



Nur zur Information

Anlage 17.8a
(geändert)

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

NUR ZUR INFORMATION

Zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001:2000
DQS Reg.-Nr. 005451.0M

Geotechnischer Bericht

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

Teilobjekt: Neubau Stützwand (Trog) Güterzugrampe km 6,450 - 6,950

Leistungsphase: ~~Entwurfsplanung~~ Genehmigungsplanung

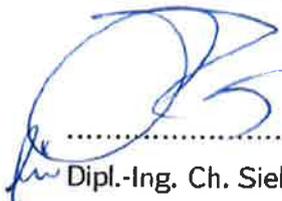
Auftraggeber: DB ~~ProjektBau GmbH~~ DB Netz AG
Regionalbereich Mitte
BV MI-P (4-8-T)-LING-MI-F(1)
Hahnstraße 52-49
60528 Frankfurt (Main)

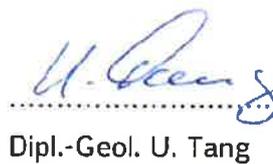
Auftragsnummer: ~~PF 3-0368-01~~ BG00217 P

Bearbeiter: Dipl.-Geol. U. Tang

Dieser geotechnische Bericht umfasst 40 Seiten und 8 Anlagen und darf auszugsweise nicht veröffentlicht werden.

Frankfurt, ~~02.03.2011~~ 05.08.2016


.....
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	6
2 Darstellung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse	9
2.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse	9
2.2 Geologische Situation	10
2.3 Baugrundverhältnisse - Schichtenaufbau und Kennwerte	11
2.4 Hydrologische Verhältnisse	15
2.5 Baugrundmodell	17
2.6 Bodenrechenwerte	19
2.7 Betonaggressivität und Stahlkorrosivität des Grundwassers	21
2.8 Erdbebeneinwirkung	23
2.9 Rammfähigkeit des Untergrundes	23
3 Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen	25
3.1 Allgemeines	25
3.2 Flachgründung (Variante 1)	27
3.3 Bohrpfahlgründung (Variante 2)	28
3.4 Pfahlwiderstände quer zur Pfahlachse	31
3.5 Zusatzbelastung auf Pfähle	31
3.6 Baugrubensicherung und Wasserhaltung	31
3.7 Versickerungsfähigkeit des Untergrundes	33
3.8 Anker	34
3.9 Einfluss auf angrenzende Bebauung	37
3.10 Ausbildung der Hinterfüllung / Verfüllung	37
3.11 Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen	38
4 Zusammenfassung / Schlussbemerkungen	39



Anlagenverzeichnis

Anlage 17.8.1	Abkürzungsverzeichnis	1 Blatt
Anlage 17.8.2	Lage- und Aufschlusspläne	1 Blatt
Anlage 17.8.3	Bohr-/Sondierprofile und Rammdiagramme	4 Blatt
Anlage 17.8.4	Bodenmechanische Laborergebnisse	
Anlage 17.8.4.1	Körnungslinien	24 Blatt
Anlage 17.8.4.2	Zustandsgrenzen	4 Blatt
Anlage 17.8.4.3	Glühverlust	1 Blatt
Anlage 17.8.4.4	Betonaggressivität und Stahlkorrosivität	16 Blatt
Anlage 17.8.5	Fundament-/Bohrpfahldiagramme	4 Blatt
Anlage 17.8.6	Kampfmittelfreimessung	6 Blatt
Anlage 17.8.7	Fotodokumentation	6 Blatt
Anlage 17.8.8	Ergänzende Stellungnahmen	9 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 0016/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/ Vorplanung Lageplan V-I-001, M 1:500, von DB ProjektBau GmbH, Stand: Aug. 2010.
- /U 4/ Vorplanung Lageplan und Längsschnitt V-I-002, M 1:200, M 1:100, von DB ProjektBau GmbH, Stand: Aug. 2010.
- /U 5/ Vorplanung „GZR Güterzugrampe“ Variante 1: Trogbauwerk, Stabbogenbrücke; Variante 2: Tausendfüßler, Fachwerkbrücke; Bauwerksskizze: Schnitt 1-1 bis 10-10; Plan: V-I-007a, M 1:250 Schüßler-Plan Stand 09.2010; übergeben durch DB ProjektBau GmbH Dez. 2010.
- /U 6/ Ergebnisse der Aufschlussarbeiten der Fa. Umweltgeotechnik GmbH, Okt. 2010 bis Jan. 2011.
- /U 7/ Laborergebnisse der DB International GmbH, Baugrund, Dez. 2010 bis Jan. 2011.
- /U 8/ Laborergebnisse der Fa. Wessling Laboratorien GmbH, Nov. 2010.
- /U 9/ Geologische Karte von Hessen, Blatt 5917 Kelsterbach, 3. neu bearbeitete Auflage, Maßstab 1:25.000; Herausgeber: Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden 1980.
- /U 10/ Hydrologisches Kartenwerk, Hessische Rhein- und Mainebene, Grundwasserhöhengleichenplan vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie, Maßstab 1:50.000, Stand: 10/2009.
- /U 11/ Datenauszug zu Grundwassermessstellen vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie und der HESSENWASSER GMBH & CO. KG - MONITORING UND GRUNDWASSERMESSSTELLEN, Stand: Sept. 2010.
- /U 12/ Ril 836 Erdbauwerke planen, bauen und instand halten, Fassung vom 01.10.2008.
- /U 13/ EA-Pfähle Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Verlag Ernst & Sohn, 2007.
- /U 14/ EAB Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V., 4. Auflage; Verlag Ernst & Sohn, 2006.
- /U 15/ Arbeitsblatt DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“, Stand: 05/2005.
- /U 16/ Programm „GGU-Footing“, Berechnung von Fundamenten nach DIN 4017 und DIN 4019 bzw. DIN 1054, Version 5.08, 16.06.2010, Copyright + Verfasser: Prof. Dr.-Ing. Johann Buß.
- /U 17/ 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.



- /U 18/ Grundbau-Taschenbuch, Teil 2: Geotechnische Verfahren, 7. Auflage, Witt, K. J., Verlag Ernst & Sohn, 2009.
- /U 19/ Geotechnisches Gutachten Kreuzungsbauwerk „Gleisdreieck“; DB International GmbH Baugrundbüro Frankfurt; 01.2011
- /U 20/ Geotechnisches Gutachten Fuß und Radwegunterführung Verlängerte Waldfriedstraße; DB International GmbH Baugrundbüro Frankfurt; 02.2011
- /U 21/ Geotechnisches Gutachten Adolf-Miersch-Straße; DB International GmbH, Baugrund, Büro Frankfurt; 01.2011

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

1.2 Vorgang / Aufgabenstellung

Im Zuge des Ausbaus des Knoten Frankfurt (M)-Sportfeld, 2. Ausbaustufe ist der Neubau des eingleisigen Dammes der Strecke 3624 von km 6,450 - km 6,950 als Rampe mit Anschluss an die Strecken 4010 und 3520 vorgesehen. Der Neubau des Dammbauwerkes soll entweder als Variante 1: Trogbauwerk oder als Variante 2: „Tausendfüßler“ (Feste Fahrbahn auf Doppelpfeilerelementen gegründet), ausgeführt werden.

Die DB ~~international~~ Engineering & Consulting GmbH, Baugrund wurde mit der Erkundung, Darstellung und Bewertung der Baugrundverhältnisse im Untersuchungsbereich, mit Angabe bodenmechanischer Kennwerte für die Gründung des Trogbauwerkes bzw. des „Tausendfüßlers“ auf der Grundlage der Bestellung /U 1/ beauftragt.

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

Nachfolgend werden die Untersuchungsergebnisse für das Trogbauwerk und die Doppelpfeilerelemente für die neu geplante Rampe der Strecke 3624 dargestellt und bewertet. Die abfalltechnische Beurteilung des Bodens wird in einem separaten Gutachten vorgenommen.



1.3 Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen

Während des Streckenbegangs durch Mitarbeiter der DB ~~International~~ Engineering & Consulting GmbH vom 06.-08.10.2010 wurden durch die Fa. Geolog die Ansatzpunkte der Kernbohrungen und Rammsondierungen nach Vorgabe des RP Darmstadt auf Kampfmittelverdacht hin untersucht und freigemessen. Das Freimessprotokoll der Radarmessungen ist in Anlage 17.8.6 beigefügt.

Die Aufschlussarbeiten im Bereich der Rampe wurden durch die Firma Umweltgeotechnik GmbH vom 18.10.2010. bis 06.01.2011 ausgeführt.

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse in der Achse des Trogbauwerkes wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber 4 Kleinbohrungen (BS, Ø 60 mm) bis max. 8,00 m und 1 Kleinbohrung (RKS, Ø 60 mm) bis max. 3,00 m unter Gelände geplant. Für die Ermittlung der Lagerungsverhältnisse des Baugrundes waren insgesamt 4 schwere Rammsondierung (DPH) ebenfalls mit Tiefen von 8,00 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 4 leichte Rammsondierungen (DPL-5) ersetzt worden.

Das Erkundungsprogramm ist auf Grundlage der zur Verfügung gestandenen Lagepläne aus der Vorplanung /U 2/ aufgestellt und abgestimmt worden. Mit Beginn der Erkundung lagen noch keine detaillierten Schnitte oder Informationen über die Gründungsform bzw. -tiefe vor.

Des Weiteren werden Baugrundaufschlüsse von in der Nähe liegenden Bauwerken zur Beschreibung der Bodenverhältnisse mit herangezogen.

Dabei handelt es sich um 1 Schurf (S) auf einem Bauwerk, 6 Kleinbohrungen (RKS, Ø 60 mm) mit einer geplanten Tiefe von max. 3,00 m und 15 Kleinbohrungen mit einer geplanten Tiefe von max. 8,00 m unter Gelände, 6 Kernbohrungen (B) mit Tiefen von 20,00 m und 25,00 m, 16 schwere Rammsondierung (DPH) mit geplanten Tiefen zwischen 6,00 und 20,00 m, 3 leichte Rammsondierung (DPL-5) mit geplanten Tiefen zwischen 6,00 und 8,00 m.

Die Aufschlüsse S/B 53 (2 x umgesetzt), S/B 53a, S/B 53b, S/RKS 64, 65, 68 (1 x umgesetzt), 68-1, 66, 73, 75 (1 x umgesetzt), 75a, 76, 77, 81, 82, 87 und 89, sowie DPH 53, 54, 70, 73, 74, 75, 89, 96 und 97 als auch DPL-5 64, 68, 77 und 82 mussten aufgrund eines zu hohen Eindringwiderstandes vorzeitig abgebrochen werden.

Die Aufschlüsse stellen sich im Einzelnen wie folgt dar:



Tabelle 1: Übersicht der durchgeführten Aufschlüsse

km	Aufschluss	Lage	Ansatzhöhe [m NHN]	Endtiefe [m NHN]	Aufschlusstiefe [m]
6,400 ¹⁾	S/B 54	20,0 m r.d.GA	102,28	82,28	20,00
6,400 ¹⁾	DPH 54	20,0 m r.d.GA	102,28	88,88	13,40 ³⁾
32,388 ²⁾	S/B 53	25,0 m r.d.GA	108,39	104,39	4,00 ³⁾
32,388 ²⁾	DPH 53	25,0 m r.d.GA	108,39	105,59	2,80 ³⁾
32,386 ²⁾	S/B 53 a	25,0 m r.d.GA	108,39	106,39	2,00 ³⁾
32,390 ²⁾	S/B 53 b	25,0 m r.d.GA	108,39	105,39	3,00 ³⁾
32,505 ²⁾	S/RKS 59	in GA	105,23	102,23	3,00
32,510 ²⁾	S 60	in GA	105,21	104,70	0,51
5,000 ⁴⁾	S/RKS 62	14,0 m r.d.GA	100,76	92,76	8,00
5,000 ⁴⁾	DPH 62	14,0 m r.d.GA	100,76	92,76	8,00
32,550 ²⁾	S/RKS 64	3,50 r. d. GA	104,54	98,24	6,30 ³⁾
32,550 ²⁾	DPL-5 64	3,50 r. d. GA	104,54	99,34	5,20 ³⁾
32,650 ²⁾	S/RKS 68	3,50 r. d. GA	104,55	103,15	1,40 ³⁾
6,515 ¹⁾	S/RKS 65	18,0 m r.d.GA	99,57	93,97	5,60 ³⁾
6,515 ¹⁾	DPH 65	18,0 m r.d.GA	99,57	91,57	8,00
32,650 ²⁾	S/RKS 68.1	3,50 r. d. GA	104,55	96,95	7,60 ³⁾
32,650 ²⁾	DPL-5 68	3,50 r. d. GA	104,55	99,55	5,00 ³⁾
4,900 ⁴⁾	S/RKS 66	14,00 l.d.GA	100,24	93,94	6,30 ³⁾
4,900 ⁴⁾	DPH 66	14,00 l.d.GA	100,24	92,24	8,00
6,635 ¹⁾	S/RKS 69	9,00 r.d.GA	104,56	98,56	6,00
6,635 ¹⁾	DPL-5 69	9,00 r.d.GA	104,56	98,56	6,00
6,650 ¹⁾	S/RKS 73	9,00 r. d. GA	105,04	96,64	8,40 ³⁾
6,650 ¹⁾	DPH 73	9,00 r. d. GA	105,04	95,84	9,20
4,865 ⁴⁾	S/B 70	12,00 r. d. GA	101,38	77,38	24,00
4,865 ⁴⁾	DPH 70	12,00 r. d. GA	101,38	88,78	12,60 ³⁾
6,665 ¹⁾	S/B 74	18,00 r. d. GA	100,14	75,14	25,00
6,665 ¹⁾	DPH 74	18,00 r. d. GA	100,14	86,24	13,90 ³⁾
4,765 ⁴⁾	S/RKS 75	15,00 r. d. GA	100,06	97,86	2,20 ³⁾
4,765 ⁴⁾	S/RKS 75a	15,00 r. d. GA	100,06	97,56	2,50 ³⁾
4,765 ⁴⁾	DPH 75	15,00 r. d. GA	100,06	92,66	7,40 ³⁾
4,665 ⁴⁾	S/RKS 80	14,90 r. d. GA	98,98	90,98	8,00
4,665 ⁴⁾	DPH 80	14,90 r. d. GA	98,98	90,98	8,00
4,560 ⁴⁾	S/RKS 85	11,00 r. d. GA	98,29	90,29	8,00
4,560 ⁴⁾	DPH 85	11,00 r. d. GA	98,29	90,29	8,00
4,750 ⁴⁾	S/RKS 76	1,50 l. d. GA	102,67	100,07	2,60 ³⁾
32,778 ²⁾	S/RKS 77	4,50 r. d. GA	103,79	101,69	2,10 ³⁾
32,778 ²⁾	DPL-5 77	4,50 r. d. GA	103,79	100,59	3,20 ³⁾
4,655 ⁴⁾	S/RKS 81	1,60 r. d. GA	102,16	99,36	2,80 ³⁾
32,863 ²⁾	S/RKS 82	3,40 r. d. GA	103,42	100,32	3,10 ³⁾



32,863 ²⁾	DPL-5 82	3,40 r. d. GA	103,42	99,32	4,10 ³⁾
----------------------	----------	---------------	--------	-------	--------------------

Fortsetzung Tabelle 1: Übersicht der durchgeführten Aufschlüsse

km	Aufschluss	Lage	Ansatzhöhe [m NHN]	Endtiefe [m NHN]	Aufschlusstiefe [m]
32,966 ²⁾	S/RKS 87	2,10 l. d. GA	102,78	100,28	2,50 ³⁾
6,945 ¹⁾	S/RKS 88	in GA	105,23	102,23	3,00
6,938 ¹⁾	S/RKS 89	14,00 r. d. GA	99,07	93,77	5,30 ³⁾
6,938 ¹⁾	DPH 89	14,00 r. d. GA	99,07	94,57	4,50 ³⁾
4,480 ⁴⁾	S/RKS 90	12,00 r. d. GA	98,95	90,95	8,00
4,480 ⁴⁾	DPH 90	12,00 r. d. GA	98,95	90,95	8,00
7,053 ¹⁾	S/RKS 94	12,00 r. d. GA	99,66	90,66	9,00
7,053 ¹⁾	DPH 94	12,00 r. d. GA	99,66	88,96	10,70
7,061 ¹⁾	S/RKS 93	5,00 l. d. GA	104,42	101,42	3,00
7,155 ¹⁾	S/B 96	13,00 r. d. GA	97,26	73,26	24,00
7,155 ¹⁾	DPH 96	13,00 r. d. GA	97,26	83,76	13,50 ³⁾
7,187 ¹⁾	S/B 97	12,00 r. d. GA	97,00	73,00	24,00
7,187 ¹⁾	DPH 97	12,00 r. d. GA	97,00	86,20	10,80 ³⁾

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

¹⁾ bezogen auf die Kilometrierung der Strecke 3624

²⁾ bezogen auf die Kilometrierung der Strecke 3520

³⁾ vorzeitiger Abbruch, zu hoher Eindringwiderstand bzw. wegen Hindernis

⁴⁾ bezogen auf die Kilometrierung der Strecke 3683

Alle Ansatzpunkte wurden nach Lage und Höhe auf m NHN des DB Referenznetzes und die Geisachse des nächstgelegenen Streckengleises eingemessen. Die Entnahme von Bodenproben erfolgte je lfd. Meter bzw. bei Schichtenwechsel. Die einzelnen, auf Bohrmeisterangaben beruhenden, handschriftlichen Schichtenverzeichnisse /U 6/ können bei Bedarf im Archiv der DB International GmbH, Baugrund eingesehen werden. Die Lage der Aufschlüsse ist aus Anlage 17.8.2 ersichtlich. Die Baugrundprofile sind bezogen auf m NHN in der Anlage 17.8.3 dargestellt.

Die entnommenen Bodenproben wurden vom 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 den Kernbohrungen (B) und Kleinbohrungen (RKS) sind 3 Bodenmischproben und 3 Grundwasserproben entnommen und bezüglich Beton- und Stahlaggressivität untersucht worden.



Im Einzelnen wurden ausgeführt:

- 5x Sieb-/ Schlämmanalyse nach DIN 18123,
- 19x Nass-/Trockensiebung nach DIN 18123,
- 4x Bestimmung der Atterberg'schen Zustandsgrenzen nach DIN 18122,
- 1x Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18128 - GL,
- 3x Bestimmung der Beton-/Stahlaggressivität (Boden) nach DIN 4030 und DIN 50929 und
- 3x Bestimmung der Beton-/Stahlaggressivität (Wasser) nach DIN 4030 und DIN 50929.

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen können der Anlage 17.8.4 entnommen werden.

Weiterhin sind chemische Laboruntersuchungen an Bodenproben aus dem Untersuchungsbereich und den angrenzenden Teilprojekten 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

Das neue Bauwerk von km 6,450 - km 6,950 ist als Rampe für die Strecke 3624 zum Überführungsbauwerk Gleisdreieck über die neu geplante zweigleisige Strecke 4010 vorgesehen. Das neue Gleis 3624 wird dann nach Fertigstellung bahnlinks, parallel zum bestehenden Gleis 3624, im Bereich der heutigen bahnlinken Dammflanke und zum Teil im Bereich des bahnrechten Bestandsgleises 3520 verlaufen. Bei ca. km 32,510 quert das Bauwerk die EÜ Golfstraße und die neu geplante EÜ Waldfriedstraße bei ca. km 32,698 (jeweils bezogen auf Strecke 3520). Generell verlaufen die Gleise der Bestandsstrecken 3683 und 3520 in diesem Bereich auf einem ca. 5-6 m hohen Damm. Im Bereich des Erkundungsabschnittes der Strecke 3624 befindet sich diese Strecke auf einem zusätzlichen Damm von ca. 2,00 m bahnrechts oberhalb des Gleisniveaus der Strecke 3520.



2.2 Geologische Situation

Das Untersuchungsgebiet liegt regionalgeologisch /U 9/ 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 Kieselschiefer aus Frankenwald und Fichtelgebirge fehlt weitgehend.

Die Pleistozän-Schichten der Untermain-Ebene bestehen aus Sanden und Kiesen mit gelegentlichen schluffig-tonigen Einlagerungen. Die Gerölle der Kiese bestehen aus ungebleichtem Buntsandstein, Kalkstein, Hornstein, Quarz, Quarzit, Basalt und schwarzem Kieselschiefer aus Frankenwald und Fichtelgebirge. Hinzu kommen lokale Gerölle aus Spessart und Odenwald. Diese Sedimente sind in der Regel kalkhaltig, können aber sekundär entkalkt sein.

Im oberflächennahen Bereich der urban genutzten Bereiche ist infolge der Baumaßnahmen mit anthropogenen Auffüllungen zu rechnen. Durch den Einbau von zumeist lokal vorkommenden



Böden ist dabei eine zweifelsfreie Unterscheidung zwischen aufgefülltem und gewachsenem Boden nicht immer möglich.

2.3 Baugrundverhältnisse - Schichtenaufbau und Kennwerte

Gleisschotter

Mit den Aufschlüssen S/RKS 59, S 60, S/RKS 82, S/RKS 87, S/RKS 88 und S/RKS 93 wurde Gleisschotter erkundet. Er weist eine Gesamtschotterstärke von 0,50 m (S 87) bis 1,15 m (S 82) auf. Im oberen Bereich der Aufschlüsse S 59, S 60, S 87 und S 93 ist der Schotter nur leicht verschmutzt, mit einem Feinkornanteil von ca. <5 % - 20 % und als mechanisch reinigungsfähig eingeschätzt. Die Mischzone mit einer Stärke von 0,16-1,15 m wurde vom Bohrmeister als überwiegend stark verschmutzt eingeschätzt, mit einem Feinkornanteil von ca. 30 % - 35 %. Die Mischzone ist danach mechanisch reinigungsfähig bis nicht reinigungsfähig.

Eine Übersicht der erkundeten Schotterdicken und geschätzten prozentualen Feinanteile der Mischzonen ist in Tabelle 2 zusammengestellt. Die Einschätzung der mechanischen Reingungsfähigkeit gilt vorbehaltlich einer abfalltechnischen Einstufung des Schotters.

Tabelle 2: Erkundete Schotterverhältnisse

Aufschluss-Nr.	Lage zu GA	Gesamt-schotterhöhe [m]	Höhe Mischzone [m]	Feinanteil geschätzt [%]	mechanisch reinigungsfähig
59	in GA	0,80	0,58	30 - 35	ja
60	in GA	0,51	0,16	25	ja
82	3,4 m l.d.GA	1,15	1,15	30	nein
87	2,1 m r.d.GA	0,50	0,50	20 - 30	ja
88	in GA	0,55	0,55	35	nein
93	5,0 m l.d.GA	0,70	0,25	35	nein

Auffüllungen

Mit den ausgeführten Bohrungen und Kleinbohrungen sind im Untersuchungsbereich des Bauwerkes und den Nachbarabschnitten beginnend ab Geländeoberkante bzw. unter dem Gleisschotter rollige und punktuell bindige Auffüllungen (S/B 53, S/RKS 88) erkundet worden. Die rolligen Auffüllungen stellen sich überwiegend als **Fein- bis Grobsande**, schwach kiesig bis kiesig, schwach schluffig bis schluffig, tonig, bereichsweise schwach steinig dar. Im Bereich der S/B 53a und der S/RKS 62, 64 66, 75, 75a, 80, 73, 77 wurden auch weitgestufte bzw. schwach schluffige, punktuell schluffige, stark sandige **Kiese** aufgeschlossen. Darüber hinaus sind die aufgefüllten Sande und Kiese vielfach mit Ziegelresten, Beton- und Schlackeresten,



Steinen (Durchmesser > 15 cm) und Wurzeln durchsetzt. Die Lagerungsdichte der rolligen Auffüllungen ist gemäß den Ergebnissen der schweren und leichten Rammsondierungen als überwiegend locker bis mitteldicht, punktuell auch als dicht zu bewerten. Die schwere Rammsondierung DPH 53 weist starke Sprünge in den Schlagzahlen auf. Dies deutet auf eine starke Inhomogenität der Auffüllung in Form von großen Steinen hin. Nach DIN 18196 werden diese Auffüllungen die Bodengruppen [SE, SW, SU, GW, GU, GU*, SU*, ST*, X, SU-OH] zugeordnet. Die Schichtdicke der rolligen Auffüllung in den Aufschlüssen schwankt zwischen 0,21 m (S/RKS 75) und 6,70 m (S/RKS 68.1). Die Bohrung S/B 53 musste zweimal, die Kleinbohrung S/RKS 68 einmal umgesetzt werden. Der Standort der Bohrung S/B 53 liegt gemäß der geologischen Karte in einem Auffüllbereich. Gemäß der geologischen Karte /U 9/ liegt hier eine mit Kriegsschutt aufgefüllte Fläche. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass auch die Dammkerne aus diesem groben Material geschüttet worden sind und nur der „Dammantel“ aus feinkörnigerem Material besteht, da ein Großteil der im Damm ausgeführten Kleinbohrungen/Rammsondierungen vor Erreichen der geplanten Endtiefe abgebrochen werden musste. Diese groben Auffüllungen aus Steinen und Bauschutt bewirken eine sehr schlechte Rammfähigkeit bis hin zur Nichtrammfähigkeit. Es wird empfohlen vor Baubeginn mittels Baggerschürfen die Baugrundsituation der Auffüllungen im Untersuchungsbereich zu konkretisieren. Die Aufschlüsse S/B 53, S/B 53a und S/B 53b, S/RKS 59, S/RKS 68, S/RKS 76, S/RKS 81, S/RKS 82 und S/RKS 87 sowie DPH 53, DPL-5 64, DPL-5 68, DPL-5 77 und DPL-5 82 mussten aufgrund von Bohr- und Sondierhindernissen vorzeitig in der Auffüllung abgebrochen werden.

Im Aufschluss S/B 53 wurde bei 2,70 m und bei der S/RKS 88 bei 1,60 m unter Ansatzpunkt eine bindige Auffüllung, in Form eines leichtplastischen **Tones**, mit sandigen bis stark sandigen und schwach kiesigen bis kiesigen Anteilen sowie Beton- und Ziegelresten erkundet. Die Konsistenz der bindigen Auffüllungen ist gemäß Handspezifizierung als weich und weich/stEIF zu bewerten. Nach DIN 18196 wird dieser Auffüllung die Bodengruppe [TL] zugeordnet. Der Aufschluss S/B 53 endet bei 4,00 m unter Ansatzpunkt infolge von mangelndem Bohrfortschritt und der Aufschluss S/RKS 88 bei 3,00 m nach Erreichen der Vorgabenteufe in diesen bindigen Auffüllungen.

Am Aufschluss der S/B 74 wurde am Ansatzpunkt aufgefüllter Mutterboden der Bodengruppe [OH] nach DIN 18196 mit einer Mächtigkeit von 0,10 m und am Aufschluss der S/RKS 94 mit einer Mächtigkeit von 0,55 m erkundet.



Am Ansatzpunkt der S/RKS 75 und 75a sowie 62 und 66 musste eine ca. 0,04 m - 0,08 m dicke Schwarzdecke aufgebrochen werden. Im Bereich des Ansatzpunktes der S/B 80, 90, 96 und 97 musste Knochensteinpflaster aufgenommen und nach Beendigung der Arbeiten wieder gesetzt werden

Anstehender Boden

Im Bereich des Ansatzpunktes der S/B 70 wurde anstehender Mutterboden erkundet und nach DIN 18196 als OH angesprochen mit einer Mächtigkeit von 0,20 m. Dieser wird wegen seiner Geringmächtigkeit im Weiteren nicht mehr berücksichtigt.

Unterhalb der Auffüllungen folgen die Ablagerungen des Quartärs in Form von Flugsanden, Hochflutsedimenten und den Mainterrassen als anstehende Böden, gefolgt von tertiären Schichten.

Es handelt sich bei den **Hochflutsanden** um schwach kiesige bis kiesige, schwach schluffige und eng-/intermittierend gestufte Fein- bis Mittelsande mit lockerer bis dichter Lagerungsdichte. Die Mächtigkeit liegt ca. bei 3,80 m. Dabei handelt es sich nach DIN 18196 um die Bodengruppen SE und SU.

Bei den Mainterrassen handelt es sich um **Terrassensande und -kiese**. Das sind hauptsächlich schwach bis stark kiesige Fein- bis Grobsande der Bodengruppen SE, SI und SW, punktuell (S/B 96) auch schluffige Sande der Bodengruppe SU*. Zum Teil treten auch intermittierende bis weitgestufte mittel- bis grobsandige bis stark sandige Mittelkiese der Bodengruppen GW und GI auf. In den Kiesen wurden auch Sandsteinstücke und Quarzgerölle festgestellt. Die Lagerungsdichte ist im Ergebnis der Rammsondierungen als locker über mitteldicht bis dicht zu bewerten. Die Aufschlüsse S/B 54, S/RKS 62, S/RKS 64, S/RKS 68.1, S/RKS 66, S/RKS 73, S/RKS 80, S/RKS 85, S/RKS 89, S/RKS 90 und S/RKS 94 enden in den Terrassensanden. Die erkundeten Mächtigkeiten liegen zwischen 0,60 m (S/RKS 73) und 18,70 m (S/B 54).

Unter den quartären Ablagerungen folgen die tertiären rolligen und bindigen Ablagerungen. Nur die Kernbohrungen (S/B 70, S/B 74, S/B 96 und S/B 97) erreichten diese Schichten.

Bei den rolligen Böden handelt es sich um enggestufte und schwach schluffige bis schluffige, schwach tonige, Fein- bis Mittelsande der Bodengruppen SE, SU und SU* mit einer dichten Lagerung. Die erkundeten Mächtigkeiten betragen zwischen 4,80 m (S/B 96) - 7,90 m (S/B 97).

In diese rolligen tertiären Sedimente sind bindige Ablagerungen als Zwischenschichten eingelagert. Dabei handelt es sich um beige-graublaue, leicht- bis ausgeprägt plastische, schwach sandige bis sandige Tone der Bodengruppen TL, TM und TA. Die Konsistenz war zum Zeitpunkt der Erkundung und aus Handspezifizierung und Laborversuchen weich, steif und steif/halbfest. Die Schichtdicke liegt in den Kernbohrungen bei 0,30 m bis 13,30 m. Die Kernbohrung S/B 74 wurde bei einer Endteufe von 25,00 m unter GOK (73,00 m NN) in diesen tertiären Tonen abgesetzt.

Den erkundeten Böden lassen sich die in folgender Tabelle 3 enthaltenen Kennwerte (Laboruntersuchung an repräsentativen Einzelproben sowie regionale Erfahrungswerte) zuordnen.

Tabelle 3: Bodenkennwerte und Zuordnungen

	Auffüllung		Anstehender Boden		
			Quartär	Tertiär	
Bezeichnung	Sand/Kies (Mutterboden)	Ton	Sand/Kies	Sand	Ton
Bodengruppe nach DIN 18196	[SE, SW, SU, GW, GU, GU*, SU*, ST*, X, OH]	[TL]	SE, SI, SW, SU, SU*, GW, GI	SE, SU, SU*	TL, TM, TA
Kornanteil $d \leq 0,063$ mm [%]	2,0...38,0	---	1,0...4,6	33,0	47,5...92,1
Kornanteil $d > 2,0$ mm [%]	3,0...49,0	---	1,0...43,0	1,0	0,1
Ungleichförmigkeitszahl U [-]	2,6...69,2	---	1,9...8,9	42,6	---
Glühverlust V_{GI} [%]	---	---	---	---	4,5
natürl. Wassergehalt w_n [%]	---	---	---	---	18,7...23,8
korr. Wassergehalt w_k [%]	---	---	---	---	18,8...23,85
Fließgrenze w_L [%]	---	---	---	---	32,9...71,0
Ausrollgrenze w_P [%]	---	---	---	---	11,9...19,2
Plastizitätszahl I_p [%]	---	---	---	---	21,0...51,7
Konsistenzzahl I_c [-] bezogen auf Gesamtprobe	---	---	---	---	0,68...0,91
Konsistenz handspezifiziert	---	weich, weich/steif	---	---	weich, steif... steif/halbfest
Lagerungsdichte	locker...dicht	---	locker...dicht	dicht	---



Durchlässigkeitswert k_f [m/s]					
nach Beyer, USBR/Bialas	$2,3 \cdot 10^{-4}$ [SE] ... $7,7 \cdot 10^{-7}$ [ST*]	---	$1,6 \cdot 10^{-4}$ (SU) ... $1,2 \cdot 10^{-3}$ (SE)	$5,8 \cdot 10^{-7}$ (SU*)	---
nach Beyer, USBR/Bialas	$3,0 \cdot 10^{-5}$... $6,7 \cdot 10^{-4}$ [SE, SU, SU-OH] $1,2 \cdot 10^{-4}$ [GU*] $3,9 \dots 7,7 \cdot 10^{-7}$ [ST*]	---	$1,9 \cdot 10^{-4}$... $1,2 \cdot 10^{-3}$ (SE, GI)	$5,8 \cdot 10^{-7}$ (SU*)	---
Erfahrungswerte	$10^{-3} \dots 10^{-9}$ [SE, SW, SU, GW, GU, X, OH] $10^{-5} \dots 10^{-8}$ [SU*, GU*, ST*]	$10^{-7} \dots 10^{-9}$	$10^{-2} \dots 10^{-5}$ (SE, SI, SW, SU, GW, GI) $10^{-5} \dots 10^{-7}$ (SU*)	$10^{-3} \dots 10^{-5}$ (SE, SU) $10^{-5} \dots 10^{-7}$ (SU*)	$10^{-8} \dots 10^{-10}$
Durchlässigkeit nach DIN 18 130	stark bis schwach durch- lässig	schwach bis sehr schwach durchlässig	stark bis schwach durchlässig	stark bis schwach durchlässig	sehr schwach durchlässig

Fortsetzung Tabelle 3: Bodenkennwerte und Zuordnungen

Bezeichnung	Auffüllung		Anstehender Boden		
	Sand/Kies (Mut- terboden)	Ton	Quartär	Tertiär	
			Sand/Kies	Sand	Ton
Bodenklasse nach DIN 18 300 *)	3 [SE, SW, SU, GW, GU, OH] 4 [SU*, GU*, ST*] 5-6 [X]	4	3 (SE, SI, SW, SU, GW, GI) 4 (SU*)	3 (SE, SU) 4 (SU*)	4 5 (TA)
Frostempfindlichkeit nach ZTVE - StB 09	F1 [SE, SW, GW, X] F2 [SU, GU] F3 [SU*, GU*, ST*, OH]	F3	F1 (SE, SI, SW, GW, GI) F2 (SU) F3 (SU*)	F1 (SE) F2 (SU) F3 (SU*)	F3 F2 (TA)

Die Tabellenwerte sind Einzelergebnisse, keine Mittelwerte.

*) in Abhängigkeit vom Stein- und Bauschuttanteil auch höher.

2.4 Hydrologische Verhältnisse

Die Aufschlussarbeiten wurden von Oktober 2010 bis Januar 2011 durchgeführt. Dabei wurde mit den Erkundungen Grundwasser festgestellt. Es wurden folgende Wasserstände ermittelt:

Tabelle 4: Wasserstände



Aufschluss	Wasseranschnitt [m u. GOK]	Wasseranschnitt nach Bohrende [m u. GOK]	Wasseranschnitt nach Bohrende [m NN]	Datum
S/B 54	6,00	5,90	96,38	05.11.2010
S/B 70	4,00	3,95	97,43	27.10.2010
S/B 74	5,10	5,00	95,14	08.11.2010
S/RKS 80	3,18	3,18	95,80	02.11.2010
S/RKS 85	3,60	3,60	94,69	02.11.2010
S/RKS 90	3,50	3,50	95,45	02.11.2010
S/RKS 94	3,00	3,00	96,66	06.11.2010
S/B 96	4,10	4,10	93,16	02.10.2010
S/B 97	4,17	4,20	92,80	02.10.2010

Mit den Erkundungen sind die Grundwasserstände nach Bohrende zwischen 3,00 m bis 5,90 m unter Gelände eingemessen worden. Gespanntes Grundwasser ist aufgrund der überwiegend durchgängig vorhandenen gut durchlässigen quartären Sande unwahrscheinlich.

Aufgrund der geringen Durchlässigkeit der schluffigen, tonigen Auffüllungen [ST*, SU*] und der bindigen Auffüllung [TL] ist vor allem in niederschlagsreichen Zeiten mit der Bildung von Stau- und Schichtwasser auf diesen Schichten zu rechnen.

Generell ist von einer guten Versickerungsfähigkeit der anstehenden Sande und Kiese unterhalb der aufgefüllten schluffigen, tonigen Sande und der bindigen Auffüllungen 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 10/ und /U 11/). Diese sind nachrichtlich in Tabelle 5 aufgelistet.

Tabelle 5: 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 10/ 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 zuzüglich eines Sicherheitszuschlages von ca. 1,00 m und den Aussagen zu Grundwassermessstellen bei 98,4 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: 0,21 m - 6,70 m

- Fein- bis Grobsand, eng- bis weitgestuft, schwach schluffig, kiesig, Schlacke, Beton- und Ziegelbruch, schwach humos
- Kies, sandig bis stark sandig, weit gestuft, Steine, Schlacke und Betonreste bzw. schwach schluffig
- lockere Lagerung (**Schicht 1.2.1, 1.4.1**)
mitteldichte Lagerung (**Schicht 1.2.2, 1.4.2**)
dichte Lagerung (**Schicht 1.2.3**)
- Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ **[SE, SW, SU, SU-OH, GW, GU]**

Auffüllung, rollig, gemischtkörnig Mächtigkeit: 0,15 m - 3,00 m

- Mittel- bis Grobsand, schluffig, tonig, Schlacke, Beton- und Ziegelbruch
- Kies, sandig, schluffig, schwach tonig



- lockere Lagerung (**Schicht 1.3.1, 1.5.1**)
mitteldichte Lagerung (**Schicht 1.3.2**)
- Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ **[SU*, ST*, GU*]**

Auffüllung, bindig Mächtigkeit: 1,30 m - 1,40 m

- Ton, leichtplastisch, schluffig, feinsandig, schwach kiesig, Betonreste, Ziegelbruch
- weiche und weich/steife Konsistenz (**Schicht 1.6.2**)
- Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ **[TL]**

Auffüllung, Mutterboden Mächtigkeit: 0,10 m - 0,55 m

- Mutterboden, sandig, humos
- (**Schicht 1.9.1**)
- Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ **[OH]**

Schicht 2: Oberboden, Mutterboden Mächtigkeit: 0,20 m

- Mutterboden; Wurzelreste, leicht humos
- (**Schicht 2.2.1**)
- Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ **OH**

Schicht 3: Löss

- nicht erkundet

Schicht 4: Lößlehm

- nicht erkundet

Schicht 5: Hochflutsande Mächtigkeit: 2,60 m - 3,80 m

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



Schicht 6: Hochflutlehm

- nicht erkundet

Schicht 10: Terrassensande / -kiese Mächtigkeit: 0,60 m - 18,70 m

- Fein- bis Grobsand, enggestuft bis intermittierend gestuft, schluffig, schwach tonig, kiesig bis stark kiesig, schwach steinig, Sandsteinbruch Kies, intermittierend bis weitgestuft, sandig bis stark sandig
- lockere Lagerung (**Schicht 10.1.1, 10.1.4, 10.2.1**)
mitteldichte Lagerung (**Schicht 10.1.2, 10.2.2**)
dichte Lagerung (**Schicht 10.1.3**)
- Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ SE, SI, SW, SU*, GI, GW

Schicht 15: Tertiäre Sande Mächtigkeit: bis Endtiefe

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

Schicht 16: Tertiäre Tone Mächtigkeit: 0,30 m - bis Endtiefe

- Ton, leicht- bis ausgeprägt plastisch, schwach schluffig bis schluffig, sandig
- weiche Konsistenz (**Schicht 16.1.2**)
steife und steif/halbfeste Konsistenz (**Schicht 16.1.3**)
- Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ TL, TM, TA

2.6 Bodenrechenwerte

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

Tabelle 6a: Bodenrechenwerte

Bodenart	Auffüllung, rollig						
	[SE, SI, SU, SU-OH, SW]	[SE, SU, SW]	[SE, SU]	[GW, GU, X]	[GU]	[SU*, ST*]	[SU*]
Schicht-Nr.	1.2.1	1.2.2	1.2.3	1.4.1	1.4.2	1.3.1	1.3.2
Konsistenz, Lagerungsdichte	locker	mittel-dicht	dicht	locker	mittel-dicht	locker	mittel-dicht
wirks. Reibungswinkel φ_k' [Grad]	30,0	32,5	35,0	30,0	32,5	29,0	30,0
wirks. Kohäsion c_k' [kN/m ²]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0
Wichte des feuchten Bo-	16,5	17,5	18,5	16,5	17,5	17,0	18,0



dens γ_k [kN/m ³]							
Wichte des Bodens unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	9,0	10,0	11,0	9,0	10,0	9,0	10,0
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	10,0	20,0	40,0	12,0	30,0	8,0	30,0

Tabelle 6b: Bodenrechenwerte

Bodenart	Auffüllung, rollig	Auffüllung, bindig	Auffüllung, Mutterboden
Bodengruppe nach DIN 18196	[GU*, GT*]	[TL]	[OH]
Schicht-Nr.	1.5.1	1.6.2	1.9.1
Konsistenz, Lagerungsdichte	locker	weich/ steif	---
wirks. Reibungswinkel ϕ'_k [Grad]	30,0	20,0	27,5
wirks. Kohäsion c'_k [kN/m ²]	1,0	3,0	0,0
Wichte des feuchten Bodens γ_k [kN/m ³]	17,0	18,5	15,5
Wichte des Bodens unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	9,0	8,5	7,0
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	10	5	---

Tabelle 6c: Bodenrechenwerte

Bodenart	Hochflutsande			Terrassenablagerungen			
	SE	SE, SU, SI	SE, SI, SU	SE, SI, SW	SW, SI, SE	SE, SW, SI	SU*
Bodengruppe nach DIN 18196							
Schicht-Nr.	5.1.1	5.1.2	5.1.3	10.1.1	10.1.2	10.1.3	10.1.4
Konsistenz, Lagerungsdichte	locker	mittel-dicht	dicht	locker	mittel-dicht	dicht	locker
wirks. Reibungswinkel ϕ'_k [Grad]	30,0	32,5	35,0	30,0	32,5	35,0	27,5
wirks. Kohäsion c'_k [kN/m ² ¹⁾	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
Wichte des feuchten Bodens γ_k [kN/m ³]	16,0	17,5	18,0	16,0	17,0	18,0	17,0
Wichte des Bodens unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	8,5	9,5	10,5	8,5	9,5	10,5	9,0
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	10	20	35	25	45 ab 5 m ²⁾ : 75 ab 10 m ²⁾ : 120	75 ab 5 m ²⁾ : 120 ab 10 m ²⁾ : 190	15

Tabelle 6d: Bodenrechenwerte

Bodenart	Terras- senab- lagerun- gen	Tertiäre Sande			Tertiäre Tone	
	GI	SI, GW, GI	SE, SU	SU*	TL, TM	TM, TA
Bodengruppe nach DIN 18196	GI	SI, GW, GI	SE, SU	SU*	TL, TM	TM, TA
Schicht-Nr.	10.2.1	10.2.2	15.1.3	15.3.3	16.1.2	16.1.3
Konsistenz, Lagerungsdichte	locker	mittel- dicht	mittel- dicht	dicht	weich	steif
wirks. Reibungswinkel φ_k' [Grad]	32,5	35,0	35,0	35,0	17,5	20,0
wirks. Kohäsion c_k' [kN/m ²] ¹⁾	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	5,0
Wichte des feuchten Bodens γ_k [kN/m ³]	16,5	18,0	18,0	21,0	17,0	18,0
Wichte des Bodens unter Auftrieb γ_k' [kN/m ³]	9,0	10,5	10,0	11,0	7,0	8,0
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	30	50 ab 5 m ²⁾ : 80	90 ab 5 m ²⁾ : 120 ab 10 m ²⁾ : 190	65 ab 10 m ²⁾ : 135	6	10 ab 5 m ²⁾ : 15 ab 10 m ²⁾ : 20

¹⁾ Bei bindigen Böden im konsolidierten Zustand.

²⁾ bezogen auf OK anstehender Boden (=UK Auffüllung)

2.7 Betonaggressivität und Stahlkorrosivität des Grundwassers

Zur Bestimmung der Beton- und der Stahlaggressivität des erkundeten Bodens und des Grundwassers, wurden aus verschiedenen Bohrungen Bodenmischproben und Grundwasserproben entnommen und auf beton- und stahlangreifende Inhaltsstoffe untersucht. Die Analyse erfolgte im Labor Wessling GmbH, die Auswertung im Labor der DB International GmbH. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in Anlage 17.8.4 beigelegt. Eine Aufstellung der genommenen Proben kann der Tabelle 7 entnommen werden.

Tabelle 7: Probennahme

Aufschluss	Bodenmischprobe	Wasserprobe
S/B 54	3,00 m - 5,00 m	---
S/B 54	---	Grundwasser
S/B 70	---	Grundwasser
S/RKS 82	1,60 m - 3,10 m	---
S/RKS 94	3,00 m - 4,30 m	---
S/B 96	---	Grundwasser



Betonaggressivität

Die aufgeschlammten und untersuchten Bodenmischproben bzw. Wasserproben wurden nach DIN 4030 und DIN EN 206-1 entsprechend klassifiziert.

Tabelle 8: Betonaggressivität

Aufschluss	Probenart	DIN 4030	DIN EN 206-1
S/B 54	Boden	nicht betonangreifend	Expositionsklasse X0
S/B 54	Wasser	nicht betonangreifend	Expositionsklasse X0
S/B 70	Wasser	nicht betonangreifend	Expositionsklasse X0
S/RKS 82	Boden	nicht betonangreifend	Expositionsklasse X0
S/RKS 94	Boden	nicht betonangreifend	Expositionsklasse X0
S/B 96	Wasser	nicht betonangreifend	Expositionsklasse X0

Stahlkorrosivität

Die Untersuchung der Bodenmischproben und Grundwasserproben auf Korrosionswahrscheinlichkeit unlegierter und niedriglegierter Eisenwerkstoffe ergab folgende Ergebnisse:

Tabelle 9: Korrosionswahrscheinlichkeit unlegierter und niedriglegierter Werkstoffe

Aufschluss	Probenart	Freie Korrosion	Mulden- und Lochkorrosion	Flächenkorrosion
S/B 54	Boden	nur in Bezug auf die Bodenprobe	I a - praktisch nicht aggressiv	
		mit Bezug auf die umgebenden Böden	sehr gering	sehr gering
S/B 54	Wasser	im Unterwasserbereich	sehr gering	sehr gering
		an der Wasser/Luft-Grenze	sehr gering	sehr gering
S/B 70	Wasser	im Unterwasserbereich	sehr gering	sehr gering
		an der Wasser/Luft-Grenze	sehr gering	sehr gering
S/RKS 82	Boden	nur in Bezug auf die Bodenprobe	I a - praktisch nicht aggressiv	
		mit Bezug auf die umgebenden Böden	sehr gering	sehr gering
S/RKS 94	Boden	nur in Bezug auf die Bodenprobe	I a - praktisch nicht aggressiv	
		mit Bezug auf die umgebenden Böden	sehr gering	sehr gering
S/B 96	Wasser	im Unterwasserbereich	sehr gering	sehr gering
		an der Wasser/Luft-Grenze	sehr gering	sehr gering

Tabelle 10: Mittlere Korrosionsgeschwindigkeit

Aufschluss	Probenart	Korrosion	Abtragungsrate w(100a) [mm/a]	Eindringtiefe w _{Lmax} (30a) [mm/a]
S/B 54	Boden	nur in Bezug auf die Bodenprobe	0,005	0,03
		mit Bezug auf die umgebenden Böden	0,005	0,03
S/B 54	Wasser	im Unterwasserbereich	0,01	0,05
		an der Wasser/Luft-Grenze	0,01	0,05
S/B 70	Wasser	im Unterwasserbereich	0,01	0,05
		an der Wasser/Luft-Grenze	0,01	0,05
S/RKS 82	Boden	nur in Bezug auf die Bodenprobe	0,005	0,03
		mit Bezug auf die umgebenden Böden	0,005	0,03
S/RKS 94	Boden	nur in Bezug auf die Bodenprobe	0,005	0,03
		mit Bezug auf die umgebenden Böden	0,005	0,03
S/B 96	Wasser	im Unterwasserbereich	0,01	0,05
		an der Wasser/Luft-Grenze	0,01	0,05

2.8 Erdbebeneinwirkung

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

Tabelle 11: 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 (EAU). Die Schichten 1.9.1 und 2.2.1



wurden auf Grund der geringen Schichtdicke bzw. der geringen Verbreitung nicht weiter berücksichtigt.

Tabelle 12: Rammfähigkeit

Schicht	Bodenart	Rammfähigkeit
1.2.1	Auffüllung, rollig, nichtbindig, (Sand), locker	leicht bis mittelschwer
1.2.2	Auffüllung, rollig, nichtbindig, (Sand), mitteldicht	mittelschwer
1.2.3	Auffüllung, (Sand), dicht	schwer
1.4.1	Auffüllung, rollig, nichtbindig, (Kies), locker	leicht bis mittelschwer
1.4.2	Auffüllung, rollig, nichtbindig, (Kies), mitteldicht	mittelschwer
1.3.1	Auffüllung, rollig, gemischtkörnig, (Sand), locker	leicht bis mittelschwer
1.3.2	Auffüllung, rollig, gemischtkörnig, (Sand), mitteldicht	mittelschwer
1.5.1	Auffüllung, rollig, gemischtkörnig, (Kies), locker	leicht bis mittelschwer
1.6.2	Auffüllung, Ton, weich, weich/steif	leicht bis mittelschwer
5.1.1	Hochflutsand: rollig, nichtbindig, locker	leicht bis mittelschwer
5.1.2	Hochflutsand: rollig, nichtbindig, mitteldicht	mittelschwer bis schwer
5.1.3	Hochflutsand: rollig, nichtbindig, dicht	schwer bis sehr schwer
10.1.1	Terrasse: Sand, locker	leicht bis mittelschwer
10.1.2	Terrasse: Sand, rollig, nichtbindig, mitteldicht	mittelschwer bis schwer
10.1.3	Terrasse: Sand, rollig, nichtbindig, dicht	schwer bis sehr schwer
10.1.4	Terrasse: Sand, locker	leicht bis mittelschwer
10.2.1	Terrasse: Sand/Kies, locker	leicht bis mittelschwer
10.2.2	Terrasse: Sand/Kies, mitteldicht	mittelschwer bis schwer
15.1.3	Tertiär: Sand, dicht	schwer bis sehr schwer
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. Die Schlagzahlen der schweren Rammsondierungen für die rolligen Auffüllungen liegen in der Regel bei < 10 Schläge je 10 cm Eindringtiefe. Bei der DPH 53 wurden aufgrund von Steinen höhere Schlagzahlen ermittelt.

In Abhängigkeit der Ergebnisse der schweren bzw. leichten Rammsondierungen werden die erkundeten Auffüllungen bei lockerer Lagerung (Schicht 1.2.1, 1.3.1, 1.4.1, 1.5.1) als leicht bis mittelschwer und bei mitteldichter Lagerung (Schicht 1.4.2, 1.2.2, 1.3.2) als mittelschwer und bei dichter Lagerung (Schicht 1.2.3) als schwer bis sehr schwer rammfähig eingeschätzt. Die schwere Rammsondierung DPH 53 weist sehr starke Sprünge in den Schlagzahlen auf. Durch grobe Bestandteile in der Auffüllung (Steine, Bauschutt) muss hier lokal mit nicht rammfähigem Boden gerechnet werden.



Die Konsistenz der bindigen Auffüllung war weich und weich/steif. In Abhängigkeit der Konsistenz ist die bindige Auffüllung (Schicht 1.6.2) als leicht bis mittelschwer rammfähig zu bewerten.

Hochflutablagerungen:

Die Hochflutsande werden in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte, bei lockerer Lagerung (Schicht 5.1.1) als leicht bis mittelschwer, bei mitteldichter Lagerung (Schicht 5.1.2) als mittelschwer bis schwer und bei dichter Lagerung (Schicht 5.1.3) als schwer bis sehr schwer rammfähig eingeschätzt.

Terrassenablagerungen / Tertiär:

Die Sande und Kiese werden in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte, bei lockerer Lagerung (Schicht 10.1.1, 10.2.1, 10.1.4) als leicht bis mittelschwer, bei mitteldichter Lagerung (Schicht 10.1.2, 10.2.2) als mittelschwer bis schwer und bei dichter Lagerung (Schicht 10.1.3, 15.1.3, 15.3.3) als schwer bis sehr schwer rammfähig eingeschätzt.

In Abhängigkeit der Konsistenz ist der weiche Ton (Schicht 16.1.2) als leicht und der steife bzw. steif/halfeste Ton (Schicht 16.1.3) als mittelschwer bis schwer rammfähig zu bewerten.

Hinweis: Im Bereich der Auffüllfläche und ggf. im Dammbereich ist die Auffüllung infolge einer möglichen Steinschüttung bereichsweise nicht rammfähig. Vor der Bauausführung sollten mittels Baggerschürfen die Auffüllbereiche hinsichtlich möglicher Steinschüttungen überprüft werden.

Insgesamt ist der Baugrund unter den Auffüllungen vorwiegend als mittelschwer bis sehr schwer rammfähig einzuschätzen. Insbesondere in den dicht gelagerten Sanden 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

Das neue Rampenbauwerk der Strecke 3624 schließt am nördlichen Widerlager des neuen Kreuzungsbauwerkes „Gleisdreieck“ /U 19/ bei ca. km 32,450 an. Das neue Gleis wird im



Bereich der bahnlinken Böschung der Strecke 3624 auf einem Damm errichtet. Der Damm wird als eine nach Norden hin abfallende Rampe ausgebildet, um bei km 6,950 an die Strecken 4010 (neu) und 3520 anzuschließen. Der Neubau der Rampe soll entweder als Trogbauwerk Variante 1 oder als „Tausendfüßler“ (Feste Fahrbahn auf Doppelpfeilerelemente gegründet) Variante 2 gemäß /U 5/ ausgeführt werden.

Variante 1:

Die Gründung ist vorzugsweise als Flachgründung vorgesehen. Nach der Vorplanung ist ein gleichbleibender Gründungshorizont etwa in Höhe der derzeitigen Dammaufstandsfläche bei ca. 98,55 m NN – 99,0 m NN vorgesehen. Der Damm wird innerhalb eines Stahlbetonhalbrahmens (U-Profil) mit einer Regelbreite von ca. 6,60 m aufgeschüttet. Die Längen der einzelnen Wandabschnitte liegen zwischen ca. 10,00 m und ca. 13,00 m. Während der Bauphase wird der bestehende Damm der Strecke 3624 mittels Spundbohlen gesichert und weiter genutzt. Für die Bauzeit wird die benötigte Baugrube bahnrechts durch den Verbau der bestehenden Strecke 3624 und die bahnlinke Flanke (dem bahnrechte Bereich des Gleises 3520) durch einen einseitigen Verbau gesichert. Beide Verbauseiten der Baugrube werden aus dem Bereich der Baugrube heraus mit Verankerung unter den beiden zu sichernden Gleisen hinweg gesichert. Laut Vorplanung /U 5/ befinden sich einige Ankerverpressstrecken im Bereich der bestehenden Auffüllungen des Bestandsdammes und des bahnrechten Dammfußes.

Die EÜ Golfstraße soll teilrückgebaut und dann verfüllt werden. Im Bereich der neu geplanten EÜ Waldfriedstraße soll die Rampe der Strecke 3624 auf einem zusätzlichen Betonaufbau, erhöht gegenüber den daneben, parallel liegenden Gleise der neuen Strecke 4010 und der 3520 übergeführt werden. Im Bereich des Rampenfußes wird bahnlinks eine ca. 30,00 m lange Stützwand erstellt, bevor das erste Stahlbetonrahmenfundament eingebaut wird.

Variante 2:

Alternativ wird die Gründung auf Bohrpfählen (D = 1,2 m) betrachtet. Bei der Variante des „Tausendfüßlers“ wird das neue Gleisbett der Strecke 3624 als Feste Fahrbahn ausgebildet. Das Gleis wird mit seinem Betonunterbau auf Stützen mit einem Abstand von 14,70 m zueinander bis zum Anschluss an das neue Kreuzungsbauwerk „Gleisdreieck“ angehoben. Laut Planung /U 5/ bestehen die Stützen aus einem Betonwiderlager, das auf insgesamt 4 Pfählen gegründet wird. Im Bereich des Rampenfußes wird beidseitig des Gleises 3624 eine Winkelstützwand erstellt.



In den nachfolgenden Abschnitten werden die Gründungsvarianten Flachgründung und Pfahlgründung näher untersucht.

3.2 Flachgründung (Variante 1)

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 Baugrundprofilen ist ersichtlich, dass der Baugrund im Bereich der Gründungssohle des Stahlbetonhalbrahmen (U-Profil) zum Teil aus locker- bis mitteldicht gelagerten Auffüllungen besteht. Unter den Auffüllungen folgen mitteldicht gelagerte Hochflutsande bzw. mitteldicht bis dicht gelagerte Terrassensande, sowie Tertiäre Ablagerungen

Die aus Unterlage /U 4/ ermittelte Gründungssohle des Stahlbetonhalbrahmens liegt ca. bei 99,0 m NN und damit überwiegend im Bereich der Terrassensande.

Zur Ermittlung der aufnehmbaren Sohldrücke wurden in Anlage 17.8.5, Blatt 01 bei Annahme der Sicherheiten nach DIN 1054:2005-01, Lastfall 1 und lotrecht mittlerer Belastung Grundbruchberechnungen und Setzungsabschätzungen durchgeführt. Dabei wurde als Vorbelastung die Aushubentlastung zum Ansatz gebracht.

Für die Berechnungen wurden folgende Annahmen getroffen. Die geometrischen Angaben wurden dabei der Unterlage /U 4/ entnommen.

Fundamentlänge:	a = 10,0 m
Fundamentbreite:	b = 4,0 ... 7,0 m (geschätzt)
Geländehöhe:	bei ca. 104,50 m NN (gemittelt aus Dammhöhe Strecke 3624 ca. 105,23 m NN und Dammhöhe Strecke 3520 mit ca. 103,42 m NN)
Fundamentunterkante:	bei ca. 99,0 m NN
Baugrundprofil:	S/RKS 68.1 und S/B 96
Grundwasser:	bei 98,4 m NN (Bemessungswasserstand nach Abschn. 2.4)
Vorbelastung:	110 kN/m ² (Aushubentlastung)

Die Ergebnisse der Grundbruch- und Setzungsrechnungen sind in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: aufnehmbarer Sohldruck

Fundamentbreite [m]	aufnehmbarer Sohldruck [kN/m ²]				Setzung [cm]			
	4,0	5,0	6,0	7,0	4,0	5,0	6,0	7,0
Grundbruchsicherheit nach DIN 1054:2005-01	2626	2407	2475	2530	21,1	21,4	24,3	26,3
Setzung max. s = 2,0 cm	350	320	305	295	2,0	2,0	2,0	2,0

Die aus den Grundbruchberechnungen ermittelten aufnehmbaren Sohldrücke liegen in Abhängigkeit von den Fundamentbreiten zwischen $\sigma_{zul} = 2626 \dots 2530 \text{ kN/m}^2$ mit Setzungsbeträgen von 21,1 cm bis 26,3 cm. Diese Setzungsbeträge können vom Bauwerk nicht schadensfrei aufgenommen werden. Bei Begrenzung der Setzungen auf ein angenommenes zulässiges Maß von 2,0 cm reduzieren sich die aufnehmbaren Sohldrücke auf $\sigma_{zul} = 350 \text{ kN/m}^2$ ($b = 4,0 \text{ m}$) bis 295 kN/m^2 ($b = 7,0 \text{ m}$).

Folgerung:

Bei Gründung auf den dicht gelagerten Auffüllungen können die Fundamente in Abhängigkeit der gewählten Fundamentabmessungen und der zulässigen Setzung nach Anlage 5, Blatt 01 bemessen werden. Die Gründungssohlen sind durch einen fachkundigen Geotechniker abnehmen zu lassen. Die Fundamentsohlen sind tiefenwirksam nachzuverdichten.

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 (Variante 2)

Alternativ zur Flachgründung kann die in Variante 2 aufgezeigte Feste Fahrbahn auf Großbohrpfählen gegründet werden. Zur Bemessung von Bohrpfählen werden Spitzenwiderstands- und Mantelreibungswerte benötigt. Die Einbindung der Bohrpfähle muss nach EA-Pfähle /U 13/ mindestens 2,5 m in tragfähige Schichten erfolgen. Tragfähige Schichten für den Ansatz eines Pfahlspitzendrucks 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 Bodens $c_{u,k} \geq 0,1 \text{ MN/m}^2$.



Entsprechend der Erkundungsergebnisse sind die mitteldicht und dicht gelagerten Terrassensande (Schicht 10.1.2, 10.1.3) oder aber die dicht gelagerten Tertiären Sande (15.1.3) für die Ableitung der Pfahlspitzendrücke geeignet. In der nachfolgenden Tabelle 14 werden die zur Vorbemessung erforderlichen Bohrpfahlkennwerte für die maßgebenden Baugrundsichten in Anlehnung an die EA-Pfähle /U 13/ bzw. DIN 1054 angegeben.

Tabelle 14: Pfahlspitzenwiderstand und Pfahlmantelreibung für Bohrpfähle nach /U 13/

Schicht Nr.	Bodenart	Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Bruchwert der Pfahlmantelreibung $q_{s1,k}$ [MN/m ²]	horizontale Bettungsziffer $k_{s,k}$ [MN/m ³]
1.2.1, 1.4.1	Auffüllung, rollig, nichtbindig, (Sand/Kies), locker	---	0,015 (0,01) ²⁾	---
1.2.2 1.4.2	Auffüllung, rollig, nichtbindig, (Sand/Kies), mitteldicht	---	0,040	---
1.2.3	Auffüllung, rollig, nichtbindig, (Sand), dicht	---	0,080	---
1.3.1 1.5.1	Auffüllung, rollig, gemischt-körnig, (Sand/Kies), locker	---	0,015 (0,01) ²⁾	---
1.3.2	Auffüllung, rollig, gemischt-körnig, (Sand/Kies), locker	---	0,040	---
1.6.2	Auffüllung, Ton, weich	---	0,020	---
5.1.1	Hochflutsand: rollig, nichtbindig, locker	---	0,040	10
5.1.2	Hochflutsand: rollig, nichtbindig, mitteldicht	1,05 / 1,35 / 3,00 ¹⁾	0,100	20
5.1.3	Hochflutsand: rollig, dicht	1,40 / 1,80 / 3,50 ¹⁾	0,120	35
10.1.1 10.1.4 10.2.1	Terrasse: Sand/Kies, rollig, nichtbindig, locker	---	0,060	---
10.1.2 10.2.2	Terrasse: Sand/Kies, rollig, nichtbindig, mitteldicht	1,05 / 1,35 / 3,00 ¹⁾	0,080	45 ab 5 m ³⁾ : 75 ab 10 m ³⁾ : 120
10.1.3	Terrasse: Sand, rollig, nichtbindig, dicht	1,40 / 1,80 / 3,50 ¹⁾	0,100	75 ab 5 m ³⁾ : 120 ab 10 m ³⁾ : 190
15.1.3	Tertiär: Sand, rollig, nichtbindig, dicht	1,40 / 1,80 / 3,50 ¹⁾	0,120	90 ab 5 m ³⁾ : 120 ab 10 m ³⁾ : 190
15.3.3	Tertiär: Sand, rollig, gemischt-körnig, dicht	1,40 / 1,80 / 3,50 ¹⁾	0,100	65 ab 10 m ³⁾ : 135
16.1.2	Tertiär: Ton, weich, weich/steif	---	0,025 ⁴⁾	6
16.1.3	Tertiär: Ton, steif, steif/halbfest	0,35 / 0,45 / 0,8 ¹⁾⁴⁾	0,040	10 ab 5 m ³⁾ : 15 ab 10 m ³⁾ : 20

¹⁾ in Abhängigkeit der bezogenen Pfahlkopfsetzung nach EA-Pfähle

²⁾ bei Schlagzahlen N10 < 2



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

⁴⁾ gilt nicht für steifen Ton

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 einem angenommenen Durchmesser $d = 1,2$ m ein Maß von 3,6 m ($3 \times$ Pfahldurchmesser), mindestens aber 1,5 m nicht unterschreiten. Darüber hinaus wird empfohlen, dass insbesondere die Pfahlfüße im Bereich $q_c \geq 10$ MN/m² abzusetzen sind.

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 Spitzendruck anzusetzen.

Wir empfehlen, in Abhängigkeit der statischen Nachweise, Pfähle in den mitteldichten und dichten Sanden der Schichten 10.1.2, 10.1.3, 10.2.2 bzw. 15.1.3 abzusetzen.

Des Weiteren gelten die Angaben für Einzelpfähle und Pfahlgruppen unter Beachtung der Hinweise und Forderungen der EA-Pfähle /U 13/. Die angegebenen Pfahlkennwerte sind im Zuge der Pfahlbohrungen zu überprüfen und ggf. zu präzisieren.

Durch die wechselnden Bodenbeschaffenheiten über die gesamte Länge des Rampenbauwerkes von km 6,450 - km 6,950 wurden für die Auswertung die Berechnungen der 3 in der Nähe liegenden Bauwerke Kreuzungsbauwerk Gleisdreieck, EÜ Waldfriedstraße und EÜ Adolf - Miersch - Straße als exemplarisch angesehen.

In Anlage 17.8.5, Blatt 02-04 ist zur Vorbemessung jeweils ein Pfahldiagramm für einen Einzelpfahl nach DIN 1054, Lastfall 1 (50 % veränderliche Lasten) mit einem Pfahlschaftdurchmesser $D = 1,2$ m und Pfahllängen zwischen von 8,0 m und 20,0 m aufgetragen worden. Danach ergeben sich zulässige Pfahlbelastungen im Bereich des Kreuzungsbauwerkes Gleisdreieck (Pfahlkopfgründung bei 101,0 m NN) für eine Pfahllänge von 8,0 m von 3,29 MN und für eine Pfahllänge von 12,0 m von 4,38 MN, im Bereich der Waldfriedstraße (Pfahlkopfgründung bei 100,14 m NN) für eine Pfahllänge von 12,0 m von 1,8 MN, für eine Pfahllänge von 14,0 m von 1,9 MN, für eine Pfahllänge von 16,0 m von 2,07 MN und für eine Pfahllänge von 20,0 m von 2,4 MN, des weiteren für den Bereich der Adolf - Miersch - Straße für eine Pfahllänge von 12,0 m von 3,5 MN, für eine Pfahllänge von 14,0 m von 3,9 MN, für eine Pfahllänge von 19,0 m von 2,7 MN und für eine Pfahllänge von 20,0 m von 4,8 MN, jeweils 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:

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

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. Für größere Durchmesser ist $D = 1,0$ m anzusetzen. Bei einem angenommenen Pfahldurchmesser von 1,2 m ergibt sich somit eine maximale Horizontalverschiebung von $\underline{2 \text{ cm}} < 0,03 \cdot 1,2 \text{ m} = 3,6 \text{ cm}$. 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 14 angegebenen Bettungsziffern gelten für Pfahldurchmesser $\geq 1,0$ m und maximale Horizontalverformungen von 2,0 cm. Sie sind bereichsweise als konstant anzusetzen.

3.5 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.

3.6 Baugrubensicherung und Wasserhaltung

Baugruben bis 1,25 m Tiefe können nach DIN 4124 senkrecht ausgehoben werden. Tiefere Baugruben müssen geböschert oder verbaut werden. Ausgehend von den Erkundungsergebnissen kann nach DIN 4124 für Böschungen bis 5,0 m Höhe ohne besonderen Nachweis ein Bö-

schungswinkel $\beta \leq 45^\circ$ im Lockergesteinsbereich über Grundwasser entsprechend DIN 4124 in Ansatz gebracht werden. Unbelastete Böschungen können unter einem Neigungswinkel von 45° 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 6a-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 14/, 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} kann aus dem vertikalen Modul E_S (siehe Tabelle 6a-d) mit dem Faktor $f = 0,5$ umgerechnet werden.

Grundwasser wurde mit mehreren Erkundungsbohrungen in einer Tiefe von 3,00 m bis 5,90 m unter GOK angetroffen. Der höchste Grundwasserstand (Bemessungswasserstand) wurde im Untersuchungsabschnitt mit 3,95 m unter GOK (~ 98,4 m NN) angegeben.

Bei einer Gründungssole bei 99,0 m NN gehen wir davon aus, dass im Rahmen einer Flachgründung kein negativer Einfluss des Grundwassers eintritt. Eine Wasserhaltung ist in diesem Fall nicht erforderlich.

Im Falle der Variante 2 ist bei der Herstellung der Pfahlkopflatten eine Wasserhaltung vorzusehen, da nach der Vorplanung die dafür notwendigen Baugruben teilweise bis unter den Grundwasserhorizont reichen. Bei einer Pfahlgründung sind die Pfähle mit vorseilender Ver-

rohrung 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.

Aufgrund der erkundeten gemischtkörnigen und bindigen Auffüllungen der Bodengruppen [GT*, GU*, ST*, SU*, TL] kann jedoch örtlich auftretendes Sickerwasser nicht ausgeschlossen werden. Dieses ist dann in offener Wasserhaltung zu fassen und abzupumpen.

3.7 Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

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 /U 15/ 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.

Im vorliegenden Fall besitzen die über dem Grundwasser erkundeten Auffüllungen und quartären Terrassensande der Bodengruppen [SE, SW, SU, GU, X], SE, SW und SI k_f -Werte $>10^{-6}$ m/s und sind gemäß DWA-A138 ausreichend versickerungsfähig. In Anlage 4.1 haben wir an ausgewählten Proben mittels Nasssiebung die Kornverteilung ermittelt und daraus nach USBR/Bialas bzw. Beyer die k_f -Werte bestimmt. Mit Berücksichtigung eines Korrekturfaktors von 0,2 für die Bestimmung des k_f -Wertes aus der Kornverteilungskurve ergibt sich der mittlere Bemessungs- k_f -Wert zu: $k_f \approx 7,5 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Die rolligen Auffüllungen der Bodengruppen [SU*, ST*, GU*, GT*] und die Terrassensande SU* sind nur bedingt versickerungsfähig, da ihre k_f -Werte im Grenzbereich von 10^{-6} m/s liegen. Die bindigen Auffüllungen und tertiären Tone [TL] TL, TM, TA sind nach DWA-A138 nicht versickerungsfähig.

Fazit

Im Bereich der Bohrpunkte ist eine Versickerung von Niederschlagswasser gemäß DWA-A 138 möglich, sofern die bindige Auffüllung und die rolligen Auffüllungen der Bodengruppen [TL, SU*, ST*, GU*, GT*] mit den Versickerungsanlagen durchstoßen werden.

Bei der Variante 1 ist zu berücksichtigen, dass das Oberflächenwasser innerhalb des Stahlbetonhalbrahmens (U-Profil) möglichst weit oben im Trog gesammelt und dann über Entwässerungsöffnungen nach außen geführt wird. Wird das Wasser erst auf Höhe des Trogbodens gesammelt, kann eine ausreichende Sickerstrecke (s.o. 1,00 m) bis zum Erreichen des Grundwasserspiegels ggf. nicht mehr gewährleistet werden.

3.8 Anker

Das Gleis der Strecke 3624 wird bauzeitlich durch einen Verbau gesichert, welcher rückverankert werden soll. Nachfolgend werden Hinweise und Empfehlungen zur Rückverankerung des Verbaus gegeben.

Unter Verpressankern versteht man Stahlzugglieder, 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 Stahlzugglied und von dort über den Verpresskörper im Bereich der Krafteintragungslänge in den Baugrund eingeleitet. Die Überprüfung des Tragverhaltens der Anker im Bereich der Krafteintragungslänge 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 18/ 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 bzw. ganz im Fels 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 verfor-

mungsempfindlichen 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 einbinden. Nachfolgend wird zur Bemessung der Anker Diagramme aus /U 18/ dargestellt. Für nichtbindige Böden sind in den nachfolgenden Grafiken die Grenzlaster beim Bruch in Abhängigkeit von der Krafteintragungslänge (Verpresskörperlänge) für verschiedene Lagerungsdichten dargestellt.

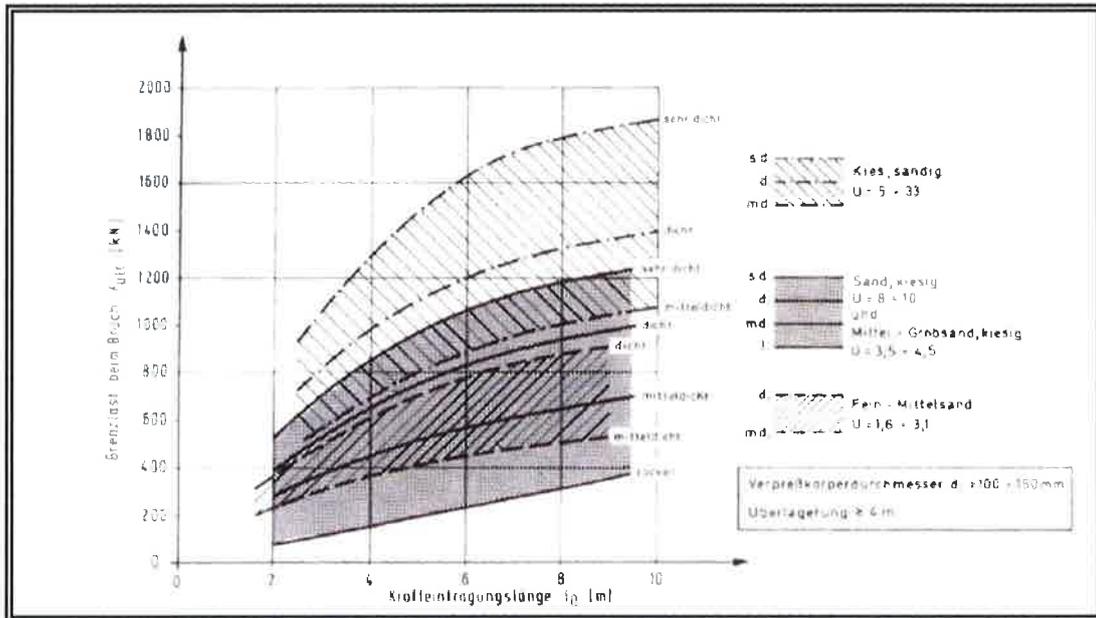


Bild 1 aus /U 18/ Grenzlast von Ankern in nichtbindigen Böden

Aus nachfolgender Grafik kann in Abhängigkeit der Schlagzahlen der schweren Rammsondierung die Grenzlast beim Bruch in nichtbindigen Böden ermittelt werden.

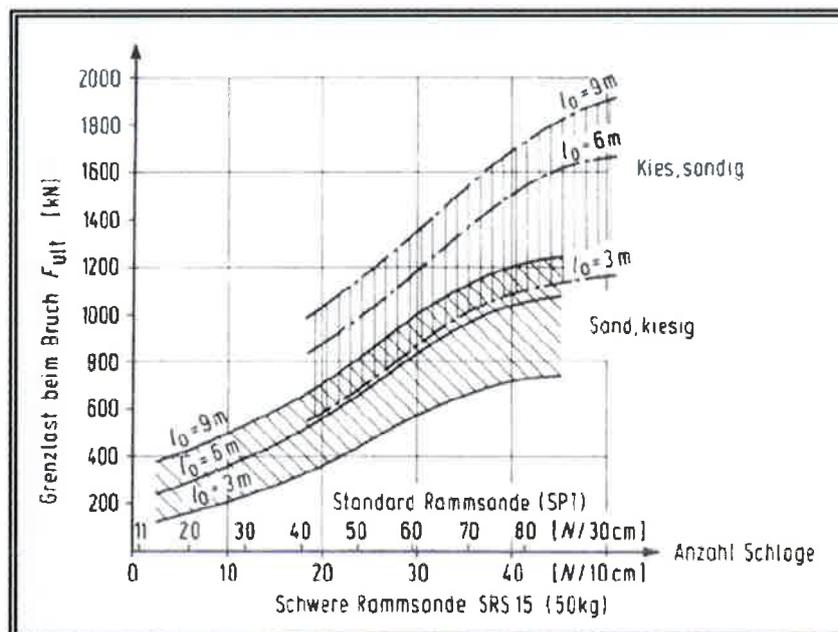




Bild 2 aus /U 18/ Abhängigkeit zwischen der Grenzlast von Ankern und dem Eindringwiderstand von Rammsonden in nichtbindigen Böden.

3.9 Einfluss auf angrenzende Bebauung

Im Einflussbereich des neuen Rampenbauwerkes befindet sich das Streckengleis 3624. Bei Neubau des Gleises 3624 unter Betrieb des Bestandsgleises wird empfohlen, insbesondere bei erforderlichen Rammarbeiten, eine kontinuierliche Beobachtung und messtechnische Überwachung der in Betrieb befindlichen Gleisanlagen und Masten des gesamten Dammquerschnittes vorzunehmen. Ggf. ist eine Langsamfahrstelle als bahnseitige Schutzmaßnahme einzurichten.

3.10 Ausbildung der Hinterfüllung / Verfüllung

Mit dem Neubau des Kreuzungsbauwerkes und der EÜ Waldfriedstraße, sowie des Trogbauwerkes sind die Hinterfüllungen und im Bereich der teilweise rückgebauten EÜ Golfstraße die Verfüllungen 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 3.

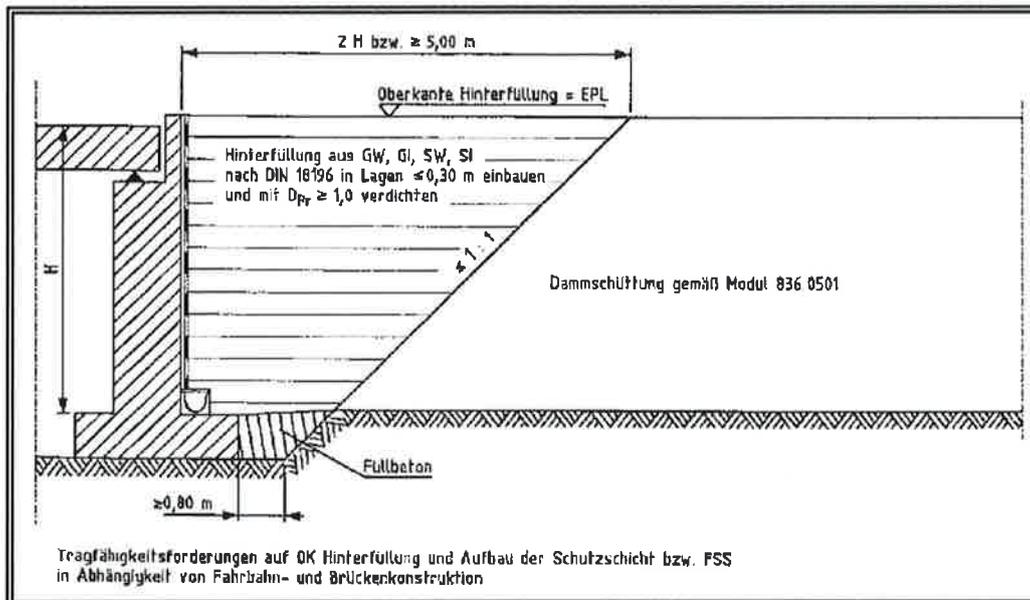


Bild 3: Ausbildung der Hinterfüllung gemäß Ril 836

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

3.11 Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen

Die beim Neubau des Rampenbauwerkes anfallenden Erdmassen (Variante 1) stellen sandige, kiesige und tonige Auffüllungen sowie zum Teil anstehenden Sande dar. Diese Böden sind nach Ril 836, Modul 836.0504, Bild 2 als Verfüll- bzw. Hinterfüllmaterial nicht geeignet. Sie können jedoch in Bereichen ohne besondere Anforderungen an Durchlässigkeit, Verdichtungsgrad, Frostempfindlichkeit usw. als Auffüllmaterial o.ä. eingesetzt werden.

Fremdbestandteile wie Wurzeln, Bauschutt, Schlacke o.ä. sind vor einer Wiederverwendung der Böden auszusondern. Breiige und weiche Tone sind vor einem Wiedereinbau zu behandeln (Zumischung von Grobkorn, Austrocknung).



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. Die Erdmassen die im Falle der Variante 2 anfallen, können nicht wieder eingebaut werden und müssen entsorgt werden.

4 Zusammenfassung / Schlussbemerkungen

Im vorliegenden geotechnischen Bericht sind die Baugrundverhältnisse und deren Bewertung für den Neubau der Rampe zum Anschluss an das Kreuzungsbauwerkes Gleisdreieck der Strecke 3624 Frankfurt-Louisa - F-Niederrad dargestellt. Die Untersuchungen beziehen sich auf die Ermittlung der Eigenschaften der aufgefüllten und anstehenden Böden zur Beurteilung des Baugrundes hinsichtlich der Gründung des Rampenbauwerkes, als Flachgründung (Betonprofil) oder als Pfahlgründung (Tausendfüßler).

Der Baugrund besteht ab Geländeoberkante bzw. im Dammbereich aus rolligen und punktuell bindigen Auffüllungen in Form von Sanden und Kiesen mit unterschiedlichem Feinkornanteil sowie leichtplastischen Tonen. Darunter folgen in Wechsellage mitteldicht bis dicht gelagerte Sande und Kiese als auch Tone. Die Beschreibung der Bodenverhältnisse wurde durch bodenphysikalische Laborversuche unteretzt.

Das Grundwasser wurde mit den Erkundungen nach Bohrende zwischen 3,00 m bis 5,90 m unter Gelände festgestellt. Wir empfehlen, den Bemessungswasserstand in Abhängigkeit der festgestellten Ergebnisse zuzüglich eines Sicherheitszuschlages von ca. 1,00 m bei 98,4 m NN anzusetzen.

In Abschnitt 2 wird aus den erkundeten Bodenschichten ein Baugrundmodell gebildet und die zugehörigen Boden- und Berechnungskennwerte angegeben. Ferner werden in diesem Abschnitt Aussagen zur Rammfähigkeit und Versickerungsfähigkeit des Untergrundes gemacht. Angaben zur Gründung des Rampenbauwerkes, Baugrubensicherung, Rückverankerung, Wasserhaltung sowie Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen enthält Abschnitt 3.

Ausgehend von den Erkundungsergebnissen und den Informationen aus den Vorplanungen ist eine Flach- als auch Tiefgründung des neuen Rampenbauwerkes möglich. Wegen der erheblichen Probleme bei der Erkundung im Dammpfahlbereich auf Grund von fehlendem Bohrfortschritt und den daraus resultierenden zahlreichen Erkundungsabbrüchen, ist im Zuge der Ausführungsplanung, spätestens aber vor Baubeginn, eine tiefreichende Erkundung mittels Kern-



bohrungen durchzuführen. Dazu ist entsprechend schweres Gerät notwendig, um den nötigen Druck aufzubauen. Die im Rahmen unserer Erkundungen ermittelten Bodenkennwerte sind mit den Ergebnissen dieser Kernbohrungen zu verifizieren.

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.-Geol. U. Tang