszugsweise nicht veröffentlicht werden.

Frankfurt, 15.02.2011

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

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

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|---|--------------|
| 1 Einleitung | 4 |
| 1.1 Unterlagen | 4 |
| 1.2 Vorgang / Aufgabenstellung | 5 |
| 1.3 Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen | 5 |
| 2 Darstellung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse | 8 |
| 2.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse | 8 |
| 2.2 Geologische Situation | 8 |
| 2.3 Baugrundverhältnisse - Schichtenaufbau und Kennwerte | 9 |
| 2.4 Hydrologische Verhältnisse | 13 |
| 2.5 Baugrundmodell | 14 |
| 2.6 Bodenrechenwerte | 16 |
| 2.7 Beton- und Stahlaggressivität des Grundwassers und Bodens | 18 |
| 2.8 Erdbebeneinwirkung | 20 |
| 2.9 Rammfähigkeit des Untergrundes | 20 |
| 3 Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen | 22 |
| 3.1 Allgemeines | 22 |
| 3.2 Flachgründung | 22 |
| 3.3 Bohrpfahlgründung | 24 |
| 3.4 Pfahlwiderstände quer zur Pfahlachse | 26 |
| 3.5 Baugrubensicherung und Wasserhaltung | 27 |
| 3.6 Zusatzbelastung auf Pfähle | 28 |
| 3.7 Entwässerung / Versickerungsfähigkeit | 28 |
| 3.8 Einfluss auf angrenzende Bebauung | 30 |
| 3.9 Ausbildung der Hinterfüllung | 30 |
| 3.10 Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen | 31 |
| 4 Zusammenfassung / Schlussbemerkungen | 32 |

Anlagenverzeichnis

| | | |
|------------------|--|----------|
| Anlage 17.19.1 | Abkürzungsverzeichnis | 1 Blatt |
| Anlage 17.19.2 | Lage- und Aufschlusspläne | 1 Blatt |
| Anlage 17.19.3 | Bohr-/Sondierprofile und Rammogramme | 1 Blatt |
| Anlage 17.19.4 | Bodenmechanische Laborergebnisse | |
| Anlage 17.19.4.1 | Körnungslinien | 3 Blatt |
| Anlage 17.19.4.2 | Zustandsgrenzen | 2 Blatt |
| Anlage 17.19.4.3 | Beton- und Stahlaggressivität des Bodens und Wassers | 13 Blatt |
| Anlage 17.19.5 | Fundament-/Setzungsdiagramme | 3 Blatt |
| Anlage 17.19.6 | Kampfmittelfreimessung | 6 Blatt |
| Anlage 17.19.7 | Fotodokumentation | 7 Blatt |

1 Einleitung

1.1 Unterlagen

Zur Ausarbeitung dieses Geotechnischen Berichtes standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- /U 1/ Bestellung 0086/VEW/22669874 vom 10.08.2010 zum Vertrag 0015/RA8/92166128 vom 06.08.2010 auf Grundlage unseres Angebotes ID30616 vom 19.07.2010.
- /U 2/ Vorplanung Lagepläne LP21A, 22A, 23A, 04A und 05A, von DB ProjektBau GmbH, Stand: Juli 2004 / Okt. 2009 / Aug. 2010.
- /U 3/ Ergebnisse der Aufschlussarbeiten der Fa. Umweltgeotechnik GmbH, Okt. 2010 bis Jan. 2011.
- /U 4/ Laborergebnisse der DB International GmbH, Baugrund, Dez. 2010 bis Jan. 2011.
- /U 5/ Laborergebnisse der Fa. Wessling Laboratorien GmbH, Nov. 2010.
- /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 GRUNDWASSERMESSSTELLEN, Stand: Sept. 2010.
- /U 9/ Ril 836 Erdbauwerke planen, bauen und instand halten, Fassung vom 01.10.2008.
- /U 10/ EA-Pfähle Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Verlag Ernst & Sohn, 2007.
- /U 11/ EAB Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V., 4. Auflage; Verlag Ernst & Sohn, 2006.
- /U 12/ Arbeitsblatt DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ Stand: 05/2005.
- /U 13/ Programm „GGU-FCOTING“, 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 14/ Programm „GGU-Axpile“, Berechnung und graphische Darstellung von Bohr- und Rammpfählen nach DIN 4014 bzw. DIN 1054, Version 5.08, 16.10.2010, Copyright + Verfasser: Prof. Dr.-Ing. J. Buß.

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.

Die vorhandene Eisenbahnüberführung Gutleuthof wird dazu mit einem neuen zweigleisigen Überbau für die neuen Streckengleise der Strecke 4010, einschließlich der dazugehörigen Widerlager erweitert.

Die DB International GmbH, Baugrund wurde auf der Grundlage der Bestellung /U 1/ mit der Erkundung, Darstellung und Bewertung der Baugrundverhältnisse im Untersuchungsbereich des Brückenneubaus, mit Angabe bodenmechanischer Kennwerte für die Gründung der Brücke 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 17.19.6 beigelegt.

Die Aufschlussarbeiten im Bereich der Eisenbahnüberführung Gutleuthofstraße wurden durch die Firma Umweltgeotechnik GmbH vom 22.10.2010 bis 14.12.2010 ausgeführt.

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse waren in Abstimmung mit dem Auftraggeber je Brückenwiderlager eine Kernbohrung (B) mit Tiefen bis 20 m und 2 Kleinbohrungen im Damm (BS, Ø 60 mm) bis max. 10 m unter Gelände geplant. Für die Ermittlung der Lagerungsverhältnisse des Baugrundes waren insgesamt 4 schwere Rammsondierung (DPH) mit Tiefen zwischen 10 und 20 m unter Gelände 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. Die Bohrung S/B 132,

direkt neben dem südlichen Widerlager, musste nach dem Erreichen eines Abwasserrohres in einer Tiefe von 2,20 m unter GOK abgebrochen werden. Nach einer gemeinsamen Ortsbegehung mit dem Auftraggeber und dem Bohrunternehmer ist diese Bohrung weiter in Richtung des Fahrdienstleiters versetzt und in die Bohrung S/B 132 A umbenannt worden.

Die Bohrung S/B 133 im Bereich des nördlichen Widerlagers erreichte bei 2,70 m unter GOK eine Brauchwasserleitung der DB AG, trotz Freimessung und Kabelschurf. Auch diese Bohrung musste neu angesetzt werden.

Beide neuen Bohrungen erreichten die vorgegeben Endteufe von 22,00 m unter GOK. Die ursprüngliche Endteufe von 20,00 m, wurde wegen des Erreichens einer Tonschicht im unteren Bereich um 2,00 m verlängert.

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

Die Aufschlüsse S/RKS/DPL-5 129, DPH 132, RKS/DPL-5 131, RKS/DPL-5 134 und DPH 133 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] |
|----------------------|------------|---------------|----------------------|--------------------|------------------------|
| 34,545 ¹⁾ | S/RKS 129 | 5,0 m l.d.GA | 101,48 | 93,98 | 7,50 ³⁾ |
| 34,545 ¹⁾ | DPL-5 129 | 5,0 m l.d.GA | 101,48 | 93,68 | 7,80 ³⁾ |
| 34,558 ²⁾ | S/B 132 A | 22,0 m r.d.GA | 95,48 | 73,48 | 22,00 |
| 34,558 ²⁾ | DPH 132 | 22,0 m r.d.GA | 95,48 | 85,88 | 9,60 ³⁾ |
| 34,570 ²⁾ | S/RKS 131 | 2,0 m r.d.GA | 100,94 | 94,34 | 6,60 ³⁾ |
| 34,570 ²⁾ | DPL-5 131 | 2,0 m r.d.GA | 100,94 | 93,94 | 7,00 ³⁾ |
| 34,651 ²⁾ | S/RKS 134 | 1,2 m r.d.GA | 100,93 | 94,43 | 6,50 ³⁾ |
| 34,651 ²⁾ | DPL-5 134 | 1,2 m r.d.GA | 100,93 | 93,53 | 7,40 ³⁾ |
| 34,655 ²⁾ | S/B 133 | 16,5 m r.d.GA | 95,13 | 73,13 | 22,00 |
| 34,655 ²⁾ | DPH 133 | 16,5 m r.d.GA | 95,13 | 84,63 | 10,50 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 3520

²⁾ bezogen auf Streckengleis 3620

³⁾ 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 3/ können bei Bedarf im Archiv der DB International GmbH, Baugrund eingesehen werden. Die Lage der Aufschlüsse ist aus Anlage 17.19.2 ersichtlich. Die Baugrundprofile sind bezogen auf m NN in der Anlage 17.19.3 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 und aus der S/B 133 eine Grundwasserprobe entnommen und bezüglich Beton- und Stahlaggressivität untersucht worden.

Im Einzelnen wurden ausgeführt:

- 3x Nass-/Trockensiebung nach DIN 18123,
- 2x Bestimmung der Atterberg'schen Zustandsgrenzen nach DIN 18122,
- 1x Bestimmung der Beton-/Stahlaggressivität (Boden) nach DIN 4030 und DIN 50929 und
- 1x Bestimmung der Beton-/Stahlaggressivität (Wasser) nach DIN 4030 und DIN 50929.

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen können der Anlage 17.19.4 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 vorhandene Eisenbahnüberführung Gutleuthof bei ca. Bahn-km 34,622 der Strecke 3520 überquert die Gleiszuwegungen zu den Abstellgleisen 331 bis 381 und den Gleisen der Hafensbahn. Die Bestandsgleise der Bahnstrecken liegen hier auf einem 5,00 m - 6,00 m hohen Damm, der als Rampe in Richtung Nordosten in einem Bogen in das Bahnhofsvorfeld führt. Die Böschungen des Bestandsdammes sind stark bewachsen. Im Bereich des südlichen Widerlagers befindet sich auch das Fa-Stellwerk mit umfangreichen erdverlegten Kabelbeständen. Im Bereich des nördlichen Widerlagers schließt sich in der Verlängerung ein Bahngebäude mit Aufenthaltsräumen an, in dessen Bereich auch mit zahlreichen erdverlegten Kabel und Leitungen zu rechnen ist.

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 befindet sich die unteren Meeressande als Untergrenze des Tertiärs und Übergang zu den Gesteinen des Rotliegenden. Die Anstehenden Gesteine werden durch eine nach Nordwesten immer mächtiger werdende Deckschicht aus Gesteinen des Tertiärs überdeckt. Im nordwestlichen Bereich des Erkundungsgebietes können einzelne Kalksteinschichten (Hydrobienschichten) angetroffen werden. Im Bereich der Flussniederungen stehen an der Oberfläche quartäre Lockergesteine aus Flusssedimenten, Niederterrassen von Main und kleineren Nebenflüssen an.

Der Rhein und der Main sowie ihre Nebenflüsse haben im Quartär am nördlichen Ende des Oberrheingrabens Sand und Kies abgelagert. Gelegentlich sind Schluff und Ton sowie Torf eingelagert. Dort wo diese Sedimente auf den ähnlichen Schichten des Pliozäns liegen, ist die Abgrenzung zu diesen schwierig.

Als typische pliozän-zeitliche Schichten der Untermain-Ebene gelten feinkörnige kalkfreie Sande (grau, weiß, gelblich) mit Einlagerungen von Tonlinsen, Braunkohlen und Kiesen. Die Gerölle dieser Kiese bestehen aus gebleichtem Buntsandstein, scharfkantigem Gangquarz, Quarzit und Hornstein. Der schwarze Kieseliefer aus Frankenwald und Fichtelgebirge fehlt weitgehend.

Die Pleistozän-Schichten der Untermain-Ebene bestehen aus Sanden und Kiesen mit gelegentlichen schluffig-tonigen Einlagerungen. Die Gerölle der Kiese bestehen aus ungebleichtem Buntsandstein, Kalkstein, Hornstein, Quarz, Quarzit, Basalt und schwarzem Kieseliefer 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

Mit der im Gleisbereich ausgeführten Erkundung S/RKS 134 wurde zunächst der Gleisschotter mit einer Gesamtschotterstärke von 0,70 m angetroffen. Der Schotter wurde als verschmutzt bis stark verschmutzt eingeschätzt, mit einem vom Bohrmeister abgeschätzten Feinanteil von 20 - 25 %. Gemäß Bohrmeisterangaben ist der angetroffene Schotter in den oberen 0,50 m reinigungsfähig, darunter aber nicht reinigungsfähig. Die Einschätzung der mechanischen Reinigungsfähigkeit gilt vorbehaltlich einer abfalltechnischen Einstufung des Schotters.

Auffüllungen

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

Die rolligen Auffüllungen stellen sich als weitgestufte und schwach tonige, schwach schluffige bis schluffige **Fein- bis Mittelsande**, mit kiesigen und steinigen Bestandteilen dar. Im Bereich der S/RKS 129 und 131 wurden auch weitgestufte bzw. schwach schluffige, stark sandige **Kiese** erkundet. Darüber hinaus waren die aufgefüllten Sande mit Sandsteinstücken durchsetzt. Am Ansatzpunkt der S/B 133 wurde ab GOK Mutterboden in einer Mächtigkeit von 0,20 m erkundet. Nach DIN 18196 werden die Auffüllungen den Bodengruppen [SW, ST, SU,

SU*, GW, GU, OH] zugeordnet. Die Schichtdicke in der Bohrung 132 A am Dammfuss beträgt 2,50 m, in der Bohrung 133 nur 0,20 m Mutterboden. Die im Damm liegenden Auffüllungen weisen Mächtigkeiten zwischen 5,00 m - 6,50 m zusammen mit dem Schotter auf. Die Kleinbohrung S/RKS 134 endet in den Auffüllungen. Die Lagerungsdichte der rolligen Auffüllungen im Damm ist gemäß den Ergebnissen der leichten Rammsondierungen als locker bis mitteldicht zum Teil dicht einzuschätzen. Die am Dammfuss ausgeführte schwere Rammsondierung DPH 132 weist auf eine lockere Lagerung hin.

Anstehender Boden

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

Hierbei handelt es sich zuerst um **Hochflutsande** und **Hochflutlehme**. Das sind schwach schluffige bis schluffige, schwach tonige zum Teil enggestufte Fein- bis Mittelsande der Bodengruppen SU, SU*, ST und SE. Die Lagerungsdichte dieser rolligen Böden ist im Ergebnis der Rammsondierungen als locker über mitteldicht bis dicht zu bewerten. Die leichten Rammsondierungen DPL-5 129, DPL-5 131 und DPL-5 134 mussten infolge eines unzureichenden Bohrfortschritts vorzeitig abgebrochen werden.

Die Hochflutlehme wurden mit den Kleinbohrungen S/RKS 129 und S/RKS 131 in Form von mittelplastischen sandigen bis schwach sandigen Tonen der Bodengruppe TM erkundet. Die Konsistenz dieser bindigen Schichten ist gemäß Handspezifizierung und Laborversuch als weich einzuschätzen.

Die Unterkante der Hochflutablagerungen liegt in der Bohrung S/B 133 bei 3,60 m unter GOK. Die Kleinbohrungen S/RKS 129 und S/RKS 131 enden in den Hochflutsanden bei 7,50 m bzw. 6,60 m unter SO (93,98 ... 94,34 m NN).

Die **Mainterrassen** stellen sich zum einen als intermittierend gestufte sandige Fein - Mittelkiese bzw. intermittierend gestufte kiesige Mittel- bis Grobsande und schluffige, kiesige Mittelsande dar. Vielfach sind in den Sanden und Kiesen Sandsteinstücke eingelagert. Gemäß DIN 18186 können diese Böden den Bodengruppen GI, SI und SU* zugeordnet werden. Die Lagerungsdichte der Sande und Kiese ist gemäß der schweren Rammsondierungen als locker, mitteldicht bis dicht zu bewerten. Die Schichtmächtigkeit der quartären Ablagerungen ist mit den Bohrungen zwischen 2,50 m - 6,50 m eingemessen worden, die Unterkante liegt zwischen 6,10 m und 9,00 m unter GOK (89,03...86,48 m NN).

Unter den quartären Schichten folgen bis Endtiefe (22,00 m unter GOK, 73,13...73,48 m NN) der Bohrungen S/B 132 A und S/B 133 die **Sedimente des Tertiärs**. Das sind erggestufte graue Fein- und Mittelsande der Bodengruppen SE. Die Lagerungsdichte ist gemäß der Angaben des Bohrmeisters zum Bohrfortschritt als dicht einzuschätzen. Nur die DPH 133 erreichte diese Sande, Rammsondierungen DPH 134 mussten bereits vorher abgebrochen werden.

In diese rolligen tertiären Sedimente sind bindige Ablagerungen eingelagert. Das sind graue mittlplastische, schwach sandige bis sandige, schwach schluffige bis schluffige Tone der Bodengruppe TM. Die Konsistenz war zum Zeitpunkt der Erkundung und aus Handspezifizierung und Laborversuch steif und steif/halbfest, punktuell auch weich. Die Schichtdicke liegt in den Bohrungen zwischen 1,90 m und 3,10 m.

Der Mutterboden wird aufgrund der untergeordneten Bedeutung und der geringen Schichtdicke im Weiteren nicht weiter betrachtet.

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 | [GW, GU, SW, ST, SU, SU*] | SU, SU*, ST, SE | TM | SI, GI, SU* | SE | TM |
| Kornanteil $d \leq 0,063$ mm [%] | 18 [SU*] | 9 (SU) | 61,5 | 3 (GI) | --- | 69,9 |
| Kornanteil $d > 2,0$ mm [%] | 4 [SU*] | 22 (SU) | --- | 64 (GI) | --- | --- |
| Ungleichförmigkeitszahl U [-] | --- | 6,8 (SU) | --- | 43,6 (GI) | --- | --- |
| natürl. Wassergehalt w_n [%] | --- | --- | 22,3 | --- | --- | 17,9 |
| korr. Wassergehalt w_k [%] | --- | --- | 23,6 | --- | --- | 17,9 |
| Fließgrenze w_L [%] | --- | --- | 38,0 | --- | --- | 47,0 |
| Ausrollgrenze w_P [%] | --- | --- | 14,1 | --- | --- | 15,3 |
| Plastizitätszahl I_P [%] | --- | --- | 23,9 | --- | --- | 31,7 |
| Konsistenzzahl I_c [-] bez. auf Gesamtprobe | --- | --- | 0,66 | --- | --- | 0,92 |
| Konsistenz handspezifiziert | --- | --- | weich | --- | --- | weich, steif... steif/halbfest |
| Lagerungsdichte | locker... dicht | locker... dicht | --- | locker... dicht | dicht | --- |
| Durchlässigkeitswert k_f [m/s] | | | | | | |
| nach Beyer, USBR/Bialas | $1,1 \cdot 10^{-5}$ [SU*] | $8,0 \cdot 10^{-5}$ (SU) | --- | $5,7 \cdot 10^{-4}$ (GI) | --- | --- |
| Erfahrungswerte | $10^{-3} \dots 10^{-5}$ [GW, SW, SU, GU, ST] $10^{-5} \dots 10^{-7}$ [SU*] | $10^{-3} \dots 10^{-5}$ (SE, SU, ST) $10^{-5} \dots 10^{-7}$ (SU*) | $10^{-7} \dots 10^{-9}$ | $10^{-3} \dots 10^{-5}$ (GI, SI) $10^{-5} \dots 10^{-7}$ (SU*) | $10^{-3} \dots 10^{-5}$ | $10^{-8} \dots 10^{-10}$ |
| Durchlässigkeit nach DIN 18 130 | stark bis schwach durchlässig | stark bis schwach durchlässig | schwach bis sehr schwach durchlässig | stark bis schwach durchlässig | stark bis durchlässig | sehr schwach durchlässig |
| Bodenklasse nach DIN 18 300 *) | 3 [GW, SW, GU, SU, ST] 4 [SU*] | 3 (SE, SU, ST) 4 (SU*) | 4 | 3 (GI, SI) 4 (SU*) | 3 | 4 |
| Frostempfindlichkeit nach ZVE - StB 09 | F1 [GW, SW] F2 [GU, ST, SU] F3 [SU*] | F1 (SE) F2 (SU, ST) F3 (SU*) | F3 | F1 (GI, SI) F3 (SU*) | F1 | F3 |

Tabellenwerte sind Mittelwerte bzw. Einzelwerte aus Laborversuchen.

*) in Abhängigkeit vom Steinanteil auch höher.

2.4 Hydrologische Verhältnisse

Die Aufschlussarbeiten wurden von Oktober 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 [m NN] | Datum |
|------------|----------------------------|--|------------------------|------------|
| B 132 A | 3,50 | --- | 91,98 | 03.12.2010 |
| B 133 | 3,80 | --- | 91,33 | 01.12.2010 |

Mit den Kernbohrungen S/B 132 A und S/B 133 sind die Grundwasserstände bei 91,33...91,98 m NN (3,80 m - 3,50 m unter Gelände) eingemessen worden.

Die erkundeten aufgefüllten Sande und Kiese sind überwiegend gut wasserdurchlässig. Die schluffigen Hochflutsande und die Hochflutlehme sind nur gering durchlässig bis sehr schwach durchlässig. 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 schwach bis sehr schwach durchlässig.

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 GRUNDWASSERMESSSTELLEN die Wasserstände zu Grundwassermessstellen entlang der Bahntrasse abgefragt (/U 7/ und /U 8/). 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 7/ 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 132 A und S/B 133 zuzüglich eines Sicherheitszuschlages vom 1,00 m bei 92,98 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: 2,30 m - 4,40 m

- Mutterboden, Schotter, Fein-/Mittelsand, weitgestuft, schwach schluffig, schwach tonig, schwach kiesig bis kiesig, Sandsteinstücke
- Kies, weitgestuft, schwach schluffig, schwach sandig bis stark sandig
- lockere Lagerung (**Schicht 1.1.1, 1.2.1, 1.4.1, 1.9.1**)
- mitteldichte Lagerung (**Schicht 1.2.2**)
- dichte Lagerung (**Schicht 1.4.3**)
- Klassifikation lt. DIN 18196

⇒ **[GW, GU, SW, SU, ST, OH]**

Auffüllung, rollig, gemischtkörnig

Mächtigkeit: 1,10 m - 3,20 m

- Fein-/Mittelsand, 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: 0,30 m - 3,40 m

- Mittel-/Feinsand, enggestuft, schwach schluffig bis schluffig, schwach tonig, schwach bis stark kiesig, Sandsteinstücke
- lockere Lagerung (**Schicht 5.1.1, 5.2.1**)
- mitteldichte Lagerung (**Schicht 5.1.2**)
- dichte Lagerung (**Schicht 5.1.3**)
- Klassifikation lt. DIN 18196

⇒ **SE, ST, SU, SU***

- Schicht 6:** **Hochflutlehme** Mächtigkeit: 0,60 m – 0,80 m
- Ton, leichtplastisch, schwach sandig bis sandig, schwach kiesig
 - weiche Konsistenz (**Schicht 6.1.2**)
 - Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ **TL**
- Schicht 10:** **Terrassensande / -kiese** Mächtigkeit: 2,50 m - 6,50 m
- Mittel-/Grobsand, intermittierend gestuft, schluffig, kiesig, Sandsteinstücke
 - Fein-/Mittelkies, intermittierend gestuft, sandig, Sandsteinstücke
 - lockere Lagerung (**Schicht 10.1.1, 10.1.4**)
 - mitteldichte Lagerung (**Schicht 10.2.2, 10.1.5**)
 - dichte Lagerung (**Schicht 10.2.3**)
 - Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ **GI, SI, SU***
- Schicht 15:** **Tertiäre Sande** Mächtigkeit: 2,90 m - 6,70 m
- Fein-/Mittelsand, enggestuft
 - dichte Lagerung (**Schicht 15.1.3**)
 - Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ **SE**
- Schicht 16:** **Tertiäre Tone** Mächtigkeit: 1,90 m - 3,10 m
- Ton, mittelplastisch, schwach schluffig bis schluffig, schwach sandig bis sandig
 - steife und steif/halbste Konsistenz ^{*)} (**Schicht 16.1.3**)
 - Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ **TM**

^{*)} Die im Profil S/B 132 A in der Tiefe von 11,80 m bis 12,10 m erkundeten weichen Tone können auf Grund ihrer geringen Mächtigkeit vernachlässigt und der Schicht 16.1.3 zugeordnet werden.

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 | | | | | | | |
|---|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | Schot-ter | [SU] | [SW, SU, ST] | [SU*] | [SU*] | [SU*] | [GU] | [GW] |
| Bodengruppe nach DIN 18196 | | | | | | | | |
| Schicht-Nr. | 1.1.1 | 1.2.1 | 1.2.2 | 1.3.1 | 1.3.2 | 1.3.3 | 1.4.1 | 1.4.3 |
| Konsistenz, Lagerungsdichte | locker | locker | mittel-dicht | locker | mittel-dicht | dicht | locker | dicht |
| wirks. Reibungswinkel φ_k' [Grad] | 30,0 | 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 | 0,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 |
| Wichte des feuchten Bodens γ_k [kN/m ³] | 18,0 | 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 | 9,0 | 10,0 | 9,0 | 10,0 | 11,0 | 9,0 | 11,0 |
| Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²] | 10,0 | 10,0 | 20,0 | 8,0 | 15,0 | 30,0 | 12,0 | 45,0 |

Tabelle 5b: Bodenrechenwerte

| Bodenart | Hochflutablagerungen | | | | |
|---|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | SU | ST | SE | SU* | TM |
| Bodengruppe nach DIN 18196 | | | | | |
| Schicht-Nr. | 5.1.1 | 5.1.2 | 5.1.3 | 5.2.1 | 6.1.2 |
| Konsistenz, Lagerungsdichte | locker | mitteldicht | dicht | locker | weich |
| wirks. Reibungswinkel φ_k' [Grad] | 30,0 | 32,5 | 35,0 | 29,0 | 17,5 |
| wirks. Kohäsion c_k' [kN/m ²] | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1,0 | 5,0 |
| Wichte des feuchten Bodens γ_k [kN/m ³] | 16,0 | 17,0 | 18,0 | 17,0 | 17,5 |
| Wichte des Bodens unter Auftrieb γ_k' [kN/m ³] | 8,5 | 9,5 | 10,5 | 9,0 | 7,5 |
| Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²] | 10,0 | 20,0 | 30,0 | 8,0 | 5 |

Tabelle 5c: Bodenrechenwerte

| Bodenart | Terrassenablagerungen | | | | |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| | SI | SU* | SU* | GI | GI |
| Bodengruppe nach DIN 18196 | | | | | |
| Schicht-Nr. | 10.1.1 | 10.1.4 | 10.1.5 | 10.2.2 | 10.2.3 |
| Konsistenz, Lagerungsdichte | locker | locker | mitteldicht | mitteldicht | dicht |
| wirks. Reibungswinkel φ_k' [Grad] | 30,0 | 27,5 | 30,0 | 35,0 | 37,5 |
| wirks. Kohäsion c_k' [kN/m ²] | 0,0 | 1,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 |
| Wichte des feuchten Bodens γ_k [kN/m ³] | 16,0 | 17,0 | 18,0 | 18,0 | 19,5 |
| Wichte des Bodens unter Auftrieb γ_k' [kN/m ³] | 8,5 | 9,0 | 10,0 | 10,5 | 12,5 |
| Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²] | 25 ab 5 m ¹⁾ : 55 | 15 ab 5 m ¹⁾ : 45 | 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 |
|---|---|---|
| Bodengruppe nach DIN 18196 | SE | TM |
| Schicht-Nr. | 15.1.3 | 16.1.3 |
| Konsistenz, Lagerungsdichte | dicht | steif, steif/halbfest |
| wirks. Reibungswinkel φ_k' [Grad] | 35,0 | 20,0 |
| wirks. Kohäsion c_k' [kN/m ²] ¹⁾ | 0,0 | 5,0 |
| undrainierte Kohäsion c_u [kN/m ²] ²⁾ | 0,0 | 15,0 |
| Wichte des feuchten Bodens γ_k [kN/m ³] | 18,0 | 18,0 |
| Wichte des Bodens unter Auftrieb γ_k' [kN/m ³] | 10,0 | 8,0 |
| Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²] | 90 ab 5 m ³⁾ : 120 ab 10 m ³⁾ : 190 | 10 ab 5 m ³⁾ : 15 ab 10 m ³⁾ : 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 Grundwassers und Bodens

Zur Bestimmung der Beton- und der Stahlaggressivität des Bodens ist aus der Bohrung S/B 132 A 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 GmbH. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Anlage 17.19.4 beigefügt.

Betonaggressivität

Die aufgeschlämmte und untersuchte Bodenmischprobe ist nach DIN 4030 als **nicht betonangreifend** einzuschätzen (Anlage 17.19.4.3, 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 17.19.4.3, Blatt 02 - 04):

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 |

Zur Bestimmung der Beton- und der Stahlaggressivität des Grundwassers ist aus der Bohrung S/B 133 eine Wasserprobe entnommen und auf beton- und stahlangreifende Inhaltsstoffe untersucht worden. Die Analysen erfolgten im Labor der DB International GmbH und im Labor Wessling GmbH. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Anlage 17.19.4 beigefügt.

Betonaggressivität

Die untersuchte Wasserprobe ist nach DIN 4030 als **schwach betonangreifend** einzuschätzen (Anlage 17.19.4.3, Blatt 1), was der **Expositionsklasse XA1** nach DIN EN 206-1 entspricht.

Stahlkorrosivität

Die Untersuchung der Grundwasserprobe auf Korrosionswahrscheinlichkeit unlegierter und niedriglegierter Eisenwerkstoffe ergab folgende Ergebnisse (Anlage 17.19.4.3, Blatt 02 - 04):

Tabelle 8: Korrosionswahrscheinlichkeit unlegierter und niedriglegierter Werkstoffe

| Freie Korrosion | Mulden- und Lochkorrosion | Flächenkorrosion |
|---------------------------|---------------------------|------------------|
| im Unterwasserbereich | sehr gering | sehr gering |
| an der Wasser/Luft-Grenze | sehr gering | sehr gering |

Die Abschätzung der mittleren Korrosionsgeschwindigkeit stellt sich nach DIN 50929 Teil 3, wie folgt dar:

Tabelle 9: Mittlere Korrosionsgeschwindigkeit

| freie Korrosion | Abtragungsrate $w(100a)$ [mm/a] | max. Eindringtiefe $w_{Lmax}(30a)$ [mm/a] |
|---|------------------------------------|--|
| Freie Korrosion im Unterwasserbereich | 0,01 | 0,05 |
| Freie Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze | 0,01 | 0,05 |

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 10: 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 Ufereinfassungen (FAU).

Tabelle 11: 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, 1.4.2 | Auffüllung (Sand), mitteldicht | mittelschwer bis schwer |
| 1.4.3, 1.3.3 | Auffüllung (Sand), dicht | schwer bis sehr schwer |
| 5.1.1, 5.2.1 | Hochflut: Sand, locker | leicht |
| 5.1.2 | Hochflut: Sand, mitteldicht | mittelschwer bis schwer |
| 5.1.3 | Hochflut: Sand, dicht | schwer bis sehr schwer |
| 6.1.2 | Hochflut: Ton, weich | mittelschwer |
| 10.1.1, 10.1.4 | Terrasse: Sand/Kies, locker | leicht bis mittelschwer |
| 10.2.2, 10.1.5 | Terrasse: Sand/Kies, mitteldicht | mittelschwer bis schwer |
| 10.2.3 | Terrasse: Sand, dicht | schwer bis sehr schwer |
| 15.1.3 | 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, 1.4.2) als mittelschwer bis schwer rammfähig und bei dichter Lagerung (Schicht 1.4.3, 1.3.3) als schwer bis sehr schwer rammfähig eingeschätzt.

Hochflutablagerungen:

Die Sande und Kiese werden in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte, bei lockerer Lagerung (Schicht 5.1.1, 5.2.1) als leicht, bei mitteldichter Lagerung (Schicht 5.1.2) als mittelschwer bis schwer rammfähig und bei dichter Lagerung (Schicht 5.1.3) als schwer bis sehr schwer rammfähig eingeschätzt. In Abhängigkeit der Konsistenz ist der weiche Ton (Schicht 6.1.2) als mittelschwer rammfähig zu bewerten.

Terrassenablagerungen / Tertiär:

Die Sande und Kiese werden in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte, bei lockerer Lagerung (Schicht 10.1.1, 10.1.4) als leicht bis mittelschwer, bei mitteldichter Lagerung (Schicht 10.2.2, 10.1.5) als mittelschwer bis schwer und bei dichter Lagerung (Schicht 10.2.3, 15.1.3) als schwer bis sehr schwer rammfähig eingeschätzt. In Abhängigkeit der Konsistenz ist der steife bzw. steif/halfeste 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/halfesten Tonen sind Rammhilfen wie Spülen oder Vorbohren einzuplanen. 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 wird die bestehende Eisenbahnüberführung über die Gleiszuwegungen zu den Abstellgleisen 331 bis 381 und den Gleisen der Hafenbahn ausgebaut. Gemäß der Vorplanung /U 2/ ist eine Verbreiterung der EÜ bahnrrechts vorgesehen. Für den zweigleisigen Neubau gehen wir von einem flach gegründeten Stahl-/Spann betonüberbau auf zwei neuen Widerlagern aus. Zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung lagen keine weiteren Planungen vor, sodass die entsprechenden unten angeführten Randbedingungen der Gründung angenommen wurden.

Die Gründung ist vorzugweise als Flachgründung vorgesehen. Alternativ wird die Gründung auf Bohrpfählen betrachtet. In den nachfolgenden Abschnitten werden die Gründungsvarianten Flachgründung und Pfahlgründung dargestellt.

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 132 A, 133) ist ersichtlich, dass der Baugrund im Bereich der Bohrung S/B 132 A unter locker gelagerten sandigen, kiesigen, schwach schluffigen Auffüllungen aus mitteldicht und dicht gelagerten Terrassenablagerungen (Schicht 10) besteht. Im Bereich der S/B 133 wurde unter Mutterboden die anstehenden locker gelagerten schwach schluffigen bis schluffigen Sande der Hochflutablagerungen (Schicht 5) angetroffen, die über den hier locker gelagerten Terrassensanden liegen.

Unter den Terrassen folgen die steifen und steif/halbfesten Tonen (Schicht 16) sowie dicht gelagerten Sanden (Schicht 15) der Tertiärablagerungen.

Aufgrund der im gründungsrelevanten Bereich anstehenden locker gelagerten Auffüllungen sowie locker gelagerten schluffigen Sande empfehlen wir zur Reduzierung und Vergleichmäßigung der Setzungen im Bereich der Gründungsohle, den Einbau eines $\geq 1,0$ m dicken Kiespolsters. Die Unterkante des Kiespolsters liegt bei ca. 2,0 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:

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

Für die Berechnungen wurden folgende Annahmen getroffen:

| | |
|--------------------------------|--|
| Fundamentlänge: | $a = 8,00 \text{ m}$ |
| Fundamentbreite: | $b = 4,00 \text{ m} \dots 6,00 \text{ m}$ |
| Gründungstiefe: | $t_{\min} \approx 1,0 \text{ m}$ (auf mind. 1,0 m Kiespolster) |
| Baugrundprofil: | S/B 133 |
| Grundwasser: | $t_{GW} \approx 2,80 \text{ m}$ unter GOK (Abschnitt 2.4) |
| Vorbelastung: | $\sigma_v \approx 8,0 \text{ kN/m}^2$ (Aushubentlastung) |
| angenommene zulässige Setzung: | $s_{zul} \leq 2 \text{ cm}$ |

In Anlage 17.19.5, 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 12 dargestellt.

Tabelle 12: aufnehmbarer Sohldruck

| | aufnehmbarer Sohldruck [kN/m ²] | | | Setzung [cm] | | |
|--|--|------------|------------|-----------------|-----|-----|
| Anlage 17.19.5, Blatt 01 | Kiespolster $d = 1,00 \text{ m}$ | | | | | |
| Fundamentbreite [m] | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 |
| Grundbruchsicherheit nach DIN 1054:2005-01 | 235 | 191 | 279 | 4,1 | 3,6 | 5,8 |
| Setzung max. $s = 2,0 \text{ cm}$ | 120 | 105 | 100 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| Anlage 17.19.5, Blatt 02 | Kiespolster $d = 2,00 \text{ m}$ | | | | | |
| Fundamentbreite [m] | 4,0 | 5,0 | 6,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 |
| Grundbruchsicherheit nach DIN 1054:2005-01 | 250 | 249 | 282 | 2,7 | 3,0 | 3,8 |
| Setzung max. $s = 2,0 \text{ cm}$ | 180 | 160 | 150 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |

Die aus den Grundbruchberechnungen ermittelten aufnehmbaren Sohldrücke liegen in Abhängigkeit von den Fundamentbreiten zwischen $\sigma_{zul} = 235 \dots 279 \text{ kN/m}^2$ mit Setzungsbeträgen von 4,1...5,8 cm für ein 1,00 m dickes Kiespolster und zwischen $\sigma_{zul} = 250 \dots 282 \text{ kN/m}^2$ mit Setzungsbeträgen von 2,7...3,8 cm für ein 2,00 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 $\sigma_{zul} = 100...120 \text{ kN/m}^2$ für ein 1,00 m dickes Kiespolster und von $\sigma_{zul} = 150...180 \text{ kN/m}^2$ für ein 2,00 m dickes Kiespolster.

Folgerung:

Bei einer Gründung des Widerlagers auf einem Kiespolster können die aufnehmbaren Sohldrücke je nach Fundamentabmessungen in Abhängigkeit von den zulässigen Setzungen der Anlage 17.19.5, 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 Bohrpfahlgründung

Alternativ zur Abtragung der Lasten aus dem Brückenbauwerk, besteht auch die Möglichkeit die Widerlager der Brückenerweiterung auf Bohrpfählen zu gründen.

Für die Ermittlung der Tragfähigkeit von Bohrpfählen werden Spitzendruck- und Mantelreibungswerte benötigt. Die Einbindung der Bohrpfähle muss nach EA-Pfähle /U 10/ bei Lockergesteinsböden mindestens 2,50 m in die tragfähigen Schichten erfolgen. Tragfähige Schichten für den Ansatz eines Spitzendrucks sind im Sinne der EA-Pfähle rollige Böden mit einem mittleren Spitzenwiderstand der Drucksonde $q_c \geq 7,5 \text{ MN/m}^2$ oder bindige Böden mit einer Scherfestigkeit des undrained Boden $c_{u,k} \geq 0,1 \text{ MN/m}^2$. Entsprechend den Erkundungsergebnissen der Bohrungen S/B 132 A und S/B 133 sind als ausreichend tragfähig die mindestens mitteldicht und dicht gelagerten Sande und Kiese der Schichten 10.1.5, 10.2.2, 10.2.3 und 15.1.3 sowie die mindestens steif/halfesten Tone der Schicht 16.1.3 anzusehen.

In der nachfolgenden Tabelle 13 werden die zur Vorbemessung erforderlichen Bohrpfahlkennwerte in Anlehnung an die EA-Pfähle angegeben.

Tabelle 13: Pfahlspitzenwiderstand und Pfahlmantelreibung für Bohrpfähle nach /U 10/

| Schicht Nr. | Bodenart | Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ [MN/m ²] | Bruchwert der Pfahlmantelreibung $q_{s1,k}$ [MN/m ²] | Horizontale Betzungsziffer $\lambda_{s,k}$ [MN/m ³] |
|---------------------------|--|---|--|---|
| 1.2.1, 1.3.1, 1.4.1 | Auffüllung, rollig, nichtbindig, (Sand, Kies), locker | --- | 0,015 (0,01) ²⁾ | --- |
| 1.2.2, 1.3.2, 1.4.2 | Auffüllung, rollig, nichtbindig, (Sand), mitteldicht | --- | 0,04 | --- |
| 1.3.3 1.4.3 | Auffüllung, rollig, nichtbindig, (Sand, Kies), dicht | 1,40 / 1,80 / 3,50 ¹⁾ | 0,12 | 30 |
| 5.1.1 | Hochflut: Sand, locker | --- | 0,03 | 10 |
| 5.1.2 | Hochflut: Sand, mitteldicht | 1,05 / 1,35 / 3,00 ¹⁾ | 0,08 | 20 |
| 5.1.3 | Hochflut: Sand, dicht | 1,40 / 1,80 / 3,50 ¹⁾ | 0,12 | 30 |
| 5.2.1 | Hochflut: Sand, gemischt-körnig, locker | --- | 0,02 | 8 |
| 6.1.2 | Hochflut: Ton, weich | --- | 0,025 | 5 |
| 10.1.1 10.1.4 | Terrasse: Sand, nichtbindig und gemischtkörnig, locker | --- | 0,02 | 25 |
| 10.1.5 | Terrasse: Sand, gemischt-körnig, mitteldicht | --- | 0,06 | 35 |
| 10.2.2 | Terrasse: Kies, mitteldicht | 1,05 / 1,35 / 3,00 ¹⁾ | 0,08 | 50 |
| 10.2.3 | | | | |
| 15.1.3 | Tertiär: Sand, nichtbindig, dicht | 1,40 / 1,80 / 3,50 ¹⁾ | 0,12 | 90 ab 5 m ⁴⁾ : 120 ab 10 m ⁴⁾ : 190 |
| 16.1.3 | Tertiär: Ton, steif, steif/halbfest | 0,35 / 0,45 / 0,8 ¹⁾³⁾ | 0,04 | ab 5 m ⁴⁾ : 15 |

¹⁾ in Abhängigkeit der bezogenen Pfahlkopfssetzung nach EA-Pfähle

²⁾ bei Schlagzahlen $N_{10} < 2$

³⁾ gilt nicht für steifen Ton

⁴⁾ bezogen auf OK anstehender Boden (=UK Auffüllung)

Die angegebenen Werte gelten für Bohrpfähle ($D = 0,30 - 3,0$ m) mit einer Einbindetiefe in den tragfähigen Baugrund von mindestens 2,5 m. Die Mächtigkeit der tragfähigen Böden unterhalb der Pfahlfußfläche darf bei $d = 1,2$ m ein Maß von 3,6 m (3 x Pfahldurchmesser), mindestens aber 1,5 m nicht unterschreiten. Darüber hinaus wird empfohlen, dass in diesem Bereich $q_c \geq 10$ MN/m² bzw. $c_{u,k} \geq 0,10$ MN/m² nachgewiesen ist. Wenn die genannten geometrischen Werte unterschritten werden, ist ein Nachweis gegen Durchstanzen zu führen. Außerdem ist dann nachzuweisen, dass der darunter liegende Boden das Setzungsverhalten nicht maßgeblich beeinträchtigt. Sofern dies nicht gewährleistet ist, empfehlen wir, sicherheitshalber keinen Spitzenruck anzusetzen.

Wir empfehlen, in Abhängigkeit der statischen Nachweise, Pfähle in den mitteldichten und dichten Sanden der Schicht 15.1.3 abzusetzen.

Des Weiteren gelten die Angaben für Einzelpfähle und Pfahlgruppen unter Beachtung der Hinweise und Forderungen der EA-Pfähle /U 10/.

In Anlage 17.19.5, Blatt 03 ist zur Vorbemessung ein Pfahldiagramm für einen Einzelpfahl nach DIN 1054, Lastfall 1 (50 % veränderliche Lasten) mit einem Pfahlschaftdurchmesser $D = 1,2$ m und Pfahllängen zwischen von 12,0 m und 19,0 m aufgetragen worden.

Danach ergeben sich zulässige Pfahlbelastungen für eine Pfahllänge von 12,0 m von 3,26 MN, für eine Pfahllänge von 14,0 m von 3,72 MN, für eine Pfahllänge von 16,0 m von 2,44 MN und für eine Pfahllänge von 19,0 m von 4,47 MN mit Setzungsbeträgen von < 2 cm.

3.4 Pfahlwiderstände quer zur Pfahlachse

Querwiderstände dürfen nur für Pfähle mit einem Pfahlschaftdurchmesser $D \geq 0,30$ m bzw. einer Kantenlänge $a \geq 0,30$ m angesetzt werden. Der charakteristische Querwiderstand darf dabei durch charakteristische Werte des horizontalen Bettungsmoduls beschrieben werden. Der horizontale Bettungsmodul $k_{s,k}$ lässt sich grob abschätzen nach der Gleichung:

$$k_{s,k} = E_{s,k} / D_s \quad \text{mit } E_{s,k} \dots \text{ charakteristischer Wert des Steifemoduls}$$

$D_s \dots$ Pfahldurchmesser

Die Anwendung dieser Formel gilt für Pfahldurchmesser $D \leq 1,0$ m und einem Höchstwert der Horizontalverschiebung von $y = 2$ cm bzw. $y = 0,03 \cdot D$, wobei der kleinere Wert maßgebend ist. Bei einem angenommenen Pfahldurchmesser von 1,2 m ergibt sich eine maximale Horizontalverschiebung von $0,03 \cdot 1,2 \text{ m} = 3,6 \text{ cm} > 2 \text{ cm}$; daraus folgt: $y = 2$ cm ist maßgebend! Bei größeren Verformungen sind die Bettungsmoduli abzumindern. Bei der Ermittlung des horizontalen Bettungsmoduls ist ebenfalls eine Gruppenwirkung der Pfähle zu berücksichtigen. Bei einem Pfahlabstand, der dem zweifachen Pfahldurchmesser entspricht, ist der Bettungsmodul mit dem Faktor 0,75 abzumindern.

Die in Tabelle 13 angegebenen Bettungsziffern gelten für Pfahldurchmesser $\leq 1,00$ m und maximale Horizontalverformungen von 2,0 cm.

3.5 Baugrubensicherung und Wasserhaltung

Für die Herstellung von Widerlagerfundamenten bzw. Pfahlkopfbalken sind Baugruben erforderlich. Baugruben bis 1,25 m Tiefe können nach DIN 4124 senkrecht ausgehoben werden. Tiefere Baugruben müssen geböschet oder verbaut werden. Ausgehend von den Erkundungsergebnissen können nach DIN 4124 für Böschungen bis 5,0 m Höhe ohne besonderen Nachweis folgende Böschungswinkel im Lockergesteinsbereich über Grundwasser entsprechend DIN 4124 in Ansatz gebracht werden:

- Schicht 1, 5, 10 $\beta \leq 45^\circ$

Unbelastete Böschungen können unter einem Neigungswinkel von 45° bzw. 60° bis max. 5 m Höhe abgeböschet werden. Für belastete und / oder höhere Böschungen ist die Standsicherheit nachzuweisen. Die Hinweise der DIN 4124 sind zu beachten. 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, 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 11/, 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 Bohrl Lochdurchmesser D an die Stelle von b

Der horizontale Steifemodul $E_{sh,h}$ 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 132 A und S/B 133 in einer Tiefe von 3,50 m bzw. 3,8 m unter GOK angetroffen. Der höchste Grundwasserstand (Bemessungswasserstand) wurde in Abschnitt 2.4 mit 2,80 m unter GOK (~ 92,33 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 einer Pfahlgründung sind die Pfähle mit vorauseilender Verrohrung herzustellen. Unter dem Grundwasserspiegel ist mit Wasserüberdruck bzw. Überdruck einer Tonsuspension zu bohren. Auflockerungen infolge des Herstellungsprozesses der Pfähle, insbesondere in den Sandschichten, sind grundsätzlich zu vermeiden.

3.6 Zusatzbelastung auf Pfähle

Vertikale und horizontale Verschiebungen von Weichschichten können eine zusätzliche Belastung aus negativer Mantelreibung sowie Biegung aus Seitendruck auf Pfähle verursachen. Bei der bestehenden Gründung und den vorhandenen Bodenverhältnissen ist nach unserer Einschätzung nicht mehr mit solchen Zusatzbelastungen auf die Pfähle zu rechnen, da der Untergrund im Bereich der Gründungen bereits ausreichend konsolidiert ist.

3.7 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 12/ 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] | $k_{f,korr}$ -Werte [m/s] | Versickerungsfähigkeit |
|------------------------------------|-----------------------------------|---|---|---|
| Auffüllung, (Sand/Kies), rollig | 1.2.1, 1.2.2, 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3 | $10^{-3} \dots 10^{-5}$ [GW, SW, SU, GU, ST] | $10^{-3} \dots 10^{-5}$ [GW, SW, SU, GU, ST] | versickerungsfähig |
| 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 |
| Hochflutsand, rollig | 5.1.1, 5.1.2, 5.1.3 | $8,0 \cdot 10^{-5}$ (SU) | $1,6 \cdot 10^{-6}$ (SU) | versickerungsfähig |
| Hochflutsand, gemischtkörnig | 5.2.1 | $10^{-5} \dots 10^{-8}$ (SU*) | $10^{-5} \dots 10^{-8}$ (SU*) | versickerungsfähig bis nicht versickerungsfähig |
| Hochflutlehm | 6.1.2 | $10^{-7} \dots 10^{-9}$ (TM) | $10^{-7} \dots 10^{-9}$ (TM) | nicht versickerungsfähig |
| Terrasse: Sand/Kies, rollig | 10.1.1, 10.2.2, 10.2.3 | $5,7 \cdot 10^{-4}$ (GI) | $1,1 \cdot 10^{-5}$ (GI) | versickerungsfähig |
| Terrasse: Sand, gemischtkörnig | 10.1.4, 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 | $10^{-3} \dots 10^{-5}$ (SE) | $10^{-3} \dots 10^{-5}$ (SE) | versickerungsfähig |
| Tertiär: Ton | 16.1.3 | $10^{-8} \dots 10^{-10}$ (TM) | $10^{-8} \dots 10^{-10}$ (TM) | 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 14 entnommen werden.

Im vorliegenden Fall besitzen die über dem Grundwasser erkundeten, aufgefüllten Sande und Kiese sowie die rolligen, zum Teil schwach schluffigen, schwach tonigen Hochflutsande der Bodengruppen [GW, SW, SU, GU, ST] und GI, SE k_f -Werte $>10^{-6}$ m/s und sind gemäß DWA-A138 ausreichend versickerungsfähig. Die rolligen Auffüllungen der Bodengruppe [SU*] sind nur bedingt versickerungsfähig, da ihr k_f -Werte im Grenzbereich von 10^{-6} m/s und liegt. Die schluffigen Hochflutsande und die Hochflutlehme sind nach DWA-A138 nicht versickerungsfähig, ebenso die schluffigen Terrassensande und die tertiären Tone. 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 überwiegend in den rolligen Auffüllungen möglich.

Aufgrund des direkt unter den Hochflutlehmern erkundeten Grundwassers steht eine ausreichende Versickerungstrecke unterhalb der Hochflutlehme jedoch nicht zu Verfügung. Wir empfehlen in Abstimmung mit den zuständigen Behörden, entweder den Bau einer Entwässerungsanlage, bzw. das Einleiten der Oberflächenwässer in das bestehende Entwässerungsnetz, oder aber ein Versickern des anfallenden Wassers.

3.8 Einfluss auf angrenzende Bebauung

Um Gleisenkungen und Nachsetzungen der vorhandenen EÜ zu verhindern bzw. zu minimieren sowie die Standsicherheit der Dammböschungen 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 bahnseitige Schutzmaßnahme einzurichten. Im Vorfeld der Baumaßnahme sollte eine Beweissicherung an der Straße zum Fahrdienstleiter FA und dem **Leitungsbestand** durchgeführt werden.

3.9 Ausbildung der Hinterfüllung

Mit der Erweiterung der Eisenbahnüberführung sind die Hinterfüllungen gemäß den Forderungen der Ril 836 auszubilden. Nach Ril 836 sind Bauwerkshinterfüllungen so auszubilden, dass Setzungen am Übergang zwischen Kunstbauwerk und Erdbauwerk infolge

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

Danach sollten die Hinterfüllmaterialien gemäß Ril 836, Modul 836.0504, Bild 2 aus wasser-durchlässigen, grobkörnigen, weit- oder intermittierend gestuften Kiessanden (GW, GI, SW, SI nach DIN 18196) mit einem Verdichtungsgrad $D_{pr} \geq 1,0$ bestehen. Um dies zu erreichen, sollen sie im erdfeuchten Zustand in Lagen von $d \leq 0,30$ m eingebaut und verdichtet werden. Die Verdichtung ist im Zuge der Bauausführung kontinuierlich nachzuweisen. Das einzubauende Material ist auf seine Eignung hin im Vorfeld der Baumaßnahme zu prüfen. Eine schematische Darstellung für die Ausführung der Hinterfüllung bei bestehenden Strecken enthält Bild 1.

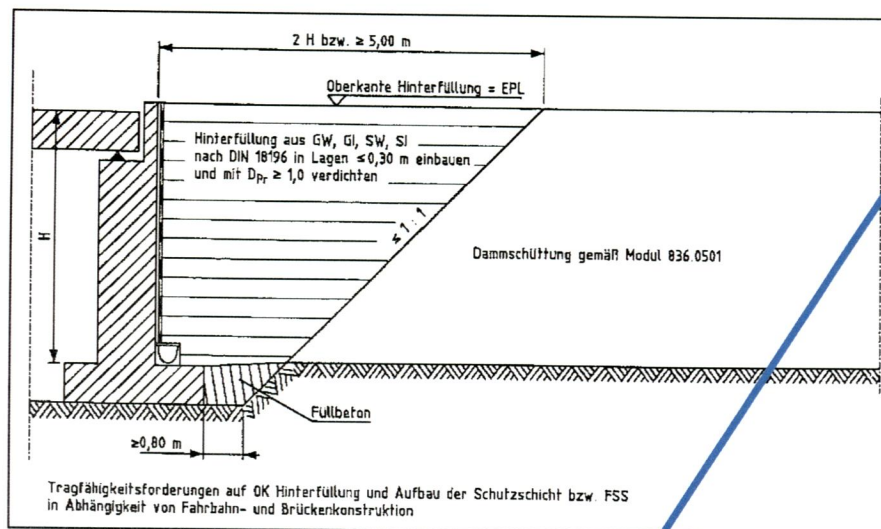


Bild 1: Ausbildung der Hinterfüllung gemäß Ril 836

Die Breite des Hinterfüllbereiches muss auf OK der Hinterfüllung mindestens 5,0 m bzw. 2 x H (Auffüllhöhe) betragen. Der größere Wert ist maßgebend. Zur Entwässerung empfehlen wir eine Sickerschicht mit Entwässerungsrinne anzuordnen und anfallendes Wasser aus dieser abzuleiten.

3.10 Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen

Die bei der Erweiterung der Eisenbahnüberführung anfallenden Erdmassen stellen sandige und kiesige Auffüllungen und ggf. die anstehenden Hochflutablagerungen dar, darüber hinaus Oberboden im Böschungsbereich der Bestandsdämme. Diese Böden sind gemäß Ril 836, Modul 836.0504, Bild 2 als Hinterfüllmaterial der Widerlager nicht geeignet. Sie können jedoch in Bereichen ohne besondere Anforderungen an Durchlässigkeit, Verdichtungsgrad, Frostempfindlichkeit usw. als Auffüllmaterial o.ä. eingesetzt werden. Dies gilt nicht für den Oberboden.

Fremdbestandteile wie Wurzeln, Bauschutt, Schlacke o.ä. 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 Erweiterung der Eisenbahnüberführung Gutleuthof über die Gleiszuwegungen zu den Abstellgleisen 331 bis 381 und den Gleisen der Hafenbahn 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.

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

Der Baugrund besteht ab Geländeoberkante bzw. im Dammbereich überwiegend aus rolligen Auffüllungen in Form von weitgestuften sowie schwach schluffigen bis schluffigen Sanden und Kiesen. Im Dammbereich weisen die Auffüllungen Mächtigkeiten zwischen 5,00 m und 6,50 m auf und im Straßen- / Gleisniveau vor den bestehenden Widerlagern bis 2,50 m. Darunter folgen locker bis dicht gelagerte Hochflutsande und weiche Hochflutlehme, gefolgt von mitteldichten und dichten Terrassensanden und -kiesen, steifen und steif/halbfesten Tonen und den dicht gelagerten tertiären Sanden.

Das Grundwasser wurde mit den Kernbohrungen S/B 132 A und S/B 133 bei 3,50 m und 3,80 m unter Gelände angeschnitten wurde. Wir empfehlen, den Bemessungswasserstand zuzüglich eines Sicherheitszuschlages von 1,00 m bei 2,80 m unter Gelände (ca. 92,98 m NN) anzunehmen.

Ausgehend von den Erkundungsergebnissen ist eine Flach- als auch Tiefgründung der neuen Brücke prinzipiell möglich.

Die punktförmig durchgeführten Bodenuntersuchungen geben einen guten Überblick über die vorhandenen Untergrunderhältnisse, 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.-Geol. U. Tang