



**S 112 Ersatzneubau Brücke BW 2
in Wasserkretscham
Teil: Straße**

Baugrunduntersuchung

Geotechnische Kategorie: GK II

IFG-Projekt-Nr.: I-043-03-18

Auftraggeber: LISt Gesellschaft für Verkehrswesen und
ingenieurtechnische Dienstleistungen mbH
Erst-Thälmann-Straße 5
09661 Hainichen
Telefon: 037207 / 832-0
Fax: 0351 / 4511784-203

Planung: Ingenieurbüro Schulze & Rank
Ingenieurgesellschaft mbH
Niederlassung Dresden
Am grünen Grund 2
01109 Dresden
Telefon: 0351 / 88931-0
Fax: 0351 / 88931-11

Verfasser: IFG Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH
Purschwitzer Straße 13
02625 Bautzen
Telefon: 03591 / 6771-30
Fax: 03591 / 6771-40

Bautzen, 17.09.2020

S. Hunold

.....
Dipl.-Ing. (FH) Sascha Hunold
Projektbearbeiter

Stefan Thiem

.....
Dipl.-Ing. Stefan Thiem
Geschäftsführer



IFG Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH

Sitz: Bautzen

02625 Bautzen

Purschwitzer Str. 13

Tel.: 03591 / 677130

Fax: 03591 / 677140

Büro Stolpen

01833 Stolpen

Bischofswerdaer Str. 14a

Tel.: 035973 / 29621

Fax: 035973 / 29626

Büro Freiberg

09627 Hilbersdorf

Bahnhofstr. 2

Tel.: 03731 / 68542

Fax: 03731 / 68544

Handelsregister Dresden

HRB 10480

Geschäftsführer:

Dipl.-Ing. Arnd Böhmer

Dipl.-Ing. Stefan Thiem

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Zielstellung und Untersuchungsumfang	4
2. Verwendete Unterlagen.....	5
3. Feldarbeiten	6
4. Baugrundbeschreibung	7
4.1 Geologische Verhältnisse	7
4.2 Hydrogeologische Verhältnisse.....	8
4.3 Erkundeter Straßenaufbau.....	8
4.4 Erkundeter Untergrundaufbau.....	9
5. Laboruntersuchungen.....	10
5.1 Schadstoffuntersuchung Aushubmaterial.....	10
5.2 Kornverteilungsanalyse ungeb. Straßenaufbau	13
5.3 Tragfähigkeitsmessung (dynamischer Plattendruckversuch)	14
6. Baugrundklassifikation und bodenmechanische Kennwerte.....	15
6.1 Bodenmechanische Kennwerte	15
6.2 Bodenklassen nach VOB-C 2012 (alt)	16
6.3 Homogenbereiche nach VOB-C 2019 (aktuell)	17
7. Bautechnische Hinweise zum Erd- und Straßenbau.....	19
7.1 Wiederverwendung von Aushubmaterial.....	19
7.2 Lösbarkeit anstehender Böden	20
7.3 Frostsicherheit Straßenbau.....	20
7.4 Wasserhaltung.....	21
7.5 Baugrubensicherung.....	21
7.6 Planumsverbesserung Straßenbau.....	21
7.7 Planumsentwässerung.....	22
8. Empfehlungen zum Straßenbau	22
8.1 Fahrbahnerneuerung	22
8.2 Grundhafter Ausbau	23
9. Abschließende Hinweise.....	23

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle 1 Lage der Aufschlüsse.....	6
Tabelle 2 Straßen- und Wegeaufbau	8
Tabelle 3 Baugrundsichtung	9
Tabelle 4 Ergebnisse Schadstoffuntersuchung nach LAGA - TR Boden (Feststoff)	11
Tabelle 5 Ergebnisse Schadstoffuntersuchung nach LAGA - TR Boden (Eluat)	11
Tabelle 6 Auswertung der Untersuchungen nach LAGA TR Boden	12
Tabelle 7 Ergebnisse Kornverteilungsanalyse	13
Tabelle 8 Bodenmechanische Kennwerte.....	15
Tabelle 9 Bodenklassen und Frostepfindlichkeit	16
Tabelle 10 Festlegung der Homogenbereiche	17
Tabelle 11 Kennwerte der Homogenbereiche.....	18
Tabelle 12 Bautechnische Eigenschaften	19

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung 1: Auszug aus geologischer Karte (Quelle /8/)	7

Anlagenverzeichnis

	Blattzahl
Anlage 1 Übersichtskarte, Maßstab 1:10.000.....	1
Anlage 2 Lagepläne mit Bohransatzpunkten, Maßstab 1:1.000.....	1
Anlage 3 Bohrprofile und Schichtenverzeichnisse	
Anlage 3.1 Schichtenverzeichnisse.....	5
Anlage 3.2 Bohrprofile.....	5
Anlage 4 Baugrundprofilschnitte.....	1
Anlage 5 Laborprotokolle	
Anlage 5.1 Bestimmung Korngrößenverteilung nach DIN EN 933-1	4
Anlage 5.2 Protokoll zum dynamischen Plattendruckversuch nach TP StB Teil B 8.3	1
Anlage 5.3 Analyseprotokoll Untersuchung Bodenproben nach LAGA TR Boden (2004).....	18

1. Zielstellung und Untersuchungsumfang

Die LIST Gesellschaft für Verkehrswesen und ingenieurtechnische Dienstleistungen mbH betreut als Projektsteuerer die Planungen zum Ersatzneubau S 112, BW 2 – Brücke über das Löbauer Wasser in Wasserkretscham. Mit den Planungsleistungen für dieses Bauwerk wurde das Ingenieurbüro Schulze + Rank, NL Dresden beauftragt. Im Zuge des Ersatzneubaus ist auch eine Erneuerung des Straßenbestands in zwei Abschnitten geplant. Im ersten Abschnitt (Bereich 1) von Bau-km 0+000 bis 0+400 ist nur eine Fahrbahnerneuerung und im zweiten Abschnitt (Bereich 2) von Bau-km 0+400 bis 0+536,3 ist ein grundhafter Ausbau vorgesehen.

Für die Planung ist eine Baugrunduntersuchung nach DIN 4020 durchzuführen. Mit der Baugrunduntersuchung und der Erstellung des geotechnischen Berichts wurde die IFG GmbH aus 02625 Bautzen beauftragt. Grundlage der Baugrunduntersuchung bilden die Angebotsabfrage mit Aufgabenstellung der Schulze + Rank Ingenieurgesellschaft /1/ vom 30.03.2020 und das Angebot IFG /2/ vom 07.05.2020.

Dieses Gutachten enthält folgende für die Planung relevante Angaben:

- Darstellung der Bohransatzpunkte im Lageplan,
- Darstellung der Ergebnisse aus der Erkundung in Bodenprofilen und Profilschnitten,
- Angabe der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse,
- Angabe der erkundeten Grundwasserstände,
- Angabe der Schichtdicken des vorhandenen gebundenen und ungebundenen Oberbaus,
- Tragfähigkeit der ungebundenen Tragschichten und des Planums,
- Bodengruppen nach DIN 18196,
- Bodenklassen nach VOB-C (2012) DIN 18300 (veraltet),
- Homogenbereiche nach VOB-C (2019) DIN 18300, DIN 18 310 und DIN 18304 (aktuell),
- Angabe der Bodenmechanischen Kennwerte erkundeter Bodenschichten,
- Angabe der Frostepfindlichkeit nach ZTV E-StB 17,
- Aussagen zur Eignung des Baugrunds für Gründungszwecke bzw. als Planum,
- Beurteilung der Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials unter geotechnischen und umwelttechnischen Aspekten,
- Empfehlungen für die Baugrubensicherung und Wasserhaltung,
- Hinweise zum Erd-, Tief- und Straßenbau,
- bautechnische Hinweise und Empfehlungen für die Planung.

In Abstimmung mit der LIST GmbH werden abweichend vom Angebot IFG /2/ die Erkundungsergebnisse zum Asphalt und Bankett nicht in diesen Bericht eingearbeitet, sondern als separater Bericht an das Ingenieurbüro Schulze und Rank übergeben.

2. Verwendete Unterlagen

Folgende Unterlagen wurden neben den einschlägig bekannten Normen und Regelwerken für die Planung der Feldarbeiten sowie für die Erarbeitung des Gutachtens verwendet:

- /1/ Angebotsabfrage mit Aufgabenstellung und Leistungsbeschreibung: Bauvorhaben S 112 Umbau Brücke BW 2 in Wasserkretscham (Teil Straße), Schulze + Rank Ingenieurgesellschaft, Dresden den 30.03.2020.
- /2/ Angebot AN/2020/127-0: S 112 Umbau Brücke BW 2 in Wasserkretscham / Teil: Straße - Baugrunduntersuchung, IFG Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH, Bautzen den 07.05.2020.
- /3/ Lageplan Baugrunduntersuchung (M 1:1.250): S 112 Umbau Brücke BW 2 in Wasserkretscham, Schulze + Rank Ingenieurgesellschaft, Dresden den 01.04.2020.
- /4/ Medienbestandspläne, bereitgestellt durch Medienträger (Stand: Mai/Juni 2020).
- /5/ Topografische Karte (TK 10), Blatt 4854-NW Vierkirchen, Hrsg. Landesvermessungsamt Sachsen, 1. Auflage, Dresden, 1998.
- /6/ Lithofazieskarten Quartär, Blatt 2670 Görlitz, Hrsg. Zentrales Geologisches Institut – Wissenschaftliches Zentrum des Staatssekretariats für Geologie, 1. Auflage, Berlin, 1973.
- /7/ Geologische Karte der eiszeitlich bedeckten Gebiete von Sachsen (GK 50), Blatt 2670 Görlitz, Hrsg. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 1. Auflage, Freiberg, 1998.
- /8/ Geologische Spezialkarte des Königreiches Sachsen, Sektion Löbau-Reichenbach, Blatt 4854 einschl. Erläuterungsheft, Leipzig 1898.
- /9/ Hydrogeologische Karte der DDR, Blatt 1211-1/2 Weißenberg/Niesky 1212-1 (SB 7) Ludwigsdorf, VEB Kombinat Geologische Forschung & Erkundung Halle, Hrsg. Zentrales Geologisches Institut, 1. Auflage, Berlin, 1984.
- /10/ Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, TR Boden, Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, 05.11.2004.
- /11/ Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/ pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau, RuVA-StB 01, Ausgabe 2001, Fassung 2005, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- /12/ Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnisverordnung – AVV), Ausgabe 2017.
- /13/ Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999, Ausgabe 2017.
- /14/ Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27.04.2009, Ausgabe 2019.
- /15/ FGSV 2012: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, RStO 12.
- /16/ ZTV E-StB 17: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2017.
- /17/ ZTV SoB-StB 04: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, Ausgabe 2004, Fassung 2007.
- /18/ FGSV: Merkblatt über Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund, Ausgabe 2010.

3. Feldarbeiten

Die Erkundungsarbeiten vor Ort erfolgten am 06.07.2020. Dazu wurden durch IFG im Bereich 1 (Bau-km 0+000 bis 0+400) zwei Rammkernsondierungen und im Bereich 2 (Bau-km 0+400 bis 0+536,3) drei Rammkernsondierungen (\varnothing 60...50 mm) bis 2,0 m u. OK Straße abgesetzt. Das Aufbohren der Asphaltbefestigung (\varnothing 300 mm) erfolgte durch die LfSt GmbH. Auch die Bankettprobenahme sowie die Schadstoffuntersuchung des Asphalts und des Bankettmaterials wurde durch die LfSt GmbH übernommen. Die Entnahme des ungebundenen Straßenaufbaus, die umwelttechnische und bodenmechanische Untersuchung des ungebundenen Straßenaufbaus sowie des im Planum anstehenden Bodens erfolgte durch IFG. Neben den direkten Aufschlüssen und den Probenahmen wurden durch IFG auch bodenmechanische Feldprüfungen in Form von zwei dynamischen Plattendruckversuchen durchgeführt.

An den Aufschlüssen wurden insgesamt 18 Einzelproben (gestörte Bodenproben) aus dem anstehenden Baugrund bzw. dem ungebundenen Straßenaufbau für anschließende umwelttechnische und bodenmechanische Untersuchungen entnommen bzw. als Rückstellproben eingelagert. Die Bohrungen wurden nach Abschluss der Bohrarbeiten mit Kiessand verfüllt. Der Verschluss mit Asphalt erfolgte durch die LfSt GmbH.

Die Ansatzpunkte der Bohrungen wurden auf Grundlage der Aufgabenstellung /1/ und der Ortsbegehung vom 30.03.2020 mit der LfSt GmbH und IFG GmbH abgesteckt. Die lage- und höhenmäßige Einmessung der Bohransatzpunkte erfolgte anhand des übergebenen Lageplans /3/ und der Medienbestandspläne /4/. Die Lage der im Rahmen dieses Gutachtens ausgeführten Bohrungen kann Anlage 2 und der folgenden Tabelle 1 entnommen werden. Die Höhenangaben erfolgen entsprechend der vorliegenden Pläne in m NHN (DHHN 92) und die Lagekoordinaten nach UTM-System (ETRS 89).

Tabelle 1 Lage der Aufschlüsse

Bohrungsnummer	Lagekoordinaten nach UTM 33 (ETRS 89)		Ansatzhöhe DHHN 92 [m NHN]	Endteufe [m u. GOK]	GW-Anschnitt [m u. GOK]	freier GW-Spiegel [m u. GOK]	Bemerkung
	Rechtswert	Hochwert					
BP 1	477517,5	5671163,3	178,52	2,00	-	-	-
BP 2	477514,0	5671092,2	177,00	2,00	-	-	Fallplatte auf OK Schotter
BP 3	477524,6	5671034,1	177,06	2,00	1,00	1,07	Schichtwasser
BP 4	477494,7	5670956,5	179,44	2,00	-	-	-
BP 5	477360,1	5670795,7	180,57	2,00	-	-	Fallplatte auf OK Schotter

Alle fünf Rammkernsondierungen konnten bis in die geplante Teufe von 2,0 m u. OK Straße abgesetzt werden. Grundwasser wurde lediglich in Bohrung BP 3 als Schichtwasser angeschnitten.

4. Baugrundbeschreibung

4.1 Geologische Verhältnisse

Der Untersuchungsbereich wird oberflächennah vor allem durch die Flussablagerungen des Löbauer Wassers geprägt, welches hier eine Flussaue von bis zu 200 Metern Breite gebildet hat.

Die Quartärbasis unterscheidet sich zu beiden Seiten des Löbauer Wassers. Nach Angaben des geologischen Kartematerials (/6/, /7/, /8/) bildet die Görlitzer Grauwacke (Paläozoikum - PR_3) nördlich und knapp südlich des Löbauer Wassers den Festgesteinsuntergrund. Im weiteren Verlauf nach Süden wechselt der Untergrund in mittelkörnigen Biotitgranodiorit (Demitzer Granodiorit - $gsDe$). Erfahrungsgemäß besteht zwischen beiden Gesteinen eine Kontaktzone mit teilweise unklarem Übergang der Festgesteine und teils tiefgründiger Verwitterung.

Im Hangenden lagern elsterkaltzeitliche Sande ($grQE2n$) unter vereinzelt schollenartigen Vorkommen von saalekaltzeitlichem Geschiebelehm ($gQS1$), die im Umfeld des Bauwerkes kartiert sind.

Die jüngeren Schichten werden von fluviatilen saalekaltzeitlichen Kiesen und Sanden (Tiefe Mittelterrasse - $rQSf$) und holozänen sandig-kiesigen Flussablagerungen ($rQHo$) sowie holozänen Auesedimenten gebildet ($rQHo$). Außerhalb der Flussauen bildet weichselkaltzeitlicher Löss- (eQW) und Gehängelehm ($ldQW$) die Lockergesteinsdecke.

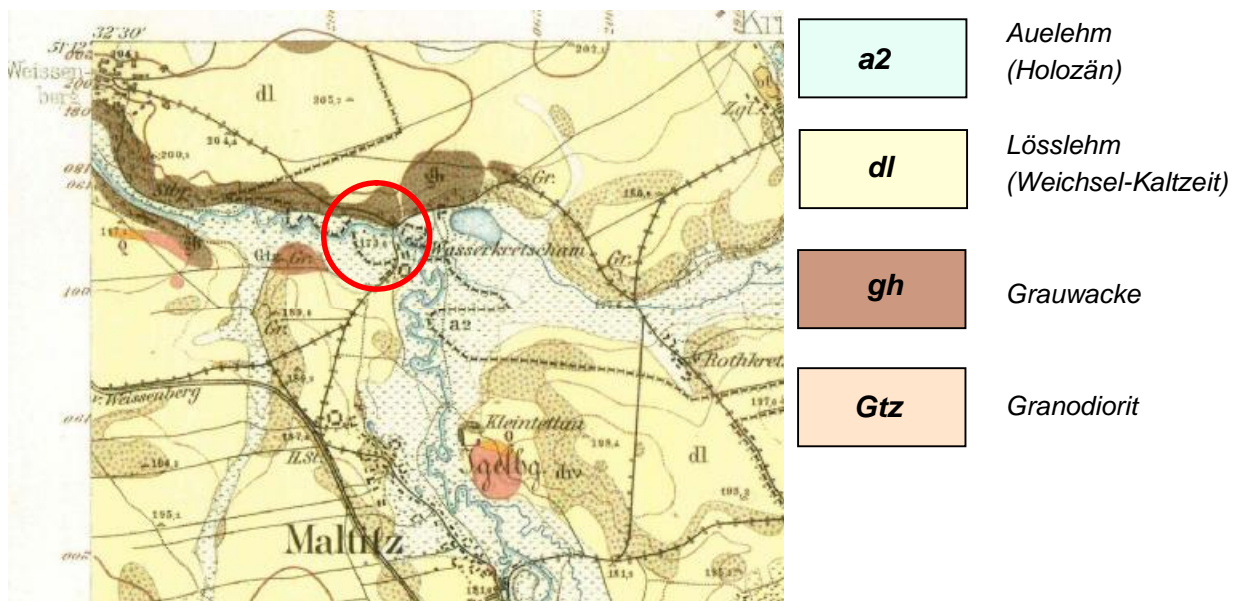


Abbildung 1: Auszug aus geologischer Karte (Quelle /8/)

4.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Grundwasser fließt dem Löbauer Wasser von den Talrändern zu und ist im gesamten Bereich der Talaue im Niveau des Vorfluters zu erwarten. Das Löbauer Wasser ist ein Gewässer I. Ordnung. Bei Hochwasserereignissen HQ 50 kommt es zu einer teilweisen Überflutung, ab HQ 100 zu einer vollständigen Überflutung der Flussaue.

Der Untersuchungsbereich gilt als festgesetztes Überschwemmungsgebiet nach §72 Abs. 2 SächsWG (Sächsisches Wassergesetz).

4.3 Erkundeter Straßenaufbau

Folgender Straßen- und Wegeaufbau wurde an den drei Untersuchungsstandorten erkundet (vgl. Anlage 3 und Anlage 4):

Tabelle 2 Straßen- und Wegeaufbau

Untersuchungsstandort	Bohrung	Konstruktionsschicht	Schichtunterkante [m u. OK Straße]	Schichtmächtigkeit [cm]	Gesamtstärke des frostsicheren Straßenaufbaus [cm]
Bereich 2b nördlich Brücke (grundhafter Ausbau)	BP 1	Asphalt (Schicht 0) mehrschichtiger Aufbau mit Makadamschicht	0,51	51	70
		Packlager/Schottertragschicht (Schicht 1a) Grobschotter aus Granit, Grobkies, stark steinig, mittel- bis feinkiesig, stark sandig [GW]	0,70	19	
		Unterbau (Schicht 1b) Schotter aus Grauwacke, Kies, stark sandig, schluffig [SU], [GU]	1,05	35	
Bereich 2a südlich Brücke (grundhafter Ausbau)	BP 2	Asphalt (Schicht 0)	0,20	20	75
		Schottertragschicht (Schicht 1a) Schotter aus Granit, Kies, stark sandig, schwach schluffig [GW]	0,75	55	
	BP 3	Asphalt (Schicht 0)	0,20	20	65
		Schottertragschicht (Schicht 1a) Schotter aus Granit, Kies, stark sandig, schwach schluffig [GW]	0,65	45	
Bereich 1 Bau-km 0+000 bis 0+400 (Fahrbahnerneuerung)	BP 4	Asphalt (Schicht 0)	0,30	30	45
		Schottertragschicht (Schicht 1a) Schotter aus Grauwacke, Grobkies, sandig [GE]	0,45	15	
		Unterbau (Schicht 1b) Sand, kiesig, schluffig [SU]	0,85	40	
	BP 5	Asphalt (Schicht 0)	0,29	29	45
		Schottertragschicht (Schicht 1a) Schotter aus Grauwacke, Kies, stark sandig [GW]	0,45	16	

Im Bereich 1 wurde die Asphaltdecke mit ca. 30 cm erkundet. Im Bereich 2a (südlich des Brückenbauwerks) beträgt die Asphaltstärke jedoch nur 20 und im Bereich 2b (nördlich des Brückenbauwerks) wurde der Asphalt sogar bis 51 cm u. OK Straße aufgebohrt.

Der ungebundene Straßenaufbau weist im Untersuchungsgebiet eine relativ heterogene Zusammensetzung auf. Im Bereich 1 wurde unter dem Asphalt eine ca. 15 cm mächtige Schottertragschicht aus Grauwacke erbohrt. Hierbei besteht der Schotter am Bohrpunkt BP 4 aus einem sehr enggestuften Schotter (überwiegend Grobkies) und am Bohrpunkt BP 4 aus einem weitgestuften Schotter (stark sandiger Kies).

Im Bereich 2a hingegen wurde die Schottertragschicht in Form eines weitgestuften Granitschotters mit einer Schichtdicke von 45 cm bis 55 cm aufgeschlossen. Nördlich des Brückenbauwerks (Bereich 2b) wurde unter dem sehr starken Asphaltaufbau von 51 cm eine ca. 20 cm starke Packlagerschicht aus einem sehr groben Granitschotter (steiniger Kies) erkundet.

In den Bohrungen BP 1 und BP 4 wurde im Liegenden des frostsicheren Straßenaufbaus ein Straßenunterbau zur Stabilisierung des Planums aufgeschlossen, welcher aus einer ca. 35 cm bis 40 cm mächtigen Kiessandschicht (SU, GU) besteht. Da diese Stabilisierungsschicht augenscheinlich einen Feinkornanteil von > 10 M.-% aufweist, wird diese nicht dem frostsicheren Straßenaufbau hinzugerechnet.

4.4 Erkundeter Untergrundaufbau

Folgende Böden wurden im Untersuchungsgebiet unterhalb des Straßenaufbaus angetroffen:

Tabelle 3 Baugrundsichtung

Schicht Nr.	Bodenart	Schichtunterkante [m u. GOK]	Schichtmächtigkeit [m]	Kurzzeichen
1c	Auffüllung - Bauwerkshinterfüllung, - Sand, schluffig, schwach kiesig, - mitteldicht gelagert	1,80	0,75	[SU]
2	Auelehm - Schluff, stark feinsandig, tonig bis schwach tonig, - lokal organisch, - überwiegend halbfest, in tieferen Lagen steif bis weich	0,90...2,00 ¹⁾	0,20...1,35 ¹⁾	UL, TL, OU
3	fluviale Sande und Kiese - Sand, kiesig bis stark kiesig, schwach schluffig bis schluffig - mitteldicht gelagert - nur in BP 3 und BP 5 angetroffen - in BP 3 schichtwasserführend	1,20...2,00 ¹⁾	0,20...1,10 ¹⁾	SU, GU

1) Schicht nicht durchteuft

Bis auf Bohrung BP 5 wurde im Liegenden des Straßenaufbaus Auelehm in Form eines feinsandigen bis stark feinsandigen Schluffs mit überwiegend halbfester Konsistenz aufgeschlossen. In den Bohrungen BP 2 und BP 3 wies der Auelehm ab 1,05 bzw. 1,20 m u. GOK eine steife bis weiche Konsistenz auf.

In der Bohrung BP 5 hingegen wurde unter dem Straßenaufbau zunächst eine Auffüllschicht aus einem schluffigen Sand erbohrt. Im Liegenden dieser Auffüllschicht wurde wie in den anderen Bohrungen der Auelehm angetroffen.

Neben dem fluviatil geprägten Lehm wurde auch fluviatiler Sand bis Kies im Untersuchungsgebiet angetroffen. In der Bohrung BP 5 wurde diese Kiessandschicht bei 0,9 m u. OK Straße und in Bohrung BP 3 als Zwischenlage im Auelehm bei 1,0 bis 1,2 m u. OK Straße aufgeschlossen.

Weitere Bodenschichten wurden im Straßenbereich bis 2,0 m u. OK Straße nicht erkundet.

5. Laboruntersuchungen

5.1 Schadstoffuntersuchung Aushubmaterial

Im Bereich 2 (grundhafter Ausbau) wird voraussichtlich ungebundener Straßenaufbau und anstehender Boden (Planum) als Bodenaushub anfallen. Zur Beurteilung der Verwertbarkeit dieser Abtragsmassen wurden die Proben aus dem ungebundenen Straßenaufbau und dem Planum des Bereichs 2 zur Analyse nach LAGA - TR Boden (Ausgabe 2004) /10/ an das umweltanalytische Labor Eurofins Umwelt Ost GmbH NL Freiberg übergeben. Folgende Proben wurden hierfür hergestellt und untersucht:

- **BP 1 – Schotter** à BP 1 P1 + P2 (0,51...0,80 m u. OK Straße)
- **BP 1 – Planum** à BP 1 P3 + P4 (0,80...1,80 m u. OK Straße)
- **BP 2 – Schotter** à BP 2 P1 (0,20...0,75 m u. OK Straße)
- **BP 2 – Planum** à BP 2 P2 + P3 (0,75...2,00 m u. OK Straße)
- **BP 3 – Schotter** à BP 3 P1 (0,20...0,65 m u. OK Straße)
- **BP 3 – Planum** à BP 3 P2 + P3 (0,65...1,20 m u. OK Straße)

Der Ansatz der Z 0 - Grenzwerte erfolgt für die Bodenproben für Sand, da es sich hier um grobkörnige Böden als auch feinkörnige handelt (sichere Seite). In den nachfolgenden Tabellen 4 und 5 sind die Zuordnungswerte der LAGA - TR Boden /10/ den Analysewerten gegenübergestellt. Die vollständigen Prüfberichte sind in Anlage 5.3 enthalten.

Tabelle 4 Ergebnisse Schadstoffuntersuchung nach LAGA - TR Boden (Feststoff)

Parameter	Einheit	BP 1 - Schotter	BP 1 - Planum	BP 2 - Schotter	BP 2 - Planum	BP 3 - Schotter	BP 3 - Planum	Zuordnungswerte nach LAGA TR Boden (2004) /10/			
								Z0 (Sand)	Z0*	Z1	Z2
MKW C10-C22	mg/kg TS	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	100	200	300	1.000
MKW C10-C40	mg/kg TS	51	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	-	400	600	2.000
EOX	mg/kg TS	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1	1 ⁵⁾	3 ⁵⁾	10
Σ PAK n. EPA	mg/kg TS	0,67	n.b. ¹⁾	n.b. ¹⁾	n.b. ¹⁾	n.b. ¹⁾	n.b. ¹⁾	3	3	3 ⁶⁾	30
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,06	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,3	0,6	0,9	3,0
TOC	Ma.-% TS	0,2	0,1	< 0,1	0,2	< 0,1	0,2	0,5 ⁴⁾	0,5 ⁴⁾	1,5	5
Arsen	mg/kg TS	10,7	3,3	1,0	3,0	< 0,8	3,7	10	15 ²⁾	45	150
Blei	mg/kg TS	8	7	8	9	6	16	40	140	210	700
Cadmium	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,4	1 ³⁾	3	10
Chrom (ges.)	mg/kg TS	67	18	1	18	1	11	30	120	180	600
Kupfer	mg/kg TS	29	9	5	5	2	6	20	80	120	400
Nickel	mg/kg TS	35	10	1	11	< 1	7	15	100	150	500
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,07	0,15	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	0,1	1	1,5	5
Zink	mg/kg TS	71	23	26	33	19	24	60	300	450	1.500
Wertung (Feststoff):		Z0*	Z0	Z0	Z0	Z0	Z0				

Z 0* maximale Feststoffgehalte für die Verfüllung von Abgrabungen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen (siehe „Ausnahmen von der Regel“ für die Verfüllung von Abgrabungen in Nr. II.1.2.3.2)

1) Summenparameter nicht berechenbar, da Einzelparameter unter der Nachweisgrenze liegen

2) bis 6) Erklärung siehe Prüfbericht (Anlage 5.3)

Tabelle 5 Ergebnisse Schadstoffuntersuchung nach LAGA - TR Boden (Eluat)

Parameter	Einheit	BP 1 - Schotter	BP 1 - Planum	BP 2 - Schotter	BP 2 - Planum	BP 3 - Schotter	BP 3 - Planum	Zuordnungswerte nach LAGA TR Boden (2004) /10/			
								Z 0 / Z 0 ⁹⁾	Z 1.1 ¹⁰⁾	Z 1.2 ¹⁰⁾	Z 2 ¹⁰⁾
pH-Wert	-	8,1	7,4	7,9	7,7	7,3	7,6	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12
elektrische LF ¹¹⁾	µS/cm	29	26	24	85	15	37	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	< 1,0	2,0	3,5	16	1,9	4,1	30	30	50	100 ⁷⁾
Sulfat	mg/l	1,3	1,2	< 1,0	6,9	< 1,0	2,0	20	20	50	200
Arsen	µg/l	6	8	< 1	< 1	3	16	14	14	20	60 ⁸⁾
Blei	µg/l	< 1	5	2	1	3	24	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	1,5	1,5	3	6
Chrom (ges.)	µg/l	< 1	4	< 1	1	< 1	5	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	< 5	6	< 5	< 5	< 5	17	20	20	60	100
Nickel	µg/l	1	3	< 1	< 1	< 1	4	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	< 10	16	< 10	< 10	< 10	17	150	150	200	600
Wertung (Eluat):		Z0	Z0	Z0	Z0	Z0	Z1.2				

7) bis 8) Erklärung siehe Prüfbericht (Anlage 5.3)

9) Zuordnungswerte für die Verwendung in bodenähnlichen Anwendungen nach Tab II.1.2-3 LAGA TR Boden

10) Zuordnungswerte für den eingeschränkten Einbau in technischen Bauwerken nach Tab. II.1.2-5 LAGA TR Boden

11) elektrische Leitfähigkeit

Tabelle 6 Auswertung der Untersuchungen nach LAGA TR Boden

Probe	Feststoffbewertung	Eluatbewertung	Gesamtbewertung
BP 1 - Schotter	Z0*	Z0	Z0*
BP 1 - Planum	Z0	Z0	Z0
BP 2 - Schotter	Z0	Z0	Z0
BP 2 - Planum	Z0	Z0	Z0
BP 3 - Schotter	Z0	Z0	Z0
BP 3 - Planum	Z0	Z1.2	Z1.2

Bis auf die Proben BP 1 - Schotter und BP 3 - Planum lagen in allen Proben die Untersuchungsparameter unter den Z0-Zuordnungswerten oder gar den Nachweisgrenzen, so dass diese Proben als Z0-Material deklariert werden können. Die Probe aus dem ungebundenen Straßenaufbau nördlich des Brückenbauwerks BW 2 (BP 1 - Schotter) weist leicht erhöhte Schwermetallgehalte (Arsen, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink) im Feststoff auf, so dass eine Einstufung des Schotters in Z0* erforderlich wird. In der Probe BP 3 - Planum überschreitet der Arsengehalt im Eluat den Z1.1-Zuordnungswert, so dass dieser Boden als Z1.2-Material gilt.

Es wird empfohlen, den ungebundenen Straßenaufbau südlich des Brückenbauwerks in Z0 einzustufen und den ungebundenen Straßenaufbau nördlich des Brückenbauwerks als Z0* zu deklarieren. Der im Planum anstehende Boden gilt nördlich des Brückenbauwerks als Z0-Material. Südlich des Brückenbauwerks sollte der gesamte Boden im Planum als Z1.2-Material eingestuft werden (sichere Seite).

Das gesamte Aushubmaterial kann aus geotechnischer Sicht am Untersuchungsstandort uneingeschränkt verwertet werden. Für eine Verwertung an einem anderen Standort sind die Einbaukriterien für **Z0/Z0*-Material** sowie **Z1.2-Material** nach LAGA TR Boden /10/ einzuhalten.

Bei einer eventuellen Entsorgung der Böden gilt die **Abfallschlüsselnummer: 17 05 04** (Boden und Steine, ohne Schadstoffe in gefährlich hohen Konzentrationen). Die Entsorgung kann auf einer Erdstoffdeponie mit der Zulassung für Z0/Z0*-Material bzw. für Z1.2-Material erfolgen.

5.2 Kornverteilungsanalyse ungeb. Straßenaufbau

Zur Ermittlung der Frostsicherheit des ungebundenen Straßenaufbaus wurde an vier Einzelproben die Korngrößenverteilung in Anlehnung an die DIN EN 933-1 bestimmt. In nachfolgender Tabelle 7 sind die Untersuchungsergebnisse zusammengefasst dargestellt. Die Siebprotokolle sind in Anlage 5.1 einzusehen.

Tabelle 7 Ergebnisse Kornverteilungsanalyse

Bohrung / Probe	BP 1 / P1	BP 2 / P1	BP 4 / P1	BP 5 / P1
Entnahmetiefe [m]	0,51...0,70	0,20...0,75	0,30...0,45	0,29...0,45
Schicht Nr.	1a	1a	1a	1a
Feinkornanteil [%] $d < 0,063 \text{ mm}$	3,1	4,1	1,7	3,5
Sandanteil [%] $0,063 \text{ mm} \leq d < 2 \text{ mm}$	17,5	22,5	6,5	14,9
Kiesanteil [%] $2 \text{ mm} \leq d < 63 \text{ mm}$	60,2	73,4	91,8	81,6
Steinanteil [%] $d \geq 63 \text{ mm}$	19,2	0,0	0,0	0,0
kr-Wert [m/s]	$1,79 \times 10^{-3}$	$5,38 \times 10^{-4}$	$4,61 \times 10^{-1}$	$2,01 \times 10^{-3}$
Formel nach	BEYER	BEYER	BEYER	BEYER
Bewertung nach DIN 18130-1	sehr durchlässig	sehr durchlässig	sehr durchlässig	sehr durchlässig
Bodenart nach DIN 4022	gG,co*,s*,mg-fg,u" Grobkies, stark steinig, stark sandig, mittel- bis feinkiesig, sehr schwach schluffig	G,s*,u" Kies, stark sandig, sehr schwach schluffig	gG,s',mg"-fg",u" Grobkies, schwach sandig, sehr schwach mittel- bis feinkiesig, sehr schwach schluffig	gG,mg-fg,s,u" Grobkies, mittel- bis feinkiesig, sandig, sehr schwach schluffig
Bodengruppe nach DIN 18196	GW - Kies, weitgestuft	GW - Kies, weitgestuft	GE - Kies, enggestuft	GW - Kies, weitgestuft

In Abhängigkeit des Größtkorns fordert die DIN EN 933-1 eine Mindestmenge für die Siebung von Gesteinskörnungen, die bedingt durch die Aufschlussgröße und Schichtstärke bei keiner der Proben eingehalten werden konnte. Das Größtkorn lag bei den Untersuchungen bei $d > 45 \text{ mm}$ bis $> 90 \text{ mm}$. Damit wären Siebmassen von $m \geq 20 \text{ kg}$ bis 80 kg erforderlich gewesen. Tatsächlich konnten aus den Aufschlüssen nur Siebmengen des ungebundenen Straßenaufbaus von $m \sim 16...28 \text{ kg}$ gewonnen werden. Die durchgeführten Siebungen können damit nicht als Zertifizierungsuntersuchungen angesehen werden und dienen nur der groben Übersicht, ob der ungebundene Straßenaufbau frostsicher und damit eventuell verwertbar ist.

Entsprechend der Sieblinienauswertung liegt der **Feinkorngehalt** des ungebundenen Straßenaufbaus im gesamten Untersuchungsgebiet bei **< 5 M.-%**. Der ungebundene Straßenaufbau kann damit als frostsicher angesehen werden.

Zu beachten wäre auch, dass bei der Hälfte der Proben (BP 1 / P1 und BP 4 / P1) der Anteil an Steinen ($d \geq 63$ mm) zu groß bzw. der Anteil an Fein- bis Mittelkies ($d \geq 2$ mm bis 20 mm) zu gering ist, um es als ungebundenen Straßenaufbau zu verwerten (vgl. Kornverteilungskurven in Anlage 5.1).

5.3 Tragfähigkeitsmessung (dynamischer Plattendruckversuch)

Gemäß Aufgabenstellung /1/ sollte dreimal am ungebundenen Straßenaufbau sowie dreimal am Planum die Tragfähigkeit mittels dynamischen Plattendruckversuch überprüft werden. Dies konnte jedoch an den Aufschlüssen so nicht umgesetzt werden. Für die Prüfung am Planum waren entweder die Aufschlüsse zu klein, so dass beim Einlegen der Druckplatte diese am ungebundenen Straßenaufbau verkeilte oder das Planum zu tief lag (Planum bei 0,45...0,85 m u. OK Straße), um einen dynamischen Plattendruckversuch auszuführen.

Auch eine Prüfung auf dem ungebundenen Straßenaufbau war nur eingeschränkt möglich, da entweder die OK ungebundener Straßenaufbau zu tief lag (siehe BP 1) oder keine ebene Prüffläche hergestellt werden konnte (BP 3 und BP 4). Es konnten daher nur zwei Prüfungen der Tragfähigkeit auf dem ungebundenen Straßenaufbau umgesetzt werden. Diese Prüfungen wurden an den Aufschlüssen BP 2 und BP 5 durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Anlage 5.2 einzusehen.

Im Ergebnis wurde bei den beiden Prüfungen ein dynamischer Verformungsmodul von $E_{vd} = 68,2...72,6$ MN/m² ermittelt, was mit einem Verformungsmodul von $E_{v2} \sim 155...164$ MN/m² vergleichbar ist. Auf der OK ungebundene Tragschicht wurde damit eine ausreichend hohe Tragfähigkeit nachgewiesen.

6. Baugrundklassifikation und bodenmechanische Kennwerte

6.1 Bodenmechanische Kennwerte

Die bodenmechanischen Kennwerte wurden aufgrund der ingenieurgeologischen Feldansprache, der bodenmechanischen Laboruntersuchungen sowie nach tabellierten und regionalen Erfahrungswerten festgelegt (DIN 1055, EAU).

Tabelle 8 Bodenmechanische Kennwerte

Bodenart	Kurzzeichen	cal. g [kN/m ³]	cal. g' [kN/m ³]	cal. f' [Grad]	cal. c' [kN/m ²]	cal. E _s [MN/m ²]	cal. k _f [m/s]
Schicht 0 - Asphalt	-	/	/	/	/	/	/
Schicht 1a - ungebundener Straßenaufbau und Packlager - Schotter aus Granit und Grauwacke - Kies, sandig bis stark sandig, steinig bis stark steinig, schwach schluffig - dicht gelagert	[GW], [GE]	21	12	40	0	200	2,0x10 ⁻³
Schicht 1b - Unterbau - Sand bis Kies, schluffig - dicht gelagert	[SU], [GU]	22	13	38	3	150	1,0x10 ⁻⁶
Schicht 1c - Auffüllung - Bauwerkshinterfüllung, - Sand, schluffig, schwach kiesig, - mitteldicht gelagert	[SU]	20	11	33	2	40	1,0x10 ⁻⁷
Schicht 2 - Auelehm - Schluff, stark feinsandig, tonig bis schwach tonig, lokal organisch, - überwiegend halbfest, in tieferen Lagen steif bis weich	UL, TL, OU	20	10	30	10	10	1,0x10 ⁻⁸
Schicht 3 - fluviatile Sande und Kiese - Sand, kiesig bis stark kiesig, schwach schluffig bis schluffig - mitteldicht gelagert	SU, GU	20	11	35	0	50	1,0x10 ⁻⁷

cal. g cal. Bodenwichte, erdfeucht [kN/m³]

cal. g' cal. Bodenwichte unter Auftrieb [kN/m³]

cal. f' cal. Reibungswinkel [°]

cal. c' cal. Kohäsion [kN/m²]

cal. E_s cal. Steifemodul [MN/m²]

cal. k_f cal. Wasserdurchlässigkeit [m/s]

6.2 Bodenklassen nach VOB-C 2012 (alt)

Für Tiefbauleistungen können nach o.g. Norm folgende Bodenklassen angesetzt werden. Diese Norm ist jedoch nicht mehr Stand der Technik und die Angaben erfolgen somit nur informativ.

Tabelle 9 Bodenklassen und Frostepfindlichkeit

Bodenart	Bodengruppe DIN 18196 ¹⁾	Bodenklasse DIN 18300 ²⁾	Frostepfindlichkeit nach ZTV E-StB 17 ³⁾
Schicht 0 - Asphalt	-	/	F1
Schicht 1a - ungebundener Straßenaufbau und Packlager - Schotter aus Granit und Grauwacke - Kies, sandig bis stark sandig, steinig bis stark steinig, schwach schluffig - dicht gelagert	[GW], [GE]	3	F1
Schicht 1b - Unterbau - Sand bis Kies, schluffig - dicht gelagert	[SU], [GU]	3	F2
Schicht 1c - Auffüllung - Bauwerkshinterfüllung, - Sand, schluffig, schwach kiesig, - mitteldicht gelagert	[SU]	3	F2
Schicht 2 - Auelehm - Schluff, stark feinsandig, tonig bis schwach tonig, lokal organisch, - überwiegend halbfest, in tieferen Lagen steif bis weich	UL, TL, OU	4	F3
Schicht 3 - fluviatile Sande und Kiese - Sand, kiesig bis stark kiesig, schwach schluffig bis schluffig - mitteldicht gelagert	SU, GU	3	F2

1) DIN 18196 - Bodenklassifikation, Ausgabe 2011

2) DIN 18300 - Erdarbeiten, Ausgabe 2012

3) ZTV E-StB 17 - Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2017

6.3 Homogenbereiche nach VOB-C 2019 (aktuell)

Im September 2015 wurden die in der VOB-C enthaltenen Normen dahingehend überarbeitet, dass es keine Boden- und Felsklassen mehr gibt, sondern Homogenbereiche. Dabei werden Böden mit vergleichbaren bodenmechanischen Eigenschaften in Homogenbereichen zusammengefasst. Zur Ausschreibung von Tiefbauleistungen (Erdarbeiten) nach aktueller Norm sind dem Baugrund an den Bushaltestellen folgende Homogenbereiche zuzuordnen:

Tabelle 10 Festlegung der Homogenbereiche

Schichten	DIN 18300 Erdarbeiten	DIN 18301 Bohrarbeiten	DIN 18304 Ramm-, Rüttel- und Verpressarbeiten
Schicht 0 - Asphalt	nicht relevant	nicht relevant	nicht relevant
Schicht 1a - ungebundener Stra- ßen Aufbau und Packlager - Schotter aus Granit und Grauwacke - Kies, sandig bis stark sandig, stei- nig bis stark steinig, schwach schluf- fig - dicht gelagert - Bodengruppe: [GW], [GE]	EA 1	BA 1	RRV 1
Schicht 1b - Unterbau - Sand bis Kies, schluffig - dicht gelagert - Bodengruppe: [SU], [GU]			
Schicht 1c - Auffüllung - Bauwerkshinterfüllung, - Sand, schluffig, schwach kiesig, - mitteldicht gelagert - Bodengruppe: [SU]			
Schicht 2 - Auelehm - Schluff, stark feinsandig, tonig bis schwach tonig, lokal organisch, - überwiegend halbfest, in tieferen Lagen steif bis weich - Bodengruppe: UL, TL, OU	EA 2	BA 2	RRV 2
Schicht 3 - fluviatile Sande und Kiese - Sand, kiesig bis stark kiesig, schwach schluffig bis schluffig - mitteldicht gelagert - SU, GU	EA 1	BA 1	RRV 1

Die Einteilung der Homogenbereiche erfolgt in grobkörnige, nicht bindige Böden (EA 1 / BA 1 / RRV 1) und in feinkörnige, bindige Böden (EA 2 / BA 2 / RRV 2).

Tabelle 11 Kennwerte der Homogenbereiche

Homogenbereiche		EA 1 / BA 1 / RRV 1	EA 2 / BA 2 / RRV 2
dazugehörige Schichten		1a, 1b, 1c und 3	2
Bodengruppe DIN 18196		[GW], [GE], [SU], [GU], SU, GU	[SU*], [UL], SU, SU*, UL
ortsübliche Bezeichnung		ungebundener Straßenaufbau, Auffüllungen und fluviale Sande bzw. Kiese	Auelehm
Massenanteil Ton [%]		0...5	5...15
Massenanteil Schluff [%]		0...15	30...80
Massenanteil Sand [%]		30...80	10...50
Massenanteil Kies [%]		10...95	0...10
Massenanteil Steine [%]		0...30	< 1
Massenanteil Blöcke [%]		0...5	< 1
Dichte [g/cm³]		1,9...2,3	1,9...2,1
undrainierte Scherfestigkeit [kN/m²]		0...5	5...60
Kohäsion [kN/m²]		0...5	5...20
Wassergehalt [%]		5...15	15...25
Konsistenz		-	halbfest bis weich
Konsistenzzahl I _c		-	0,5...1,25
Plastizität		-	leicht plastisch
Plastizitätszahl I _p		-	5...15
Lagerung		mitteldicht bis dicht	-
Lagerungsdichte D		0,3...0,6	-
organischer Anteil [%]		0...1 (Mineralboden)	1...5 (Mineralboden mit organischen Bestandteilen)
Abrasivität	LAK [g/t]	250...2.000	0...250
	CAI [mm]	1,0...6,0	0,0...1,0
	Bewertung	mäßig abrasiv bis extrem abrasiv	nicht abrasiv bis schwach abrasiv
Frostempfindlichkeit (nach ZTV StB 17)		F1...F2	F3

Entsprechend der VOB-C 2019 sind Böden auch hinsichtlich ihrer umwelttechnischen Eignung (Schadstoffgehalte, Wiedereinbaubarkeit) in separate Homogenbereiche zu unterteilen. Im vorliegenden Fall wäre der Homogenbereich EA 1 in Z0-Abtrag und Z0*-Abtrag und der Homogenbereich EA 2 in Z0-Abtrag und Z1.2-Abtrag einzuteilen. Daraus ergeben sich folgende Homogenbereichsunterteilungen:

- EA 1 (Z0): nicht bindiger Bodenabtrag südlich BW 2
- EA 1 (Z0*): nicht bindiger Bodenabtrag nördlich BW 2
- EA 2 (Z0): bindiger Bodenabtrag nördlich BW 2
- EA 2 (Z1.2): bindiger Bodenabtrag südlich BW 2

7. Bautechnische Hinweise zum Erd- und Straßenbau

7.1 Wiederverwendung von Aushubmaterial

Die angetroffenen Böden können hinsichtlich ihrer bautechnischen Eigenschaften zum Wiedereinbau wie folgt charakterisiert werden:

Tabelle 12 Bautechnische Eigenschaften

Homogenbereich Erdbau	Kurz- zeichen	Lagerungs- dichte, Konsistenz	Eigenschaften
Homogenbereich EA 1 ungebundener Straßenaufbau, Auffüllungen und fluviale Sande bzw. Kiese	[GW], [GE], [GU], [SU], GU, SU	mitteldicht bis dicht	- gute bis sehr gute Verdichtungsfähigkeit, - nicht frostempfindlich bis frostempfindlich (F1...F2) - mäßig bis sehr wasserdurchlässig, - zum Einbau im Straßenplanum gut geeignet, - zum Einbau in den frostsicheren Straßenaufbau be- dingt geeignet - zum Wiedereinbau sind sehr grobe Bestandteile mit d > 20 cm (Blöcke) auszusortieren
Homogenbereich EA 2 Auelehm	UL, TL, OU	halbfest, lokal steif bis weich	- schlechte Verdichtungsfähigkeit, - sehr frostempfindlich (F3), - schwach wasserdurchlässig, - zum Einbau im Straßenplanum ungeeignet, - zum Einbau in den frostsicheren Straßenaufbau unge- eignet - ohne bodenverbessernde Maßnahmen (Bindemittel- zugabe) nur zur Verfüllung ohne bautechnische Anfor- derung geeignet (außerhalb Straßenbestand)

Der nicht bindige Bodenaushub (Homogenbereich EA 1) sollte vorzugsweise zur Planumsverbesserung verwendet werden. Im Gegensatz dazu sollte der bindige Bodenaushub (Homogenbereich EA 2) ohne bodenverbessernde Maßnahmen (Bindemittelzugabe) nicht im Straßenbestand verwertet, sondern entsorgt werden.

7.2 Lösbarkeit anstehender Böden

Die im Untersuchungsgebiet anstehenden Böden sind den Bodenklassen 3 bis 4 (gem. veralteter Norm) zuzuordnen und mittels Bagger gut lösbar. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass innerhalb des Homogenbereichs EA 1 grobe Steine oder Blöcke auftreten, die die Erdarbeiten erschweren können (siehe Tabelle 11).

7.3 Frostsicherheit Straßenbau

Die im Untersuchungsgebiet unterhalb des Straßenbestands anstehenden Böden sind als überwiegend frostempfindliche Böden nach ZTV E-StB 17 zu werten (Frostempfindlichkeitsklasse F3). Bei einer angenommenen Zuordnung der S 112 in die Belastungsklasse Bk 3,2 sind gemäß Tabelle 6 der RStO 12 /15/ in Abhängigkeit der Frostempfindlichkeitsklasse F3 ein Ausgangswert für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus von 60 cm anzusetzen. Zusätzlich sind gemäß Tabelle 7 der RStO 12 die folgenden Mehr- bzw. Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse zu berücksichtigen:

<u>Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus für Belastungsklasse Bk 3,2</u>	<u>+ 60 cm</u>
Frosteinwirkungszone III	+ 15 cm
keine besonderen Klimaeinflüsse	+/- 0 cm
ungünstige Grundwasserverhältnisse	+ 5 cm
Gradienten geländegleich	+/- 0 cm
<u>Entwässerung der Fahrbahn über Mulden, Gräben bzw. Böschungen</u>	<u>+/- 0 cm</u>
Gesamtdicke des frostsicheren Straßenaufbaus:	80 cm

Entsprechend der o.g. Annahmen ergibt sich für das Untersuchungsgebiet eine Gesamtdicke des frostsicheren Straßenaufbaus von 80 cm. Die Gesamtdicke des frostsicheren Straßenaufbaus ist anhand der tatsächlichen Belastungsklasse nachzurechnen.

Im Bereich 1 (Bau-km 0+000 bis 0+400) beträgt der frostsichere Straßenaufbau 45 cm und im Bereich 2 (Bau-km 0+400 bis 0+536,3) 65...75 cm. Die Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus ist im Bestand nicht gegeben.

7.4 Wasserhaltung

Wasserhaltungsmaßnahmen können sich bei Erdarbeiten bis 2,0 m u. GOK auf das Vorhalten einer offenen Wasserhaltung beschränken. Dies gilt auch den Bereich 2a (siehe Bohrungen BP 2 und BP 3), da es sich bei dem hier angetroffenen Wasser um Sicker- bzw. Stauwasser handelt, welches innerhalb der gering durchlässigen Schicht 2 (Auelehm) zeitweise angestaut wird.

Geschlossene Wasserhaltungsmaßnahmen werden voraussichtlich nur bei Arbeiten unterhalb von 2,0 m u. GOK erforderlich und sind somit für den Straßenbau irrelevant.

7.5 Baugrubensicherung

Baugruben können bis 1,25 m Tiefe senkrecht geschachtet werden. Bei größeren Aushubtiefen ist die Baugrubenwandung entweder auf 45° abzuböschten oder mittels Verbau zu sichern.

Für einen eventuellen Kanalverbau eignen sich u.a. folgende Bauweisen:

- Systemverbau mit Verbauplatten / -tafeln (nach Angaben der Hersteller)
- senkrechter Verbau mit Kanaldielen oder Holzbohlen (ausgesteift).

Beim Antreffen von Grund- bzw. Schichtwasser sind Baugruben generell zu verbauen, dies betrifft insbesondere den Bereich 2a, da hier Schichtwasser bei ca. 1,0 m u. GOK angetroffen wurde bzw. der Baugrund stark aufgeweicht ist.

7.6 Planumsverbesserung Straßenbau

Sollte im Zuge des grundhaften Ausbaus ein Abtrag des Straßenaufbaus bis auf OK Schicht 2 (Auelehm) erforderlich werden, so ist hier eine Planumsverbesserung erforderlich. Auf dem Auelehm kann ohne bodenverbessernde Maßnahmen keine ausreichend hohe Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht werden.

Es wird eine Planumsverbesserung durch mindestens 30 cm Bodenaustausch mit Abtrag aus Homogenbereich EA 1 empfohlen. Auf diesen Böden kann bei einem regelkonformen Einbau eine ausreichende Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht werden.

7.7 Planumsentwässerung

Wenn die Planumsverbesserung wie empfohlen mit dem gut wasserdurchlässigen Bodenabtrag des Homogenbereichs EA 1 erfolgt, so kann das Planum mit einer einheitlichen Querneigung von 2,5 % hergestellt werden.

Da im Bereich 2a das Planum durch Stau- und Sickerwasser teilweise durchnässt ist, wird hier eine Planumsentwässerung mit einem Längssickerstrang erforderlich. Der Sickerstrang ist 20 bis 30 cm unter Planum anzuordnen.

8. Empfehlungen zum Straßenbau

8.1 Fahrbahnerneuerung

Nach derzeitiger Planung soll im Bereich 1 nur eine Fahrbahnerneuerung erfolgen. Es wird darauf hingewiesen, dass im Bereich 1 der frostsichere Straßenaufbau lediglich 45 cm beträgt und im Planum frostempfindliche Böden anstehen. Im Zuge der Fahrbahnerneuerung sollte daher eine Verstärkung des frostsicheren Straßenaufbaus erfolgen oder die Fahrbahn mit vollgebundenem Oberbau hergestellt werden.

Es wird empfohlen, die Fahrbahnerneuerung im vollgebundenen Oberbau herzustellen und die geringmächtige (ca. 15 cm) Schottertragschicht (Schicht 1a) als Planum anzurechnen. Ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ sollte auf OK Schicht 1 ohne Weiteres erreicht werden können. Bei einer angenommenen Zuordnung der S 112 in die Belastungsklasse Bk 3,2 wäre damit lediglich das Abfräsen der Asphaltdecke und der Einbau einer 26 cm dicken Asphalttragschicht und einer 10 cm dicken Asphaltdeckschicht erforderlich.

Soll jedoch lediglich eine Erneuerung auf der vorhandenen Befestigung in Asphaltbauweise (nach Kapitel 4.6.2 der RStO 12 /15/) erfolgen, so ist nach Kapitel 4.2 der RStO 12 die Dicke der aufzubringenden Schichten auf die erforderliche Dicke des frostsicheren Oberbaus zu erhöhen. Bei Ansatz der Belastungsklasse BK 3,2 wäre damit eine Auftrag von 10 cm Asphaltdeckschicht und 25 cm Asphalttragschicht erforderlich. Es ist zu beachten, dass hierbei eine Gradientenerhöhung von 35 cm entsteht.

Alternativ wäre im Bereich 1 auch ein grundhafter Ausbau nach Tafel 1 der RStO 12, zur Erhöhung des frostsicheren Straßenaufbaus, denkbar.

8.2 Grundhafter Ausbau

Für den Bereich 2 ist ein grundhafter Ausbau geplant. Es ist zu beachten, dass im Bereich 2a nicht ausreichend tragfähige Böden (Auelehm) im Planum anstehen. Hier sollte entweder ein Ausbau nach Tafel 1, Zeile 5 der RStO 12 oder ein Bodenaustausch des Auelehms mit gut verdichtungsfähigen Böden (vorzugsweise mit Abtrag aus Homogenbereich EA 1, entsprechend Kap. 7.6) erfolgen.

Bei Ausbau nach Tafel 1, Zeile 5 der RStO 12 sollten bei Ansatz der Belastungsklasse Bk 3,2 30 cm der vorhandenen Schottertragschicht im Untergrund verbleiben. Damit wäre ein Abtrag des Straßenbestands von 35...45 cm erforderlich. Anschließend sind 30 cm Schotter- oder Kiestragschicht sowie 10 cm Asphalttragschicht und 10 cm Asphaltdeckschicht aufzubringen. Es ist zu beachten, dass hierbei die Gradienten um 5...15 cm erhöht werden.

Bei einem vollständigen Ausbau des Straßenaufbaus und der Planumsverbesserung nach Kap. 7.6 kann der Ausbau nach Tafel 1, Zeile 1 bis 4 nach RStO 12 erfolgen.

9. Abschließende Hinweise

Ergeben sich während der Planung bzw. Bauausführung Abweichungen, welche die Grundlagen für diese Baugrundbeurteilung beeinflussen oder ändern, so ist das unterzeichnende Ingenieurbüro darüber zu informieren. In Auswertung dieser Informationen können die Aussagen dieses Gutachtens präzisiert und der neuen Situation angeglichen werden.

Dieses Baugrundgutachten kann nur in seiner Gesamtheit die Baugrundsituation darstellen. Für Schäden, die auf Grund nur auszugsweiser Weitergabe bzw. Veränderung dieses Berichts eventuell entstehen, wird seitens des Verfassers jede Haftung abgelehnt.

Die Ergebnisse zur Erkundung und Untersuchung des Asphalts sowie des Bankettmaterials werden in einem separaten Bericht durch die LIST GmbH geliefert.