



DB Engineering & Consulting GmbH
Region Südwest
Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
(I.TV-SW-U)
Gartenstraße 76-78
76135 Karlsruhe
www.db-engineering-consulting.de

Abfall- und Geotechnischer Kurzbericht

Projekt: Strecke 4200 Karlsruhe - Mühlacker
Ern. Streckenfernmeldekabel F4028

Teilprojekt: Neubau Kabelquerungen
km -0,170 (Maßnahme 26),
km 8,990 (Maßnahme 59) &
km 11,375 (Maßnahme 76)

Auftraggeber: DB Kommunikationstechnik GmbH
Projektzentrum Karlsruhe
Lammstraße 19
76133 Karlsruhe

Projektnummer DB E&C: P-KA00928

Bearbeiter: Dipl. Geol. Sebastian Bauersfeld

Dieser Kurzbericht umfasst 24 Seiten und 6 Anlagen und darf auszugsweise nicht veröffentlicht werden.

Karlsruhe, den 22.04.2020

i. A.

f. Dipl. Geol. M. Gaiser

Digital unterschrieben von Tang, Uwe
DN: cn=Tang, Uwe,
email=uwe.u.tang@deutschebahn.co
m, c=DE
Datum: 2020.04.22 14:15:46 +02'00'

i. A.

Dipl. Geol. S. Bauersfeld



Inhaltsverzeichnis	Seite
Einleitung	4
1.1 Unterlagen	4
1.2 Vorgang / Aufgabenstellung	5
1.3 Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen	5
2 Beschreibung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse	7
2.1 Örtlichkeit	7
2.2 Kampfmittelbelastung	7
2.3 Baugrundverhältnisse	7
2.3.1 Querung km -0,170 in Durlach	8
2.3.2 Querung km 8,990 in Söllingen	9
2.3.3 Querung km 11,375 in Singen	10
2.4 Homogenbereiche nach VOB-C	11
2.5 Geotechnische Kategorien	11
2.6 Einbringbarkeit von Bauteilen in den Untergrund	11
2.7 Beton- und Stahlaggressivität des Bodens	12
3 Geotechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen Querungen	14
3.1 Rohrvortrieb allgemein	14
3.1.1 Bodenentnahmeverfahren	14
3.1.2 Bodenverdrängungsverfahren (z.B. Erdrakete)	14
3.1.3 Spülbohrverfahren	15
3.2 Querung km -0,170 in Durlach	15
3.3 Querung km 8,990 in Söllingen	16
3.4 Querung km 11,375 in Singen	16
3.5 Wiederverfüllung der Start- und Zielgruben	17
3.6 Setzungen bei Bodenentnahmeverfahren	17



3.7	Baugrubensicherung und Wasserhaltung	18
3.7.1	Einfluss der Baumaßnahmen auf die angrenzende Bebauungen	19
3.7.2	Bautechnische Hinweise	19
3.8	Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen	20
4	Abfalltechnische Betrachtung	21
4.1	Untersuchungsumfang	21
4.2	Bodenmischproben	21
4.3	Verwertung / Beseitigung	22
5	Zusammenfassung / Schlussbemerkungen	23
Anlagenverzeichnis		
Anlage 1	Abkürzungsverzeichnis	1 Blatt
Anlage 2	Lage- und Aufschlusspläne	3 Blatt
Anlage 3	Bohr-, Sondier- und Schurfprofile	3 Blatt
Anlage 4	Homogenbereiche nach VOB C	12 Blatt
Anlage 5	Fotodokumentation	6 Blatt
Anlage 6	Umweltchemische Laborversuche	13 Blatt

Einleitung

1.1 Unterlagen

Bei der Erstellung dieses Kurzberichtes kamen neben den gegenwärtig gültigen Normen und Vorschriften des Erd- und Grundbaus nachstehende Unterlagen zur Anwendung:

- /U 1/ Ausführungsplanung „Projekt Kupferkabel Reinvest__F4091“, Lageplan TK; Plannr. 4000_0102/01_EB; DB Kommunikationstechnik GmbH, 13.09.2019
- /U 2/ Ausführungsplanung „Projekt Kupferkabel Reinvest__F4091“, Lageplan TK; Plannr. 4200_01_/01_AL; DB Kommunikationstechnik GmbH, 25.01.2019
- /U 3/ Ausführungsplanung „Projekt Kupferkabel Reinvest__F4091“, Lageplan TK; Plannr. 4200_0101/01_AN; DB Kommunikationstechnik GmbH, 28.01.2019
- /U 4/ Ergebnisse der Aufschlussarbeiten der Fa. WST GmbH, Eppelheim, März 2020
- /U 5/ Prüfberichte UAU-20-0042582/01-1, UAU-20-0042582/02-1 und UAU-20-0042582/03-1bis -762526 des chemischen Labors der SYNLAB Analytics & Services Germany GmbH, Augsburg, April 2020
- /U 6/ Geotechnischer Bericht „Bf. Karlsruhe-Durlach, Gleis 1 und W50&W51“ augeon GmbH & Co. KG, Karlsruhe, 09.01.2012
- /U 7/ Abfall- und Geotechnischer Bericht „Ern. Kreuzungsbauwerk Durlach Strecke 4000 km 69,494, 2. Erkundungsphase“, DB Engineering & Consulting GmbH, Geotechnik, Karlsruhe, 03.12.2018
- /U 8/ Ril 836 Erdbauwerke planen, bauen und instand halten, Aktual. 07 vom 01.11.2019
- /U 9/ Arbeitsblatt DWA-A 125 „Rohrvortrieb und verwandte Verfahren“ Hrsg.: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef, Dezember 2008
- /U 10/ FGSV-Merkblatt 599 „Zusätzliche Techn. Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau“; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Bonn, September 2017 (ZTV E-StB 17)
- /U 11/ Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) 2016; DIN Deutsches Institut für Normung e. V.; , Hrsg. Beuth Verlag, Berlin Oktober 2016
- /U 12/ Geologische Karte von Baden-Württemberg, Blatt 7016 Karlsruhe-Süd, Maßstab 1:25.000; Herausgeber: Geologisches Landesamt Baden-Württemberg; 1985
- /U 13/ Geologische Karte von Baden-Württemberg, Blatt 7017 Pfinztal, Maßstab 1:25.000; Herausgeber: Geologisches Landesamt Baden-Württemberg; 1985
- /U 14/ Daten- und Kartendienst der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Onlinedienst, URL: <http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public> (Abfrage 01.04.2020)
- /U 15/ Verwaltungsvorschrift (VwV) des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, 14.03.2007

1.2 Vorgang / Aufgabenstellung

Im Rahmen des Bauvorhabens Erneuerung Streckenfernmeldekanal F4028 ist im Bereich des km -0,170, km 8,990 und km 11,375 der Strecke 4200 Karlsruhe-Durlach - Mühlacker der Neubau von Kabelquerungen in geschlossener Bauweise geplant.

Das Team Geotechnik der DB Engineering & Consulting GmbH, Umwelt, Geotechnik & Geodäsie Karlsruhe wurde von der DB Kommunikationstechnik beauftragt für den o. g. Neubau eine Baugrunderkundung durchzuführen.

Auf Grundlage der Erkundung ist ein Abfall- und Geotechnischer Kurzbericht mit Angaben von Bodenkennwerten zur Bauausführung von Kabelquerungen angefertigt worden. Zusätzlich wurde eine orientierende Abfalltechnische Deklaration der ggf. anfallenden Bodenaushubmaterialien beauftragt.

1.3 Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen

Die Baugrunderkundungsarbeiten wurden unter unserer fachtechnischen Begleitung durch die Fa. WST GmbH, Eppelheim am 17.03. und am 18.03.2020 ausgeführt. Insgesamt wurden 7 Kleinrammbohrungen (KRB) bis ca. 4,0 m bzw. 6,0 m unter Ansatzpunkt (u. AP) ausgeführt. Aufgrund der z. T. unklaren Leitungssituation wurde im Vorfeld an jedem Standort ein Schurf zur Gewährleistung der Leitungsfreiheit bis ca. 1,2m u. AP ausgeführt. Zusätzlich wurde zur Beurteilung der Baugrundverhältnisse im Bereich der Querung km -0,170 in KA-Durlach ein Aufschluss (BS 4) aus einem Fremdgutachten /U 6/ übernommen.

Eine detaillierte Auflistung der Aufschlusspunkte mit Angaben der Lage zum jeweils nächstgelegenen Gleis ist in Tabelle 1 zusammengestellt. Alle Ansatzpunkte der Aufschlüsse wurden mittels Maßband und Theodolit auf Schienenoberkante (SO) und Entfernung zur Gleisachse (GA) des nächstgelegenen Gleises eingemessen. In der Anlage 2 sind die Aufschlusspunkte in Übersichtslageplänen dargestellt.

Die Aufschlüsse stellen sich wie folgt dar:

Tabelle 1: Lage der Aufschlusspunkte

Aufschluss	Station [km]	Lage zur Gleisachse	Höhe AP [m zu SO]	max. Erkundungstiefe		Datum
				[m zu SO]	[m u. AP]	
Querung Durlach (km -0,170)						
KRB Durlach 1	-0,170	4,75 m br Gleis1	-0,30	4,30	4,00	17.03.20
KRB Durlach 2	-0,170	4,70 m bl Gleis 2	-0,05	6,05	6,00	18.03.20
KRB Durlach 3	68,475	7,30 m br Gleis 9	-0,25	-4,25	4,00	17.03.20
BS 4	-0,150	in GA Gleis 1	-0,20	-2,20	2,00	k. A.
Querung Söllingen (km 8990)						
KRB Söllingen 1	8,990	5,50 m br	-0,35	-4,35	4,00	17.03.20
KRB Söllingen 2	8,990	4,20 m bl	-0,35	-4,35	4,00	18.03.20
Querung Singen (km 11,375)						
KRB Singen 1	11,375	5,00 m br	-0,50	-4,50	4,00	18.03.20
KRB Singen 2	11,375	5,40 m bl	-0,10	-4,10	4,00	18.03.20

S - Handschachtung; KRB - Kleinrammbohrung; AP: Ansatzpunkt; GA - Gleisachse; SO - Schienenoberkante; bl / br - bahnlinks / -rechts

Die Entnahme von gestörten Bodenproben aus den Schürfen und Kleinrammbohrungen erfolgte bei Schichtwechsel bzw. je 1 m Tiefe. Die Baugrundprofile sind bezogen auf die Schienenoberkante in der Anlage 3 Blatt 1 bis 3 aufgetragen. Dabei wurde SO = 0,0 m angenommen.

Die einzelnen, auf Bohrmeisterangaben beruhenden Schichtenverzeichnisse können bei Bedarf im Archiv der DB Engineering & Consulting GmbH, Umwelt, Geotechnik und Geodäsie eingesehen werden.

Alle entnommenen gestörten Bodenproben wurden durch unsere Geologen spezifiziert. Bodenmechanische Laborversuche wurden im Rahmen dieses Kurzberichtes nicht ausgeführt.

Für eine orientierende abfalltechnische Deklarationsanalyse des Bodens im Bereich der Querungen wurden folgende chemische Untersuchungen ausgeführt:

- 3 x Deklarationsanalyse nach Verwaltungsvorschrift (VwV) Baden-Württemberg

Die Ergebnisse der umwelttechnischen Laboruntersuchungen können der Anlage 6 entnommen werden.

2 Beschreibung und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse

2.1 Örtlichkeit

Die Strecke 4200 ist im Bereich der 3 Querungen durchgehend zweigleisig ausgebaut und elektrifiziert. Im Bereich der Querung km -0,175 im Bf. Karlsruhe-Durlach liegen die insgesamt 5 zu unterquerenden Bahnhofsgleise +/- in Geländegleichlage. Im Bereich der Querungen km 8,990 (Söllingen) und km 11,375 (Singen) liegen die Gleise in niedriger Dammlage.

Tabelle 2: Übersicht Querungen

Querung	Strecke	km	Länge /Gleise	Durchmesser	Bauweise
Durlach	4200	-0,175	45m / 5 Gleise	300mm Stahlrohr	geschlossen
Söllingen	4200	8,990	2 Gleise	DN 110	geschlossen
Singen	4200	11,375	2 Gleise	DN 110	geschlossen

2.2 Kampfmittelbelastung

Für die Strecke 4200 liegen im Abschnitt Karlsruhe-Durlach -Pforzheim lokal immer wieder Hinweise auf eine mögliche Kampfmittelbelastung vor. Da direkt für die Bereiche der Querungen zum Zeitpunkt der Erkundungen keine Angaben vorlagen, wurden alle Ansatzpunkte mittels geophysikalischer Methoden auf das Vorhandensein von oberflächlichen Hindernissen freige-messen.

2.3 Baugrundverhältnisse

Die im Bereich der 3 Querungen erkundeten Bodenschichten können zu den in der folgenden Tabelle dargestellten Schichten zusammengefasst werden. Die dargestellten Schichten wurden z.T. nur in einzelnen Bereichen erkundet. Auf Anfrage des AG wird in der Tabelle zusätzlich noch eine Zuordnung der erkundeten Schichten zu den Bodenklassen der DIN 18300:2012 und der DIN 18319:2010 durchgeführt.

Tabelle 3: Zusammenfassung Bodenparameter Bodengruppen und Bodenklassen

Schichtnr.	Beschreibung	Bodengruppe DIN 18196	Bodenklasse DIN 18300alt	Bodenklasse DIN 18319alt
0.1	Gleisschotter	[GE]	3	LNW1
1.1	Steinlagen, Packlagen	[X]	5	LNE2 S2
1.2	grobkörnige Auffüllungen	[GW], [GU]	3	LNW1-2 S1
1.3	gemischtkörnige und bindige Auffüllungen	[GT*], [UL]	4	LBM2 P1 S1
2.1	bindige Böden	UL, TL, UM, TM	4	LBM2 P1
2.2	Torf	HZ, HN	2	LO
2.3	gemischtkörnige Böden	ST*	4	LN2
2.4	grobkörnige Böden	GW, SW	3	LNW2

2.3.1 Querung km -0,170 in Durlach

Der Bf. Durlach liegt nach /U 12/ im Bereich der sogenannten „Kinzig-Murg-Rinne“. Die hier vorherrschenden Böden bestehen aus Auensedimenten (Wechselagerungen von Feinsanden, Schluffen, Tonen, Torfen und tlw. Kiesen). Im Bereich der Bahntrasse sind zusätzlich aufgefüllte Bodenmaterialien der Erdbauwerke anzutreffen. Die Unterscheidung zwischen aufgefüllten Materialien und natürlich anstehenden Böden ist z.T. nur sehr eingeschränkt möglich. Mit den ausgeführten Aufschlüssen wurden bis in Tiefen zwischen ca. 0,8 m und ca. 1,3 m u. AP Auffüllungen der Schichten 0.1, 1.1, 1.2 und lokal 1.3 erkundet. Darunter folgen bis in Tiefen zwischen ca. 1,9 m und ca. 2,5 m u. AP organogene Böden und Torfe der Schichten 2.1 und 2.2. Darunter folgen bis zur erkundeten Endtiefe von ca. 4,0 m bzw. ca. 6,0 m gemischt- und grobkörnige Böden der Schichten 2.3 und 2.4 erkundet. In den erkundeten Torfen der Schicht 2.2 und der gemischtkörnigen Böden der Schicht 2.3 wurden Hinweise auf Holzreste (nicht zersetztes Holz aufgrund von anaeroben Bedingungen) erkundet. Diese können aufgrund von Erfahrungen aus anderen Erkundungsmaßnahmen im Bereich der Schichten der sog. Kinzig-Murg-Rinne aus ganzen Äste und Baumstämme bestehen. Im Bereich der geplanten Querung wurden mit den ausgeführten Aufschlüssen das Grundwasser ab einer Tiefe zwischen ca. 112,9 m NN und 113,5 m NN angetroffen. Die geplante Querung liegt nach /U 14/ außerhalb von Wasserschutzgebieten. In der folgenden Tabelle sind für den Bereich der Querung die wichtigsten Bodenparameter für Lockergestein nach Tabelle 8 in der DWA-A 125 /U 9/ zusammengefasst.

Tabelle 4: Querung km -0,170; Zusammenfassung wichtigste Bodenparameter für Lockergesteine und geschlossene Bauweise

Schichtnr.	0.1, 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3 und 2.4
Bodengruppen nach DIN 18196	[GE], [X], [GW], [GU], [GT*], [UL], UL, TL, UM, TM, HZ, HN, ST*, GW, SW
Kornform	Auffüllungen tlw. eckig, der Rest gerundet bis rund
Wichte [kN/m ³]	12,5...21,0 / 2,5...13,0
Verformungsmodul [MN/m ²]	1...45
Lagerungsdichte I _D [%]	15...85
Plastizitätsgrenze I _p [%] / Wassergehalt w [%]	4...30 / 1...>100
Reibungswinkel [°] / Scherparameter [kN/m ²] / Kohäsion [kN/m ²]	17,5...35,0 / 2...10 / 5...150
Wasserdurchlässigkeitsbeiwert [m/s]	10 ⁻¹⁰ ... 10 ⁻²
Grundwasserstand max. / min.	112,9 m NN ... 113,5 m NN
Abrasivität	nicht bis schwach abrasiv
Organische Bestandteile [%] / Kalkgehalt [%]	<3 bis >40 / <10
Steingehalt [%] / Steingröße [mm] / Einaxiale Druckfestigkeit der Steine	<15 bis 80 / 63-200 / --
Störungszonen / Hohlräume	keine bekannt
Betonaggressivität Boden / Wasser DIN 4030	nicht aggressiv ¹⁾ / k. A.
Stahlaggressivität Boden / Wasser DIN 50929	stark aggressiv ¹⁾ / k. A.
Veränderlichkeit bei Zutritt von Luft, Wasser oder Stützflüssigkeit nach DIN EN ISO 14688	nicht veränderlich bis veränderlich
Kontaminierung Boden / Bodenluft / Grundwasser	Z0 nach VwV / keine bekannt / keine bekannt

¹⁾ Ergebnis entsprechend /U 7/, siehe zudem Kapitel 2.7

2.3.2 Querung km 8,990 in Söllingen

Die Querung am km 8,990 liegt im Bereich von jüngsten Auensedimenten der Pfinz (Schluffe, Tone) und Schwemmlößen (Schluffe, Feinsande). Im Bereich der Bahntrasse sind zusätzlich aufgefüllte Bodenmaterialien der Erdbauwerke anzutreffen. Die Unterscheidung zwischen aufgefüllten Materialien und natürlich anstehenden Böden ist z.T. nur eingeschränkt möglich.

Mit dem bahnrechts ausgeführten Aufschluss KRB Söllingen 1 wurden bis in Tiefen von ca. 1,3 m u. AP gemischtkörnige Auffüllungen der Schicht 1.3 erkundet. Darunter, bzw. im Bereich des bahnlinken Aufschlusses KRB Söllingen 2 ab Ansatzpunkt, folgen bis zur erkundeten Endtiefe von 4,0 m u. AP bindige Böden der Schicht 2.1.

Im Bereich der geplanten Querung wurde mit den ausgeführten Aufschlüssen bis zur erkundeten Endteufe von ca. 4,35 m u. SO kein Grundwasser erkundet. Die Böden wurden lediglich als schwach feucht bis feucht angesprochen. Das Fließgewässer Pfinz verläuft ca. 50 m bahnrechts der Strecke. Die geplante Querung liegt nach /U 14/ außerhalb von Wasserschutzgebieten.

In der folgenden Tabelle sind für den Bereich der Querung die wichtigsten Bodenparameter für Lockergestein nach Tabelle 8 in der DWA-A 125 /U 9/ zusammengefasst.

Tabelle 5: Querung km 8,990; Zusammenfassung wichtigste Bodenparameter für Lockergesteine und geschlossene Bauweise

Schichtnr.	1.3 und 2.1
Bodengruppen nach DIN 18196	[GT*], UM, TM
Kornform	Auffüllungen: eckig; natürl. Böden: gerundet bis rund
Wichte [kN/m ³]	Schichtnr. 1.3: 20,0...22,5 / 10,5...13,0 Schichtnr. 2.1: 17,0...21,0 / 8,5...11,0
Verformungsmodul [MN/m ²]	UM, TM: 5...10; [GT*] 25...35
Lagerungsdichte I _D [%]	Schichtnr. 1.3: 35...65
Plastizitätsgrenze I _p [%] / Wassergehalt w [%]	Schichtnr. 1.3: -- / 6...13 Schichtnr. 2.1: 7...28 / 18...38
Reibungswinkel [°] / Scherparameter [kN/m ²] / Kohäsion [kN/m ²]	Schichtnr. 1.3: 32,5...35,0 / -- / -- Schichtnr. 2.1: 25,0...30,0 / 2...10 / 20...150
Wasserdurchlässigkeitsbeiwert [m/s]	10 ⁻¹⁰ ... 10 ⁻⁶
Grundwasserstand max. / min.	> 4,35 m u. SO
Abrasivität	nicht bis schwach abrasiv
Organische Bestandteile [%] / Kalkgehalt [%]	<5 % / <10 %
Steingehalt [%] / Steingröße [mm] / Einaxiale Druckfestigkeit der Steine	<15 % / --
Störungszonen / Hohlräume	keine bekannt
Betonaggressivität Boden / Wasser ¹⁾	nicht aggressiv / k. A.
Stahlaggressivität Boden / Wasser ¹⁾	sehr gering / k. A.
Veränderlichkeit bei Zutritt von Luft, Wasser oder Stützflüssigkeit nach DIN EN ISO 14688	veränderlich
Kontaminierung Boden / Bodenluft / Grundwasser	Z0 nach VwV / keine bekannt / keine bekannt

1) regionalgeologischen Erfahrungswerten

2.3.3 Querung km 11,375 in Singen

Die Querung am km 11,375 liegt im Bereich von jüngsten Auensedimenten der Pfalz (Schluffe, Tone) und Schwemmlöben (Schluffe, Feinsande).

Im Bereich der Bahntrasse sind zusätzlich aufgefüllte Bodenmaterialien der Erdbauwerke anzutreffen. Die Unterscheidung zwischen aufgefüllten Materialien und natürlich anstehenden Böden ist z.T. nur sehr eingeschränkt möglich.

Mit den ausgeführten Aufschlüssen wurden bis in die Tiefe von ca. 2,0 m u. AP bindige Auffüllungen der Schicht 1.3 erkundet. Darunter folgen bis zur erkundeten Endtiefe von 4,0 m u. AP bindige Böden der Schicht 2.1.

Im Bereich der geplanten Querung wurde mit dem ausgeführten Aufschluss KRB Singen1 das Grundwasser in einer Tiefe von ca. 1,8 m u. SO angetroffen. Das Fließgewässer Angelbach verläuft ca. 40 m bahnlinks der Strecke und kreuzt die Strecke bei km 11,415. Die geplante Querung liegt nach /U 14/ außerhalb von Wasserschutzgebieten. Die Strecke liegt im Untersuchungsbereich in einer niedrigen Dammlage die Bereiche rechts und links des Dammes liegen nach /U 14/ in Bereichen von Überflutungsflächen HQ100 der Pfalz und des Angelbaches.

In der folgenden Tabelle sind für den Bereich der Querung die wichtigsten Bodenparameter für Lockergestein nach Tabelle 8 in der DWA-A 125 /U 9/ zusammengefasst.

Tabelle 6: Querung km 11,375; Zusammenfassung wichtigste Bodenparameter für Lockergesteine und geschlossene Bauweise

Schichtnr.	1.3 und 2.1
Bodengruppen nach DIN 18196	[UL], UM, TM
Kornform	Auffüllungen: tlw. eckig; natürl. Böden: gerundet bis rund
Wichte [kN/m ³]	Schichtnr. 1.3: 17,5...21,0 / 9,5...11,0 Schichtnr. 2.1: 17,0...21,0 / 8,5...11,0
Verformungsmodul [MN/m ²]	5...10
Lagerungsdichte I _D [%]	--
Plastizitätsgrenze I _p [%] / Wassergehalt w [%]	Schichtnr. 1.3: 4...11 / 15...28 Schichtnr. 2.1: 7...28 / 18...38
Reibungswinkel [°] / Scherparameter [kN/m ²] / Kohäsion [kN/m ²]	Schichtnr. 1.3: 28,0...35,0 / 2...5 / 20...150 Schichtnr. 2.1: 25,0...30,0 / 2...10 / 20...150
Wasserdurchlässigkeitsbeiwert [m/s]	10 ⁻¹⁰ ... 10 ⁻⁶
Grundwasserstand max. / min.	GOK / ca. 1,80 m u. SO
Abrasivität	nicht abrasiv
Organische Bestandteile [%] / Kalkgehalt [%]	<5 % / <10 %
Steingehalt [%] / Steingröße [mm] / Einaxiale Druckfestigkeit der Steine	<15 % / --
Störungszonen / Hohlräume	keine bekannt
Betonaggressivität Boden / Wasser ¹⁾	nicht aggressiv / k. A.
Stahlaggressivität Boden / Wasser ¹⁾	sehr gering / k. A.
Veränderlichkeit bei Zutritt von Luft, Wasser oder Stützflüssigkeit nach DIN EN ISO 14688	veränderlich
Kontaminierung Boden / Bodenluft / Grundwasser	Z0 nach VwV / keine bekannt / keine bekannt

1) regionalgeologischen Erfahrungswerten

2.4 Homogenbereiche nach VOB-C

Eine Einteilung der Baugrundsichten in Homogenbereiche für Erdarbeiten nach DIN ATV 18300 und DIN ATV 18304 Ramm- und Rüttelarbeiten sowie DIN ATV 18319 Rohrvortriebsarbeiten wird in Anlage 4 vorgeschlagen. Eine Einteilung nach DIN ATV 18324 Horizontalspülbohrarbeiten wird nicht vorgenommen, da wir davon ausgehen, dass dieses Verfahren aufgrund seiner technischen Aufwendigkeit im Bezug zur geringen Querungslänge nicht zur Anwendung kommt. Sollten doch Empfehlung für Homogenbereiche zu diesen Arbeiten benötigt werden, so kann die Einteilung nach DIN ATV 18319 übernommen werden. Die benötigten Parameter finden sich in den Tabellen 3 bis 5 in Kapitel 2.3.

Die Einteilung in Homogenbereiche in Anlage 4 ist als Empfehlung zu sehen, die auf dem aktuellen Kenntnisstand basiert und die mit fortschreitender Planung, insbesondere unter Berücksichtigung von Bauzuständen und -phasen, überprüft und ggf. fortgeschrieben werden muss.

Die geotechnischen Sachverständigen der DB Engineering & Consulting GmbH, Geotechnik sind gerne bereit den Planer im Rahmen eines zusätzlichen Leistungspaketes hierbei zu unterstützen.

2.5 Geotechnische Kategorien

Die Erdarbeiten außerhalb des Einflussbereiches von Eisenbahnverkehrslasten werden von uns der geotechnischen Kategorie 1 zugeordnet. Alle Erdarbeiten, alle Rohrvortriebsarbeiten und alle Baubehelfe im Einflussbereich von Grundwasser werden der geotechnischen Kategorie 2 zugeordnet.

2.6 Einbringbarkeit von Bauteilen in den Untergrund

Eine Einschätzung der Böden hinsichtlich der Einbringbarkeit von Bauteilen (z.B. nach DIN-Norm) gibt es nicht. Nach DIN ATV 18304 sind Böden in gerätespezifische Homogenbereiche einzuteilen, um das Einbringen von Bauelementen mittels rammender oder pressender Arbeitsweise beurteilen zu können. Die vorgeschlagene Einschätzung für Spundbohlen und Bohlträger ist im Zuge der Entwurfsplanung durch den Planer bzw. einen geotechnischen Sachverständigen (ggf. untermauert durch weitere geotechnische Erkundungen) an die vorgesehenen Arbeitsverfahren und Geräte anzupassen.

Tabelle 7: Einbringbarkeit in rammenden und rüttelnden Verf. für Spundbohlen und Bohlträger

Schicht	Bodengruppe	Einbringbarkeit
1.1	[X]	schwer bis nicht möglich
1.2	[GW], [GU]	mittel bis schwer
1.3	[GT*], [UL]	mittel bis schwer
2.1	UL, TL, UM, TM	leicht
2.2	HZ, HN	mittel bis schwer
2.3	ST*	mittel bis schwer
2.4	GW, SW	mittel bis schwer

Blöcke / große Steine mit einem Durchmesser ≥ 30 cm wurden in den ausgeführten Aufschlüssen nicht direkt erkundet, können aber in den Auffüllungen (Schichtpaket 1.x) sowie in den anstehenden Kiesen und Sanden der Schicht 2.4 nicht generell ausgeschlossen werden. Bei sehr locker und locker gelagerten Böden kann es bei Ramm- oder Rüttelarbeiten zu Setzungen im Boden im Nahbereich der Arbeiten kommen.

Generell sollte beim Einbringen folgende Grundsätze beachtet werden:

- Zur Verringerung der dynamischen Anregungen sollten möglichst erschütterungsarme Verfahren angewendet werden.
- Die Bauelemente sollten nach Möglichkeit in einem Zug bis zur Endtiefe eingebracht werden. Sofern eine Unterbrechung der Einbringung notwendig wird, muss die Verweilzeit bis zum weiteren Einbringen minimiert werden, um den „Festwachseffekt“ zu vermeiden.
- Es ist ein Einbringgerät von ausreichender Größe zu verwenden. Beim Einsatz eines zu kleinen Gerätes besteht die Gefahr, dass kaum ein Einbringfortschritt erzielt wird und die Einbringenergie zum großen Teil in Schwingungsenergie umgesetzt wird, welche zur Verflüssigung von Böden mit hohem Wassergehalt führen kann.
- Während des Einbringens sind benachbarte Gleisanlagen und Bebauungen ständig zu beobachten.
- Die Böden der Schicht 2.1 können z.T. thixotropes Verhalten zeigen, d.h. sie verlieren bei dynamischer Anregung ihre Festigkeit bis hin zur Verflüssigung.

Sofern das Einbringen von Bauelementen mittels rammender und rüttelnder 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.

Die Ausführung von Verdrängungselementen (z. B. Spundbohlen und Bohlräger) regelt die DIN EN 12699:07/2015. Nach den aktuellen Eisenbahnspezifischen Technischen Baubestimmungen (EiTB) Stand 01/2019 des Eisenbahnbundesamtes (EBA) ist im Bahnbereich weiterhin noch die DIN EN 12699:05/2001 inkl. DIN SPEC 18538:02/2012 zu beachten.

2.7 Beton- und Stahlaggressivität des Bodens

Querung km -0,175 in Durlach

Im Zuge der Erkundungen für ein in der Nähe der geplanten Querung liegendes Kreuzungsbauwerk /U 7/ wurde zur Bewertung der Beton- und Stahlaggressivität des Bodens eine Mischprobe „KrBw Durlach MP 7“ unter Verwendung des Lockerbodenmaterials mit hohem Organischen Anteil erstellt. Die Bodenprobe wurde im Labor der Synlab GmbH auf beton- und stahlangreifende Inhaltsstoffe untersucht. Die untersuchte Mischprobe „KrBw Durlach MP 7“ wurde nach DIN 4030 als nicht betonangreifend eingestuft. Die untersuchte Mischprobe „KrBw



Durlach MP 7“ wurde nach DIN 50929 (Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe) in die Bodenklasse III (stark aggressiv) eingestuft. Die Untersuchung auf Korrosionswahrscheinlichkeit unlegierter und niedriglegierter Eisenwerkstoffe ergab eine hohe Wahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion und eine mittlere Wahrscheinlichkeit für Flächenkorrosion.

Querungen km 8,990 in Söllingen und km 11,375 in Singen

Den Böden ohne organischen Anteil kann aus regionalgeologischen Erfahrungswerten eine nur geringe Beton- und Stahlaggressivität zugesprochen werden.

3 Geotechnische Schlussfolgerungen / Empfehlungen Querungen

3.1 Rohrvortrieb allgemein

Beim Rohrvortrieb unter Bahnanlagen der DB AG sind die Hinweise und Forderungen der DIN 18139, der DWA-A 125 /U 9/ und der Ril 836 Modul 45XX /U 8/ zu beachten.

Die Mindestüberdeckungen nach DWA A125 für Rohrvortrieb und verwandte Verfahren unter Bahngelände der Eisenbahnen des Bundes sieht teilweise andere Mindestüberdeckungshöhen als die Ril 836 vor. Es ist im Vorfeld zu klären, ob nach dem DWA Arbeitsblatt A125 vorgegangen werden soll. Für die Anlage und Planung von Querungen gelten die in Ril 836.4501 genannten Grundsätze. So sollen Querungen Bahnanlagen rechtwinklig in gerader Linienführung kreuzen. Bei schiefwinkligen Querungen sind die Auswirkungen auf die Gleisverwindung unter Berücksichtigung der in Modul 836.3001 genannten Eingreifschwellwerte zu untersuchen. Die Ril 836 Modul 4501 verweist darauf, dass die im DWA-Arbeitsblatt A125 für die Herstellung von Querungen unter Gleisen angegebene Mindestüberdeckungshöhe einzuhalten ist.

Dabei bezieht sich die **Überdeckungshöhe $h_{\bar{u}}$** auf die Schwellenoberkante und die **Bodenüberdeckung h_B** auf die Oberfläche Tragschicht in Bezug auf die Oberkante Querung. Sie sollen nicht unter Weichen (Kreuzungen), Schienenauszügen oder Schienenstößen angeordnet und auch nicht mit solchen überbaut werden. Zwischen Querungen und Flachfundamenten von z.B.. Oberleitungen soll ein Mindestabstand von 5,0 m, zu anderen Einbauten (z.B. Anker) von 2,0 m eingehalten werden.

3.1.1 Bodenentnahmeverfahren

Bei diesem Verfahren beträgt die geringste zulässige Bodenüberdeckung h_B (OK Rohr zu UK Schotter) nach Ril 836 Modul 4505: $h_B \geq 2 \times \text{Rohraußendurchmesser } D_a$ nach Ril 836 Modul 4502 mindestens jedoch 0,5 m.

Als geringste zulässige Überdeckungshöhe $h_{\bar{u}}$ (OK Rohr zu OK Schwelle) sollte nach DWA-A 125: $h_{\bar{u}} \geq 2,5 \times \text{Rohraußendurchmesser } D_a + 0,7 \text{ m}$ angestrebt werden.

Es sind die Hinweise der DWA-A 125, Abschnitt 8 zum Einsatz unter Bahngelände der Eisenbahnen des Bundes im Hinblick auf die jeweiligen Entnahmeverfahren (Horizontalramme/-presse mit offenem Rohr bzw. Horizontal-Pressbohrverfahren) zu berücksichtigen.

3.1.2 Bodenverdrängungsverfahren (z.B. Erdrakete)

Nach Ril 836 beträgt bei Bodenverdrängungsverfahren die geringste zulässige Bodenüberdeckung $h_B \geq 12 \times \text{Rohraußendurchmesser } D_a$

Nach DWA-A125 beträgt die geringste zulässige Überdeckungshöhe $h_{\bar{u}}$ **mindestens 1,5 m**.

3.1.3 Spülbohrverfahren

Gemäß Ril 836.4505 dürfen Horizontal-Spülbohrverfahren nur unter Eisenbahnstrecken mit Schotteroberbau und örtlich zulässigen Geschwindigkeiten $v_{zG} \leq 160$ km/h sowie bis zu einem Nenndurchmesser DN 200 ausgeführt werden. Größere Nenndurchmesser bedürfen einer UiG und ZiE. Beim Spülbohrverfahren beträgt nach Ril 836, Modul 4505, die Mindestüberdeckung $h_B \geq 5,0$ m. Diese darf bei günstigen Baugrundverhältnissen auf 4 m reduziert werden.

3.2 Querung km -0,170 in Durlach

Das **Bodenentnahmeverfahren** ist in den erkundeten Lockergesteinsböden nach DWA A125 prinzipiell möglich. In den erkundeten Torfen der Schicht 2.2 und in den gemischtkörnigen Böden der Schicht 2.3 wurden Hinweise auf Holzreste (nicht zersetztes Holz aufgrund von anaeroben Bedingungen) erkundet. Diese können aufgrund von Erfahrungen aus anderen Erkundungsmaßnahmen im Bereich der Schichten der sog. Kinzig-Murg-Rinne aus ganzen Ästen und Baumstämmen bestehen. Diese können für Bodenentnahmeverfahren ein unüberwindliches Hindernis darstellen.

Teilweise wurden Böden in lockerer Lagerung bzw. weicher und weich-steifer Konsistenz im relevanten Tiefenbereich erkundet. In diesen Böden ist der Einsatz nach DWA-A 125 als problematisch zu bewerten. Hierbei könnten ggfs. Setzungen im Gleisbereich eintreten. In locker gelagerten Böden ist zudem das Bodenentnahmeverfahren mit der Horizontalramme gemäß DWA-A125 nicht zugelassen, eine Durchpressung ist jedoch möglich.

Mit dem geplanten Durchmesser DN 300 ist nach Ril 836 eine Mindest-Bodenüberdeckung h_B (OK Rohr zu UK Schotter) von ca. 0,65 m ($2 \cdot 0,328$ m) und nach DWA-A 125 eine Mindest-Überdeckungshöhe h_U (OK Rohr zu OK Schwelle) von ca. 1,52 m ($(2,5 \cdot 0,328\text{m}) + 0,7\text{m}$) einzuhalten.

Es sollte daher eine Mindest-Überdeckungshöhe h_U von ca. 1,52 m eingehalten werden. In dieser Tiefe finden sich jedoch tlw. die Böden der Schicht 2.2 (Torfe). Diese sind nur bedingt für Bodenentnahmeverfahren geeignet. Darunter finden sich die Böden der Schicht 2.3. Hier können Hindernisse (Holzreste) nicht ausgeschlossen werden. Wir empfehlen daher eine Mindest-Überdeckungshöhe h_U von $>3,0$ m einzuhalten, um mit dem Verfahren in den Böden der erkundeten Schicht 2.4 zu bleiben. Das Verfahren ist somit unterhalb des GW-Spiegels auszuführen.

Das **Bodenverdrängungsverfahren** ist in den erkundeten Lockergesteinsböden nach DWA-A 125 überwiegend möglich. Die in den Schichten 2.2 und 2.3 erkundeten Holzreste (siehe oben) können für Bodenverdrängungsverfahren ein unüberwindliches Hindernis darstellen.

Mit dem geplanten Durchmesser DN 300 ist nach Ril 836 eine Mindest-Bodenüberdeckung h_B (OK Rohr zu UK Schotter) von ca. 3,84 m ($12 \cdot 0,328$ m) und nach DWA-A125 eine Mindest-Überdeckungshöhe h_U (OK Rohr zu OK Schwelle) von $\geq 1,5$ m (Mindestmaß) einzuhalten.

Wir empfehlen daher eine Mindest-Bodenüberdeckung h_B von ca. 3,84 m einzuhalten.

Aufgrund des geplanten Nenndurchmesser $>DN\ 200$ darf ein **Horizontal-Spülbohrverfahren** nach Ril 836 hier nicht angewandt werden.

Hinweis: Im Bereich der Querung verläuft eine Gleisparallele Lärmachutzwand. Diese Wand dürfte auf mit einer Rammrohrgründung im Untergrund verankert sein. Es ist bei der Planung der Verfahrenen auf dieses Hindernis zu achten.

3.3 Querung km 8,990 in Söllingen

Das **Bodenentnahmeverfahren** ist in den erkundeten Lockergesteinsböden nach DWA-A 125 prinzipiell möglich. Mit dem geplanten Durchmesser DN 110 ist nach Ril 836 eine Mindest-Bodenüberdeckung h_B (OK Rohr zu UK Schotter) von 0,5 m (Mindestmaß) und nach DWA-A125 eine Mindest-Überdeckungshöhe h_U (OK Rohr zu OK Schwelle) von ca. 1,0 m $((2,5 \cdot 0,118m) + 0,7m)$ einzuhalten.

Wir empfehlen daher eine Mindest-Überdeckungshöhe h_U von ca. 1,0 m einzuhalten. Bei ca. 1,80m u. SO wurde eine GW-Spiegel erkundet.

Das **Bodenverdrängungsverfahren** ist in den erkundeten Lockergesteinsböden nach DWA-A 125 überwiegend möglich. Mit dem geplanten Durchmesser DN 110 ist nach Ril 836 eine Mindest-Bodenüberdeckung h_B (OK Rohr zu UK Schotter) von ca. 2,44 m $(12 \cdot 0,118m)$ und nach DWA-A 125 eine Mindest-Überdeckungshöhe h_U (OK Rohr zu OK Schwelle) von ca. 1,5 m (Mindestmaß) einzuhalten.

Wir empfehlen daher eine Mindest-Bodenüberdeckung h_B von ca. 2,44 m einzuhalten.

Beim **Horizontal-Spülbohrverfahren** beträgt nach Ril 836, Modul 4505, die Mindestüberdeckung $h_B \geq 5,0$ m. Diese darf bei günstigen Baugrundverhältnissen auf 4 m reduziert werden. Aufgrund der Baugrundverhältnisse (bindige Böden in tlw. nur weich bis steifer Konsistenz) empfehlen wir im vorliegenden Fall keine Reduzierung der Überdeckung.

3.4 Querung km 11,375 in Singen

Das **Bodenentnahmeverfahren** ist in den erkundeten Lockergesteinsböden nach DWA-A 125 prinzipiell möglich. Mit dem geplanten Durchmesser DN 110 ist nach Ril 836 eine Mindest-Bodenüberdeckung h_B (OK Rohr zu UK Schotter) von 0,5 m (Mindestmaß) und nach DWA-A125 eine Mindest-Überdeckungshöhe h_U (OK Rohr zu OK Schwelle) von ca. 1,0 m $((2,5 \cdot 0,118m) + 0,7m)$ einzuhalten.

Wir empfehlen daher eine Mindest-Überdeckungshöhe h_U von ca. 1,0 m einzuhalten.

Das **Bodenverdrängungsverfahren** ist in den erkundeten Lockergesteinsböden nach DWA-A 125 überwiegend möglich. Mit dem geplanten Durchmesser DN 110 ist nach Ril 836 eine Mindest-Bodenüberdeckung h_B (OK Rohr zu UK Schotter) von ca. 2,44 m $(12 \cdot 0,118m)$ und nach DWA-A 125 eine Mindest-Überdeckungshöhe h_U (OK Rohr zu OK Schwelle) von ca. 1,5 m (Mindestmaß) einzuhalten.

Wir empfehlen daher eine Mindest-Bodenüberdeckung h_B von ca. 2,44 m einzuhalten.

Beim **Horizontal-Spülbohrverfahren** beträgt nach Ril 836, Modul 4505, die Mindestüberdeckung $h_B \geq 5,0$ m. Diese darf bei günstigen Baugrundverhältnissen auf 4 m reduziert werden. Aufgrund der Baugrundverhältnisse (bindige Böden in tlw. nur weich bis steifer Konsistenz) empfehlen wir im vorliegenden Fall keine Reduzierung der Überdeckung.

3.5 Wiederverfüllung der Start- und Zielgruben

Die Wiederverfüllung der Start und Zielgruben ist nach Ril 836.4302 nach den Regelungen der ZTV E-STB /U 10/ Kapitel 10 herzustellen.

3.6 Setzungen bei Bodenentnahmeverfahren

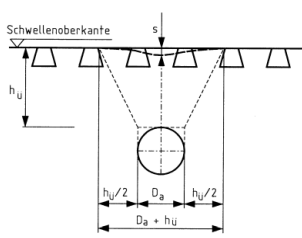
Zur Bestimmung der Setzungen infolge Überschnitt, Bodenverlust und Auflockerung sowie der Länge der Setzungsmulde wurde pro Querung eine überschlägige Berechnung nach dem Verfahren nach Scherle aus Ril 836.070 von 1999 durchgeführt.

Dabei wurde für die Querung Durlach eine Überdeckungshöhe $h_{\bar{u}} = 3,00$ m und für die Querungen Söllingen und Singen von $h_{\bar{u}} = 1,00$ m angenommen. Für die Bodenschichten 0,0-3,0 m im Bereich Querung Durlach wurde aufgrund der Baugrundverhältnisse am ungünstigsten Profil „KRB Durlach 2“ im Mittel eine Bodenkennziffer von 4,0 angesetzt.

Für die Böden im Bereich der Querungen Söllingen und Singen wurde anhand der Baugrundverhältnisse für die Bodenschichten 0,0-1,0 m im Mittel eine Bodenkennziffer von 3,5 angesetzt.

		Querung Durlach	Querungen Söllingen und Singen
Außendurchmesser	D_a	0,318 m	0,118 m
Überdeckungshöhe	$h_{\bar{u}}$	3,00 m	1,0 m
Bodenkennziffer	B_k	4,0	3,5
Setzung	s	0,22 cm	0,08 cm
Länge Setzungsmulde	L	6,636 m	2,236 m

Bild 6 Überschlägiges Verfahren zur Bestimmung der Setzungen infolge von Überschnitt, Bodenverlust und allgemeiner Auflockerung sowie der Länge der Setzungsmulde (nach SCHERLE)



Befrag der Setzung

$$s \approx \frac{D_a}{1 + \frac{1}{2} \left(\frac{h_u}{D_a} \right)} \cdot B_k$$

s = Setzungsmaß (cm)
 D_a = Rohraußendurchmesser (m)
 h_u = Überdeckungshöhe (m)
 B_k = Bodenkennziffer

Länge der Setzungsmulde *)

$$L \approx 2 \cdot (D_a + h_u)$$

*) Berücksichtigung der ausgleichenden Wirkung des Gleisrostes

Bodenart	Lagerungsdichte	B_k
Nichtbindige Böden	sehr dicht	1,5
	dicht	2,0
	locker	3,0
	sehr locker	4,0
Bindige Böden	sehr dicht	2,0
	dicht	3,0
	locker	4,0
	sehr locker	6,0

Bild 1: Bild 6 aus Ril836.070 von 1999

3.7 Baugrubensicherung und Wasserhaltung

Baugrubensicherung

Für die Herstellung der Baugruben für Start- und Zielgruben können unverbaute Baugruben über dem Grundwasser bis 1,25 m Tiefe senkrecht hergestellt werden.

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

- nichtbindige oder weiche bindige Böden $\beta \leq 45^\circ$
- mindestens steife bindige Böden $\beta \leq 60^\circ$

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. Offenliegende Böschungen in bindigen Böden sollten bauzeitlich gegen Niederschläge mittels Planen gesichert werden. Bei ausreichendem Platzangebot kann die Baugrube frei abgeböschet werden. Bei der Herstellung der Baugruben sind weitergehende Forderungen, Empfehlungen und Hinweise der DIN 4124:2012-01 sowie des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB) der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik zu beachten.

Sollte die Böschung im Lastabtragsbereich von Eisenbahnverkehrslasten im Sinne des Moduls 4305 der Ril 836 liegen, empfehlen wir einen Verbau (z.B. Plattenverbau oder Spundwandverbau) und ggf. eine Schotterhaltung. Die Anforderungen und Hinweise zu temporären Gleissicherungen in Modul 4305 der Ril 836 sind zu beachten.

Hinweise zur Einbringbarkeit von Spundbohlen z. b. für Verbauten oder Pressenwiderlager in die erkundeten Böden finden sich in Kapitel 2.6. Dabei ist zu beachten, dass nach Anforderung des AG nur Baugrundaufschlüsse bis maximal in eine Tiefe von ca. 4,0 m unter GOK ausgeführt wurden.

Wasserhaltung

Während den Erkundungsmaßnahmen wurde das Grundwasser in unterschiedlichen Tiefen unter Ansatzpunkt angetroffen. Die Grundwasserverhältnisse an den jeweiligen geplanten Querungsstandorten sind in der Kapitel 2.3 dargestellt.

Bei Anlage von Start- und Zielgruben unterhalb des erkundeten Grundwasserspiegels sind wasserdichte Verbauten und eine wasserdichte Baugrubensohle notwendig.

Im Bereich der erkundeten bindigen und gemischtkörnigen Böden mit feinkörnigen Anteilen ist vor allem in niederschlagsreichen Zeiten örtlich mit der Bildung von Stau- und Schichtwasser

oberhalb dieser Schichten zu rechnen. Es ist grundsätzlich die Möglichkeit zu schaffen, anfallendes Wasser mit Hilfe eines Pumpensumpfes in der Baugrube zu sammeln und mittels z. B. einer Schmutzwasserpumpe abzuleiten.

3.7.1 Einfluss der Baumaßnahmen auf die angrenzende Bebauungen

Bei Rohrvortrieben unter Gleisanlagen ist eine kontinuierliche vermessungstechnische Überwachung und oberbautechnische Bewertung der in Betrieb befindlichen Gleise erforderlich.

Zur Gewährleistung der Sicherheit und zur Beweissicherung sind während der Unterfahrung und danach, bis zum Abklingen der Bewegungen messtechnische Überwachungen gemäß Modul 836.4505 festzulegen und durchzuführen. Nachstopfungen sind im Bedarfsfall vorzunehmen.

Gemäß DWA-A 125 ist ein Alarmplan zu erstellen und mit dem Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) abzustimmen. Der Alarmplan soll mögliche Gefährdungssituationen (Setzungen im Gleisbereich) und zu ergreifende Maßnahmen (z.B. Gleissperrung, Abbrechen des Vortriebes) enthalten, so dass die Betriebssicherheit jederzeit sichergestellt werden kann.

Die Mindestabstände zur bestehenden Bebauung sind einzuhalten oder diese ist dementsprechend zu sichern.

3.7.2 Bautechnische Hinweise

- Vor Beginn der Arbeiten muss der Mutterboden (Mu) abgeschoben werden. Entsprechend § 4 des BBodSchG (Bundesbodenschutzgesetz) ist bei Planung und Ausführung von Baumaßnahmen auf einen sparsamen und schonenden Umgang mit Boden zu achten. Dies gilt insbesondere für die Sicherung des Oberbodens sowie die Wiederverwertbarkeit des Aushubmaterials. In diesem Zusammenhang können von den zuständigen Behörden diesbezüglich Auflagen erteilt werden.
- Für die Anlage und Planung von Querungen gelten die in Ril 836.4501 genannten Grundsätze. So sollen Querungen Bahnanlagen rechtwinklig in gerader Linienführung kreuzen.
- Die Ril 836 Modul 4501 verweist darauf, dass die im DWA-Arbeitsblatt A125 für die Herstellung von Querungen unter Gleisen angegebene Mindestüberdeckungshöhe einzuhalten ist. Dabei bezieht sich die Überdeckungshöhe h_u auf die Schwellenoberkante und die Bodenüberdeckung h_B auf die Oberfläche Tragschicht in Bezug auf die Oberkante Querung. Sie sollen nicht unter Weichen (Kreuzungen), Schienenauszügen oder Schienenstößen angeordnet und auch nicht mit solchen überbaut werden.
- Zwischen Querungen und Flachfundamenten von z. B. Oberleitungen soll ein Mindestabstand von 5,0 m, zu anderen Einbauten (z.B. Anker) von 2,0 m eingehalten werden.

- Die Anforderungen an Unternehmen zur Ausführung und Überwachung der Vortriebsarbeiten sind der Ril 836.4505, Abschn. 3 (1) zu entnehmen.
- Der Vortrieb darf den Korrosionsschutz von metallischen Rohren nicht unzulässig beeinträchtigen.
- Die Vortriebsarbeiten sind ohne Unterbrechung kontinuierlich durchzuführen. Bei Unterbrechungen des Vortriebs sind Maßnahmen zu treffen, die eine Gefährdung des Bahnbetriebes verhindern.
- Beim Rohrvortrieb unter Gleisen ist eine Sofortverrohrung erforderlich.
- Der in Abhängigkeit der Rohreinbringung entstehende Ringspalt zwischen Querungsaußenkante und Boden ist kontinuierlich mit Bentonit zu verpressen. Nach Abschluss der Vortriebsarbeiten ist der Bentonit durch eine geeignete Zementsuspension (z. B. Zementdämmen) zu ersetzen.
- Zur Sicherstellung der Ortsbruststützung muss der Bohrkopf hinter der Rohrschneide zurückbleiben. Der Überschnitt, d.h. der Ringspalt zwischen Querungsaußenkante und Boden, darf 10 mm nicht überschreiten.
- Für Verbauten und die Ausbildung von Baugruben sind die Hinweise der DIN 4124 sowie des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB) der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau zu beachten.

3.8 Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen

Als Aushubmassen Boden für die Herstellung der Start- und Zielgruben, sowie bei Bodenentnahmeverfahren können alle erkundeten Bodenarten anfallen.

Die erkundeten grobkörnigen Böden der Schichten 1.2 und 2.4 sind gemäß Ril 836, Modul 836.4106, Bild 2 unter Aushaltung von Steinen überwiegend auch ohne bodenverbessernde Maßnahmen nach ZTVE-StB17 zum Wiedereinbau geeignet.

Die restlichen erkundeten Böden sind gemäß Ril 836, Modul 836.4106, Bild 2 ohne bodenverbessernde Maßnahmen nach ZTVE-StB17 (z.B. Zerkleinerung, Durchmischung, Bindemittelbeimischung, o. ä.) nicht zum Wiedereinbau geeignet. Sie können jedoch vorbehaltlich einer abfalltechnischen Deklaration in Bereichen ohne besondere Anforderungen an Durchlässigkeit, Verdichtungsgrad, Frostempfindlichkeit usw. zum Wiedereinbau o.ä. eingesetzt werden. Fremdbestandteile wie Wurzeln, Bauschutt, Schlacke o.ä. sind vor einer Wiederverwendung der Böden auszusondern.

Der Schotter der Schicht 0.1 ist zu verwerten / zu entsorgen.

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

4 **Abfalltechnische Betrachtung**

4.1 **Untersuchungsumfang**

Aus dem Bohrgut der ausgeführten Aufschlüsse wurden für Planungszwecke Mischproben aus den aufgefüllten und anstehenden Lockergesteinsböden erstellt. Die Bodenmischproben wurden im Labor der Fa. SYNLAB Analytics & Services Germany GmbH, Augsburg 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 15/ untersucht. Die Prüfberichte /U 5/ finden sich in Anlage 6.

Tabelle 8: Auflistung des Materials der hergestellten Mischproben

Bezeichnung Mischprobe	Aufschluss	Tiefe	Material
MP Durlach	KRB Durlach 1	0-4m	Lehm/Schluff (überwiegend feinkornreiche gemischtkörnige sowie bindige Böden)
	KRB Durlach 2	0-6m	
	KRB Durlach	0-4m	
MP Söllingen	KRB Söllingen 1	0-4m	
	KRB Söllingen 2	0-4m	
MP Singen	KRB Singen 1	0-4m	
	KRB Singen 2	0-4m	

4.2 **Bodenmischproben**

Die angetroffenen Bodenschichten zeigen augenscheinlich neben Fremdbestandanteilen (Anteil < 10 %) in den Auffüllungen keine Verunreinigungen.

Die Bewertung der Parameter der Analyseergebnisse erfolgt nach der Verwaltungsvorschrift (VwV) des Umweltministeriums Baden-Württembergs für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial /U 15/. Die Einstufung als gefährlicher oder nicht gefährlicher Abfall sowie die Zuordnung von Abfallschlüsseln erfolgt nach AVV.

Die Bewertungen sind in den folgenden Tabellen dargestellt. Es sind jeweils nur die für die Einstufung relevanten Parameter eingetragen. Die detaillierte Auswertung findet sich in der Anlage 6.

Tabelle 9: Einstufung der Mischproben nach VwV /U 15/

Probe:	MP Durlach	MP Singen	MP Sölingen
Herkunft:	siehe Tabelle 8		
Art:	Mischprobe Bodenmaterial (Lehm/Schluff)		
Prüfbericht:	UAU-20-0042582/01-1	UAU-20-0042582/02-1	UAU-20-0042582/03-1
	UAU-20-0042582-01	UAU-20-0042582-02	UAU-20-0042582-02
Laboreingang:	07.04.2020		
Untersuchungs- umfang:	VwV		
Laborfertig- stellung:	15.04.2020		
Zuordnungswert nach VwV:	Z0	Z0	Z1.2
maßgebende Parameter:	--	--	PAK (3,8 mg/kg)
Deponieklasse nach DepV:	--	--	--
maßgebende Parameter:	--	--	--
Rekultivierungs- schicht nach DepV	--	--	--
maßgebende Parameter:	--	--	--
Abfallschlüssel:	17 05 04 nicht gefährlicher Abfall		

Das Bodenmaterial der MP Durlach und MP Singen ist nach VwV der Zuordnungs-kategorie Z0 zuzuordnen.

Das Bodenmaterial der MP Sölingen ist aufgrund des analysierten Gehaltes an PAK im Feststoff nach VwV der Zuordnungs-kategorie Z1.2 zuzuordnen.

4.3 Verwertung / Beseitigung

Die Verwertung / Beseitigung der Bodensubstanz richtet sich nach den Zuordnungswerten VwV /U 15/ für die entsprechenden Einbauklassen definiert sind. Folgende Einbauklassen sind für die o.g. Ergebnisse relevant:

→ **Z0 - Verwertung in bodenähnlichen Anwendungen und zur Verfüllung von Abgrabungen**

→ **Z1.2 - Verwertung in technischen Bauwerken (offen)**

5 Zusammenfassung / Schlussbemerkungen

Im Rahmen des Bauvorhabens Erneuerung Streckenfernmeldekanal F4028 ist im Bereich der km -0,170, km 8,990 und km 11,375 der Strecke 4200 Karlsruhe - Mühlacker der Neubau von Kabelquerungen in geschlossener Bauweise geplant.

Querung km -0,170 in Durlach

Die hier vorherrschenden Böden bestehen aus Auensedimenten (Wechsellagerungen von Feinsanden, Schluffen, Tonen, Torfen und tlw. Kiesen). In den erkundeten Torfen der Schicht 2.2 und den gemischtkörnigen Böden der Schicht 2.3 wurden Hinweise auf Holzreste (nicht zersetztes Holz aufgrund von anaeroben Bedingungen) erkundet. Diese können aufgrund von Erfahrungen aus anderen Erkundungsmaßnahmen aus ganzen Ästen und Baumstämmen bestehen. Im Bereich der geplanten Querung wurden mit den ausgeführten Aufschlüssen das Grundwasser ab einer Tiefe zwischen 1,66m und 1,95m unter Ansatz angetroffen.

Das **Bodenentnahmeverfahren** ist in den erkundeten Lockergesteinsböden nach DWA-A 125 prinzipiell möglich. Es sollte eine Mindest-Überdeckungshöhe h_U von ca. 1,5 m eingehalten werden. In dieser Tiefe finden sich jedoch die tlw. Böden der Schicht 2.2 (Torfe). Diese sind nur bedingt für Bodenentnahmeverfahren geeignet. Darunter finden sich die Böden der Schicht 2.3. Hier können Hindernisse (Holzreste) nicht ausgeschlossen werden. Wir empfehlen daher eine Mindest-Überdeckungshöhe h_U von $> 3,0$ m einzuhalten. Die Arbeiten sind dann unterhalb des GW-Spiegels auszuführen. Das **Bodenverdrängungsverfahren** ist in den erkundeten Lockergesteinsböden nach DWA-A 125 überwiegend möglich. Wir empfehlen daher eine Mindest-Bodenüberdeckung h_B von ca. 3,84 m einzuhalten. Aufgrund des geplanten Nenndurchmessers $> DN 200$ darf ein **Horizontal-Spülbohrverfahren** hier nicht angewandt werden.

Querung 8,990 in Söllingen

Die Querung am km 8,990 liegt im Bereich von jüngsten Auensedimenten der Pfalz (Schluffe, Tone) und Schwemmlöben (Schluffe, Feinsande). Es wurden feinkörnige Auffüllungen über bindigen natürlichen Böden erkundet. Im Bereich der geplanten Querung wurde mit den ausgeführten Aufschlüssen bis zur erkundeten Endteufe von 4,0 m u. AP kein Grundwasserspiegel erkundet. Das **Bodenentnahmeverfahren** ist in den erkundeten Lockergesteinsböden nach DWA-A 125 prinzipiell möglich. Wir empfehlen eine Mindest-Überdeckungshöhe h_U von ca. 1,0 m einzuhalten. Das **Bodenverdrängungsverfahren** ist in den erkundeten Lockergesteinsböden nach DWA-A 125 überwiegend möglich. Wir empfehlen eine Mindest-Bodenüberdeckung h_B von ca. 2,44 m einzuhalten. Aufgrund der Baugrundverhältnisse (bindige Böden in tlw. nur weich bis steifer Konsistenz) empfehlen wir im vorliegenden Fall beim **Horizontal-Spülbohrverfahren** keine Reduzierung der Überdeckung.

Querung km 11,375 in Singen

Die Querung am km 11,375 liegt im Bereich von jüngsten Auensedimenten der Pfalz (Schluffe, Tone) und Schwemmlöben (Schluffe, Feinsande). Es wurden bindige Auffüllungen über bindigen natürlichen Böden erkundet. Im Bereich der geplanten Querung wurde mit dem ausgeführten Aufschluss KRB Singen 1 das Grundwasser in einer Tiefe von ca. 1,8 m u. SO angetroffen.

Das **Bodenentnahmeverfahren** ist in den erkundeten Lockergesteinsböden nach DWA-A 125 prinzipiell möglich. Wir empfehlen eine Mindest-Überdeckungshöhe h_U von ca. 1,0 m einzuhalten. Die Arbeiten sind dann im Schwankungsbereich des GW-Spiegels auszuführen. Das **Bodenverdrängungsverfahren** ist in den erkundeten Lockergesteinsböden nach DWA-A 125 überwiegend möglich. Wir empfehlen eine Mindest-Bodenüberdeckung h_B von ca. 2,44 m einzuhalten. Aufgrund der Baugrundverhältnisse (bindige Böden in tlw. nur weich bis steifer Konsistenz) empfehlen wir im vorliegenden Fall beim **Horizontal-Spülbohrverfahren** keine Reduzierung der Überdeckung.

Abfalltechnische Deklaration

Die angetroffenen Bodenschichten zeigen augenscheinlich neben Fremdbestandteilen (Anteil < 10 %) in den Auffüllungen keine Verunreinigungen. Das Bodenmaterial der MP Durlach und MP Singen ist nach VwV der Zuordnungsklasse Z0 zuzuordnen. Das Bodenmaterial der MP Söllingen ist aufgrund des analysierten Gehaltes an PAK im Fest-stoff nach VwV der Zuordnungsklasse Z1.2 zuzuordnen.

Die punktförmig durchgeführten Bodenuntersuchungen geben einen Überblick über die vorhandenen Untergrundverhältnisse, sie schließen jedoch Abweichungen in Teilbereichen nicht aus. Wir empfehlen uns einzuschalten, wenn sich Abweichungen von den Untersuchungsergebnissen ergeben bzw. planungstechnische Änderungen durchgeführt werden, die Einfluss auf die Gründung haben.

Unsere beauftragten Leistungen für dieses Objekt sind hiermit abgeschlossen.

aufgestellt durch:

i. A. 
Dipl.-Geol. Sebastian Bauersfeld