



DB Engineering & Consulting GmbH
Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
Büro Karlsruhe
Gartenstraße 76-78
76135 Karlsruhe
www.db-engineering-consulting.de

Umwelt- und Geotechnischer Bericht

Projekt: Erneuerung EÜ Saalbachkanal Graben-Neudorf
Strecke 4020 Mannheim - Rastatt
km 38,887

Auftraggeber: DB Netz AG
Regionalbereich Südwest
Portfolio Konstruktiver Ingenieurbau (I.NP-SW-M-K(3))
Schwarzwaldstrasse 82
76137 Karlsruhe

Auftragsnummer DB E&C: U - G000074 / 218438 / 601136
Auftragsnummer DB Netz: G.016263814

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Andreas Zieger

Dieser Geotechnische Bericht umfasst 40 Seiten und 10 Anlagen und darf auszugsweise nicht veröffentlicht werden.

Karlsruhe, den 02.12.2016

i. A.
Dipl. - Phys. Dieter Jung

i. A.
Dipl. - Geol. Andreas Zieger

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Einleitung	4
1.1	Unterlagen	4
1.2	Vorgang / Aufgabenstellung	6
1.3	Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen	6
2	Beschreibung der Untersuchungsergebnisse	9
2.1	Beschreibung der örtlichen Verhältnisse	9
2.2	Geologische Situation	9
2.3	Baugrundverhältnisse - Schichtenaufbau und Kennwerte	10
2.4	Hydrologische Verhältnisse	12
2.5	Erdbebenzone	13
2.6	Beton- und Stahlaggressivität des Bodens und des Wassers	13
2.6.1	Boden	14
2.6.2	Wasser	14
3	Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse	16
3.1	Baugrundmodell	16
3.2	Bodenrechenwerte	16
3.3	Einschätzung Ramm-, Rüttel- und Pressfähigkeit der Baugrundsichten	17
4	Geotechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen	19
4.1	Allgemein	19
4.2	Flachgründung	19
4.3	Tiefgründung	21
4.3.1	Tiefgründung auf Bohrpfählen	22
4.3.2	Pfahlwiderstände quer zur Pfahlachse	23
4.4	Baugrubensicherung und Wasserhaltung	23
4.4.1	Bemessung von Spundbohlen	24

4.4.2	Hilfsbrücke	26
4.4.3	Rückverankerungen	26
4.5	Abdichtung und Drainage Bauwerk	28
4.6	Ausbildung der Hinterfüllung der Arbeitsräume	28
4.6.1	Hinterfüllung im Bereich von Eisenbahnverkehrslasten mit Verbau	28
4.6.2	Hinterfüllung im Bereich von Eisenbahnverkehrslasten ohne Verbau	30
4.7	Mögliche Einflüsse auf die Grundwasserströmung	30
4.8	Einfluss der Baumaßnahme auf angrenzende Bebauungen / Gleisanlagen	31
4.9	Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen in bodenmechanischer Hinsicht	31
4.10	Bautechnische Hinweise Gründung Eisenbahnüberführung	32
5	Homogenbereiche nach VOB-C	33
6	Abfalltechnische Beurteilung	34
6.1	Durchgeführte Untersuchungen	34
6.2	Untersuchungsergebnisse und Bewertung	34
6.3	Verwertung / Beseitigung	37
7	Zusammenfassung / Schlussbemerkungen	38

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Abkürzungsverzeichnis	1 Blatt
Anlage 2	Lageplan	1 Blatt
Anlage 3	Baugrundsichtung, -profile	2 Blatt
Anlage 4	Bodenmechanische Laborversuche	26 Blatt
Anlage 5	Fundament-Setzungsberechnung	1 Blatt
Anlage 6	Ergebnisse Beton-/ Stahlaggressivität	13 Blatt
Anlage 7	Ergebnisse abfalltechnische Untersuchung	11 Blatt
Anlage 8	Fotodokumentation	4 Blatt
Anlage 9	Zusammenstellung Homogenbereiche	10 Blatt
Anlage 10	Auswertung Pumpversuch	4 Blatt

1 Einleitung

1.1 **Unterlagen**

Neben den gegenwärtig gültigen Normen und Vorschriften des Erd- und Grundbaus kamen bei der Erstellung dieses Umwelt- und Geotechnischen Berichtes insbesondere nachstehende Unterlagen zur Anwendung:

- /U 1/ Leistungsvereinbarung mit der DB Netz AG, Regionalbereich Südwest, vom 12.01.2016 auf der Grundlage des Angebotes ID45931 vom 03.12.2015
- /U 2/ Leistungsvereinbarung mit der DB Netz AG, Regionalbereich Südwest, vom 18.03.2016 auf der Grundlage des Nachtragsangebotes (Ergänzung Hydrologie) zum Angebot ID45931 vom 29.02.2016
- /U 3/ Ivl-Lageplan 4020 CA, Mannheim -Rastatt, Maßstab 1:1000, DB Netz AG, März 2015
- /U 4/ Bauwerksdaten, Unterführung des Saalbachkanals in km 38,887 der Strecke Mannheim - Wintersdorf im Bahnhof Graben-Neudorf, Grundriss und Querprofile, Maßstäbe 1:100, 1:50, 1:20, Deutsche Reichsbahngesellschaft, Reichsbahndirektion Karlsruhe, Mai 1935
- /U 5/ Betriebliche Aufgabenstellung (BAst) für Eisenbahnüberführung (EÜ): Erneuerung EÜ Saalbachkanal Graben-Neudorf, km 38,887, G.016263814, DB Netz AG, März 2015
- /U 6/ Vorabzug Bauwerkspläne Variante 1 (Rahmen, Plan-Nr. 8.1.1, 8.1.2), Variante 2 (Halbrahmen mit Bohrpfählen, Plan-Nr. 8.2.1, 8.2.2) & Variante 5 (Trogbücke, Plan-Nr. 8.5.1, 8.5.2), Vorplanung, DB E & C GmbH Karlsruhe, September/Okttober 2016
- /U 7/ Schichtenverzeichnisse und Rammprotokolle der Fa. Bodenmechanisches Labor Gumm, Laufersweiler, Juni/Juli 2016
- /U 8/ Schichtenverzeichnisse (Grossbohrungen) der Fa. Hettmannsperger Bohrgesellschaft mbH, Ötigheim, Juli 2016
- /U 9/ Bodenmechanische Laborergebnisse der DB International GmbH, Berlin, Juli 2016
- /U 10/ Ergebnisse der chemischen Analysen der Fa. Synlab Umweltinstitut GmbH, Stuttgart, Juli/August 2016
- /U 11/ Geologische Karte von Baden-Württemberg, Blatt 6816 Graben-Neudorf, Maßstab 1:25.000, Geologisches Landesamt und Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Stuttgart, 1986
- /U 12/ Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung im Raum Karlsruhe-Speyer, Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg, Ministerium für Umwelt und Gesundheit Rheinland-Pfalz, Stuttgart - Mainz 1988
- /U 13/ Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg 1:350.000, Innenministerium Baden-Württemberg, Landesvermessungsamt Baden-Württemberg 2005

- /U 14/ Ril 804 Eisenbahnbrücken (und sonstige Ingenieurbauwerke) planen, bauen und instand halten, Aktual. 01 vom 01.08.2015
- /U 15/ Ril 836 Erdbauwerke (und sonstige geotechnische Bauwerke) planen, bauen und instand halten, Aktual. 04 vom 01.12.2014
- /U 16/ Ril 880.4010 Bautechnik, Leit-, Signal- und Telekommunikationstechnik; Verwertung von Altschotter, 01.02.2003
- /U 17/ EA-Baugrube; Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Verlag Ernst & Sohn, 5. Auflage, Berlin 2012
- /U 18/ EA-Pfähle; Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Verlag Ernst und Sohn, 2. Auflage, Berlin 2012
- /U 19/ DWA-A 138, Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, 04/2005
- /U 20/ ZTV E-StB Ausgabe 2009; Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau 4. Auflage, Bonn, Dezember 2011
- /U 21/ VOB-Ergänzungsband, Stand 2015: VOB: Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen; Im Auftrag des Deutschen Vergabe- und Vertragsausschusses für Bauleistungen herausgegeben von DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Ausgabe 2012
- /U 22/ Karte der Frosteinwirkungszone der Bundesanstalt für Straßenwesen, Onlineportal, http://www.bast.de/DE/Strassenbau/Publikationen/Regelwerke/S2-Karte-Frostwirkungszone.pdf?__blob=publicationFile&v=1
- /U 23/ Daten- und Kartendienst der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Onlinedienst, URL: <http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/index.xhtml>, Stand 11.10.2016
- /U 24/ Programm „GGU-Footing“, Berechnung von Fundamenten nach DIN 4017, DIN 4019, DIN 1054 und EC 7, Version 8.24, 11.12.2015, Copyright + Verfasser: Prof. Dr.-Ing. Johann Buss
- /U 25/ Beckhaus, K.; Thuro. K, Abrasivität in der Großbohrtechnik -Versuchstechnik und praktische Erfahrungen. -DGGT, Vorträge der 30. Baugrundtagung in Dortmund, 2010
- /U 26/ Verwaltungsvorschrift (VwV) des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial, Ministerium für Umwelt und Verkehr, Baden-Württemberg 14.03.2007
- /U 27/ Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) vom 27.04.2009 und Änderung der Deponieverordnung vom 15. April 2013, Bundesjustizministerium

/U 28/ Handlungshilfe für die Verwertung von Gleisschotter in Baden-Württemberg, Tabelle 1,
Stand März 2008

/U 29/ Verordnung über das Europ. Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung - AVV)

1.2 Vorgang / Aufgabenstellung

Die DB Netz AG, Regionalbereich Südwest, plant die Erneuerung der bestehenden Eisenbahnüberführung (EÜ) auf der Strecke 4020 Mannheim - Rastatt am Streckenkilometer km 338,887, ca. 800 m nördlich des Bahnhofs Graben-Neudorf.

Die DB Engineering & Consulting GmbH, Umwelt, Geotechnik & Geodäsie (UGG), wurde von der DB Netz AG, Karlsruhe, auf Grundlage des Angebotes vom 03.12.2015 /U 1/ mit der Erkundung und geotechnischen Bewertung des Baugrundes für den Ersatzneubau der EÜ beauftragt. Die Beauftragung wurde auf Grundlage unserer Angebotsergänzung vom 29.02.2016 um den Ausbau einer Bohrung zu einer Grundwassermessstelle, die Durchführung eines Pumpversuchs zur Ermittlung der hydraulischen Durchlässigkeit sowie die kontinuierliche Erfassung des Grundwasserstandes mittels Datenlogger über 1 Jahr erweitert.

Mit dem vorliegenden Geotechnischen Bericht werden die Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen dargestellt, ein Baugrundmodell mit charakteristischen Bodenkennwerten entwickelt, Empfehlungen für die Gründung ausgesprochen und eine orientierende Einteilung der erkundeten Bodenschichten in Homogenbereiche nach DIN 18300, DIN 18301 und DIN 18304 durchgeführt.

Weiterhin enthält dieser Bericht eine orientierende abfalltechnische Deklaration der ggf. anfallenden Aushubmassen Boden/Schotter und eine Zusammenfassung der Ergebnisse.

Hinweis: Es wird ein geotechnischer Untersuchungsbericht nach EC7-2 inkl. der Festlegung der charakteristischen Werte und einer Gründungsempfehlung (dies entspricht einem Geotechnischen Bericht nach DIN 4020 und DIN EN 1997-2) erstellt. Ein geotechnischer Entwurfsbericht nach EC7-1 Abs. 2.8 (der u. A. die genauen Angaben zur Überwachung und Messung enthält) kann erst in einer späteren Leistungsphase erstellt werden, wenn die Planungen für das Bauwerk mit all seinen Bau-zuständen, etc. detailliert festgelegt sind.

1.3 Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen

Im Rahmen der Aufschlussarbeiten wurden zur Erkundung des Baugrunds insgesamt 4 Kleinrammbohrungen (KRB), 6 schwere Rammsondierungen (DPH) sowie 2 gewerbliche Bohrungen (B) mit je zwei Bohrlochrammsondierungen (SPT) abgeteuft. Diese wurden jeweils bahnlinks (KRB/DPH 3, KRB/DPH 4), bahnrechts (B/DPH 1, B/DPH 2) sowie in Gleisachse der

Gleise 1 und 4 (KRB/DPH 5, KRB/DPH 6) durchgeführt. Die Zielteufen lagen hier bei 15 m (KRB und DPH) bzw. 20 m (B).

Die Bohransatzpunkte der Aufschlüsse neben den Gleisen wurden jeweils vorgeschachtet. Für die Aufschlüsse in Gleisachse (KRB/DPH 5 und 6) wurden zuvor Schotterschürfe (2x KRB und 2x DPH, auch im Hinblick auf die Abfallanalytik) durchgeführt. Weitere Schotterschürfe (S) in Gleisachse waren aufgrund der hohen Zugdichte nicht möglich.

Zudem wurden alle Bohransatzpunkte aufgrund der Lage in bzw. nahe von bombardierten Bereichen jeweils mittels Georadar auf mögliche Kampfmittel freigemessen.

Des Weiteren wurde die gewerbliche Bohrung B 2 zu einer 5“ Grundwassermessstelle (GWM) ausgebaut und mit einem Datenlogger zur kontinuierlichen Erfassung des Grundwasserstandes ausgestattet. In der Grundwassermessstelle wurde zudem am 17.08.2016 ein Pumpversuch zur Ermittlung der Durchlässigkeit der anstehenden Böden durchgeführt.

Die gewerblichen Bohrungen sowie der GWM Ausbau wurden durch die Fa. Hettmannsperger Bohrgesellschaft mbH, Ötigheim, vom 04.07. - 07.07.2016 durchgeführt.

Die Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen wurden durch die Fa. Gumm, Lauferweiler, vom 02.06. - 03.06.2016 sowie die Aufschlüsse in Gleisachse (KRB/DPH 5 und 6) am 05.07. und 06.07.2016 in Nachtschicht ausgeführt.

Alle Ansatzpunkte der Aufschlüsse wurden mit Bezug auf Schienenoberkante (SO), Gleisachse (GA) und Streckenkilometer des jeweils nächstgelegenen Streckengleises der Strecke 4020 höhen- und lagemäßig eingemessen. Der entsprechende Lageplan befindet sich in Anlage 2.

Die Aufschlüsse sind detailliert in der folgenden Tabelle 1 dargestellt:

Tabelle 1: Lage der Aufschlüsse

Aufschluss	Strecken- km	Lage zum Gleis [m zu GA]	Ansatzpunkt [m zu SO]	Ansatzpunkt [m NN]	Endtiefe [m unter AP]	Endtiefe [m unter SO]
B 1 DPH 1	38,875	11,0 m br Gl. 9 7,5 m br Gl. 9	-0,17	109,08	20,0 14,8	20,17 14,97
B/GWM 2 DPH 2	38,900	10,0 m br Gl.9 8,0 m br Gl. 9	-0,15	109,10	20,3 15,0	20,45 15,15
KRB/DPH 3	38,871	7,0 m bl Gl. 4	-0,31	108,86	15,0	15,31
KRB/DPH 4	38,902	9,0 m bl Gl. 4	-0,32	108,85	15,0	15,32
S/KRB/DPH 5	38,865	GA Gl. 4	-0,17	109,00	15,0	15,17
S/KRB/DPH 6	38,908	GA Gl. 1	-0,21	109,04	15,0	15,21

GA: Gleisachse; B: gewerbliche Bohrung; KRB: Kleinrammbohrung; DPH: schwere Rammsondierung; S: Schotterschurf; bl: bahnlinks, br: bahnrechts

Die Baugrundprofile sind bezogen auf m NN in der Anlage 3 aufgetragen. Die Schienenoberkante SO wurde nach Einmessung mit dem GPS mit 109,25 m NN (Gleis 1) bzw. 109,17 m NN (Gleis 4) zu Grunde gelegt.

Die Entnahme von gestörten Bodenproben erfolgte je lfd. Meter bzw. bei Schichtwechsel. Insgesamt wurden aus den abgeteuften Aufschlüssen 102 gestörte Bodenproben sowie eine Wasserprobe (Schöpfprobe) entnommen.

Die einzelnen, auf Bohrmeisterangaben beruhenden, handschriftlichen Schichtenverzeichnisse können bei Bedarf im Archiv der DB Engineering & Consulting GmbH, UGG eingesehen werden.

Alle entnommenen, gestörten Bodenproben wurden durch den Bearbeiter handspezifiziert. Zur Ermittlung von Bodenkennwerten und zur genaueren Einteilung der Bodenarten in Bodengruppen nach DIN 18196 und Homogenbereichen nach VOB C sind ausgewählte Bodenproben bodenphysikalischen Untersuchungen unterzogen worden. Im Einzelnen wurden ausgeführt:

- 12 x Nasssiebung nach DIN 18123

Die Ergebnisse der bodenphysikalischen Laborversuche /U 9/ sind in Anlage 4 zusammengestellt.

2 Beschreibung der Untersuchungsergebnisse

2.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse

Die untersuchte Eisenbahnüberführung (EÜ) liegt am Strecken-km 38,887 der Strecke 4020 Mannheim - Rastatt, ca. 750 m nördlich des Bahnhofs Graben-Neudorf und dient der Überführung des Saalbachkanals. Auf der zu erneuernden Brücke verlaufen insgesamt fünf Gleise der Strecken 4020 (Gleis 2), 4082 (Gleis 1) und 4132 (Gleise 3 und 4) sowie ein Überhol/Abstellgleis (Gleis 9), welche hier in Nord-Süd Richtung verlaufen. Die Strecken sind im untersuchten Abschnitt elektrifiziert.

Westlich an die Eisenbahnüberführung schließt die Überführung der Herderstraße über den Saalbachkanal an. Dieses Bauwerk ist nicht Bestandteil der Erkundungsmaßnahme. Im direkten Anschluss (ca. 30 m westlich von Gleis 9) an die Radweg-Überführung befindet sich zudem das Prestelwehr, an welchem der Übergang zwischen Hochgestade und Rheinniederungen stattfindet und der Saalbachkanal ca. 7 m abfällt.

Die Gleisanlagen verlaufen im Untersuchungsbereich im Wesentlichen in Geländegleichlage. Richtung Westen, ab dem Prestelwehr fällt das Gelände einige Meter ab.

Die EÜ wurde im Jahr 1935 als Stahlträgerkonstruktion bzw. Walzträger in Beton errichtet und wird gemäß Bauwerksdaten /U 4/ unter der Bauwerksnummer 4020*38,887*1636 geführt. Das Bestandsbauwerk hat gemäß /U 5/ eine maximale Stützweite von 16,40 m sowie eine Breite von 23,80 m und eine Länge von 19,0 m. Die Sohle des Saalbachkanals liegt gemäß /U 4/ bei ca. 102,3 m NN und damit ca. 7,0 m u. SO. Die Bestandsbrücke ist flach bei ca. 100,162 m NN gegründet.

2.2 Geologische Situation

Entsprechend der geologischen Karte /U 11/ liegt Graben-Neudorf inmitten der Rheinebene, ca. 8 km östlich des Rheins. Die untersuchte EÜ Saalbachkanal liegt hierbei auf dem Hochgestade am Übergang zu den Rheinniederungen. Am Rande des Hochgestades werden gemäß /U 11/ stets Wechsellagerungen von quartärem Sand und Kies (Rheinsand, Rheinkies) angetroffen. Größere Geschiebe und Gesteinsblöcke sind innerhalb dieser Wechsellagerungen nicht zu erwarten. Auf dem Hochgestade können zudem durch den Wind umgelagerte Flugsande angetroffen werden. Den deutlich tieferen Untergrund bilden die tertiären Bruchschollen des Oberrheingrabens.

Durch den Bau der Bahnanlagen sind des Weiteren oberflächennah verschiedenartige Auffüllungen mit wechselnder Mächtigkeit zu erwarten. Durch den Einbau von zumeist lokal

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

2.3 Baugrundverhältnisse - Schichtenaufbau und Kennwerte

Auffüllungen

Oberflächlich wurden am Ansatzpunkt von B 1, B2 und KRB 3 humose Oberböden [OU] in Mächtigkeiten von 0,10 - 0,20 m angetroffen. Bei KRB 4, im Bereich ehemaliger Gleise, sowie bei KRB 5 und 6 in Gleisachse wurde oberflächlich zunächst Gleisschotter angetroffen. Dieser reicht bei KRB 4 bis 0,15 m u. AP, ist durchwurzelt und Feinanteilen vermengt und wird unterlagert von einem ca. 0,5 m mächtigen humosen Oberboden [OH]. Bei KRB 5 und 6 wurde der Gleisschotter in Mächtigkeiten von 0,62 m (KRB 6) bzw. 1,00 m (KRB 5) erkundet.

Unterhalb dieser oberflächlichen Auffüllungen folgen sandig / kiesige Auffüllungen im Hinterfüllbereich der EÜ. Diese sind den Bodengruppen [SW, GW, GW/SW, SW/GW, SE/SW, SI/SW, GI] zuzuordnen und weisen nur vereinzelt etwas erhöhte Feinanteile [SW/SU, SU] auf. Bei B1 und B2 wurden die Auffüllungen überwiegend in lockerer Lagerung angetroffen, bei KRB 3 bis 6 in lockerer bis mitteldichter Lagerung.

Die Mächtigkeit der Auffüllungen liegt insgesamt bei ca. 6,8 - 8,0 m, die Unterkante liegt dabei zwischen ca. 100,9 und 102,2 m NN.

Anstehende Böden

Unterhalb der Auffüllungen folgen bis zu den jeweiligen Endteufen bei 15 m bzw. 20,3 m u. AP (\cong ca. 93,9 bzw. 88,8 m NN) die Rheinsande und Rheinkiese des Hochgestades in mitteldichter bis dichter Lagerung. Diese wurden in den Bodengruppen SW/GW zusammengefasst. Da der Anteil der Sand- bzw. Kiesfraktion kleinräumig, zumeist auch linsenförmig variieren kann, wurde eine detailliertere Unterteilung in einzelne Sand-/Kiesschichten als geotechnisch nicht sinnvoll erachtet. Es wurden dennoch einzelne Schichten bodenmechanisch untersucht, um eine bessere Spannbreite für die Bodenkennwerte festlegen zu können. Hierbei wurden untergeordnet enggestufte bis intermittierende sowie schwach schluffige Sande (SE, SI, SU) und intermittierende Kiese (GI) ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 bei den anstehenden Sanden und Kiesen mit angegeben. Gesteinsblöcke sind gemäß der Geologischen Karte /U 11/ innerhalb der Rheinsande und Rheinkiese des Hochgestades nicht zu erwarten.

Den erkundeten Böden lassen sich die in der folgenden Tabelle aufgeführten Kennwerte (Laboruntersuchungen an ausgewählten, repräsentativen Einzelproben sowie Kennwerte aufgrund regionaler Erfahrungswerte) zuordnen.

Tabelle 2: Bodenkennwerte und Zuordnungen

Geologische Bezeichnung	Auffüllung			Anstehendes
	Oberboden	Gleis-schotter	grob- und gemischtkörnig	Rheinsande / Rheinkiese
Bodengruppe nach DIN 18196	[OU], [OH]	[]	[SW], [GW], [GW/SW], [SW/GW], [SE/SW], [SI/SW], [GI], [SW/SU], [SU]	SW/GW untergeordnet: (SE, SI, SU, GI)
Schicht-Nr. entsprechend Baugrundmodell	0.0	0.1	1.1 a/b	2
Kornanteil $d \leq 0,063$ mm [%]	k.E.	<5	2,1 - 4,6 [SE], 1,8 [SI], 5,1 [SU] 4,7 [GI] 0...10	1,1 - 3,1 (SE), 4,7 (SI) 5,0 (SU) 0,5 (GI) 0...10
Kornanteil $d > 2$ mm [%]	k.E.	>90	15,9 - 36,4 [SE], 35,9 [SI], 21,9 [SU] 40,9 [GI] 10...90	14,5 - 32,6 (SE), 38,2 (SI) 21,3 (SU) 58,7 (GI) 10...90
Ungleichförmigkeitszahl U [-]	k.E.	k.E.	4,3 - 5,4 [SE], 6,3 [SI], 4,2 [SU] 13,1 [GI]	2,3 - 4,2 (SE), 12,1 (SI) 4,4 (SU) 29,4 (GI)
Massenanteil Steine/Blöcke/ gr. Blöcke nach DIN 14688-1 [%]	k.E.	<1	0...15 0...1 0...<1	0...15 0...1 0...<1
natürlicher Wassergehalt w_n [%]	25...60	k.E.	3...15	im Grundwasser
Plastizitätszahl I_p [%]	k.E.	--	--	--
Konsistenzzahl I_c [-]	k.E.	--	--	--
Konsistenz, handspezifiziert	k.E.	--	--	--
bez. Lagerungsdichte I_D [%] nach DIN EN ISO 14688-2	k.E.	k.E.	15 - 65 locker, mitteldicht	35 - 85 mitteldicht - dicht
Feuchtdichte nach Erfahrungswerten [t/m ³]	1,6...1,8	1,7...1,9	1,5...2,0	1,6 - 2,1
Kohäsion nach DIN 18137 [kN/m ²]	k.E.	--	--	--
Undränierete Scherfestigkeit [kN/m ²]	k.E.	--	--	--
Glühverlust V_{gl} [%] nach DIN 18128	5...10	< 5	< 5	< 5
Abrasivität CAI nach /U 25/	schwach abrasiv	abrasiv	1,0 - 4,0 abrasiv bis stark abrasiv	1,0 - 6,0 abrasiv bis extrem abrasiv
Durchlässigkeitswert nach Beyer k_f [m/s]	k.E.	k.E.	8,5 - 1,9 x 10 ⁻⁴ [SE] 4,4 x 10 ⁻⁴ [SI] 2,4 x 10 ⁻⁴ [SU] 1,9 x 10 ⁻⁴ [GI]	2,8 - 2,2 x 10 ⁻⁴ (SE) 1,3 x 10 ⁻⁴ (SI) 1,7 x 10 ⁻⁴ (SU) 2,8 x 10 ⁻⁴ (GI)
Durchlässigkeitswert nach Pumpversuch GW k_f [m/s]	k.E.	k.E.	k.E.	6,5 x 10 ⁻⁴ 1,4 x 10 ⁻³ Ø 1,0 x 10 ⁻³
Erfahrungswerte Durchlässigkeit k_f [m/s]	10 ⁻⁴ ... 10 ⁻⁷	10 ⁻² ...10 ⁻⁴	10 ⁻³ ...10 ⁻⁵	10 ⁻³ ...10 ⁻⁵
Durchlässigkeit nach DIN 18130	durchlässig bis sehr schwach durchlässig	stark durchlässig bis durchlässig	stark durchlässig bis durchlässig	stark durchlässig bis durchlässig
Frostempfindlichkeit ZTVE-StB 09	F3	F1	F1-F2	F1

k.E.: keine Ergebnisse aus aktuellen Laborversuchen; **Fett:** Ergebnisse aus Laborversuchen; nicht fett: Spannweite nach Erfahrungswerten; *: beim Auftreten von Steinen, Blöcken

2.4 Hydrologische Verhältnisse

Die Aufschlussarbeiten wurden in den Zeiträumen vom 02.06. - 03.06.2016 sowie vom 04.07. - 07.07.2016 ausgeführt. Die Auffüllungen waren zum Zeitpunkt der Erkundungen zum Großteil in erdfeuchtem bis feuchtem Zustand. Am Übergang der Auffüllungen zu den anstehenden Böden wurde Grundwasser in Form von nassem Bohrgut angetroffen bzw. nach Bohrende mittels Lichtlot eingemessen. In der folgenden Tabelle sind die Tiefen angegeben, ab welchen nasses Bohrgut gefördert bzw. der Grundwasserstand direkt eingemessen wurde.

Tabelle 3: erbohrte Wasserstände

Aufschluss-Nr./ Bezeichnung	Wasserstand [m u. AP]	Wasserstand [m u. SO]	Wasserstand [m NN]	Datum der Messung
B 1	7,50 ²	7,67 ²	101,58	07.07.2016
B 2	7,05 ²	7,20 ²	102,05	05.07.2016
KRB 3	7,00	7,31	101,86	03.06.2016
KRB 4	7,00	7,32	101,85	02.06.2016
KRB 5	6,80	6,97	102,20	05.07.2016
KRB 6	6,80	7,01	102,24	06.07.2016

¹: angebohrt; ²: eingespiegelt

Diese Angaben decken sich auch mit den Angaben der hydrogeologischen Kartierung /U 12/, in welcher anhand von Grundwassermessungen im Oktober 1978 und im September 1982 Grundwasserhöhengleichen für den Raum Karlsruhe - Speyer erstellt wurden. Hieraus lassen sich für den Bereich der EÜ Saalbachkanal Grundwasserstände von 101,8 m NN bzw. 101,5 m NN ermitteln.

Die EÜ liegt entsprechend der von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) veröffentlichten Daten /U 23/ außerhalb festgesetzter Wasserschutzgebiete. Ab der angrenzenden Radweg-Überführung (am Prestelwehr) in westliche Richtung schließt sich allerdings ein festgesetztes Wasserschutzgebiet (ZV Bodensee WV-Gemeinde Dettenheim, Linkenheim-Hochstetten, WSG-Nr.-Amt: 215045) der Zone IIIB an.

Gemäß den Angaben der LUBW /U 23/ ist bei einem 100-jährigen Hochwasserereignis (HQ₁₀₀) mit einer Überflutungstiefe von 0,1 m und einem Wasserspiegel bei 107,5 m NN zu rechnen. Die EÜ wäre in diesem Falle eingestaut. Weitere Daten zu Grundwasserständen sind beim LUBW nicht abrufbar. Im Nahbereich der EÜ auf dem Hochgestade befinden sich keine öffentlich beim LUBW /U 22/ abrufbaren Grundwassermessstellen. Wir empfehlen daher den **Bemessungswasserstand** basierend auf dem HQ₁₀₀ (inklusive Sicherheitszuschlag von 0,5 m) mit **108,0 m NN** anzusetzen.

Die Bohrung B2 wurde zu einer 5“ Grundwassermessstelle ausgebaut. Hiermit soll zum einen der Grundwasserstand über die Dauer von einem Jahr mittels Datenlogger im Stundentakt kontinuierlich gemessen werden, zum anderen sollte der Durchlässigkeitsbeiwert k_f anhand

eines Pumpversuchs vor Ort ermittelt werden. Die Installation des Datenloggers sowie der Beginn der Messungen erfolgten am 13.07.2016. Die erste Grundwasserstandsmessung ergab 101,96 m NN. Der höchste bisher durch den Datenlogger erfasste Grundwasserstand (letzte Auslesung am 10.11.2016) lag bei 102,02 m NN.

Als **Bemessungswasserstand für den Bauzustand** empfehlen wir zunächst vorläufig den höchsten seit Beginn unserer Erkundungen gemessenen Grundwasserstand (bei KRB 6) inklusive Sicherheitszuschlag (0,5 m) mit **102,7 m NN** anzusetzen. Diese Angabe ist nach der Auswertung der Aufzeichnungen des Datenloggers nach einem Jahr ggfs. anzupassen.

Mit den durchgeführten Laborversuchen (Kornverteilungskurven) sowie nach regionaler Erfahrung sind die sandig / kiesigen Auffüllungen sowie die Rheinsande und Rheinkiese mit Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f = 10^{-3} \dots 10^{-5}$ m/s als stark durchlässig bis durchlässig zu bewerten. Am 16.08. / 17.08.2016 wurde zudem ein Pumpversuch an der GWM/B2 durchgeführt. Hierbei wurde mit einer durchschnittlichen Pumprate von ca. 3,2 l/s über die Dauer von 7 h 40 min eine Grundwasserabsenkung von maximal 0,44 m herbeigeführt und nach Abstellen der Förderpumpe der Wiederanstieg gemessen. Aus den Messwerten lässt sich mit einer Auswertung nach Neuman ein durchschnittlicher Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 3,5 \times 10^{-4}$ m/s ermitteln. Dieser Wert deckt sich auch mit den o. g. Erfahrungswerten. Das aus der GWM abgepumpte Grundwasser wurde in den Saalbachkanal eingeleitet. Hierfür wurde beim Landratsamt Karlsruhe (Amt für Umwelt und Arbeitsschutz) eine Einleitgenehmigung erwirkt. Die detaillierte Auswertung des Pumpversuchs findet sich in Anlage 10.

2.5 Erdbebenzone

Nach der DIN EN 1998-1/NA:2011-01 und der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg M 1:350.000 (Ausgabe 2005) /U 13/ befindet sich die EÜ Saalbachkanal innerhalb der Erdbebenzone 1 sowie der Untergrundklasse S.

Dies bedeutet gemäß Tabelle NA.3 der DIN EN 1998-1/NA:2011-01, dass mit einer Wahrscheinlichkeit des Auftretens bzw. Überschreitens von 10% innerhalb von 50 Jahren mit Erdbeben der Intensität $6,5 \leq I < 7,0$ zu rechnen ist und ein Bemessungswert der Bodenbeschleunigung a_g von 0,4 m/s² berücksichtigt werden muss. Die Untergrund-/Baugrundklassenkombination ist C-S.

2.6 Beton- und Stahlaggressivität des Bodens und des Wassers

Für Planungszwecke wurde zur Bewertung der Beton- /Stahlaggressivität der Böden und des angetroffenen Grundwassers im Bereich der EÜ eine Mischprobe Boden (MP Boden Beton/Stahl) unter Verwendung des Bodenmaterials aus den durchgeführten

Aufschlussbohrungen (B1, B2, KRB 3 - 6) sowie eine Mischprobe Wasser (GW-Probe) unter Verwendung von Schöpfproben aus der zur Grundwassermessstelle ausgebauten Bohrung B 2 hergestellt. Die Proben wurden durch das nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierte Labor Synlab Umweltinstitut GmbH, Niederlassung Stuttgart, auf beton- und stahlangreifende Inhaltsstoffe untersucht.

2.6.1 Boden

Betonaggressivität

Die gemessenen Konzentrationen der untersuchten Parameter der Bodenmischprobe liegen unterhalb der Zuordnungskriterien der Expositionsklasse XA1. Die untersuchte Bodenmischprobe MP Boden ist daher nach DIN 4030 als **nicht betonangreifend** einzustufen.

Stahlaggressivität

Im Folgenden sind die ausgewerteten Ergebnisse hinsichtlich der Stahlaggressivität dargestellt. Gemäß DIN 50929 sind neben den chemischen Analyseergebnissen für die Bewertung der Stahlaggressivität der Böden folgende vor Ort Parameter zu beachten: spezifischer Bodenwiderstand, Lage des Objektes zum Grundwasser sowie die horizontale und vertikale Homogenität der Böden. Der spezifische Bodenwiderstand sowie die horizontale und vertikale Homogenität der Böden können anhand der Bohrprofile (Anlage 3) und unter Verwendung der DIN 50929 Teil 3 bestimmt werden.

Die Untersuchung der Bodenmischprobe MP Boden auf Korrosionswahrscheinlichkeit unlegierter und niedriglegierter Eisenwerkstoffe ergab die in der folgenden Tabelle 4 dargestellten Ergebnisse.

Tabelle 4: Stahlaggressivität des Bodens nach DIN 50929

Bezeichnung Mischprobe	Herkunft	Bodenaggressivität	Mulden- und Lochkorrosion	Flächenkorrosion
MP Boden	B1, B2, KRB 3 - KRB 6	I a praktisch nicht aggressiv	sehr gering	sehr gering

Die Analyseergebnisse und Auswertungen der chemischen Untersuchungen bezüglich Beton-/Stahlaggressivität der Böden sind im Detail in der Anlage 6 dargestellt.

2.6.2 Wasser

Betonaggressivität

Die gemessenen Konzentrationen der untersuchten Parameter der GW-Probe liegen unterhalb der Zuordnungskriterien der Expositionsklasse XA1. Nach DIN 4030-2 ist das Wasser daher als **nicht betonangreifend** einzustufen.

Stahlaggressivität

Nach DIN 50929 Teil 3 ist die Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten und niedriglegierten Stählen im Unterwasserbereich **sehr gering** bezüglich der Mulden- und Lochkorrosion sowie **sehr gering** bezüglich der Flächenkorrosion. Die Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten und niedriglegierten Stählen an der Wasser/Luft-Grenze ist **sehr gering** bezüglich der Mulden- und Lochkorrosion sowie **sehr gering** bezüglich der Flächenkorrosion.

Die Analyseergebnisse und Auswertungen der chemischen Untersuchungen bezüglich Beton-/Stahlaggressivität des Grundwassers sind im Detail in der Anlage 6 dargestellt.

3 Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse

3.1 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. Die angetroffenen Böden können als Schichten mit jeweils annähernd gleichen bodenphysikalischen und bodenmechanischen Eigenschaften zusammengefasst werden.

Schicht 1	Auffüllungen
Schicht 0.0	Oberboden, schluffig, sandig Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ [OU], [OH]
Schicht 0.1	Gleisschotter
Schicht 1.1	eng- bis weitgestufte Kiese und Sande, teilweise intermittierend / schwach schluffig - Schicht 1.1a: locker - Schicht 1.1b: mitteldicht Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ [SW], [GW], [GW/SW], [SW/GW], [SE/SW], [SI/SW], [GI], [SW/SU], [SU], [SW/SU], [SU]

Schicht 2	Anstehende Böden
	Rheinsande / Rheinkiese, weitgestuft (untergeordnet: enggestuft bis intermittierend, schwach schluffig) - Schicht 2.1: mitteldicht - Schicht 2.2: dicht Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ SW/GW (untergeordnet: SE, SI, SU, GI)

3.2 Bodenrechenwerte

Den angetroffenen Bodenschichten können für erdstatische Berechnungen die in Tabelle 5 dargestellten Kenngrößen und Bodenrechenwerte gemäß Erfahrungswerten zugeordnet werden. Da die teilweise angetroffenen Oberböden und Schotterlagen für die Baumaßnahme ausgehoben werden müssen bzw. für die Gründung nicht weiter relevant sind, werden sie im weiteren Verlauf des Gutachtens nicht weiter berücksichtigt.

Tabelle 5: Bodenrechenwerte

Schicht	Bodengruppe DIN 18196	LD	cal γ_k [kN/m ³]	cal γ'_k [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	$E_{s,k}$ ¹⁾ [MN/m ²]
Auffüllungen							
1.1a	[SW], [GW], [GW/SW], [SW/GW], [SE/SW],	lo	16,0	8,5	30,0	0	12
1.1b	[SI/SW], [GI], [SW/SU], [SU], [SW/SU], [SU]	md	17,5	10,5	35,0	0	30
anstehende Rheinsande / Rheinkiese							
2.1	SW/GW (untergeordnet: SE, SI, SU, GI)	md	18,0	11,0	35,0	0	50
2.2		d	19,0	11,5	37,5	0	80

LD = Lagerungsdichte; lo = locker, md = mitteldicht, d = dicht

¹⁾ **Hinweis:** Der Steifemodul $E_{s,k}$ ist spannungsabhängig und nimmt mit der Höhe der Überdeckung zu. Die Angaben für den Steifemodul $E_{s,100}$ gelten bei einer Spannung $\sigma = 100$ kN/m² bei Lockersedimenten, die Ermittlung des spannungsabhängigen Steifemoduls $E_{s,k}$ ergibt sich nach der Gleichung:

$$E_S = E_{S,100kN/m^2} \left(\frac{\sigma}{100kN/m^2} \right)^w, \text{ wobei } w \text{ ein Parameter ist und } \sigma \text{ die betrachtete Spannung.}$$

Der Parameter w ist in Abhängigkeit der Bodenart zu wählen:

Organische Böden $w=0,85-1,0$; Tone $w=0,85-1,0$; Schluffe $w=0,80-0,95$; Sand/Kies $w=0,55-0,70$

3.3 Einschätzung Ramm-, Rüttel- und Pressfähigkeit der Baugrundschichten

Eine Einschätzung der Böden hinsichtlich ihrer Einbringbarkeit von Bauteilen (z.B. nach DIN-Norm) gibt es nicht. Nach DIN 18304 ist Boden zur Beurteilung für das Einbringen von Bauelementen mittels rammender, rüttelnder oder pressender Arbeitsweise in gerätespezifische Homogenbereiche einzuteilen.

Die dazu benötigten Indikatoren werden, sofern im Rahmen dieser Erkundungsphase bereits Angaben möglich sind, in den Tabellen im Kapitel 2.3 dieses Berichtes beschrieben und den jeweiligen Schichten des Baugrundmodells in Kapitel 3.1 zugeordnet. In Anlage 9 findet sich eine orientierende Einteilung der Baugrundschichtung in Homogenbereiche nach DIN 18304 für rammende und rüttelnde Arbeitsweise.

Die nachfolgende orientierende Einschätzung der Einbringbarkeit in der folgenden Tabelle basiert auf den ausgeführten Rammsondierungen DPH (Spitzenquerschnitt 15 cm², Spitzendurchmesser 43,7 mm, Masse des Rammhärens 50 kg, Fallhöhe 0,5 m) und Bohrlochrammsondierungen SPT (Spitzenquerschnitt 20 cm², Spitzendurchmesser 50,5 mm, Masse des Rammhärens 63,5 kg, Fallhöhe 0,76 m), den erkundeten Bodenarten, den Angaben der Bohrmeister, Lagerungsdichten und Erfahrungen.

Die vorgeschlagene Einschätzung ist im Zuge der Entwurfsplanung durch den Planer bzw. einen geotechnischen Sachverständigen an die vorgesehenen Arbeitsverfahren und Geräte anzupassen.

Tabelle 6: orientierende Einschätzung der Einbringbarkeit von Bauelementen in rammender, rüttelnder und pressender Arbeitsweise

Einbringbarkeit	Schicht-Nr. Baugrundmodell		
	Rammen	Rütteln	Pressen
leicht	1.1a	1.1a	1.1a
mittelschwer	1.1b, 2.1	1.1b, 2.1	1.1b, 2.1
schwer	2.2	2.2	2.2

Mit den durchgeführten Bohrungen wurden innerhalb der Auffüllungen und den anstehenden Böden vereinzelt Steine angetroffen, welche die Rammfähigkeit des Untergrundes verschlechtern können.

Blöcke / große Steine mit einem Durchmesser ≥ 30 cm wurden in den ausgeführten Aufschlüssen nicht erkundet, können aber in den Auffüllungen nicht generell ausgeschlossen werden. Gemäß der Geologischen Karte /U 11/ ist in den Rheinsanden und Rheinkiesen nicht mit Blöcken zu rechnen.

Die Baugrundsichtung kann grundsätzlich als rammfähig eingeschätzt werden.

Es ist ein fachgerechtes Rammen mit entsprechend geeigneter Technik, ausreichend bemessenen Bauteilen und Erfahrung erforderlich. Generell sollten beim Einbringen folgende Grundsätze beachtet werden:

- Zur Verringerung der dynamischen Anregungen sollten möglichst erschütterungsarme Verfahren angewendet werden.
- Die Bauteile sollten nach Möglichkeit in einem Zug bis zur Endtiefe eingebracht werden. Sofern ein Nachrammen vorgesehen ist, muss die Verweilzeit bis zum Rammen auf Endtiefe minimiert werden, um den „Festwachseffekt“ zu vermeiden.
- Es ist ein Rammgerät von ausreichender Größe zu verwenden. Beim Einsatz eines zu kleinen Gerätes besteht die Gefahr, dass kaum ein Rammfortschritt erzielt wird und die Rammenergie zum großen Teil in Schwingungsenergie umgesetzt wird, welche zu Setzungen des Bodens führen kann.
- Während des Einbringens sind benachbarte Gleisanlagen und Bebauungen ständig zu beobachten.

Sofern das Einbringen von Bauelementen mittels rammender, rüttelnder oder pressender Arbeitsweise vorgesehen ist, empfehlen wir, zur Auswahl der Technologie und Geräte eine Fachfirma einzuschalten und Probeeinbringungen vorzusehen. Die von uns vorgenommenen Einschätzungen schließen nicht die Erfahrungen von Baufirmen bei der Durchführung von Arbeiten mit ähnlichen Baugrundverhältnissen aus.

Grundsätzlich sind bei der Ausführung von Ramm- Rüttel-, Pressarbeiten die Regelungen der DIN 18304 zu beachten.

4 Geotechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen

4.1 Allgemein

Nach den Angaben der Betrieblichen Aufgabenstellung (Bast) /U 5/ wurde die EÜ Saalbachkanal in den Jahren 1935 bzw. 1972 als Stahlträgerkonstruktion bzw. Walzträger im Beton (WiB) gebaut. Die Stützweite beträgt 16,40 m, die lichte Weite 15,00 m. Auf der EÜ befinden sich insgesamt 5 in Betrieb befindliche Gleise. Im Bereich dieser Gleise soll die EÜ erneuert werden. Westlich der Gleisanlagen wurden zwei frühere Gleise bereits teilweise zurückgebaut, die zwei Überbauten über den Saalbachkanal sind allerdings noch vorhanden. Mit diesem Bericht wird somit nur eine Gründungsempfehlung für den o. g. zu erneuernden Bereich gegeben.

Gemäß BAst /U 5/ beträgt im untersuchten Abschnitt die zulässige Geschwindigkeit auf den Strecken 4020 und 4082 derzeit 200 km/h sowie 90 km/h auf der Strecke 4132. Bei dem Überhol-/Abstellgleis 9 gehen wir wie bei Strecke 4132 ebenfalls von einer zulässigen Geschwindigkeit von 90 km/h aus. Eine Änderung der zulässigen Geschwindigkeiten ist nach unserem Kenntnisstand nicht vorgesehen. Angaben zu zukünftigen Lasttonnen liegen uns nicht vor.

Aufgrund der erkundeten Baugrund- und Grundwasserverhältnisse sowie der Bauwerksart ist das Projekt in die Geotechnische Kategorie (GK) 2 nach Ril 836 /U 15/ und EC7 einzuordnen.

Die Widerlager der EÜ sind gemäß dem Bauwerksbuch /U 4/ in einer Tiefe von 100,16 m NN flach gegründet. Die Sohle des Saalbachkanals liegt bei ca. 102,00 m NN.

Nach den uns vorliegenden Informationen werden seitens der Planung derzeit 3 Varianten betrachtet. Variante 1 sieht die Flachgründung eines Halbrahmens auf den anstehenden Kiesen vor. Die Varianten 2 und 5 sehen jeweils die Tiefgründung der EÜ mittels Bohrpfählen (Halbrahmen bzw. Stahltrög auf Bohrpfählen) vor. Weitere Varianten werden derzeit nicht verfolgt.

Im Folgenden werden daher die entsprechenden Angaben zum einen für eine Flachgründung, zum anderen für eine Tiefgründung mittels Bohrpfählen gegeben.

4.2 Flachgründung

Bei einem vollständigen Rückbau der Bestandsfundamente ist eine Flachgründung gemäß Variante 1 der neuen EÜ in den anstehenden Rheinsanden / Rheinkiesen möglich.

Bei einer Flachgründung müssen die Fundamente von ihren Abmessungen her so beschaffen sein, dass die Grundbruchsicherheit nach DIN 4017 bzw. EC7 gewährleistet ist und keine bauwerkschädlichen Setzungen bzw. Setzungsunterschiede eintreten. Die EÜ liegt innerhalb der

Frosteinwirkungszone I. Zur Gewährleistung einer frostfreien Gründungstiefe ist die Flachgründung in einer Tiefe von mind. 0,8 m unter Geländeoberkante (GOK) auszuführen.

Zum Abtrag der Lasten aus dem Bauwerk sind nach unseren Erkundungen im Bereich der EÜ die ab ca. 100,9 - 102,2 m NN anstehenden Rheinsande / Rheinkiese in mitteldichter bis dichter Lagerung (Schichtpaket 2) geeignet. Eine Flachgründung ist somit bei einer geplanten Gründungstiefe von ca. 99,4 m NN (Angaben gemäß Vorabzug Bauwerksplan Variante 1) in diesen Böden möglich.

Angaben zum benötigten Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes $\sigma_{R,d}$ liegen für das Bauwerk nicht vor. Mit dem Programm GGU Footing /U 24/ wurde mittels überschlägiger Berechnung orientierend ein Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes $\sigma_{R,d}$ für die Grenzzustände GEO-2 (Grundbruch) und SLS (Gebrauchstauglichkeit) in der Bemessungssituation BS-P (Ständige Bemessungssituation) ermittelt. Für die Berechnung wurden folgende Annahmen getroffen:

- Fundamentlänge: 22,9 m entsprechend Vorabzug Bauwerksplan Variante 1
- Fundamentbreite Streifenfundament: 2,0...6,0 m
- Berechnungsprofile: B/DPH 2
- Gründungstiefe: 99,4 m NN
- Grundwasserstand ca. 108,0 m NN entsprechend Kapitel 2.4
- Vorbelastung 120 kN/m² (geschätzt; vorhandenes Bauwerk und erforderlicher Erdaushub)

Das Ergebnis der überschlägigen Berechnungen für Grundbruchwiderstand und Gebrauchstauglichkeit unter den o. g. Bedingungen ist in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 7: Ergebnisse Berechnung Grundbruchwiderstand und Gebrauchstauglichkeit

Aufschluss		B/DPH 2
Gründungstiefe		99,4 m NN
Schicht BG-Modell in Gründungstiefe		2.1
Bemessungssituation		BS-P
Gründungsart: Flachgründung		Streifenfundament
Fundamentmaße Länge a x Breite b [m]		22,9 x 5,5 (nach /U 6/)
Grundbruchwiderstand (GEO-2)	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	> 1.000
	$R_{n,d}$ [kN]	> 1.000
	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	> 1.000
Gebrauchstauglichkeit (SLS)	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²] bei s =1,0 cm	ca. 260

Die überschlägige Setzungsberechnung anhand des Bohrprofils B/DPH 2 zeigt auf, dass mit den angegebenen Bodenkennwerten und Fundamentabmessungen (ausgehend von einer

Länge des Streifenfundamentes von 22,9 m und einer Breite von 5,5 m) bei lotrecht mittiger Belastung ein maximaler Bemessungswert des Sohldruckwiderstandes von $\sigma_{R,d} = >1.000 \text{ kN/m}^2$ erreicht wird. Ausgehend von dieser Berechnung ist bei den angegebenen Bodenkennwerten und Fundamentabmessungen bei einer charakteristischen Last von $\sigma_{E,k} = 260 \text{ kN/m}^2$ mit Setzungen von $\leq 1,0 \text{ cm}$ zu rechnen.

Das Grundbruchkriterium wird bei diesen Lasten eingehalten. Die jeweiligen Berechnungen sind in der Anlage 5 dargestellt. Dort können auch die entsprechenden Setzungen für andere Fundamentbreiten sowie für höheren bzw. geringeren Lasten entnommen werden. Der überwiegende Teil der zu erwartenden Setzungen sollte in den anstehenden Sanden und Kiesen allerdings relativ schnell nach Herstellung und Auflast der Widerlager abgeklungen sein. Langzeitsetzungen sind in diesen grobkörnigen Böden nicht zu erwarten.

Eine mögliche Verschiebbahn / Herstelllage bei Gründung als Halbrahmenbauwerk könnte ebenfalls auf dem Schichtpaket 2 flach gegründet werden. Erkundungen hierfür wurden allerdings nicht durchgeführt.

Der Bemessungswasserstand liegt oberhalb der Gründungstiefe. Zur Ausbildung von Baugruben für eine Flachgründung sind somit Wasserhaltungs- und Verbaumaßnahmen erforderlich.

4.3 Tiefgründung

Die Varianten 2 und 5 beinhalten jeweils eine Tiefgründung mittels tangierenden Bohrpfählen und einer Stützweite von 18,0 m. Variante 2 sieht dabei als Überbau einen Halbrahmen vor, Variante 5 einen Stahltrog.

Eine Tiefgründung des neuen Bauwerkes ist im Bereich der bestehenden Widerlager nur möglich, wenn die Bestandsfundamente durchbohrt werden. Bei einem Durchbohren der Bestandswiderlager mit Pfählen sind diese so zu bemessen, dass eine Pfahlmantelreibung erst unterhalb des Bestandsbauwerks angesetzt wird und die Lastabtragung somit in den unterlagernden Sanden und Kiesen erfolgt. Über den Zustand des Bestandsfundamentes liegen keine Informationen vor. Es ist nicht auszuschließen, dass es sich um bewehrten Beton handeln kann. Dies ist bei der Wahl der Bohrtechnologie zu beachten.

Eine Tiefgründung über Fertig-Rammpfähle kann nur außerhalb der bestehenden Gründung erfolgen. Da keine Veränderung der Stützweite vorgesehen ist, wird diese Gründungsvariante nachfolgend nicht betrachtet.

Die Einbindung von Bohrpfählen muss nach EA-Pfähle /U 18/ mindestens 2,50 m in tragfähige Lockergesteinsschichten erfolgen. Gemäß EA-Pfähle gelten rollige Lockergesteinsböden mit einem Spitzenwiderstand der Drucksonde $q_c \geq 7,5 \text{ MN/m}^2$ und bindige Lockergesteinsböden mit

einer Scherfestigkeit des undrÄnierten Bodens $c_{u,k} \geq 0,1 \text{ MN/m}^2$ als ausreichend tragfÄhig und somit relevant fÄr den Ansatz eines Pfahlsitzenwiderstandes.

Diese Anforderungen werden von den im GrÄndungsbereich der EÜ Saalbachkanal anstehenden BÄden der Schichten 2.1 und 2.2 erfÄhlt.

4.3.1 TiefgrÄndung auf BohrpfÄhlen

Im Bereich der Bestandswiderlager kann nur fÄr die Tiefenbereiche unterhalb der durchbohrten Fundamente eine Mantelreibung und ein Spitzendruck angegeben werden.

FÄr die Ermittlung der zulÄssigen Belastung der BohrpfÄhle kann die EA-PfÄhle /U 18/ herangezogen werden. In der nachfolgenden Tabelle werden die zur Vorbemessung erforderlichen BohrpfÄhlkennwerte fÄr die grÄndungsrelevanten Schichten in Anlehnung an die EA-PfÄhle angegeben. Diese basieren auf den Ergebnissen der ausgefÄhrten Rammsondierungen DPH (Schlagzahlen N_{10}) und Bohrlochrammsondierungen SPT (Schlagzahlen N_{30}), welche mit dem mittleren Spitzendruck q_c der Drucksonde (CPT) korreliert wurden, da die in der EA-PfÄhle vergebenen Erfahrungswerte fÄr Pfahlsitzenwiderdruck und Pfahlmantelreibung auf diesem Kennwert basiert. Eine Korrelation zwischen den Schlagzahlen N_{10} und N_{30} der DPH und SPT sowie dem Spitzendruck q_c gibt beispielsweise die DIN 4094-3:2002-01, Anhang E. Hierbei wurde fÄr die Schicht 2.1 (mitteldichte Lagerung) ein mittlerer Spitzendruck q_c der Drucksonde von $7,5 \text{ MN/m}^2$ angenommen und fÄr Schicht 2.2 (dichte Lagerung) 15 MN/m^2 .

Tabelle 8: Pfahlsitzenwiderdruck und Pfahlmantelreibung fÄr BohrpfÄhle nach EA-PfÄhle

Schichtnummer Baugrundmodell	Pfahlsitzenwiderdruck $q_{b,k}$ [kN/m ²] bei einer Setzung s/D_s von			Bruchwert der Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]
	0,02	0,03	0,10	
2.1	550	700	1.600	55
2.2	1.050	1.350	3.000	105

Die angegebenen Werte gelten fÄr BohrpfÄhle ($D_s = 0,30 \text{ m}$ bis $3,00 \text{ m}$). FÄr die Anwendung der Werte der o. g. Tabelle wird vorausgesetzt, dass die MÄchtigkeit der tragfÄhigen Schicht (in Lockergesteinen) unterhalb der PfahlfuÄflÄche nicht weniger als drei Pfahldurchmesser, mindestens aber $1,50 \text{ m}$ betragen darf. Des Weiteren gelten die Angaben fÄr EinzelpfÄhle unter Beachtung der Hinweise und Forderungen der EA-PfÄhle. Bei BohrpfÄhlen mit FuÄverbreiterung sind die Werte nach /U 18/ auf 75% abzumindern.

FÄr die Bemessung, AusfÄhrung und PrÄfung von BohrpfÄhlen ist nach aktueller ELTB (01/2016) die DIN EN 1536:12/2010 inkl. DIN SPEC 18140:02/2012 zu beachten.

4.3.2 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. 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. Im oberflächennahen Bereich ist der Bettungsmodul von GOK bis in 3 m Tiefe von 0 auf den entsprechenden Wert linear zunehmend anzusetzen.

4.4 Baugrubensicherung und Wasserhaltung

Ausgehend von den Erkundungsergebnissen können nach DIN 4124 für unbelastete Böschungen bis 5,0 m Höhe ohne besonderen Nachweis folgende Böschungswinkel über dem Grundwasser entsprechend DIN 4124 in Ansatz gebracht werden:

- nichtbindige oder weiche bindige Böden $\beta \leq 45^\circ$

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 einer Flachgründung der Widerlager ist aufgrund der Größe der erforderlichen Baugruben ein Verbau notwendig. Da der vorläufige bauzeitliche Bemessungswasserstand mit 102,7 m NN (nach Auswertung der 1-jährigen Aufzeichnung ggfs. anzupassen) zudem deutlich über der angenommenen Gründungssohle von 99,4 m NN liegt, muss der Verbau unterhalb des Bemessungswasserstandes zudem wasserdicht ausgebildet sein. Wir empfehlen daher je Widerlager einen umlaufenden, nach statischen und konstruktiven Erfordernissen rückverankerten Spundwandverbau mit wasserdichten Schlössern. Da die Baugrubensohle in den grundwasserführenden Sanden und Kiesen und die Basis des Grundwasserleiters tiefer als 20 m unter GOK liegt, kann ein wasserdichter Verbau nur unter Verwendung einer

abdichtenden Sohle, z.B. Unterwasserbeton, hergestellt werden. Diese ist auftriebssicher herzustellen und ggfs. rückzuverankern.

Nach Fertigstellung des wasserdichten Verbaus kann das Wasser innerhalb des Verbaus mittels ausreichend dimensionierten Schmutzwasserpumpen entfernt werden. Hierfür ist ein Pumpensumpf vorzusehen. Die Pumpen sind für anfallendes Niederschlagswasser sowie den Fall von Starkregenereignissen während der Baumaßnahme vorzuhalten.

Alternativ wäre auch eine nach unten offene Baugrube denkbar. Hierbei ist für das anfallende Grundwasser innerhalb der Baugrube eine entsprechende Wasserhaltung mittels Absenkbrunnen einzuplanen und eine Wasserrechtliche Genehmigung zu beantragen. Für eine überschlägige Berechnung der abzupumpenden Grundwassermengen können die Ergebnisse des Pumpversuchs angesetzt werden. Dies können bei den stark durchlässigen bis durchlässigen Kiesen relativ große Wassermengen sein. Des Weiteren wäre hier zu berücksichtigen, dass in den stark durchlässigen bis durchlässigen Kiesen der Absenktrichter innerhalb des Grundwasserleiters relativ weit reichen kann, was je nach Untergrundverhältnissen einen Einfluss (z. B. Setzungen) auf angrenzende Bebauungen in Graben-Neudorf haben könnte.

Für den Verbau und die Ausbildung der Baugruben sind die Hinweise der DIN 4124 sowie des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB) /U 17/ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik zu beachten. Darüber hinaus sind im gleisnahen Bereich die Vorgaben der Module 4302 und 4305 der Ril 836 /U 15/ zu beachten.

Weiterhin gelten die Hinweise zur Einbringbarkeit von Bauteilen in den Baugrund aus Kapitel 3.3. Die zur Bemessung der Spundwandbohlen und der Rückverankerung benötigten Angaben finden sich in den folgenden beiden Kapiteln.

4.4.1 Bemessung von Spundbohlen

Spundwände im Ausbreitungsbereich von Eisenbahnverkehrslasten sind so zu bemessen, dass nur eisenbahnverträgliche, horizontale Kopfverschiebungen auftreten. Um Kopfverschiebungen zu begrenzen, sind unter Umständen Aussteifungen bzw. Rückverankerungen erforderlich. Weiterhin ist die Abtragung von zusätzlichen Lasten neben der Eigenlast der Baugrubenkonstruktion und der Vertikalkomponente des Erddrucks nach EAB bei Spundwänden nur ab einer Mindesteinbindetiefe von $t_g \geq 3,0$ m zulässig. Anderenfalls sind genauere Nachweise erforderlich.

Aus unserer Sicht können im vorliegenden Fall für die Böden der Schichten 2.1 und 2.2 ein Spitzendruck und eine Mantelreibung und für die Böden der Schichten 1.1a und 1.1b nur eine Mantelreibung angesetzt werden.

Die vertikale Tragfähigkeit von Spundwandkonstruktionen ergibt sich nach EAB wie folgt:

$$R_k = R_{b,k} + R_{s,k}$$

$$R_k = A_b \cdot q_{b,k} + A_s \cdot q_{s,k}$$

A_b ... vorhandene Aufstandsfläche (Stahlquerschnittsfläche)

$q_{b,k}$... charakteristischer Spitzendruck

A_s ... tatsächlich vorhandene Mantelfläche unterhalb der Baugrubensohle

$q_{s,k}$... charakteristische Mantelreibung

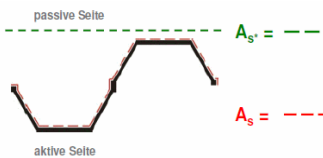
Die Ermittlung des charakteristischen Fußwiderstandes $R_{b,k}$ ergibt sich gemäß EAB aus der vorhandenen Stahlquerschnittsfläche A_b und dem Spitzendruck.

$$R_{b,k} = A_b \cdot q_{b,k}$$



Der charakteristische Mantelwiderstand $R_{s,k}$ ermittelt sich aus der vorhandenen Mantelfläche A_s unterhalb der Baugrubensohle (nur auf der Baugrubenseite).

$$R_{s,k} = A_s \cdot q_{s,k}$$



In der Tabelle 9 sind der Spitzendruck und die Mantelreibung für die erkundeten Schichten aus nicht bindigen Böden nach den Erfahrungswerten in Tabelle 10.1 und 10.2 im Anhang 10 der EAB 2012 dargestellt.

Die Erfahrungswerte in der folgenden Tabelle können aus unserer Sicht zur Bemessung von Spundwandbohlen herangezogen werden. Den angegebenen Kennwerten wurde nach Korrelation der Ergebnisse der durchgeführten Rammsondierungen DPH und SPT mit dem mittleren Spitzenwiderstand q_c der Drucksonde für eine mitteldichte Lagerung (Schicht 1.1b, 2.1) ein mittlerer Spitzenwiderstand q_c von $7,5 \text{ MN/m}^2$ und für eine dichte Lagerung (Schicht 2.2) ein mittlerer Spitzenwiderstand q_c von 15 MN/m^2 zu Grunde gelegt (siehe hierzu auch Kapitel 4.3.1). Für die locker gelagerten Auffüllungen wurde noch ein mittlerer Spitzenwiderstand q_c von $2-4 \text{ MN/m}^2$ angesetzt. Die Mantelreibung kann dabei nur für die eingerammte Länge der Bohlen angesetzt werden.

Tabelle 9: Erfahrungswerte für Spitzendruck und Mantelreibung für Spundbohlen nach EAB 2012

Schichtnummer Baugrundmodell	Spitzendruck $q_{b,k}$ [MN/m^2]	Bruchwert Mantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m^2]
1.1a	--	0,005
1.1b	--	0,020
2.1	7,5	0,020
2.2	15	0,040

Zur Überprüfung der Tragfähigkeit empfehlen wir die Nutzung von Rammformeln beim Einrammen der Spundbohlen.

Werden die Spundbohlen eingerammt, können die angegebenen Erfahrungswerte für Mantelreibung und Spitzenwiderstand verwendet werden. Werden Spundbohlen eingerüttelt, müssen die angegebenen Erfahrungswerte auf 75% der Tabellenwerte abgemindert werden.

4.4.2 Hilfsbrücke

Wir gehen davon aus, dass der Eisenbahnbetrieb während der Bauzeit der EÜ mittels Hilfsbrücke zu gewährleisten ist. Diese kann auf dem rückverankerten Spundwandverbau aufgelagert werden. Die erkundeten Baugrundsichten im Bereich der Gründungssohle erfüllen die Forderungen an eine setzungsarme Unterkonstruktion nach Ril 804.4110 Abschnitt 12 (4).

Wenn vertikale Lasten von Hilfsbrücken über Spundwände abgetragen werden sollen, sind die Spundwände für diese Last zu dimensionieren. Grundsätzlich liefert nach DIN EN 1997-1 bzw. DIN 1054 eine Probelastung sicherere Ergebnisse als eine Dimensionierung auf der Basis von Erfahrungswerten und wird deshalb von uns empfohlen. Eine Vordimensionierung kann anhand der Angaben in Kapitel 4.4.1 durchgeführt werden. Bei der Planung von Hilfsbrücken ist die Ril 804.4110 (bis Geschwindigkeiten $v \leq 90$ km/h) bzw. Ril 804.4111 (bis Geschwindigkeiten $90 \text{ km/h} < v \leq 120$ km/h) zu beachten. Bei der Bemessung sind zusätzlich die Anforderungen und Hinweise des Kapitels 13.10 der EAB /U 17/ zu beachten. Soll die Hilfsbrückenkonstruktion im Bereich der Strecken 4020 und 4082 (zulässige Geschwindigkeit derzeit 200 km/h) mit Geschwindigkeiten > 120 km/h befahren werden, sind gemäß Ril 804.4110, Abschnitt 5 zudem eine UiG und ZiE erforderlich.

4.4.3 Rückverankerungen

Für eine Rückverankerung können für die Vorbemessung nach DIN EN 1997-1, bzw. DIN 1054 die Erfahrungswerte von verpressten Mikropfählen angesetzt werden. Dabei ist zu beachten, dass diese Erfahrungswerte nur für Pfähle mit Verpresslängen von max. 12 m angewendet werden sollten. Bei Pfählen mit größeren Verpresslängen werden Probelastungen empfohlen. Bei Mikropfählen, die auf Zug belastet werden, müssen ohnehin Eignungsprüfungen (Probelastungen) durchgeführt werden.

Bei einer Rückverankerung im Bereich von Eisenbahnverkehrslasten sind zusätzlich die Anforderungen und Hinweise der Ril 836.4302 Kapitel 8 /U 15/ und der Ril 804.5601 /U 14/ zu beachten.

Für Bemessung, Herstellung und Prüfung von Mikropfählen bzw. Verpressankern sind gemäß der Eisenbahnspezifischen Liste Technischer Baubestimmungen (ELTB Stand 01/2016) die in der folgenden Tabelle dargestellten Normen zu beachten.

Tabelle 10: Normative Regelungen für Verpressanker und Mikropfähle gemäß ELTB (Stand 01/2016)

	Verpressanker	Mikropfähle
Bemessung + Anzahl der Prüfungen und Höhe der Prüfkraft	<ul style="list-style-type: none"> DIN EN 1997-1:2009-09 DIN EN 1997-1/NA:2012-12 DIN 1054:2010-12 DIN 1054/A1:2012-08 Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau	
Herstellung	<ul style="list-style-type: none"> DIN EN 1537:2001-01 DIN SPEC 18537:2012-02 Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) - Verpressanker	<ul style="list-style-type: none"> DIN EN 14199:2012-01 DIN SPEC 18539:2012-02 Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) - Pfähle mit kleinem Durchmesser (Mikropfähle)
Prüfung (Durchführung und Bewertung)	<ul style="list-style-type: none"> DIN EN 1537:2001-01 DIN SPEC 18537:2012-02 Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) - Verpressanker	<ul style="list-style-type: none"> Normenhandbuch EC 7 + DIN 1054/A1:2012-08 mit Verweis auf EA-Pfähle

Für die Vorbemessung auf Erfahrungswerte der Pfahlmantelreibung von verpressten Mikropfählen für den Grenzzustand der Tragfähigkeit werden in der folgenden Tabelle 11 die erforderlichen Kennwerte in Anlehnung an die EA-Pfähle /U 18/ angegeben. Diese können auch für Verpressanker angesetzt werden. Den angegebenen Kennwerten wurde für eine mitteldichte Lagerung (Schicht 1.1b, 2.1) ein mittlerer Spitzenwiderstand q_c von $7,5 \text{ MN/m}^2$ und für eine dichte Lagerung (Schicht 2.2) ein mittlerer Spitzenwiderstand q_c von 15 MN/m^2 zu Grunde gelegt (siehe hierzu auch Kapitel 4.3.1). Für die locker gelagerten Auffüllungen wurde noch ein mittlerer Spitzenwiderstand q_c von $2-4 \text{ MN/m}^2$ angesetzt.

Tabelle 11: Erfahrungswerte Pfahlmantelreibung für verpresste Mikropfähle ($D_s \leq 0,30 \text{ m}$) nach EA Pfähle

Schichtnummer Baugrundmodell	Bruchwert der Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m²]
1.1a	40
1.1b	135
2.1	135
2.2	215

Wir empfehlen vor-Ort Pfahlprobelastungen durchzuführen, um die in o. g. Tabelle angegebenen Erfahrungswerte für den Bruchwert der Pfahlmantelreibung für Mikropfähle nach DIN EN 14199 zu verifizieren.

4.5 Abdichtung und Drainage Bauwerk

Die geplante Gründungstiefe der EÜ Saalbachkanal liegt bei einer Flachgründung (Variante 1) unterhalb des Bemessungswasserstandes. Die Bauwerksabdichtung ist in diesem Fall nach DIN 18195-6 (Abdichtung gegen von außen drückendes Wasser, aufstauendes Sickerwasser) vorzusehen. Auch bei einer Tiefgründung (Varianten 2 und 5) liegen Bauwerksteile unterhalb des Bemessungswasserstandes. Diese Bauwerksteile sind ebenfalls nach DIN 18195-6 abzudichten bzw. für den unter Wasser Einsatz auszulegen. Ferner sind die Angaben in der Ril 804.6101 bezüglich Abdichtung zu berücksichtigen.

4.6 Ausbildung der Hinterfüllung der Arbeitsräume

Bei Abriss und Neubau des Bauwerkes muss auch die Wiederauffüllung des Arbeitsraumes zwischen Baugrubenböschung bzw. ggf. benötigtem Verbau und Bauwerk gemäß den Forderungen der ZTVE-StB09 Kapitel 10 /U 20/ ausgebildet werden. Bahnspezifisch sind nach Ril 836 Modul 4106 darüber hinaus die Bauwerkshinterfüllungen im Bereich von Eisenbahnverkehrslasten so auszubilden, dass Setzungen am Übergang zwischen Kunstbauwerk und Erdbauwerk minimiert werden.

Gemäß BAst /U 5/ beträgt die zulässige Geschwindigkeit im untersuchten Abschnitt auf den Strecken 4020 und 4082 derzeit 200 km/h sowie 90 km/h auf der Strecke 4132 und auf Gleis 9 (Annahme da keine Information in Bast). Entsprechend der Übersicht im Bild 7 der Ril 836 Modul 4106 Anhang 01 für die bauliche Ausbildung der Übergänge zwischen den Erd- und Kunstbauwerken können diese im Bereich der Strecken 4020 und 4082 für die Baumaßnahme mit Spundwandverbau gemäß den Ausführungsbeispielen wie in Bild 3 (Schotteroberbau, Bauen im Bestand, $160 \leq v \leq 230$ km/h) des gleichen Anhangs gestaltet werden. Im Bereich der Strecke 4132 sowie von Gleis 9 können die Hinterfüllbereiche für die Baumaßnahme gemäß der Ausführungsbeispiele wie in Bild 2 (ohne Verbau) und Bild 6 (mit verbleibendem Verbau) ausgeführt werden. Hinsichtlich Bauablauf empfehlen wir jedoch auch hier die Ausführungsbeispiele mit verbleibendem Verbau (Bild 6). Die Ausführungsbeispiele ohne Verbau wären aufgrund der Lage des Grundwassers ohnehin nicht für Variante 1 (Flachgründung) praktikabel.

4.6.1 Hinterfüllung im Bereich von Eisenbahnverkehrslasten mit Verbau

Für die Strecken 4020 und 4082 ($v \leq 200$ km/h) kann der Hinterfüllbereich gemäß dem Beispiel aus der Ril 836 gestaltet werden.

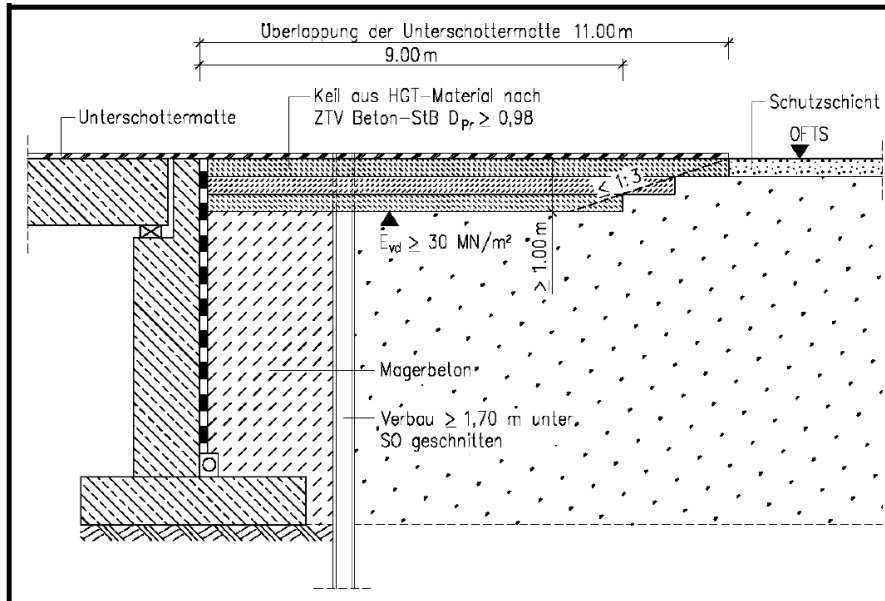


Abbildung 1: Hinterfüllung von Widerlagerbaugruben mit Verbau bei Strecken $160 \leq v \leq 230$ km/h gemäß Modul 836.4106 Anhang 01 Bild 3 /U 15/

In Abbildung 1 (Bild 3 des Moduls 836.4106 Anhang 01) ist der Übergang mit im Boden verbleibenden Verbau quer zur Gleisachse dargestellt. Nach dieser Abbildung kann der Bereich zwischen der erdseitigen Widerlagerwand und der verbleibenden Verbauwand mit Magerbeton C12/15 verfüllt werden.

Unterhalb der Gleise ist ein Keil aus HGT-Material und Unterschottermatte gemäß Abbildung 1 einzubauen.

Für die Strecke 4132 sowie das Gleis 9 empfehlen wir hinsichtlich eines einfacheren Bauablaufs den Hinterfüllbereich gemäß den folgenden Ausführungen auszuführen.

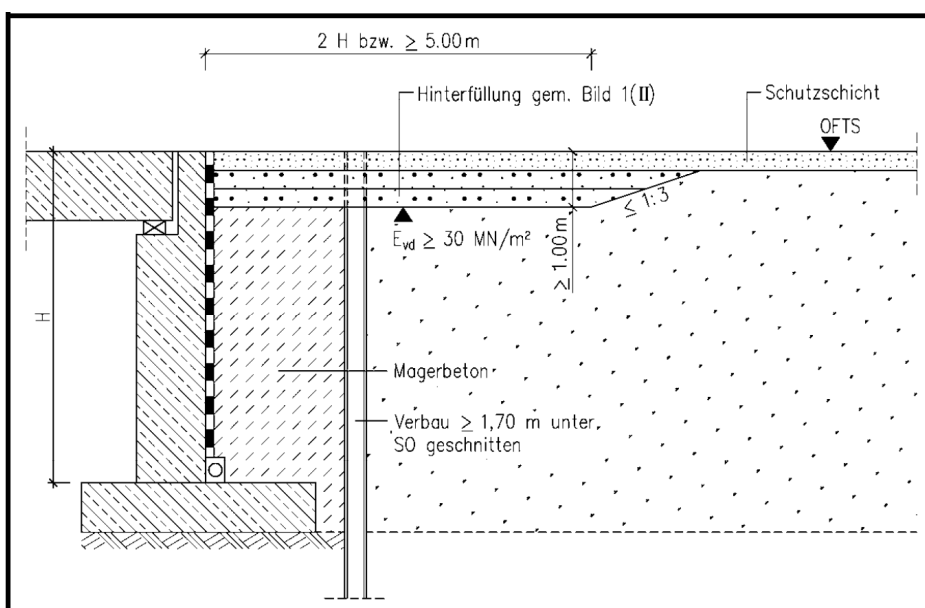


Abbildung 2: Hinterfüllung von Widerlagerbaugruben mit Verbau bei Strecken $v < 160$ km/h gemäß Modul 836.4106 Anhang 01 Bild 6 /U 15/

Nach dieser Abbildung kann der Bereich zwischen der erdseitigen Widerlagerwand und der verbleibenden Verbauwand mit Magerbeton C12/15 verfüllt werden.

Oberhalb der Oberkante Hinterfüllung ist eine Tragschicht nach Modul 836.4101 einzubauen, wobei je nach geplanter Gleisbelastung die Anforderungen an die Verdichtung nach Tabelle 1 und die Anforderungen an den Verformungsmodul nach Tabelle 2 im Anhang 01 des Moduls einzuhalten sind.

4.6.2 Hinterfüllung im Bereich von Eisenbahnverkehrslasten ohne Verbau

Sollte dennoch im Bereich der Strecke 4132 und Gleis 9 der Spundwandverbau nach Abschluss der Gründungsarbeiten vollständig entfernt werden (z. B. aus Gründen der Grundwasserströmung), kann der Hinterfüllbereich wie in der folgenden Abbildung 3 dargestellt ausgeführt werden.

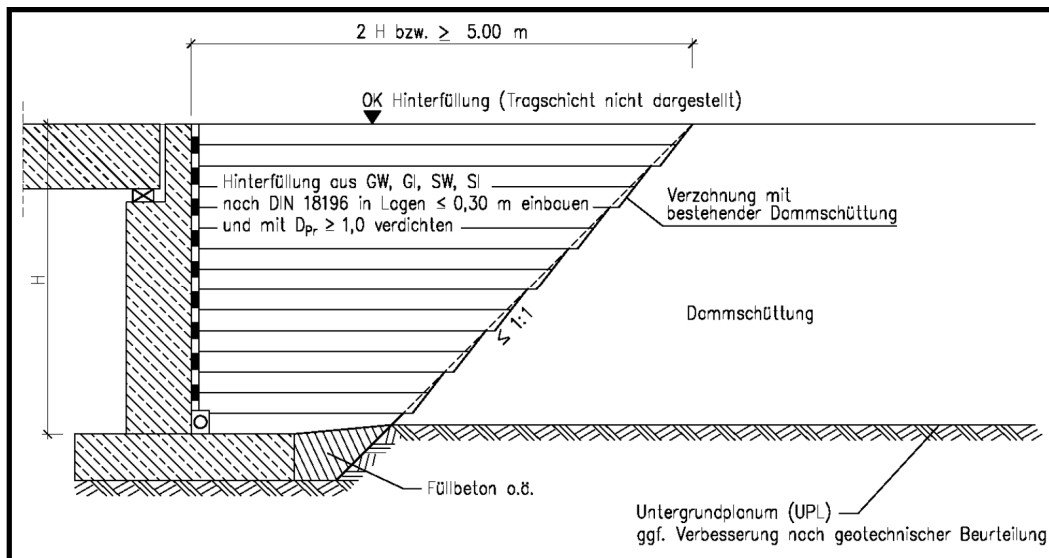


Abbildung 3: Hinterfüllung bei bestehenden Strecken mit $v < 160$ km/h gemäß Modul 836.4106 Anhang 01 Bild 2 /U 15/

In Abbildung 3 (Bild 2 des Moduls 836.4106 Anhang 01) ist der Übergang ohne im Boden verbleibenden Verbau quer zur Gleisachse dargestellt. Die Breite des Hinterfüllbereiches muss dabei auf Oberkante der Hinterfüllung (ohne Tragschicht) mindestens 5,0 m bzw. $2 \cdot H$ (Auffüllhöhe) betragen, wobei der größere Wert maßgebend ist. Eine Verzahnung mit dem anstehenden Boden ist in einer Neigung $\leq 1:1$ auszuführen.

4.7 Mögliche Einflüsse auf die Grundwasserströmung

Mögliche Gründungsmaßnahmen des EÜ-Bauwerkes oder eventuell benötigte Verbauten greifen in den oberflächennahen, im Lockergestein vorhandenen Grundwasserkörper, ein.

Besonders wasserdichte Verbaue können als linienförmig ausgebildete Wand ggf. die Gefahr eines Wasseraufstaus hervorrufen.

In den anstehenden, stark wasserdurchlässigen Sanden und Kiesen und bei einer verhältnismäßig kleinen Ausdehnung des Baufeldes wird diese Beeinträchtigung jedoch als gering eingeschätzt. Zudem verläuft die Grundwasserfließrichtung in etwa parallel zum Saalbachkanal und parallel zur größten Ausdehnung der Spundwand in ca. westliche / nordwestliche Richtung. Wir empfehlen die Koordination der Baumaßnahme in enger Absprache mit den zuständigen Ämtern durchzuführen. Ggfs. könnte hier auch ein abschnittsweises Ziehen der Spundbohlen, vor allem im Bereich senkrecht zur GW-Fließrichtung, ausreichend sein. Wenn die Spundbohlen komplett im Boden verbleiben sollen, ist die Größe des dadurch bedingten Aufstaus abzuschätzen und dafür die Genehmigung der Unteren Wasserbehörde einzuholen.

4.8 Einfluss der Baumaßnahme auf angrenzende Bebauungen / Gleisanlagen

Im Zuge der Baumaßnahme, insbesondere bei Rammarbeiten, können insbesondere in locker gelagerten Sanden Setzungen verursacht werden. Die Rammtechnologie ist so zu wählen, dass möglichst geringe Erschütterungen wirken und damit nur geringe Setzungen verursacht werden, wobei eine rammende Arbeitsweise der rüttelnden oder vibrierenden Arbeitsweise vorzuziehen ist. Durch Pressen können diese Einflüsse weitgehend ausgeschaltet werden.

Eine kontinuierliche Beobachtung und Überwachung der Gleisanlagen und der angrenzenden Bebauung (OL-Masten, Signale) ist während und auch nach Beendigung der Arbeiten erforderlich.

4.9 Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen in bodenmechanischer Hinsicht

Die im Zuge der Baumaßnahme auszuhebenden Erdmassen stellen überwiegend die grobkörnigen Auffüllungen (Schichtpaket 1.1) und die anstehenden Rheinsande/Rheinkiese (Schicht 2) sowie bei einer Tiefgründung das Bohrgut der Bohrpfähle (zerbohrter Beton/Stahlbeton des Widerlagers, anstehende Rheinsande/Rheinkiese) dar. Untergeordnet fallen noch Oberboden (Schicht 0.0) und Gleisschotter (Schicht 0.1) an.

Mit Ausnahme der Schichten 0.0 und 0.1 sowie des zerbohrten Widerlagers könnten die Schichten nach entsprechend ausreichender Durchmischung der Sand- und Kiesfraktionen prinzipiell für die Hinterfüllung der Brückenwiderlager / Arbeitsräumen verwendet werden. Generell sind Fremdbestandteile, wie z. B. Schotter- oder Bauschuttbeimengungen, Holzreste vor einer Wiederverwendung der Böden auszusondern.

Die v. g. Aussagen beziehen sich ausschließlich auf die bautechnische Wiederverwendbarkeit von Aushubböden. Vor einer Wiederverwendung sind die Ergebnisse von abfalltechnischen Untersuchungen unbedingt zu berücksichtigen.

4.10 Bautechnische Hinweise Gründung Eisenbahnüberführung

- Evtl. Verdichtungsarbeiten sind so durchzuführen, dass die unterlagernden Böden nicht in ihrer Tragfähigkeit herabgesetzt werden.
- Die Gleislage sollte im Rahmen eines Beweissicherungsverfahrens aufgenommen und bei Betrieb während der Arbeiten messtechnisch überwacht werden. Bei Überschreiten vorgegebener Grenzwerte sind die Verformungen durch Nachstopfen zu kompensieren.
- Wir weisen darauf hin, dass bei einem Eingriff in das Grundwasser ein Wasserrechtsantrag nach § 8 und 9 WHG bei den zuständigen Behörden gestellt werden muss; hierfür stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung. Das Einleiten von Wasser in den lokalen Vorfluter ist ebenfalls genehmigungspflichtig.
- Es ist eine Eignungs- und Abnahmeprüfung der Verankerungen auf der Baustelle entsprechend der zum Zeitpunkt der Abnahme in der gültigen ELTB eingetragenen Normen durchzuführen.

5 Homogenbereiche nach VOB-C

Gemäß VOB - Teil C /U 21/ sind Böden und Fels entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen in Homogenbereiche einzuteilen. Der Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für das jeweilige Baugewerk bzw. Bauverfahren vergleichbare Eigenschaften aufweist. Die abfalltechnischen Untersuchungen (siehe Kapitel 6) werden zudem für eine orientierende Einteilung in Homogenbereiche berücksichtigt.

Für die Homogenbereiche sind Eigenschaften und Kennwerte sowie deren ermittelte Bandbreite anzugeben. Dies erfolgt in der Anlage 9 für die Gewerke Erdarbeiten (ERD, Geotechnische Kategorie 2), Ramm-, Rüttel- u. Pressarbeiten (RAM) sowie Bohrarbeiten (BOH). Die Einteilung in Homogenbereiche ist als Vorschlag bzw. Empfehlung basierend auf dem aktuellen Kenntnisstand zu sehen und muss mit fortgeschriebener Planung, insbesondere unter Berücksichtigung von Bauzuständen und -phasen, überprüft werden.

Eine Zuordnung der für diese Gewerke abgegrenzten Homogenbereiche zu den gemäß dem in Kapitel 3 entwickelten Baugrundmodell angetroffenen Schichten ist aus der nachfolgenden Tabelle 12 ersichtlich.

Tabelle 12: Übersicht der abgegrenzten Homogenbereiche

Schicht-Nr.	Lagerungs-dichte	Klassifikation lt. DIN 18196	Gewerk		
			Erdarbeiten	Bohrarbeiten	Rammarbeiten
0.0	--	Mutterboden	abgetragen		
0.1	--	Gleisschotter	ERD A	abgetragen	
1.1a	lo	[SW], [GW], [GW/SW], [SW/GW], [SE/SW], [SI/SW], [GI], [SW/SU], [SU], [SW/SU], [SU]	ERD B	BOH A	RAM A
1.1b	md				
2.1	md	SW/GW (untergeordnet: SE, SI, SU, GI)	ERD C	BOH B	RAM B
2.2	d				

lo = locker, md = mitteldicht, d = dicht

6 Abfalltechnische Beurteilung

6.1 Durchgeführte Untersuchungen

Zur abfalltechnischen Deklaration des anfallenden Altschotters wurden in den Gleisen 1 und 4 insgesamt 4 Schotterschürfe (jeweils bei KRB 5, DPH 5, KRB 6, DPH 6) zur Gewinnung von Feinanteil <31,5 mm ausgeführt und aus dem gewonnenen Feinanteil eine Mischprobe (MP Schotter FA) erstellt. In den Gleisen 2 und 3 waren aufgrund der hohen Zugdichte keine Schürfe möglich. Die MP Schotter FA wurde auf die Parameter gemäß der Handlungshilfe für die Verwertung von Gleisschotter in Baden-Württemberg /U 28/ untersucht und bewertet.

Zur abfalltechnischen Vorabdeklaration der voraussichtlich anfallenden Aushubmassen bei Gründung der Widerlager wurde eine Mischprobe (MP Boden) aus dem Bohrgut der durchgeführten Bohrungen bis in den Tiefenbereich von ca. 8,0 m im Bereich der Auffüllungen gebildet. Die Probe wurde auf die Parameter nach Tabelle 6.1 der Verwaltungsvorschrift (VwV) des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14. März 2007 (Feststoff und Eluat) /U 26/ untersucht und bewertet.

Des Weiteren wurden an der erstellten Grundwassermessstelle GWM/B2 Schöpfproben des Grundwassers entnommen und diese auf die Konzentrationen von Eisen und Mangan im Eluat untersucht. Dies war eine Forderung des Landratsamts Karlsruhe (Amt für Umwelt und Arbeitsschutz), um eine Einleitgenehmigung des anfallenden Grundwassers aus dem Pumpversuch (siehe Kapitel 2.4) in den Saalbachkanal zu erhalten. Der Vollständigkeit halber sind die Ergebnisse im folgenden Kapitel mit aufgeführt.

Die chemischen Untersuchungen erfolgten alle im Labor der Fa. Synlab GmbH in Stuttgart. Die kompletten Analyseberichte und Auswertungen sind in Anlage 7 zusammengestellt.

6.2 Untersuchungsergebnisse und Bewertung

In den folgenden Tabellen sind jeweils nur die für die Einstufung relevanten Parameter aufgezeigt. Die detaillierten Auswertungen findet sich in der Anlage 7.

Die Zuordnung von Abfallschlüsseln erfolgt nach AVV /U 29/. Aus dem Abfallschlüssel wird abschließend das Entsorgungsnachweisverfahren abgeleitet. Für gefährlichen Abfall ist ein Entsorgungsnachweis zu führen. Für nicht gefährlichen Abfall ist ein Nachweisverfahren gemäß Nachweisverordnung nicht zwingend vorgeschrieben.

Gleisschotter

Die Bewertung des Schotters erfolgt nach der Handlungshilfe Gleisschotter /U 28/. Die Chemische Analytik erfolgte am abgesiebten Feinanteil (<31,5 mm) des Schotters. Die

relevanten Parameter wurden zudem noch nach der Deponieverordnung (DepV) bewertet, ergänzende Analysen haben hierzu aber nicht stattgefunden.

Im Widerlagerbereich der EÜ sind Betonschwellen verbaut. Es liegen uns keine Informationen aus einer historischen Erhebung bezüglich möglicher Schadensfälle o. ä. vor. Die organoleptische Ansprache des Schotter erbrachte keine Hinweise auf eine Belastung mit Schadstoffen. Soll der Feinanteil Schotter abgeseibt und getrennt vom Schotter entsorgt werden, so können die Analysenergebnisse direkt zur Bewertung herangezogen werden. Bei einer Verwertung / Beseitigung des Gesamtschotter können die Analysenergebnisse für den Feinanteil auf die Gesamtmasse umgerechnet werden. Nach Ril 880.4010 /U 16/ wird ein Umrechnungsfaktor Feinanteil / Gesamtschotter von 1:3 empfohlen.

Folgende Tabelle fasst die Auswertung der Ergebnisse der chemischen Untersuchungen des Schotter nach der Handlungshilfe getrennt nach Feinanteil und Gesamtschotter zusammen.

Tabelle 13: Ergebnisse Abfalldeklaration Altschotter

Probe:	MP Schotter FA	
Beschreibung:	abgeseibter Feinanteil Altschotter (<31,5 mm)	
Herkunft:	S 5, S 6	
Probenahme:	Schotterschurf; Mischprobe	
Art:	Feinanteil	
Prüfbericht:	UST-16-0077089/02-1	
Laboreingang:	11.07.2016	
Untersuchungsumfang:	Handlungshilfe Gleisschotter BW	
Laborfertigstellung:	21.07.2016	
Einstufung nach Handlungshilfe Gleisschotter:	Feinfraktion (<31,5 mm)	Gesamtfraktion
	> Z2	Z2
Maßgebende Parameter:	AMPA = 23 µg/l ∑ Glyphosat + AMPA = 29,7 µg/l	AMPA = 7,67 µg/l Glyphosat = 2,23 µg/l ∑ Glyphosat + AMPA = 9,9 µg/l
Einstufung nach Deponieverordnung	DK II	DK I
Maßgebende Parameter:	∑ Glyphosat + AMPA	∑ Glyphosat + AMPA
Gefährlichkeit:	nicht gefährlich	nicht gefährlich
Abfallschlüssel:	17 05 08	17 05 08

Entsprechend der Analyseergebnisse der untersuchten Schottermischprobe (MP Schotter FA) überschreitet der Schotter-Feinanteil aufgrund des Einzelparameters AMPA und der Summe AMPA + Glyphosat den Zuordnungswert Z2. Eine Umrechnung der Feinfraktion auf die Gesamtfraktion ist möglich, wenn diese der gleichen Verwertung / Beseitigung zugeführt wird. Hierfür ergibt sich eine Einstufung in den Zuordnungswert Z2.

Nach der Deponieverordnung ist der Schotter-Feinanteil aufgrund der Summe AMPA + Glyphosat in die Deponieklasse DK II einzuordnen. Eine Hochrechnung auf die Gesamtfraktion führt zu einer Einstufung in die Deponieklasse DK I.

Nach EU Abfallverzeichnis (AVV) /U 30/ ist der Schottermischprobe MP Schotter FA (Feinanteil) und dem Gesamtschotter der Abfallschlüssel 17 05 08 zuzuordnen.

Bodenmischprobe

Die angetroffenen Chargen zeigen augenscheinlich keine Verunreinigungen und sind als organoleptisch unauffällig zu bewerten. Die Ergebnisse und die Bewertung der chemischen Analysen sind hinsichtlich der Einstufungskriterien der VwV in der folgenden Tabelle 14 dargestellt.

Tabelle 14: Einstufung der Mischproben Boden

Probe:	MP Boden
Herkunft:	B1, B2, KRB 3 - 6 (0,1 - 8,00 m)
Art:	Sand/Kies
Prüfbericht:	UST-16-0077089/01-1
Laboreingang:	11.07.2016
Untersuchungsumfang:	VwV Tab.6-1 (Feststoff & Eluat)
Laborfertigstellung:	21.07.2016
Zuordnungswert nach VwV:	Z0
maßgebende Parameter:	---
Abfallschlüssel:	17 05 04 nicht gefährlicher Abfall

Entsprechend der Analyseergebnisse der untersuchten Mischprobe MP Boden sind die Auffüllungen bis ca. 8,0 m Tiefe im Bereich der EÜ nach der VwV /U 26/ dem Zuordnungswert Z0 zuzuordnen.

Die Bodenmischprobe (MP Boden) ist nach AVV dem Abfallschlüssel 17 05 04 einzustufen.

Grundwasser

Probe:	GW Probe
Herkunft:	GWM / B2
Prüfbericht:	UST-16-0086555/02-2
Laboreingang:	26.07.2016
Untersuchungsumfang:	Eisen & Mangan (Eluat)
Laborfertigstellung:	11.08.2016
Parameter:	Eisen = 0,012 mg/l Mangan = 0,029 mg/l

Die untersuchten Konzentrationen der Parameter Eisen und Mangan haben die gemäß Landratsamt für Fischgewässer (Saalbachkanal) geltenden Grenzwerte von jeweils <0,3 mg/l deutlich unterschritten. Die Einleitgenehmigung wurde damit erteilt.

6.3 Verwertung / Beseitigung

Die Verwertung / Beseitigung der Bodensubstanz / des Schotters richtet sich nach den Zuordnungswerten der VwV /U 26/ bzw. der Handlungshilfe Gleisschotter /U 28/, für die entsprechende Einbauklassen definiert sind. Bei einer Überschreitung der Werte ist eine Verwertung nicht zulässig. Das Material ist einer geeigneten Deponie zuzuführen. Folgende Einbauklassen sind für die o.g. Ergebnisse relevant:

→ Z0 – Verwertung in bodenähnlichen Anwendungen und zur Verfüllung von Abgrabungen

→ Z2 - Verwertung in technischen Bauwerken bei definierten technischen Sicherungsmaßnahmen

Es wird auf die einzelnen Randbedingungen für die verschiedenen Einbauklassen in der VwV verwiesen.

Der Gleisschotter (Feinanteil) ist gemäß der durchgeführten Analysen als DK II einzustufen und somit einer geeigneten Deponie zuzuführen.

7 Zusammenfassung / Schlussbemerkungen

Auf der Strecke 4020 Mannheim - Rastatt ist am Streckenkilometer 38,887 die Erneuerung der Eisenbahnüberführung (EÜ) über den Saalbachkanal geplant. Die EÜ liegt nördlich des Bahnhofs Graben-Neudorf.

Im vorliegenden Umwelt- und Geotechnischen Bericht sind die Baugrundverhältnisse für die geplanten Maßnahmen auf der Grundlage der im Juni/Juli 2016 durchgeführten Aufschlüsse dargestellt. Abfalltechnische Untersuchungen der möglichen Aushubmassen sind ebenfalls Bestandteil des Berichts.

Baugrundverhältnisse

Mit den durchgeführten Aufschlüssen wurden unterhalb von oberflächennahen Auffüllungen (Schotter, Oberboden) sandig / kiesige Auffüllungen in lockerer bis mitteldichter Lagerung bis in Tiefen von 6,8 - 8,0 m unter Ansatzpunkt (u. AP) angetroffen. Darunter folgen bis zu den jeweiligen Erkundungsendtiefen von maximal 20,3 m u. AP die anstehenden Rheinsande und Rheinkiese des Hochgestades. Diese weisen eine mitteldichte bis dichte Lagerung auf. Feinanteile wurden in den aufgefüllten sowie den anstehenden Sanden und Kiesen nur untergeordnet angetroffen. Größere Gesteinsblöcke wurden nicht erkundet und sind gemäß der Geologischen Karte in den anstehenden Rheinsanden / Rheinkiesen auch nicht zu erwarten.

Hydrologie

Der Standort der EÜ liegt außerhalb festgesetzter Wasserschutzgebiete. Ab der angrenzenden Radweg-Überführung (am Prestelwehr) in westliche Richtung schließt sich allerdings ein festgesetztes Wasserschutzgebiet der Zone IIIB an.

Mit den durchgeführten Bohrungen wurde Grundwasser in Tiefen von 101,6 - 102,2 m NN angetroffen.

Auf Grundlage des von der LUBW /U 23/ angegebenen 100-jährigen Hochwasserereignisses (HQ100) empfehlen wir einen Bemessungswasserstand inklusive Sicherheitszuschlag von 0,5 m mit 108,0 m NN anzusetzen.

Die Bohrung B2 wurde zu einer 5“ Grundwassermessstelle ausgebaut, in welcher mittels Datenlogger der Grundwasserstand über die Dauer von einem Jahr kontinuierlich gemessen wird, um einen bauzeitlichen Bemessungswasserstand festlegen zu können. Basierend auf den bereits erfolgten Aufzeichnungen des Datenloggers sowie den im Zuge der Erkundungen gemessenen Grundwasserständen empfehlen wir zunächst einen bauzeitlichen Bemessungswasserstand von 102,7 m NN anzusetzen. Diese Angabe ist nach der Auswertung der Aufzeichnungen des Datenloggers nach einem Jahr ggfs. anzupassen.

Auf der Basis eines Pumpversuchs wurde ein repräsentativer Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens von $3,5 \cdot 10^{-4}$ m/s ermittelt.

Gründungstechnische Angaben

Aufgrund der erkundeten Baugrund- und Grundwasserverhältnisse sowie der Bauwerksart ist das Projekt in die Geotechnische Kategorie (GK) 2 einzuordnen.

Flachgründung (Variante 1)

Zur Abtragung der Lasten aus dem Bauwerk sind nach unseren Erkundungen im Bereich der EÜ Saalbachkanal die ab 6,8 - 8,0 m bzw. 100,9 - 102,2 m NN anstehenden Rheinsande/Rheinkiese (Schicht 2) in mitteldichter bis dichter Lagerung geeignet. Eine Flachgründung in diesen Böden ist somit bei der nach der Planung Variante 1 angenommenen Gründungstiefe von 99,4 m NN möglich. Allerdings ist aufgrund der Lage des Grundwassers über der Gründungssohle eine wasserdichte und rückverankerte Baugrube erforderlich bzw. alternativ eine entsprechende Wasserhaltung mittels Absenkbrunnen bei nach unten offener Baugrube. Dies hat in enger Absprache mit den zuständigen Ämtern und Behörden zu erfolgen.

Tiefgründung (Varianten 2 und 5)

Eine Tiefgründung ist gemäß der Varianten 2 und 5 mittels tangierender Bohrpfähle geplant. Aufgrund der seitens der Planung angestrebten Stützweite im Bereich des Bestands ist diese Gründung nur möglich, wenn die Bestandsfundamente durchbohrt werden. Bei einem Durchbohren der Bestandswiderlager mit Pfählen sind diese so zu bemessen, dass eine Pfahlmantelreibung erst unterhalb des Bestandsbauwerks angesetzt wird und die Lastabtragung somit in den unterlagernden Kiesen (Schicht-Nr. 2) erfolgt.

Baugrubensicherung

In Kapitel 4.4 empfehlen wir einen nach statischen und konstruktiven Erfordernissen rückverankerten Spundwandverbau. Für Variante 1 (Flachgründung) muss dieser wasserdicht ausgebildet sein und nach unten abgedichtet bzw. alternativ eine entsprechende Wasserhaltung vorgesehen werden.

Eine Hilfsbrücke kann auf einem entsprechend bemessenen Spundwandverbau aufgelagert werden.

Abfalltechnische Betrachtung

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen des Schotters, der Auffüllungen und der anstehenden Kiese sind in Kapitel 6 dargestellt. Entsprechend den Ergebnissen überschreitet der Schotter-Feinanteil der Mischprobe MP Schotter FA den Zuordnungswert Z2. Nach DepV wird der Schotter-Feinanteil ($< 31,5$ mm) als Deponieklasse DK II eingestuft. Eine



Hochrechnung auf den Gesamtschotter ergibt eine Zuordnung in Z2 bzw. DK I. Die Mischprobe der Auffüllungen (MP Boden) wird der Einbauklasse Z0 zugeordnet.

Die Angaben zu möglichen Flachgründungen, Tiefgründungen, Verbaumaßnahmen und Wasserhaltungsmaßnahmen wurden anhand der den Gutachter vorliegenden Angaben zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung gemacht. Im Zuge der Erstellung eines geotechnischen Entwurfsberichtes nach EC 7 sind diese ggfs. zu präzisieren.

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 es Abweichungen von den Untersuchungsergebnissen gibt bzw. planungstechnische Änderungen durchgeführt werden, die Einfluss auf die Gründung haben können.

Unsere beauftragten Leistungen für dieses Objekt sind hiermit abgeschlossen.

aufgestellt durch:

i. A. Dipl.-Geol. Andreas Zieger