



DB Engineering & Consulting GmbH
Region Südwest
Umwelt- & Geo-Services
(I.TV-SW-U)
Hinterm Hauptbahnhof 5
76137 Karlsruhe
www.db-engineering-consulting.de

Geotechnischer Bericht

1. Aktualisierung

Projekt: Erneuerung von Bahnübergängen an der
Strecke 4600 im Abschnitt Tübingen bis Horb

Bauvorhaben: Bahnübergang Bieringen,
km 68,283

Auftraggeber: DB Netz AG
GE Regionalnetze – RB Südwest
I.NVR-SW-A(S)
Schwarzwaldstraße 82
76137 Karlsruhe

Auftragsnummer DB E&C: U-SW00198 / 269290 / 601824
Projektnummer AG: G.016263786

Bearbeiter: Robin Mak, B.Sc.
Marcel Hirneth, M.Sc.
Tibor Hoff, M.Sc.

Dieser Bericht umfasst 40 Seiten und 7 Anlagen. Eine auszugsweise Veröffentlichung ist nicht zulässig.

Karlsruhe, 31.10.2023


i.A.
Tibor Hoff, M.Sc. Georess.
Projektleiter Geotechnik I.TD-SW-U(T)

i.A.
Robin Mak, B.Sc.

i.A.
Tibor Hoff, M.Sc.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Allgemeines und Aufgabenstellung	5
1.1 Unterlagen	5
1.2 Vorgang / Aufgabenstellung	7
1.3 Beschreibung der Infrastrukturmaßnahme / Lagebeschreibung	7
1.4 Aufschlussarbeiten	8
2 Darstellung der Untersuchungsergebnisse	10
2.1 Geologischer Überblick	10
2.2 Kampfmittel	11
2.3 Baugrundverhältnisse	11
2.3.1 Baugrundmodell	13
2.3.2 Homogenbereiche nach VOB-C	14
2.3.3 Bodenrechenwerte	14
2.4 Hydrogeologische Verhältnisse	15
2.5 Erdbebenzone	17
2.6 Beton- und Stahlaggressivität	17
2.7 Einschätzung Rammfähigkeit der Baugrundsichten	19
3 Geotechnische Schlussfolgerungen und Empfehlungen	22
3.1 Lichtzeichenmasten & Schrankenanlagen	22
3.1.1 Gründung auf Rammrohren nach Einbaueinweisungen DB Netz	22
3.1.2 Gründung auf Rammrohren nach statischem Bemessen	23
3.1.3 Gründung auf Betonfuß-Monolithen	24
3.1.4 Wiederverfüllung der Arbeitsräume	25
3.2 Betonschalthaus	26
3.2.1 Gründung des Betonschalthauses nach Gründungsmatrix	26
3.2.2 Abdichtung und Drainage	27
3.2.3 Wiederverfüllung der Arbeitsräume	27
3.3 Neubau von Verkehrsflächen (Wirtschaftsweg)	28
3.4 Bemessung Schotteroberbau	28
3.4.1 Anforderung an den Unterbau / Untergrund	29
3.4.2 Bemessung Tragschicht	29
3.4.3 Bemessung nach Ril 836	30



3.5	Entwässerung	31
3.6	Baugrubensicherung und Wasserhaltung	31
3.6.1	Baugrubensicherung	31
3.6.2	Wasserhaltung	32
3.7	Einfluss der Baumaßnahme auf angrenzende Bebauungen	32
3.8	Bautechnische Hinweise	33
4	Abfalltechnische Untersuchungen	34
4.1	Untersuchungsumfang	34
4.2	Untersuchungsergebnisse	35
4.3	Verwertung / Beseitigung	36
5	Zusammenfassung / Schlussbemerkungen	38

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Abkürzungsverzeichnis	1 Blatt
Anlage 2	Lage- und Aufschlussplan	3 Blatt
Anlage 3	Bohr- und Sondierprofile	2 Blatt
Anlage 4	Bodenmechanische Laborversuche	
Anlage 4.1	Zusammenfassung Laborversuche	1 Blatt
Anlage 4.2	Ergebnisse Laborversuche Bodenmechanik	9 Blatt
Anlage 4.3	Ergebnisse Glühverlust	3 Blatt
Anlage 5	Chemische Analytik	
Anlage 5.1	Abfalltechnische Untersuchungen: Prüfberichte	12 Blatt
Anlage 5.2	Abfalltechnische Untersuchungen: Auswertungen	2 Blatt
Anlage 5.3	Beton-/Stahlaggressivität Boden	15 Blatt
Anlage 6	Setzungsberechnungen	1 Blatt
Anlage 7	Fotodokumentation	3 Blatt

1 Allgemeines und Aufgabenstellung

1.1 Unterlagen

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

- /U 1/ Leistungsvereinbarung KH000664 der DB Netz AG, vom 08.11.2018 auf der Grundlage unseres Angebotes Nr. 24152 vom 08.10.2018
- /U 2/ Kreuzungsplan (Vorabzug 18.06.2020), Bü-Kennw.: 68,2+83, Gemarkung: Rottenburg, DB Engineering & Consulting GmbH, Region Deutschland Südwest, Büro Karlsruhe Schwarzwaldstr. 82, 27.04.2020
- /U 3/ Maßnahmenbeschreibung zum Angebot Nr. 23177, Erneuerung von Bahnübergängen an der Strecke 4600 im Abschnitt Tübingen bis Horb, DB Engineering & Consulting GmbH, Region Südwest, Planung Stuttgart, 28.11.2018
- /U 4/ Email von Frau Marina Görisch, DB Engineering & Consulting GmbH, vom 24.02.2021, Anlagenübersicht (PDF)
- /U 5/ Ergebnisse der Aufschlussarbeiten der Fa. WST GmbH, Eppelheim, Februar bis April 2021
- /U 6/ Laborergebnisse des bodenmechanischen Labors der DB E&C GmbH, Berlin, März 2021
- /U 7/ Laborergebnisse des chemischen Labors der Agrolab Labor GmbH, Bruckberg, April 2021
- /U 8/ Kampfmittelvorerkundung „Bahnübergänge Bad Niedernau – Mühlen A.N., Strecke 4600, km 61,7-75,6“, Luftbilddatenbank Dr. Carls GmbH, Estenfeld, 17.10.2018
- /U 9/ RStO Ausgabe 2012; Richtlinien zur Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Bonn, Dezember 2012
- /U 10/ ZTVE-StB17, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (FGSV-Merkblatt 599), Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Bonn, September 2017
- /U 11/ EA-Baugrube; Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Ernst & Sohn Verlag, 6.Auflage, Berlin 2021
- /U 12/ EA-Pfähle; Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Verlag Ernst & Sohn, 2. Auflage, Berlin 2012
- /U 13/ DWA-A 138, Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, April 2005
- /U 14/ Ril 815 Bahnübergangsanlagen planen und instand halten, 01.12.2012

- /U 15/ Ril 836 Erdbauwerke (und sonstige geotechnische Bauwerke) planen, bauen und instand halten, Aktual. 07 vom 01.11.2019
- /U 16/ TM 4-2015-10212 I.NPS 3 zur Ril 819 „Gründungsarten und deren Verwendbarkeit für Komponenten der Leit- und Sicherungstechnik an Gleisstrecken“ DB Netz AG, März 2015
- /U 17/ Beuth Verlag: VOB Ausgabe 2016, Berlin 2016
- /U 18/ Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg 1:350.000, Innenministerium Baden-Württemberg, Landesvermessungsamt Baden-Württemberg 2005
- /U 19/ Daten- und Kartendienst der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), Onlinedienst, URL: <http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/>, Abfrage 11.05.2021
- /U 20/ Online-Kartenviewer des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Freiburg. URL: <https://maps.lgrb-bw.de/>. Abfrage am 11.05.2021
- /U 21/ Programm „GGU-Footing“, Berechnung von Fundamenten nach DIN 4017, DIN 4019, DIN 1054 und EC 7, Version 9.04, 02.11.2020, Copyright + Verfasser: Prof. Dr.-Ing. Johann Buß
- /U 22/ Verwaltungsvorschrift (VwV) des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial, Ministerium für Umwelt und Verkehr, Baden-Württemberg, 14.03.2007
- /U 23/ Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/ pechty-pischen Bestandteilen sowie die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau, RuVA-StB 01, Fassung 2005, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe „Asphaltstraßen“, FGSV-Verlag, Köln, Dezember 2004
- /U 24/ Ril 880.4010 (Altschotterrichtlinie), Verwertung von Altschotter, gültig ab 01.02.2003 in Verbindung mit
- /U 25/ TM 4-2018-10391 I.NPF 2 zu Ril 820 und 880: Anpassung des Siebschnittes für die Altschotteranalytik von 22,4 auf 31,5 mm, gültig ab 12.07.2018
- /U 26/ Handlungshilfe für die Verwertung von Gleisschotter in Baden-Württemberg, Umweltministerium Baden-Württemberg, Stuttgart, März 2008
- /U 27/ Zuordnung von Abfällen zu Abfallarten aus Spiegeleinträgen, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, 28.10.2002
- /U 28/ Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV), Dezember 2001
- /U 29/ Technische Hinweise zur Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit, LAGA, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall, 04.12.2018

- /U 30/ Regelzeichnung (S 8240.21, März 2011) und Einbauanweisung (S 8240.21t, Januar 2019) für Betonmonolithe kleiner und großer Bauform der Firma RAILBETON HAAS KG
- /U 31/ Regelzeichnung (S 8240.23, August 2014) und Einbauanweisung (S 8240.23t, Juni 2017) für Betonmonolithe kleiner und großer Bauform der Firma bbL Beton GmbH
- /U 32/ Regelzeichnung S 8240.11.10 für Betonfüße kleiner Bauform; Deutsche Bundesbahn, Juni 1951
- /U 33/ DWA-A 904, Richtlinien für den ländlichen Wegebau, Oktober 2005

1.2 Vorgang / Aufgabenstellung

Die DB Netz AG plant die Erneuerung des Bahnübergangs (BÜ) in Biringen an der Strecke 4600 Tübingen – Horb am Strecken-km 68,283. Im Rahmen dessen sind die Erneuerung der angrenzenden Wirtschaftswege, des (Gleis-)Oberbaus, der Lichtsignalanlage, der Schrankenanlagen und eines Betonschalthauses geplant.

Die DB Engineering & Consulting GmbH wurde von der DB Netz AG beauftragt /U 1/, den Baugrund im Bereich des BÜ Biringen und der zugehörigen Annäherungssignale zu erkunden und zu bewerten.

Mit dem vorliegenden Geotechnischen Bericht nach DIN 4020 werden die Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen dargestellt, ein Baugrundmodell mit charakteristischen Bodenkennwerten entwickelt und Empfehlungen für die jeweiligen Gründungen ausgesprochen. In einer separaten geotechnischen Stellungnahme für das Gesamtpaket „12 BÜ'S – Tübingen - Horb“ welche dem geotechnischen Bericht beiliegt, wird eine orientierende Einteilung der erkundeten Bodenschichten in Homogenbereiche nach DIN 18300, DIN 18301 und DIN 18304 durchgeführt.

1.3 Beschreibung der Infrastrukturmaßnahme / Lagebeschreibung

Der BÜ bei km 68,283, liegt westlich der Gemeinde Biringen und südlich des Ortsteiles Sulzau(Starzach) im Neckartal in ca. 70 m Entfernung zum Neckar. Etwa 450 m westlich des BÜ's beginnt der Sulzauer Tunnel. Im Zuge des Umbaus ist eine Verbreiterung des Übergangs selbst sowie der angrenzenden Schleppkurven/Fahrbahn geplant. Darüber hinaus sollen die zugehörigen Annäherungs- und Lichtsignale sowie das zugehörige Modulgebäude und die Schrankenantriebe erneuert werden. Im Anschluss an den Bahnübergang ist zudem der Einbau von jeweils 10 B 90-Betonschwellen vorgesehen. Der Bahnübergang liegt gemäß LUBW-Abfrage /U 19/ auf einer Höhe von ca. 365,0 m ü. NN.

1.4 Aufschlussarbeiten

Die Baugrunderkundungsarbeiten wurden unter unserer fachtechnischen Überwachung durch die Firma WST GmbH, Eppelheim /U 5/ im Zeitraum 03.03. – 10.03.2021 ausgeführt.

Insgesamt wurden direkt am Bahnübergang 9 Kleinrammbohrungen (KRB) und 5 schwere Rammsondierungen (DPH) mit Tiefen bis maximal 10,0 m unter Ansatzpunkt (u. AP) sowie ein Schotterschurf in Gleisachse ausgeführt.

Darüber hinaus wurden an 2 Signalstandorten (km 66,961 br und km 69,412 bl) Kleinrammbohrungen und schwere Rammsondierungen zur Feststellung der Baugrundverhältnisse abgeteuft.

Zur Sicherstellung der Kabel- und Leitungsfreiheit wurden an allen Erkundungspunkten Handschachtungen bis 1,2 m unter Geländeoberkante (u. GOK) hergestellt.

Die einzelnen, auf Bohrmeisterangaben beruhenden, Schichtenverzeichnisse können bei Bedarf im Archiv der DB Engineering & Consulting GmbH (Umwelt- und Geo-Services Südwest, Karlsruhe) eingesehen werden.

Die Aufschlüsse stellen sich wie folgt dar:

Tabelle 1: Lage der Aufschlüsse

Aufschluss	Bahn km	Lage zur Gleisachse (GA)	Höhe Ansatzpunkt	Tiefe Bohrende	
			[m zu SO]	[m u. AP]	[m u. SO]
KRB BB 2.1	68,278	11,8 m bl	-1,01	4,00	5,01
KRB/DPH BB 2.2	68,269	6,9 m bl	-0,22	4,00 / 1,50*	4,22 / 1,72*
KRB BB 2.3	68,280	7,6 m bl	-0,93	2,00	2,93
KRB/DPH BB 2.4	68,275	4,2 m bl	-0,47	10,00 / 12,00	10,47 / 12,47
KRB/DPH BB 2.5	68,281	4,1 m bl	-0,33	8,00 / 8,00	8,33 / 8,33
KRB/DPH BB 2.6	68,274	4,0 m br	-0,80	8,00 / 10,00	8,80 / 10,80
KRB BB 2.7	68,280	9,8 m br	-1,11	2,00	3,11
KRB/DPH BB 2.8	68,283	5,4 m br	-0,87	8,00 / 8,00	8,87 / 8,87
KRB BB 2.9	68,288	28,2 m br	-2,37	2,00	4,37
KRB BB 2. Si 1a	66,961	4,7 m br	+0,07	1,50*	1,43*
KRB BB 2.Si 1b	66,961	5,2 m br	+0,37	1,60*	1,23*
KRB BB 2.Si 1c	66,961	5,7 m br	+0,47	1,55*	1,08*
DPH BB 2.Si 1	66,961	4,7 m br	+0,08	1,90*	1,82*
KRB/DPH BB 2.Si2	69,412	4,0 m bl	-0,09	8,00 / 8,00	8,09 / 8,09
BB 2.SCH	68,272	in GA	-0,21	0,70	0,91

* vorzeitiger Abbruch wegen Ramm-/ Bohrhindernis, vermutlich Steine oder Blöcke in der Auffüllung bzw. im Hangschutt
KRB: Kleinrammbohrung; DPH: schwere Rammsondierung; GA: Gleisachse; SO: Schienenoberkante; AP: Ansatzpunkt;
bl / br: bahnlinks / -rechts; SCH: Schurf

Die Entnahme von gestörten Bodenproben erfolgte je lfd. Meter bzw. bei Schichtwechsel. Insgesamt wurden aus den abgeteufte Kleinrammbohrungen 77 gestörte Bodenproben entnommen und handspezifiziert. Zur Ermittlung von Bodenkennwerten und zur genaueren Einteilung der Bodenarten in Bodengruppen nach DIN 18196 und Homogenbereichen nach VOB-C /U 17/ sind ausgewählte Proben bodenmechanischen Untersuchungen unterzogen worden. Im Einzelnen wurden folgende bodenmechanische Laborversuche ausgeführt:

- 3 x Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen nach DIN 18122,
- 2 x kombinierte Sieb-/Schlämmanalyse nach DIN EN ISO 17892-4,
- 3 x Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18128.

Die Laborversuche wurden durch das bodenmechanische Labor der DB Engineering & Consulting GmbH, Berlin /U 6/ durchgeführt. Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche sind in Anlage 4 zusammengestellt.

Zur abfalltechnischen Deklaration des anfallenden Schotters wurde ein Schotterschurf zur Gewinnung von Feinanteil < 31,5 mm ausgeführt, eine Laborprobe erstellt und nach den Vorgaben der Handlungshilfe Gleisschotter /U 26/ chemisch untersucht. Zur orientierenden abfalltechnischen Einstufung der anfallenden Aushubmassen Boden wurde aus den ausgeführten Aufschlüssen Material entnommen, zu einer Mischprobe zusammengefasst und nach den Vorgaben der VwV-Boden /U 22/ chemisch untersucht. Zur Ermittlung der Beton- und Stahlaggressivität des Bodens wurden insgesamt 3 Mischproben erstellt und untersucht. Die Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen können der Anlage 5 entnommen werden. Im Einzelnen wurden folgende chemische Analysen ausgeführt:

- 1 x Deklarationsanalyse nach VwV Boden Baden-Württemberg,
- 1 x Handlungshilfe für die Verwertung von Gleisschotter in Baden-Württemberg,
- 3 x Beton- und Stahlaggressivität im Boden nach DIN 4030 und DIN 50929.

1.5 Änderungen der 1. Aktualisierung

In dieser 1. Aktualisierung wurde die Bezugsquelle in Kapitel 2.1 auf die Quelle /U 20/ wieder hergestellt.

2 Darstellung der Untersuchungsergebnisse

2.1 Geologischer Überblick

Der BÜ Biringen, km 68,283, liegt südlich des Ortsteiles Sulzau(Starzach) im Neckartal. Gemäß Geologischer Karte /U 20/ stehen im Untersuchungsgebiet im Bereich östlich des Bahnübergangs oberflächennah meist lehmig-tonige teilweise humose Ablagerungen der Talauen mit teils zwischengelagerten Sand- und Kieslinsen an. Im Bereich westlich des Bahnübergangs sowie unterhalb der Auenablagerungen folgen Ablagerungen des Mittleren Muschelkalks in Form von Tonmergel, Dolomit, Zellenkalk und Hornstein. Nördlich des Bahnsteiges liegt eine Dammschüttung aus aufgefülltem Material vor.

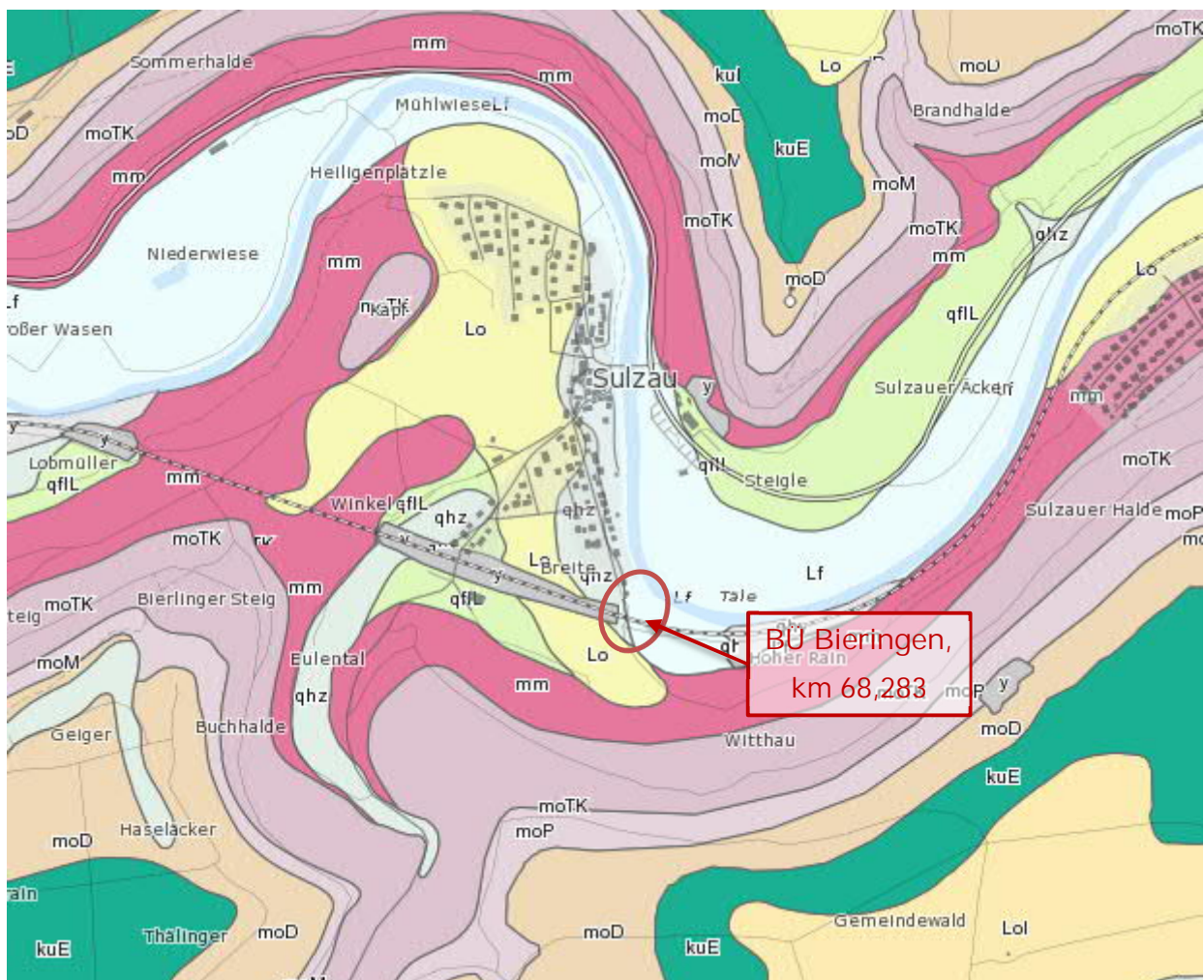


Abbildung 1: Ausschnitt aus der geologischen Karte nach /U 20/; Lf: Auenlehm; mm: mittlerer Muschelkalk; qhz: Holozäne Abschwemmassen, Lo: Löss; y: anthropogene Ablagerungen (Dammschüttung)

Bei den Aufschlussarbeiten wurde von uns an den Aufschlüssen Auenlehm in weich-steifer bis steif-halbfester Konsistenz sowie gemischt- und feinkörniger Hangschutt und Schwemmschuttlagen angetroffen.

Durch den anthropogenen Einbau von zumeist lokal vorkommenden Böden ist eine zweifelsfreie Unterscheidung zwischen aufgefülltem und gewachsenem Boden nicht immer möglich.

2.2 Kampfmittel

Entsprechend der uns vorliegenden Luftbilddauswertung /U 8/ muss im Bereich des Bahnübergangs Biringen und der zugehörigen Signale bei km 66,961 und km 69,412 nicht mit dem Vorhandensein von Kampfmitteln gerechnet werden.

2.3 Baugrundverhältnisse

Die in den einzelnen Bodenbeschreibungen genannten Schichtnummern beziehen sich auf das Baugrundmodell in Kapitel 2.3.1.

Schicht 0.3: Oberboden

An den Aufschlüssen KRB BB 2.1 und KRB BB 2.8 wurde bis eine Tiefe von 0,1 m bzw. 0,4 m u. GOK humoser, teils stark durchwurzelter Oberboden erkundet. Der Oberboden enthält Fremdbestandteile in Form von Gleisschotter und Gesteinsbruchstücken.

Schicht 1: Auffüllungen

Im bahnrechten Bereich des Bahnübergangs wurden Auffüllungen mit Mächtigkeiten zwischen 4,65 m und 6,90 m u. GOK erkundet. Es handelt sich dabei um locker gelagerte grob- und gemischtkörnige Kiese mit sehr geringem bis geringem Feinkornanteil (<15%) der Bodengruppe [GW], [GU] (Schicht 1.1), sowie um gemischtkörnige Kiese (Feinkornanteil >15%) der Bodengruppe [GU*] (Schicht 1.2). Bei der KRB BB 2.9 wurde ein kiesiger Schluff in steifer Konsistenz bis in eine Tiefe von 1,15 m u. GOK der Bodengruppe [UL] (Schicht 1.3) erkundet.

Im bahnlinken Bereich des Bahnüberganges wurden Auffüllungen mit Mächtigkeiten zwischen 4,0 m im Bereich des Wirtschaftsweges und des geplanten Schalthauses, sowie 0,4 m im nahen Gleisbereich erkundet. Im Bereich des Wirtschaftsweges und des geplanten Schalthauses bestehen die Auffüllungen aus locker bis mitteldicht gelagerten grobkörnigen Kiesen der Bodengruppe [GW] (Schicht 1.1), sowie aus gemischtkörnigen Kiesen (Feinanteil >15%) der Bodengruppe [GU*] (Schicht 1.2). In der KRB BB 2.1 wurden zudem mitteplastische Tone in weicher bis steifer Konsistenz der Bodengruppe [TM] (Schicht 1.3) erkundet. Im nahen Gleisbereich liegen deutlich geringmächtigere Auffüllungen aus zumeist bindigen Schluffen in weicher bis steifer Konsistenz der Bodengruppe [UL] (Schicht 1.3), sowie in KRB BB 2.3 gemischtkörnige Kiese mit Feinanteil <15% der Bodengruppe [GU] (Schicht 1.2) vor.

An den Signalstandorten wurden Auffüllungen bis in eine Tiefe von 1,60 m u. GOK erkundet. Es handelt sich hierbei um locker gelagerte grob- und gemischtkörnige Kiese mit einem teilweise geringen Feinkornanteil von <15% der Bodengruppe [GW] und [GU] (Schicht 1.1), sowie gemischtkörnige Kiese der Bodengruppe [GU*] (Schicht 1.2). Am Standort BB 2. Si 1 wurden zudem Schluffe in weicher Konsistenz der Bodengruppe [UL] (Schicht 1.3) erkundet.

Schicht 2.1: Auenlehm

Mit den ausgeführten Aufschlüssen wurden bahnlinks des Bahnübergangs im Tiefenbereich ca. 0,4 m bis 10,0 m u. GOK Auenlehm in Form leicht- bis mittelpastischer Tone und Schluffe in weicher bis steifer Konsistenz der Bodengruppe TM (Schicht 2.1) angetroffen. Die Böden weisen einen geringfügig erhöhten Organikanteil auf, sind nach unserer Einschätzung jedoch noch nicht als organogene Böden einzustufen.

Im Bereich bahnrechts des Bahnüberganges wurden diese Böden im Tiefenbereich ca. 4,65 m bis 8,0 m u. GOK angetroffen.

Am Signalstandort BB 2.Si 2 wurden bis zur Zieltiefe von 8,0 m u. GOK Auenlehme in Form ausgeprägt bis mittelpastischer Tone in weicher bis steifer Konsistenz der Bodengruppe TM und TA (Schicht 2.2) erkundet.

Schicht 2.2: Schwemm- und Hangschutt

In der KRB BB 2.4 wurden in eine Tiefe von 8,70 m bis 10,0 m u. GOK ein leichtplastischer feinsandiger Schluff in weicher bis steifer Konsistenz der Bodengruppe UL (Schicht 2.2) erkundet.

Schicht 3.1: Halbfest- und Festgestein

Im Bereich der Erkundung am geplanten Signalstandort BB 2.Si 1 wurde bis in eine Tiefe von 1,60 ein gemischtkörnig toniger Kies mit einem Feinkornanteil >15% der Bodengruppe GT* (Schicht 3.1a) erkundet. In Tiefen zwischen 1,5 m und 2,0 m unter Ansatzpunkt konnte kein weiterer Bohr- oder Rammfortschritt erzielt werden. Aufgrund der Lage im Einschnitt und dem erkundeten Tonsteinbruch, sowie dem plötzlichen Abbruch der DPH ist anzunehmen, dass es sich bei den erkundeten Kiesen um den Verwitterungshorizont des anstehenden Tonsteins handelt und dass der weniger stark verwitterte Festgesteinshorizont (Schicht 3.1b) bei ca. 1,9 m u. GOK anzutreffen ist. Eine aussagekräftige Probengewinnung des Festgesteins war mit dem gewählten Bohrverfahren nicht möglich. Sollten genauere Kenntnisse über den Festgesteinshorizont benötigt werden, so sind ergänzende Aufschlüsse mit einem Großbohrgerät erforderlich.

2.3.1 Baugrundmodell

Für die geplante Modernisierung der 12 Bahnübergänge an der Strecke 4600 zwischen Tübingen und Horb haben wir ein gemeinsames Baugrundmodell entwickelt, welches für die Bewertung der Baugrundverhältnisse herangezogen werden kann. Die angetroffenen Locker- und Festgesteine können als Schichten mit jeweils annähernd gleichen bodenmechanischen Eigenschaften zusammengefasst werden. Im Folgenden sind nur die im Bereich des Bahnübergangs bei km 68,283 sowie der dazugehörigen Signale angetroffenen Schichten aufgeführt.

Tabelle 2: Baugrundmodell

<u>Schicht 0</u>	Oberflächenbedeckung/-befestigung
	- Schicht 0.1: Gleisschotter Schicht 0.3: Oberboden
<u>Schicht 1</u>	Auffüllungen
Schicht 1.1	- Kiese und Sande, tlw. schwach schluffig - Schicht 1.1a: locker gelagert - Schicht 1.1b: mitteldicht gelagert - Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ [GW], [GU]
Schicht 1.2	- Kiese und Sande, schluffig/tonig - Schicht 1.2a: locker gelagert - Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ [GU*]
Schicht 1.3	Schluffe und Tone, kiesig, sandig Schicht 1.3a: weich, weich-steif Schicht 1.3b: steif, steif-halbfest Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ [UL]
<u>Schicht 2</u>	Anstehendes Lockergestein
Schicht 2.1	- Auenlehm, schwach organisch, mittel- bis ausgeprägt plastisch - Schicht 2.1a: weich, weich-steif - Schicht 2.1b: steif, steif-halbfest - Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ TM, TA
Schicht 2.2	- Schwemm- und Hangschutt Schicht 2.2a: feinkörnig, leichtplastisch, weich-steif Schicht 2.2b: feinkörnig, leichtplastisch, steif-halbfest - Schicht 2.2c: grob- und gemischtkörnig, locker gelagert - Klassifikation lt. DIN 18196 ⇒ GT*, TL, TM, TA, UL

Schicht 3	Anstehendes Halbfest- und Festgestein
Schicht 3.1	<ul style="list-style-type: none"> - Tonstein - Schicht 3.1a: v4-v5, mit Bodeneigenschaften - Schicht 3.1b: v1-v3, mit Felseigenschaften - Klassifikation lt. DIN 18196 \Rightarrow Tst (GT*)

2.3.2 Homogenbereiche nach VOB-C

Ein Vorschlag für die Einteilung der Schichten des Baugrundmodells in Homogenbereiche nach DIN 18300 (Erdarbeiten), DIN 18301 (Bohrarbeiten) und DIN 18304 (Ramm- Rüttel- und Pressarbeiten) wird in einer separaten geotechnischen Stellungnahme für die 12 BÜ's vorgeschlagen, welche dem Bericht beigelegt wird. Auf Basis dieser Angaben können bei Bedarf sowie Kenntnis über die geplanten Arbeitsverfahren und eingesetzten Geräte, im Zuge der fortschreitenden Planung die hier nur orientierend festgelegten Homogenbereiche im Sinne der aktuellen VOB-Normen /U 17/ genauer abgeleitet werden.

2.3.3 Bodenrechenwerte

Die in der folgenden Tabelle angegebenen charakteristischen boden- und felsmechanischen Kenngrößen und Rechenwerte können den erkundeten Locker- und Festgesteinen für erdstatische Berechnungen zugeordnet werden. Das Schichtpaket 0 wird nachfolgend nicht weiter betrachtet.

Tabelle 3: Charakteristische Bodenrechenwerte

Schicht	DIN 18196	LD/ Konsistenz	cal γ_k [kN/m ³]	cal γ'_k [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	$c_{u,k}$ [kN/m ²]	$E_{s,k}^{(1)}$ [MN/m ²]
1.1a	[GW], [GU]	locker	17,0	9,5	30,0	0	0	15
1.1b		mitteldicht	19,0	11,5	30,0	0	0	40
1.2a	[GU*]	locker	16,5	9,0	30,0	0	0	12
1.3a	[UL]	w-st	18,0	9,5	28,0	2	20	8
1.3b		st-hf	19,0	10,5	29,0	3	100	15
2.1a	TM, TA	w-st	18,0	8,0	25,0	10	50	5
2.1b		st-hf	19,0	9,0	25,0	15	100	15
2.2a	TL, TM, TA, UL	w-stf	18,5	8,5	25,0	5	20	8

Schicht	DIN 18196	LD/ Konsistenz	cal γ_k [kN/m ³]	cal γ'_k [kN/m ³]	φ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	$c_{u,k}$ [kN/m ²]	$E_{s,k}^{1)}$ [MN/m ²]
2.2b		st-hf	19,5	9,5	25,0	10	40	20
2.2c	GT*	locker	16,5	9,0	32,5	0	5	18
3.1a	GT*	locker bis mitteldicht	19,5	10,5	27,5	-	5	20

LD = Lagerungsdichte, w: weich, st: steif, hf: halbfest

¹⁾ Hinweis: Der Steifemodul $E_{s,k}$ ist spannungsabhängig und nimmt mit der Höhe der Überdeckung zu. Die Angaben für den Steifemodul $E_{s,100}$ gelten bei einer Spannung $\sigma = 100 \text{ kN/m}^2$ bei Lockersedimenten, die Ermittlung des spannungsabhängigen Steifemoduls $E_{s,k}$ ergibt sich nach der Gleichung:

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

Der Parameter w ist in Abhängigkeit der Bodenart zu wählen:

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

Tabelle 4: Rechenwerte, Halbfestgestein / Festgestein

Schicht-Nr. BG-Modell	DIN 18196 / 14689	VS	cal γ_k [kN/m ³]	φ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	qu [MN/m ²]	Steife-modul $E_{s,k}$ [MN/m ²]
3.1b ²⁾	Tst	v1-v3	27,0	27,5	50	20	150

VS: Verwitterungsstufe; ²⁾ Die in diesem Bericht angegebenen Bodenkennwerte für das Festgestein begründen sich auf Erfahrungswerten aus anderen Projekten im Saarland. Sollen genauere Angaben für diese Lokalität erbracht werden, sind zusätzliche Großbohrungen zur Gewinnung von gekernteten Proben durchzuführen.

2.4 Hydrogeologische Verhältnisse

In keinem der betrachteten Aufschlüsse wurde Grundwasser angetroffen, jedoch wurden die Böden am Aufschluss KRB BB 2.4 im Bereich 8,7 – 10,0 m unter Ansatzpunkt als feucht bis naß angesprochen. Nach unserer Einschätzung kann dies ein Zeichen für das Vorhandensein von Schicht- oder Grundwasser sein. Die hydrogeologische Einheit wird im Untersuchungsgebiet vom oberen Muschelkalk gebildet.

Der Bahnübergang liegt im Fall eines Hochwassers knapp außerhalb von ausgewiesenen Überflutungsgebieten. Für die Überflutungsfläche in der Nähe des BÜ's wird für HQ_{EXTREM}-Ereignis eine Wasserspiegelhöhe von ca. 362,8 m ü. NHN erwartet.

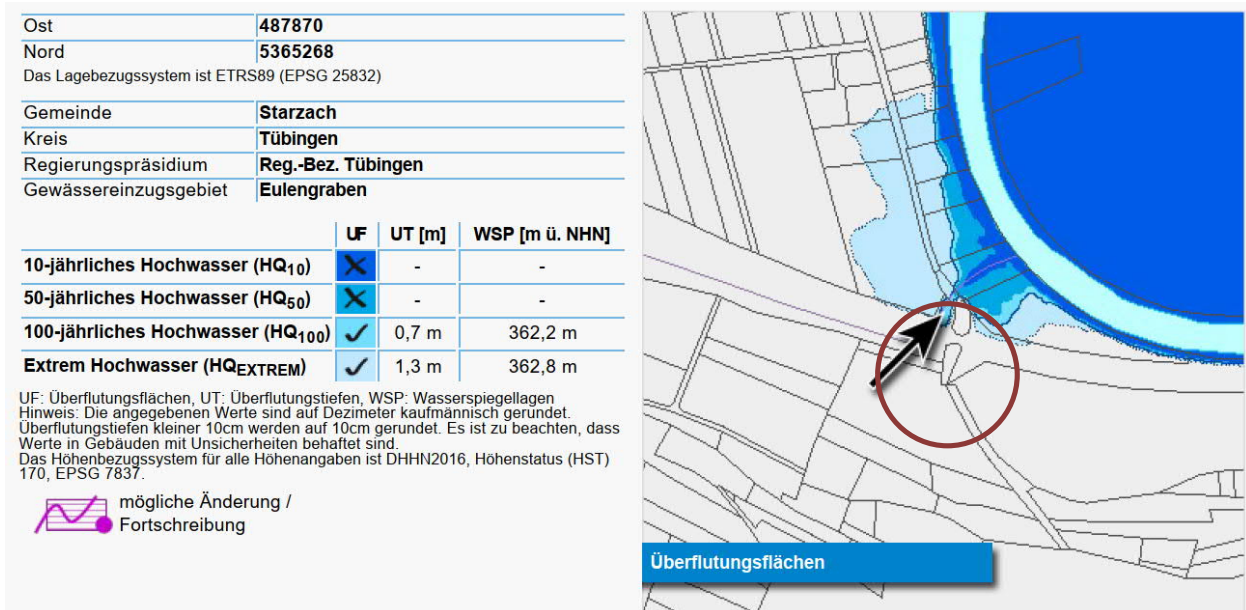


Abbildung 2: Überflutungsflächen im Hochwasserfall gemäß Onlineabfrage /U 19/

Die Signalstandorte liegen jeweils im Fall eines Hochwassers in einem ausgewiesenen Überflutungsgebiet. Der Standort BB 2.Si 1 liegt laut Kartenviewer des LUBW /U 19/ auf einer Höhe von 362,0 m ü. NN. Bei einem HQ_{EXTREM} ist eine Wasserspiegellage von 360,1 m ü. NHN zu erwarten. Der Standort BB 2.Si 2 befindet sich nach Angaben des Kartenviewers des LUBW /U 19/ auf einer Höhe von 368,7 m ü. NN. Bei einem HQ_{EXTREM} kann eine Wasserspiegellage von 367,0 m ü. NHN angenommen werden.

Grundwassermessstellen im Nahbereich des Untersuchungsgebietes des Bahnüberganges und der Signalstandorte konnten im Rahmen unserer Recherche nicht ermittelt werden. Wir empfehlen daher im Hinblick auf die nahegelegenen Überflutungsflächen und die Nähe zum Neckar den Wasserstand eines Extremhochwasserereignisses zuzüglich eines Sicherheitszuschlag von 0,5 m. Die sich daraus ergebenden Bemessungswasserstände können der folgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 5: Bemessungswasserstände

Standort / KM	Höhenlage [m ü. NN]	Wasserspiegellage HQ _{EXTREM} [m ü. NN]	Sicherheitszuschlag	Bemessungswasserstand [m u. GOK]
Bahnübergang / 68,283	365,0	362,8	0,5	1,7
BB 2.Si 1 / 66,961	362,0	360,1	0,5	1,4
BB 2. Si 2 / 69,412	368,7	367,0	0,5	1,2

Die bauzeitlichen Wasserstände liegen nach unserer Einschätzung deutlich tiefer. Mögliche Baugruben für die Maßnahmen am BÜ liegen somit bei durchschnittlicher Witterung außerhalb des Grundwasser Einflussbereichs.

Auf den bindigen und gemischtkörnigen Böden ist insbesondere in niederschlagsreichen Perioden mit der Bildung von Stau- und Schichtwasser zu rechnen, so dass hier, je nach gewählter Gründungsart, entsprechende Wasserhaltungen (Pumpvorrichtungen) vorzuhalten sind.

2.5 Erdbebenzone

Nach der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg M 1:350.000 (Ausgabe 2005) /U 18/ befindet sich das Untersuchungsgebiet innerhalb der festgelegten Erdbebenzone 3. Die Untergrund-/Baugrundklassen-Kombination ist R-C. Laut der Eisenbahnspezifischen technischen Baubestimmungen (EiTB) und der TM 1-2017-10687 ist bis zur Bauaufsichtlichen Einführung der DIN EN 1998 in den Erdbebenzonen 1-3 der Nachweis der Erdbebenbeanspruchung nach DIN 4149:2005-04 durchzuführen. Dabei gelten zusätzlich die weiteren bauwerkespezifischen Angaben in der Anlage Ei A1.2.9/1 der EiTB und der TM 1-2017-10687. Nach Ril836.3001 1 (6) ist die Notwendigkeit von Nachweisen infolge Erdbeben-Einwirkungen für geotechnische Bauwerke von Eisenbahnverkehrsanlagen, die in Erdbebenzone 3 liegen, in Abstimmung mit einem vom EBA anerkannten Gutachter/Prüfsachverständigen festzulegen.

2.6 Beton- und Stahlaggressivität

Für Planungszwecke wurden zur Bestimmung der Beton- und Stahlaggressivität aus den entnommenen Bodenproben 3 Mischproben erstellt und im Labor der DB Engineering & Consulting GmbH, auf beton- und stahlangreifende Parameter chemisch analysiert /U 6/.

Eine Übersicht der berücksichtigten Bodenproben kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden. Bodenproben, welche unmittelbar an der Oberfläche gewonnen wurden, sind bei der Untersuchung nicht berücksichtigt worden, da diese häufig Fremdbestandteile beinhalten, welche das Laborergebnis negativ beeinflussen können, obwohl die besagten Böden bautechnisch keine Rolle spielen und in der Regel beim Anlegen der Gründung ausgebaut werden und so mit dem eigentlichen Bauteil nicht in Berührung kommen.

Tabelle 6: Zusammenstellung der Laborproben zur Bestimmung der Beton- und Stahlaggressivität

Mischprobe	Aufschluss	Entnahmetiefe [m] unter Ansatzpunkt
MP BB 2	KRB BB 2.1	1,0 – 2,0
	KRB BB 2.2	1,0 – 4,0
	KRB BB 2.3	1,5 – 2,0
	KRB BB 2.4	1,4 – 10,0
	KRB BB 2.5	1,2 – 8,0
	KRB BB 2.6	1,0 – 8,0
	KRB BB 2.7	0,8 – 2,0
	KRB BB 2.8	2,0 – 8,0
	KRB BB 2.β	1,15 – 2,0
MP BB 2 Si 1 b	KRB BB 2.Si 1b	0,5 – 1,6
MP BB 2 Si 2	KRB BB 2.Si 2	1,0 -8,0

Betonaggressivität:

Die untersuchten Bodenmischproben sind nach DIN 4030 als nicht betonangreifend einzustufen. Die gemessenen Konzentrationen und Werte der untersuchten Parameter (Säuregrad nach Baumann-Gully, Sulfat-, Sulfid- und Chloridkonzentrationen) liegen unterhalb der Zuordnungskriterien der Expositionsklasse XA1.

Stahlaggressivität:

Im Folgenden sind die ausgewerteten Ergebnisse hinsichtlich der Stahlaggressivität dargestellt. Die Untersuchung der Bodenmischproben auf Korrosionswahrscheinlichkeit unlegierter und niedriglegierter Eisenwerkstoffe ergab die in der folgenden Tabelle dargestellten Ergebnisse.

Tabelle 7: Stahlaggressivität des Bodens nach DIN 50929

Bezeichnung Mischprobe	Bodenaggressivität	Mulden- und Lochkorrosion	Flächenkorrosion
MP BB 2	III – stark aggressiv	hoch	mittel
MP BB 2.Si 1	II – aggressiv	mittel	gering
MP BB 2.Si 2	II –aggressiv	mittel	gering

Die sich daraus ergebende Abschätzung der mittleren Korrosionsgeschwindigkeiten kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 8: Abschätzung der mittleren Korrosionsgeschwindigkeit nach DIN 50929, Teil 3, Tab.8

Bezeichnung Mischprobe	Bezug	Abtragungsrate w (100 a) [mm/a]	Max. Eindringtiefe $w_{L,max}(30a)$ [mm/a]
MP BB 2	Freie Korrosion (nur in Bezug auf Probe)	0,06	0,4
	Freie Korrosion (mit Bezug auf die umge- benden Böden)	0,06	0,4
MP BB 2.Si1	Freie Korrosion (nur in Bezug auf Probe)	0,02	0,2
	Freie Korrosion (mit Bezug auf die umge- benden Böden)	0,02	0,2
MP BB 2.Si2	Freie Korrosion (nur in Bezug auf Probe)	0,02	0,2
	Freie Korrosion (mit Bezug auf die umge- benden Böden)	0,02	0,2

Die Auswertung der Beton- und Stahlaggressivität der Böden ist im Detail in der Anlage 5.3 dargestellt.

2.7 Einschätzung Rammfähigkeit der Baugrundsichten

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

Die dazu benötigten Indikatoren werden, sofern aufgrund der Erkundungsergebnisse Angaben möglich sind im Kapitel 2.3 dieses Berichtes beschrieben und den jeweiligen Schichten des Baugrundmodells zugeordnet. In der Stellungnahme zu der Einteilung der Homogenbereiche für das Gesamtprojekt „12 BÜ's Tübingen – Horb“ findet sich eine orientierende Einteilung der Baugrundsichtung in Homogenbereiche nach DIN 18304 für eine rammende und rüttelnde Arbeitsweise.

Die nachfolgende orientierende Einschätzung der Einbringbarkeit in der folgenden Tabelle basiert auf der Grundlage der ausgeführten DPH (Spitzenquerschnitt 15 cm², Spitzendurchmesser 43,7 mm, Masse des Rammbaren 50 kg, Fallhöhe 0,5 m), den erkundeten Bodenarten, Lagerungsdichten bzw. Konsistenzen und Erfahrungen.

Die vorgeschlagene Einschätzung 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 9: Orientierende Einschätzung der Einbringbarkeit von Bauelementen in rammender bzw. rüttelnder Arbeitsweise

Einbringbarkeit*	Schicht-Nr. Baugrundmodell	
	Rammend	Rüttelnd
leicht*	1.1a+b, 1.2a, 1.3a+b, 2.1a+b, 2.2a+b	1.1a, 1.2a, 2.1a+b, 1.3a+b, 2.2a+b
mittelschwer bis schwer rammbar*	2.2c, 3.1a	1.1b
sehr schwer rammbar bis nicht rammbar	3.1b	3.1a, 3.1b, 2.2c

*Bei Vorhandensein von Fundamentresten, Steinen und Blöcken kann sich die Rammbarkeit deutlich verschlechtern

In den Auffüllungen muss erfahrungsgemäß mit dem Vorhandensein von Steinen und Blöcken gerechnet werden, welche überwiegend aus dem anstehenden Ton- und Kalkstein, aber auch Schlacke, Beton und Bauschutt bestehen können. Auch innerhalb der Hangschuttlagen (Schicht 2.2b+c) muss mit dem Vorhandensein größerer Steine und Blöcke aus Ton- und Kalkstein gerechnet werden, welche die Ramm- und Rüttelarbeiten zusätzlich erschweren können.

Für die in der vorstehenden Tabelle genannten Baugrundsichten mit schwerer bis sehr schwerer oder nicht möglicher Einbringbarkeit sowie beim Vorhandensein von Steinen und Blöcken empfehlen wir entsprechende Auflockerungs- und Austauschbohrungen oder andere Einbringhilfen einzuplanen. Dies gilt besonders für den Signalstandort BB 2.Si 1 km 66,961 aufgrund des vermuteten Festgesteinshorizont bei ca. 1,9 m u. GOK.

Generell sollten beim Einbringen folgende Grundsätze beachtet werden:

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



Sofern das Einbringen von Bauelementen mittels rammender oder rüttelnder Arbeitsweise vorgesehen ist, empfehlen wir, zur Auswahl der Technologie und Geräte eine Fachfirma einzuschalten und Probereinbringungen vorzusehen. Die von uns vorgenommenen Einschätzungen schließen nicht die Erfahrungen von Baufirmen bei der Durchführung von Arbeiten mit ähnlichen Baugrundverhältnissen aus. Grundsätzlich sind bei der Ausführung von Ramm- und Rüttelarbeiten die Regelungen der DIN 18304 zu beachten. Bei einer geplanten Gründung mittels Verdrängungspfehlgründung sollte die ausführende Baufirma ihre verwendete Technologie auf den beschriebenen Baugrund ausrichten. Dazu sollte dringend bereits bei der Ausschreibung auf die teilweise schlechte Einbringbarkeit und die möglichen Hindernisse im Untergrund hingewiesen werden.

3 Geotechnische Schlussfolgerungen und Empfehlungen

3.1 Lichtzeichenmasten & Schrankenanlagen

Die Auswahl von Gründungsarten für Lichtzeichenmasten und Schrankenanlagen im Geltungsbereich der DB Netz AG hat nach der Gründungsmatrix zur TM 4-2015-10212 I.NPS 3 /U 16/ zu erfolgen. Demnach ist neben einer Rammrohrgründung unter anderem eine Gründung auf Betonfuß-Monolithen möglich. Im Folgenden werden von uns beide Varianten betrachtet.

Die geplanten Baumaßnahmen werden von uns aufgrund der nahegelegenen Gleise gemäß DIN 1054 der Geotechnischen Kategorie (GK) 2 zugeordnet.

3.1.1 Gründung auf Rammrohren nach Einbaueinweisungen DB Netz

Zur vereinfachten Bemessung der Rammrohrgründungen sind die Einbaueinweisungen der Serie 8240.xx.xt der DB Netz AG zu befolgen. Sind die dort angegebenen Mindestanforderungen an den Baugrund am jeweiligen Gründungsstandort erfüllt, können Standardlängen für die Rammrohre verwendet und die Rohrwanddicke angegeben werden. Aufgrund der Erkundungsergebnisse werden die Mindestanforderungen an den Baugrund an den erkundeten Standorten eingehalten. Aufgrund der Böschung bahnlinks, der ebenen Fläche bahnrechts sowie der anstehenden, feinkörnigen und gemischtkörnigen Böden ergibt sich für die Signale und Lichtzeichen direkt am BÜ bahnlinks eine Rammrohlänge gemäß Einbauanweisung /U 16/ von 6,0 m und bahnrechts eine Rammrohlänge gemäß Einbauweisung /U 16/ von 5,0 m. Aufgrund der teils weichen und weich-steifen Böden empfehlen wir die Rohrwanddicke auf 14,2 mm zu erhöhen.

Eine Übersicht der nach /U 16/ erforderlichen Rammrohlänge unter Berücksichtigung der Baugrundverhältnisse und der Geländeform für die Signalstandorte können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 10: Erforderliche Rammrohlänge an den Signalstandorten des BÜ km 62,748 in Abhängigkeit der Baugrundverhältnisse und Geländeform

Signalstandort [km]	Geländeform	Baugrundverhältnisse (nach /U 16/)	erforderliche Rammrohlänge	Erhöhung Rohrwanddicke auf 14,2 mm erforderlich?
66,961	Einschnitt	Gründung nach Einbauweise DB Netz nicht möglich		
69,412	Damm	bindiger Boden, GW \geq 0,8m	6,0 m	ja

Am Signalstandort BB 2 Si 1 bei km 66,961 ist bei einer Tiefe von ca. 1,9 m u. GOK der Festgesteinshorizont zu erwarten. Falls die Gründung auf Rammrohren hier vorgesehen ist empfehlen wir die Gründung vorzubohren. Die Bemessung der Rammrohlänge ist dann auf Grundlage der

angegebenen Pfahlkennwerte für den Austauschboden aus Kapitel 3.1.2 vorzunehmen. Nach unserer Ansicht stellt eine Gründung mittels Beton-Monolith (siehe Kapitel 3.1.3) hier die wirtschaftlichere Variante dar.

3.1.2 Gründung auf Rammrohren nach statischem Bemessen

Sofern die Einbauanweisungen für die Gründung von Signalen im Rammträgerverfahren nicht angewendet werden sollen bzw. können, können zur Bemessung aus unserer Sicht die Erfahrungswerte nach EA-Pfähle /U 12/ herangezogen werden. Die Mantelreibung kann dabei nur für die eingerammte oder einvibrierte Länge der Rohre angesetzt werden. Werden die Rammrohre einvibriert, sind die Erfahrungswerte für Mantelreibung und Spitzendruck auf 75 % abzumindern. Die Abminderung entfällt, wenn die Rohre auf den letzten $8 \cdot D_{eq}$ (äquivalenter Pfahlersatzdurchmesser) in den tragfähigen Boden gerammt werden. Aus geotechnischer Sicht kann aufgrund der nur minimal auftretenden Vertikalkräfte bei der Gründung von Signalen und Signalauslegern auf die nach EA-Pfähle geforderte Mindesteinbindetiefe der Pfähle von 2,5 m in den tragfähigen Horizont verzichtet werden. Durch den Statiker muss jedoch nachgewiesen werden, dass die auftretenden Kräfte (insbesondere horizontale Kräfte) schadfrei in den Untergrund abgeleitet werden können. Die Mächtigkeit der tragfähigen Bodenschichten unterhalb der Pfahlfußfläche von Rammpfählen darf nicht weniger als fünf Pfahlersatzfußdurchmesser betragen oder muss mindestens 1,50 m überschreiten. Sofern dies nicht gewährleistet ist, wird nach EA-Pfähle empfohlen sicherheitshalber keinen Spitzendruck anzusetzen. In der nachfolgenden Tabelle werden die zur Vorbemessung erforderlichen Pfahlkennwerte für Fertigrammpfähle in Anlehnung an die EA-Pfähle angegeben. Die Anpassungsfaktoren für die unterschiedlichen Pfahltypen für Mantelreibung und Spitzendruck sind noch nicht berücksichtigt.

Tabelle 11: Pfahlspitzendruck und Pfahlmantelreibung für Fertigrammpfähle aus Stahlbeton und Spannbeton nach EA-Pfähle /U 12/

Schichtnummer Baugrundmodell	Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ [MN/m ²] bei einer Setzung von s/D		Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²] bei einer Pfahlkopfsetzung s/D_{eq} von	
	0,035	0,100	$S_{sg}^{1)}$	$S_g = 0,1 \cdot D_{eq}$
1.1a, 1.2a	--	--	--	--
1.1b	2,200	4,200	0,010	0,015
1.3a	--	--	0,015	0,025
1.3b	0,350	0,600	0,030	0,035
2.1a	--	--	0,015	0,025
2.1b	0,350	0,600	0,030	0,040
2.2a	--	--	--	--
2.2b	0,200	0,400	0,010	0,020
2.2c	--	--	0,020	0,030

Schichtnummer Baugrundmodell	Pfählspitzendruck $q_{b,k}$ [MN/m ²] bei einer Setzung von s/D		Pfählmantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²] bei einer Pfählkopfsetzung s/D_{eq} von	
	0,035	0,100	$S_{sg}^{1)}$	$S_g = 0,1 \cdot D_{eq}$
3.1a	2,200	4,200	0,010	0,015
3.1b	*	*	*	*

*) S_{sg} = Setzung bei der die Mobilisierung der Bruchmantelreibung beginnt. *) Das kaum bis mäßig verwitterte Festgestein der Schicht 3.1b wird von uns als nicht rammbaar eingeschätzt. Beim Aufsetzen auf den Fels ist für den Pfahlspitzendruck die innere Pfahltragfähigkeit anzusetzen. Eine Mantelreibung kann nicht mobilisiert werden.

Sollten Austauschbohrungen zum Einsatz kommen, kann für den Ersatzboden (siehe Kapitel 2.7) die folgende Mantelreibung angenommen werden.

Tabelle 12: Pfählmantelreibung für Fertigrampfpfähle aus Stahlbeton und Spannbeton im Ersatzboden nach EA-Pfähle /U 12/

Pfählmantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²] bei einer Pfählkopfsetzung s/D_{eq} von	
$S_{sg}^{1)}$	$S_g = 0,1 \cdot D_{eq}$
0,030	0,040

Die je nach Pfahltyp benötigten Anpassungsfaktoren für den Spitzenwiderstand η_b und die Mantelreibung η_s sind der Tabelle 13 zu entnehmen.

Tabelle 13: Anpassungsfaktoren für Pfahlspitzendruck und Pfählmantelreibung von Fertigrampfpfählen nach Tab. 5.5 der EA-Pfähle 2012 /U 12/

Pfahltyp		η_b	η_s
Stahlbeton und Spannbeton		1,00	1,00
Stahlträgerprofil ($h \leq 0,50$ m und $h / b_F \leq 1,5$)	$S = 0,035 \times D_{eq}$	$0,61 - 0,30 \times h / b_F$	0,60
	$S = 0,10 \times D_{eq}$	$0,78 - 0,30 \times h / b_F$	
doppeltes Stahlträgerprofil		0,25	0,60
offenes Stahlrohr und Hohlkasten ($0,3 \text{ m} \leq D_b \leq 1,60 \text{ m}$)		$0,95 \times e^{-1,2 \times D_b}$	$1,1 \times e^{-0,63 \times D_b}$
geschlossenes Stahlrohr		0,80	0,60

h = Höhe des Stahlträgerprofils, b_F = Flanschbreite des Stahlträgerprofils, D_b = Pfahlfußdurchmesser, D_{eq} = äquivalenter Pfählersatzdurchmesser

3.1.3 Gründung auf Betonfuß-Monolithen

Die Gründung von Lichtzeichenmasten und Schrankenanlagen mittels Betonfuß-Monolithen hat entsprechend den Regelzeichnungen und Einbauanweisungen S 8240.21 und S 8240.21t (Fa. Railbeton) /U 30/ oder S 8240.23 und S 8240.23t (Fa. bbL Beton) /U 31/ zu erfolgen.

Alternativ zum Fertigteilmonolith können in Bereich mit oberflächennah anstehendem Festgestein auch Ortbetonfundamente direkt, in aus dem Festgestein ausgemeißelten und ausreichend dimensionierten Baugruben hergestellt werden.

3.1.3.1 Betonfuß-Monolithe der Fa. Railbeton

Gemäß der Regelzeichnung S 8240.21 /U 30/ sind von den erkundeten Baugrundsichten lediglich die Schichten 1.1b, 2.1b, 2.2b und 3.1b zum Abtrag der Lasten aus einer Gründung mittels Betonmonolith der Fa. Railbeton Haas KG geeignet. Auf den übrigen Böden ist aufgrund ihrer geringen Lagerungsdichte oder weichen Konsistenz mit unzulässigen Setzungen zu rechnen.

Zum exakten Einbau des Fundamentes ist in der Sohle ein exakt in Bezug auf die Höhe und horizontale Ausrichtung abgezogenes Planum herzustellen. Dies kann durch ein Sand-Kies-Gemisch erfolgen. Die maximale Stärke dieser Schicht soll 7 cm nicht überschreiten.

Beim Einbinden der Monolithe in die Schichten 1.2a, 2.1a, 2.2a, 2.2c oder 3.1a empfehlen wir vorhergehende bodenverbessernde Maßnahmen, z.B. einen mindestens 0,30 m mächtigen Bodenaustausch. Aufgrund der überwiegend nicht versickerungsfähigen Böden empfehlen wir den Austauschkörper zur Vermeidung eines sog. Badewanneneffekts aus Magerbeton herzustellen. Der Bodenaustausch ist mit einem seitlichem Überstand zu den Fundamentaußenkanten herzustellen, der der Bodenaustauschdicke entspricht. Wir empfehlen die Arbeiten bei trockener Witterung durchzuführen, da die bindigen Böden bei Wasserzutritt aufweichen können und dadurch ihre Tragfähigkeit verlieren.

3.1.3.2 Betonfuß-Monolithe der Fa. bbL Beton

Entsprechend der Einbauanweisung 8240.23t /U 31/ sind die erkundeten Baugrundsichten geeignet, die Lasten aus einer Gründung mittels Betonmonolith der Fa. bbL Beton GmbH abzutragen. In Abhängigkeit des Reibungswinkels φ'_k (s. Tabelle 3) ist das jeweilige Fundament zu dimensionieren. Die Sohle der Baugrube ist nach ausgeführten Erdarbeiten ausreichend zu verdichten. Beim Einbinden der Monolithe in die Schichten 1.2a, 2.1a, 2.2a, 2.2c oder 3.1a empfehlen wir vorhergehende bodenverbessernde Maßnahmen analog zu den beschriebenen Maßnahmen aus Kapitel 3.1.3.1. Auf der Baugrubensohle ist ein Planum von mind. 10 cm aus erdfeuchtem Beton der Festigkeit C12/C15 oder höher zu erstellen und waagrecht abzuziehen. Es gelten die weiteren Regelungen der Einbauanweisung 8240.23t.

3.1.4 Wiederverfüllung der Arbeitsräume

Die Wiederverfüllung der Arbeitsräume beim Einbau der Betonfuß-Monolithe hat entsprechend der jeweiligen Einbauanweisung Nr. 8240.21t (Fa. Railbeton) /U 30/ und Nr. 8240.23t (Fa. bbL

GmbH) /U 31/ zu erfolgen. Die Einbauanweisungen sind in Verbindung mit den jeweiligen Plänen zur Einbausituation und der Tabelle der DB Regelzeichnungen S 8240.21 bzw. S 8240.23 anzuwenden.

Vor einer Wiederverwendung von Ausbauböden sind die Ergebnisse von abfalltechnischen Untersuchungen zu berücksichtigen.

3.2 Betonschalthaus

Im Quadrant II des BÜs ist der Neubau eines Betonschalthauses vorgesehen /U 2/. Der Untersuchungsbereich liegt nach Richtlinie 836.4101 A04 in der Frosteinwirkungszone I. Dementsprechend ist eine frostfreie Gründungstiefe von mindestens 0,8 m u. GOK zu gewährleisten (Teilfrostsicherung). Ansonsten ist eine Frostschräge anzubringen.

Für eine orientierende Gründungsempfehlung des Betonschalthauses kann das Profil KRB/DPH BB 2.2 herangezogen werden. Um den Baugrund unterhalb der erreichten Tiefe von 4,0 m u. GOK bei der KRB BB 2.2 abzubilden, wurden die erkundeten Bodenschichten der KRB BB 2.4 bis in eine Tiefe von 10,0 m u. GOK ergänzt. Für die angetroffenen Böden wurden in Kapitel 2.3.3 Bodenrechenwerte angegeben, welche für eine orientierende Setzungsberechnung berücksichtigt werden können. Das geplante Schalthaus liegt mit seiner Gründung vermutlich außerhalb des Einflussbereiches von Eisenbahnverkehrslasten und wird von uns der Geotechnischen Kategorie 1 (GK1) zugeordnet. Bei einer Flachgründung müssen die Fundamente von ihren Abmessungen so beschaffen sein, dass:

- die Grundbruchsicherheit nach DIN 4017 gewährleistet ist und
- keine bauwerksunverträglichen Setzungen bzw. Setzungsunterschiede eintreten.

3.2.1 Gründung des Betonschalthauses nach Gründungsmatrix

Die Auswahl von Gründungsarten für Betonschalthäuser im Geltungsbereich der DB Netz AG kann nach der Gründungsmatrix zur TM 4-2015-10212 I.NPS 3 /U 16/ erfolgen. Demnach ist eine Gründung mittels Beton-Gliederfüßen möglich. Es gelten für Betonschalthäuser die Einbauanweisung 8240.00.5t sowie die dazugehörigen Regelzeichnungen S 8240.11/12/13. Angaben zur geplanten Gründung des Modulgebäudes liegen uns nicht vor. Wir gehen davon aus, dass das Betonschalthaus auf 4 Beton-Gliedererdfüßen in der kleinen Bauform nach Regelzeichnung S 8240.11.10 (Ersatz für S 8240.11.9) /U 32/ gegründet wird.

Nach der Regelzeichnung ergeben sich eine Gründungstiefe von 1,05 m u. GOK sowie Abmessungen des Betonfußes von 0,6 m x 0,5 m (Länge x Breite).

Auf Grundlage des nächstgelegenen Aufschlusses (KRB/DPH BB 2.2 und KRB/DPH BB 2.4), der Fundamentabmessungen (LxB: 0,6 m x 0,5 m), der geplanten Einbindetiefe (1,05 m u. GOK) wird eine überschlägige Setzungsberechnung für die Bemessungssituation BS-P mit dem Programm GGU Footing /U 21/ vorgenommen. Es ergibt sich daraus eine mittlere Setzung von etwa 0,5 cm bei einem Bemessungswert des Sohlwiderstandes von $\sigma_{R,d} = 271 \text{ kN/m}^2$. Um einen homogenen Lastabtrag und eine gleichmäßige Setzung zu gewährleisten empfehlen wir den Einbau einer Sauberkeitsschicht aus Beton der Güte C12/15 mit einer Mindestmächtigkeit von 0,1 m. Die Setzungsberechnung ist in der Anlage 6 dargestellt.

3.2.2 Abdichtung und Drainage

Im Rahmen der Baugrunderkundungen wurde kein Grundwasser angetroffen. Aufgrund der ausgewiesenen Überflutungsfläche in unmittelbarer Nähe des Bahnübergangs empfehlen wir einen Bemessungswasserstand von ca. 1,7 m unter GOK anzunehmen. Das geplante Modulgebäude liegt somit außerhalb des Einflussbereichs von Grundwasser.

Für die Planung und Ausführung der Bauwerksabdichtung sind die Anforderungen und Hinweise der DIN 18533 zu beachten. Die erkundeten Böden weisen Durchlässigkeiten von $k_f < 10^{-4} \text{ m/s}$ auf.

Bei wenig durchlässigen Böden (mit $k_f \leq 10^{-4} \text{ m/s}$ nach DIN 18130-1) muss damit gerechnet werden, dass in den verfüllten Arbeitsraum eindringendes Wasser vor den Bauteilen zeitweise aufstaut und als drückendes Wasser einwirkt. Wird die Einwirkung durch eine auf Dauer funktionsfähige Dränung nach DIN 4095 verhindert, tritt auch bei wenig durchlässigem Baugrund nur nicht drückendes Wasser und an Bodenplatten nur Bodenfeuchte auf (Wassereinwirkungsklasse W 1.2-E). Somit ist eine Abdichtung nach DIN 18533, Tabelle 4 vorzusehen.

Wird ein Boden mit $k_f \leq 10^{-4} \text{ m/s}$ nicht gedränt, wirkt das aufstauende Wasser auf die Abdichtung als drückendes Wasser ein. Dann liegt die Wassereinwirkungsklasse W 2.1-E vor. Somit ist eine Abdichtung nach DIN 18533, Tabelle 5 vorzusehen. Ferner sind die Angaben der Ril 804.6101 bezüglich Abdichtung zu berücksichtigen.

3.2.3 Wiederverfüllung der Arbeitsräume

Die Wiederverfüllung der Arbeitsräume beim Bau des Betonschalthauses ist gemäß Ril 836.4302 nach den Regelungen der ZTV E-StB /U 10/ Kapitel 10 herzustellen.

Vor einer Wiederverwendung von Ausbauböden sind die Ergebnisse von abfalltechnischen Untersuchungen zu berücksichtigen.

3.3 Neubau von Verkehrsflächen (Wirtschaftsweg)

Entsprechend der uns vorliegenden Planunterlagen /U 2/ ist eine vollständige Umgestaltung inklusive neuer Schleppkurven der angrenzenden Wirtschaftswege vorgesehen. Die geplanten Wegebaumaßnahmen werden von uns der Geotechnischen Kategorie (GK) 1 zugeordnet.

Grundlage für die Dimensionierung der Wirtschaftswege sind die Vorgaben der RStO 12 /U 9/ sowie das Arbeitsblatt DWA-A 904 („Ländlicher Wegebau“) /U 33/. Ausgangsgrößen sind dabei die Ausbauvariante, die Belastungsklasse, die Frostepfindlichkeit des anstehenden Untergrundes sowie die örtlichen Besonderheiten (Tabelle 7, RStO 12), die eine Änderung (Mehr- oder Minderdicken) der Oberbaudicke erfordern. Zum jetzigen Stand liegen uns keine Angaben über eine Belastungsklasse nach RStO 12 /U 9/ oder Bauweise nach DWA-A 904 vor. Im Folgenden gehen wir von einer Bauweise ohne Bindemittel, mit Deckschicht und einer mittleren Belastung nach DWA-A 904 /U 33/ aus.

Dimensionierung Wirtschaftsweg

Das Bauvorhaben befindet sich in der Frosteinwirkungszone I. Basierend auf den hier berücksichtigten Bestandsaufschlüssen gehen wir von den Schichten 1.1, 1.2 und 1.3b als maßgeblich für die Gründung der Fahrbahn aus. Sie sind überwiegend der Frostepfindlichkeitsklasse F3 zuzuordnen. Gemäß DWA-A 904 ist auf Wirtschaftswegen ohne größere Verkehrstechnische Bedeutung kein frostsicherer Aufbau gefordert, so dass die Dimensionierung im Weiteren rein auf die Tragfähigkeit erfolgt.

Nach unserer Einschätzung kann auf diesen Böden eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 10 \text{ MN/m}^2$ angenommen werden. Für eine Dimensionierung des Oberbaus nach DWA-A 904, Bild 8.3a wird für das Erdplanum eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 30 \text{ MN/m}^2$ vorausgesetzt.

Zum Erreichen der geforderten Tragfähigkeiten ist nach unserer Einschätzung der folgende Aufbau geeignet:

- 30 cm Bodenaustausch zum Erreichen der geforderten Tragfähigkeit Erdplanum
 - 25 cm Schottertragschicht
 - 5 cm Deckschicht (ohne Bindemittel)
- ➔ Somit ergibt sich eine Gesamtumbautiefe von 60 cm

3.4 Bemessung Schotteroberbau

Im Rahmen des Umbaus des Bahnübergangs bei km 68,283 ist ein Schwellenwechsel im Bereich des Bahnübergangs vorgesehen. Für eine ggf. erforderliche Bemessung des Tragschichtsystems

gehen wir nach Ril 836.4101A01 von dem Kriterium „Verbesserung / Erneuerung“, einem Oberbau aus Schotter und einer Geschwindigkeit von $80 \text{ km/h} < v_{\max} \leq 160 \text{ km/h}$ aus.

3.4.1 Anforderung an den Unterbau / Untergrund

Die Anforderungen an den Unterbau / Untergrund nach Anhang 01 und Anhang 02 des Moduls 836.4101 sind für die vorliegenden Randbedingungen in den folgenden Tabellen zusammengefasst.

Tabelle 14: Regelanforderungen an den Unterbau/Untergrund gemäß Ril 836.4101 für $80 \text{ km/h} < v_{\max} \leq 160 \text{ km/h}$, Erneuerung, Frosteinwirkungsgebiet I; Pkt. 3.1.1

Verbesserung, Schotteroberbau			
max. Geschwindigkeit	ab 80 km/h bis einschließlich 160 km/h		
max. Gleisbelastung	< 30.000 Lt/d		
Frosteinwirkungsgebiet	I		
abzusichernder Tragbereich	2,00 m u. SO		
Anforderung an die Verdichtung nach Anhang 01 Modul 836.4101	Ic \geq 0,6 (weiche Konsistenz) D > 0,2 (lockere Lagerung)		
Frostempfindlichkeitsklasse	F1	F2	F3
Dicke frostsicherer Aufbau	-	40	50
Dicke der Schutzschicht	20	20	20
Anforderung an die Verformungsmodul nach Anhang 01 Modul 836.4101 ²⁾		OFTS	OK Planum/ Untergrund
	E _{v2}	50	30
	E _{vd}	35	25/20 ¹⁾
	D _{Pr}	1,00	0,97 / 0,95 ¹⁾

¹⁾ ... 1. Wert bei grobkörnigen Böden / 2. Wert bei gemischt- und feinkörnigen Böden

²⁾ ... Die geforderten Werte sind bei gleisgebundenem Umbau, bzw. bei Verwendung von Geotextil entsprechend den Moduln Ril 836.4105A02 Bild 1, bzw. Ril 836.4101A02 Pkt. 12 anzupassen

Können die Anforderungen an die Verdichtung und das Verformungsmodul auf der Oberfläche Tragschicht (OFTS) = Unterkante Schotter nachgewiesen werden, so ist die Tragschicht nur auf Frostsicherheit zu bemessen. Sollten die Anforderungen auf der OFTS bzw. bei Einbau einer Schutzschicht auf Frostsicherheit auf der Oberfläche Untergrund (OFU), nicht nachgewiesen werden können, so muss die Bemessung der Minstdicke der Tragschicht über die Vorgaben zur Verbesserung der Tragfähigkeit in Anhang 05 des Moduls 836.4101 erfolgen.

3.4.2 Bemessung Tragschicht

Im Folgenden wird eine Bemessung der Tragschicht anhand der maßgebenden Bodenschichten im Tragbereich und der hydrologischen Begebenheiten vorgenommen. Ausgehend von einem idealisierten Regelquerschnitt:

- ca. 0,20 m Schiene

- ca. 0,20 m Schwelle (Betonschwelle)
- ca. 0,30 m Schotter (Dicke der Bettung nach Ril 820.2010 Anlage 05)

liegt die Oberfläche Tragschicht = Unterkante Schotter bei Herstellung eines Regelquerschnittes und Einbau von Betonschwellen bei ca. 0,70 m u. SO. Somit sind im vorliegenden Fall die Schichten in einer Tiefe zwischen ca. 0,7 m und ca. 2,0 m u. SO als abzusichernder Tragbereich anzusehen.

Unterhalb des Schotters wurde grob- und gemischtkörniger Kies in mitteldichter Lagerung der Schicht 1.1b mit Gesteinsbruchstücken erkundet. Die für die Bemessung des Tragschichtsystems maßgebende Bodenart konnte anhand der Schürfe nicht abschließend erkundet werden. Für die Dimensionierung des Oberbaus werden die benachbarten Aufschlüsse BB 2.4, 2.5, 2.6 und 2.8 herangezogen. Der Gleisschotter ist mit einem geschätzten Feinanteil (< 31,5 mm) von ca. 35 % bis ca. 40 % durchsetzt und wird augenscheinlich als mechanisch nicht reinigungsfähig eingeschätzt.

3.4.3 Bemessung nach Ril 836

Die Baumaßnahme ist dem Kriterium „Verbesserung / Erneuerung“ zuzuordnen. Der untersuchte Bereich liegt in dem Frosteinwirkungsgebiet der Klasse I. In nachfolgender Tabelle ist die Bemessung der Tragschicht nach Ril 836 dargestellt.

Auf Grundlage der Erkenntnisse aus dem Schurf BB 2 ist am Bahnübergang mit einer ausreichenden Schottermächtigkeit (> 50 cm) sowie einer frostsicheren und ausreichend mechanisch filterstabilen Schicht unter Schotter zu rechnen, sodass nach unserer Einschätzung ein Schwellenwechsel ohne weitere Maßnahmen zur Baugrundertüchtigung möglich ist. Aufgrund des hohen Feinanteils im Grundsotter empfehlen wir diesen vollständig zu erneuern. Sollte beim Ausbau des Grundsotter im großflächigen Aufschluss festgestellt werden, dass die im Schurf BB.2 angetroffene Schicht unter Schotter nicht vollständig ausgebildet ist empfehlen wir den Einbau einer Schutzschicht aus KG1 Material. Die Hinweise zur Dimensionierung der erforderlichen Schutzschichtdicke kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden. Wir empfehlen das Erdplanum nach Ausbau des Grundsotter durch einen Geotechniker abnehmen zu lassen.

Tabelle 15: Tragschichtbemessung nach Ril 836

Vorhandener Zustand	Maßnahme und maßgebende, erforderliche Mächtigkeit
<ul style="list-style-type: none"> • vorhandene Schicht unter Schotter (Istzustand): [GW], mitteldicht • vorhandene Tragschicht <u>frostsicher</u> (F1) • abzusichernder Tragbereich entspricht mind. $D > 0,2$ (lockere Lagerung) bzw. $I_c \geq 0,60$ (weiche Konsistenz); bis 2,0 m u. SO • hydrologischer Fall 2/3 • Erdkörper ist <u>nicht versickerungsfähig</u> 	<p>Schwellenwechsel bei vollständiger Erneuerung des Schotterkörpers möglich (falls die im Bereich Schurf BB 2</p>

Vorhandener Zustand	Maßnahme und maßgebende, erforderliche Mächtigkeit
<ul style="list-style-type: none"> • Filterstabilität Schotter/Tragschicht <u>gewährleistet</u> 	angetroffene Schicht unter Schotter vollständig ausgebildet ist)
Bemessung <ul style="list-style-type: none"> • Frosteinwirkungsgebiet: I • Bemessungswert Erdplanum E_H: ca. 10 MN/m² • Bemessung auf Frost: 20 cm • Bemessung auf Tragfähigkeit: 50 cm 	Einbau 0,5 m KG 1 <ul style="list-style-type: none"> - Herstellung Regelprofil Schotter - Anschluss PSS an Entwässerungseinrichtungen, oder Entwässerung über Böschung - Instandsetzung / Neubau geeigneter Entwässerungseinrichtungen

3.5 Entwässerung

Im Bereich der Bahnanlage ist die Ril 815 /U 14/ zu beachten. Nach DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ /U 13/ sind Böden für Versickerungsanlagen geeignet, deren Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte k_f im Bereich von 10^{-3} m/s bis 10^{-6} m/s liegen. Außerdem sollte die Mächtigkeit des Sickerraumes (Gesteinskörper, der zum Betrachtungszeitpunkt kein Grundwasser enthält), bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand grundsätzlich mindestens 1 m betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten.

Im Bereich des Bahnübergangs wurden überwiegend bindige und gemischtkörnige Böden mit hohem Feinanteil angetroffen. Diese sind als schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig ($k_f = 10^{-6} - <10^{-8}$ m/s) und somit nach DWA-A 138 /U 13/ als nicht versickerungsfähig einzustufen. Das anfallende Niederschlagswasser ist demnach zu fassen und abzuleiten.

3.6 Baugrubensicherung und Wasserhaltung

3.6.1 Baugrubensicherung

Für die Herstellung einer Flachgründung, bzw. für die Herstellung von Pfahlköpfen können Baugruben bis 1,25 m Tiefe nach DIN 4124 senkrecht ausgehoben werden. Tiefere Baugruben müssen geböscht oder verbaut 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 Erd- und Grundbau /U 11/ zu beachten. Die Anforderungen und Hinweise zu temporären Gleissicherungen in Modul 4305 der Ril 836 sind zu beachten.

Die Böschungswinkel außerhalb von Eisenbahnlasten sind nach den tatsächlich anstehenden Erdstoffen im Böschungsbereich anzulegen. Bei abschnittsweisem Öffnen und möglichst kurzem Offenstehen (< 1 Tag) kann, sofern die Baugruben nicht betreten werden, bis zu einer Tiefe von ca. 2,0 m mit 70 - 75° abgeböscht werden. Bei Wasserzutritt weichen die Böden jedoch auf und

verlieren Ihre Standfestigkeit. Die Böschungen sind daher gegen Wasserzutritt, z. B. Regen zu sichern. Bei mächtigen grobkörnigeren Lagen der Schicht 1.1 ist der Böschungswinkel auf 50 - 55° abzuflachen.

Bei Baugruben mit einer Tiefe > 2,0 m und Offenstehen > 1 Tag wird empfohlen nur folgende Böschungswinkel im Lockergesteinsbereich über dem Grundwasser in Ansatz zu bringen:

- nichtbindige oder weiche bindige Böden
(Schichten 1.1, 1.2, 1.3a, 2.1a, 2.2a, 2.2c, 2.2d, 3.1a) $\beta \leq 45^\circ$
- bindige Böden mit mindestens steifer Konsistenz
(Schichten 1.3b, 2.1b, 2.2b) $\beta \leq 60^\circ$
- Festgestein
(Schicht 3.1b) $\beta \leq 70^\circ$

Im Einflussbereich von Grundwasser oder bei Zutritt von größeren Mengen Schichtwasser sind Baugruben zu verbauen.

Falls die Baugrubensohlen bereichsweise im Bereich des Lastausbreitungswinkels von Masten oder anderen Bauwerken liegen und diese flach gegründet sind, muss dies bei der Verbaustatik berücksichtigt werden. Bei nicht ausreichenden Platzverhältnissen für eine Böschung sind die Baugruben und Gräben, z. B. mittels Plattenverbau oder Gleitschienenverbau zu sichern oder ggf. eine Schotterhaltung einzuplanen. Dies ist kostengünstiger und einfacher umzusetzen als ein Spundwand-/Bohlträgerverbau.

3.6.2 Wasserhaltung

Der empfohlene Bemessungsgrundwasserstand liegt bei ca. 1,7 m unter GOK. Sämtliche Baugruben für die Gründung der Signale, Schranken, Fahrbahn und Modulgebäude liegen somit außerhalb des Grundwassers. Allerdings kann sich auf den bindigen bzw. feinkornreichen Böden insbesondere in niederschlagsreichen Zeiten Stauwasser bilden. Wir empfehlen ausreichend dimensionierte Schmutzwasserpumpen für anfallendes Niederschlags-, Schicht- und Stauwasser vor Ort vorzuhalten.

3.7 Einfluss der Baumaßnahme auf angrenzende Bebauungen

Im Zuge der Baumaßnahme ist darauf zu achten, dass keine Setzungen in den Böden mit lockerer Lagerung und weicher bis weich-steifer Konsistenz entstehen. Die Mindestabstände zur bestehenden Bebauung sind einzuhalten oder diese ist dementsprechend zu sichern. Der Abstand der vorgesehenen Betonfuß-Monolithgründung zu vorhandenen Einbauten und zu den Gleisanlagen

ist möglichst groß zu halten. Bei den Erdarbeiten sollte eine visuelle und messtechnische Überwachung der Gleise vorgesehen werden.

3.8 Bautechnische Hinweise

- Mit den ausgeführten Aufschlüssen wurde geringmächtiger Oberboden/Mutterboden (Mu) erkundet. Entsprechend § 4 des BBodSchG (Bundesbodenschutzgesetz) und § 202 des BauGB (Baugesetzbuches) ist bei Planung und Ausführung von Baumaßnahmen darauf zu achten, das Oberboden/Mutterboden (Mu) in seinem nutzbaren Zustand erhalten bleibt, keiner schädlichen Veränderung unterliegt und vor Vernichtung und Vergeudung geschützt wird. Möglichst schonende Arbeiten mit Mutterboden/Oberboden regeln die DIN 18915 Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Bodenarbeiten und die DIN ATV 18320 Landschaftsbauarbeiten. Dies gilt insbesondere für die Sicherung des Bodens während der Baumaßnahme sowie die spätere Wiederverwertbarkeit. Darüber hinaus können von den zuständigen Behörden detailliertere Auflagen erteilt werden.
- Die im Untersuchungsbereich erkundeten feinkornreichen und bindigen Böden sind wasserempfindlich. Sie weichen bei Wasserzutritt oder Stören durch Befahren (Porenwasserüberdrücke) schnell auf und verlieren ihre Festigkeit. Das Offenstehen eines bindigen Erdplanums ist zu vermeiden.
- Sofern die Gleise während der Gründungsarbeiten in Betrieb bleiben, ist mindestens eine Sicherung des Arbeitsgleises nach Ril 836.4305 zu wählen. Wir empfehlen die Gleislage und sonstige Einbauten im Rahmen eines Beweissicherungsverfahrens aufzunehmen und bei Betrieb während der Arbeiten messtechnisch zu überwachen.
- Für Verbauten und die Ausbildung von Baugruben sind die Hinweise der DIN 4124 sowie des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB) /U 11/ zu beachten.
- Größere Steine oder Blöcke im Bereich der Gründungssohle sind zu entfernen. Zur Homogenisierung des Untergrundes und zur Reduzierung möglicher Setzungen empfehlen wir den Einbau einer Sauberkeitsschicht von $\geq 0,1$ m Beton der Güte C12/15 aufzubringen.

Für den Schotteroberbau gelten folgende zusätzliche Hinweise:

- Die Eignung der als Schutzschicht für den Schotteroberbau vorgesehenen Materialien ist im Vorfeld der Baumaßnahme entsprechend DBS 918 062 nachzuweisen (z.B. Ungleichförmigkeit, Filterstabilität, Frostsicherheit, Wasserdurchlässigkeit).

- Die Bemessung des Tragschichtsystems für den Schotteroberbau wurde anhand der vorliegenden Aufschlüsse durchgeführt. Nach dem Freilegen der Oberfläche Tragschicht (ehemals Planum) bzw. des Planums (ehemals Erdplanum) sind die Verhältnisse vor Ort mit den Erkundungsergebnissen zu vergleichen und die Bemessung ist ggf. zu präzisieren.
- Es ist darauf zu achten, dass bei Herstellung des Quergefälles auf der Planumsebene dieses bis an eine geeignete Entwässerungsanlage heran hergestellt wird, um ein ungehindertes Abfließen des Oberflächenwassers aus dem Gleiskörper zu ermöglichen.

Bei der Planung von Wegebau empfehlen wir grundsätzlich folgende Vorgehensweise:

- Ggf. Abschieben von humosem Oberboden
- ggf. Verbesserung des Planums oder Bodenaustausch
- Geländeausgleich und Auffüllung von Fehlstellen bis auf Höhe des geplanten Planums mit Material der Bodengruppen GE, GW, GI, SW, SI oder SU bei gleichzeitiger lagenweiser Verdichtung
- grobe Bestandteile (Steine und Blöcke) im Planum sind zu entfernen und Fehlstellen durch nichtbindiges Material zu ersetzen
- das Planum ist nicht mit Baufahrzeugen zu befahren
- bindige Böden sind vor Wasserzutritt zu schützen
- ggf. kann bei bindigen Böden im Planum ein Grobschlag eingebracht werden, um die Tragfähigkeit zu verbessern
- das jeweilige Planum ist fachgutachterlich abzunehmen

4 Abfalltechnische Untersuchungen

4.1 Untersuchungsumfang

Für eine orientierende Deklaration der anfallenden Aushubmassen wurden aus den gewonnen Proben Mischproben erstellt und abfalltechnisch untersucht. Eine Übersicht der Probenherkunft und der durchgeführten Untersuchungsprogramme kann der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 16: Herkunft der zusammengestellten Mischproben, Untersuchungsprogramm

Bezeichnung der Probe / Untersuchungsumfang	Aufschluss	Entnahmbereich [m u. AP]
MP BB 2 / VwV Boden /U 22/	KRB BB 2.1	0,00 – 2,00
	KRB BB 2.2	0,00 – 2,00
	KRB BB 2.3	0,00 – 2,00
	KRB BB 2.4	0,00 – 2,00

Bezeichnung der Probe / Untersuchungsumfang	Aufschluss	Entnahmebereich [m u. AP]
	KRB BB 2.5	0,00 – 2,00
	KRB BB 2.6	0,00 – 2,00
	KRB BB 2.7	0,00 – 2,00
	KRB BB 2.8	0,00 – 2,00
	KRB BB 2.9	0,00 – 2,00
MP GS BN 1 / HH Gleisschotter /U 26/	BB 2.SCH	0,25 – 0,55

Die entsprechenden chemischen Untersuchungen erfolgten jeweils durch das Labor der Fa. Agrolab Labor GmbH in Bruckberg.

Die Prüfberichte sowie die entsprechenden Auswertungen finden sich in Anlage 5.

4.2 Untersuchungsergebnisse

Die im Folgenden aufgeführten Zuordnungen von Abfallschlüsseln erfolgen nach AVV /U 28/, die Einstufung als gefährlicher oder nicht gefährlicher Abfall nach den Technischen Hinweisen zur Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit (LAGA) /U 29/.

MP BB 2:

Die Bewertung der Analyseergebnisse erfolgt nach der Verwaltungsvorschrift (VwV) des Umweltministeriums Baden-Württemberg /U 22/. Diese sind in Tabelle 17 dargestellt. Es sind jeweils nur die für die Einstufung relevanten Parameter eingetragen.

Tabelle 17: Einstufung der Bodenmischprobe nach VwV

Probe:	MP BB 2
Herkunft:	siehe Tabelle 16
Art:	Mischprobe Auffüllungen + Boden
Prüfbericht:	3135258 – 685984
Laboreingang:	07.04.2021
Untersuchungsumfang:	VwV BaWü
Laborfertigstellung:	14.04.2021
Zuordnungswert nach VwV:	Z1.2
Einstufungsrelevante Parameter:	PAK
Abfallschlüssel nach /U 27/	17 05 04
Gefährlichkeit:	nicht gefährlich

Das entnommene Material kann nach VwV Baden-Württemberg in die Zuordnungsklasse Z1.2 aufgrund der gemessenen PAK im Feststoff eingestuft werden. Wir empfehlen die Verwertung des Aushubs im Vorfeld mit der zuständigen Fachbehörde abzustimmen. Wir empfehlen die Auffüllungen und anstehenden Böden beim Ausbau getrennt zu lagern und abfalltechnisch zu deklarieren. Es handelt sich um nicht gefährlichen Abfall mit der Abfallschlüsselnummer 17 05 04 nach EU-Abfallverzeichnisverordnung (AVV) /U 28/.

Gleisschotter:

Die Einstufung der Schottermischprobe erfolgt nach Handlungshilfe Gleisschotter Baden-Württemberg /U 26/. Es liegen uns keine Informationen aus einer historischen Erhebung bezüglich möglicher Schadensfälle o. ä. vor. Die Bewertung ist in folgender Tabelle dargestellt. Es sind jeweils nur die für die Einstufung relevanten Parameter eingetragen.

Tabelle 18: Einstufung Gleisschottermischprobe nach Handlungshilfe /U 26/

Probe:	MP GS BB 2
Herkunft:	siehe Tabelle 16
Art:	Mischprobe Schotter (Feinfraktion < 31,5 mm)
Prüfbericht:	3135258 – 685985
Laboreingang:	07.04.2021
Untersuchungsumfang:	Altschotterrichtlinie Ril 880.4010 und 11 Herbizide
Laborfertigstellung:	14.04.2021
Einstufung nach Handlungshilfe /U 26/	Z1.1
Maßgebende Parameter:	Σ PAK 3,47 mg/kg
Gefährlichkeit:	nicht gefährlich
Abfallschlüssel:	17 05 08

Das entnommene Schottermaterial (Gesamtfraktion) der Mischprobe ist aufgrund der vorliegenden Ergebnisse in die Zuordnungsklasse Z1.1 gemäß Handlungshilfe Gleisschotter einzustufen. Es handelt sich um nicht gefährlichen Abfall mit der Abfallschlüsselnummer 17 05 08.

4.3 Verwertung / Beseitigung

Die Verwertung / Beseitigung des Aushubmaterials richtet sich nach den Zuordnungswerten der VwV /U 22/, für die entsprechende Einbauklassen definiert sind. Bei einer Überschreitung der Werte ist eine Verwertung (offener Einbau mit Sicherungsmaßnahmen) nicht zulässig.

Folgende Einbauklassen sind für die o.g. Ergebnisse relevant:

- *Z1.1 - Verwertung in technischen Bauwerken ohne definierte technische Sicherungsmaßnahmen*
- *Z1.2 – Verwertung in technischen Bauwerken ohne definierte technische Sicherungsmaßnahme, jedoch bei günstigen hydrogeologischen Verhältnissen*



Grundsätzlich sind die Verwertung und die Beseitigung als Entsorgungsmöglichkeiten zu unterscheiden. Nach den Maßgaben des Kreislaufwirtschaftsgesetzes /U 27/ ist eine Verwertung einer Beseitigung vorzuziehen.

Die dargestellte, orientierende Untersuchung ersetzt nicht die Abfalltechnische Deklarationsuntersuchung für die Verwertung/ Beseitigung im Zuge der Bauausführung.

5 Zusammenfassung / Schlussbemerkungen

Die DB Netz AG plant die Erneuerung des Bahnübergangs (BÜ) Biringen, km 68,283 an der Strecke 4600 Tübingen – Horb. Im Rahmen dessen sind die Erneuerung und Umgestaltung der angrenzenden Wirtschaftswege, der Lichtsignale, Annäherungssignale, der Schranken und eines Betonschalthauses geplant. Mit dem vorliegenden Geotechnischen Bericht nach DIN 4020 werden die Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen dargestellt und im Hinblick auf die geplante Baumaßnahme bewertet. Der Bau des Betonschalthauses und der Wirtschaftswege wird der Geotechnischen Kategorie 1 zugeordnet. Aufgrund der Nähe zum Gleis wird der Bau der Lichtzeichenmaste, Signale und Schranken der Geotechnischen Kategorie 2 zugeordnet. Eine orientierende, abfalltechnische Untersuchung der ggfs. anfallenden Aushubmassen ist Bestandteil des Berichtes.

Baugrundverhältnisse

Bei den Aufschlussarbeiten wurde von uns an den Aufschlüssen Auenlehm in weich-steifer bis steif-halbfester Konsistenz, sowie Hangschutt in lockerer Lagerung erkundet. Festgestein bei Signal 1

Hydrogeologie

Das Untersuchungsgebiet grenzt direkt an ein ausgewiesenes Überschwemmungsgebiet und liegt in unmittelbarer Nähe zum Neckar. Grundwasser wurde im Rahmen der Erkundung nicht angetroffen. Aufgrund eines zu erwartenden Wasserstands für ein extremes Hochwasserereignis in einer angrenzenden Fläche empfehlen wir mit einem Sicherheitszuschlag von 0,5 m, einen Bemessungswasserstand von ca. 362,3 m ü. NHN (ca. 1,7 m u. GOK) anzusetzen.

Die Signalstandorte liegen jeweils im Fall eines Hochwassers in einem ausgewiesenen Überflutungsgebiet. Am Standort BB 2 Si 1 empfehlen wir aufgrund eines zu erwartenden Wasserstandes bei einem HQ_{EXTREM} von 360,1 m ü. NHN einen Bemessungswasserstand von 1,4 m u. GOK. Am Standort BB 2 Si 2 empfehlen wir aufgrund eines zu erwartenden Wasserstandes bei einem HQ_{EXTREM} von 367,0 m ü. NHN einen Bemessungswasserstand von 1,2 m u. GOK.

Keiner der Standorte befindet sich in einem ausgewiesenen Wasserschutzgebiet.

Gründungsempfehlungen: Lichtzeichenmasten und Schrankenanlagen

Die Auswahl von Gründungsarten für Lichtzeichenmasten und Schrankenanlagen im Geltungsbereich der DB Netz AG hat nach der Gründungsmatrix zur TM 4-2015-10212 I.NPS 3 zu erfolgen. Demnach ist neben einer Rammrohrgründung eine Gründung auf Betonfuß-Monolithen möglich. Für die Gründung auf Betonmonolithen ist teilweise eine Baugrundverbesserung in Form eines

Bodenaustausches erforderlich. Aufgrund des vermuteten Festgesteinshorizont am Signalstandort BB 2 Si 1 empfehlen wir dort die Gründung auf Betonfuß-Monolithen wie in Kapitel 3.1.3 beschrieben.

Gründungsempfehlungen: Betonschalthaus

Die Gründung des Schalthauses ist auf Beton-Gliederfüßen nach Regelzeichnung S 8240.11.10 mit einer Einbindetiefe von 1,05 m geplant. Die frostfreie Einbindetiefe von $\geq 0,8$ m (Teilfrostsicherung, Frosteinwirkungszone I) unter Geländeoberkante ist somit gewährleistet. Zur Homogenisierung des Untergrundes und zur Reduzierung möglicher Setzungen empfehlen wir den Einbau einer Sauberkeitsschicht von $\geq 0,1$ m Beton der Güte C12/15 aufzubringen.

Gründungsempfehlungen: Wirtschaftswege

Wir gehen davon aus das zum Erreichen der geforderten Tragfähigkeiten nach DWA-A 904 /U 33/ von $E_{v2} \geq 30 \text{ MN/m}^2$ ein Bodenaustausch von 30 cm erforderlich ist. Somit ergibt aus einer zusätzlichen Schottertragschicht von 25 cm und einer Deckschicht (ohne Bindemittel) von 5 cm, eine Gesamtbautiefe von 60 cm.

Erneuerung Betonschwellen

Ausgehend von den Ergebnissen aus dem Schurf BB 2 ist der Einbau der Schwellen vom Typ B90 ist nach unserer Ansicht bei einer vollständigen Erneuerung des Schotterkörpers (falls die im Bereich des Schurfes BB 2 SCH angetroffene Schicht 1.1b vollständig ausgebildet ist) möglich. Sollten beim Ausbau des Schotterkörpers Bereiche angetroffen werden die in Hinsicht auf Tragfähigkeit und mechanische Filterstabilität nicht den Anforderungen entsprechen, empfehlen wir den Einbau einer 0,5 m mächtigen Schutzschicht aus KG1.

Entwässerung

Die anstehenden Böden sind als schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig und somit als nicht Versickerungsfähig einzustufen. Anfallendes Niederschlagswasser ist demnach zu fassen und abzuleiten.

Orientierende abfalltechnische Untersuchung

Die Ergebnisse der orientierenden, chemischen Untersuchung der voraussichtlich anfallen Ausbaustoffe sind in Kapitel 4 dargestellt. Entsprechend der Analysen ist das beprobte Material folgendermaßen einzustufen:

- Boden (Auffüllung + Anstehender Boden: Zuordnungswert Z1.2 gemäß VwV Baden-Württemberg
- Gleisschotter: Zuordnungswert Z1.1 gemäß Handlungshilfe Gleisschotter

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 / Bemessung haben können. Unsere beauftragten Leistungen für dieses Objekt sind hiermit abgeschlossen.

aufgestellt durch:


i.A.
Tibor Hoff, M.Sc. Geores.
Projektleiter Geotechnik I.TD-SW-U(T)

Tibor Hoff, M.Sc.

Kurzzeichen und Zeichen für Bodengruppen und Eigenschaften nach DIN 4023, DIN 18 196 und DIN EN ISO 14689-1

Bodenart

Kies	G	kiesig	g
Grobkies	gG	grobkiesig	gg
Mittelkies	mG	mittelkiesig	mg
Feinkies	fG	feinkiesig	fg
Sand	S	sandig	s
Grobsand	gS	grobsandig	gs
Mittelsand	mS	mittelsandig	ms
Feinsand	fS	feinsandig	fs
Schluff	U	schluffig	u
Ton	T	tonig	t
Torf, Humus	H	torfig, humos	h
Mudde	M	org. Beimengungen	o
Auffüllung	A		
Mutterboden	Mu	z.B.	
Geschiebelehm	Lg	schwach grobsandig	gs'
Geschiebemergel	Mg	stark mittelsandig	ms
Löß	Lö		
Lößlehm	Löl		
Wiesenkalk, Seekalk,			
Seekreide,			
Kalkmudde	Wk		

Felsart

Sandstein	Sst
Schluffstein	Ust
Tonstein	Tst
Vulkanit	Vu
Kalkstein	Kst

Verwitterungsstufe

frisch (Stufe 0)	
schwach verwittert (Stufe 1)	
mäßig bis stark verwittert (Stufen 2 & 3)	
vollständig verwittert (Stufe 4)	

Konsistenz

$0,25 < I_c \leq 0,50$ - sehr weich / breiig	
$0,50 < I_c \leq 0,75$ - weich	
$0,75 < I_c \leq 1,00$ - steif	
$I_c > 1,00$ - halbfest	

Lagerungsdichte

$0,15 < I_D \leq 0,35$ - locker	[l]	
$0,35 < I_D \leq 0,65$ - mitteldicht	[m]	
$I_D > 0,65$ - dicht	[d]	

^{x)} GU, GT, SU, ST: 5 - 15 % bei $d \leq 0,063$ mm
 GÜ, GT̄, SÜ, ST̄: > 15 - 40 % bei $d \leq 0,063$ mm

Bodengruppe

enggestufte Kiese	GE
weitgestufte Kies-Sand-Gemische	GW
intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische	GI
enggestufte Sande	SE
weitgestufte Sand-Kies-Gemische	SW
intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische	SI
Kies-Schluff-Gemische	GU bzw. GÜ ^{x)}
Kies-Ton-Gemische	GT bzw. GT̄ ^{x)}
Sand-Schluff-Gemische	SU bzw. SÜ ^{x)}
Sand-Ton-Gemische	ST bzw. ST̄ ^{x)}
Sand-Schluff-Gemische ohne Plastizität	SÜ _{OP}
Für Querbalken gilt auch *- Symbol	
z.B. SÜ = SU*	
leicht plastische Schluffe	UL
mittelpastische Schluffe	UM
ausgeprägt plastische Schluffe	UA
leicht plastische Tone	TL
mittelpastische Tone	TM
ausgeprägt plastische Tone	TA
Schluffe mit organischen Beimengungen	OU
Tone mit organischen Beimengungen	OT
grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art	OH
grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen/ kieseligen Bildungen	OK

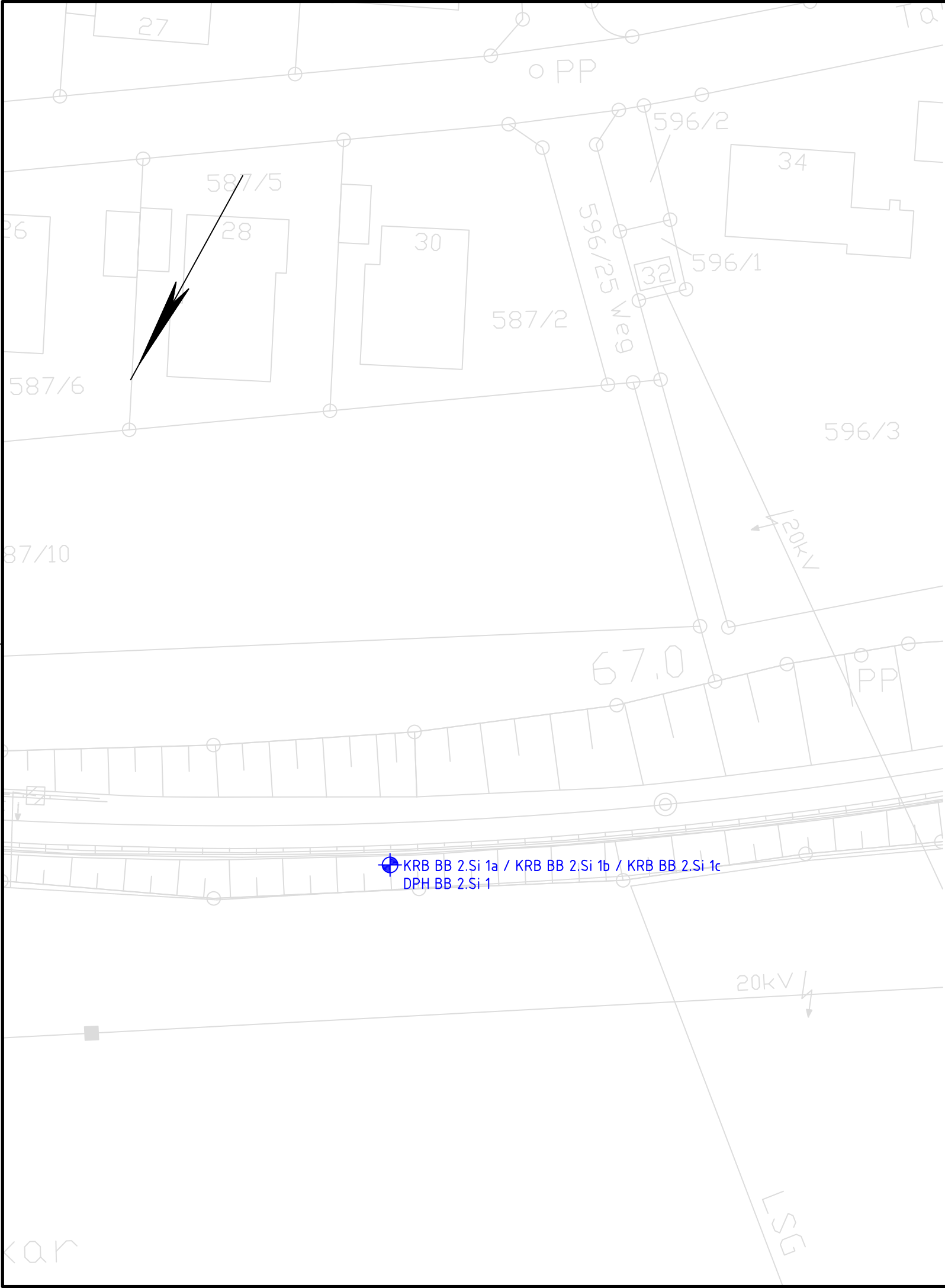
nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)	HN
zersetzte Torfe	HZ
Schlamm als Sammelbegriff	F
Auffüllungen aus natürlichen Böden	[]
Auffüllungen aus Fremdstoffen	A
Abstand des Bohransatzpunktes v. Gleisachse	GA

Wasserstände



	GW	Grundwasser angebohrt
	GW	Grundwasser nach Bohrende
	GW	Ruhewasser
	SW	Schichtenwasser angebohrt
	SW	Schichtenwasser nach Bohrende
	SW	Schichtenwasser

\\KADESR02\uggv2_PROJ\2020\U-SW00198\06_Geotech\09_CAD\BÜ6_km_68,283_BB2\BG_LP_BB2_BUE6_km68283.dwg / B11

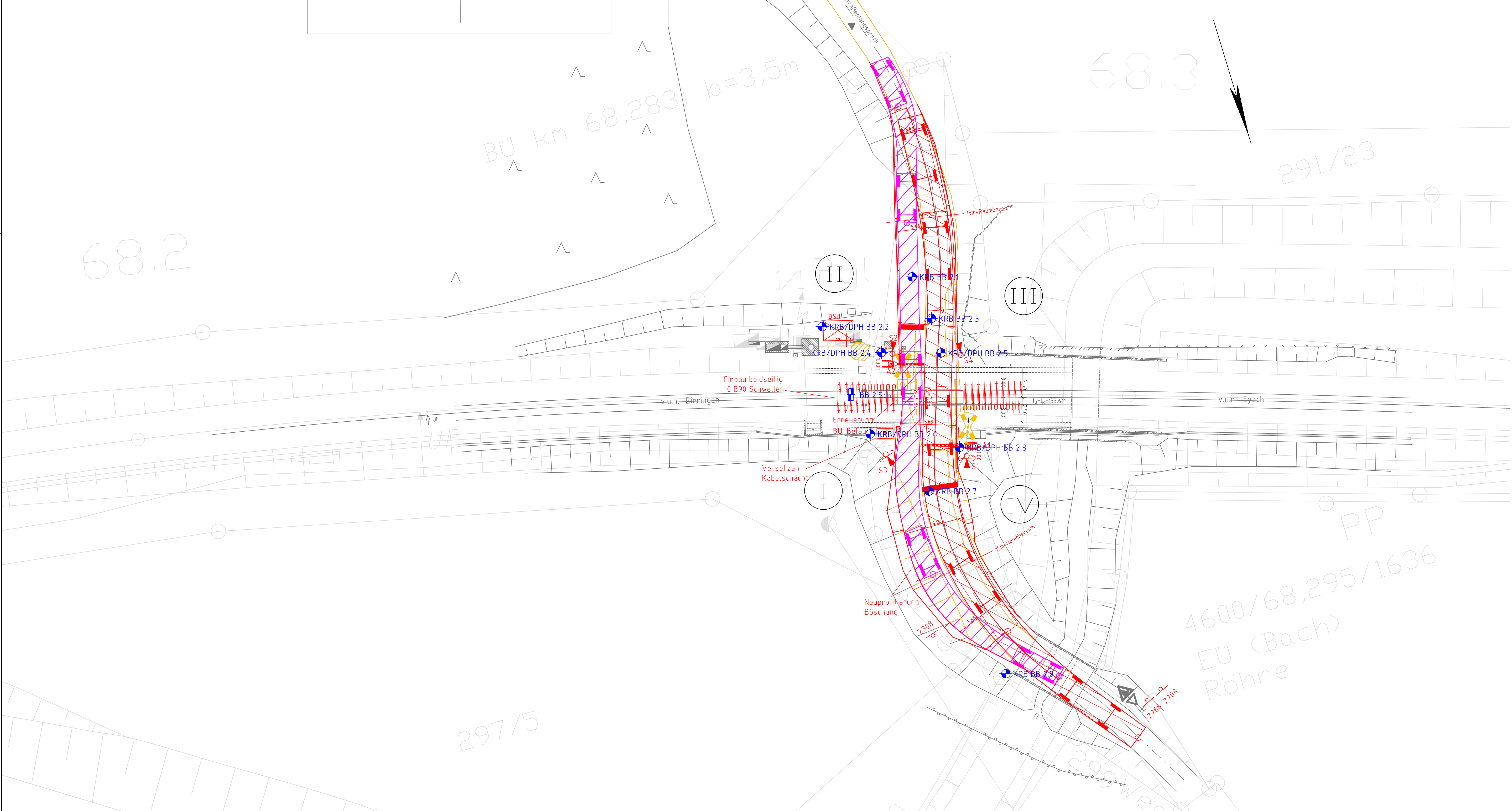
17.05.2021 14:22 WagnerH1 @23.1s



Legende

-  KRB/DPH Kleinrammbohrung
-  Sch Schurf

Nr.	Änderungen bzw. Ergänzungen	Dat.	Name					
<div>DB Engineering & Consulting GmbH</div> <div>Umwelt- & Geo-Services</div> <div>Region Südwest</div> <div>Hinterm Hauptbahnhof 5</div> <div>76137 Karlsruhe</div> <div>Tel. +49 721 938-5330</div> <div>Fax. +49 721 93116-999</div> <div>Karlsruhe, 17.05.2021</div>				Anlage: 2		Blatt: 1		
				Auftragsnummer: U-SW00198				
					Datum		Name	
				bearbeitet	05/2021		Hirneth	
				gezeichnet	05/2021		Lampe/Wa	
				geprüft	05/2021		Bauersfeld	
Maßstab: 1 : 500	<div>BÜ km 68,283 Bieringen</div> <div>Strecke 4600 Tübingen – Horb</div> <div>Lage- und Aufschlussplan</div>			Reg.-Nr.:				
				Ausgabe vom				
					Ersatz f.			
				Ursprung				



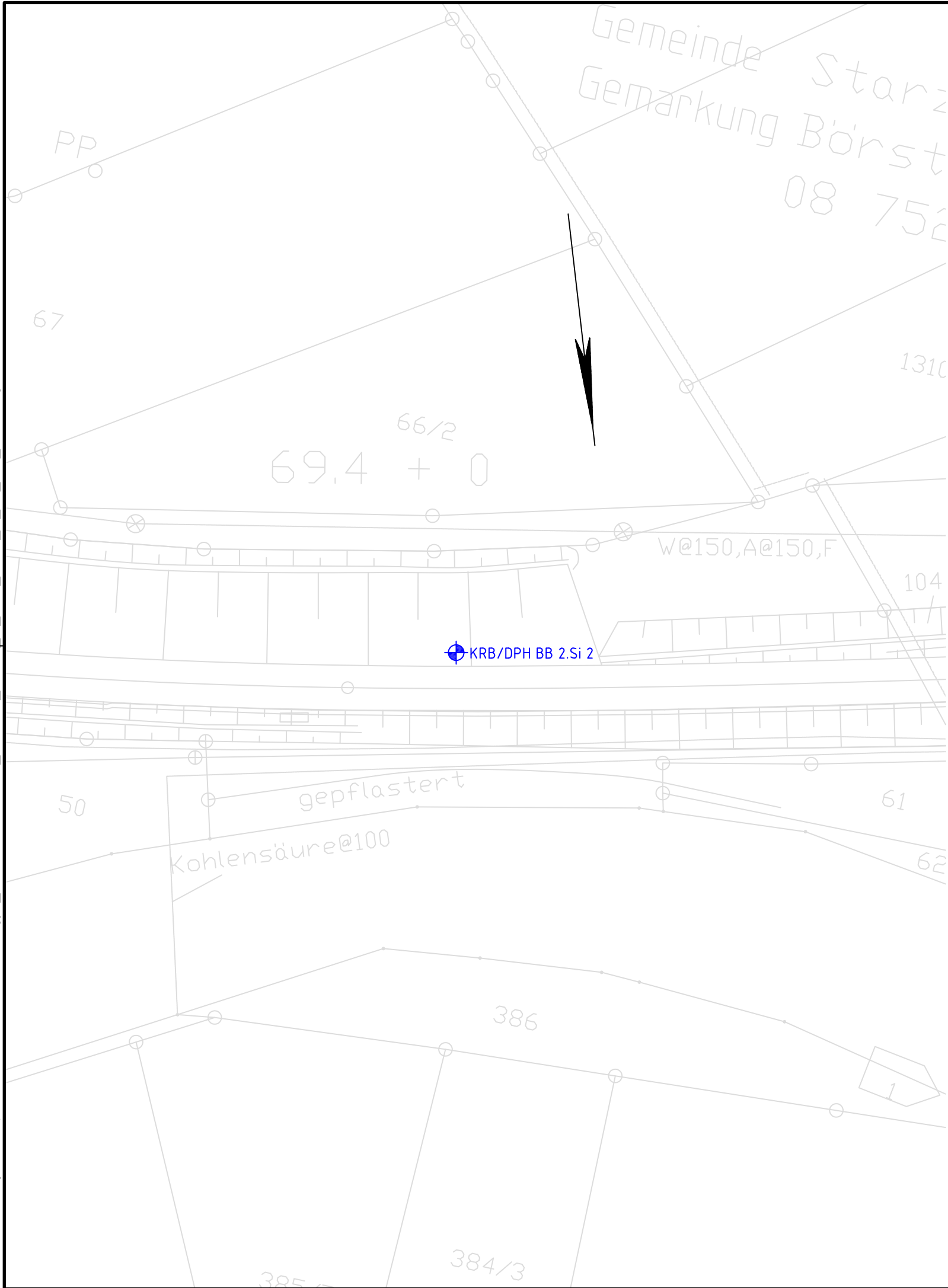
Legende

- KRB/DPH Kleinrammbohrung
- Sch Schurf



Nr.	Änderungen bzw. Ergänzungen		Dat.	Name		
<div>DB Engineering & Consulting GmbH</div> <div>Umwelt- & Geo-Services Region Südwest</div> <div>Hinterm Hauptbahnhof 5 76137 Karlsruhe Tel. +49 721 938-5330 Fax. +49 721 93116-999</div> <div>Karlsruhe, 17.05.2021</div>			Anlage: 2		Blatt: 2	
			Auftragsnummer: U-SW00198			
				Datum	Name	
			bearbeitet	05/2021	Hirneht	
			gezeichnet	05/2021	Lampe/Wa	
			geprüft	05/2021	Bauersfeld	
Maßstab:	BÜ km 68,283 Bieringen				Reg.-Nr.:	
1: 200	Strecke 4600 Tübingen – Horb					
	Lage- und Aufschlussplan				Ausgabe vom	
					Ersatz f.	
					Ursprung	

\\KADESR02\uggv2_PROJ\2020U-SW00198\06_Geotech\09_CAD\BÜ6_km_68,283_BB2\BG_LP_BB2_BUE6_km68283.dwg / B13

17.05.2021 14:22 WagnerH1 @23.1s

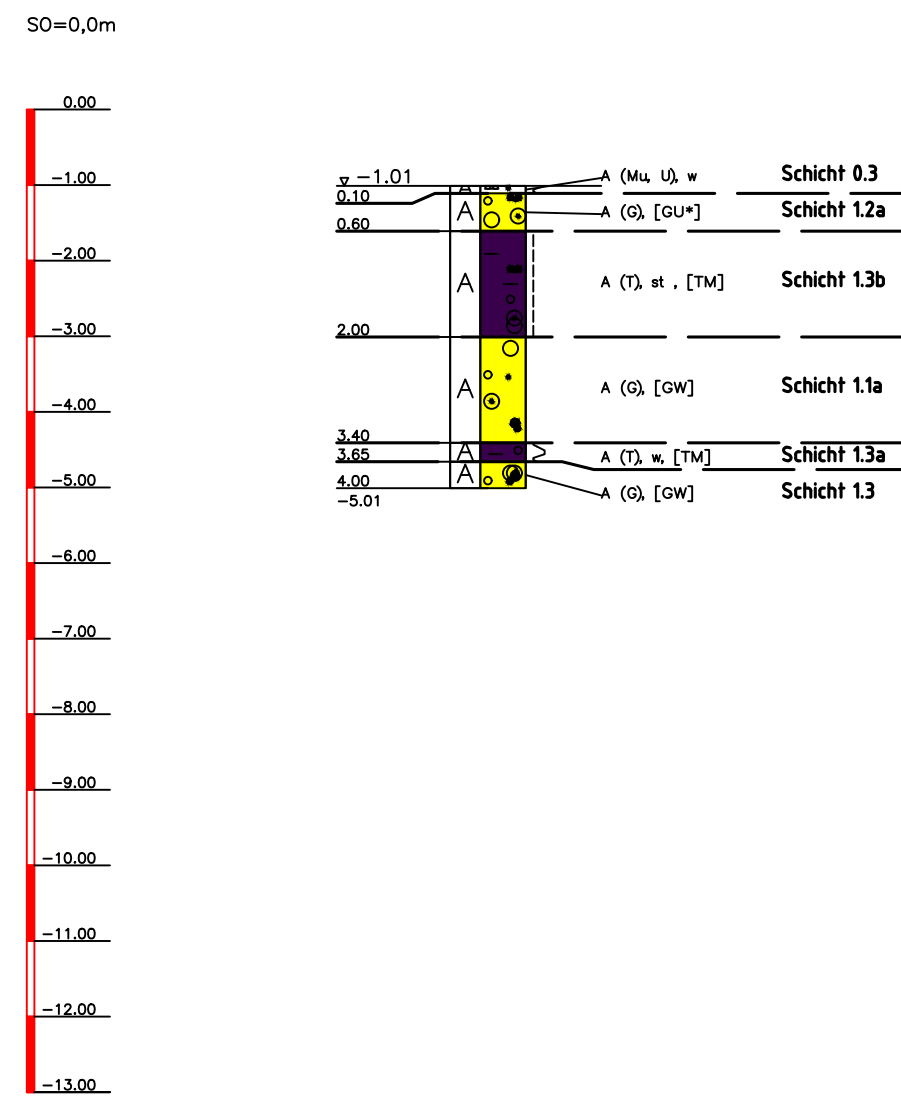


Legende

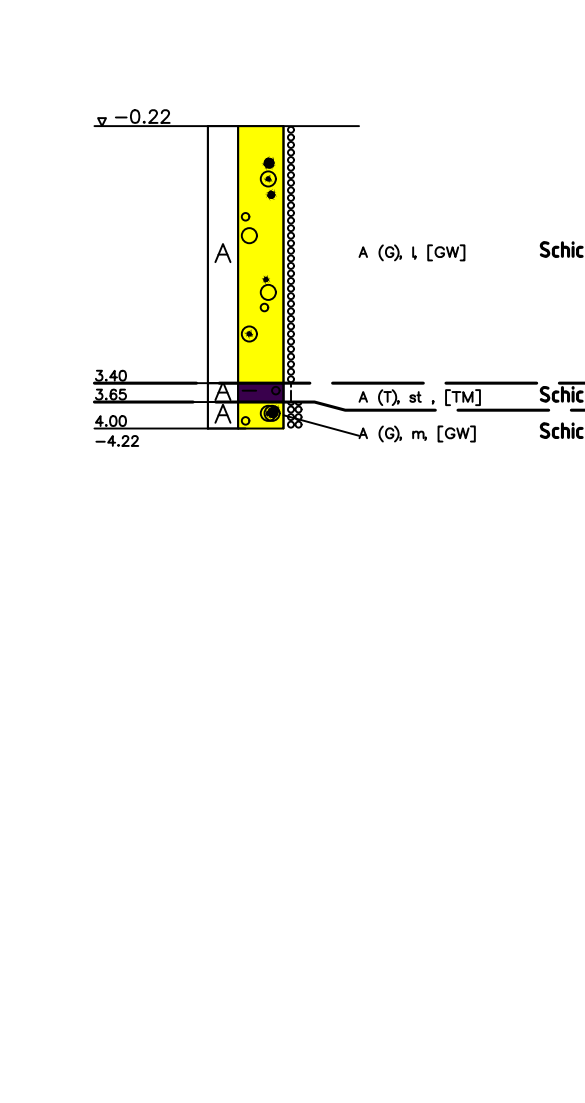
-  KRB/DPH
- Kleinrammbohrung
-  Sch
- Schurf

Nr.	Änderungen bzw. Ergänzungen	Dat.	Name			
<div>DB Engineering & Consulting GmbH</div> <div>Umwelt- & Geo-Services</div> <div>Region Südwest</div> <div>Hinterm Hauptbahnhof 5</div> <div>76137 Karlsruhe</div> <div>Tel. +49 721 938-5330</div> <div>Fax. +49 721 93116-999</div> <div>DB</div> <div>Karlsruhe, 17.05.2021</div>				Anlage: 2	Blatt: 3	
				Auftragsnummer: U-SW00198		
					Datum	Name
				bearbeitet	05/2021	Hirneth
				gezeichnet	05/2021	Lampe/Wa
geprüft	05/2021	Bauersfeld				
Maßstab:	BÜ km 68,283 Bieringen Strecke 4600 Tübingen – Horb Lage- und Aufschlussplan			Reg.-Nr.:		
1: 500				Ausgabe vom		
				Ersatz f.		
				Ursprung		

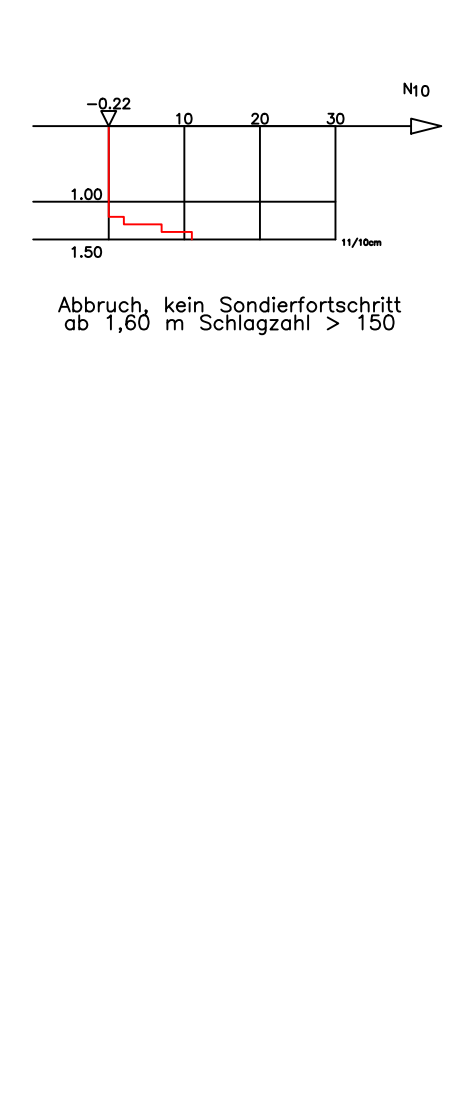
KRB BB 2.1 / km 68,278
05.03.2021
AP 11,80 m von GA bl



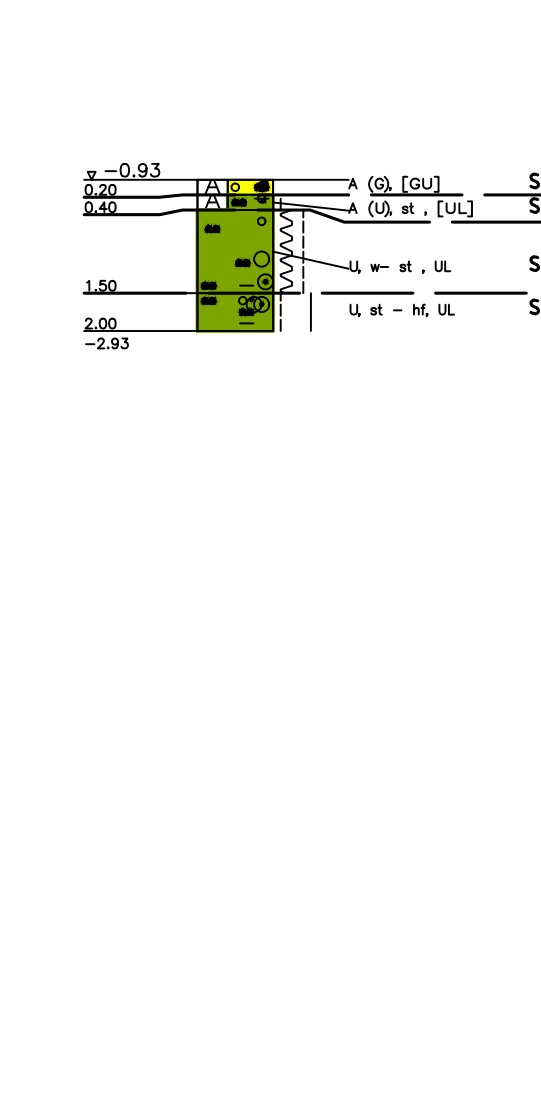
KRB BB 2.2 / km 68,269
05.03.2021
AP 6,90 m von GA bl



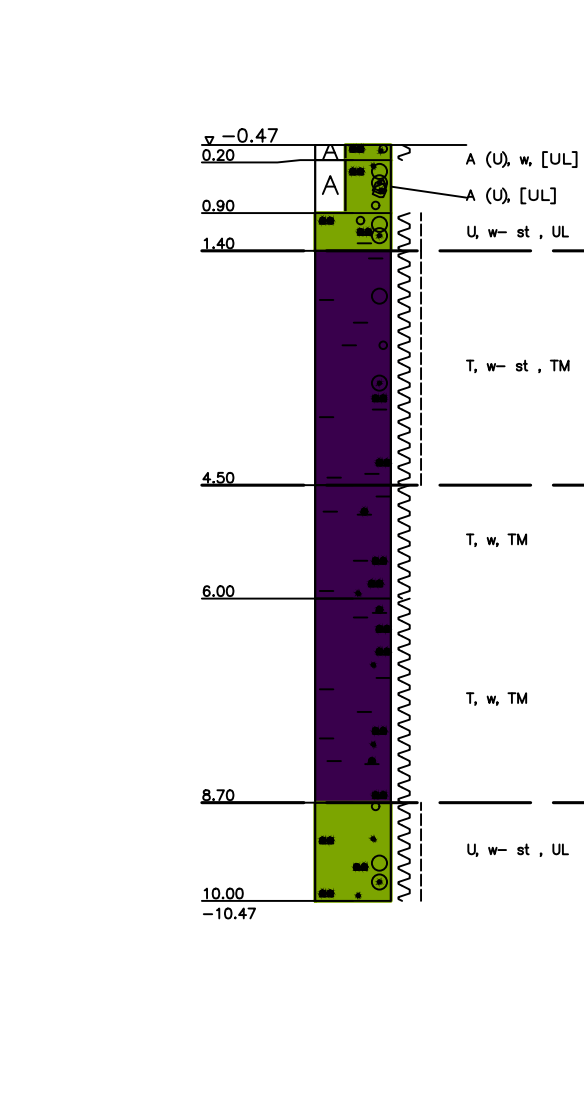
DPH BB 2.2 / km 68,269
10.03.2021



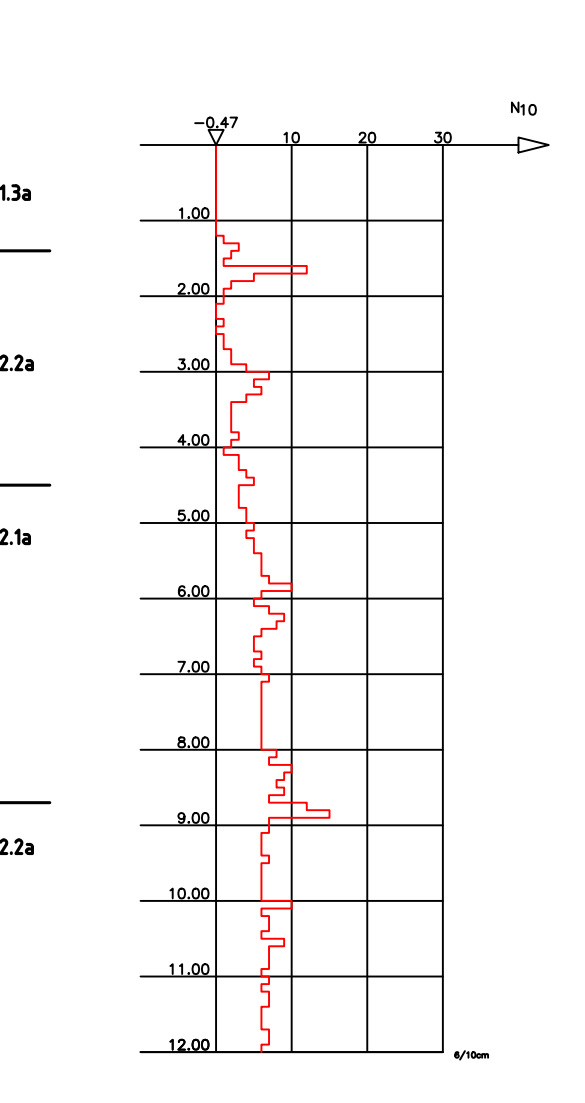
KRB BB 2.3 / km 68,280
05.03.2021
AP 7,60 m von GA bl



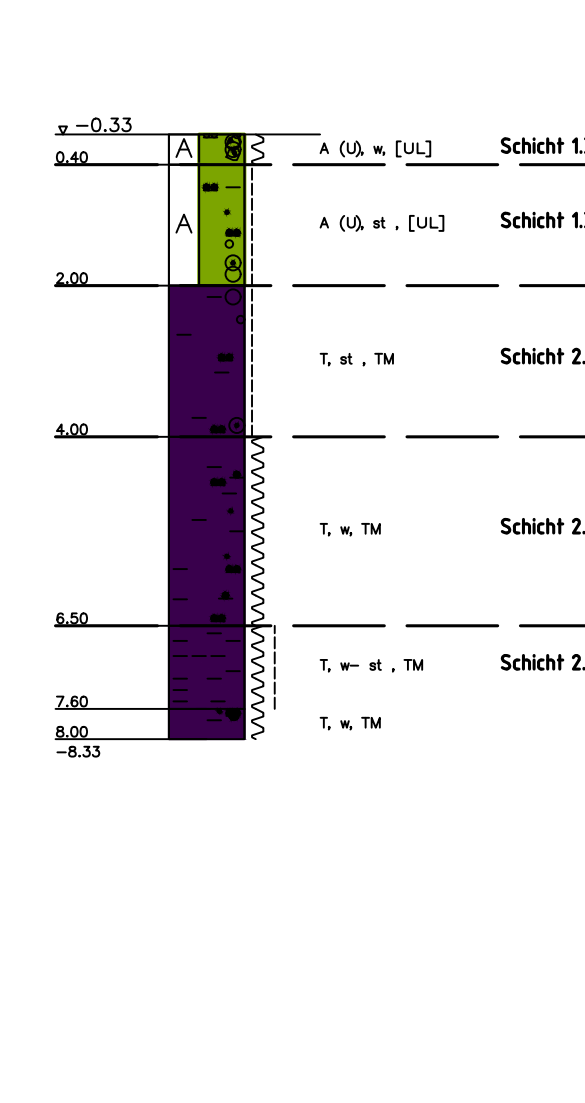
KRB BB 2.4 / km 68,275
05.03.2021
AP 4,20 m von GA bl



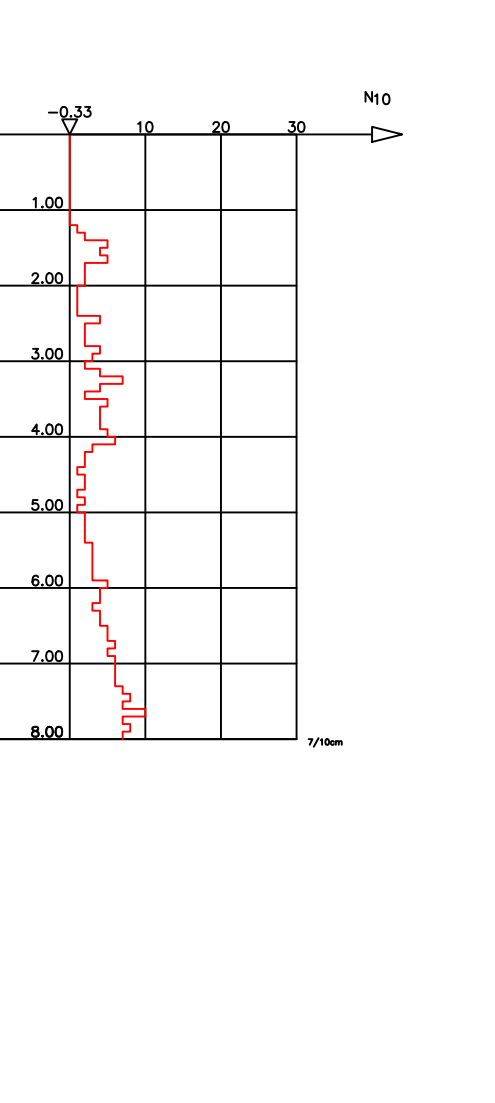
KRB BB 2.5 / km 68,281
05.03.2021
AP 4,10 m von GA bl



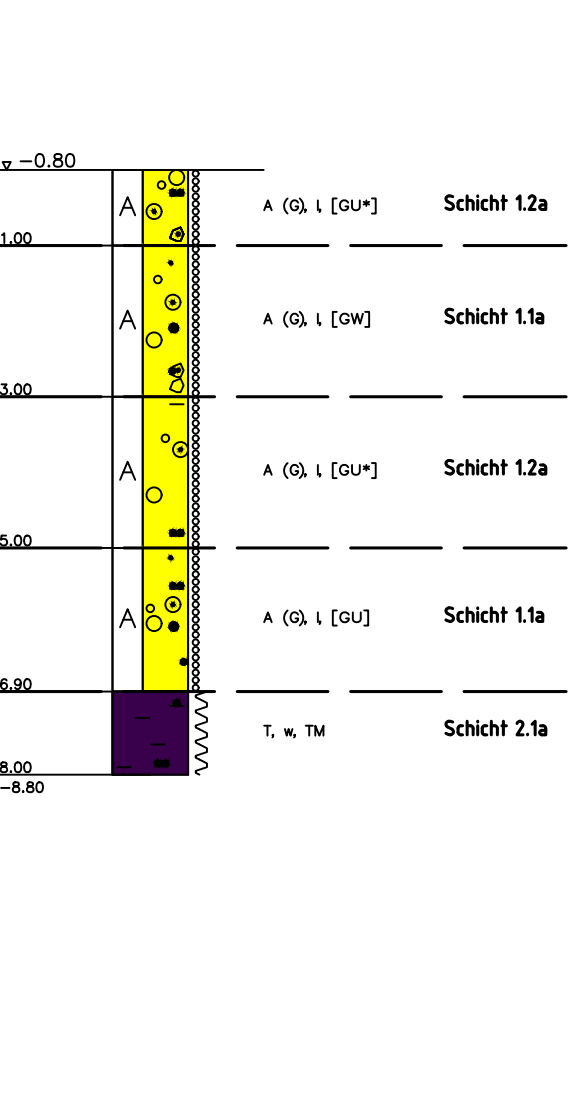
KRB BB 2.6 / km 68,274
05.03.2021
AP 4,00 m von GA br



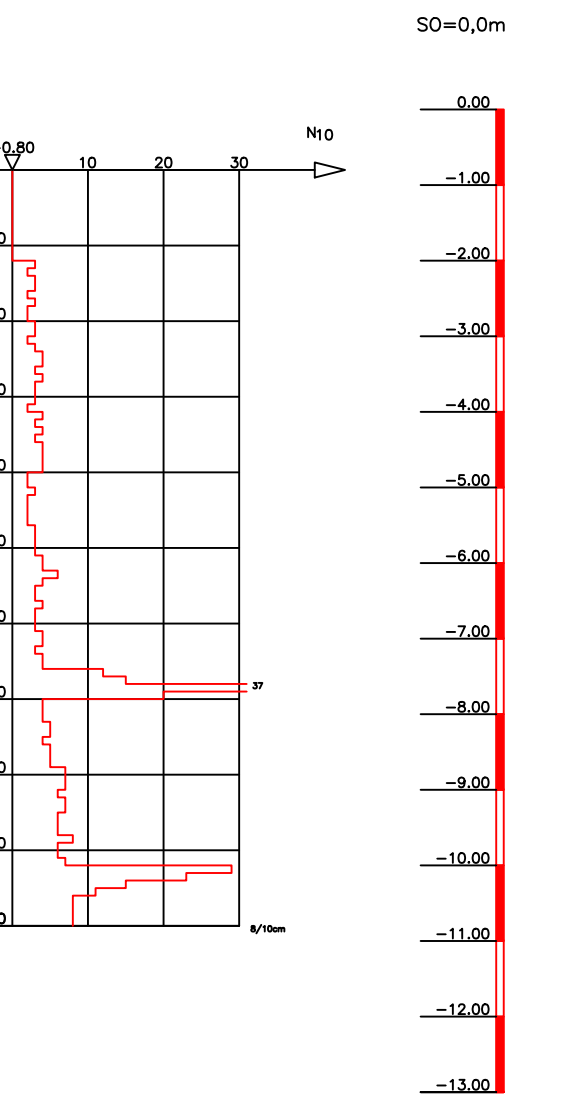
DPH BB 2.5 / km 68,281
05.03.2021



KRB BB 2.6 / km 68,274
05.03.2021
AP 4,00 m von GA br



DPH BB 2.6 / km 68,274
05.03.2021



TIEFE	BODENART
0.10	Auffüllung (Mutterboden, Schluff, tonig, feinsandig, schwach tonig, Wurzel, Schotter, Gesteinsbruchstücke, humos, feucht, weich, dunkelbraun)
0.60	Auffüllung (Kies, kantengerundet, schluffig, schwach feinsandig, Gesteinsbruchstücke, sehr schwach Ziegelereste, Schotter), schwach feucht, steif, [UL], braun
2.00	Auffüllung (Ton, schluffig, kiesig, kantengerundet, Gesteinsbruchstücke), schwach feucht, steif, [TM], hellbraun-braun
3.40	Auffüllung (Kies, rund-kantengerundet, sandig), schwach feucht, steif, [UL], braun
3.65	Auffüllung (Ton, schwach kiesig), schwach feucht, weich, [TM], braun
4.00	Auffüllung (Kies, kantengerundet, schwach sandig), schwach feucht, [GW], grau

TIEFE	BODENART
3.40	Auffüllung (Kies, schwach sandig), schwach feucht, locker, [GW], grau
3.65	Auffüllung (Ton, schwach kiesig), schwach feucht, steif, [TM], braun
4.00	Auffüllung (Kies, schwach sandig), schwach feucht, mitteldicht, [GW], grau

TIEFE	BODENART
0.20	Auffüllung (Kies, rund-kantengerundet, sandig, schwach schluffig), grau
0.40	Auffüllung (Schluff, tonig, feinsandig, kiesig, kantengerundet, Gesteinsbruchstücke, sehr schwach Ziegelereste, Schotter), schwach feucht, steif, [UL], braun
1.50	Schluff, tonig, schwach kiesig, eckig-kantengerundet, schwach feucht, weich bis steif, UL, hellbraun-braun
2.00	Schluff, tonig, schwach feinsandig, schwach kiesig, Tonsteinbruch, schwach feucht, steif bis halbfest, UL, braun

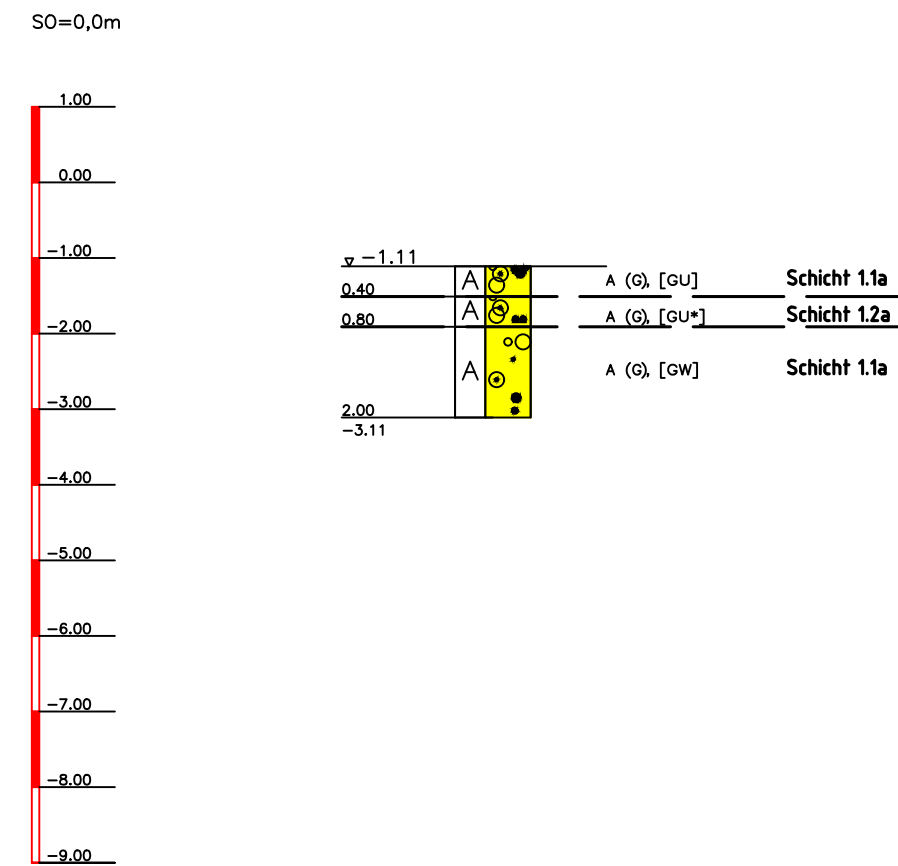
TIEFE	BODENART
0.20	Auffüllung (Schluff, stark feinsandig, kiesig, Schotter, Wurzeln), schwach feucht, weich, [UL], braun
0.90	Auffüllung (Schluff, stark feinsandig, kiesig, schwach Schotter, Ziegelereste, Schotter, Asphalt), feucht, steif, [UL], braun
1.40	Schluff, stark tonig, schwach kiesig, Gesteinsbruchstücke, schwach feucht, weich bis steif, UL, hellbraun-braun
4.50	Ton, schluffig, schwach feinsandig, schwach organisch, feucht, weich bis steif, TM, braun
6.00	Ton, stark schluffig, schwach feinsandig, schwach organisch, feucht, weich, TM, grau
8.70	Ton, stark schluffig, schwach feinsandig, schwach organisch, feucht, weich, TM, grau
10.00	Schluff, feinsandig, kiesig, kantengerundet-gerundet, Gesteinsbruchstücke, feucht bis nass, weich bis steif, UL, hellbraun

TIEFE	BODENART
0.40	Auffüllung (Schluff, stark feinsandig, kiesig, Wurzeln, Schotter, Gesteinsbruchstücke), feucht, weich, [UL], braun
2.00	Auffüllung (Schluff, tonig, feinsandig, kiesig, Gesteinsbruchstücke, Ziegelereste, Schotter, Asphalt), feucht, steif, [UL], braun
4.00	Ton, schluffig, kiesig, eckig-kantengerundet, Gesteinsbruchstücke, schwach feucht, steif, TM, braun
6.50	Ton, schluffig, schwach feinsandig, schwach organisch, feucht, weich bis steif, TM, braun
7.60	Ton, feucht, weich bis steif, TM, braungrau
8.00	Ton, stark sandig, schwach schluffig, feucht, weich, TM, braun

TIEFE	BODENART
1.00	Auffüllung (Kies, schluffig, Wurzeln, Schotter), schwach feucht, locker, [GU*], dunkelbraungrau
3.00	Auffüllung (Kies, schwach sandig, Schotter), schwach feucht, locker, [GW], dunkelbraungrau
5.00	Auffüllung (Kies, kantengerundet, schluffig, schwach tonig, Tonsteinbruch), schwach feucht, locker, [GU*], braungrau
6.90	Auffüllung (Kies, kantengerundet, schwach sandig, schwach schluffig), trocken, locker, [GU], grau
8.00	Ton, schluffig, schwach organisch, schwach feucht, weich, TM, grau

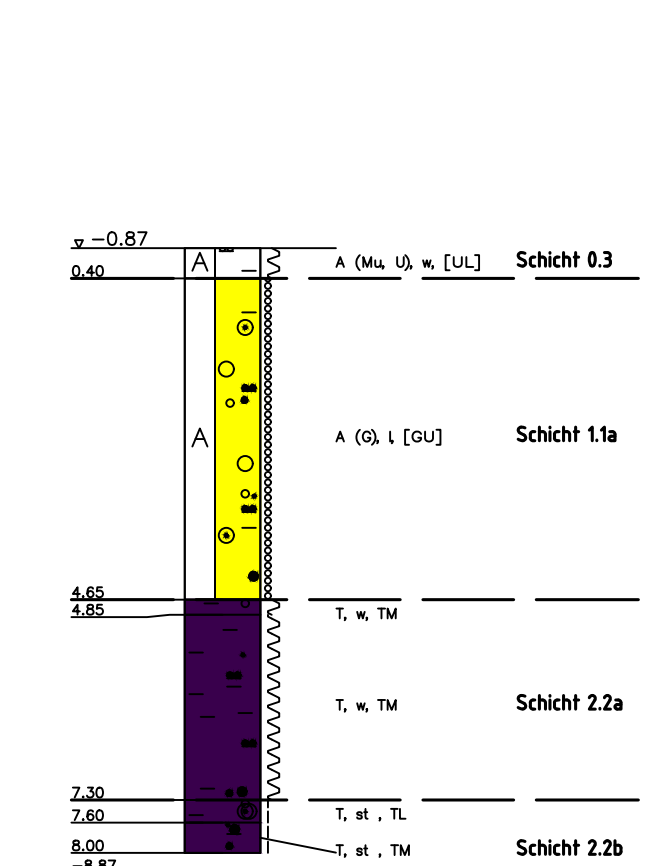
Nr.		Änderungen bzw. Ergänzungen		Dat.	Name
Anlage: 3		Blatt: 1		Auftragsnummer: U-SW00198	
bearbeitet		05/2021		Hirneht	
gezeichnet		05/2021		Lampe/Wa	
geprüft		05/2021		Bauersfeld	
Reg.-Nr.:					
Ausgabe vom					
Ersatz f.					
Ursprung					

KRB BB 2.7 / km 68,280
05.03.2021
AP 9,80 m von GA br



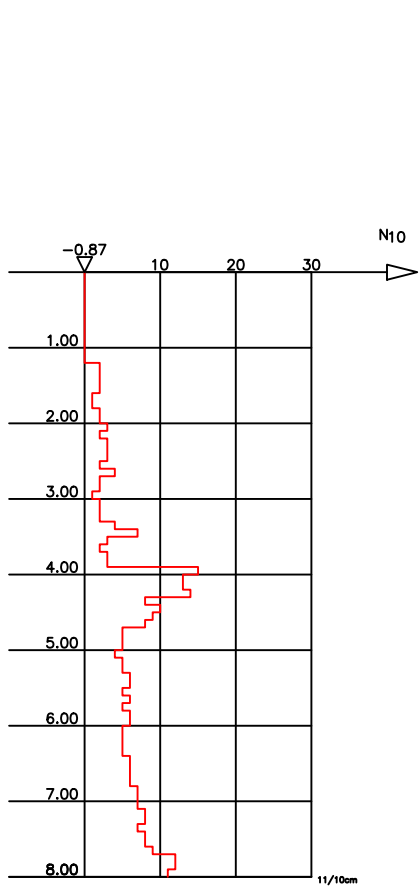
TIEFE	BODENART
0.40	Auffüllung (Kies, schwach sandig, schwach schluffig, Pflanzenreste), schwach feucht, [GU] dunkelbraun
0.80	Auffüllung (Kies, schluffig, schwach feucht, [GU*] braun
2.00	Auffüllung (Kies, kantengerundet, schwach sandig, Tonstein), trocken, [GW] grau

KRB BB 2.8 / km 68,283
05.03.2021
AP 5,40 m von GA br

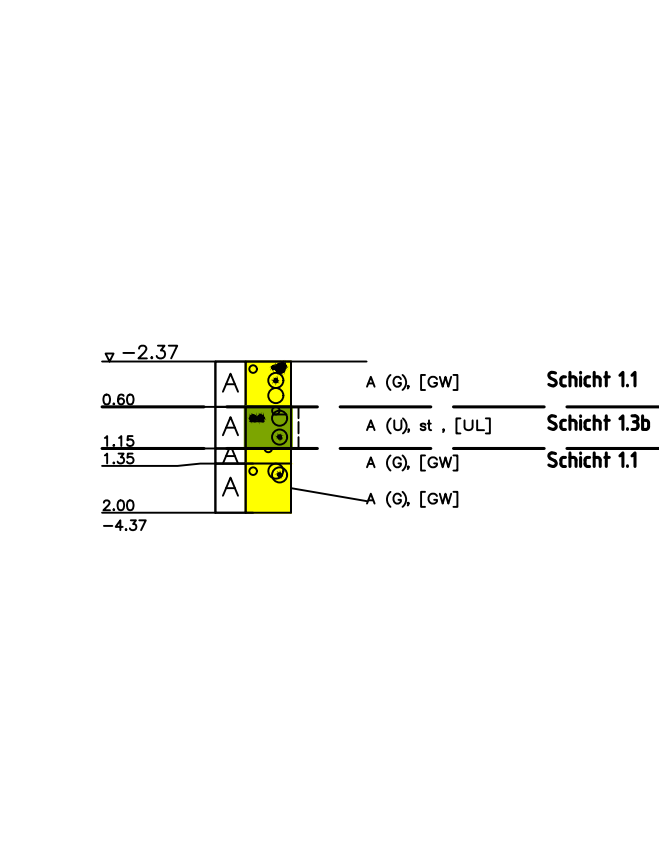


TIEFE	BODENART
0.40	Auffüllung (Mutterboden, Schluff, schwach tonig, Wurzel), schwach feucht, weich, [UL] dunkelbraun
4.65	Auffüllung (Kies, kantengerundet, sandig, schwach schluffig, schwach tonig, Tonsteinbruch), schwach feucht, locker, [GU] braungrau
4.85	Ton, kiesig, kantengerundet, Tonsteinbruch, feucht, weich, TM, braun
7.30	Ton, schwach sandig, schwach schluffig, feucht, weich, TM, blau
7.60	Ton, kiesig, Tonsteinbruch, schwach feucht, steif, TL, gelb
8.00	Ton, stark sandig, nat, steif, TM, beige-grau

DPH BB 2.8 / km 68,283
11.03.2021

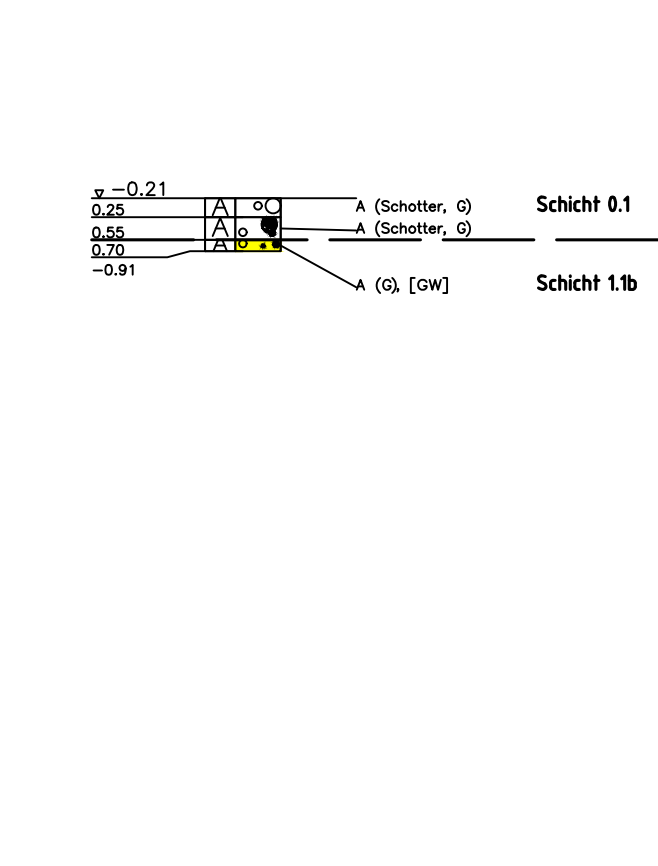


KRB BB 2.9 / km 68,288
05.03.2021
AP 28,20 m von GA br



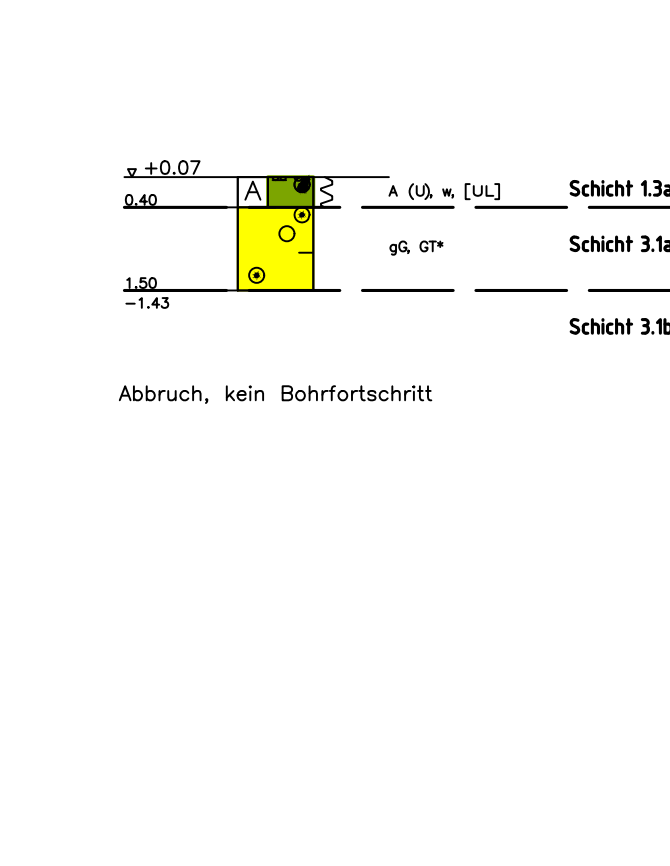
TIEFE	BODENART
0.40	Auffüllung (Kies, kantengerundet, schwach sandig, trocken, [GW] dunkelbraun
1.15	Auffüllung (Schluff, tonig, kiesig, kantengerundet, Tonsteinbruch), schwach feucht, steif, [UL] gelb
1.35	Auffüllung (Kies, Tonstein), trocken, [GW] grau
2.00	Auffüllung (Kies, Tonsteinbruch), schwach feucht, [GW] beige-grau

KRB BB 2.Sch / km 68,272
03.03.2021
AP in GA



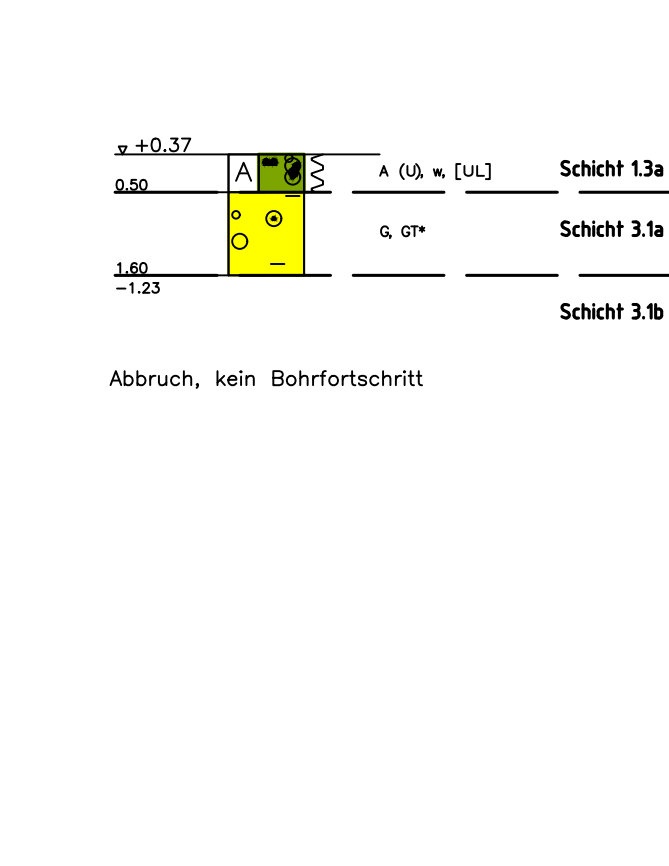
TIEFE	BODENART
0.25	Auffüllung (Schotter, Kies), schwach feucht, hellgrau
0.55	Auffüllung (Schotter, Kies, schluffig, mittelsandig- sandig, feucht, braun
0.70	Auffüllung (Kies, sandig, Gesteinsbruchstücke), feucht, [GW] hellbraun

KRB BB 2.Si 1a / km 66,961
04.03.2021
AP 4,70 m von GA br



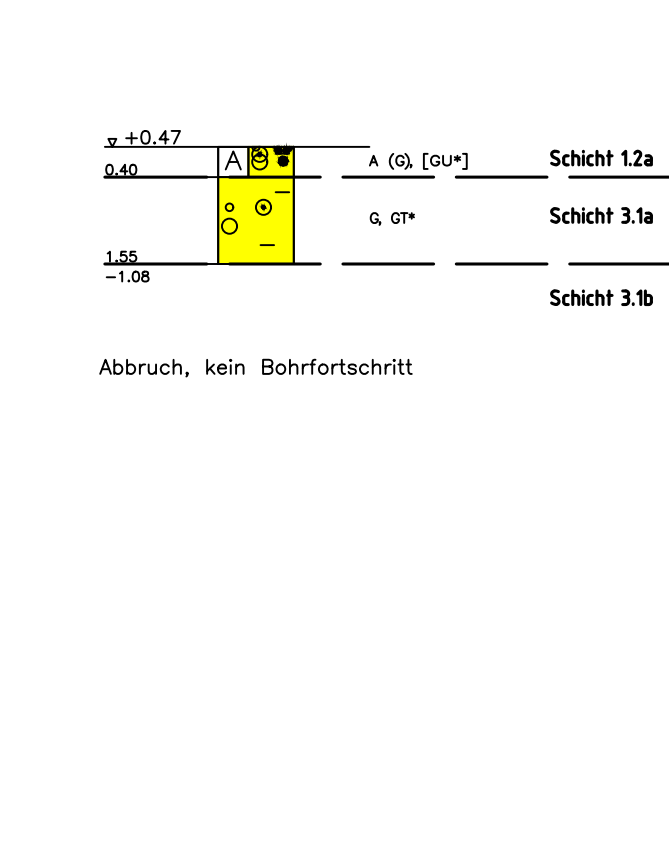
TIEFE	BODENART
0.40	Auffüllung (Schluff, schwach sandig, schwach kiesig, Asphaltreste, Schlacke), schwach feucht, weich, [UL] dunkelbraun
1.50	Grobkies, mittelkiesig, tonig, Tonsteinbruch, schwach feucht, GT*, braungrau

KRB BB 2.Si 1b / km 66,961
04.03.2021
AP 5,20 m von GA br



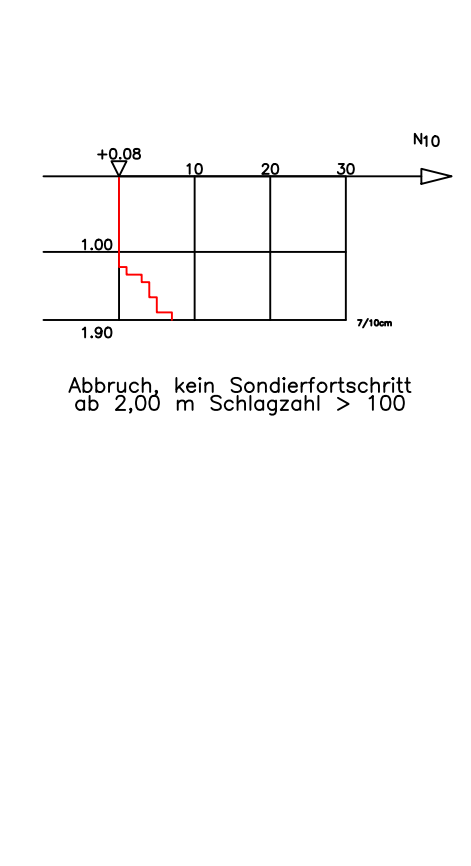
TIEFE	BODENART
0.40	Auffüllung (Kies, schluffig, schwach sandig, Schlacke, Asphaltreste), schwach feucht, [GU*] dunkelbraun
1.60	Kies, tonig, Tonsteinbruch, schwach feucht, GT*, braungrau

KRB BB 2.Si 1c / km 66,961
04.03.2021
AP 5,70 m von GA br

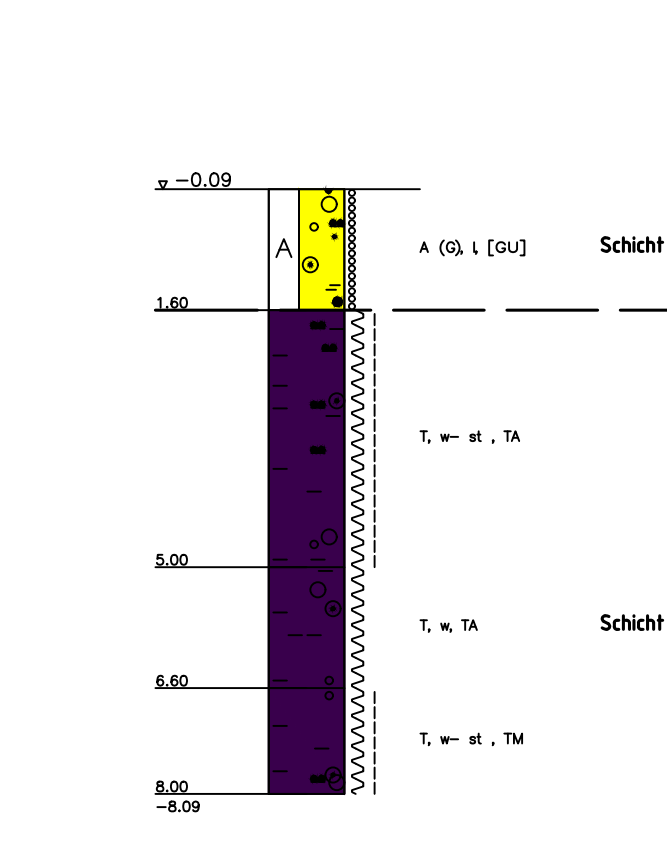


TIEFE	BODENART
0.40	Auffüllung (Kies, sandig, schwach schluffig, Asphaltreste, Ziegelbruchstücke, Glasbruchstücke, Wurzelreste, Moos), schwach feucht, locker, [GU] dunkelbraun-schwarz
1.55	Ton, schluffig, sehr schwach kiesig, schwach feucht, weich bis steif, TA, braun

DPH BB 2.Si 1 / km 66,961
04.03.2021
AP 4,70 m von GA br

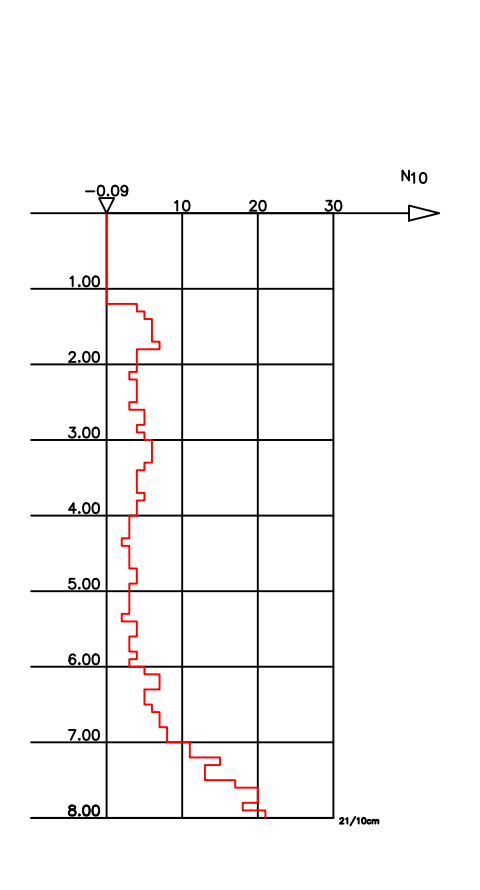


KRB BB 2.Si 2 / km 69,412
04.03.2021
AP 4,00 m von GA bl



TIEFE	BODENART
1.60	Auffüllung (Kies, sandig, schwach schluffig, Asphaltreste, Ziegelbruchstücke, Glasbruchstücke, Wurzelreste, Moos), schwach feucht, locker, [GU] dunkelbraun-schwarz
5.00	Ton, schluffig, sehr schwach kiesig, schwach feucht, weich bis steif, TA, braun
6.60	Ton, schwach kiesig, feucht bis nat, weich, TA, braun
8.00	Ton, schwach schluffig, Kiesig, nat, weich bis steif, TM, gelb-grau

DPH BB 2.Si 2 / km 69,412
04.03.2021



SO=0,0m

Nr.	Änderungen bzw. Ergänzungen	Dat.	Name
DB Engineering & Consulting GmbH Umwelt- & Geo-Services Region Südwest Hinterm Hauptbahnhof 5 76137 Karlsruhe Tel. +49 721 938-5330 Fax. +49 721 9316-999 Karlsruhe, 17.05.2021			
Anlage: 3		Blatt: 2	
Auftragsnummer: U-SW00198			
bearbeitet	05/2021	Name Hirneith	
gezeichnet	05/2021	Lampe/Wa	
geprüft	05/2021	Bauersfeld	
Reg.-Nr.:			
Ausgabe vom			
Ersatz f.			
Ursprung			



DB Engineering & Consulting GmbH / Umwelt- & Geo-Services

Hinterm Hauptbahnhof 5

76137 Karlsruhe

Prüfergebnisse von Bodenproben

nach DIN 4022, DIN 18 196

Karlsruhe den, 10.05.2021

Auftrags-Nr.: U-SW00198

Bauvorhaben : Bahnübergänge + Signale Strecke 4600 Tübingen - Horb

Anlage 4.1

Station	Aufschluß	Entnahmetiefe	Bodengruppe DIN 18 196	Ungleichförmig- keitszahl U	Probendurch- messer	Probenhöhe	Feuchtmasse	Volumen der Probe $V = h \cdot p \cdot d_2 / 4$	Dichte feucht. Bodens $r = m / V$	Wassergehalt	Fließgrenze	Plastizitäts- grenze	Plastizitätsindex $IP = w_L - w_P$	Konsistenzindex $I_c = (w_L - w) / IP$	Gesamtprobe Konsistenzindex $I_c = (w_L - w_K) / IP$	Glühverlust	einaxiale Druckfestigkeit	Wasserdurch- lässigkeit- beiwert	Anteil >2,0mm	Anteil <2,0mm und >0,063mm	Anteil <0,063mm	Baugrund- schicht entsprechend Baugrund-modell	
km	KRB	[m]		d_{60}/d_{10}	[cm]	[cm]	[g]	[cm³]	[g/cm³]	[%]	[%]	[%]	[%]	[-]	[-]	[%]	[MN/m²]	[m/s]	[m/s]				
				U	d	h	m	V	r	w	wL	wP	IP	Ic	Ic	Vgl		n.Beyer	n. USBR				
	KRB BB 2.4	1,40-4,50	TM							20,9	44,6	18,6	26,0	0,91	0,76				16,2	10,9	73,0	Schicht 2.2c	
	KRB BB 2.4	6,00-9,10	TM-TA													4,3						Schicht 2.1a	
	KRB BB 2.5	4,00-6,50	TM							32,6	45,7	20,6	25,1	0,52	0,48				2,1	18,8	79,0	Schicht 2.1a	
	KRB BB 2.6	6,90-8,00	TM													3,8						Schicht 2.1a	
	KRB BB 2.8	4,85-7,30	TM													4,0						Schicht 2.2c	
	KRB BB 2 Si 2	1,60-5,00	TA							28,3	56,7	20,5	36,2	0,78	0,74						88,5	Schicht 2.2 c	



Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze
nach DIN 18122 - LM

Prüfungsnr.: 2021 / 798
Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Strecke 4600
Tübingen - Horb
Ausgeführt durch: Seemann
am: 01.04.2021
Bemerkung: $I_c=0,91$ bezogen auf die Gesamtprobe

Entnahmestelle: Bad Bieringen BB2
KRB BB 2.4
Entnahmetiefe: 1,4-4,5m
Bodenart: TM (nach DIN 18196)
<0,063mm=73%, ZS/796
Art der Entnahme: Kleinrammbohrung
Entnahme am: durch: WST GmbH

Fließgrenze

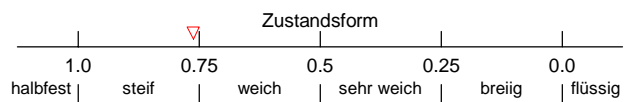
Ausrollgrenze

Behälter Nr.:					
Zahl der Schläge:	15	19	22	26	29
Feuchte Probe + Behälter $m+m_B$ [g]:	27,67	20,25	19,38	23,67	21,80
Trockene Probe + Behälter m_d+m_B [g]:	25,84	18,22	17,55	21,90	19,95
Behälter m_B [g]:	21,90	13,80	13,52	17,90	15,73
Wasser $m - m_d = m_w$ [g]:	1,83	2,03	1,83	1,77	1,85
Trockene Probe m_d [g]:	3,94	4,42	4,03	4,00	4,22
Wassergehalt $m_w / m_d * 100$ [%]:	46,45	45,93	45,41	44,25	43,84
Wert übernehmen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

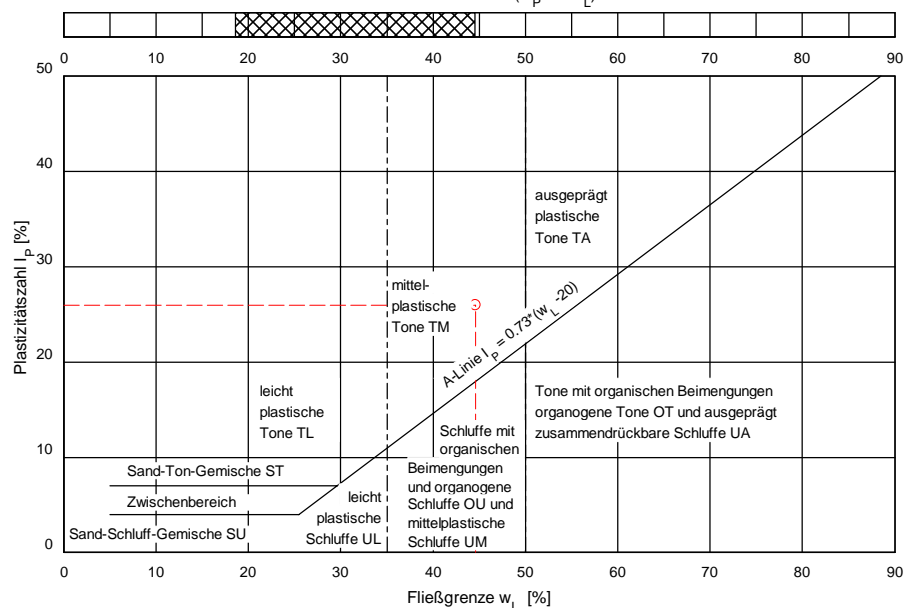
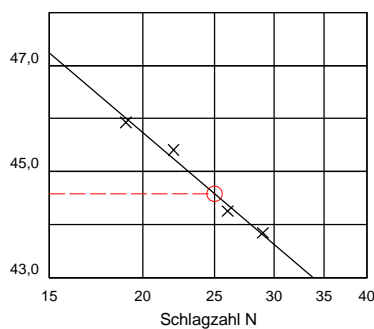
42,03	38,07	36,99	
41,00	36,96	35,90	
35,46	31,02	30,00	
1,03	1,11	1,09	
5,54	5,94	5,90	
18,59	18,69	18,47	

Natürlicher Wassergehalt: $w = 20,90$ %
Größtkorn: mm
Masse des Überkorns: 10,75 g
Trockenmasse der Probe: 55,02 g
Überkornanteil: $\bar{u} = 19,54$ %
Anteil ≤ 0.4 mm: $m_d / m = 80,46$ %
Anteil ≤ 0.002 mm: $m_T / m =$ %
Wassergehalt (Überkorn) $w_{\bar{u}} = 5,00$ %
korr. Wassergehalt: $w_K = \frac{w - w_{\bar{u}}}{1.0 - \bar{u}} = 24,76$ %
Fließgrenze $w_L = 44,58$ %
Ausrollgrenze $w_P = 18,58$ %

Bodengruppe = TM
Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 25,99$ %
Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_K}{w_L - w_P} = 0,76 \triangle$ steif
Liquiditätszahl $I_L = 1 - I_C = 0,24$
Aktivitätszahl $I_A = \frac{I_P}{m_T / m_d} =$



Bildsammelbereich (w_P bis w_L)



Bemerkungen:



Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze
nach DIN 18122 - LM

Prüfungsnr.: 2021 / 799
Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Strecke 4600
Tübingen - Horb
Ausgeführt durch: Seemann
am: 01.04.2021
Bemerkung: $I_c = 0,52$ bezogen auf die Gesamtprobe

Entnahmestelle: Bad Bieringen BB2
KRB BB 2.5
Entnahmetiefe: 4,0-6,5m
Bodenart: TM (nach DIN 18196)
<0,063mm=79%, ZS/797
Art der Entnahme: Kleinrammbohrung
Entnahme am: durch: WST GmbH

Fließgrenze

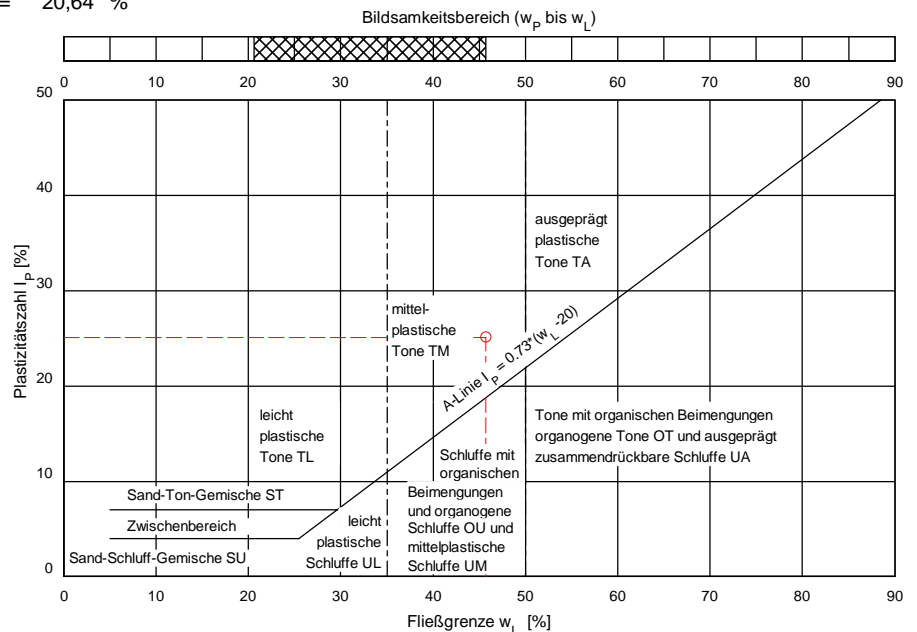
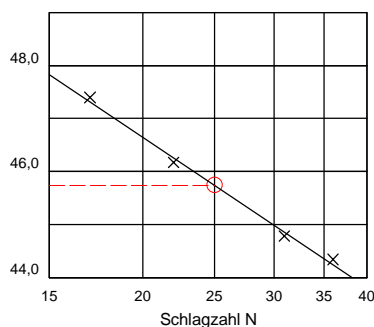
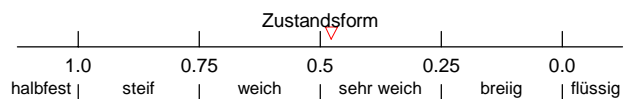
Ausrollgrenze

Behälter Nr.:					
Zahl der Schläge:	25	31	36	22	17
Feuchte Probe + Behälter $m + m_B$ [g]:	21,47	22,53	21,74	22,41	23,04
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]:	19,75	20,90	19,82	20,60	21,22
Behälter m_B [g]:	15,94	17,26	15,49	16,68	17,38
Wasser $m - m_d = m_w$ [g]:	1,72	1,63	1,92	1,81	1,82
Trockene Probe m_d [g]:	3,81	3,64	4,33	3,92	3,84
Wassergehalt $m_w / m_d \cdot 100$ [%]:	45,14	44,78	44,34	46,17	47,40
Wert übernehmen	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

32,52	38,73	35,50	
31,51	37,60	34,51	
26,63	32,10	29,72	
1,01	1,13	0,99	
4,88	5,50	4,79	
20,70	20,55	20,67	

Natürlicher Wassergehalt: $w = 32,60$ %
Größtkorn: mm
Masse des Überkorns: 2,01 g
Trockenmasse der Probe: 49,31 g
Überkornanteil: $\bar{u} = 4,08$ %
Anteil ≤ 0.4 mm: $m_d / m = 95,92$ %
Anteil ≤ 0.002 mm: $m_T / m =$ %
Wassergehalt (Überkorn) $w_{\bar{u}} = 5,00$ %
korr. Wassergehalt: $w_K = \frac{w - w_{\bar{u}}}{1.0 - \bar{u}} = 33,77$ %
Fließgrenze $w_L = 45,74$ %
Ausrollgrenze $w_P = 20,64$ %

Bodengruppe = TM
Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 25,10$ %
Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_K}{w_L - w_P} = 0,48 \triangle$ sehr weich
Liquiditätszahl $I_L = 1 - I_C = 0,52$
Aktivitätszahl $I_A = \frac{I_P}{m_T / m_d} =$



Bemerkungen:



Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze

nach DIN 18122 - LM

Prüfungsnr.: 2021 / 800

Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Strecke 4600

Tübingen - Horb

Ausgeführt durch: Seemann

am: 01.04.2021

Bemerkung: $I_c=0,78$ bezogen auf die Gesamtprobe

Entnahmestelle: Bad Bieringen BB2

KRB BB 2.SI 2

Entnahmetiefe: 1,6-5,0m

Bodenart: TA (nach DIN 18196)

$<0,063\text{mm}=88,5\%$

Art der Entnahme: Kleinrammbohrung

Entnahme am:

durch: WST GmbH

Fließgrenze

Behälter Nr.:					
Zahl der Schläge:	37	33	24	22	19
Feuchte Probe + Behälter $m+m_B$ [g]:	22,82	22,60	24,12	21,90	25,68
Trockene Probe + Behälter m_d+m_B [g]:	20,83	20,67	21,98	19,73	23,53
Behälter m_B [g]:	17,18	17,16	18,23	15,95	19,83
Wasser $m - m_d = m_w$ [g]:	1,99	1,93	2,14	2,17	2,15
Trockene Probe m_d [g]:	3,65	3,51	3,75	3,78	3,70
Wassergehalt $m_w / m_d \cdot 100$ [%]:	54,52	54,99	57,07	57,41	58,11
Wert übernehmen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Ausrollgrenze

34,34	41,80	36,13	
33,34	40,66	34,98	
28,51	35,10	29,32	
1,00	1,14	1,15	
4,83	5,56	5,66	
20,70	20,50	20,32	

Natürlicher Wassergehalt: $w = 28,30$ %

Größtkorn: mm

Masse des Überkorns: 3,50 g

Trockenmasse der Probe: 58,37 g

Überkornanteil: $\bar{u} = 6,00$ %

Anteil $\leq 0,4$ mm: $m_d / m = 94,00$ %

Anteil $\leq 0,002$ mm: $m_T / m =$ %

Wassergehalt (Überkorn) $w_{\bar{u}} = 5,00$ %

korr. Wassergehalt: $w_K = \frac{w - w_{\bar{u}}}{1,0 - \bar{u}} = 29,79$ %

Fließgrenze $w_L = 56,67$ %

Ausrollgrenze $w_P = 20,51$ %

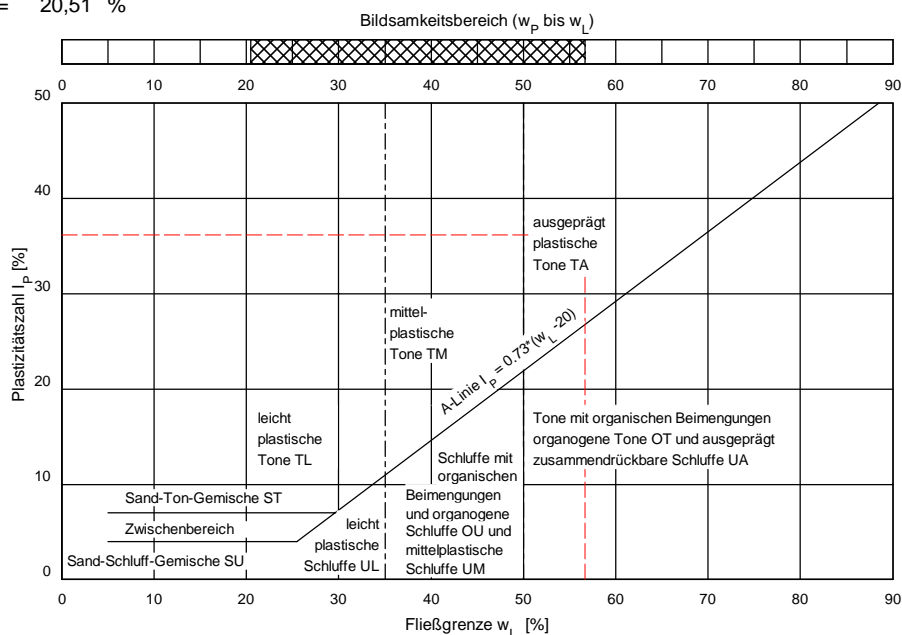
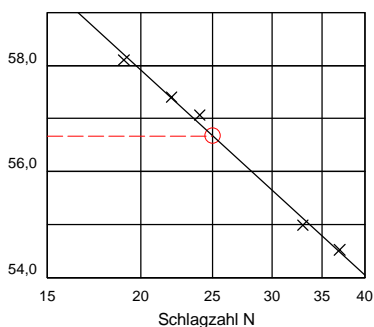
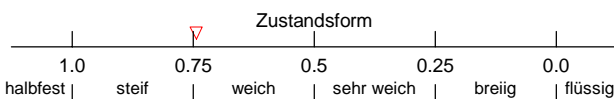
Bodengruppe = TA

Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 36,16$ %

Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_K}{w_L - w_P} = 0,74 \triangle \text{ weich}$

Liquiditätszahl $I_L = 1 - I_C = 0,26$

Aktivitätszahl $I_A = \frac{I_P}{m_T / m} =$



Bemerkungen:



Bestimmung der Korngrößenverteilung
kombinierte Sieb-/Schlämmanalyse
nach DIN EN ISO 17892-4

Prüfungs-Nr.: 2021 / 796
Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Strecke 4600
Tübingen - Horb
Ausgeführt durch: Seemann
am: 01.04.2021
Bemerkung: zu ZP/798

Entnahmestelle: BÜ Bad Biringen BB2
KRB BB 2.4

Entnahmetiefe: 1,40-4,50m

Bodenart:

Art der Entnahme: Kleinrammbohrung

Entnahme am: durch: WST GmbH

Siebanalyse:

Einwaage Siebanalyse me: 55,02 g
Abgeschlämmter Anteil ma: 0,00 g
Gesamtgewicht der Probe mt: 55,02 g

	Siebdurchmesser [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
1	63,000	0,00	0,00	100,0
2	31,500	0,00	0,00	100,0
3	16,000	0,00	0,00	100,0
4	8,000	3,32	6,03	94,0
5	4,000	4,25	7,72	86,2
6	2,000	1,32	2,40	83,8
7	1,000	0,92	1,67	82,2
8	0,400	0,94	1,71	80,5
9	0,250	0,54	0,98	79,5
10	0,125	0,81	1,47	78,0
	Schale	42,92	78,01	0,0

Summe aller Siebrückstände: S = 55,02 g Größtkorn [mm]: 16,00

Siebverlust: SV = me - S = 0,00 g

$SV' = (me - S) / me * 100 = 0,00 \%$

Fraktionsanteil	Prozentanteil
Ton	18,48
Schluff	54,46
Sandkorn	10,86
Feinsand	6,26
Mittelsand	2,06
Grobsand	2,54
Kieskorn	16,18
Feinkies	6,62
Mittelkies	10,00
Grobkies	0,00
Steine	0,03

Bemerkungen:



Bestimmung der Korngrößenverteilung
kombinierte Sieb-/Schlämmanalyse
nach DIN EN ISO 17892-4

Prüfungs-Nr.: 2021 / 796
Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Strecke 4600
Tübingen - Horb
Ausgeführt durch: Seemann
am: 01.04.2021
Bemerkung: zu ZP/798

Entnahmestelle: BÜ Bad Bieringen BB2
KRB BB 2.4

Entnahmetiefe: 1,40-4,50m

Bodenart:

Art der Entnahme: Kleinrammbohrung

Entnahme am:

durch: WST GmbH

Aräometer Nr. : 5

Meniskuskorrektur mit Dispergierungsmittel: $C_m = -0,5000$ Na4P2O7

Ermittlung der Trockenmasse

Durch Trocknen (nach der Schlämmanalyse)

Behälter Nr.:

Trockene Probe + Behälter md + mB

42,92 g

Behälter mB

0,00 g

Korndichte ρ_s : 2,680 g/cm³

Trockene Probe md

42,92 g


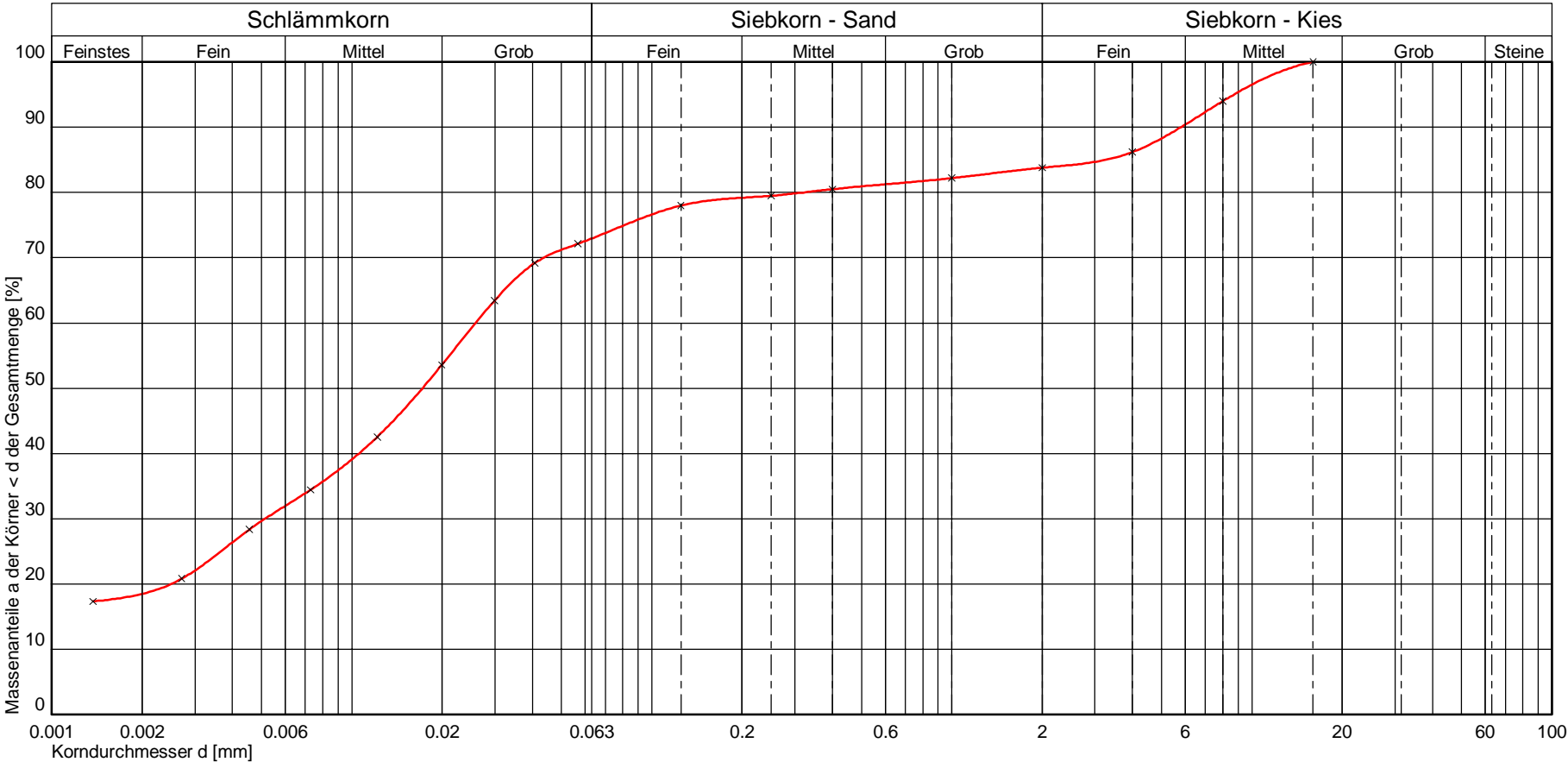
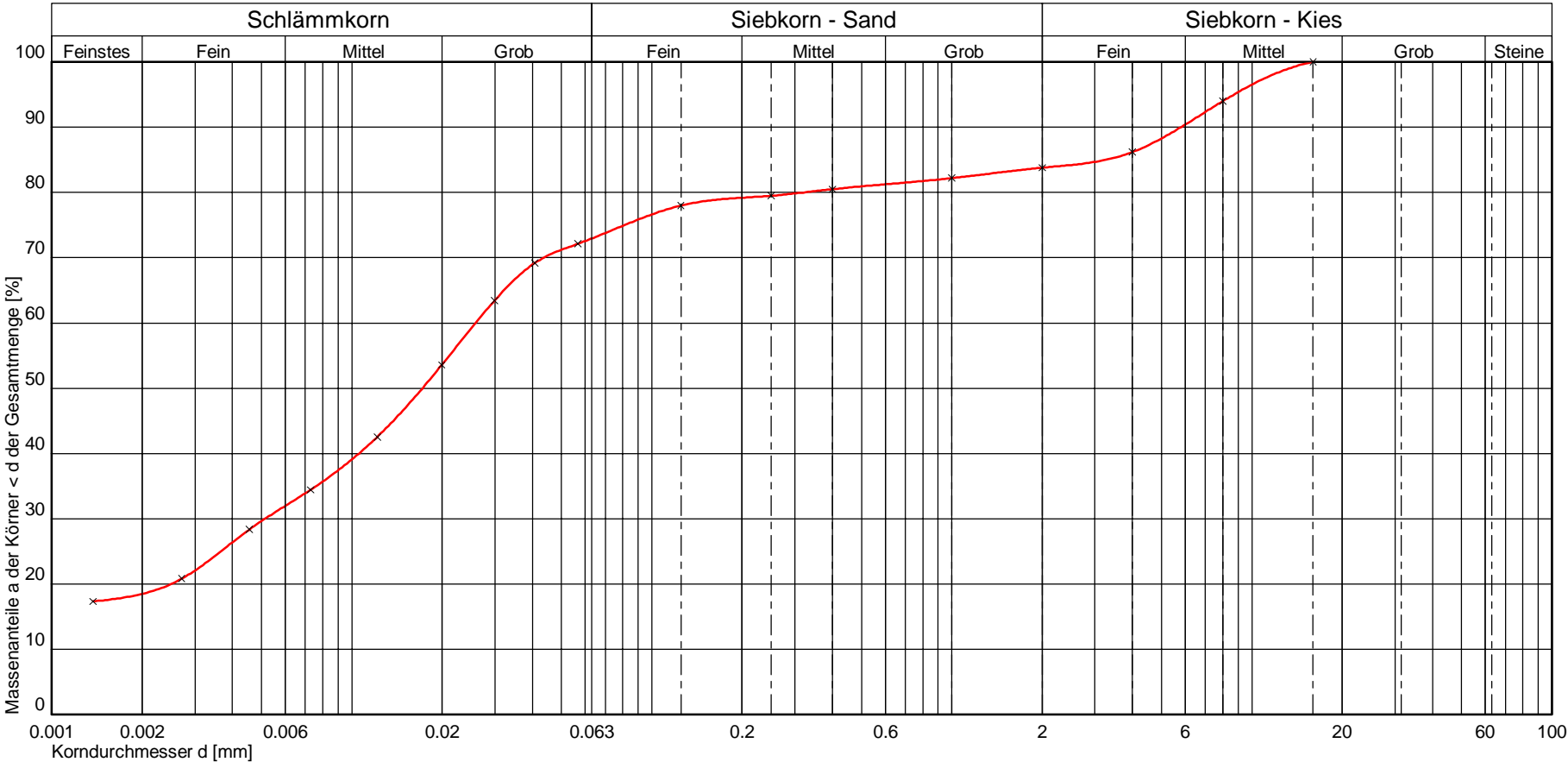
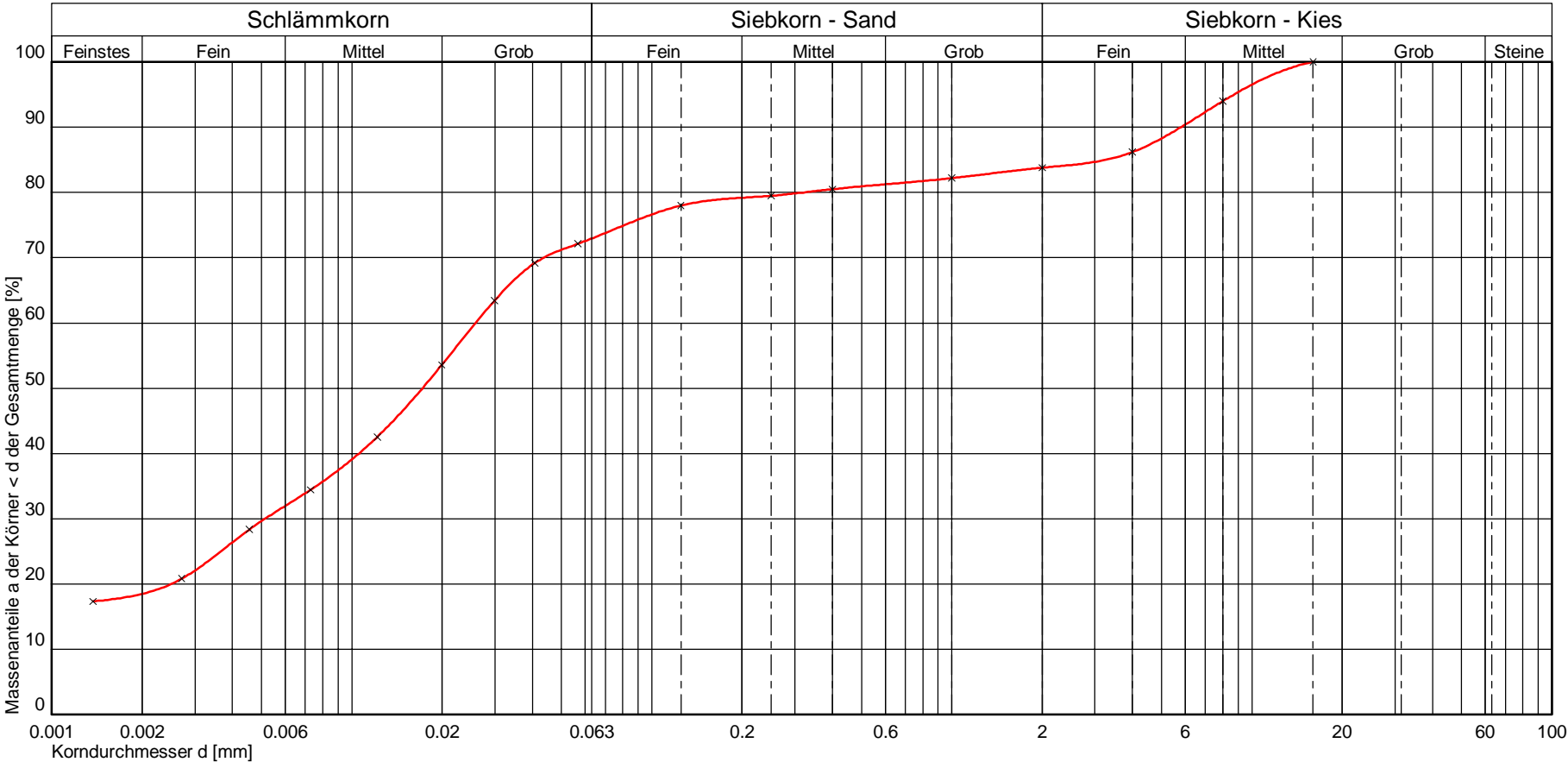
$\mu = m_d * (\rho_s - 1) / \rho_s = 100\%$ der Lesung

26,91 g

$a = 100 / \mu * (R + C_\theta) = 3,72 * (R + C_\theta) \% \text{ von } m_d$

Uhrzeit Vorgabe:	Abgelaufene Zeit s/m/h/d	Aräometer- lesung $R' = (\rho' - 1) * 10^3$	Lesung + Meniskuskorr. $R = R' + C_m$	Korndurch- messer d [mm]	Temperatur θ [°C]	Temp. korr. C_θ	Korr.Lesung $R + C_\theta$	Schlamm- probe a [%]	Gesamt- probe a_{tot} [%]
00:00:00									
00:00:30	30 s	25,00	24,50	0,0566	22,0	0,38	24,88	92,47	72,12
00:01:00	1 m	24,00	23,50	0,0408	22,0	0,38	23,88	88,75	69,22
00:02:00	2 m	22,00	21,50	0,0299	22,0	0,38	21,88	81,32	63,43
00:05:00	5 m	18,60	18,10	0,0199	22,0	0,38	18,48	68,68	53,57
00:15:00	15 m	14,80	14,30	0,0122	22,0	0,38	14,68	54,55	42,55
00:45:00	45 m	12,00	11,50	0,0073	22,0	0,38	11,88	44,15	34,44
02:00:00	2 h	9,80	9,30	0,0046	22,5	0,48	9,78	36,35	28,35
06:00:00	6 h	7,20	6,70	0,0027	22,5	0,48	7,18	26,68	20,81
00:00:00	1 d	6,00	5,50	0,0014	22,5	0,48	5,98	22,22	17,33

Bemerkungen:

<div>Prüfungs-Nr.: 2021 / 796 Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Strecke 4600 Tübingen - Horb Ausgeführt durch: Seemann am: 01.04.2021 Bemerkung: zu ZP/798</div>	<div>Bestimmung der Korngrößenverteilung kombinierte Sieb-/Schlämmanalyse nach DIN EN ISO 17892-4</div>	<div>Entnahmestelle: BÜ Bad Biringen BB2 KRB BB 2.4 Entnahmetiefe: 1,40-4,50m Bodenart: Art der Entnahme: Kleinrammbohrung Entnahme am: durch: WST GmbH</div>	<div> DB Engineering & Consulting</div>																																	
<div><div><div>Massenanteile a der Körner < d der Gesamtmenge [%]</div><div>Korndurchmesser d [mm]</div></div><table><thead><tr><th colspan="4">Schlämmkorn</th><th colspan="3">Siebkorn - Sand</th><th colspan="4">Siebkorn - Kies</th></tr><tr><th>Feinstes</th><th>Fein</th><th>Mittel</th><th>Grob</th><th>Fein</th><th>Mittel</th><th>Grob</th><th>Fein</th><th>Mittel</th><th>Grob</th><th>Steine</th></tr></thead><tbody><tr><td colspan="11"></td></tr></tbody></table></div>				Schlämmkorn				Siebkorn - Sand			Siebkorn - Kies				Feinstes	Fein	Mittel	Grob	Fein	Mittel	Grob	Fein	Mittel	Grob	Steine											
Schlämmkorn				Siebkorn - Sand			Siebkorn - Kies																													
Feinstes	Fein	Mittel	Grob	Fein	Mittel	Grob	Fein	Mittel	Grob	Steine																										
																																				
<div>Kurve Nr.: 796</div>	<div>Arbeitsweise: kombinierte Sieb-/Schlämmanalyse</div>			<div>Bemerkungen</div>																																
<div>$C_U = d_{60}/d_{10} / C_C / \text{Median}$</div>																																				
<div>Bodengruppe (DIN 18196)</div>	<div>TM</div>																																			
<div>Geologische Bezeichnung</div>																																				
<div>kf-Wert</div>	<div>$3,571 \cdot 10^{-9}$ [m/s] nach USBR/Bialas</div>																																			

Prüfungs-Nr.: 2021 / 796
Anlage: 4 Blatt
zu: U-SW00198



Bestimmung der Korngrößenverteilung
kombinierte Sieb-/Schlämmanalyse
nach DIN EN ISO 17892-4

Prüfungs-Nr.: 2021 / 797
Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Strecke 4600
Tübingen - Horb
Ausgeführt durch: Seemann
am: 01.04.2021
Bemerkung: zu ZP/799

Entnahmestelle: BÜ Bad Biringen BB2
KRB BB 2.5

Entnahmetiefe: 4,00-6,50m

Bodenart:

Art der Entnahme: Kleinrammbohrung

Entnahme am: durch: WST GmbH

Siebanalyse:

Einwaage Siebanalyse me: 49,31 g
Abgeschlämmter Anteil ma: 0,00 g
Gesamtgewicht der Probe mt: 49,31 g

	Siebdurchmesser [mm]	Rückstand [g]	Rückstand [%]	Durchgang [%]
1	63,000	0,00	0,00	100,0
2	31,500	0,00	0,00	100,0
3	16,000	0,00	0,00	100,0
4	8,000	0,00	0,00	100,0
5	4,000	0,61	1,24	98,8
6	2,000	0,42	0,85	97,9
7	1,000	0,35	0,71	97,2
8	0,400	0,63	1,28	95,9
9	0,250	0,95	1,93	94,0
10	0,125	2,82	5,72	88,3
	Schale	43,53	88,28	0,0

Summe aller Siebrückstände: S = 49,31 g Größtkorn [mm]: 8,00

Siebverlust: SV = me - S = 0,00 g

$SV' = (me - S) / me * 100 = 0,00 \%$

Fraktionsanteil	Prozentanteil
Ton	20,13
Schluff	58,96
Sandkorn	18,81
Feinsand	13,41
Mittelsand	4,19
Grobsand	1,22
Kieskorn	2,10
Feinkies	1,69
Mittelkies	0,39
Grobkies	0,03
Steine	0,00

Bemerkungen:



Bestimmung der Korngrößenverteilung
kombinierte Sieb-/Schlämmanalyse
nach DIN EN ISO 17892-4

Prüfungs-Nr.: 2021 / 797
Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Strecke 4600
Tübingen - Horb
Ausgeführt durch: Seemann
am: 01.04.2021
Bemerkung: zu ZP/799

Entnahmestelle: BÜ Bad Biringen BB2
KRB BB 2.5

Entnahmetiefe: 4,00-6,50m

Bodenart:

Art der Entnahme: Kleinrammbohrung

Entnahme am:

durch: WST GmbH

Aräometer Nr. : 5

Meniskuskorrektur mit Dispergierungsmittel: $C_m = -0,5000$ Na4P2O7

Ermittlung der Trockenmasse

Durch Trocknen (nach der Schlämmanalyse)

Behälter Nr.:

Trockene Probe + Behälter md + mB

43,53 g

Behälter mB

0,00 g

Korndichte ρ_s : 2,680 g/cm³

Trockene Probe md

43,53 g

$\mu = md * (\rho_s - 1) / \rho_s = 100\%$ der Lesung

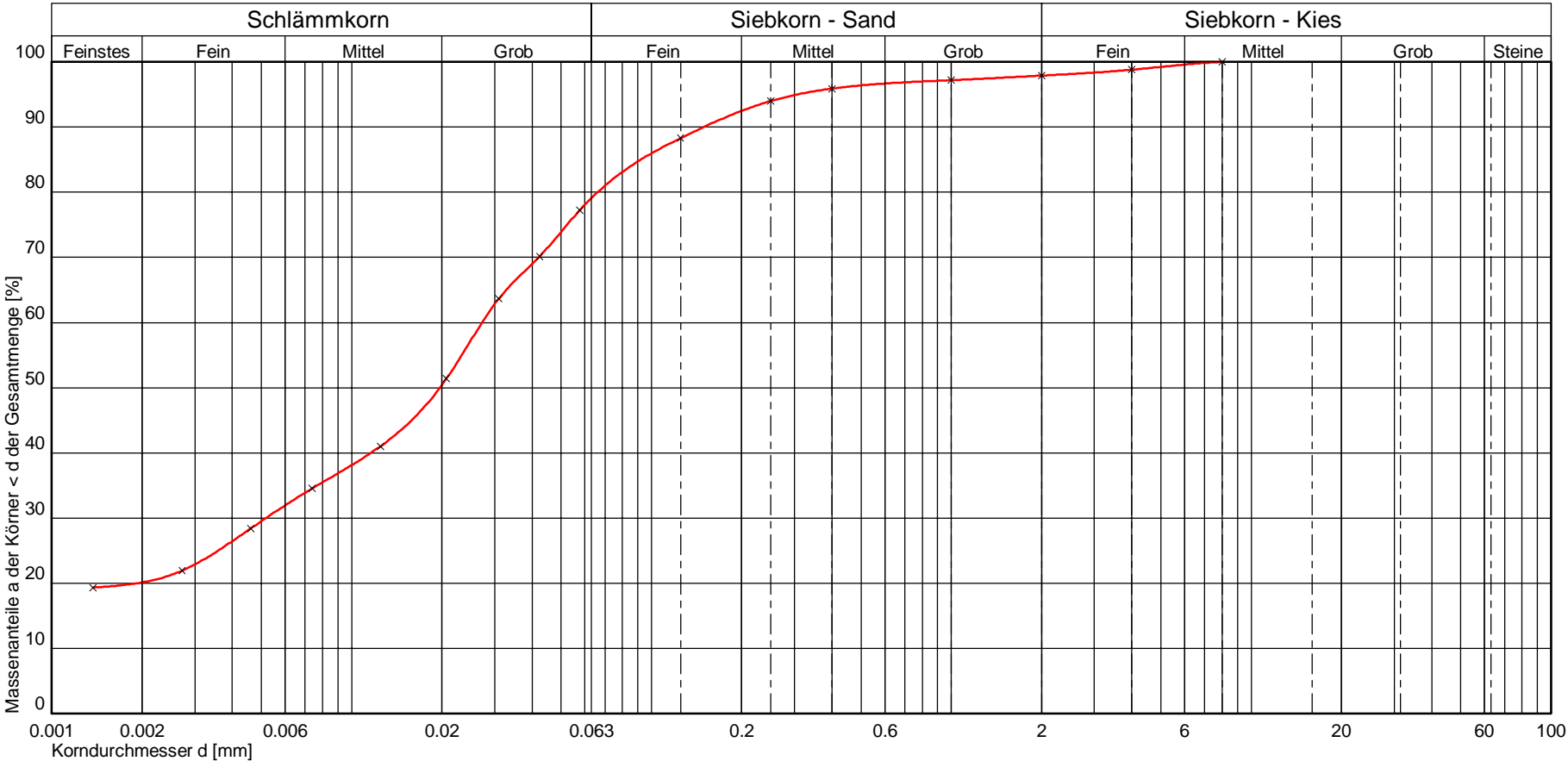
27,29 g

$a = 100 / \mu * (R + C_\theta) = 3,66 * (R + C_\theta)$ % von md

Uhrzeit Vorgabe:	Abgelaufene Zeit s/m/h/d	Aräometer- lesung $R' = (\rho' - 1) * 10^3$	Lesung + Meniskuskorr. $R = R' + C_m$	Korndurch- messer d [mm]	Temperatur θ [°C]	Temp. korr. C_θ	Korr.Lesung $R + C_\theta$	Schlamm- probe a [%]	Gesamt- probe a_{tot} [%]
00:00:00									
00:00:30	30 s	24,00	23,50	0,0577	22,0	0,38	23,88	87,51	77,27
00:01:00	1 m	21,80	21,30	0,0424	22,0	0,38	21,68	79,44	70,15
00:02:00	2 m	19,80	19,30	0,0310	22,0	0,38	19,68	72,11	63,68
00:05:00	5 m	16,00	15,50	0,0207	22,0	0,38	15,88	58,19	51,38
00:15:00	15 m	12,80	12,30	0,0125	22,0	0,38	12,68	46,46	41,03
00:45:00	45 m	10,80	10,30	0,0074	22,0	0,38	10,68	39,13	34,55
02:00:00	2 h	8,80	8,30	0,0046	22,5	0,48	8,78	32,17	28,41
06:00:00	6 h	6,80	6,30	0,0027	22,5	0,48	6,78	24,84	21,94
00:00:00	1 d	6,00	5,50	0,0014	22,5	0,48	5,98	21,91	19,35

Bemerkungen:

<div>Prüfungs-Nr.: 2021 / 797</div> <div>Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Strecke 4600</div> <div>Tübingen - Horb</div> <div>Ausgeführt durch: Seemann</div> <div>am: 01.04.2021</div> <div>Bemerkung: zu ZP/799</div>	<div>Bestimmung der Korngrößenverteilung</div> <div>kombinierte Sieb-/Schlammmanalyse</div> <div>nach DIN EN ISO 17892-4</div>	<div>Entnahmestelle: BÜ Bad Biringen BB2</div> <div>KRB BB 2.5</div> <div>Entnahmetiefe: 4,00-6,50m</div> <div>Bodenart:</div> <div>Art der Entnahme: Kleinrammbohrung</div> <div>Entnahme am: durch: WST GmbH</div>
--	--	--



Kurve Nr.:	797			Bemerkungen
Arbeitsweise	kombinierte Sieb-/Schlammmanalyse			
$C_U = d_{60}/d_{10} / C_C / \text{Median}$				
Bodengruppe (DIN 18196)	TM			
Geologische Bezeichnung				
kf-Wert	$2,042 \cdot 10^{-9}$ [m/s] nach USBR/Bialas			



Bestimmung des Glüh-
verlustes
nach DIN 18128 - GL

DB Engineering &
Consulting GmbH

Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
I.TV-O-U(T)
EUREF-Campus 4-5
10829 Berlin
Tel: 030 297 59530

Bauvorhaben : Bahnübergänge + Signale Strecke 4600 Tübingen - Horb
Objekt : Bad Biringen BB2
Prüfungs-Nr. : 2021 / 801
Reg.-Nr. :
Auftrags-Nr. : U-SW00198

Entnahmestelle	KRB BB 2.4 t=6,00-9,10m		
Boden	TM-TA (Handspezifizierung)		
Bemerkung	Entnahme : WST GmbH		
Tiegel	21	23	20
Brutto m_s	67,3712 g	77,0226 g	65,1904 g
- Tara m_B	- 58,0599 g	- 70,0972 g	- 58,0042 g
Netto m_s	9,3113 g	6,9254 g	7,1862 g
Brutto m_s	67,3712 g	77,0226 g	65,1904 g
- Brutto nach 550°C	- 66,9640 g	- 76,7272 g	- 64,8864 g
m_{so}	0,4072 g	0,2954 g	0,3040 g
$\frac{m_{so}}{m_s} \cdot 100$	4,373 %	4,265 %	4,230 %
Mittelwert V_{gl}	4,3 %		

Entnahmestelle			
Boden			
Bemerkung			
Tiegel			
Brutto m_s	g	g	g
- Tara m_B	- g	- g	- g
Netto m_s	g	g	g
Brutto m_s	g	g	g
- Brutto nach 550°C	- g	- g	- g
m_{so}	g	g	g
$\frac{m_{so}}{m_s} \cdot 100$	·100	·100	·100
$= V_{gl}$			
Mittelwert V_{gl}			

Berlin, 01.04.2021 Bearbeiter: Seemann geprüft: Hoff

Bestimmung des Glühverlustes

Anlage 4.3 / Blatt 1



Bestimmung des Glüh-
verlustes
nach DIN 18128 - GL

DB Engineering &
Consulting GmbH

Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
I.TV-O-U(T)
EUREF-Campus 4-5
10829 Berlin
Tel: 030 297 59530

Bauvorhaben : Bahnübergänge + Signale Strecke 4600 Tübingen - Horb
Objekt : Bad Biringen BB2
Prüfungs-Nr. : 2021 / 802
Reg.-Nr. :
Auftrags-Nr. : U-SW00198

Entnahmestelle	KRB BB 2.6 t=6,90-8,00m		
Boden	TM (Handspezifizierung)		
Bemerkung	Entnahme : WST GmbH		
Tiegel	22	24	17
Brutto m_s	63,7740 g	65,5282 g	67,5486 g
- Tara m_B	- 57,6269 g	- 58,5288 g	- 60,9214 g
Netto m_s	6,1471 g	6,9994 g	6,6272 g
Brutto m_s	63,7740 g	65,5282 g	67,5486 g
- Brutto nach 550°C	- 63,5386 g	- 65,2604 g	- 67,2928 g
m_{so}	0,2354 g	0,2678 g	0,2558 g
$\frac{m_{so}}{m_s} \cdot 100$	0,2354 · 100	0,2678 · 100	0,2558 · 100
Netto m_s	6,1471	6,9994	6,6272
= V_{gl}	3,829 %	3,826 %	3,860 %
Mittelwert V_{gl}		3,8 %	

Entnahmestelle			
Boden			
Bemerkung			
Tiegel			
Brutto m_s	g	g	g
- Tara m_B	- g	- g	- g
Netto m_s	g	g	g
Brutto m_s	g	g	g
- Brutto nach 550°C	- g	- g	- g
m_{so}	g	g	g
$\frac{m_{so}}{m_s} \cdot 100$	· 100	· 100	· 100
Netto m_s			
= V_{gl}			
Mittelwert V_{gl}			

Berlin, 01.04.2021 Bearbeiter: Seemann geprüft: Hoff

Bestimmung des Glühverlustes

Anlage 4.3 / Blatt 2



Bestimmung des Glüh-
verlustes
nach DIN 18128 - GL

DB Engineering &
Consulting GmbH

Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
I.TV-O-U(T)
EUREF-Campus 4-5
10829 Berlin
Tel: 030 297 59530

Bauvorhaben : Bahnübergänge + Signale Strecke 4600 Tübingen - Horb
Objekt : Bad Biringen BB2
Prüfungs-Nr. : 2021 / 803
Reg.-Nr. :
Auftrags-Nr. : U-SW00198

Entnahmestelle	KRB BB 2.8 t=4,85-7,30m		
Boden	TM (Handspezifizierung)		
Bemerkung	Entnahme : WST GmbH		
Tiegel	13	31	T12
Brutto m_s	55,4389 g	53,8686 g	46,9132 g
- Tara m_B	- 46,2986 g	- 47,0708 g	- 38,1063 g
Netto m_s	9,1403 g	6,7978 g	8,8069 g
Brutto m_s	55,4389 g	53,8686 g	46,9132 g
- Brutto nach 550°C	- 55,0684 g	- 53,6013 g	- 46,5497 g
m_{so}	0,3705 g	0,2673 g	0,3635 g
$\frac{m_{so}}{m_s} \cdot 100$	0,3705 · 100	0,2673 · 100	0,3635 · 100
Netto m_s	9,1403	6,7978	8,8069
= V_{gl}	4,053 %	3,932 %	4,127 %
Mittelwert V_{gl}	4,0 %		

Entnahmestelle			
Boden			
Bemerkung			
Tiegel			
Brutto m_s	g	g	g
- Tara m_B	- g	- g	- g
Netto m_s	g	g	g
Brutto m_s	g	g	g
- Brutto nach 550°C	- g	- g	- g
m_{so}	g	g	g
$\frac{m_{so}}{m_s} \cdot 100$	· 100	· 100	· 100
Netto m_s			
= V_{gl}			
Mittelwert V_{gl}			

Berlin, 01.04.2021 Bearbeiter: Seemann geprüft: Hoff

Bestimmung des Glühverlustes

Anlage 4.3 / Blatt 3



AGROLAB Labor GmbH, Dr.-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

DB Engineering & Consulting GmbH
Gartenstraße 76-78
76135 Karlsruhe

Datum 14.04.2021
Kundennr. 27064896

PRÜFBERICHT 3135258 - 685984

Auftrag 3135258 U-SW00198P 269290601824 00R0/R0S/29571842 12 Büs
Strecke 4700
Analysennr. 685984 Mineralisch/Anorganisches Material
Rechnungsnehmer 27065161 DB Engineering & Consulting GmbH c/o Deutsche Bahn
AG
Probeneingang 07.04.2021
Probenahme 05.03.2021
Probenehmer Auftraggeber (WST GmbH)
Kunden-Probenbezeichnung MP BB2

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Analyse in der Gesamtfraction					DIN 19747 : 2009-07
Masse Laborprobe	kg	°	5,35	0,001	DIN EN 12457-4 : 2003-01
Trockensubstanz	%	°	87,6	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03, Verfahren A
pH-Wert (CaCl2)			7,7	0	DIN ISO 10390 : 2005-12
Cyanide ges.	mg/kg		<0,3	0,3	DIN EN ISO 17380 : 2013-10
EOX	mg/kg		<1,0	1	DIN 38414-17 : 2017-01
Königswasseraufschluß					DIN EN 13657 : 2003-01
Arsen (As)	mg/kg		9,8	0,8	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Blei (Pb)	mg/kg		22	2	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Cadmium (Cd)	mg/kg		0,2	0,2	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Chrom (Cr)	mg/kg		25	1	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Kupfer (Cu)	mg/kg		17	1	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Nickel (Ni)	mg/kg		23	1	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Quecksilber (Hg)	mg/kg		0,07	0,05	DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Thallium (Tl)	mg/kg		0,3	0,1	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Zink (Zn)	mg/kg		63	2	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC)	mg/kg		<50	50	DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg		<50	50	DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09
Naphthalin	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Acenaphthylen	mg/kg		0,13	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Acenaphthen	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Fluoren	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Phenanthren	mg/kg		0,21	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Anthracen	mg/kg		0,11	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Fluoranthren	mg/kg		0,91	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Pyren	mg/kg		0,70	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(a)anthracen	mg/kg		0,58	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Chrysen	mg/kg		0,53	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg		0,35	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg		0,27	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(a)pyren	mg/kg		0,45	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05

Datum 14.04.2021
Kundennr. 27064896

PRÜFBERICHT 3135258 - 685984

Kunden-Probenbezeichnung **MP BB2**

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Methode
<i>Dibenz(ah)anthracen</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
<i>Benzo(ghi)perylene</i>	mg/kg	0,26	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
<i>Indeno(1,2,3-cd)pyren</i>	mg/kg	0,26	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
PAK-Summe (nach EPA)	mg/kg	4,8 ^{x)}		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
<i>Dichlormethan</i>	mg/kg	<0,2	0,2	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>cis-1,2-Dichlorethen</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>trans-1,2-Dichlorethen</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Trichlormethan</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>1,1,1-Trichlorethan</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Trichlorethen</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Tetrachlormethan</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Tetrachlorethen</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
LHKW - Summe	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
<i>Benzol</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Toluol</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Ethylbenzol</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>m,p-Xylol</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>o-Xylol</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Cumol</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Styrol</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Summe BTX	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
<i>PCB (28)</i>	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12
<i>PCB (52)</i>	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12
<i>PCB (101)</i>	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12
<i>PCB (118)</i>	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12
<i>PCB (138)</i>	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12
<i>PCB (153)</i>	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12
<i>PCB (180)</i>	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12
PCB-Summe	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
PCB-Summe (6 Kongenere)	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter

Eluat

Eluaterstellung				DIN EN 12457-4 : 2003-01
Temperatur Eluat	°C	20,5	0	DIN 38404-4 : 1976-12
pH-Wert		8,7	0	DIN EN ISO 10523 : 2012-04
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	90	10	DIN EN 27888 : 1993-11
Chlorid (Cl)	mg/l	3,0	2	DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Sulfat (SO ₄)	mg/l	7,5	2	DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Phenolindex	mg/l	<0,01	0,01	DIN EN ISO 14402 : 1999-12
Cyanide ges.	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 14403-2 : 2012-10
Arsen (As)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Blei (Pb)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,0005	0,0005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Chrom (Cr)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Kupfer (Cu)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Nickel (Ni)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Quecksilber (Hg)	mg/l	<0,0002	0,0002	DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Thallium (Tl)	mg/l	<0,0005	0,0005	DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Zink (Zn)	mg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01

Datum 14.04.2021
Kundennr. 27064896

PRÜFBERICHT 3135258 - 685984

Kunden-Probenbezeichnung **MP BB2**

x) Einzelwerte, die die Nachweis- oder Bestimmungsgrenze unterschreiten, wurden nicht berücksichtigt.

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen.

Die Einwaage zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen erfolgte im Labor aus der angelieferten Originalprobe. Dieses Vorgehen könnte einen Einfluss auf die Messergebnisse haben.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

Beginn der Prüfungen: 07.04.2021

Ende der Prüfungen: 09.04.2021

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.

AGROLAB Labor GmbH, Barbara Bruckmoser, Tel. 08765/93996-600
serviceteam3.bruckberg@agrolab.de

Kundenbetreuung

Dieser elektronisch übermittelte Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der EN ISO/IEC 17025:2018 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "x)" gekennzeichnet.



AGROLAB Labor GmbH, Dr.-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

DB Engineering & Consulting GmbH
Gartenstraße 76-78
76135 Karlsruhe

Datum 14.04.2021
Kundennr. 27064896

PRÜFBERICHT 3135258 - 685985

Auftrag 3135258 U-SW00198P 269290601824 00R0/R0S/29571842 12 Bús
Strecke 4700
Analysennr. 685985 Mineralisch/Anorganisches Material
Rechnungsnehmer 27065161 DB Engineering & Consulting GmbH c/o Deutsche Bahn
AG
Probeneingang 07.04.2021
Probenahme 05.03.2021
Probenehmer Auftraggeber (WST GmbH)
Kunden-Probenbezeichnung BB2.Sch

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Analyse in der Gesamtfraktion					DIN 19747 : 2009-07
Masse Laborprobe	kg	° 1,30	0,001		DIN EN 12457-4 : 2003-01
Trockensubstanz	%	° 96,2	0,1		DIN EN 14346 : 2007-03, Verfahren A
Aussehen		° Erde/Steine	0		MP-02014-DE : 2021-03
Geruch		° erdig	0		MP-02014-DE : 2021-03
Königswasseraufschluß					DIN EN 13657 : 2003-01
Arsen (As)	mg/kg	4,6	4		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Blei (Pb)	mg/kg	8,7	4		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Cadmium (Cd)	mg/kg	<0,2	0,2		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Chrom (Cr)	mg/kg	64	2		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Kupfer (Cu)	mg/kg	19	2		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Nickel (Ni)	mg/kg	49	3		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Quecksilber (Hg)	mg/kg	<0,05	0,05		DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Zink (Zn)	mg/kg	59,8	2		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC)	mg/kg	<50	50		DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg	<50	50		DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09
Naphthalin	mg/kg	<0,10 ^{m)}	0,1		DIN 38414-23 : 2002-02
Acenaphthylen	mg/kg	<0,05	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Acenaphthen	mg/kg	<0,05	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Fluoren	mg/kg	<0,05	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Phenanthren	mg/kg	0,25	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Anthracen	mg/kg	<0,05	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Fluoranthren	mg/kg	1,2	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Pyren	mg/kg	0,85	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Benzo(a)anthracen	mg/kg	0,20	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Chrysen	mg/kg	0,29	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg	0,23	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg	0,10	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,14	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg	<0,05	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Benzo(ghi)perylene	mg/kg	0,10	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02



Datum 14.04.2021

Kundennr. 27064896

PRÜFBERICHT 3135258 - 685985

Kunden-Probenbezeichnung **BB2.Sch**

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Methode
<i>Indeno(1,2,3-cd)pyren</i>	mg/kg	0,11	0,05	DIN 38414-23 : 2002-02
PAK-Summe (nach EPA)	mg/kg	3,47 ^{x)}		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter

Eluat

Eluaterstellung				DIN EN 12457-4 : 2003-01
Zerkleinerung Backenbrecher				DIN 19747 : 2009-07
Fraktion > 10 mm	%	88	5	DIN 19747 : 2009-07
Temperatur Eluat	°C	20,0	0	DIN 38404-4 : 1976-12
pH-Wert		9,7	0	DIN 38404-5 : 2009-07
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	58	10	DIN EN 27888 : 1993-11
Färbung ^{y)}		farblos		QMP_504_BR_234 : 2018-08
Trübung ^{y)}		klar		QMP_504_BR_234 : 2018-08
Arsen (As)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Blei (Pb)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,0005	0,0005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Chrom (Cr)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Kupfer (Cu)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Nickel (Ni)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Quecksilber (Hg)	mg/l	<0,0002	0,0002	DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Zink (Zn)	mg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Atrazin	µg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 11369 : 1997-11 (mod.)
Bromacil	µg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 11369 : 1997-11 (mod.)
Desethylatrazin	µg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 11369 : 1997-11 (mod.)
Dimefuron	µg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 11369 : 1997-11 (mod.)
Diuron	µg/l	0,12	0,05	DIN EN ISO 11369 : 1997-11 (mod.)
Flumioxazin	µg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 11369 : 1997-11 (mod.)
Hexazinon	µg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 11369 : 1997-11 (mod.)
Simazin	µg/l	0,10	0,05	DIN EN ISO 11369 : 1997-11 (mod.)
Flazasulfuron	µg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 11369 : 1997-11 (mod.)
AMPA	µg/l	<0,5 ^{m)}	0,5	DIN 38407-22 : 2001-10 (mod.)
Glyphosat	µg/l	<0,5 ^{m)}	0,5	DIN 38407-22 : 2001-10 (mod.)
PSM-Summe	µg/l	0,22 ^{x)}		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter

x) Einzelwerte, die die Nachweis- oder Bestimmungsgrenze unterschreiten, wurden nicht berücksichtigt.

m) Die Nachweis-, bzw. Bestimmungsgrenze musste erhöht werden, da Matrixeffekte bzw. Substanzüberlagerungen eine Quantifizierung erschweren.

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

Für die Eluaterstellung wurden 100 g Trockenmasse +/- 5g mit 1 L deionisiertem Wasser versetzt und über einen Zeitraum von 24 h eluiert.

Die Fest-/Flüssigphasentrennung erfolgte für hydrophile Stoffe gemäß Zentrifugation/Membranfiltration, für hydrophobe Stoffe gemäß Zentrifugation/Glasfaserfiltration.

AGROLAB Labor GmbH

Dr.-Pauling-Str. 3, 84079 Bruckberg, Germany
Fax: +49 (08765) 93996-28
www.agrolab.de



Datum 14.04.2021
Kundennr. 27064896

PRÜFBERICHT 3135258 - 685985

Kunden-Probenbezeichnung **BB2.Sch**

Beginn der Prüfungen: 07.04.2021
Ende der Prüfungen: 14.04.2021

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.

AGROLAB Labor GmbH, Barbara Bruckmoser, Tel. 08765/93996-600
serviceteam3.bruckberg@agrolab.de
Kundenbetreuung

Dieser elektronisch übermittelte Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der EN ISO/IEC 17025:2018 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "*)" gekennzeichnet.

AGROLAB Labor GmbH

Dr.-Pauling-Str. 3, 84079 Bruckberg, Germany
Fax: +49 (0)8765) 93996-28
www.agrolab.de



AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

AGROLAB Labor GmbH, Dr.-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

DB Engineering & Consulting GmbH
Gartenstraße 76-78
76135 Karlsruhe

Datum 14.04.2021
Kundennr. 27064896

PRÜFBERICHT 3135258 - 685984

Auftrag 3135258 U-SW00198P 269290601824 00R0/R0S/29571842 12 Bús
Strecke 4700
Analysennr. 685984 Mineralisch/Anorganisches Material
Rechnungsnehmer 27065161 DB Engineering & Consulting GmbH c/o Deutsche Bahn
AG
Probeneingang 07.04.2021
Probenahme 05.03.2021
Probenehmer Auftraggeber (WST GmbH)
Kunden-Probenbezeichnung MP BB2

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Analyse in der Gesamtfraction					DIN 19747 : 2009-07
Masse Laborprobe	kg	°	5,35	0,001	DIN EN 12457-4 : 2003-01
Trockensubstanz	%	°	87,6	0,1	DIN EN 14346 : 2007-03, Verfahren A
pH-Wert (CaCl ₂)			7,7	0	DIN ISO 10390 : 2005-12
Cyanide ges.	mg/kg		<0,3	0,3	DIN EN ISO 17380 : 2013-10
EOX	mg/kg		<1,0	1	DIN 38414-17 : 2017-01
Königswasseraufschluß					DIN EN 13657 : 2003-01
Arsen (As)	mg/kg		9,8	0,8	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Blei (Pb)	mg/kg		22	2	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Cadmium (Cd)	mg/kg		0,2	0,2	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Chrom (Cr)	mg/kg		25	1	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Kupfer (Cu)	mg/kg		17	1	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Nickel (Ni)	mg/kg		23	1	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Quecksilber (Hg)	mg/kg		0,07	0,05	DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Thallium (Tl)	mg/kg		0,3	0,1	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Zink (Zn)	mg/kg		63	2	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC)	mg/kg		<50	50	DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg		<50	50	DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09
Naphthalin	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Acenaphthylen	mg/kg		0,13	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Acenaphthen	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Fluoren	mg/kg		<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Phenanthren	mg/kg		0,21	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Anthracen	mg/kg		0,11	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Fluoranthren	mg/kg		0,91	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Pyren	mg/kg		0,70	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(a)anthracen	mg/kg		0,58	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Chrysen	mg/kg		0,53	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg		0,35	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg		0,27	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
Benzo(a)pyren	mg/kg		0,45	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05

Seite 1 von 3

AG Landshut
HRB 7131
Ust/VAT-Id-Nr.:
DE 128 944 188

Geschäftsführer
Dr. Carlo C. Peich
Dr. Paul Wimmer



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14289-01-00

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol " *) " gekennzeichnet.



Datum 14.04.2021

Kundennr. 27064896

PRÜFBERICHT 3135258 - 685984

Kunden-Probenbezeichnung

MP BB2

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Methode
<i>Dibenz(ah)anthracen</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
<i>Benzo(ghi)perylene</i>	mg/kg	0,26	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
<i>Indeno(1,2,3-cd)pyren</i>	mg/kg	0,26	0,05	DIN ISO 18287 : 2006-05
PAK-Summe (nach EPA)	mg/kg	4,8 ^{x)}		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
<i>Dichlormethan</i>	mg/kg	<0,2	0,2	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>cis-1,2-Dichlorethen</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>trans-1,2-Dichlorethen</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Trichlormethan</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>1,1,1-Trichlorethan</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Trichlorethen</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Tetrachlormethan</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Tetrachlorethen</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
LHKW - Summe	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
<i>Benzol</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Toluol</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Ethylbenzol</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>m,p-Xylol</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>o-Xylol</i>	mg/kg	<0,05	0,05	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Cumol</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
<i>Styrol</i>	mg/kg	<0,1	0,1	DIN EN ISO 22155 : 2016-07
Summe BTX	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
<i>PCB (28)</i>	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12
<i>PCB (52)</i>	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12
<i>PCB (101)</i>	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12
<i>PCB (118)</i>	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12
<i>PCB (138)</i>	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12
<i>PCB (153)</i>	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12
<i>PCB (180)</i>	mg/kg	<0,01	0,01	DIN EN 15308 : 2016-12
PCB-Summe	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
PCB-Summe (6 Kongenere)	mg/kg	n.b.		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter

Eluat

Eluaterstellung				DIN EN 12457-4 : 2003-01
Temperatur Eluat	°C	20,5	0	DIN 38404-4 : 1976-12
pH-Wert		8,7	0	DIN EN ISO 10523 : 2012-04
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	90	10	DIN EN 27888 : 1993-11
Chlorid (Cl)	mg/l	3,0	2	DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Sulfat (SO ₄)	mg/l	7,5	2	DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
Phenolindex	mg/l	<0,01	0,01	DIN EN ISO 14402 : 1999-12
Cyanide ges.	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 14403-2 : 2012-10
Arsen (As)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Blei (Pb)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,0005	0,0005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Chrom (Cr)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Kupfer (Cu)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Nickel (Ni)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Quecksilber (Hg)	mg/l	<0,0002	0,0002	DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Thallium (Tl)	mg/l	<0,0005	0,0005	DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02
Zink (Zn)	mg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01

Datum 14.04.2021
Kundennr. 27064896

PRÜFBERICHT 3135258 - 685984

Kunden-Probenbezeichnung **MP BB2**

x) Einzelwerte, die die Nachweis- oder Bestimmungsgrenze unterschreiten, wurden nicht berücksichtigt.

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen.

Die Einwaage zur Untersuchung auf leichtflüchtige organische Substanzen erfolgte im Labor aus der angelieferten Originalprobe. Dieses Vorgehen könnte einen Einfluss auf die Messergebnisse haben.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

Beginn der Prüfungen: 07.04.2021

Ende der Prüfungen: 09.04.2021

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.

AGROLAB Labor GmbH, Barbara Bruckmoser, Tel. 08765/93996-600
serviceteam3.bruckberg@agrolab.de

Kundenbetreuung

Dieser elektronisch übermittelte Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der EN ISO/IEC 17025:2018 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind mit dem Symbol "°" gekennzeichnet. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "x" gekennzeichnet.

AGROLAB Labor GmbH, Dr.-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

DB Engineering & Consulting GmbH
Gartenstraße 76-78
76135 Karlsruhe

Datum 14.04.2021
Kundennr. 27064896

PRÜFBERICHT 3135258 - 685985

Auftrag 3135258 U-SW00198P 269290601824 00R0/R0S/29571842 12 Bús
Strecke 4700
Analysennr. 685985 Mineralisch/Anorganisches Material
Rechnungsnehmer 27065161 DB Engineering & Consulting GmbH c/o Deutsche Bahn
AG
Probeneingang 07.04.2021
Probenahme 05.03.2021
Probenehmer Auftraggeber (WST GmbH)
Kunden-Probenbezeichnung BB2.Sch

Einheit Ergebnis Best.-Gr. Methode

Feststoff

Analyse in der Gesamtfraction					DIN 19747 : 2009-07
Masse Laborprobe	kg	° 1,30	0,001		DIN EN 12457-4 : 2003-01
Trockensubstanz	%	° 96,2	0,1		DIN EN 14346 : 2007-03, Verfahren A
Aussehen		° Erde/Steine	0		MP-02014-DE : 2021-03
Geruch		° erdig	0		MP-02014-DE : 2021-03
Königswasseraufschluß					DIN EN 13657 : 2003-01
Arsen (As)	mg/kg	4,6	4		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Blei (Pb)	mg/kg	8,7	4		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Cadmium (Cd)	mg/kg	<0,2	0,2		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Chrom (Cr)	mg/kg	64	2		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Kupfer (Cu)	mg/kg	19	2		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Nickel (Ni)	mg/kg	49	3		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Quecksilber (Hg)	mg/kg	<0,05	0,05		DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Zink (Zn)	mg/kg	59,8	2		DIN EN ISO 11885 : 2009-09
Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC)	mg/kg	<50	50		DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg	<50	50		DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09
Naphthalin	mg/kg	<0,10 ^{m)}	0,1		DIN 38414-23 : 2002-02
Acenaphthylen	mg/kg	<0,05	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Acenaphthen	mg/kg	<0,05	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Fluoren	mg/kg	<0,05	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Phenanthren	mg/kg	0,25	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Anthracen	mg/kg	<0,05	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Fluoranthren	mg/kg	1,2	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Pyren	mg/kg	0,85	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Benzo(a)anthracen	mg/kg	0,20	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Chrysen	mg/kg	0,29	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg	0,23	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg	0,10	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,14	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg	<0,05	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02
Benzo(ghi)perylene	mg/kg	0,10	0,05		DIN 38414-23 : 2002-02

Seite 1 von 3



Datum 14.04.2021

Kundennr. 27064896

PRÜFBERICHT 3135258 - 685985

Kunden-Probenbezeichnung **BB2.Sch**

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Methode
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg	0,11	0,05	DIN 38414-23 : 2002-02
PAK-Summe (nach EPA)	mg/kg	3,47 ^{x)}		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter

Eluat

Eluaterstellung				DIN EN 12457-4 : 2003-01
Zerkleinerung Backenbrecher				DIN 19747 : 2009-07
Fraktion > 10 mm	%	88	5	DIN 19747 : 2009-07
Temperatur Eluat	°C	20,0	0	DIN 38404-4 : 1976-12
pH-Wert		9,7	0	DIN 38404-5 : 2009-07
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	58	10	DIN EN 27888 : 1993-11
Färbung	^{y)}	farblos		QMP_504_BR_234 : 2018-08
Trübung	^{y)}	klar		QMP_504_BR_234 : 2018-08
Arsen (As)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Blei (Pb)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Cadmium (Cd)	mg/l	<0,0005	0,0005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Chrom (Cr)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Kupfer (Cu)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Nickel (Ni)	mg/l	<0,005	0,005	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Quecksilber (Hg)	mg/l	<0,0002	0,0002	DIN EN ISO 12846 : 2012-08
Zink (Zn)	mg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Atrazin	µg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 11369 : 1997-11 (mod.)
Bromacil	µg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 11369 : 1997-11 (mod.)
Desethylatrazin	µg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 11369 : 1997-11 (mod.)
Dimefuron	µg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 11369 : 1997-11 (mod.)
Diuron	µg/l	0,12	0,05	DIN EN ISO 11369 : 1997-11 (mod.)
Flumioxazin	µg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 11369 : 1997-11 (mod.)
Hexazinon	µg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 11369 : 1997-11 (mod.)
Simazin	µg/l	0,10	0,05	DIN EN ISO 11369 : 1997-11 (mod.)
Flazasulfuron	µg/l	<0,05	0,05	DIN EN ISO 11369 : 1997-11 (mod.)
AMPA	µg/l	<0,5 ^{m)}	0,5	DIN 38407-22 : 2001-10 (mod.)
Glyphosat	µg/l	<0,5 ^{m)}	0,5	DIN 38407-22 : 2001-10 (mod.)
PSM-Summe	µg/l	0,22 ^{x)}		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter

x) Einzelwerte, die die Nachweis- oder Bestimmungsgrenze unterschreiten, wurden nicht berücksichtigt.

m) Die Nachweis-, bzw. Bestimmungsgrenze musste erhöht werden, da Matrixeffekte bzw. Substanzüberlagerungen eine Quantifizierung erschweren.

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen.

Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz, bei den mit ° gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz.

Für die Eluaterstellung wurden 100 g Trockenmasse +/- 5g mit 1 L deionisiertem Wasser versetzt und über einen Zeitraum von 24 h eluiert.

Die Fest-/Flüssigphasentrennung erfolgte für hydrophile Stoffe gemäß Zentrifugation/Membranfiltration, für hydrophobe Stoffe gemäß Zentrifugation/Glasfaserfiltration.

AGROLAB Labor GmbH

Dr.-Pauling-Str. 3, 84079 Bruckberg, Germany
Fax: +49 (08765) 93996-28
www.agrolab.de



Datum 14.04.2021
Kundennr. 27064896

PRÜFBERICHT 3135258 - 685985

Kunden-Probenbezeichnung **BB2.Sch**

Beginn der Prüfungen: 07.04.2021
Ende der Prüfungen: 14.04.2021

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.

AGROLAB Labor GmbH, Barbara Bruckmoser, Tel. 08765/93996-600
serviceteam3.bruckberg@agrolab.de
Kundenbetreuung

Dieser elektronisch übermittelte Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der EN ISO/IEC 17025:2018 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

Prüfbericht Nr. 3135258 - 685984									
Parameter	Proben Nr.	685984							
Herkunft	Schurf	MP BB 2							
Feststoff	Dimension	Sand	Z0 (Sand)	Z0* IIIA	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	Grenzwert gefährlicher Abfall ^[6]
Arsen	mg/kg TS	9,8	10	15/20 [3]	15/20 [3]	45	45	150	1000
Blei	mg/kg TS	22	40	100	140	210	210	700	2500
Cadmium	mg/kg TS	0,2	0,4	1,0	1,0	3,0	3,0	10	1000
Chrom (gesamt)	mg/kg TS	25	30	100	120	180	180	600	
Kupfer	mg/kg TS	17	20	60	80	120	120	400	2500
Nickel	mg/kg TS	23	15	70	100	150	150	500	1000
Quecksilber	mg/kg TS	0,07	0,1	1,0	1,0	1,5	1,5	5	500
Thallium	mg/kg TS	0,3	0,4	0,7	0,7	2,1	2,1	7	2500
Zink	mg/kg TS	63	60	200	300	450	450	1500	2500
Cyanid, gesamt	mg/kg TS	<0,3	-	-	-	3	3	10	
EOX	mg/kg TS	<1,0	1	1	1	3	3	10	
Kohlenwasserstoffe C ₁₀ -C ₂₂	mg/kg TS	<50	100	100	200	300	300	1000	1000
Kohlenwasserstoffe C ₁₀ -C ₄₀	mg/kg TS	<50	-	100	400	600	600	2000	2500
BTX	mg/kg TS	k.S.	1	1	1	1	1	1	1000
LHKW	mg/kg TS	k.S.	1	1	1	1	1	1	1000
PCB ₆	mg/kg TS	k.S.	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5	50
PAK ₁₆	mg/kg TS	4,8	3	3	3	3	9	30	1000
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,45	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3	50
Eluat									
pH-Wert [1]	-	8,7	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6 - 12	5,5 - 12	
Leitfähigkeit [1]	µS/cm	90	250	250	250	250	1500	2000	
Chlorid	mg/l	3	30	30	30	30	50	100	
Sulfat [2]	mg/l	7,5	50	50	50	50	100	150	
Arsen	µg/l	<5	-	14	14	14	20	60	200
Blei	µg/l	<5	-	40	40	40	80	200	1000
Cadmium	µg/l	<0,5	-	1,5	1,5	1,5	3	6	100
Chrom (gesamt)	µg/l	<5	-	12,5	12,5	12,5	25	60	1000
Kupfer	µg/l	<5	-	20	20	20	60	100	5000
Nickel	µg/l	<5	-	15	15	15	20	70	1000
Quecksilber	µg/l	<0,2	-	0,5	0,5	0,5	1	2	20
Zink	µg/l	<50	-	150	150	150	200	600	5000
Cyanide, gesamt	µg/l	<5	5	5	5	5	10	20	
Phenolindex	µg/l	<10	20	20	20	20	40	100	50
Glyphosat	µg/l	-	-	-	-	0,1	0,2	10 [5]	
AMPA	µg/l	-	-	-	-	0,1	0,2	10 [5]	
Summe Glyphosat und AMPA	µg/l	-	-	-	-	0,5	1	10 [5]	
Summe der Herbizide und Abbauprodukte	µg/l	-	-	-	-	0,5	1	5	
Gesamtbewertung		Z1.2							
Parameter		PAK							

[1]: Eine Überschreitung dieser Parameter allein ist kein Ausschlusskriterium.

[2]: Auf die Öffnungsklausel in Nr. 6.2 wird besonders hingewiesen. Bei großflächigen Verwertungen von Bodenmaterialien mit mehr als 20 mg/l Sulfat im Eluat sind in Gebieten ohne geogen erhöhte Sulfatgehalte im Grundwasser grundwassereinzugsbezogene Frachtbetrachtungen anzustellen.

[3]: Der Wert 15 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/ Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt 20 mg/kg.

[4]: -

[5] Für die Summe von Glyphosat und AMPA gelten 10 µg/l

[6] nach Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit, Stuttgart, 14.06.2019

k.S.: keine Summenbildung: alle Einzelparameter kleiner der Bestimmungsgrenze, n.u. nicht untersucht

Anlage 5: Auswertung Entsorgungsanalytik
Gleisschotter

		Feinfraktion <31,5 mm		Gesamtfraktion		Verwertung von Altschotter, Richtlinie 880.4010 Bautechnik, 2003 Handlungshilfe Gleisschotter, Baden- Württemberg, März 2008			
	Prozent Feinanteil	33%							
Feststoff	Dimension					Z0	Z1.1	Z1.2	Z2
Arsen [3]	mg/kg TS	4,6	Z0	1,5	Z0	20	30	50	150
Blei [3]	mg/kg TS	8,7	Z0	2,9	Z0	100	200	300	1000
Cadmium [3]	mg/kg TS	<0,2	Z0	<0,2	Z0	0,6	1	3	10
Chrom (gesamt) [3]	mg/kg TS	64	Z0	21	Z0	50	100	200	600
Kupfer [3]	mg/kg TS	19	Z0	6	Z0	40	100	200	600
Nickel [3]	mg/kg TS	49	Z0	16	Z0	40	100	2000	600
Quecksilber [3]	mg/kg TS	<0,05	Z0	<0,05	Z0	0,3	1	3	10
Zink [3]	mg/kg TS	59,8	Z0	19,7	Z0	120	300	500	1500
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg TS	<50	Z1.1	<50	Z1.1		300	300	1000
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS	<50	Z1.1	<50	Z1.1		600	600	2000
PAK ₁₆ [1]	mg/kg TS	3,47	Z1.1	1,15	Z1.1		5	15	20
Eluat									
pH-Wert	-	9,7	Z1.1	9,7	Z1.1		6,5 bis 12,5	6,0 bis 12,5	5,5 bis 12,5
Leitfähigkeit	µS/cm	58	Z1.1	19	Z1.1		2500	3000	5000
Arsen	µg/l	<5	Z1.1	<5	Z1.1		15	30	60
Blei	µg/l	<5	Z1.1	<5	Z1.1		40	100	200
Cadmium	µg/l	<0,5	Z1.1	<0,5	Z1.1		2	5	6
Chrom (gesamt)	µg/l	<5	Z1.1	<5	Z1.1		30	75	100
Kupfer	µg/l	<5	Z1.1	<5	Z1.1		50	150	200
Nickel	µg/l	<5	Z1.1	<5	Z1.1		50	100	100
Quecksilber	µg/l	<0,2	Z1.1	<0,2	Z1.1		0,5	1	2
Zink	µg/l	<50	Z1.1	<50	Z1.1		150	300	400
AMPA	µg/l	<0,5	Z1.1	<0,5	Z1.1		0,1	0,2	10 [2]
Glyphosat	µg/l	<0,5	Z1.1	<0,5	Z1.1		0,1	0,2	10 [2]
Atrazin	µg/l	<0,05	Z1.1	<0,05	Z1.1		0,1	0,2	1
Bromacil	µg/l	<0,05	Z1.1	<0,05	Z1.1		0,1	0,2	1
Desethylatrazin	µg/l	<0,05	Z1.1	<0,05	Z1.1		0,1	0,2	1
Dimefuron	µg/l	<0,05	Z1.1	<0,05	Z1.1		0,1	0,2	1
Diuron	µg/l	0,12	Z1.1	0,04	Z1.1		0,1	0,2	1
Flumioxazin	µg/l	<0,05	Z1.1	<0,05	Z1.1		0,1	0,2	1
Flazasulfuron	µg/l	<0,05	Z1.1	<0,05	Z1.1		0,1	0,2	1
Hexazinon	µg/l	<0,05	Z1.1	<0,05	Z1.1		0,1	0,2	1
Simazin	µg/l	0,10	Z1.1	0,03	Z1.1		0,1	0,2	1
Summe Glyphosat und AMPA	µg/l	k.S.		k.S.			0,5	1	10 [2]
Summe der Herbizide und Abbauprodukte [4]	µg/l	0,22	Z1.1	0,0726	Z1.1		0,5	1	5
Gesamtbewertung		Z1.2		Z1.1		Z0	Z1.1	Z1.2	Z2
Parameter		Diuron, Simazin		--		>Z2			

[1] PAK nach EPA

[2] Für die Summe von Glyphosat und AMPA gelten 10 µg/l

[3] nach Ril 880.4010

[4] ohne Glyphosat und AMPA

k.S.: keine Summenbildung: alle Einzelparameter kleiner Bestimmungsgrenze

Umwelt, Geotechnik & Geodäsie I.TPU(O) EUREF-Campus 4-5 10829 Berlin Tel.: 030 297-59530			
Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Str. 4600 Tübingen - Horb Teilobjekt: BÜ Bad Bieringen BB2			
1. Allgemeine Angaben <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> Prüfungs-Nr.: 2021 / 804 Entnahmestelle: MP BB 2 Probennummer: Entnahmetiefe: Entnahmedatum: März 2021 Probenehmer: WST GmbH Probeneingang: 25.03.2021 Geländebeziehungen: Bemerkungen: </div> <div style="width: 35%; text-align: right;"> Reg.-Nr.: Auftrags-Nr.: U-SW00198 Art des Bodens: Ton, schluffig </div> </div>			
2. Bodenanalyse		Grenzwerte zur Beurteilung n. DIN 4030-1 Expositionsklassen	
Bestandteil	Prüfergebnis	XA1	XA2
Sulfat (SO_4^{2-}) ¹⁾	975 mg/kg	≥ 2.000 und $\leq 3.000^{2)}$	$> 3.000^{2)}$ und ≤ 12.000
Säuregrad n. Baumann-Gully	40 ml/kg	> 200	in der Praxis nicht anzutreffen
Sulfid (S^{2-}) ³⁾	$< 0,02$ mg/kg	Weitere Parameter des chemischen Untersuchungsumfanges	
Chlorid (Cl^-)	124 mg/kg		
<small> ¹⁾ Tonböden mit einer Durchlässigkeit von weniger als 10^{-5} m/s dürfen in eine niedrigere Klasse eingestuft werden. ²⁾ Falls die Gefahr der Anhäufung von Sulfationen im Beton -zurückzuführen auf wechselndes Trocknen und Durchfeuchten oder kapillares Saugen- besteht, ist der Grenzwert von 3000 mg/kg auf 2000 mg/kg zu vermindern. ³⁾ Bei Sulfidgehalten von > 100 mg S^{2-} / kg Boden ist eine gesonderte Beurteilung durch einen Fachmann erforderlich. nb - nicht bestimmt nn - nicht nachweisbar </small>			
3. Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke nach DIN 18 196			
Bodengruppe (Handspezifizierung)	TM-TA	Entnahmewassergehalt w	23,0 %
Kalkgehalt V_{Ca}	(++)	Fließgrenze w_L	n.b.
$d < 2$ mm	nb	Plastizitätsgrenze w_P	n.b.
$d < 0,063$ mm	nb	Plastizitätsindex I_P	n.b.
$d < 0,002$ mm	nb	Konsistenzindex I_C	n.b.
Ungleichförmigkeitszahl $U = d_{60} / d_{10}$	nb	Korndichte r_s	n.b.
Glühverlust V_{gl}	nb	Bemerkungen:	
4. Beurteilung Der Boden liegt unterhalb der Zuordnungskriterien der Expositionsklasse XA1. <div style="margin-top: 10px;"> Erläuterung: XA1 chemisch schwach angreifend XA2 chemisch mäßig angreifend XA3 chemisch stark angreifend </div>			
Berlin, den 07.04.2021		Bearbeiter: Bischof	geprüft: Hoff
Betonaggressivität Bodenaufschlammung			Anlage 5 Blatt 1

Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
I.TPU(O)
EUREF-Campus 4-5
10829 Berlin
Tel.: 030 297-59530

Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Str. 4600 Tübingen - Horb
Teilobjekt: BÜ Bad Biringen BB2
Reg.-Nr.:
Auftrags-Nr.: U-SW00198
Prüfungs-Nr.: 2021 / 804
Boden: TM-TA
Entnahmestelle: MP BB 2

Nr.	Merkmal und Messgröße	Einheit / Prüfergebnis	Messwert- bereiche	Bewertungs- zahl
a) Beurteilung der Bodenprobe				
1	Bodenart	Massenanteile in %		Z_1
	a) Bindigkeit: Anteil an abschlammfähigen Bestandteilen (Kornanteil $d \leq 0,063$ mm)	> 50	≤ 10 > 10 bis 30 > 30 bis 50 > 50 bis 80 > 80	+ 4 + 2 0 -2 -4
	b) Torf-, Moor-, Schlick- und Marsch- böden, organischer Kohlenstoff		> 5	-12
	c) stark verunreinigte Böden, Verunreinigungen durch Brennstoff- asche, Schlacke, Kohlestücke, Koks, Müll, Schutt, Abwässer etc.			-12
2	Spezifischer Bodenwiderstand	Ohm cm		Z_2
		2755	> 50 000 > 20 000 bis 50 000 > 5 000 bis 20 000 > 2 000 bis 5 000 1 000 bis 2 000 < 1 000	+ 4 + 2 0 -2 -4 -6
3	Wassergehalt	Massenanteile in %		Z_3
		23,0	≤ 20 > 20	0 -1
4	pH - Wert			Z_4
		7,7	> 9 > 5,5 bis 9 4 bis 5,5 < 4	+ 2 0 -1 -3
5	Pufferkapazität	mmol/kg		Z_5
	Säurekapazität bis pH 4,3 (Alkalität $K_{S\ 4,3}$)	88	< 200 200 bis 1 000 > 1 000	0 + 1 + 3
	Basekapazität bis pH 7,0 (Acidität $K_{B\ 7,0}$)	nn	< 2,5 2,5 bis 5 > 5 bis 10 > 10 bis 20 > 20 bis 30 > 30	0 -2 -4 -6 -8 -10
6	Sulfid (S^{2-})	mg/kg		Z_6
		< 0,02	< 5 5 bis 10 > 10	0 -3 -6

Stahlkorrosivität einer Bodenaufschlammung

Anlage 5

Blatt 2

Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
I.TPU(O)
EUREF-Campus 4-5
10829 Berlin
Tel.: 030 297-59530

Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Str. 4600 Tübingen - Horb
Teilobjekt: BÜ Bad Biringen BB2
Reg.-Nr.:
Auftrags-Nr.: U-SW00198
Prüfungs-Nr.: 2021 / 804
Boden: TM-TA
Entnahmestelle: MP BB 2

Nr.	Merkmal und Messgröße	Einheit / Prüfergebnis	Messwert- bereiche	Bewertungs- zahl
7	Neutralsalze (wäßriger Auszug) $c(\text{Cl}^-) + 2c(\text{SO}_4^{2-})$	mmol/kg		Z_7
		6,7	< 3	0
			3 bis 10	-1
			> 10 bis 30	-2
			> 30 bis 100	-3
8	Sulfat (SO_4^{2-} , salzsaurer Auszug)	mmol/kg		Z_8
		10,2	< 2	0
			2 bis 5	-1
			> 5 bis 10	-2
			> 10	-3

b) Beurteilung aufgrund örtlicher Gegebenheiten

9	Lage des Objektes zum Grundwasser		Z_9
	Grundwasser: nicht vorhanden		0
	vorhanden		-1
	wechselt zeitlich	x	-2
10	Bodenhomogenität, horizontal		Z_{10}
	Bodenwiderstandsprofil: ermittelt werden	x	$ \Delta Z_2 < 2$
	Änderungen von Z_2 (nach Zeile 2)		$2 \leq \Delta Z_2 \leq 3$
	von benachbarten Bodenbereichen: ΔZ_2		$ \Delta Z_2 > 3$
11	(Bei dieser Bewertung werden alle positiven Z_2 -Werte gleich "+1" gesetzt)		-4
	Bodenhomogenität, vertikal		Z_{11}
	a) Boden in unmittelbarer Umgebung	x	Homogene Einbettung mit artgleichem Erdboden
			Inhomogene Einbettung mit bodenfremden Bestandteilen, z.B. Holz, Wurzeln u. dgl. sowie mit stark artverschiedenen korrosiveren Böden.
	b) Schichtung unterschiedlicher Böden mit verschiedenen Z_3 - Werten;		$2 \leq \Delta Z_2 \leq 3$
	Ermittlg. von $ \Delta Z_2 $ entsprechend Zeile 10		$ \Delta Z_2 > 3$
12	Objekt / Boden - Potential $U_{\text{Cu}} / \text{CuSO}_4$	V	Z_{12}
	(zur Feststellung von Fremdkathoden)	x	- 0,5 bis - 0,4
	Ist eine Potentialmessung nicht möglich, z.B. bei der Beurteilung eines Bodens ohne Objekt, ist $Z_{12} = - 10$ zu setzen, wenn Kohlenstücke oder Koks vorhanden sind.		> - 0,4 bis - 0,3
			> - 0,3

Berlin, 07.04.2021

Bearbeiter: Bischof

geprüft: Hoff

Stahlkorrosivität einer Bodenaufschlammung (Fortsetzung)

Anlage 5

Blatt 3

Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
I.TPU(O)
EUREF-Campus 4-5
10829 Berlin
Tel.: 030 297-59530

Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Str. 4600 Tübingen - Horb
Teilobjekt: BÜ Bad Biringen BB2
Reg.-Nr. :
Auftrags-Nr. : U-SW00198
Prüfungs-Nr. : 2021 / 804
Boden: TM-TA
Entnahmestelle : MP BB 2

Entsprechend Tab. 1 aus DIN 50929, Teil 3 ergeben sich nachfolgende Bewertungsziffern:

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1. Bodenart | 7. Neutralsalze (wäßr. Auszug) |
| 2. spezif. Bodenwiderstand | 8. Sulfat (SO_4^{2-} , salzsaur. Ausz.) |
| 3. Wassergehalt | 9. Lage d. Obj. z. Grundwasser |
| 4. pH - Wert | 10. Bodenhomogenität horizont. |
| 5. Pufferkapazität | 11. Bodenhomogenität vertikal |
| 6. Sulfid (S^{2-}) | 12. Obj./Boden-Potential $U_{\text{Cu/CuSO}_4}$ |

Bewertungsziffer für unlegierte u. niedriglegierte Eisenwerkstoffe			
Z_1	-2 *)	Z_7	-1
Z_2	-2	Z_8	-3
Z_3	-1	Z_9	-2 *)
Z_4	0	Z_{10}	0 *)
Z_5	0	Z_{11}	-6 *)
Z_6	0	Z_{12}	-3

*) basiert auf örtlicher Einschätzung

Abschätzung der Bodenklasse, Bodenaggressivität und Korrosionswahrscheinlichkeiten bei freier Korrosion von unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen (DIN 50929, Teil 3, Tab. 7):

1. Unlegierte und niedriglegierte Eisenwerkstoffe

1.1 Freie Korrosion (nur Bezug auf Bodenprobe):

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

$$B_0 = -11 \rightarrow$$

Bodenklasse - Bodenaggressivität ¹⁾	
III -	stark aggressiv

1.2 Freie Korrosion (mit Bezug auf umgebende Böden):

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

$$B_1 = -17 \rightarrow$$

Mulden- u. Lochkorrosion	Flächenkorrosion
hoch	mittel

* Die Bodenaggressivität entspricht der Korrosionswahrscheinlichkeit für freie Korrosion ohne Mitwirken ausgedehnter Konzentrationselemente.

Abschätzung der mittleren Korrosionsgeschwindigkeit (DIN 50929, Teil 3, Tab. 8):

1.3 Freie Korrosion (nur Bezug auf Probe):

$$B_0 = -11 \rightarrow$$

1.4 Freie Korrosion (m. Bezug auf umgebende Böden):

$$B_1 = -17 \rightarrow$$

Abtragungsrate w (100 a) in mm/a	max. Eindringtiefe $w_{L_{\text{max}}}$ (30a) in mm/a
0,06	0,4
0,06	0,4

Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
I.TPU(O)
EUREF-Campus 4-5
10829 Berlin
Tel.: 030 297-59530

Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Str. 4600 Tübingen - Horb
Teilobjekt: BÜ Bad Biringen BB2
Reg.-Nr. :
Auftrags-Nr. : U-SW00198
Prüfungs-Nr. : 2021 / 804
Boden: TM-TA
Entnahmestelle : MP BB 2

Entsprechend Tab. 1 aus DIN 50929, Teil 3 ergeben sich nachfolgende Bewertungsziffern:

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1. Bodenart | 7. Neutralsalze (wäßr. Auszug) |
| 2. spezif. Bodenwiderstand | 8. Sulfat (SO_4^{2-} , salzsaur. Ausz.) |
| 3. Wassergehalt | 9. Lage d. Obj. z. Grundwasser |
| 4. pH - Wert | 10. Bodenhomogenität horizont. |
| 5. Pufferkapazität | 11. Bodenhomogenität vertikal |
| 6. Sulfid (S^{2-}) | 12. Obj./Boden-Potential $U_{\text{Cu}/\text{CuSO}_4}$ |

Bewertungsziffer für unlegierte u. niedriglegierte Eisenwerkstoffe			
Z_1	-2 *)	Z_7	-1
Z_2	-2	Z_8	-3
Z_3	-1	Z_9	-2 *)
Z_4	0	Z_{10}	0 *)
Z_5	0	Z_{11}	-6 *)
Z_6	0	Z_{12}	-3

*) basiert auf örtlicher Einschätzung

Maßnahmen für den Korrosionsschutz (DIN 50 929, Teil 3, Punkt 8.1):

Allgemein ist Korrosionsschutz durch Beschichtungen zu bevorzugen. Dabei sind folgende Normen zu berücksichtigen:

Stahlbau:	DIN 55 928, Teil 5
Rohre:	DIN 30 670, DIN 30671, DIN 30 672, DIN 30 673, DIN 30 674, Teil 1 und 2

Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit bei freier Korrosion von feuerverzinkten Stählen in Erdböden (DIN 50929, Teil 3, Tab. 5):

2. Feuerverzinkte Stähle:
Freie Korrosion (nur Bezug auf Bodenprobe):

$$B_D = Z_2 + Z_4 + Z_5 + Z_6$$

$$B_D = -2 \rightarrow$$

Güte der Deckschichten
gut

Abschätzung der mittleren Korrosionsgeschwindigkeit:

- entfällt -

Maßnahmen für den Korrosionsschutz (DIN 50 929, Teil 3, Punkt 8.3):

Im wesentlichen gelten die Angaben für unverzinkte Stähle. Feuerverzinkte Stähle sollten nur verwendet werden, wenn die Schutzwirkung mindestens befriedigend ist (s. vorstehende Tabelle).

Berlin, 07.04.2021

Bearbeiter: Bischof

geprüft: Hoff

Stahlkorrosivität einer Bodenaufschlammung (Fortsetzung)

Anlage 5

Blatt 5

Umwelt, Geotechnik & Geodäsie I.TPU(O) EUREF-Campus 4-5 10829 Berlin Tel.: 030 297-59530																															
Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Str. 4600 Tübingen - Horb Teilobjekt: BÜ Bad Bieringen BB2																															
1. Allgemeine Angaben <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> Prüfungs-Nr.: 2021 / 805 Entnahmestelle: MP BB 2 Si 1b Probennummer: Entnahmetiefe: Entnahmedatum: März 2021 Probenehmer: WST GmbH Probeneingang: 25.03.2021 Geländebeziehungen: Bemerkungen: </div> <div style="width: 35%; text-align: right;"> Reg.-Nr.: Auftrags-Nr.: U-SW00198 Art des Bodens: Ton, schluffig </div> </div>																															
2. Bodenanalyse <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2"></th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Grenzwerte zur Beurteilung n. DIN 4030-1 Expositionsklassen</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">XA1</th> <th style="text-align: center;">XA2</th> <th style="text-align: center;">XA3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 30%;">Sulfat (SO_4^{2-})¹⁾</td> <td style="width: 15%; text-align: center;">222 mg/kg</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">≥ 2.000 und $\leq 3.000^{2)}$</td> <td style="width: 20%; text-align: center;">$>3.000^{2)}$ und ≤ 12.000</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">>12.000 und ≤ 24.000</td> </tr> <tr> <td>Säuregrad n. Baumann-Gully</td> <td style="text-align: center;">nn</td> <td style="text-align: center;">> 200</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">in der Praxis nicht anzutreffen</td> </tr> <tr> <td>Sulfid (S^{2-})³⁾</td> <td style="text-align: center;">$< 0,02$ mg/kg</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">Weitere Parameter des chemischen Untersuchungsumfanges</td> </tr> <tr> <td>Chlorid (Cl^-)</td> <td style="text-align: center;">106 mg/kg</td> <td colspan="3"></td> </tr> </tbody> </table>						Grenzwerte zur Beurteilung n. DIN 4030-1 Expositionsklassen			XA1	XA2	XA3	Sulfat (SO_4^{2-}) ¹⁾	222 mg/kg	≥ 2.000 und $\leq 3.000^{2)}$	$>3.000^{2)}$ und ≤ 12.000	>12.000 und ≤ 24.000	Säuregrad n. Baumann-Gully	nn	> 200	in der Praxis nicht anzutreffen		Sulfid (S^{2-}) ³⁾	$< 0,02$ mg/kg	Weitere Parameter des chemischen Untersuchungsumfanges			Chlorid (Cl^-)	106 mg/kg			
		Grenzwerte zur Beurteilung n. DIN 4030-1 Expositionsklassen																													
		XA1	XA2	XA3																											
Sulfat (SO_4^{2-}) ¹⁾	222 mg/kg	≥ 2.000 und $\leq 3.000^{2)}$	$>3.000^{2)}$ und ≤ 12.000	>12.000 und ≤ 24.000																											
Säuregrad n. Baumann-Gully	nn	> 200	in der Praxis nicht anzutreffen																												
Sulfid (S^{2-}) ³⁾	$< 0,02$ mg/kg	Weitere Parameter des chemischen Untersuchungsumfanges																													
Chlorid (Cl^-)	106 mg/kg																														
<small> ¹⁾ Tonböden mit einer Durchlässigkeit von weniger als 10^{-5} m/s dürfen in eine niedrigere Klasse eingestuft werden. ²⁾ Falls die Gefahr der Anhäufung von Sulfationen im Beton -zurückzuführen auf wechselndes Trocknen und Durchfeuchten oder kapillares Saugen- besteht, ist der Grenzwert von 3000 mg/kg auf 2000 mg/kg zu vermindern. ³⁾ Bei Sulfidgehalten von > 100 mg S^{2-} / kg Boden ist eine gesonderte Beurteilung durch einen Fachmann erforderlich. nb - nicht bestimmt nn - nicht nachweisbar </small>																															
3. Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke nach DIN 18 196 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Bodengruppe (Handspezifizierung)</th> <th style="width: 15%;">TL-TM</th> <th style="width: 40%;">Entnahmewassergehalt w</th> <th style="width: 15%;">11,6 %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kalkgehalt V_{Ca}</td> <td style="text-align: center;">(++)</td> <td>Fließgrenze w_L</td> <td style="text-align: center;">n.b.</td> </tr> <tr> <td>$d < 2$ mm</td> <td style="text-align: center;">nb</td> <td>Plastizitätsgrenze w_P</td> <td style="text-align: center;">n.b.</td> </tr> <tr> <td>$d < 0,063$ mm</td> <td style="text-align: center;">nb</td> <td>Plastizitätsindex I_P</td> <td style="text-align: center;">n.b.</td> </tr> <tr> <td>$d < 0,002$ mm</td> <td style="text-align: center;">nb</td> <td>Konsistenzindex I_C</td> <td style="text-align: center;">n.b.</td> </tr> <tr> <td>Ungleichförmigkeitszahl $U = d_{60} / d_{10}$</td> <td style="text-align: center;">nb</td> <td>Korndichte r_s</td> <td style="text-align: center;">n.b.</td> </tr> <tr> <td>Glühverlust V_{gl}</td> <td style="text-align: center;">nb</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Bemerkungen:</td> </tr> </tbody> </table>				Bodengruppe (Handspezifizierung)	TL-TM	Entnahmewassergehalt w	11,6 %	Kalkgehalt V_{Ca}	(++)	Fließgrenze w_L	n.b.	$d < 2$ mm	nb	Plastizitätsgrenze w_P	n.b.	$d < 0,063$ mm	nb	Plastizitätsindex I_P	n.b.	$d < 0,002$ mm	nb	Konsistenzindex I_C	n.b.	Ungleichförmigkeitszahl $U = d_{60} / d_{10}$	nb	Korndichte r_s	n.b.	Glühverlust V_{gl}	nb	Bemerkungen:	
Bodengruppe (Handspezifizierung)	TL-TM	Entnahmewassergehalt w	11,6 %																												
Kalkgehalt V_{Ca}	(++)	Fließgrenze w_L	n.b.																												
$d < 2$ mm	nb	Plastizitätsgrenze w_P	n.b.																												
$d < 0,063$ mm	nb	Plastizitätsindex I_P	n.b.																												
$d < 0,002$ mm	nb	Konsistenzindex I_C	n.b.																												
Ungleichförmigkeitszahl $U = d_{60} / d_{10}$	nb	Korndichte r_s	n.b.																												
Glühverlust V_{gl}	nb	Bemerkungen:																													
4. Beurteilung Der Boden liegt unterhalb der Zuordnungskriterien der Expositionsklasse XA1. <div style="margin-top: 10px;"> Erläuterung: XA1 chemisch schwach angreifend XA2 chemisch mäßig angreifend XA3 chemisch stark angreifend </div>																															
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Berlin, den 07.04.2021 Bearbeiter: Bischof geprüft: Hoff </div>																															
Betonaggressivität Bodenaufschlammung Anlage 5 Blatt 6																															

Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
I.TPU(O)
EUREF-Campus 4-5
10829 Berlin
Tel.: 030 297-59530

Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Str. 4600 Tübingen - Horb
Teilobjekt: BÜ Bad Biringen BB2
Reg.-Nr.:
Auftrags-Nr.: U-SW00198
Prüfungs-Nr.: 2021 / 805
Boden: TL-TM
Entnahmestelle: MP BB 2 Si 1b

Nr.	Merkmal und Messgröße	Einheit / Prüfergebnis	Messwert- bereiche	Bewertungs- zahl
a) Beurteilung der Bodenprobe				
1	Bodenart	Massenanteile in %		Z_1
	a) Bindigkeit: Anteil an abschlämmbaren Bestandteilen (Kornanteil $d \leq 0,063$ mm)	> 50	≤ 10 > 10 bis 30 > 30 bis 50 > 50 bis 80 > 80	+ 4 + 2 0 -2 -4
	b) Torf-, Moor-, Schlick- und Marsch- böden, organischer Kohlenstoff		> 5	-12
	c) stark verunreinigte Böden, Verunreinigungen durch Brennstoff- asche, Schlacke, Kohlestücke, Koks, Müll, Schutt, Abwässer etc.			-12
2	Spezifischer Bodenwiderstand	Ohm cm		Z_2
		14025	$> 50\,000$ $> 20\,000$ bis 50 000 $> 5\,000$ bis 20 000 $> 2\,000$ bis 5 000 1 000 bis 2 000 $< 1\,000$	+ 4 + 2 0 -2 -4 -6
3	Wassergehalt	Massenanteile in %		Z_3
		11,6	≤ 20 > 20	0 -1
4	pH - Wert			Z_4
		7,8	> 9 $> 5,5$ bis 9 4 bis 5,5 < 4	+ 2 0 -1 -3
5	Pufferkapazität	mmol/kg		Z_5
	Säurekapazität bis pH 4,3 (Alkalität $K_{S\,4,3}$)	68	< 200 200 bis 1 000 $> 1\,000$	0 + 1 + 3
	Basekapazität bis pH 7,0 (Acidität $K_{B\,7,0}$)	nn	$< 2,5$ 2,5 bis 5 > 5 bis 10 > 10 bis 20 > 20 bis 30 > 30	0 -2 -4 -6 -8 -10
6	Sulfid (S^{2-})	mg/kg		Z_6
		< 0,02	< 5 5 bis 10 > 10	0 -3 -6

Stahlkorrosivität einer Bodenaufschlammung

Anlage 5

Blatt 7

Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
I.TPU(O)
EUREF-Campus 4-5
10829 Berlin
Tel.: 030 297-59530

Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Str. 4600 Tübingen - Horb
Teilobjekt: BÜ Bad Biringen BB2
Reg.-Nr.:
Auftrags-Nr.: U-SW00198
Prüfungs-Nr.: 2021 / 805
Boden: TL-TM
Entnahmestelle: MP BB 2 Si 1b

Nr.	Merkmal und Messgröße	Einheit / Prüfergebnis	Messwert- bereiche	Bewertungs- zahl
7	Neutralsalze (wäßriger Auszug) $c(\text{Cl}^-) + 2c(\text{SO}_4^{2-})$	mmol/kg		Z_7
		3,5	< 3	0
			3 bis 10	-1
			> 10 bis 30	-2
			> 30 bis 100	-3
8	Sulfat (SO_4^{2-} , salzsaurer Auszug)	mmol/kg		Z_8
		2,3	< 2	0
			2 bis 5	-1
			> 5 bis 10	-2
			> 10	-3

b) Beurteilung aufgrund örtlicher Gegebenheiten

9	Lage des Objektes zum Grundwasser		Z_9
	Grundwasser: nicht vorhanden		0
	vorhanden		-1
	wechselt zeitlich	x	-2
10	Bodenhomogenität, horizontal		Z_{10}
	Bodenwiderstandsprofil: ermittelt werden	x	$ \Delta Z_2 < 2$
	Änderungen von Z_2 (nach Zeile 2)		$2 \leq \Delta Z_2 \leq 3$
	von benachbarten Bodenbereichen: ΔZ_2		$ \Delta Z_2 > 3$
	(Bei dieser Bewertung werden alle positiven Z_2 -Werte gleich "+1" gesetzt)		-4
11	Bodenhomogenität, vertikal		Z_{11}
	a) Boden in unmittelbarer Umgebung	x	Homogene Einbettung mit artgleichem Erdboden
			Inhomogene Einbettung mit bodenfremden Bestandteilen, z.B. Holz, Wurzeln u. dgl. sowie mit stark artverschiedenen korrosiveren Böden.
	b) Schichtung unterschiedlicher Böden mit verschiedenen Z_3 - Werten;		$2 \leq \Delta Z_2 \leq 3$
	Ermittlg. von $ \Delta Z_2 $ entsprechend Zeile 10		$ \Delta Z_2 > 3$
12	Objekt / Boden - Potential $U_{\text{Cu}} / \text{CuSO}_4$	V	Z_{12}
	(zur Feststellung von Fremdkathoden)	x	- 0,5 bis - 0,4
	Ist eine Potentialmessung nicht möglich, z.B. bei der Beurteilung eines Bodens ohne Objekt, ist $Z_{12} = - 10$ zu setzen, wenn Kohlenstücke oder Koks vorhanden sind.		> - 0,4 bis - 0,3
			> - 0,3

Berlin, 07.04.2021

Bearbeiter: Bischof

geprüft: Hoff

Stahlkorrosivität einer Bodenaufschlammung (Fortsetzung)

Anlage 5

Blatt 8

Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
I.TPU(O)
EUREF-Campus 4-5
10829 Berlin
Tel.: 030 297-59530

Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Str. 4600 Tübingen - Horb
Teilobjekt: BÜ Bad Biringen BB2
Reg.-Nr. :
Auftrags-Nr. : U-SW00198
Prüfungs-Nr. : 2021 / 805
Boden: TL-TM
Entnahmestelle : MP BB 2 Si 1b

Entsprechend Tab. 1 aus DIN 50929, Teil 3 ergeben sich nachfolgende Bewertungsziffern:

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1. Bodenart | 7. Neutralsalze (wäßr. Auszug) |
| 2. spezif. Bodenwiderstand | 8. Sulfat (SO_4^{2-} , salzsaur. Ausz.) |
| 3. Wassergehalt | 9. Lage d. Obj. z. Grundwasser |
| 4. pH - Wert | 10. Bodenhomogenität horizont. |
| 5. Pufferkapazität | 11. Bodenhomogenität vertikal |
| 6. Sulfid (S^{2-}) | 12. Obj./Boden-Potential $U_{\text{Cu/CuSO}_4}$ |

Bewertungsziffer für unlegierte u. niedriglegierte Eisenwerkstoffe			
Z_1	-2 *)	Z_7	-1
Z_2	0	Z_8	-1
Z_3	0	Z_9	-2 *)
Z_4	0	Z_{10}	0 *)
Z_5	0	Z_{11}	0 *)
Z_6	0	Z_{12}	-3

*) basiert auf örtlicher Einschätzung

Abschätzung der Bodenklasse, Bodenaggressivität und Korrosionswahrscheinlichkeiten bei freier Korrosion von unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen (DIN 50929, Teil 3, Tab. 7):

1. Unlegierte und niedriglegierte Eisenwerkstoffe

1.1 Freie Korrosion (nur Bezug auf Bodenprobe):

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

$$B_0 = -6 \rightarrow$$

Bodenklasse - Bodenaggressivität ¹⁾	
II -	aggressiv

1.2 Freie Korrosion (mit Bezug auf umgebende Böden):

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

$$B_1 = -6 \rightarrow$$

Mulden- u. Lochkorrosion	Flächenkorrosion
mittel	gering

* Die Bodenaggressivität entspricht der Korrosionswahrscheinlichkeit für freie Korrosion ohne Mitwirken ausgedehnter Konzentrationselemente.

Abschätzung der mittleren Korrosionsgeschwindigkeit (DIN 50929, Teil 3, Tab. 8):

1.3 Freie Korrosion (nur Bezug auf Probe):

$$B_0 = -6 \rightarrow$$

1.4 Freie Korrosion (m. Bezug auf umgebende Böden):

$$B_1 = -6 \rightarrow$$

Abtragungsrate w (100 a) in mm/a	max. Eindringtiefe $w_{L_{\text{max}}}$ (30a) in mm/a
0,02	0,2
0,02	0,2

Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
I.TPU(O)
EUREF-Campus 4-5
10829 Berlin
Tel.: 030 297-59530

Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Str. 4600 Tübingen - Horb
Teilobjekt: BÜ Bad Biringen BB2
Reg.-Nr. :
Auftrags-Nr. : U-SW00198
Prüfungs-Nr. : 2021 / 805
Boden: TL-TM
Entnahmestelle : MP BB 2 Si 1b

Entsprechend Tab. 1 aus DIN 50929, Teil 3 ergeben sich nachfolgende Bewertungsziffern:

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1. Bodenart | 7. Neutralsalze (wäßr. Auszug) |
| 2. spezif. Bodenwiderstand | 8. Sulfat (SO_4^{2-} , salzsaur. Ausz.) |
| 3. Wassergehalt | 9. Lage d. Obj. z. Grundwasser |
| 4. pH - Wert | 10. Bodenhomogenität horizont. |
| 5. Pufferkapazität | 11. Bodenhomogenität vertikal |
| 6. Sulfid (S^{2-}) | 12. Obj./Boden-Potential $U_{\text{Cu}/\text{CuSO}_4}$ |

Bewertungsziffer für unlegierte u. niedriglegierte Eisenwerkstoffe			
Z_1	-2 *)	Z_7	-1
Z_2	0	Z_8	-1
Z_3	0	Z_9	-2 *)
Z_4	0	Z_{10}	0 *)
Z_5	0	Z_{11}	0 *)
Z_6	0	Z_{12}	-3

*) basiert auf örtlicher Einschätzung

Maßnahmen für den Korrosionsschutz (DIN 50 929, Teil 3, Punkt 8.1):

Allgemein ist Korrosionsschutz durch Beschichtungen zu bevorzugen. Dabei sind folgende Normen zu berücksichtigen:

Stahlbau:	DIN 55 928, Teil 5
Rohre:	DIN 30 670, DIN 30671, DIN 30 672, DIN 30 673, DIN 30 674, Teil 1 und 2

Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit bei freier Korrosion von feuerverzinkten Stählen in Erdböden (DIN 50929, Teil 3, Tab. 5):

2. Feuerverzinkte Stähle:
Freie Korrosion (nur Bezug auf Bodenprobe):

$$B_D = Z_2 + Z_4 + Z_5 + Z_6$$

$$B_D = 0 \rightarrow$$

Güte der Deckschichten
sehr gut

Abschätzung der mittleren Korrosionsgeschwindigkeit:

- entfällt -

Maßnahmen für den Korrosionsschutz (DIN 50 929, Teil 3, Punkt 8.3):

Im wesentlichen gelten die Angaben für unverzinkte Stähle. Feuerverzinkte Stähle sollten nur verwendet werden, wenn die Schutzwirkung mindestens befriedigend ist (s. vorstehende Tabelle).

Berlin, 07.04.2021

Bearbeiter: Bischof

geprüft: Hoff

Stahlkorrosivität einer Bodenaufschlammung (Fortsetzung)

Anlage 5

Blatt 10

Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
I.TPU(O)
EUREF-Campus 4-5
10829 Berlin
Tel.: 030 297-59530

Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Str. 4600 Tübingen - Horb

Teilobjekt: BÜ Bad Bieringen BB2

1. Allgemeine Angaben

Prüfungs-Nr.: 2021 / 806

Reg.-Nr.:

Entnahmestelle: MP BB 2 Si 2

Auftrags-Nr.: U-SW00198

Probennummer:

Art des Bodens: Ton, schluffig

Entnahmetiefe:

Entnahmedatum: März 2021

Probenehmer: WST GmbH

Probeneingang: 25.03.2021

Geländeverhältnisse:

Bemerkungen:

2. Bodenanalyse

Grenzwerte zur Beurteilung n. DIN 4030-1
Expositionsklassen

Bestandteil	Prüfergebnis	XA1	XA2	XA3
Sulfat (SO ₄ ²⁻) ¹⁾	424 mg/kg	≥ 2.000 und ≤ 3.000 ²⁾	>3.000 ²⁾ und ≤12.000	>12.000 und ≤24.000
Säuregrad n. Baumann-Gully	38 ml/kg	> 200	in der Praxis nicht anzutreffen	
Sulfid (S ²⁻) ³⁾	< 0,02 mg/kg	Weitere Parameter des chemischen Untersuchungsumfanges		
Chlorid (Cl ⁻)	89 mg/kg			

¹⁾ Tonböden mit einer Durchlässigkeit von weniger als 10^{-5} m/s dürfen in eine niedrigere Klasse eingestuft werden.

²⁾ Falls die Gefahr der Anhäufung von Sulfationen im Beton -zurückzuführen auf wechselndes Trocknen und Durchfeuchten oder kapillares Saugen- besteht, ist der Grenzwert von 3000 mg/kg auf 2000 mg/kg zu vermindern.

³⁾ Bei Sulfidgehalten von > 100 mg S^{2-} / kg Boden ist eine gesonderte Beurteilung durch einen Fachmann erforderlich.

nb - nicht bestimmt

nn - nicht nachweisbar

3. Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke nach DIN 18 196

Bodengruppe (Handspezifizierung)	TM-TA	Entnahmewassergehalt w	24,5 %
Kalkgehalt V_{Ca}	(++)	Fließgrenze w_L	n.b.
$d < 2$ mm	nb	Plastizitätsgrenze w_P	n.b.
$d < 0,063$ mm	nb	Plastizitätsindex I_P	n.b.
$d < 0,002$ mm	nb	Konsistenzindex I_C	n.b.
Ungleichförmigkeitszahl $U = d_{60} / d_{10}$	nb	Korndichte r_s	n.b.
Glühverlust V_{gl}	nb	Bemerkungen:	

4. Beurteilung

Der Boden liegt unterhalb der Zuordnungskriterien der Expositionsklasse XA1.

Erläuterung:

XA1	chemisch schwach angreifend
XA2	chemisch mäßig angreifend
XA3	chemisch stark angreifend

Berlin, den 07.04.2021

Bearbeiter: Bischof

geprüft: Hoff

Betonaggressivität Bodenaufschlammung

Anlage 5 Blatt 11

Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Str. 4600 Tübingen - Horb
Teilobjekt: BÜ Bad Biringen BB2
Reg.-Nr.:
Auftrags-Nr.: U-SW00198
Prüfungs-Nr.: 2021 / 806
Boden: TM-TA
Entnahmestelle: MP BB 2 Si 2

Nr.	Merkmal und Messgröße	Einheit / Prüfergebnis	Messwert- bereiche	Bewertungs- zahl
a) Beurteilung der Bodenprobe				
1	Bodenart	Massenanteile in %		Z_1
	a) Bindigkeit: Anteil an abschlammfähigen Bestandteilen (Kornanteil $d \leq 0,063$ mm)	> 50	≤ 10 > 10 bis 30 > 30 bis 50 > 50 bis 80 > 80	+ 4 + 2 0 -2 -4
	b) Torf-, Moor-, Schlick- und Marsch- böden, organischer Kohlenstoff		> 5	-12
	c) stark verunreinigte Böden, Verunreinigungen durch Brennstoff- asche, Schlacke, Kohlestücke, Koks, Müll, Schutt, Abwässer etc.			-12
2	Spezifischer Bodenwiderstand	Ohm cm		Z_2
		2793	> 50 000 > 20 000 bis 50 000 > 5 000 bis 20 000 > 2 000 bis 5 000 1 000 bis 2 000 < 1 000	+ 4 + 2 0 -2 -4 -6
3	Wassergehalt	Massenanteile in %		Z_3
		24,5	≤ 20 > 20	0 -1
4	pH - Wert			Z_4
		7,9	> 9 > 5,5 bis 9 4 bis 5,5 < 4	+ 2 0 -1 -3
5	Pufferkapazität	mmol/kg		Z_5
	Säurekapazität bis pH 4,3 (Alkalität $K_{S\ 4,3}$)	92	< 200 200 bis 1 000 > 1 000	0 + 1 + 3
	Basekapazität bis pH 7,0 (Acidität $K_{B\ 7,0}$)	nn	< 2,5 2,5 bis 5 > 5 bis 10 > 10 bis 20 > 20 bis 30 > 30	0 -2 -4 -6 -8 -10
6	Sulfid (S^{2-})	mg/kg		Z_6
		< 0,02	< 5 5 bis 10 > 10	0 -3 -6

Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
I.TPU(O)
EUREF-Campus 4-5
10829 Berlin
Tel.: 030 297-59530

Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Str. 4600 Tübingen - Horb
Teilobjekt: BÜ Bad Bieringen BB2
Reg.-Nr.:
Auftrags-Nr.: U-SW00198
Prüfungs-Nr.: 2021 / 806
Boden: TM-TA
Entnahmestelle: MP BB 2 Si 2

Nr.	Merkmal und Messgröße	Einheit / Prüfergebnis	Messwert- bereiche	Bewertungs- zahl
7	Neutralsalze (wäßriger Auszug) $c(\text{Cl}^-) + 2c(\text{SO}_4^{2-})$	mmol/kg		Z_7
		5,9	< 3	0
			3 bis 10	-1
			> 10 bis 30	-2
			> 30 bis 100	-3
8	Sulfat (SO_4^{2-} , salzsaurer Auszug)	mmol/kg		Z_8
		4,4	< 2	0
			2 bis 5	-1
			> 5 bis 10	-2
			> 10	-3

b) Beurteilung aufgrund örtlicher Gegebenheiten

9	Lage des Objektes zum Grundwasser		Z_9
	Grundwasser: nicht vorhanden		0
	vorhanden		-1
	wechselt zeitlich	x	-2
10	Bodenhomogenität, horizontal		Z_{10}
	Bodenwiderstandsprofil: ermittelt werden	x	$ \Delta Z_2 < 2$
	Änderungen von Z_2 (nach Zeile 2)		$2 \leq \Delta Z_2 \leq 3$
	von benachbarten Bodenbereichen: ΔZ_2 (Bei dieser Bewertung werden alle positiven Z_2 -Werte gleich " +1 " gesetzt)		$ \Delta Z_2 > 3$
11	Bodenhomogenität, vertikal		Z_{11}
	a) Boden in unmittelbarer Umgebung	x	Homogene Einbettung mit artgleichem Erdboden
			Inhomogene Einbettung mit bodenfremden Bestandteilen, z.B. Holz, Wurzeln u. dgl. sowie mit stark artverschiedenen korrosiveren Böden.
			0
			-6
	b) Schichtung unterschiedlicher Böden mit verschiedenen Z_3 - Werten;		$2 \leq \Delta Z_2 \leq 3$
	Ermittlg. von $ \Delta Z_2 $ entsprechend Zeile 10		$ \Delta Z_2 > 3$
12	Objekt / Boden - Potential $U_{\text{Cu} / \text{CuSO}_4}$	V	Z_{12}
	(zur Feststellung von Fremdkathoden)	x	- 0,5 bis - 0,4
	Ist eine Potentialmessung nicht möglich, z.B. bei der Beurteilung eines Bodens ohne Objekt, ist $Z_{12} = - 10$ zu setzen, wenn Kohlenstücke oder Koks vorhanden sind.		> - 0,4 bis - 0,3
			> - 0,3

Berlin, 07.04.2021

Bearbeiter: Bischof

geprüft: Hoff

Stahlkorrosivität einer Bodenaufschlammung (Fortsetzung)

Anlage 5

Blatt 13

Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
I.TPU(O)
EUREF-Campus 4-5
10829 Berlin
Tel.: 030 297-59530

Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Str. 4600 Tübingen - Horb
Teilobjekt: BÜ Bad Biringen BB2
Reg.-Nr. :
Auftrags-Nr. : U-SW00198
Prüfungs-Nr. : 2021 / 806
Boden: TM-TA
Entnahmestelle : MP BB 2 Si 2

Entsprechend Tab. 1 aus DIN 50929, Teil 3 ergeben sich nachfolgende Bewertungsziffern:

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1. Bodenart | 7. Neutralsalze (wäßr. Auszug) |
| 2. spezif. Bodenwiderstand | 8. Sulfat (SO_4^{2-} , salzsaur. Ausz.) |
| 3. Wassergehalt | 9. Lage d. Obj. z. Grundwasser |
| 4. pH - Wert | 10. Bodenhomogenität horizont. |
| 5. Pufferkapazität | 11. Bodenhomogenität vertikal |
| 6. Sulfid (S^{2-}) | 12. Obj./Boden-Potential $U_{\text{Cu}/\text{CuSO}_4}$ |

Bewertungsziffer für unlegierte u. niedriglegierte Eisenwerkstoffe			
Z_1	-2 *)	Z_7	-1
Z_2	-2	Z_8	-1
Z_3	-1	Z_9	-2 *)
Z_4	0	Z_{10}	0 *)
Z_5	0	Z_{11}	0 *)
Z_6	0	Z_{12}	-3

*) basiert auf örtlicher Einschätzung

Abschätzung der Bodenklasse, Bodenaggressivität und Korrosionswahrscheinlichkeiten bei freier Korrosion von unlegierten und niedriglegierten Eisenwerkstoffen (DIN 50929, Teil 3, Tab. 7):

1. Unlegierte und niedriglegierte Eisenwerkstoffe
1.1 Freie Korrosion (nur Bezug auf Bodenprobe):

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

$$B_0 = -9 \rightarrow$$

Bodenklasse - Bodenaggressivität ¹⁾	
II -	aggressiv

- 1.2 Freie Korrosion (mit Bezug auf umgebende Böden):

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

$$B_1 = -9 \rightarrow$$

Mulden- u. Lochkorrosion	Flächenkorrosion
mittel	gering

* Die Bodenaggressivität entspricht der Korrosionswahrscheinlichkeit für freie Korrosion ohne Mitwirken ausgedehnter Konzentrationselemente.

Abschätzung der mittleren Korrosionsgeschwindigkeit (DIN 50929, Teil 3, Tab. 8):

- 1.3 Freie Korrosion (nur Bezug auf Probe):

$$B_0 = -9 \rightarrow$$

- 1.4 Freie Korrosion (m. Bezug auf umgebende Böden):

$$B_1 = -9 \rightarrow$$

Abtragungsrate w (100 a) in mm/a	max. Eindringtiefe $w_{L_{\text{max}}}$ (30a) in mm/a
0,02	0,2
0,02	0,2

Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
I.TPU(O)
EUREF-Campus 4-5
10829 Berlin
Tel.: 030 297-59530

Bauvorhaben: Bahnübergänge + Signale Str. 4600 Tübingen - Horb
Teilobjekt: BÜ Bad Biringen BB2
Reg.-Nr. :
Auftrags-Nr. : U-SW00198
Prüfungs-Nr. : 2021 / 806
Boden: TM-TA
Entnahmestelle : MP BB 2 Si 2

Entsprechend Tab. 1 aus DIN 50929, Teil 3 ergeben sich nachfolgende Bewertungsziffern:

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1. Bodenart | 7. Neutralsalze (wäßr. Auszug) |
| 2. spezif. Bodenwiderstand | 8. Sulfat (SO_4^{2-} , salzsaur. Ausz.) |
| 3. Wassergehalt | 9. Lage d. Obj. z. Grundwasser |
| 4. pH - Wert | 10. Bodenhomogenität horizont. |
| 5. Pufferkapazität | 11. Bodenhomogenität vertikal |
| 6. Sulfid (S^{2-}) | 12. Obj./Boden-Potential $U_{\text{Cu}/\text{CuSO}_4}$ |

Bewertungsziffer für unlegierte u. niedriglegierte Eisenwerkstoffe			
Z_1	-2 *)	Z_7	-1
Z_2	-2	Z_8	-1
Z_3	-1	Z_9	-2 *)
Z_4	0	Z_{10}	0 *)
Z_5	0	Z_{11}	0 *)
Z_6	0	Z_{12}	-3

*) basiert auf örtlicher Einschätzung

Maßnahmen für den Korrosionsschutz (DIN 50 929, Teil 3, Punkt 8.1):

Allgemein ist Korrosionsschutz durch Beschichtungen zu bevorzugen. Dabei sind folgende Normen zu berücksichtigen:

Stahlbau:	DIN 55 928, Teil 5
Rohre:	DIN 30 670, DIN 30671, DIN 30 672, DIN 30 673, DIN 30 674, Teil 1 und 2

Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit bei freier Korrosion von feuerverzinkten Stählen in Erdböden (DIN 50929, Teil 3, Tab. 5):

2. Feuerverzinkte Stähle:
Freie Korrosion (nur Bezug auf Bodenprobe):

$$B_D = Z_2 + Z_4 + Z_5 + Z_6$$

$$B_D = -2 \rightarrow$$

Güte der Deckschichten
gut

Abschätzung der mittleren Korrosionsgeschwindigkeit:

- entfällt -

Maßnahmen für den Korrosionsschutz (DIN 50 929, Teil 3, Punkt 8.3):

Im wesentlichen gelten die Angaben für unverzinkte Stähle. Feuerverzinkte Stähle sollten nur verwendet werden, wenn die Schutzwirkung mindestens befriedigend ist (s. vorstehende Tabelle).

Berlin, 07.04.2021

Bearbeiter: Bischof

geprüft: Hoff

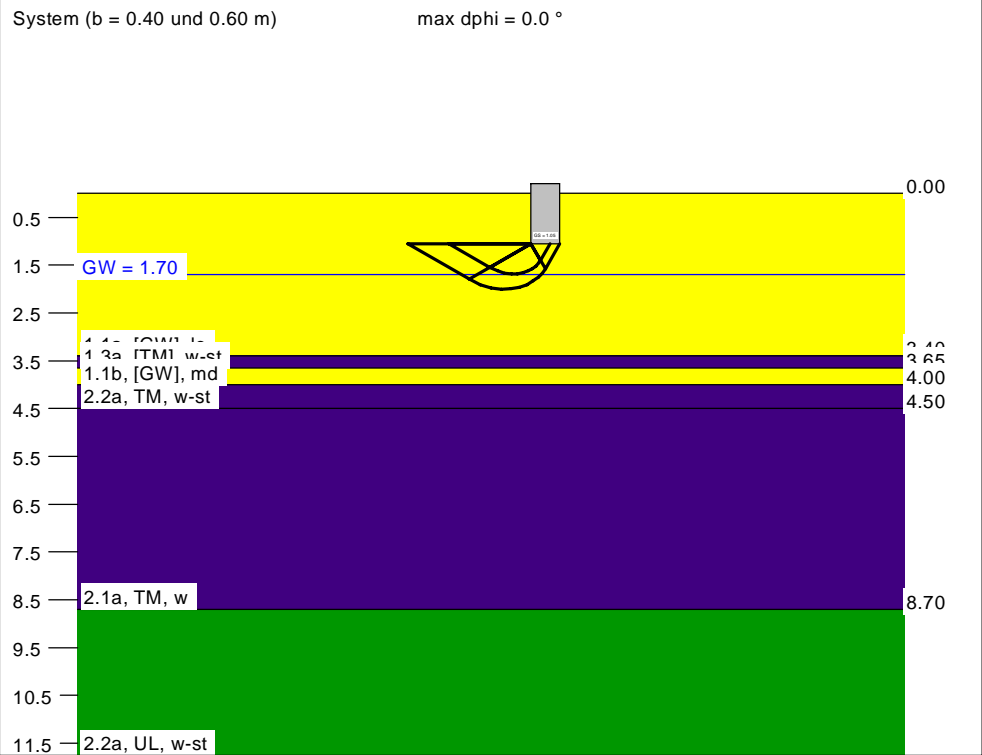
Stahlkorrosivität einer Bodenaufschlammung (Fortsetzung)

Anlage 5

Blatt 15

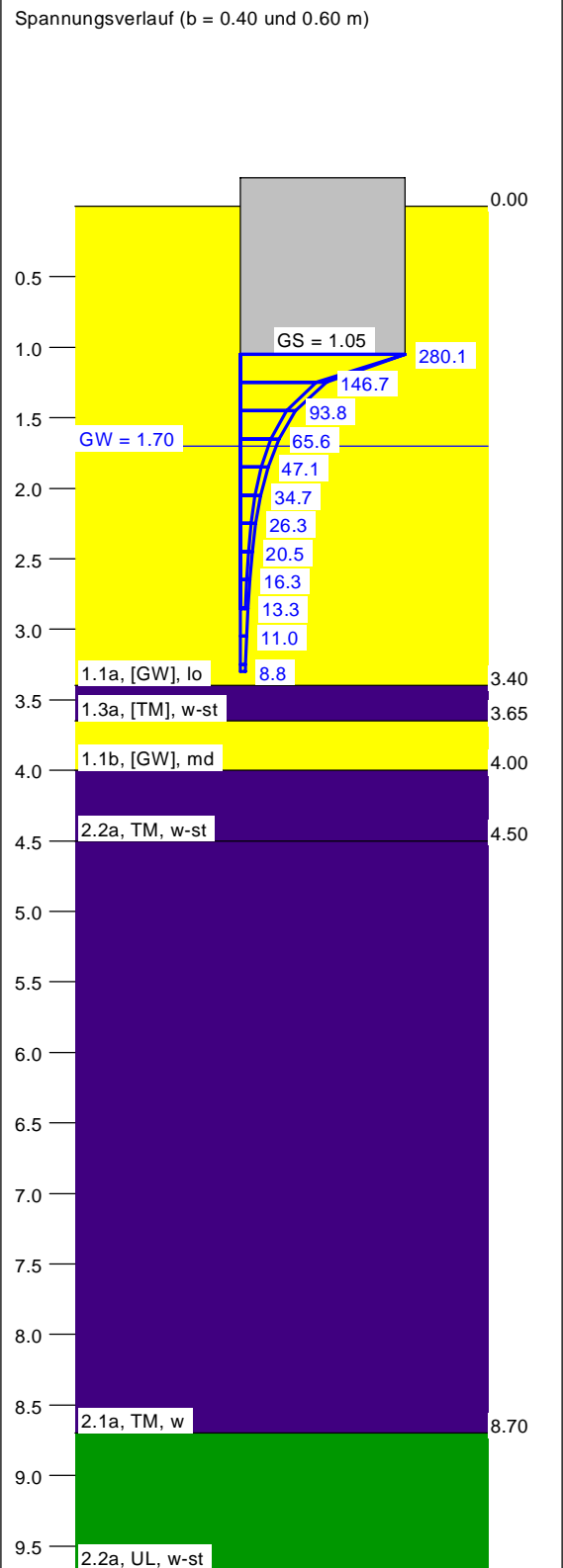
Erneuerung BÜ km 62,748, Biringen
Anlage 6: Setzungsberechnung
Betonschalthaus, KRB/DPH BB 2.2 und 2.4

Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	ϕ [°]	c [kN/m²]	E_s [MN/m²]	ν [-]	Bezeichnung
	17.0	9.5	30.0	0.0	15.0	0.00	1.1a, [GW], lo
	18.0	9.5	28.0	2.0	8.0	0.00	1.3a, [TM], w-st
	19.0	11.5	30.0	0.0	40.0	0.00	1.1b, [GW], md
	18.5	8.5	25.0	5.0	8.0	0.00	2.2a, TM, w-st
	18.0	8.0	25.0	10.0	5.0	0.00	2.1a, TM, w
	18.5	8.5	25.0	5.0	8.0	0.00	2.2a, UL, w-st



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	$\sigma_{\bar{U}}$ [kN/m²]	t_g [m]	UK LS [m]
0.60	0.40	351.9	140.7	246.9	0.58	30.0	0.00	17.00	17.85	2.86	1.68
0.60	0.50	376.6	188.3	264.3	0.71	30.0	0.00	16.43	17.85	3.09	1.84
0.60	0.60	399.2	239.5	280.1	0.82	30.0	0.00	15.68	17.85	3.30	2.00

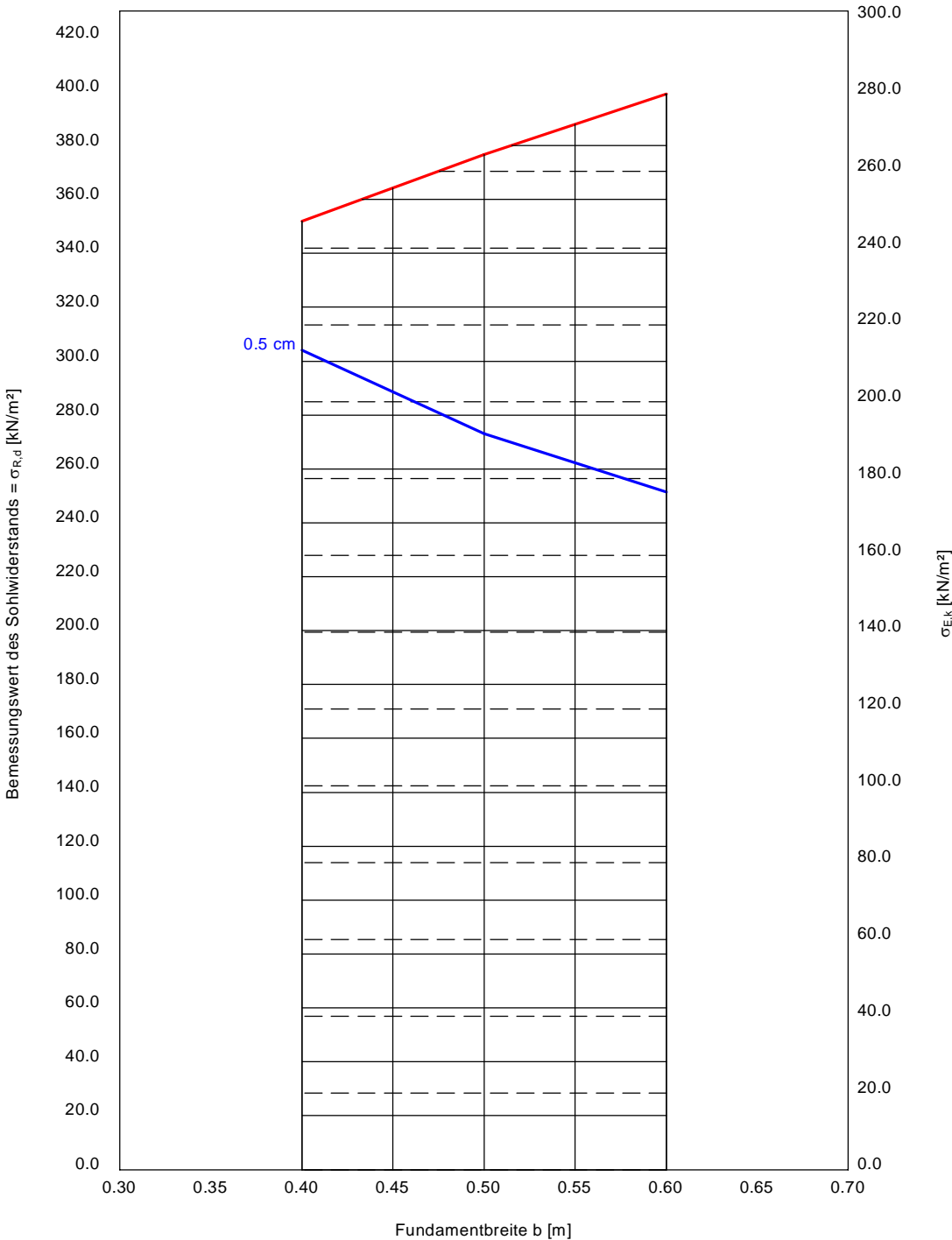
$\sigma_{E,k} = \sigma_{0l,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{0l,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{0l,k} / 1.99$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50



Berechnungsgrundlagen:
Betonschalthaus, KRB/DPH 2.2 und 2.4
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Streifenfundament (a = 0.60 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$

Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
Gründungssohle = 1.05 m
Grundwasser = 1.70 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt

— Sohlldruck
— Setzungen



Erneuerung von Bahnübergängen an der Strecke 4600 Abschnitt Tübingen-Horb, Bahnübergang Bieringen km 68,283 und Signalstandorte km 66,961 und km 69,412

DB E&C GmbH

Fotodokumentation, Anlage 7



Abbildung 1: Übersicht Erkundungspunkt BB.2.1



Abbildung 2: Übersicht Erkundungspunkt BB.2.2

Erneuerung von Bahnübergängen an der Strecke 4600 Abschnitt Tübingen-Horb, Bahnübergang Bieringen km 68,283 und Signalstandorte km 66,961 und km 69,412

DB E&C GmbH

Fotodokumentation, Anlage 7



Abbildung 3: Übersicht Erkundungspunkt BB.2.3



Abbildung 4: Übersicht Erkundungspunkt BB.2.4

Erneuerung von Bahnübergängen an der Strecke 4600 Abschnitt Tübingen-Horb, Bahnübergang Bieringen km 68,283 und Signalstandorte km 66,961 und km 69,412

DB E&C GmbH

Fotodokumentation, Anlage 7



Abbildung 5: Übersicht Erkundungspunkt BB.2.5



Abbildung 6: Übersicht Erkundungspunkt BB.2.6

Erneuerung von Bahnübergängen an der Strecke 4600 Abschnitt Tübingen-Horb, Bahnübergang Bieringen km 68,283 und Signalstandorte km 66,961 und km 69,412

DB E&C GmbH

Fotodokumentation, Anlage 7



Abbildung 7: Übersicht Erkundungspunkt BB.2.7



Abbildung 8: Übersicht Erkundungspunkt BB.2.8

Erneuerung von Bahnübergängen an der Strecke 4600 Abschnitt Tübingen-Horb, Bahnübergang Bieringen km 68,283 und Signalstandorte km 66,961 und km 69,412

DB E&C GmbH

Fotodokumentation, Anlage 7



Abbildung 9: Übersicht Erkundungspunkt BB.2.9



Abbildung 10: Übersicht Erkundungspunkt BB.2.SCH

Erneuerung von Bahnübergängen an der Strecke 4600 Abschnitt Tübingen-Horb, Bahnübergang Bieringen km 68,283 und Signalstandorte km 66,961 und km 69,412

DB E&C GmbH

Fotodokumentation, Anlage 7



Abbildung 11: Übersicht Erkundungspunkt BB 2.Si 1



Abbildung 12: Übersicht Erkundungspunkt BB 2.Si 2