

Geotechnischer Bericht

Projekt	Eisenbahnstrecke 4200 Karlsruhe - Mühlacker, Erneuerung der EÜ km 7,182 „Im Bahnwinkel“ bei Söllingen (Pfinztal)
Auftraggeber	DB Netz AG Regionalbereich Südwest Schwarzwaldstraße 86 76137 Karlsruhe
Auftragnehmer	GEPRO Ingenieurgesellschaft für Geotechnik, Verkehrs- und Tiefbau und Umweltschutz mbH Caspar-David-Friedrich-Straße 8 01219 Dresden Telefon: 0351 / 87775-0
Unser Zeichen	1205-008-BER
Bearbeiter	Dipl.-Ing. (FH) Steffen Hoffmann Dipl.-Ing. Steffen Müller
Datum	11.06.2018

Der geotechnische Bericht umfasst 31 Seiten und 8 Anlagen.

P:\1205-18_BGA Strecke 4200 Erneuerung EÜ km 7,182 in Söllingen\07-Ausgang\008-BER_Geotechnischer Bericht\1205-008-BER.docx

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1	Veranlassung und Aufgabenstellung 6
2	Beschreibung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse..... 6
2.1	Lage und eisenbahnbetriebliche Randbedingungen des Untersuchungsobjekts 6
2.2	Geologische und hydrogeologische Verhältnisse 7
2.3	Ergebnisse der Felduntersuchungen 8
2.4	Ergebnisse der geotechnischen Laboruntersuchungen 10
2.5	Ergebnisse der Untersuchungen hinsichtlich Betonaggressivität und Stahlkorrosivität 13
2.5.1	Untersuchungskonzept 13
2.5.2	Untersuchungsergebnisse und Bewertung der Betonaggressivität 13
2.5.3	Untersuchungsergebnisse und Bewertung der Stahlkorrosivität 14
2.6	Bautechnische Beschreibung des Baugrundes 15
3	Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse 16
3.1	Baugrundmodell, charakteristische Bodenkennwerte 16
3.2	Beschreibung der Baugrundverhältnisse für die Bildung von Homogenbereichen 17
3.3	Grundwasserstände 20
3.4	Erdbebengefährdung und Frosteinwirkungsgebiet 22
4	Bautechnische Empfehlungen 22
4.1	Gründungsempfehlung 22
4.2	Bauzeitliche Wasserhaltung 25
4.3	Baugrubensicherung 25
4.3.1	Frei geböschte Baugrube 25
4.3.2	Verbau 26
4.4	Hinweise zu Hinterfüllbereichen und Dammschüttungen 28
4.5	Abfallrelevante Untersuchungen 29
5	Zusammenfassung 30
6	Hinweise zu geotechnischen Untersuchungen 30

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1	Übersichtslageplan, Ausschnitt, M 1:750.000.	1 Blatt
Anlage 2	Lageplan mit Aufschlusspunkten, M 1:1.00.	1 Blatt
Anlage 3	Geotechnischer Längsschnitt, M 1:100.	1 Blatt
Anlage 4	Querprofil, M 1:100.	1 Blatt
Anlage 5	Schichtenverzeichnisse und Bohrprofile der Kleinrammbohrungen.	4 Blatt
Anlage 6	Diagramme der Rammsondierungen.	3 Blatt
Anlage 7	Protokolle der geotechnischen Laborversuche.	8 Blatt
Anlage 8	Bodenanalyse auf Betonaggressivität und Stahlkorrosivität.	3 Blatt

UNTERLAGENVERZEICHNISAllgemeingültige Unterlagen

- [U1] GROSSHERZÖGLICHE BADISCHE GEOLOGISCHE LANDESANSTALT: Geologische Spezialkarte des Großherzogtums Baden, Blatt 7017 „Pfinztal“- M 1:25.000, 2. Auflage, Heidelberg, 1901.
- [U2] DB NETZ AG: Richtlinie 836; Erdbauwerke planen, bauen und instand halten, 4. Aktualisierung.- Frankfurt am Main, gültig ab 01.12.2014.
- [U3] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V.: Handbuch Eurocode 7; Geotechnische Bemessung; Band 1: Allgemeine Regeln, enthält DIN EN 1997-1 (2009), DIN EN 1997-1/NA (2010) und DIN 1054 (2010).- 1. Auflage, Beuth Verlag, Berlin, 2011.
- [U4] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V.: Handbuch Eurocode 7; Geotechnische Bemessung; Band 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds, enthält DIN EN 1997-2 (2010), DIN EN 1997-2/NA (2010) und DIN 4020 (2010).- 1. Auflage, Beuth Verlag, Berlin, 2011.
- [U5] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.: DIN 4020 - Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2.- Dezember 2010.
- [U6] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V.: DIN 4094-3 - Baugrund - Felduntersuchungen - Teil 3: Rammsondierungen.- Berlin, Januar 2002.
- [U7] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V.: DIN 1055; Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Bodenkenngößen.- Berlin, November 2010.

- [U8] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V.: DIN 1054; Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1.- Dezember 2010.
- [U9] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V.: DIN 4124; Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten. - Berlin, Januar 2012.
- [U10] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V.: DIN 18196; Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke.- Berlin, Mai 2011.
- [U11] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V.: DIN EN ISO 14688-2; Geotechnische Erkundung und Untersuchung; Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden; Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen (ISO 14688-2:2004 + Amd 1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 14688-2:2004 + A1:2013.- Beuth Verlag, Berlin, Dezember 2013.
- [U12] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V.: DIN 4030-1; Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase - Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte.- Berlin, Juni 2008.
- [U13] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V.: DIN EN 206; Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206:2013.- Berlin, Juli 2014.
- [U14] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V.: DIN 1045-2; Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität - Anwendungsregeln zu DIN EN 206.- Berlin, August 2014.
- [U15] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V.: DIN 50929-3 - Korrosion der Metalle; Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung; Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern.- Berlin, September 1985.
- [U16] DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOTECHNIK E. V.: EA-Pfähle: Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, Ernst & Sohn.- Berlin, 2012.
- [U17] DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOTECHNIK E. V.: EAB; Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“.- 5. ergänzte und erweiterte Auflage, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 2012.
- [U18] DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOTECHNIK E. V.: EAU; Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen.- 11. Auflage, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 2012.

- [U19] TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN, ZENTRUM GEOTECHNIK, LEHRSTUHL FÜR GRUNDBAU, BODENMECHANIK, FELSMCHANIK UND TUNNELBAU: Klassifikation von Boden und Fels.- München, 2013.
- [U20] BEUTH VERLAG BERLIN: VOB Teil C; Ausgabe 2016; Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV).- Berlin, 2016.
- [U21] DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V.: DIN EN 1998-1:2010-12 - Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten. - Beuth Verlag, Berlin, Dezember 2010.

Objektbezogene Unterlagen

- [U22] DB NETZ AG: BAst - Grundlagenermittlung für Bestandsnetzmaßnahme - Erneuerung EÜ 7,182 im Bahnwinkel Söllingen, G.016160285, Streckennummer 4200.- Karlsruhe, 02.05.2017.
- [U23] DB NETZ AG: Bestandspläne von der EÜ km 7,182:
- Brückenaufbau Querschnitt und Details.- Karlsruhe, Dezembert 1907,
- Lageplan, Querschnitt und Ansicht + Gründungsdetails.- Durlach, 16.02.1908.-
übergeben am 19.02.2018.
- [U24] DB NETZ AG: IVMG 4200.007, Trassenplan km 7,0 - 8,0, M 1:1000.- Karlsruhe, 08.06.2012.
- [U25] LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU: Aufschlussdaten aus Bohrarchiv, übergeben am 03.04.2018: Bohrung 213, 214, 1378, 1650 und 1651.

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Organisationseinheit I.NP-SW-M-K(5) des Regionalbereiches Südwest der DB Netz AG beabsichtigt, die im Verlauf der Eisenbahnstrecke 4200 Karlsruhe - Mühlacker bestehende verschlissene Eisenbahnüberführung bei km 7,182 durch einen Ersatzneubau zu ersetzen.

Mit Bestellung vom 01.02.2018 beauftragte die DB Netz AG in diesem Zusammenhang die GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH (GEPRO), ein für die Erneuerung der Eisenbahnüberführung (EÜ) dienendes geotechnisches Gutachten zu erstellen.

2 Beschreibung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse

2.1 Lage und eisenbahnbetriebliche Randbedingungen des Untersuchungsobjekts

Die zu untersuchende EÜ km 7,182 befindet sich im Verlauf der Eisenbahnstrecke 4200 Karlsruhe - Mühlacker im Teilabschnitt zwischen dem Abzweig Söllingen und Wilferdingen-Siegen (siehe **Anlage 1**).

Gemäß [U22] ist im Streckenabschnitt der EÜ von folgenden eisenbahnbetrieblichen Randbedingungen auszugehen:

- Streckenklasse D4,
- zweigleisig, elektrifiziert,
- Geschwindigkeit $v_e = 140$ km/h und
- Achslastaufnahme 22,5 t.

Die zu erneuernde EÜ überführt die zweigleisige Eisenbahnstrecke in Nord-Süd-Richtung über die Straße „Im Bahnwinkel“ mit einer geringen Durchfahrtshöhe von nur 2,30 m. Wenige Meter östlich dieser EÜ besteht eine erst vor wenigen Jahren neu gebaute zweite EÜ über die Straße „Im Bahnwinkel“, welche eine deutlich größere lichte Breite als die zu begutachtende EÜ im Zuge der Strecke 4200 aufweist.

Mit dieser neuen EÜ wird ein paralleles, ebenfalls zur Strecke 4200 gehörendes, jedoch mit mehreren Metern Abstand separat verlaufendes Gleis des aktuell von der Albtal-Verkehrsgesellschaft (AVG) betriebenen Schienenpersonennahverkehrs über die Straße überführt. Zwischen den beiden Eisenbahnüberführungen führt ein Treppenzugang zum Bahnsteig der Haltestelle Reetzstraße.

Die zu begutachtende EÜ wurde aus Stahlträgern mit einer Stützweite von ca. 5,0 m und mit einer Überbaubreite von ca. 10,0 m ausgebildet. Der Oberbau des betreffenden Streckenabschnitts ist in Schotterbauweise hergestellt. Laut den Bestandsplänen wurde die Fahrbahnwanne der EÜ mittels einer Asphaltbetonschicht abdichtet.

Die massiv aus Natursteinmauerwerk errichteten Widerlager sind gemäß [U23] auf Blockfundamenten in einer Tiefe von ca. 134,40 m NHN am nördlichen Widerlager und von ca. 134,10 m NHN am südlichen Widerlager flach gegründet.

Die geplante Baumaßnahme wird gemäß DIN 4020:2010-12 [U3] sowie Ril 836.1002 Abs. 3 (1) [U2] aufgrund ihrer durchschnittlichen Anforderungen in die geotechnische Kategorie 2 (GK 2) eingeordnet.



Bild 1 Blick von Westen auf die bahnrechte Seite der zu erneuernden EÜ km 7,182.

2.2 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Die im Umfeld der EÜ verläuft die das untere Pfinztal entlang führende Bahnstrecke in einem Abstand von ca. 120 m parallel zum Fluss Pfinz. Die Pfinz hat hier ein ca. 2 m bis 3 m breites Flussbett und entwässert dieses Gebiet in nordwestliche Richtung in den Rhein.

Gemäß der Geologischen Karte [U1] steht in dem zu bewertenden Bereich „*Jüngerer Lösslehm*“ mit der Kennzeichnung „*dle*“ an (siehe Bild 2). Der Löss bzw. der aus ihm entstandene Lösslehm ebnet das durch Erosion geschaffene schroffe Hügelland. Unterlagert wird der Lösslehm durch Gesteine des Unteren Muschelkalkes und des darunter folgenden Buntsandsteines.

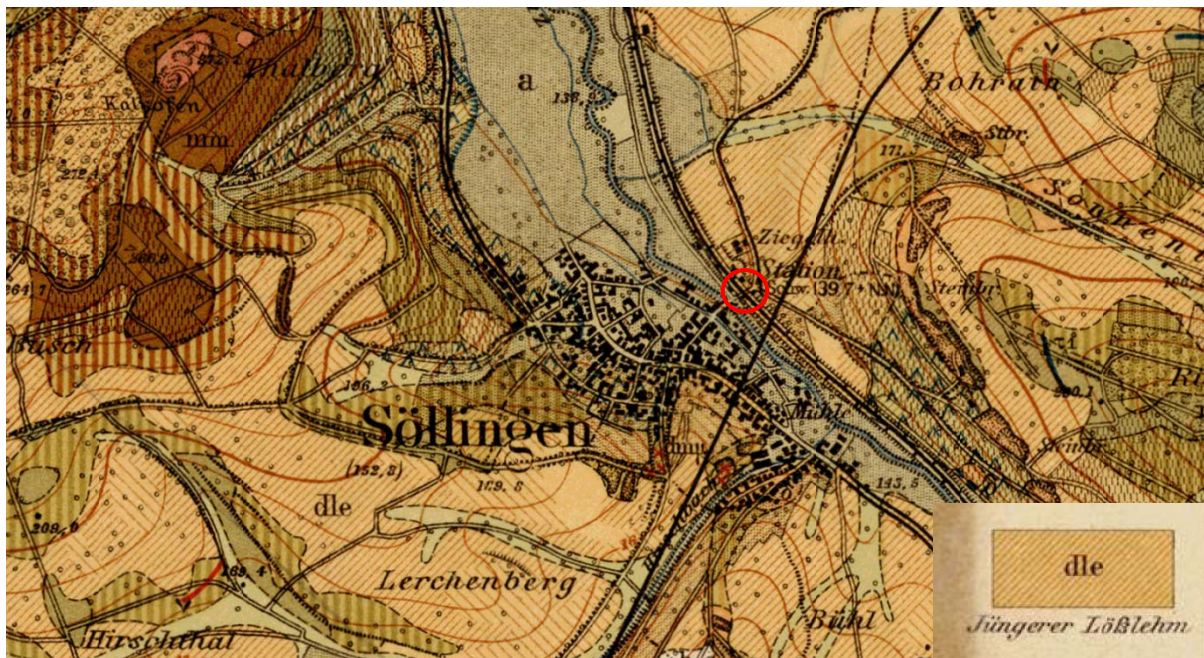


Bild 2 Ausschnitt aus der Geologischen Karte [U1] mit roter Markierung der EÜ km 7,182.

2.3 Ergebnisse der Felduntersuchungen

Für die Baugrunduntersuchungen wurden insgesamt 4 Kleinrammbohrungen (KRB) und 3 schwere Rammsondierungen (DPH) im Zeitraum vom 26.03. bis 27.03.2018 abgeteuft.

Die Tabelle 1 enthält eine Übersicht über alle ausgeführten Baugrundaufschlüsse. Die Lage der Aufschlussansatzpunkte ist darüber hinaus in dem Lageplan von **Anlage 2** dargestellt.

Tabelle 1 Ausgeführte Aufschlüsse im Untersuchungsbereich.

Aufschluss- bezeichnung	etwaige Stationierung [km]	Abstand zur Gleisachse ¹⁾ [m]	Höhe des Ansatzpunktes unter SO ²⁾ [m]	Absolute Höhe des Ansatzpunktes [m] NHN	Tiefe ab Ansatzpunkt KRB / DPH [m]
KRB 1 / DPH 1	7,176	bl 17,50	- 3,00	137,00	5,10 / 5,10
KRB 2 / DPH 2	7,176	br 7,50	- 2,80	137,20	5,50 / 5,60
KRB 3 / DPH 3	7,185	br 7,50	- 4,00	136,00	4,50 / 4,40
KRB 4	7,190	br 4,50	- 0,40	139,60	5,00 / -

¹⁾ br = bahnrechts, bl = bahnlinks.

²⁾ Höhe der Schienenoberkante (SO) bei km 7,182 = 140,00 m NHN (Höhe entnommen aus [U24]).

Kleinrammbohrungen (KRB)

Ursprünglich waren 3 KRB mit Erkundungstiefen von je 10 m unter der Geländeoberkante (GOK) am Dammfuß sowie 1 KRB im Randwegbereich mit Erkundungstiefe von 5 m unter GOK vorgesehen. Während der Aufschlussarbeiten ergab es sich jedoch, dass wegen zu großer Rammwiderstände jedoch nur Tiefen von etwa 4,50 bis 5,55 m unter GOK erreicht werden konnten.

Die Schichtenprofile der 4 ausgeführten Kleinrammbohrungen sind in der **Anlage 5** enthalten. Die Schichtungen sind zusätzlich im Kapitel 2.6 beschrieben und in den geotechnischen Schnitten der **Anlage 3** sowie der **Anlage 4** zeichnerisch dargestellt.

Schwere Rammsondierungen (DPH)

Für die Ermittlung der Lagerungsdichte bzw. der Konsistenz der Böden wurden an den Standorten der KRB auch DPH angeordnet, wobei zur Vermeidung von Fehlmessungen die DPH zeitlich vor den KRB ausgeführt wurden. Die Rammprogramme dieser Rammsondierungen sind in der **Anlage 6** enthalten.

Die folgende Tabelle 2 zeigt für die im Bau Feld vorhandenen nichtbindigen Böden die in der DIN EN ISO 14688-2 [U11] und in dem Handbuch zum Eurocode 7 [U3] aufgezeigten typischen Zusammenhänge zwischen den Schlagzahlen der schweren Rammsonde und der bezogenen Lagerungsdichte.

Tabelle 2 Bezogene Lagerungsdichte in Abhängigkeit von den Schlagzahlen $N_{10, DPH}$ und der Ungleichförmigkeit C_U für SE-Sande sowie SW/GW über und im Grundwasser auf der Grundlage der DIN EN ISO 14688-2.

verbale Lagerungsdichte	bezogene Lagerungsdichte I_D für nichtbindige Böden	$N_{10, DPH}$ SE-Sande $C_U \leq 3$ nach DIN EN 1997-2 Eurocode 7		$N_{10, DPH}$ SW/GW $C_U > 6$ nach DIN EN 1997-2 Eurocode 7	
		über GW ¹⁾	im GW ²⁾	über GW ³⁾	im GW ⁴⁾
sehr locker	$I_D < 0,15$	1	-	1 - 3	-
locker	$0,15 \leq I_D < 0,35$	2 - 3	1 - 2	4 - 7	-
mitteldicht	$0,35 \leq I_D < 0,65$	4 - 17	3 - 12	8 - 26	-
dicht	$0,65 \leq I_D < 0,85$	17 - 50	13 - 41	27 - 58	-
sehr dicht	$I_D > 0,85$	> 50	> 41	> 58	-

1) Die Schlagzahlen wurden anhand der Gleichung $I_D = 0,10 + 0,435 \lg N_{10}$ gemäß DIN EN 1997-2 ermittelt.

2) Die Schlagzahlen wurden anhand der Gleichung $I_D = 0,23 + 0,380 \lg N_{10}$ gemäß DIN EN 1997-2 ermittelt.

- 3) Die Schlagzahlen wurden anhand der Gleichung $I_D = -0,14 + 0,550 \lg N_{10}$ gemäß DIN EN 1997-2 ermittelt.
- 4) Die DIN EN 1997-2 enthält keine Gleichung zur Ermittlung der bezogenen Lagerungsdichte I_D für SW/GW mit $C_u > 6$ im Grundwasser.

Die folgende Tabelle 3 zeigt für die im Baufeld ebenfalls vorhandenen bindigen Böden die in der Veröffentlichung „Klassifikation von Boden und Fels“ der TU München, Zentrum Geotechnik, Lehrstuhl für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Tunnelbau aus dem Jahr 2013 dargestellten Zusammenhänge zwischen den Schlagzahlen der schweren Rammsonde und der undrained Scherfestigkeit sowie der Konsistenz.

Tabelle 3 *Konsistenz und undrained Scherfestigkeit in Abhängigkeit von den Schlagzahlen $N_{10, DPH}$ für bindige Böden gemäß TU München.*

$N_{10, DPH}$	Konsistenz	undrained Scherfestigkeit
0 - 2	breiig	< 20 kN/m ²
2 - 5	weich	20 - 60 kN/m ²
5 - 9	steif	60 - 200 kN/m ²
9 - 17	halbfest	200 - 400 kN/m ²
> 17	fest	> 400 kN/m ²

Weil bei den ausgeführten Rammsondierungen nur in sehr geringem Ausmaß nichtbindige Böden angetroffen wurden und weil bei den wenigen vorhandenen bindigen Böden die Konsistenz mittels Laborversuch bestimmt wurde, konnte sich GEPRO bei der Auswertung der Rammsondierungen auf eine Aussage zur Lagerungsdichte gemäß den in Tabelle 2 aufgeführten Beziehungen beschränken.

Prinzipiell kann die Rammbarkeit wie folgt beschrieben werden:

- Die Auffüllungen aus schluffigen Kiesen, die Auffüllungen aus Schluffen und Tonen sowie die geogenen Schluffe und Tone sind leicht bis mittelschwer rammbar.
- Der Felszersatz ist schwer bis sehr schwer rammbar.

2.4 Ergebnisse der geotechnischen Laboruntersuchungen

Das geotechnische Labor der GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH hat an 7 repräsentativen Bodenproben den natürlichen Wassergehalt und die Kornverteilung mittels Siebanalysen nach DIN 18123 bestimmt. An 4 ausgewählten Proben wurden zusätzlich je eine Schlämmanalyse ausgeführt sowie die Zustandsgrenzen nach DIN 18122 bestimmt.

Die nachfolgende Tabelle 4 listet die 7 untersuchten Proben auf.

Tabelle 4 Zusammenstellung der 7 geotechnisch untersuchten Lockergesteinsproben.

Aufschluss- bezeichnung	Proben- bezeichnung	Entnahmetiefe unter GOK [m]	Bodenart	Bodenschicht
KRB 1	GP 3	3,80 - 4,80	Felszersatz	Schicht 3
KRB 2	GP 1	0,40 - 1,60	Auffüllungen aus Schluffen	Schicht 1b
	GP 2	1,70 - 4,00	geogene Schluffe und Tone	Schicht 2
KRB 3	GP 3	3,70 - 4,50	Felszersatz	Schicht 3
KRB 4	GP 2	0,60 - 3,70	Auffüllungen aus schluffigen Kiesen	Schicht 1a
	GP 3	3,80 - 4,50	Auffüllungen aus Schluffen	Schicht 1b
	GP 4	4,50 - 5,00	geogene Schluffe und Tone	Schicht 2

Die vollständigen Laborergebnisse sind in dem als **Anlage 7** beigelegten Laborprüfbericht zu finden. Die wesentlichen Ergebnisse der Laborversuche sind nachfolgend in Tabelle 5 und in Tabelle 6 aufgelistet.

Tabelle 5 Wesentliche geotechnische Laborergebnisse Teil 1.

Probenbezeichnung:				Schicht 3	Schicht 1b	Schicht 2	Schicht 3
				KRB 1 GP3	KRB 2 GP1	KRB 2 GP3	KRB 3 P3
gestört / ungestört		[g/u]		g	g	g	g
Entnahmetiefe		[m]		3,80 - 4,80	0,40 - 1,60	1,70 - 4,00	3,70 - 4,50
Kennwerte		Ein- heit	DIN				
Wasserge- halt	w _n	[%]		26,2	22,7	21,5	14,9
Masse- anteil d	< 0,063 mm	%	18123	19,8	82,4	94,8	20,3
	< 2,000 mm	%	18123	48,5	95,6	99,9	37,1
Ungleichfö- rmigkeitszahl	C _u	-	18196	-	8,1	-	-
Krüm- mungszahl	C _c	-	18196	-	1,9	-	-
Fließgrenze	w _L	[%]		-	41,2	38,3	-
Ausroll- grenze	w _P	[%]		-	23,6	20,4	-
Plastizitäts- zahl	I _P	[%]		-	17,6	17,9	-
Konsistenz- zahl	I _C	[-]		-	1,05	0,94	-
Durchläs-	k _f	m/s		-	5,8 * 10 ⁻⁸	-	-

Probenbezeichnung:				Schicht 3	Schicht 1b	Schicht 2	Schicht 3
				KRB 1 GP3	KRB 2 GP1	KRB 2 GP3	KRB 3 P3
sigkeit (nach USBR)							
Gruppen- symbol	-	-	18196	GU*	TM	TM	GU*

Tabelle 6 Wesentliche geotechnische Laborergebnisse Teil 2.

Probenbezeichnung:				Schicht 1a	Schicht 1b	Schicht 2	
				KRB 4 GP2	KRB 4 GP3	KRB 4 GP4	
gestört / ungestört		[g/u]		g	g	g	
Entnahmetiefe		[m]		0,60 - 3,70	3,80 - 4,50	4,50 - 5,00	
Kennwerte		Ein- heit	DIN				
Wasserge- halt	w _n	[%]		13,2	27,1	20,1	
Masse- anteil d	< 0,063 mm	[%]	18123	36,6	92,0	95,4	
	< 2,000 mm	[%]	18123	53,1	99,6	100,0	
Ungleichför- migkeitsszahl	C _u	[-]	18196	-	-	-	
Krüm- mungszahl	C _c	[-]	18196	-	-	-	
Fließgrenze	w _L	[%]		-	40,0	34,5	
Ausroll- grenze	w _P	[%]		-	23,6	21,4	
Plastizitäts- zahl	I _P	[%]		-	16,4	13,1	
Konsistenz- zahl	I _C	[-]		-	0,79	1,10	
Durchläs- sigkeit (nach USBR)	k _f	[m/s]				5,7 * 10 ⁻⁸	
Gruppen- symbol	-	-	18196	GU*	TM	TL	

2.5 Ergebnisse der Untersuchungen hinsichtlich Betonaggressivität und Stahlkorrosivität

2.5.1 Untersuchungskonzept

Zur Einstufung der Bodenaggressivität sowie Ausweisung der Expositionsklasse wurde durch das SGS Fresenius Institut GmbH 1 Probe analysiert und weiterführend von der GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH bewertet.

Die untersuchte Mischprobe wurde aus den folgenden gestörten Proben zu ungefähr gleichen Anteilen hergestellt:

- KRB 1 GP 1 (Tiefe = 0,40 m - 1,50 m unter Ansatzpunkt)
- KRB 1 GP 2 (Tiefe = 1,70 m - 3,40 m unter Ansatzpunkt)
- KRB 2 GP 2 (Tiefe = 1,70 m - 4,00 m unter Ansatzpunkt)
- KRB 2 GP 3 (Tiefe = 4,10 m - 4,30 m unter Ansatzpunkt)
- KRB 2 GP 4 (Tiefe = 4,30 m - 4,40 m unter Ansatzpunkt)
- KRB 3 GP 1 (Tiefe = 0,40 m - 1,00 m unter Ansatzpunkt)
- KRB 3 GP 2 (Tiefe = 1,30 m - 3,50 m unter Ansatzpunkt)

und wie folgt bezeichnet:

- BP1 - MP-2018-04-16.

2.5.2 Untersuchungsergebnisse und Bewertung der Betonaggressivität

Chemische Analytik zur Bestimmung der Betonaggressivität von Boden

Der Umfang der chemischen Analysen wurde entsprechend der DIN 4030 festgelegt. Es wurden folgende Parameter analysiert:

Säuregrad nach Baumann-Gully, Sulfat (SO_4^{2-}), Sulfid (S^{2-}) und Chlorid (Cl^-).

Untersuchung und Bewertung der Betonaggressivität

Das Laborprotokoll für die Untersuchung von Boden auf Betonaggressivität sowie die Prüfergebnisse mit den Grenzwerten für die Expositionsklassen sind dem Bericht als **Anlage 8** beigelegt. Die wichtigsten Analysewerte und Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 7 zusammengestellt.

Tabelle 7 Beurteilung der Betonaggressivität des Bodens.

Probe- bezeichnung	Säuregrad n. Baumann-Gully [ml/kg]	Sulfat (SO_4^{2-}) [mg/kg]	Sulfid (S^{2-}) [mg/kg]	Chlorid (Cl^-) [mg/kg]	Bewertung
BP1 - MP-2018-04-16	< 5	470	21	< 100	< XA1

Da bei der untersuchten Bodenprobe die Grenzwerte für XA1 unterschritten wurden, wird diese als **nicht betonangreifend** beurteilt.

2.5.3 Untersuchungsergebnisse und Bewertung der Stahlkorrosivität

Chemische Analytik zur Bestimmung der Stahlkorrosivität von Boden

Der Umfang der chemischen Analysen wurde nach den Vorgaben der DIN 50929 Teil 3 festgelegt und es wurden folgende Parameter analysiert:

pH-Wert, Pufferkapazität, Sulfid (S^{2-}), Neutralsalze, Sulfat (SO_4^{2-}).

Weiterhin wurden die Parameter

Anteil an abschlämmbaren Bestandteilen, spezifischer Bodenwiderstand und Wassergehalt

bestimmt.

Untersuchung und Bewertung der Stahlkorrosivität

Das Laborprotokoll für die Untersuchung von Boden auf Stahlkorrosivität ist dem Bericht als **Anlage 8** beigelegt. GEPRO hat anhand dieser Prüfergebnisse die Stahlkorrosivität des Bodens ermittelt.

Bei der Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit von Böden sind gemäß DIN 50 929 für unlegiertes Eisen die Bewertungszahlen Z_1 bis Z_{12} zu ermitteln.

Dazu sind die Bewertungszahlen Z_1 bis Z_8 aufgrund von Bodenanalysen zu bestimmen und werden die Bewertungszahlen Z_9 bis Z_{12} anhand der Kenntnisse des Gutachters über die örtlichen Gegebenheiten gewählt.

Die für die Beurteilung maßgebenden Bewertungszahlsummen

B_0 für freie Korrosion an der Stelle der Probenentnahme und

B_1 für freie Korrosion mit ausgedehnten Konzentrationselementen

werden nach folgenden Gleichungen berechnet:

$$B_0 = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6 + Z_7 + Z_8 + Z_9$$

$$B_1 = B_0 + Z_{10} + Z_{11}$$

In der nachfolgenden Tabelle 8 hat GEPRO auf der Grundlage der B_0 - und der B_1 -Werte die Bodenaggressivität und Korrosionswahrscheinlichkeit bei freier Korrosion von unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen abgeschätzt.

Tabelle 8 Bodenaggressivität und Korrosionswahrscheinlichkeit bei freier Korrosion von unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen gemäß Tabelle 2 von DIN 50 929 Teil 3.

B-Wert	Bodenklasse	Bodenaggressivität (B ₀ -Werte)	Korrosionswahrscheinlichkeit (B ₁ -Werte)	
			Mulden- und Lochkorrosion	Flächenkorrosion
≥ 0	I a	praktisch nicht aggressiv	sehr gering	sehr gering
-1 bis -4	I b	schwach aggressiv	gering	sehr gering
-5 bis -10	II	aggressiv	mittel	gering
< -10	III	stark aggressiv	hoch	mittel

In der nachfolgenden Tabelle 9 sind für die untersuchte Bodenprobe die Bewertungsergebnisse auf Bodenaggressivität und Stahlkorrosivität zusammengestellt.

Tabelle 9 Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse auf Bodenaggressivität und Stahlkorrosivität.

Probe- bezeichnung	B-Wert	Boden- klasse	Boden- aggressivität	Korrosionswahrscheinlichkeit	
				Mulden- und Lochkorrosion	Flächenkorrosion
BP1 - MP-2018-04-16	B ₀ = - 10	II	aggressiv		
	B ₁ = - 10			mittel	gering

Die Bodenaggressivität der untersuchten Bodenprobe wird als **aggressiv** eingeschätzt. Die Korrosionswahrscheinlichkeit dieser Bodenprobe wird hinsichtlich Mulden- und Lochkorrosion als **mittel** und hinsichtlich Flächenkorrosion als **gering** beurteilt.

2.6 Bautechnische Beschreibung des Baugrundes

Allgemein besteht folgende Schichtenfolge, wobei selbstverständlich nicht in jedem Aufschluss alle Schichten anstehen:

- Schicht 1a Auffüllungen aus schluffigen Kiesen,
- Schicht 1b Auffüllungen aus Schluffen und Tonen,
- Schicht 2 geogene Schluffe und Tone,
- Schicht 3 Felszersatz.

In der **Anlage 3** sowie in der **Anlage 4** sind die in geologischen Schnitten maßstäblich positionierten Schichtenprofile der Aufschlüsse und die aus diesen entwickelten mutmaßlichen Schichtenverläufen dargestellt.

Auffüllungen

Das Dammmaterial wurde mit der KRB 4 erkundet. Der ca. 4 m hohe Dammkörper besteht aus locker bis mitteldicht gelagerten Auffüllungen aus schluffigen bis stark schluffigen Kiesen.

Die Dammschüttung wird von einer weiteren Auffüllung aus Schluffen und Tonen unterlagert. Diese Schicht wurde in allen 4 Kleinrammbohrungen erkundet und liegt in steifer bis halbfester Konsistenz vor. Die erkundeten Mächtigkeiten der Schicht liegen zwischen ca. 0,70 m und 1,60 m und variiert aufgrund der unterschiedlichen umliegenden Geländehöhen.

Anstehende Böden

Die anstehenden Böden wurden bis maximal 7,70 m unter SO in Form von Lößlehmen aus leicht bis mittelpastisch ausgeprägten Tonen in steifer bis halbfester Konsistenz angetroffen. Darunter befindet sich eine wasserführende Felszersatzzone mit Mächtigkeiten von 0,80 m bis 1,30 m. Die Endteufe der Erkundungen wurde bei allen 7 Aufschlüssen (KRB und DPH) zwischen 131,5 m unter SO und 132,0 m unter SO erreicht und lässt auf das anstehende Festgestein schließen.

3 Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse

3.1 Baugrundmodell, charakteristische Bodenkennwerte

Auf Basis der im Feld durchgeführten Erkundungen, der im Kapitel 2.4 beschriebenen Laboruntersuchungen und der Bodenansprachen hat GEPRO für die vorkommenden Bodenschichten charakteristische Werte der Bodenkenngrößen erarbeitet. Sie sind in der nachfolgenden Tabelle 10 zusammengestellt.

Tabelle 10 Charakteristische Bodenkennwerte für die erdstatische Berechnung.

Bezeichnung	Schicht 1a	Schicht 1b	Schicht 2	Schicht 3
	Auffüllungen aus schluffigen Kiesen	Auffüllungen aus Schluffen und Tonen	Geogene Schluffe und Tone	Felszersatz
Bodenart nach DIN 4023	A (G, s, u' - u*)	A (U, s'-s, g'-g, t'-t)	U, s'-s*, g'-g, t'-t	G, s, u'-u*, t'
Bodengruppe nach DIN 18196	GU* (GU, SU, SU*)	TM (TL)	TL, TM	GU*, (GU, SU, SU*)
Frostempfindlichkeit nach ZTV E-StB	F2 - F3 (gering bis mittel sowie stark frostempfindlich)	F2 - F3 (gering bis mittel sowie stark frostempfindlich)	F2 - F3 (gering bis mittel sowie stark frostempfindlich)	F2 - F3 (gering bis mittel sowie stark frostempfindlich)
Lagerungsdichte nach DIN EN ISO 14688-1	locker bis mitteldicht	-	-	mitteldicht bis dicht

Bezeichnung	Schicht 1a	Schicht 1b	Schicht 2	Schicht 3
	Auffüllungen aus schluffigen Kiesen	Auffüllungen aus Schluffen und Tonen	Geogene Schluffe und Tone	Felsersatz
Konsistenz I_C [-] nach DIN 18122-1	-	weich bis halbfest	steif bis halbfest	-
Wichte (erdfeucht) ¹⁾ γ_k [kN/m ³]	16,5 ²⁾ 18,0 ³⁾	18,5 ²⁾ 19,5 ³⁾ 20,5 ⁴⁾	20,0 ³⁾ 21,0 ⁴⁾	19,0 ³⁾ 21,0 ⁴⁾
Wichte (unter Auftrieb) ¹⁾ γ'_k [kN/m ³]	9 ²⁾ 10,5 ³⁾	8,5 ²⁾ 9,5 ³⁾ 10,5 ⁴⁾	10,0 ³⁾ 11,0 ⁴⁾	11,5 ³⁾ 13,5 ⁴⁾
Reibungswinkel ¹⁾ φ'_k [°]	30 ²⁾ 32,5 ³⁾	22,5 ²⁾ 25,0 ³⁾ 27,5 ⁴⁾	27,5 ³⁾ 30,0 ⁴⁾	35,0 ³⁾ 37,5 ⁴⁾
Kohäsion ¹⁾ c'_k [kN/m ²]	-	5,0 ²⁾ 10,0 ³⁾ 15,0 ⁴⁾	7,5 ³⁾ 10,0 ⁴⁾	-
Steifemodul E_{sk} ⁵⁾ [MN/m ²]	15 ²⁾ 27,5 ³⁾	2 ²⁾ 5 ³⁾ 10 ⁴⁾	5 ³⁾ 10 ⁴⁾	80 ³⁾ 120 ⁴⁾
Durchlässigkeit k_f [m/s]	$10^{-5} - 10^{-8}$	$10^{-7} - 10^{-9}$	$10^{-7} - 10^{-9}$	$10^{-5} - 10^{-8}$

- 1) Die Wichten und Scherparameter wurden auf Basis der EAU Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ [U18] abgeschätzt.
- 2) Die Werte gelten für lockere Lagerung bzw. für weiche Konsistenz.
- 3) Die Werte gelten für mitteldichte Lagerung bzw. für steife Konsistenz.
- 4) Die Werte gelten für dichte Lagerung bzw. für halbfeste Konsistenz.
- 5) Erfahrungsgemäß kann der Steifemodul für die Wiederbelastung bei grob- und gemischtkörnigen Böden mit mindestens mitteldichter Lagerung mit Faktor 2 und bei grob- und gemischtkörnigen Böden mit lockerer Lagerung sowie bei feinkörnigen Böden mit Faktor 3 erhöht werden.

3.2 Beschreibung der Baugrundverhältnisse für die Bildung von Homogenbereichen

In den folgenden Tabelle 11 sind die für die Bildung von Homogenbereichen maßgebenden Bodenkenngrößen aufgelistet. Hierbei wurden den Schichten 1a, 1b, 2 und 3 die Homogenbereiche A, B, C und D zugeordnet. In der Tabelle 11 wurden der Vollständigkeit halber alle 19 in der VOB Teil C 2016 [U20] erwähnten Parameter aufgeführt.

Die für „Erdarbeiten“ geltende ATV DIN 18300, die für „Bohrarbeiten“ geltende ATV DIN 18301 und die für „Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten“ geltende ATV DIN 18304 sind dabei ein Teilregelwerk der VOB Teil C 2016 und für die geplanten Arbeiten relevant. Folglich ist es bei der Angabe von Homogenbereichen notwendig, zu den in den ATV DIN 18300, ATV DIN

18301 bzw. ATV DIN 18304 benannten Bodenkenngrößen auszusagen. Zum leichteren Auffinden sind diese „Pflicht-“Parameter in der Tabelle 11 grün hinterlegt.

Tabelle 11 Maßgebende Bodenkenngrößen für die Festlegung von Homogenbereichen.

Nr.	Eigenschaften/ Kennwerte	Schicht 1a	Schicht 1b	Schicht 2	Schicht 3
		Auffüllungen aus schluffigen Kiesen	Auffüllungen aus Schluffen und Tonen	Geogene Schluffe und Tone	Felszersatz
		Homogenbereiche			
		A	B	C	D
1	ortsübliche Bezeichnung Bodenart nach DIN 4022	A (G, s, u' - u*)	A (U, s'-s, g'-g, t'-t)	U, s'-s*, g'-g, t'-t	G, s, u'-u*, t'
2	Korngrößenverteilung mit Körnungsbändern nach DIN 18123	G 40 - 80 % S 10 - 60 % U 0 - 40 % T 0 - 15 %	G 0 - 10% S 0 - 60% U 25 -100% T 0 - 50%	G 0 - 10% S 0 - 60% U 25 -100% T 0 - 50%	G 40 - 80 % S 10 - 60 % U 0 - 40 % T 0 - 15 %
3	Masseanteil Steine und Blöcke ³⁾ nach DIN EN ISO 14688-1	0 - 5	keine	keine	0 - 10
4	mineralogische Zusammensetzung der Steine und Blöcke nach DIN EN ISO 14689-1	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt
5	Dichte ¹⁾ ρ [kg/m ³]	1.90 - 2.20	1,80 - 2,20	1,80 - 2,20	1.900 - 2.200
6	Kohäsion ¹⁾ c'_k [kN/m ²]	0 - 5	0 - 50	0 - 50	0 - 5
7	undräßierte Scherfestigkeit ¹⁾ $c_{u,k}$ [kN/m ²]	0 - 60	50 - 500	50 - 500	0
8	Sensitivität nach DIN 4094-4	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt
9	Wassergehalt ¹⁾ w [%] nach DIN EN ISO 17892-1	1 - 20	10 - 40	10 - 40	5 - 20
10a	Plastizität ¹⁾ nach DIN EN ISO 14688-1	entfällt	leicht bis mittel plastisch	leicht bis mittel plastisch	entfällt
10b	Plastizitätszahl I_p [%] nach DIN 18122-1	entfällt	-	-	entfällt
11a	Konsistenz ¹⁾ nach DIN EN ISO 14688-1	entfällt	weich bis halbfest	weich bis halbfest	entfällt

Nr.	Eigenschaften/ Kennwerte	Schicht 1a	Schicht 1b	Schicht 2	Schicht 3
		Auffüllungen aus schluffigen Kiesen	Auffüllungen aus Schluffen und Tonen	Geogene Schluffe und Tone	Felsersatz
		Homogenbereiche			
		A	B	C	D
11b	Konsistenz ¹⁾ I_c [-] nach DIN 18122-1	entfällt	-	-	entfällt
12	Durchlässigkeit k_f [m/s]	$10^{-3} - 10^{-6}$	$10^{-7} - 10^{-10}$	$10^{-7} - 10^{-10}$	$10^{-4} - 10^{-7}$
13	Lagerungsdichte nach DIN EN ISO 14688-2	locker bis dicht	entfällt	entfällt	dicht bis sehr dicht
14	Kalkgehalt nach DIN 18129	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt
15	Sulfatgehalt nach DIN EN 1997-2	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt
16	organische Anteile ¹⁾ [%] nach DIN 18128	0 - 3	0 - 5	0 - 5	0 - 3
17	Benennung und Beschreibung von organischen Böden nach DIN EN ISO 14688-1	entfällt	entfällt	entfällt	entfällt
18	Abrasivität ⁴⁾ nach NF P18-579	abrasiv - stark abrasiv	n. b.	n. b.	abrasiv - stark abrasiv
19	Bodengruppe ²⁾ nach DIN 18196	GU* (GU, SU, SU*)	TM (TL)	TL, TM	GU*, (GU, SU, SU*)
-	Boden- und Felsklasse nach DIN 18300:2012	Klasse 3 - 4	Klasse 4	Klasse 4	Klasse 3 - 4

1) Erfahrungswerte.

2) Die in Klammer aufgeführten Bodengruppen treten nur untergeordnet auf, so dass sie die Böden nicht maßgebend beschreiben.

3) Schätzwert. Ein genauer Wert kann aufgrund des Aufschlussverfahrens nicht ermittelt werden.

4) Die Abrasivität wurde nicht bestimmt, da die geltende Norm NF P18-579 den Versuch an einer Körnung von 4,0 mm - 6,3 mm vorschreibt und dieser Anteil bei den untersuchten Proben nur ca. 1% beträgt.

Die Lagen, Schichtdicken und Längenausdehnungen der einzelnen Schichten bzw. Homogenbereiche können den in **Anlage 3** sowie **Anlage 4** beigefügten Baugrundschnitten entnommen werden.

3.3 Grundwasserstände

In den 3 tiefer reichenden Kleinrammbohrungen wurde Bodenwasser erstmalig in Höhe der Schichtgrenze zwischen den geogenen Schluffen und Tonen sowie dem Felszersatz bei ca. 133,0 m NHN angeschnitten.

Für zusätzliche Informationen über die Grundwasserstände hat GEPRO auch ältere Bohrprofile von nahe der EÜ hergestellten Bohrungen ausgewertet, die im Archiv des baden-württembergischen Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) registriert sind. Die bei diesen Aufschlüssen ermittelten Wasserstände sind in der folgenden Tabelle 12 zusammengefasst, wobei die hier abgebildeten 4 Kernbohrungen nicht weiter als 150 m neben der EÜ hergestellt wurden.

Tabelle 12 Übersicht über die Wasserstände bei den aktuellen Erkundungen sowie aus den Archivunterlagen.

Aufschluss- bezeichnung	Herkunft	Datum	Höhe des Ansatzpunktes [m NHN]	Tiefe beim Anbohren des Wassers [m NHN]	Wasserstand im Ruhezustand [m NHN]
KRB 1	GEPRO	26.03.2018	137,00	133,20	1)
KRB 2	GEPRO	26.03.2018	137,20	133,00	1)
KRB 3	GEPRO	26.03.2018	136,00	132,00	1)
Bohrung 213 (Kernbohrung d = 225 mm)	Archiv des LGRB	1947	138,43	133,63	135,43
Bohrung 214 (Kernbohrung d = 225 mm)	Archiv des LGRB	1947	137,67	134,17	134,87
Bohrung 1650 (Kernbohrung d = 178 mm)	Archiv des LGRB	22.04.2015	137,63	133,03	135,55
Bohrung 1651 (Kernbohrung d = 178 mm)	Archiv des LGRB	22.04.2015	137,03	133,13 - 132,33	135,09

- 1) Die verlässliche Beobachtung eines Wasseranstieges oder -absinkens ist im Bohrloch einer KRB nicht möglich.

Weil bei allen 4 Kernbohrungen das angeschnittene Bodenwasser im Bohrloch bis in Höhe der bei der 134,9 m NHN bis 135,5 m NHN befindlichen Oberkante des natürlichen Geländes angestiegen war, muss davon ausgegangen werden, dass innerhalb der kiesigen Felszersatzzone des Muschelkalkes Grundwasser fließt, welches aufgrund seiner Überdeckung mit gering wasserdurchlässigen Schluffen und Tonen unter Druck steht und bei einer entsprechenden Entspannung bis an die Geländeoberfläche artesisch aufsteigt.

Der Bau- und der Bemessungs-Grundwasserstand berücksichtigen daher die Druckhöhe des gespannten Grundwassers.

Als Bau-Grundwasserstand wird ein Grundwasserstand definiert, der im wenige Monate dauernden Zeitraum typischerweise vorhanden ist bzw. zu etwa 95 % der Bauzeit nicht überschritten wird. Dementsprechend kann er mehrfach im Jahr bei besonderen Einzelereignissen überschritten werden. Er gilt für die Bemessung von Baugrubenverbauen und ähnlichen Baubehelfen sowie für die Dimensionierung von erforderlichen Wasserhaltungen. Mit ihm soll in Abwägung von Kosten und Risiken eine wirtschaftliche Gestaltung von Baubehelfen und Wasserhaltungen unter Inkaufnahme gelegentlicher Zusatzmaßnahmen (z. B. Arbeitsunterbrechungen, Instandsetzung von Baubehelfen) ermöglicht werden.

Der Bemessungs-Grundwasserstand wird als höchster, für die Bemessung von Dauerbauwerken (z. B. hinsichtlich Auftriebssicherheit, Abdichtung, Durchflussquerschnitten) maßgebender Grundwasserstand definiert. Bei ihm handelt es sich um einen während der Nutzungs- bzw. Lebensdauer zu erwartenden höchsten Grundwasserstand, den das Bauwerk schadlos ertragen können muss.

Es ist für Brückenbauwerke gängige Praxis, hierfür einen statistisch 1-mal in 100 Jahren auftretenden höchsten Grundwasserstand (= HGW100) zu verwenden.

Aufgrund der geringen Anzahl an Messwerten können die aus ihnen entwickelten Bau- und Bemessungs-Grundwasserstände nur zur groben Abschätzung dienen. Zur Absicherung dieser Angaben sollten im Los 5 an den GWM und an den Höhenmarken der 3 über Gewässer führenden EÜ weiterhin Wasserstände gemessen und ausgewertet werden.

Die Höhe des **Bauwasserstandes** wird wie folgt empfohlen:

- a) wenn sicher gestellt werden kann, dass die den Grundwasserleiter im Felsersatz abdeckende Schluff- und Tonschicht wenigstens etwa 1,0 m mächtig bleibt - wenn also nicht tiefer als 134,0 m NHN ausgehoben wird - kann davon ausgegangen werden, dass die **Baugrube weitgehend frei von Bodenwasser** bleibt und dass bauzeitlich im Wesentlichen nur Oberflächenwasser zu beseitigen ist, **oder**
- b) wenn tiefer als 134,0 m NHN ausgehoben wird bzw. wenn der Baugrund tiefer als 134,0 m NHN wird, muss davon ausgegangen werden, dass das im Felsersatz fließende Grundwasser bis in Höhe der Geländeoberfläche ansteigt.
Unter Berücksichtigung der laut Tabelle 12 bereits gemessenen Wasserspiegel empfehlen wir, dann von einem bauzeitlichen Wasserspiegelanstieg auf **135,50 m NHN** auszugehen.

Bei dem Bemessungswasserstand sollte berücksichtigt werden, dass sich das gespannte Grundwasser im Lauf der Nutzungsdauer der EÜ auch entspannen kann, ohne dass dann die Brücke gefährdet sein darf. Außerdem gibt GEPRO einen Sicherheitszuschlag von 0,50 m auf den bisher gemessenen höchsten Wasseranstieg, wobei dabei wiederum vorsorglich daran gedacht wurde, dass künftige Geländemodellierungen mit Aufhöhungen der Geländeoberfläche nicht ausgeschlossen werden können. Angesichts dieser Überlegungen empfiehlt GEPRO einen **Bemessungswasserstand** in einer Höhe von **136,00 m NHN** und somit nahezu in der Höhe der Oberkante der Straße im Durchfahrtsbereich unterhalb der EÜ.

Das Vorhandensein einer unweit bei ca. Bahn-km 7,060 neu errichteten weiteren EÜ mit einer zugehörigen, als wasserdichtes Trogbauwerk ausgebildeten Straßenwanne erhärtet die Vermutung von bei Entspannung hoch ansteigendem Grundwasser.

Aufgrund der geringen Anzahl und der bereits älteren Messwerte können die aus ihnen entwickelten Bau- und Bemessungs-Grundwasserstände nur zur groben Abschätzung dienen. Zur Absicherung dieser Angaben sollten möglichst eigene Messungen von Wasserständen aus der näheren Umgebung erfolgen.

Zur Entscheidung über einen günstigen Zeitraum zur Bauausführung und zur Beweissicherung wird empfohlen, dicht neben der EÜ eine Grundwassermessstelle einzurichten und an dieser die Wasserstände einzumessen.

(Obwohl sich in unmittelbarer Nähe zu der zu begutachtenden EÜ zwei neu errichtete EÜ befinden, war es GEPRO trotz Nachfragen nicht möglich, die für deren Herstellung nötig gewesenen hydrologischen Aussagen zu beschaffen.)

Vernässungen oder Sickerwasseraustritte wurden in den Böschungen des Bahndammes nicht festgestellt.

3.4 Erdbebengefährdung und Frosteinwirkungsgebiet

Das Baugebiet gehört gemäß [U21] zu der Erdbebenzone 1.

Der Standort ist gemäß Ril 836.4101A04 dem Frosteinwirkungsgebiet I zuzuordnen.

4 Bautechnische Empfehlungen

4.1 Gründungsempfehlung

Die Widerlager der neuen Brücke können entweder mittels flächenhaft tragenden Flachgründungen oder punktuell oder scheibenartig tragenden Tiefgründungen gegründet werden.

Flachgründung

Aus den Bestandsplänen ist zu entnehmen, dass die bestehende Brücke in einer Höhe von etwa 134,4 m NHN und etwa 134,1 m NHN flach gegründet ist.

Die Bestandsbrücke zeigt keine auf Tragfähigkeitsmängel des Untergrundes hinweisende Schäden oder Mängel, so dass diese Gründungsform als bewährt gelten kann.

Da Art und Zustand der vorhandenen Gründungen nicht bekannt sind, sollten diese bei der Bemessung von eventuellen neuen Flachgründungen nicht nur nicht berücksichtigt, sondern möglichst auch vollständig zurückgebaut werden.

Bei Entscheidung für eine Flachgründung wird zur Vermeidung des Anschneidens des im Felsersatz vorhandenen gespannten Grundwasserleiters empfohlen, die neue Gründungsebene nicht wesentlich tiefer als die bisherige zu wählen. GEPRO empfiehlt, von einer einheitlichen Sohlhöhe von 134,2 m NHN auszugehen. Sich durch den Rückbau der Altgründungen ergebende tiefere Aushübe von wenigen Zentimetern sollten abschnittsweise erfolgen und umgehend durch Auffüllen mit einem fließfähigen Beton verfüllt werden.

Gemäß den Baugrundaufschlüssen stehen in Höhe der empfohlenen Flachgründungssohle geogene Schluffe und Tone mit steifer bis halbfester Konsistenz an.

Zur Schaffung einer gleichmäßig ebenen und die Bewehrungen gut tragenden Arbeitsebenen in Höhe der Gründungssohle wird empfohlen, die gesamte Baugrubensohle mit leichtem Gerät zu planieren und ohne Nachweis (z. B. mit einer Schwingverdichterplatte) nachzuverdichten sowie möglichst zeitnah nach dem Ausheben mit einer Sauberkeitsschicht aus 10 cm faserbewehrtem Beton abzudecken. Diese Schicht dient dabei zugleich auch als konstruktive Sperre gegen aufsteigende Grundwasser, ohne dass diese zugleich wasserdicht sein muss.

Die Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands lassen sich aus der Tabelle A 6.7 der aktuell gültigen DIN 1054:2010-12 [U8] „Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands für Streifenfundamente auf tonigem schluffigem Boden (UL, TL, TM nach DIN 18196) mit Breiten b bzw. b' von 0,50 m bis 2,00 m“ entnehmen. Diese angegebenen Bemessungswerte sind abhängig von der kleinsten Einbindetiefe des Fundamentes sowie von der mittleren Konsistenz des Untergrundes. Die Tabelle A 6.7 von [U8] ist in der nachfolgenden Tabelle 13 wiederholt.

Tabelle 13 Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands nach Tabelle A 6.7 der DIN 1054:2010-12.

kleinste Einbindetiefe des Fundaments	Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands [kN/m ²] mittlere Konsistenz		
	steif	halbfest	fest
0,50 m	210	310	460
1,00 m	250	390	530
1,50 m	310	460	620
2,00 m	350	520	700

Anmerkung: Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands und damit keine „aufnehmbaren Sohlrücke“ nach DIN 1054:2005-01 und auch keine „zulässigen Bodenpressungen“ nach DIN 1054:1976-11.

Voraussetzung für die Anwendung der vorstehend genannten Bemessungswerte ist eine waagerechte Fundamentsohle und ein annähernd waagerechter Verlauf von Geländeoberfläche und Schichtgrenzen. Der Lasteintrag in das Fundament muss annähernd mittig erfolgen und das Fundament selbst darf nicht regelmäßig oder überwiegend dynamisch beansprucht werden.

Bei einer steifen Konsistenz und einer angenommenen Einbindetiefe von 1,0 m ergibt sich laut Tabelle A 6.7 ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes von 250 kN/m².

Gemäß DIN 1054:2010-12 [U8] kann es bei Anwendung der in Tabelle A 6.7 genannten Werte für die Bemessung des Sohlwiderstandes bei mittig belasteten Fundamenten zu Setzungen in Größenordnungen von 2 bis 4 cm kommen. Diese werden jedoch weit überwiegend während der die Belastungen eintragenden Bautätigkeit entstehen, so dass sie für die Brücke und für die Gleisanlagen unschädlich sein werden.

Außerdem sind die unter den Fundamenten verbleibenden Schluffe und Tone nur noch etwa 2 m mächtig und werden von dem wenig kompressiblen Felsersatz und dem darunter folgenden Festgestein unterlagert. Folglich die Setzungen noch geringer ausfallen, als es in DIN 1054:2010-12 gemutmaßt wird.

Die Aushub- bzw. Austauschsohlen sollten von einem Sachverständigen für Geotechnik abgenommen werden.

Tiefgründung

Alternativ zu einer Flachgründung kann auch eine Tiefgründung erfolgen.

Diese sollte in dem etwa 4 m unter der Geländeoberfläche bei schätzungsweise etwa 131,5 m NHN beginnenden Festgesteinshorizont abgesetzt werden.

Wegen des nur schwer bohrbaren und nicht rammbaren Festgesteinsuntergrundes und wegen der sensiblen Nachbarbebauung sind als wirtschaftliche Tiefgründung einzig Bohrpfähle oder Mikrobohrpfähle sinnvoll.

Die Bohrpfähle müssen mindestens 2,50 m in den tragfähigen Untergrund eingebunden werden. Folglich sollten die Pfähle zur Gewährleistung eines sicheren Absetzens in den massiven Fels eine planmäßige Unterkante bei 130,5 m NHN oder tiefer erhalten.

Die Bohrpfähle sind mit Verrohrung herzustellen. Es sind die Auflagen der DIN 4014 zu beachten. Weil das Grundwasser bis zur Geländeoberkante reichend gespannt ist, muss zur Gewährleistung einer ausreichenden Wasserauflast in der Verrohrung mit einer gegenüber dichteren Bentonitsuspension gebohrt werden. Zudem ist der Bohrer so langsam ein- und auszufahren, dass schädliche Kolbenpumpeneffekte mit entsprechenden Über- und Unterdrücken auf der Bohrlochsohle nicht zu entstehen können.

Für die Bemessung einer Bohrpfahl und Mikrobohrpfahlgründung können in Anlehnung an die Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ (EA-Pfähle) [U16] angesetzt werden.

Die Pfähle sollten dabei generell ohne Mantelreibung, sondern allein auf Spitzendruck bemessen werden.

Dabei sollten die tragend wirkende Mantelreibung vernachlässigt werden und darf die als Anhängelast wirkende negative Mantelreibung negiert werden.

Die charakteristischen Werte des Pfahlsitzendruckes können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 14 Bruchwerte des Pfahlsitzendruck $q_{b,k}$ in Anlehnung an EA-Pfähle [U16].

bezogene Pfahlkopfsetzung s/D_s	Pfahlsitzendruck $q_{b,k}$ (Bruchwert) [kN/m ²] (Einbindung $\geq 2,5$ m in das Festgestein)
0,02	3.500
0,03	4.500
0,1 ($\approx s_g$)	10.000

4.2 Bauzeitliche Wasserhaltung

Für die beiden empfohlenen Gründungsvarianten wird eine Grundwasserabsenkung nicht erforderlich.

Hierbei wird unterstellt, dass die Baugrubensohlen so hoch liegen, dass eine das gespannte Grundwasser sperrende Decke aus Schluffen und Tonen (Schicht 2) verbleibt.

Zur Trockenhaltung der Baugrube von Oberflächen- und Regenwasser ist eine offene Wasserhaltung aus z. B. einem Einseitgefälle der Grubensohle und einem (möglichst wenig tief einschneidenden) Pumpensumpf ausreichend.

Falls der gespannte Grundwasser führende Felsersatz angeschnitten bzw. wenn die Sperrwirkung der überdeckenden Schluffe und Tone (Schicht 2) zu stark beeinträchtigt wird, kann anhand der bisherigen Untersuchungen nur sehr ungenau abgeschätzt werden, welcher Wasserandrang sich dann ergeben wird. Diese begründet sich damit, dass der Wasserandrang stark von der Dicke der Felsersatzschicht und von der Größe und Verteilung der Klüfte im darunter folgenden Festgestein des Muschelkalkes abhängig ist.

Für eine grobe Näherung kann bei Annahme eines kluft- bzw. spaltenfreien Felsersatzes davon ausgegangen werden, dass dieser eine mittlere vertikale Wasserdurchlässigkeit $k_f = 5 \cdot 10^{-5}$ m/s aufweist und dass das Bodenwasser unter Negierung der Sperrwirkung der Schluffe und Tone mit einem hydraulischen Gradienten I von 1,0 aus der Sohlfläche aufsteigt.

4.3 Baugrubensicherung

4.3.1 Frei geböschte Baugrube

In Übereinstimmung mit der DIN 4124 [U9] können Baugruben und Gräben bis zu einer Tiefe von 1,25 m ohne besondere Sicherung mit senkrechten Wänden hergestellt werden. Bei Tiefen zwischen 1,25 m und 1,75 m ist bei senkrechten Wänden eine Kopfabböschung bzw. Kopfsicherung mit einer Saumleiste notwendig.

Bei größeren Tiefen sind die Baugruben vollständig abzuböschten oder es ist ein geeigneter Verbau vorzusehen.

Für das Bauvorhaben können in Anlehnung an die DIN 4124 [U9] Baugruben aus steifen bindigem Material mit einem Böschungswinkel von $\beta \leq 60^\circ$ hergestellt werden.

Dieser zulässige Böschungswinkel gilt für trockene Böschungen und somit nur bei einer vorherigen Absenkung des Grundwassers. Weitere Bedingungen für die Gültigkeit dieses Böschungswinkel sind eine Böschungshöhe < 5 m, eine kurzzeitige Standdauer und ein belastungsfreier Streifen an der Böschungsoberkante von mindestens 1,0 m Breite bei leichten Baufahrzeugen bis 12 t Gesamtmasse bzw. von mindestens 2,0 m Breite bei schwererem Gerät. Geringere Böschungsneigungen können erforderlich werden, wenn starke Erschütterungen durch Verkehr, Ramm- oder Verdichtungsarbeiten auftreten oder zu erwarten sind.

4.3.2 Verbau

Falls ein Baugrubenverbau notwendig werden sollte, soll dieser die das gespannte Grundwasser abdeckenden Schluffe und Tone (Schicht 2) möglichst wenig lockern. Deshalb sollte vorzugsweise eine Spundwand zum Einsatz kommen. Deren Bohlen sollten ohne Lockerungsbohrungen und erschütterungsarm eingebracht werden. Weil der bereits in geringer Tiefe anstehende Felsersatz und dessen unterlagerndes Festgestein sehr schwer bzw. nicht rammbare sind, sollte die Spundwand als frei aufgelagertes System bemessen werden.

Horizontale Bettung der Spundwände

Gemäß Abschnitt 4 der Empfehlung EB 102 der EAB [U17] darf der Bettungsmodul $k_{sh,k}$ näherungsweise aus dem Steifemodul $E_{sh,k}$ abgeleitet werden. Für Spundwände gilt dabei näherungsweise der Ansatz:

$$k_{sh,k} = \frac{E_{sh,k}}{t_B}$$

EB 102 der EAB schreibt hierzu:

„Maßgebend ist hierbei die von der Bettung erfasste Einbindetiefe t_B . Bei Wänden, die länger sind als statisch erforderlich, darf die von der Bettung erfasste Tiefe t_B näherungsweise aus der statischen erforderlichen Einbindelänge ermittelt werden.“

und

„Der Steifemodul $E_{sh,k}$ ist dem zu erwartenden Spannungsbereich zu entnehmen. Ist nur der Steifemodul E_s für die Vertikalspannung bekannt, dann ist dieser näherungsweise mit dem Faktor $0,5 \leq f \leq 1,0$ aus der Horizontalbeanspruchung umzurechnen.“

Üblicherweise wird bei nichtbindigen Böden ein Faktor $f = 0,5$ und bei bindigen Böden ein Faktor $f = 1,0$ verwendet.

In der EB 102 der EAB sind auch Anhaltswerte für den Bettungsmodul unter Wasser angegeben. In Anlehnung an diese Anhaltswerte können für die Vorbemessung die in Tabelle 15 aufgelisteten horizontalen Bettungsmoduln verwendet werden. Für Böden unter Auftrieb werden die Kennwerte auf der sicheren Seite liegend halbiert.

Tabelle 15 In Anlehnung an die EAB [U17] ermittelte Bettungsmoduln $k_{sh,k}$ für unter Wasser liegende bindige Böden.

Schicht	Baugrundschrift	Bettungsmodul $k_{sh,k}$ [MN/m ³]
	Absoluthöhe der Schichtunterkante Bodenart	
1a	ca. 134,0 m NHN Auffüllungen aus schluffigen Kiesen <i>locker bis mitteldicht</i>	-
1b	ca. 135,0 m NHN Auffüllungen aus Schluffen und Tonen <i>weich bis halbfest</i>	-
2	ca. 133,5 m NHN geogene Schluffe und Tone <i>steif bis halbfest</i>	1,5

Rückverankerung

Wenn aus statischen Gründen eine Rückverankerung der Verbauwände erforderlich werden sollte, sollten deren Verankerungsstrecken vorzugsweise in den mindestens steifen geogenen Schluffen und Tonen (= Schicht 2) platziert werden.

Eine Abschätzung bzw. Vordimensionierung von verpressten Ankern mit Krafteintragungslängen von mindestens 5 m kann unter Verwendung der in der nachstehenden Tabelle 16 genannten Mantelreibungswerte erfolgen.

Tabelle 16 Erfahrungswerte für die charakteristische Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ für verpresste Mikropfähle ($D_a \leq 0,30$ m) in nichtbindigen und in bindigen Böden gemäß EA-Pfähle [U16].

Schicht	Baugrundschrift	Mantelreibung (Bruchwert) $q_{s,k}$ [kN/m ²]
	Absoluthöhe der Schichtunterkante Bodenart	
1a	ca. 134,0 m NHN Auffüllungen aus schluffigen Kiesen <i>locker bis mitteldicht</i>	-
1b	ca. 135,0 m NHN Auffüllungen aus Schluffen und Tonen <i>weich bis halbfest</i>	-
2	ca. 133,5 m NHN geogene Schluffe und Tone <i>steif bis halbfest</i>	55 - 65

Gemäß [U3] sollen die Erfahrungswerte für die charakteristische Pfahlmantelreibung bei Zugpfählen nur im Ausnahmefall für die Bemessung zu Grunde gelegt werden. Stattdessen sollen die Ergebnisse von Anker- bzw. Zugpfahlprüfungen für die Bemessung verwertet werden.

Da es sich im vorliegenden Fall um die Bemessung von temporären Baubehelfen in geringem Umfang handelt, genügt für deren Dimensionierung der Ansatz der in Tabelle 16 genannten, auf der sicheren Seite liegenden Erfahrungswerte. Es wird jedoch empfohlen, das Vorhandensein dieser Werte vor Beginn der Bauausführung nachzuweisen.

4.4 Hinweise zu Hinterfüllbereichen und Dammschüttungen

Hinterfüllbereiche

Nach Ril 836.4106 [U2] sind Übergänge im Anschlussbereich an Kunstbauwerke anzuordnen. Diese sollen Setzungssprünge infolge von Eigensetzungen hinter den Widerlagerwänden vermeiden sowie zur Kompensierung der unterschiedlichen Steifigkeiten beitragen.

Bei Herstellung von Baugruben mit freien Böschungen empfiehlt GEPRO, für die EÜ km 7,182 das Bild 2 von Modul 836.4106A01 zu verwenden.

Zusätzlich zum Bild 2 sind folgende Modifikationen zu berücksichtigen (siehe Bild 3):

- A) Zumindest die obersten 2,0 m der Hinterfüllungen sollten deutlich flachere Verzahnungskeile mit dem Anschlussdamm als die im Bild 2 von Modul 836.4106A01 erwähnte Neigung „ $\leq 1:1$ “ aufweisen, um den Übergang auf eine größere Länge zu verteilen. Diese Neigung sollte mindestens die „ $\leq 1:3$ “ von Bild 6 von Modul 836.4106 A01 erfüllen.
- B) Die Keilenden sollten nicht „ $2 \cdot H$ bzw. $\geq 5,00 \text{ m}$ “, sondern wenigstens 10 m hinter dem jeweiligen Widerlagerende liegen.
- C) Die in den Anschlussdämmen geplante Schutzschicht sollte auch über die kompletten Hinterfüllungskeile geführt werden. Das schließt auch eventuelle Bodenverbesserungen mit Bindemitteln ein, die auch das Hinterfüllungsmaterial erfassen und bis dicht an die Widerlager reichend durchgeführt werden sollten.
Ggf. von den Anschlussdämmen abweichend sollte die Schutzschicht wenigstens 10 m über die Spitzen der Hinterfüllkeile in die freie Strecke hinreichend mindestens 30 cm dick und in ihrer oberen Lage gering wasserdurchlässig mit KG 1 ausgebildet werden.

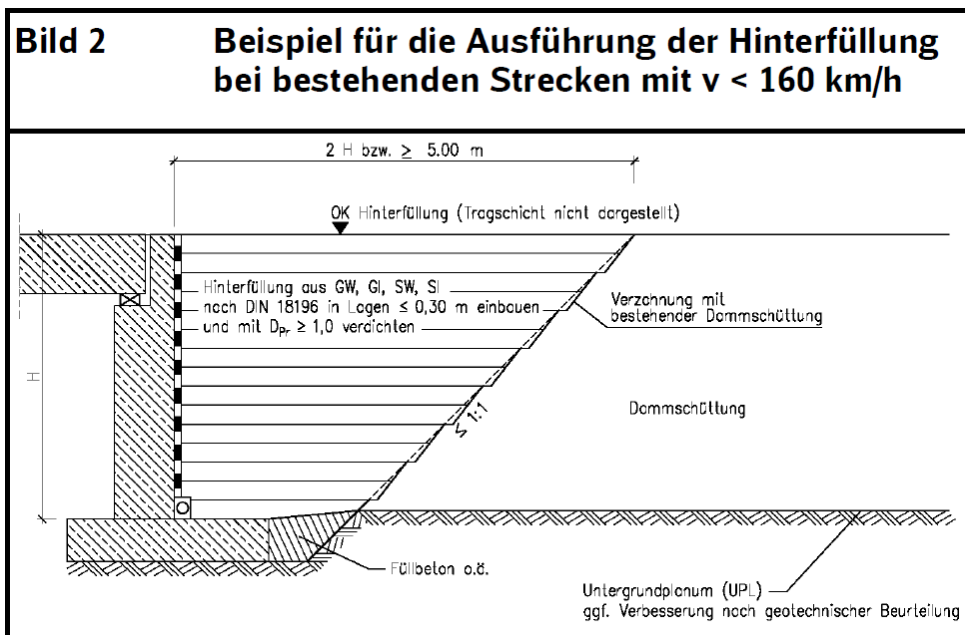


Bild 3 Bild 2 von Modul 836.4106A01.

Alternativ ist auch eine Herstellung des Hinterfüllbereiches mit senkrechtem Verbau nach Ril 836.4106A01 Bild 3 möglich.

Dammböschungen

Die Ausbildung der Dammböschungen soll gemäß den Vorgaben der Module 836.4101 und 836.4102 [U2] erfolgen.

Gemäß dem Aufschluss KRB 4 ist der Bestandsdamm aus Auffüllungen aus schluffigen bis stark schluffigen Kiesen (= Schicht 1a) aufgebaut.

Für Lockergesteinsböschungen aus gemischt- und feinkörnigen Böden mit Dammhöhen von 0 m bis 6 m gilt eine Regelneigung von 1:1,6.

4.5 Abfallrelevante Untersuchungen

Im Bereich der EÜ km 7,182 wurden keine umwelttechnischen Analysen an Schottermischproben des Bestandsgleises durchgeführt.

Für die Deklarationsanalyse zur abfall- und umwelttechnischen Beurteilung der geplanten Ausbaumassen aus dem Hinterfüllbereich der EÜ km 61,138 werden Untersuchungen nach VWV Boden Baden-Württemberg erforderlich.

Die bindigen Auffüllungen und Böden sind nur für Geländeregulierungsarbeiten geeignet und sollten unterhalb von Verkehrsflächen nicht wieder eingebaut werden.

5 Zusammenfassung

Die DB Netz AG, Regionalbereich Südwest plant im Verlauf der Eisenbahnstrecke 4200 Karlsruhe - Mühlacker den Ersatzneubau der Eisenbahnüberführung bei km 7,182.

Zur Beurteilung des Baugrundes wurden insgesamt 4 KRB und 3 DPH angelegt. Die erzielten Aufschlusstiefen liegen ca. bei 5,00 m unter GOK.

An 7 ausgewählten Bodenproben wurden geotechnische Untersuchungen durchgeführt. Auf Grundlage der Ergebnisse wurden 4 Homogenbereiche gebildet und die entsprechenden Kenngrößen benannt.

Weiter wurden Untersuchungen hinsichtlich Betonaggressivität und Stahlkorrosivität an einer Boden- und einer Grundwasserprobe durchgeführt. Die chemischen Analysen wurden bewertet und entsprechende Klassen zugeordnet.

Es wurden 2 mögliche Gründungsempfehlungen gegeben. Zum einen mittels flächenhaft tragenden Flachgründung, in ähnlicher Form zur Bestandsgründung. Zum anderen als punktuell oder scheibenartig tragende Tiefgründung.

In beiden Fällen soll die Baugrube aufgrund des gespannten Grundwassers möglichst hoch liegen, damit eine ausreichend dicke Sperrschicht aus den anstehenden Schluffen und Tonen verbleiben kann und eine Grundwasserabsenkung nicht notwendig wird. Zur Trockenhaltung der Baugrube wird dennoch eine offene Wasserhaltung empfohlen.

Zudem wurden Hinweise zur Herstellung Baugruben sowie der Hinterfüllbereiche und den Abfallrelevanten Untersuchungen gegeben.

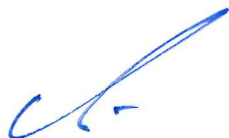
6 Hinweise zu geotechnischen Untersuchungen

Weil Baugrundaufschlüsse und Probenahmen nur punktuell sind, lassen sich durch diese Schichtgrenzen und Schichtenverlauf sowie typische Materialeigenschaften nur näherungsweise erfassen. Von den aus den untersuchten Stellen gewonnenen Informationen wurde auf die benachbarten, nicht durch Aufschlüsse untersuchten Bereiche gefolgert.

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass Aufschlüsse in Boden und Fels gemäß DIN 4020 [U5] als Stichproben zu bewerten sind. Die davon abgeleiteten Schlussfolgerungen für dazwischen liegende Bereiche können trotz großer Sorgfalt nur als Wahrscheinlichkeitsausagen betrachtet werden, bei denen ein Baugrundrisiko (Restrisiko) verbleibt.

Sofern im Zuge weiterer Arbeiten Baugrundverhältnisse festgestellt werden, deren Beschaffenheit von den erkundeten bzw. festgestellten Verhältnissen abweichen, sollte dringend Rücksprache gehalten werden.

Dresden, den 11.06.2018



Dipl.-Ing. Steffen Müller
Geschäftsführer



h.A. 

Dipl.-Ing. (FH) Steffen Hoffmann
Projektingenieur

Verteiler - Frau Motz (DB Netz AG)

2 x Papier, digital.