

**S 214, Ersatzneubau Bauwerk 2 über die Flöha
bei 09557 Olbernhau, Erzgebirgskreis**

Baugrund- und Bauwerksuntersuchung

Hauptuntersuchung für geotechnische Kategorie 2 gemäß DIN 4020

IFG-Projekt-Nr.: 205-12-13

Auftraggeber/Planung:

Seel + Hanschke
Beratende Ingenieure GmbH
Burgwartstraße 77a
01705 Freital
Telefon: 0351 / 658509-0
Fax: 0351 / 658509-19

Bauherr:

Landesamt für Straßenbau und Verkehr
Niederlassung Zschopau, Sitz Chemnitz
Hans-Link-Straße 4
09131 Chemnitz
Telefon: 0371 / 4660-0

Verfasser:

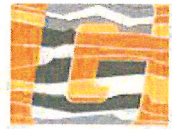
IFG Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH
Purschwitzer Straße 13
02625 Bautzen
Telefon: 03591 / 6771-30
Fax: 03591 / 6771-40

Bautzen, 21.03.2014

.....
Dipl.-Ing. (FH) Andreas Werner
Bearbeiter

.....
Dipl.-Ing. Arnd Böhmer
Geschäftsführer





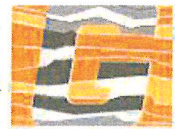
Inhaltsverzeichnis

Seite

1. Veranlassung und Aufgabenstellung	5
2. Unterlagen.....	6
3. Untersuchungen	7
3.1. Standortbeschreibung und geologische Verhältnisse.....	7
3.2. Baugrunderkundung	7
3.3. Bauwerkserkundung	9
4. Baugrundbeschreibung	10
4.1. Baugrundsichtung	10
4.2. Baugrundeigenschaften.....	12
4.3. Grundwasser	12
5. Angaben zum bestehenden Brückenbauwerk.....	13
6. Vorhandener Straßenaufbau	14
7. Laborversuche.....	15
7.1. Bodenmechanische Laborversuche.....	15
7.2. Schadstoffuntersuchungen	16
7.2.1. Asphalt.....	17
7.2.2. Bausubstanz	18
7.2.3. Boden (Auffüllung)	19
7.3. Grundwasseranalyse	21
8. Berechnungskennwerte und Bodenklassifikation.....	23
9. Gründungsempfehlung Ersatzneubau	25
9.1. Allgemeine Baugrundeignung.....	25
9.2. Flachgründung.....	25
9.2.1 Lagevariante 1	25
9.2.2 Lagevariante 2	26
9.2.3 Setzungen.....	27
10. Bemessung Oberbau.....	28
11. Hinweise zur Bauausführung.....	28
11.1. Erdbau / Baugrubensicherung / Rückverfüllung	28
11.2. Wasserhaltung	29
11.3. Straßenneubau	30
12. Abschließende Hinweise	30


Tabellenverzeichnis
Seite

Tabelle 1: Aufschlussprogramm Baugrundbohrungen	8
Tabelle 2: Ansatzpunkte Bauwerksbohrungen	9
Tabelle 3: Baugrundsichtung	10
Tabelle 4: Eigenschaften der Baugrundsichten.....	12
Tabelle 5: Grundwasserstände.....	12
Tabelle 6: Ergebnisse der bodenphysikalischen Laborversuche	15
Tabelle 7: Probenahme chemische Untersuchungen	16
Tabelle 8: Analyseergebnisse Teererkenung und Bewertung.....	17
Tabelle 9: Chemische Analyse Feststoff und Eluat und Vergleich mit SMUL-Erlass (2012)	18
Tabelle 10: Chemische Analyse Feststoff und Vergleich mit LAGA M 20 TR Boden (2004)	19
Tabelle 11: Chemische Analyse Eluat und Vergleich mit LAGA M 20 TR Boden (2004).....	20
Tabelle 12: Betonaggressivität Grund- und Flusswasser	21
Tabelle 13: Stahlaggressivität Grundwasser	21
Tabelle 14: Stahlaggressivität Flusswasser.....	22
Tabelle 15: Bodenmechanische Kennwerte	23
Tabelle 16: Bodenmechanische Kennwerte für Bohrpfahlgründungen	23
Tabelle 17: Bodenklassen und Frostempfindlichkeit.....	24
Tabelle 18: Ergebnisse Berechnung Flachgründung Lagevariante 1.....	26
Tabelle 19: Ergebnisse Berechnung Flachgründung Lagevariante 2.....	27



Anlagenverzeichnis

Blattzahl

Anlage 1 Übersichtskarte, M 1:10.000	1
Anlage 2 Lageplan mit Aufschlusspunkten, M 1:500	1
Anlage 3 Schichtenverzeichnisse, Bohrprofile und Sondierdiagramme	
Anlage 3.1 Schichtenverzeichnisse	15
Anlage 3.2 Bohrprofile und Sondierdiagramme	19
Anlage 3.3 Bohrprofil Bauwerksbohrung (Überbau)	1
Anlage 4 Baugrundschnitte	
Anlage 4.1 Lagevariante 1	1
Anlage 4.2 Lagevariante 2	1
Anlage 5 Bodenmechanische Laborversuche	
Anlage 5.1 Kornverteilungen	10
Anlage 5.2 Wassergehalte	1
Anlage 5.3 Druckfestigkeit Gestein	1
Anlage 6 Chemische Analyseergebnisse	
Anlage 6.1 Asphalt	2
Anlage 6.2 Bausubstanz	4
Anlage 6.3 Boden	6
Anlage 6.4 Grund- und Flusswasser	5
Anlage 6.5 Ermittlung Bewertungsziffern Stahlaggressivität	2
Anlage 7 Erdstatische Berechnungen Brücke	
Anlage 7.1 Flachgründung Lagevariante 1	2
Anlage 7.2 Flachgründung Lagevariante 2	2
Anlage 8 Fotodokumentation	
Anlage 8.1 Baugrundbohrungen	4
Anlage 8.2 Bauwerksbohrungen	6
Anlage 8.3 Bauwerksbilder	2
Anlage 9 Bauwerksskizze mit Bauwerksbohrungen	1



1. Veranlassung und Aufgabenstellung

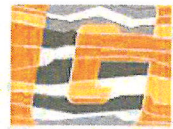
Das Bauwerk 2 im Zuge der Staatsstraße S 214 östlich Olbernhau (Brücke über die Flöha) soll einem Ersatzneubau weichen. Dieser soll als Rahmenbauwerk mit einer lichten Weite von ca. 13 ... 14 m errichtet werden.

Derzeit werden zwei Lagevarianten diskutiert. Lagevariante 1 sieht vor, eine Behelfsumfahrung mit temporärer Brücke etwas westlich von der jetzigen Brücke zu errichten und den Ersatzneubau an die gleiche Stelle wie die jetzige Brücke anzuordnen. Lagevariante 2 sieht vor, den bauzeitlichen Verkehr weiter über das jetzige Bauwerk zu führen und den Ersatzneubau westlich neben die jetzige Brücke zu platzieren. Dies entspräche auch dem Standort der Behelfsbrücke für die Bauzeitliche Verkehrsführung in Lagevariante 1. Eine Sanierung und Nutzung des bestehenden Brückenbauwerks stellt zudem ebenfalls eine Möglichkeit dar.

Die Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH Bautzen (IFG) wurde im Dezember 2013 durch die Ingenieurbüro Seel + Hanschke GmbH mit der Baugrunderkundung und Erstellung des geotechnischen Gutachtens für diese Maßnahme beauftragt /3/.

Es sollen die Baugrundverhältnisse am Standort erkundet und beschrieben sowie Gründungsempfehlungen für den Ersatzneubau der Brücke an beiden möglichen Standorten gegeben werden. Zudem sind geotechnische Hinweise für die Bauausführung abzuleiten.

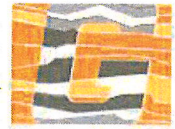
Die Bauwerksaufschlüsse dienen der Entnahme von Bausubstanz für chemische Analysen (Schadstoffuntersuchungen) und der Erkundung des Aufbaus im Bereich des Brückenüberbaus (Vorhandensein einer möglichen Dichtung). Die Erkundung der Bauwerksgeometrie beschränkt sich auf die Dimensionierung des Widerlagers.



2. Unterlagen

Für die Erarbeitung dieses Berichtes wurden neben den jeweils geltenden Normen folgende Unterlagen verwendet:

- /1/ Baubeschreibung Baugrunderkundungsarbeiten, Landesamt für Straßenbau und Verkehr, NL Zschopau, Sitz Chemnitz.
- /2/ Angebot Nr. AN/2013/298-0 vom 12.11.2013, IFG GmbH, Bautzen.
- /3/ Auftragserteilung vom Dezember 2013, Seel + Hanschke GmbH, Freital.
- /4/ Bestandslageplan, Stand 06/2011, Andreas Schmidt Vermessung- und Projektmanagement, erhalten vom Auftraggeber.
- /5/ Grundriss, Ansicht, Querschnitte, Status Vorplanung, Stand 12/2013, Seel + Hanschke GmbH, Freital.
- /6/ Schachtscheine der Medienträger, Stand 11-12/2013.
- /7/ Erkundungsergebnisse vom 24.-28.03.2014, IFG Bautzen sowie Lutz Grimm Geotestbohrtechnik Hohenstein-Ernstthal.
- /8/ Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche, 02-03/2014, IFG Bautzen.
- /9/ Prüfberichte Nr. 1014078001 bis 1014078004 vom 11./13.03.2014, EUROFINS Umwelt Ost GmbH, NL Freiberg.
- /10/ Prüfbericht Nr. 0071007-01_(AC) vom 04.03.2014, Berghof Analytik + Umweltengineering GmbH & Co. KG, Chemnitz.
- /11/ Prüfbericht Nr. BK 7/2014 vom 10.03.2014, Baustoffprüflabor Bautzen.
- /12/ Geotechnisches Arbeitsmaterial:
 - Geologische Übersichtskarte von Sachsen, M 1:400.000, Sächsisches Geologisches Landesamt Leipzig, 1930.
 - Topografische Karte, M 1:10.000, Blatt 5346-SW „Olbernhau-Rothenthal“, Landesvermessungsamt Sachsen, 1. Auflage 2007.



3. Untersuchungen

3.1. Standortbeschreibung und geologische Verhältnisse

Das Untersuchungsgebiet befindet sich an der Staatsstraße S 214 östlich von Olbernhau direkt im Tal der Flöha (siehe Übersichtskarte in Anlage 1).

Nach Norden und Südosten steigt das Gelände sehr stark an. Lediglich nach Südwesten hin verläuft es recht flach weiter.

Naturräumlich ist das Gebiet dem „Osterzgebirge“ zuzuordnen, einem Gebirgsvorland und Bergland.

Gemäß regionalgeologischen Unterlagen /12/ ist im Untersuchungsgebiet keine quartäre Decke vorhanden. Das Grundgebirge wird von Gneisen gebildet. Somit ist für den Standort hauptsächlich Festgestein als Baugrund maßgeblich. Aufgrund der vorhandenen Straßen ist oberflächennah mit dem Vorhandensein von Auffüllungen zu rechnen.

3.2. Baugrunderkundung

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse am Standort wurden im Zeitraum 24.02.-28.02.2014 insgesamt vier Rotationskernbohrungen (B 1 – B 4) sowie vier schwere Rammsondierungen (DPH 1 – DPH 4) im Bereich der beiden möglichen Brückenstandorte abgeteuft. Zudem wurden im Bereich vorhandener und künftiger Straßen nochmals 9 Kleinrammbohrungen (RKS 1, RKS 3 bis RKS 12) hergestellt.

Die Rotationskernbohrungen (B) wurden durch das Bohrunternehmen Lutz Grimm Geotestbohrtechnik aus Hohenstein-Ernstthal als Nachauftragnehmer des IFG ausgeführt. Die Bohrarbeiten wurden durch das IFG geotechnisch betreut. Die Kleinrammbohrungen (RKS) sowie schweren Rammsondierungen (DPH) wurden durch das IFG abgeteuft. Dazu mussten Asphalt und Schottertragschicht vorher durchkernt werden.

Die Ansatzpunkte der Baugrundaufschlüsse können folgender Tabelle 1 entnommen werden:

Tabelle 1: Aufschlussprogramm Baugrundbohrungen

Aufschluss	Lage	Rechtswert	Hochwert	Höhe [m NHN]	erreichte Endteufe [m]		
		Koordinatenbezug GK RD 83		Höhenbezug DHHN 92	B	RKS	DPH
B 1	Widerlager Süd Lage- variante 1	4 598 706	5 613 191	480,98	9,00		
DPH 1		4 598 706	5 613 188	480,98			4,50
B 2	Widerlager Nord La- gevariante 1	4 598 709	5 613 206	481,01	8,00		
DPH 2		4 598 709	5 613 208	481,01			5,50
B/DPH 3	Widerlager Süd Lage- variante 2	4 598 690	5 613 191	478,17	10,00		3,70
B/DPH 4	Widerlager Nord La- gevariante 2	4 598 686	5 613 212	478,53	8,00		4,50
RKS 1	S 214 Zollstraße	4 598 693	5 613 158	480,75		4,00	
RKS 3		4 598 641	5 613 258	479,89		4,00	
RKS 4		4 598 679	5 613 250	480,31		4,00	
RKS 5		4 598 704	5 613 240	480,62		4,00	
RKS 6	Zollstraße / Sachsen- weg	4 598 671	5 613 119	480,67		0,80	
RKS 7	S 214 Hirschberger Straße	4 598 659	5 613 064	481,28		3,10	
RKS 8	Sachsenweg	4 598 678	5 613 094	484,67		0,33 ¹⁾	
RKS 9	S 211 Zollstraße	4 598 725	5 613 134	481,48		2,90	
RKS 10	Kreisverkehr	4 598 703	5 613 150	479,72		1,90	
RKS 11	Kreisverkehr	4 598 671	5 613 152	478,80		3,00	
RKS 12	Zufahrt Bahn	4 598 712	5 613 214	480,84		3,00	
Summe Bohrungen (B):					35,0		
Summe Kleinrammbohrungen (RKS):						30,70	
Summe schwere Rammsondierungen (DPH):							18,20

¹⁾ nur Kernbohrung

Die ursprünglich geplante Bohrtiefe der Rotationskernbohrungen von 15 m konnte auf 8...10 m reduziert werden, da das Festgestein bereits oberflächennah ansteht.

Einige der Kleinrammbohrungen mussten aufgrund des zu hohen Sondierwiderstands bereits vorzeitig abgebrochen werden. Dort können entweder Steine im Zersatz (RKS 6, RKS 7, RKS 9), Rammhindernisse in der Auffüllung (RKS 1, RKS 10, RKS 12) bzw. die bereits anstehende Oberkante des Festgesteins ursächlich sein. Vor allem im Bereich Sachsenstraße wurden nur sehr geringe Endteufen erreicht (RKS 6: 0,80 m, RKS 8: 0,33 m). Hier ist von besonders hoch aufragendem Festgestein auszugehen.



Für die Bearbeitung liegt ein koordinatenechter Bestandslageplan vor /4/. Die in Tabelle 1 angegebenen Lagekoordinaten wurden nach Einmessung vor Ort aus diesem Plan abgegriffen. Die Höhenangaben beruhen auf dem durchgeführten Nivellement, bezogen auf die aus dem Bestandslageplan bekannte Höhe des Mauerbolzens 1113/794 am Fundament der früheren Pegelanlage (479,02 m NHN).

Die Ansatzpunkte der Baugrundaufschlüsse sind im Lageplan in Anlage 2 grafisch dargestellt.

3.3. Bauwerkserkundung

Die vorhandene Brücke ist als Bogenbrücke in Naturstein ausgebildet. Die Kappen und Brüstungen sind aus Stahlbeton an den Überbau angesetzt. An jedem Widerlager sind östlich und westlich Flügelwände aus Naturstein vorhanden.

Zur Erkundung des Straßenaufbaus auf der Brücke, der Geometrie von Widerlager und Flügelwand (Dicke, Einbindetiefe) sowie zur Entnahme von Bausubstanz wurden folgende Kernbohrungen hergestellt:

Tabelle 2: Ansatzpunkte Bauwerksbohrungen

Aufschluss	Rechtswert	Hochwert	Höhe [m NHN]	Bohrtiefe [m]
	Koordinatenbezug GK RD 83		Höhenbezug DHHN 92	Bohrwinkel
Überbau	4598704	5613200	481,02	0,35
Kappe	4598703	5613199	481,09	0,14
Widerlager Nord horizontal			477,63	1,00
Widerlager Nord schräg			477,01	1,10
				12°
Flügelwand Nordost horizontal			477,75	1,20
Flügelwand Nordost schräg			476,98	0,80
			12°	
Summe Kernbohrungen (KB):				4,59

Die Ansatzpunkte der Bauwerksbohrungen sind im Lageplan in Anlage 2 (Überbau, Kappe) bzw. in Anlage 9 (Bauwerksskizze Bauwerksbohrungen) grafisch dargestellt.



4. Baugrundbeschreibung

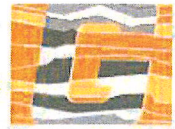
4.1. Baugrundsichtung

Folgende generelle Baugrundsichtung wurde erkundet:

Tabelle 3: Baugrundsichtung

Schicht Nr.	Genese (Stratigraphie) Bodengruppe Bodenart Konsistenz/Lagerungsdichte Farbe	Bemerkungen
0	Oberboden [OH] dunkelbraun	
1a	Auffüllung (Schottertragschicht) [GU], lokal [GU*] Auffüllung (Schottertragschicht, Kies, sandig), grau	
1b	Auffüllung (Straßendamm, Geländeregulierung) [GU], [GU*], [SU*] Auffüllung (Sand, stark schluffig, kiesig ... Kies, stark sandig) braun, grau, graubraun	
1c	Auffüllung (Widerlagerhinterfüllung) [GU], [GU*] Auffüllung (Schluff, stark kiesig, sandig ... Kies, stark sandig, stark schluffig), braun	nur beim vorhande- nen Bauwerk in B 2 erkundet
1d	Schwemmlagerung [UL] Schluff, sandig, schwach kiesig, glimmerhaltig Halbfest, graubraun	nur in RKS 11 ange- troffen
2	Flusskies und -sand GW, GU, GU*, SU, SU* Sand, schluffig bis stark schluffig ... Kies, stark sandig, schluffig bis stark schluffig ... Grobkies, stark mittelkiesig, feinkiesig, sandig überwiegend mitteldicht bis dicht, graubraun, braun, rotbraun	
3a	Gneis-Zersatz GU, GU*, Zv Gneis, verwittert und zersetzt zu: Kies und Gerölle, stark schluffig, verbacken ... Kies, Steine, stark sandig mindestens dicht, graubraun, grau	
3b	Gneis-Festgestein Z Gneis, unverwittert bis angewittert (VU bis VA), Kernlängen bis zu 30 cm, lokal kleinstückig mit in die Klüfte eingespültem Sand grau	

¹ Schicht nicht durchteuft



Die Schottertragschicht (**Schicht 1a**) ist praktisch überall im Straßenbereich erkundet worden. In RKS 5 wurde zudem eine 6 cm starke Betonlage innerhalb der Schottertragschicht festgestellt (0,22-0,28 m unter Ansatzpunkt).

Schicht 1b (Auffüllung) stellt aufgefüllten Boden im Zuge von Geländeregulierungen dar. Hierbei handelt es sich überwiegend um umgelagerten Gneis-Zersatz. Im Aufschluss RKS 10 wurden zudem Ziegelstücke und Betonrecycling erbohrt. In den vorliegenden Unterlagen /5/ ist ersichtlich, dass sich an dieser Stelle ein Wohnhaus befand, welches zwischenzeitlich abgerissen wurde.

Die Bohrung B 1 wurde gemäß Abstimmung mit dem Auftraggeber sowie dem Planer ca. 1,5 m hinter der Vorderkante des Widerlagers angesetzt. Dabei wurde jedoch noch bis zu einer Tiefe von 5,5 m unter Ansatzpunkt eine geschüttete Packlage durchbohrt (Steinpackung, ohne erkennbare Vermörtelung). Diese wurde vermutlich als Sickerschicht hinter dem Widerlager angeordnet. Die Bohrung B 2 wurde etwas weiter abgerückt. Die dort erkundete Widerlagerhinterfüllung wird als **Schicht 1c** geführt.

Schicht 1d stellt eine vermutlich durch Hochwasser angeschwemmte Schicht dar. Sie ist aufgrund der nur geringen Mächtigkeit für das Bauvorhaben nicht relevant.

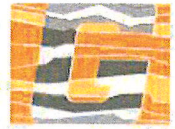
Schicht 2 beschreibt die Flusskiese und -sande. Sie wurden nur im Brückenbereich sowie in RKS 11 erkundet.

Der erkundete Gneis steht zuoberst geringmächtig in zersetzter Form an (**Schicht 3a**). Er weist Lockergesteinseigenschaften auf. Schicht 3a geht mit zunehmender Tiefe jedoch in unverwittertes bis angewittertes Festgestein über (**Schicht 3b**). Das Festgestein wurde praktisch nur im Bereich der Brückenstandorte direkt aufgeschlossen, da es mittels Kleinrammbohrung nicht bohrbar ist. In den Aufschlüssen, welche vorzeitig aufgrund des zu hohen Sondierwiderstands abgebrochen werden mussten (RKS 6 – RKS 10), wird die Abbruchtiefe jedoch bereits die Oberkante des Festgesteinshorizontes darstellen.

Die in Tabelle 3 beschriebene Lagerungsdichte bzw. Konsistenz wurde anhand manueller Prüfung bzw. im Ergebnis der schweren Rammsondierungen ermittelt.

Einzelheiten zur Baugrundsichtung können den Schichtenverzeichnissen bzw. Bohr- und Sondierprofilen in Anlage 3 sowie den Baugrundschnitten in Anlage 4 entnommen werden.

Die Bohrkerne (B 1 – B 4) wurden fotografiert und die Bilder sind in Anlage 8.1 zusammengestellt.



4.2. Baugrundeigenschaften

Die erkundeten, gewachsenen Baugrundsichten bzw. baurelevanten Auffüllungen können wie folgt charakterisiert werden. Dabei werden die maßgebenden Eigenschaften angegeben.

Tabelle 4: Eigenschaften der Baugrundsichten

Schicht Nr.	Bezeichnung Bodengruppe Konsistenz/Lagerung	Charakter	Wasser- durchlässig- keit DIN 18 130-1	Konsis- tenzverän- derlichkeit	Frostemp- findlichkeit ZTV E-StB 09	Tragfähigkeit / Verformbarkeit
1b	Auffüllung (Straßen- damm, Geländeregu- lierung) [GU], [GU*], [SU*]	Lockerge- stein, rollig	überwiegend durchlässig	mittel was- serempfind- lich	gering bis mit- tel ... stark frostempfind- lich F 2 bis F 3 F 2 charakte- ristisch	gut tragfähig, mä- ßig verformbar
2	Flusskies und -sand GW, GU, GU*, SU, SU* überwiegend mitteldicht bis dicht	Lockerge- stein, rollig	durchlässig, lokal schwach durchlässig	mittel was- serempfind- lich	gering bis mit- tel ... stark frostempfind- lich F 2 bis F 3 F 2 charakte- ristisch	sehr gut tragfähig, gering verformbar
3a	Gneis-Zersatz GU, GU*, Zv mindestens dicht	Lockerge- stein, rollig	schwach durchlässig bis lokal durchlässig	mittel was- serempfind- lich	gering bis mit- tel ... stark frostempfind- lich F 2 bis F 3 F 2 charakte- ristisch	sehr gut tragfähig, sehr gering ver- formbar
3b	Gneis-Festgestein Z	Festgestein	nur in Klüften	-	-	sehr gut tragfähig, kaum verformbar

4.3. Grundwasser

Grundwasser wurde in den Aufschlüssen wie folgt festgestellt:

Tabelle 5: Grundwasserstände

Bohrung	Ansatzhöhe Bohrung	Grundwasseranschnitt		Grundwasserstand nach Ende der Bohrarbeiten	
	[m NHN]	[m unter GOK]	[m NHN]	[m unter GOK]	[m NHN]
B 1	480,98	-	-	4,03	476,95
B 2	481,01	3,90	476,95	4,10	476,91
B 3	478,17	1,30	476,87	1,40	476,77
B 4	478,53	1,50	477,03	1,80	476,73



Der Flusssohle der Flöha ist im Bestandsvermessungsplan bei ca. 476,7 m NHN im Bereich der bestehenden Brücke angegeben. Das entspricht dem erkundeten Grundwasserstand. Somit kann davon ausgegangen werden, dass das Grundwasser maßgeblich vom Gewässer gespeist wird. Für erdstatische Berechnungen wird ein Bemessungswasserstand von 478,2 m NHN angesetzt, was etwa dem Gelände am Bohrpunkt B 3 entspricht. Bezüglich der chemischen Analyse des Grund- und Flusswassers wird auf Abschnitt 7.3 (Prüfberichte in Anlage 6.4 und Anlage 6.5) verwiesen.

5. Angaben zum bestehenden Brückenbauwerk

Die bestehende Brücke ist als Bogenbrücke in Natursteinmauerwerk errichtet worden. Zudem sind je Widerlager 2 Flügelwände aus Natursteinmauerwerk vorhanden. Die Kappen sowie Brüstungen bestehen aus Stahlbeton und sind an den Überbau angesetzt.

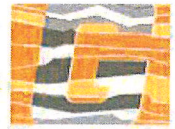
Zur Ermittlung von Wandstärke und –einbindetiefe des Widerlagers Nord sowie der Flügelwand Nordost wurden Kernbohrungen hergestellt. Folgendes wurde ermittelt:

Mittels der Kernbohrung WL N horizontal wurde eine Widerlagerstärke von 1,0 m ermittelt. Die Gründungssohle konnte aufgrund der Kernlänge von 1,10 m und einem Bohrwinkel von 12° bei 475,93 m NHN identifiziert werden.

Die Baugrundbohrung B 1 wurde ca. 1,5 m von der Widerlagervorderkante entfernt (WL Süd) angesetzt. Dort wurde unterhalb von Asphalt und Auffüllung eine geschüttete Packlage (Steinpackung) erbohrt. Bis 5,5 m Tiefe ist diese Schicht vorhanden. Es handelt sich vermutlich um eine Entwässerungsschicht, welche direkt hinter dem gemauerten Widerlager angeordnet ist. Die Unterkante dieser Schicht wird mit großer Wahrscheinlichkeit der Gründungstiefe des Widerlagers entsprechen (475,5 m NHN und damit 0,4 m tiefer als Widerlager Nord).

Die Flügelwand Nordost weist eine Stärke von 1,2 m auf. Die Gründungssohle wurde bei 476,2 m NHN festgestellt.

Mit der Bohrung Überbau (siehe Bohrprofil in Anlage 3.3) wurde eine 16 cm starke Asphaltsschicht erbohrt. Dann folgt bis 0,30 m Tiefe die Schottertragschicht. Darunter steht Mauerwerk aus Naturstein an. Eine Dichtung wurde nicht erkundet. Das Schadensbild unterhalb der Brücke passt auch zur der Annahme, dass keine Dichtung vorhanden ist. Dort sind vollflächig weiße Tropfsteine (ähnlich Stalaktiten in Höhlen) vorhanden. Diese entstehen durch Wasserfluss, wobei Mineralien aus dem Gestein ausgespült werden und sich als Stalaktiten ablagern.



Sonstige nennenswerte, sichtbare Bauwerksschäden konnten jedoch nicht festgestellt werden. Die Druckfestigkeit des Gesteins wurde an einer Probe aus dem Widerlager mit 175 N/mm^2 bestimmt (siehe Prüfbericht Anlage 5.3). Untersuchungen, welche den Zustand des bestehenden Brückenbauwerks nachweisen sollen, sind nicht Bestandteil des vorliegenden Berichts.

6. Vorhandener Straßenaufbau

Der Aufbau der angrenzenden Straßen wurde zusammenfassend wie folgt ermittelt:

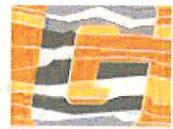
- bis 0,11 ... 0,24 m unter Ansatzpunkt: Asphalt
- bis 0,38 ... 0,70 m unter Ansatzpunkt: Auffüllung (Schottertragschicht, Kies, sandig)
- darunter Auffüllung zur Geländeregulierung.

In RKS 5 wurde zudem zwischen 0,22 – 0,28 m unter Ansatzpunkt eine Betonschicht erbohrt. In RKS 8 (Sachsenweg) wurde bereits ab 0,23 m unter GOK Fels (oder ein größerer Stein) aufgeschlossen.

Die Schottertragschicht steht ausschließlich als gebrochenes Material (Bodengruppe [GU], im Bereich der Brücke auch [GU*]) an. Labortechnisch wurden Feinkorngehalte von 5,2 ... 7,3 M.-% bestimmt.

Die erkundete Stärke des frostsicheren Oberbaus der Hauptstrecke (RKS 3 – RKS 5, RKS 9) von 0,60 – 0,70 m erfüllt überwiegend die Anforderungen der RStO 12. In den untergeordneten Straßen (RKS 6 – RKS 8) ist die Dicke des frostsicheren Oberbaus deutlich geringer und somit nicht in Einklang mit den derzeitigen Normen (RStO 12).

Einzelheiten zu den Schichtdicken können den Schichtenverzeichnissen in Anlage 3.1 sowie den Bohrprofilen in Anlage 3.2 entnommen werden.



7. Laborversuche

7.1. Bodenmechanische Laborversuche

Zur Präzisierung der Bodenansprache und Bestimmung bodenmechanischer Kennwerte wurden folgende Laboruntersuchungen an ausgewählten Bodenproben durchgeführt.

- Korngrößenverteilung mittels Nasssiebung gemäß DIN 18 123 (10 Stck.)
- natürlicher Wassergehalt w_n gemäß DIN 18 121-1 (4 Stck.)
- einaxiale Druckfestigkeit gemäß DGGT-Empfehlung Nr. 1 (1 Stck.).

Die Ergebnisse der Laborversuche sind in Tabelle 6, die zugehörigen Prüfprotokolle in Anlage 5 zusammengestellt.

Tabelle 6: Ergebnisse der bodenphysikalischen Laborversuche

Bohrung Probe	Ent- nahme- tiefe [m]	Schicht Nr.	nat. Was- sergehalt w_n [%]	Kornanteil <0,063 mm [%]	Kornanteil >2,0 mm [%]	Bodenart nach DIN 4022	Boden- gruppe nach DIN 18196	k_f -Wert [m/s]	Anlage Prüfpro- tokoll
RKS 1 P 1	3,0-4,0	1b	22,4	18,8	19,3	A(S,u*,g)	[SU*]	$9,4 \cdot 10^{-6}$	5.1.01 5.2
RKS 3 P 3	1,0-1,4	1b	-	8,9	71,5	A(G,s)	[GU]	$4,6 \cdot 10^{-5}$	5.1.02
RKS 5 P 2 + RKS 4 P 2	0,22-0,48	1a	-	7,3	78,7	A(G,s')	[GU]	$9,6 \cdot 10^{-5}$	5.1.03
RKS 7 P 2	0,15-0,40	1a	-	5,2	87,4	A(gG,mg)	[GU]	$2,2 \cdot 10^{-3}$	5.1.04
RKS 9 P 2	0,22-0,30	1a	-	5,8	66,9	A(G,s*)	[GU]	$2,1 \cdot 10^{-4}$	5.1.05
RKS 9 P 3	1,5-2,0	3a	6,2	19,0	56,0	G,s*,u*	GU*, Zv	$1,2 \cdot 10^{-5}$	5.1.06 5.2
RKS 10 P 1	0,2-1,0	1b	-	7,7	52,4	A(G,s*)	[GU]	$8,3 \cdot 10^{-5}$	5.1.07
RKS 12 P 2	2,0-3,0	1b	-	14,6	50,1	A(G,s*)	[GU]	$4,0 \cdot 10^{-5}$	5.1.08
B 2 P 2	4,0-4,5	2	7,1	4,0	76,6	gG,mg*,fg, s	GW	$1,0 \cdot 10^{-3}$	5.1.09 5.2
B 4 P 3	2,0-2,5	2	11,5	14,5	48,8	G,s*,u	GU	$4,9 \cdot 10^{-5}$	5.1.10 5.2

Für die untersuchten Böden wurde die Feldansprache im Ergebnis der Laboruntersuchungen überarbeitet. An einer Probe Gneis aus B 2 (6,5 - 6,6 m) wurde die einaxiale Druckfestigkeit mit 56 N/mm² bestimmt (am Bohrkern), was einer mittleren Gesteinsfestigkeit entspricht.



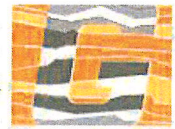
7.2. Schadstoffuntersuchungen

Folgende Schadstoffuntersuchungen wurden durchgeführt.

Tabelle 7: Probenahme chemische Untersuchungen

Probebezeichnung	Herkunft	Material	Untersuchung	Ergebnis
RKS 1/P 1 0,00-0,23 m	Straße	Asphalt	Teererkenennung (PAK, Phenol)	Tabelle 8
RKS 3/P 1 0,00-0,19 m				
RKS 7/P 1 0,00-0,15 m				
RKS 8/P 1 0,00-0,11 m				
Überbau/P 1 0,00-0,16 m				
Kappe 0,00-0,14 m	Brückenkappe	Beton	vorläufige Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial, herausgegeben vom Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft Sachsen (SMUL-Erlass 2012)	Tabelle 9
WL N horizontal 0,00-0,58 m	Widerlager	Naturstein		
B 1/P 1 0,5-0,7 m	Auffüllung, Schottertrag-schicht	Boden	LAGA M 20 TR Boden (2004), Böden mit mineralischen Fremdbestandteilen, Feststoff und Eluat komplett	Tabelle 10 (Feststoff) und Tabelle 11 (Eluat)
B 4/P 1 0,5-0,8 m	Auffüllung			

Die Schadstoffuntersuchungen führten zu den nachfolgend aufgelisteten Ergebnissen:



7.2.1. Asphalt

Tabelle 8: Analyseergebnisse Teererkenennung und Bewertung

Probebezeichnung	Analyseergebnisse			Einstufung ge- mäß RuVA-StB 01/05
	Σ PAK [mg/kg OS]	Benzo(a)pyren (mg/kg OS)	Phenolindex [mg/l]	
RKS 1/P 1 0,00-0,23 m	1,1	<0,5	<0,01	A
RKS 3/P 1 0,00-0,19 m	4,0	<0,5	<0,01	
RKS 7/P 1 0,00-0,15 m	0,6	<0,5	<0,01	
RKS 8/P 1 0,00-0,11 m	1,5	<0,5	<0,01	
Überbau/P 1 0,00-0,16 m	n.b. ^{*)}	<0,5	<0,01	

^{*)} nicht berechenbar, da zur Summenbildung nur Werte größer als Bestimmungsgrenze verwendet werden und hier alle Einzelparameter kleiner als Bestimmungsgrenze sind.

Der **Asphalt** ist der Verwertungsklasse A gem. RuVA-StB 01/05 zuzuordnen. Damit ist eine Wiederverwertung im Heißmischverfahren möglich und auch anzustreben.

Einzelheiten können den Analyseprotokollen in Anlage 6.1 entnommen werden.



7.2.2. Bausubstanz

Tabelle 9: Chemische Analyse Feststoff und Eluat und Vergleich mit SMUL-Erlass (2012)

Parameter	Einheit	Analyseergebnisse		Zuordnungswerte nach SMUL-Erlass		
		Kappe 0,00-0,14 m	WL N hori- zontal 0,00-0,58 m	W 1.1	W 1.2	W 2
Kohlenwasserstoffe C ₁₀ -C ₄₀	mg/kg	<50	<50	300 (600 [*])	500 (600 [*])	1000
PAK nach EPA	mg/kg	n.b. ^{#)}	47,4	5 (10 ^{**})	15 (50 ^{**})	75
EOX	mg/kg	<1	<1	3	5	10
PCB ₆	mg/kg	n.b. ^{#)}	n.b. ^{#)}	0,1	0,5	1
Arsen	µg/l	<1	11	10	40	50
Blei	µg/l	<1	<1	25	100	100
Cadmium	µg/l	<0,3	<0,3	5	5	5
Chrom gesamt	µg/l	44	1	50	75	100
Kupfer	µg/l	<5	<5	50	150	200
Nickel	µg/l	<1	<1	50	100	100
Quecksilber	µg/l	<0,2	<0,2	1	1	2
Zink	µg/l	<10	<10	500	500	500
Phenole	µg/l	0,22	0,08	20	50	100
Chlorid	mg/l	25	11	100	200	300
Sulfat	mg/l	15	5,1	240	300	600
pH-Wert	-	11,9	10,2	7-12,5	7-12,5	7-12,5
elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	2410	137	1500	2500	3000
Bewertung:		W 1.1	W 2			

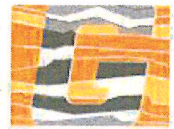
^{*}) Werte gelten nur, sofern die MKW-Konzentrationen auf Asphaltanteile zurückzuführen sind. Zum Nachweis ist im Eluat eine MKW-Konzentration von 200 µg/l einzuhalten.

^{**}) Werte gelten nur, sofern die PAK-Konzentrationen auf Asphaltanteile zurückzuführen sind. Zum Nachweis ist im Eluat eine PAK-Konzentration von 0,2 µg/l einzuhalten.

[#]) nicht berechenbar, da zur Summenbildung nur Werte größer als Bestimmungsgrenze verwendet werden und hier alle Einzelparameter kleiner als Bestimmungsgrenze sind.

Der Beton der Kappe ist als unkritisch anzusehen, da Beton naturgemäß eine hohe elektrische Leitfähigkeit aufweist und dieser Parameter allein kein Ausschlusskriterium darstellt. Der Ansatz der Wiedereinbauklasse W 1.1 (Wiederverwendung in technischen offenen Bauwerken) wird empfohlen.

Das Naturgestein des Widerlagers weist eine geringe Überschreitung des Arsen-Grenzwertes sowie eine große Überschreitung bei PAK auf, so dass sich eine Einordnung in die Wiederverwertungsklasse W 2 erforderlich macht. Die Ursache des hohen PAK-Wertes ist unbekannt. Ein oberflächlicher Dichtungsanstrich aus Teer wurde visuell nicht festgestellt.



Falls das Material auf einer Deponie entsorgt werden soll, sind weiterführende Untersuchungen nach Deponieverordnung (DepV) erforderlich. Für die Entsorgung auf Deponien der Deponieklassen I bis III sind der festgestellte PAK- sowie Arsengehalt unproblematisch, da dieser nicht zum Untersuchungsumfang gemäß DepV gehört und es sich nicht um gefährlichen Abfall gemäß AVV handelt. Es gilt die Abfallschlüsselnummer 17 05 04 (Boden und Steine).

Einzelheiten zur Analyse der Bausubstanz kann Anlage 6.2 entnommen werden.

7.2.3. Boden (Auffüllung)

Tabelle 10: Chemische Analyse Feststoff und Vergleich mit LAGA M 20 TR Boden (2004)

Parameter	Einheit	Analyseergebnis		Zuordnungswerte nach LAGA		
		B 1/P 1 0,5-0,7 m	B 4/P 1 0,5-0,8 m	Z 0*	Z 1	Z 2
Σ PAK nach EPA	mg/kg	n.b.**)	14,1	3	3	30
Benzo(a)pyren	mg/kg	<0,05	1,5	0,3	0,9	3
EOX	mg/kg	<1	<1	1	3	10
MKW (C ₁₀ -C ₄₀)	mg/kg	<50	138 ^{#)}	100	300	1000
Arsen	mg/kg	27	41	10	45	150
Blei	mg/kg	26	35	40	210	700
Cadmium	mg/kg	0,2	0,5	0,4	3	10
Chrom	mg/kg	29	53	30	180	600
Kupfer	mg/kg	32	36	20	120	400
Nickel	mg/kg	23	57	15	150	500
Quecksilber	mg/kg	<0,07	<0,07	0,1	1,5	5
Zink	mg/kg	76	100	60	450	1500
TOC	M.-%	0,7	2,9	0,5	1,5	5

^{*)} Werte für Zuordnungswert Z 0 gelten für die Bodenart „Sand“

^{**)} nicht berechenbar, da zur Summenbildung nur Werte größer als Bestimmungsgrenze verwendet werden und hier alle Einzelparameter kleiner als Bestimmungsgrenze sind

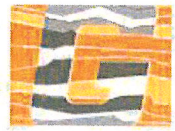
^{#)} enthält geringe Anteile an MKW > C₄₀.


Tabelle 11: Chemische Analyse Eluat und Vergleich mit LAGA M 20 TR Boden (2004)

Parameter	Einheit	Analyseergebnis		Zuordnungswerte nach LAGA			
		B 1/P 1 0,5-0,7 m	B 4/P 1 0,5-0,8 m	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
pH-Wert	-	9,3	8,0	6,5-9,5	6,5-9,5	6,0-12	5,5-12
elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	429	50	250	250	1500	2000
Chlorid	mg/l	83	<1,0	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	4,8	<1,0	20	20	50	200
Arsen	µg/l	11	8	14	14	20	60
Blei	µg/l	4	8	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	<0,3	<0,3	1,5	1,5	3	6
Chrom gesamt	µg/l	1	<1	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	<5	7	20	20	60	100
Nickel	µg/l	<1	1	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	1	2
Zink	µg/l	<10	<10	150	150	200	600
Bewertung:		Z 2	Z 2				

Der untersuchte Boden (Auffüllung sowie Schottertragschicht) ist der Zuordnungs-kategorie Z 2 gemäß LAGA zuzuordnen, hervorgerufen durch den Gehalt der farblich markierten Parameter. Damit ist ein eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen in technischen Bauwerken möglich (Einbauklasse 2). Vorzugsweise sollten diese Massen als Schüttstoff für Straßendämme o.ä. eingesetzt werden.

Einzelheiten zur chemischen Analyse der Auffüllung sind Anlage 6.3 zu entnehmen.



7.3. Grundwasseranalyse

Eine aus der Bohrung B 4 aus 3,60 m Tiefe entnommene Grundwasserprobe sowie eine Wasserprobe aus der unmittelbar angrenzenden Flöha wurden bezüglich Beton- und Stahlaggressivität mit folgenden Ergebnissen analysiert (Prüfbericht in Anlage 6.4).

Tabelle 12: Betonaggressivität Grund- und Flusswasser

Parameter	Wert		Einheit	Betonangriffsgrad gemäß DIN 4030-1		
	B 4 3,60 m	Flöha		schwach angreifend	stark angreifend	sehr stark angreifend
pH-Wert	7,72	6,3	-	6,5 bis 5,5	<5,5 bis 5,5	<4,5
Ammonium (NH ₄ ⁺)	0,47	<10	mg/l	15 bis 30	>30 bis 60	>60
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	29,5	30	mg/l	200 bis 600	>600 bis 3000	>3000
Magnesium Mg ²⁺)	5,0	4,5	mg/l	300 bis 1000	>1000 bis 3000	>3000
kalklösende Kohlen- säure CO _{2,aggr.}	<1,1	32	mg/l	15 bis 40	>40 bis 100	>100

Das **Grundwasser** gilt als „*nicht betonangreifend*“ gemäß DIN 4030-1. Das **Flusswasser** ist „*schwach betonangreifend*“, hervorgerufen durch den Gehalt an kalklösender Kohlensäure. Somit ist die Betonexpositionsklasse XA 1 gemäß DIN EN 206-1 bzw. DIN 1045-2 für das Bauverhalten maßgebend.

Tabelle 13: Stahlaggressivität Grundwasser

	Unterwasser- bereich	Wasser-/ Luftgren- ze	Spritzwasser- bereich
a) unlegierter bzw. niedrig legierter Stahl			
Wert aus Anlage 6.5, Seite 1, Abschnitt a)	1,6	0,6	2,0
Mulden- und Lochkorrosion	sehr gering	sehr gering	sehr gering
Flächenkorrosion	sehr gering	sehr gering	sehr gering
b) verzinkter Stahl			
Wert aus Anlage 6.5, Seite 1, Abschnitt b)	1,0	-5,0	-1,0
Güte der Deckschichten	sehr gut	befriedigend	gut


Tabelle 14: Stahlaggressivität Flusswasser

	Unterwasser- bereich	Wasser-/ Luftgren- ze	Spritzwasser- bereich
a) unlegierter bzw. niedrig legierter Stahl			
Wert aus Anlage 6.5, Seite 2, Abschnitt a)	-6,0	-8,0	-6,6
Mulden- und Lochkorrosion	mittel	mittel	mittel
Flächenkorrosion	gering	gering	gering
b) verzinkter Stahl			
Wert aus Anlage 6.5, Seite 2, Abschnitt b)	-7,0	-13,0	-9,0
Güte der Deckschichten	befriedigend	nicht ausreichend	nicht ausreichend

Das Flusswasser ist deutlich aggressiver gegenüber Stahl als das Grundwasser und daher maßgeblich. Angesichts der festgestellten Stahlaggressivität sind speziellen Maßnahmen für einen zusätzlichen Korrosionsschutz von Stahlbauteilen im Grundwasser unabdingbar.

Die Untersuchungsberichte sind als Anlage 6.4, die Bewertung der Stahlaggressivität als Anlage 6.5 beigefügt



8. Berechnungskennwerte und Bodenklassifikation

Für erdstatische Berechnungen können die folgenden Kennwerte angesetzt werden.

Tabelle 15: Bodenmechanische Kennwerte

Schicht Nr.	Bezeichnung	Boden-gruppe	cal. γ	cal. γ'	cal. Φ'	cal. c'	cal. E_s	k_f (ca.)
1a	Auffüllung (Schottertrag-schicht)	[GU], lokal [GU*]	21	12	35	0	50	$\approx 10^{-4} \dots 10^{-3}$
1b	Auffüllung (Straßen-damm, Geländeregulie-rung)	[GU], [GU*], [SU*]	20	11	32	0	30	$\approx 10^{-6} \dots 10^{-5}$
1c	Auffüllung (Widerlager-hinterfüllung)	[GU], [GU*]	20	11	32	0	25	$\approx 10^{-6} \dots 10^{-5}$
1d	Schwemmlagerung halbfest	[UL]	18	8	22	0	5	-
2	Flusssand und -sand überwiegend mitteldicht bis dicht	GW, GU, GU*, SU, SU*	20	11	30	0	50	$\approx 10^{-6} \dots 10^{-4}$
3a	Gneis-Zersatz mindestens dicht	GU, GU*, Zv	21	11	35	0	70	$\approx 10^{-6} \dots 10^{-5}$
3b	Gneis-Festgestein	Z	23	13	40	>100	>200	-

Legende:

cal. γ	cal. Bodendichte, erdfeucht [kN/m ³]	cal. ϕ'	cal. Reibungswinkel [°]
cal. γ'	cal. Bodendichte unter Auftrieb [kN/m ³]	cal. c'	cal. Kohäsion [kN/m ²]
cal. E_s	cal. Steifemodul [MN/m ²]	k_f	Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]
()	Rechenwert in Klammern		

Für die Berechnung von Bohrpfehlen gelten folgende Baugrunderkennwerte:

Tabelle 16: Bodenmechanische Kennwerte für Bohrpfehlgründungen

Schicht Nr.	Bodenart	Boden-gruppe	$q_{b,k}$ [MN/m ²]
3b	Gneis-Festgestein	Z	15

Legende:

$q_{b,k}$ Pfahlspitzenwiderstand [MN/m²]



Die Pfahlkopfsetzung im Fels ist vernachlässigbar. Bei einer Mindesteinbindung von 0,5 m in den Fels würden sich sehr kurze Pfahllängen ergeben, weshalb auch keine nennenswerte Betonstauung eintritt. Dadurch wird in den oberhalb von Schicht 3b anstehenden Schichten keine Mantelreibung aktiviert. Deshalb ist ein Ansatz von Mantelreibung für diese Schichten nicht gerechtfertigt und der Lastabtrag erfolgt ausschließlich über Spitzendruck. Es wurden für die oberhalb von Schicht 3b lagernden Schichten deshalb keine Kennwerte in Tabelle 16 angegeben.

Der angetroffene Baugrund lässt sich den folgenden Bodengruppen, Bodenklassen bzw. Frostempfindlichkeitsklassen zuordnen:

Tabelle 17: Bodenklassen und Frostempfindlichkeit

Schicht Nr.	Bodenart	Bodengruppe DIN 18 196 ¹⁾	Bodenklasse DIN 18 300 ²⁾	Bodenklasse DIN 18 301 ³⁾	Frostempfindlichkeitsklasse ZTV E-StB 09 ⁴⁾
0	Oberboden	[OH]	1	-	F 3
1a	Auffüllung (Schotter-tragschicht)	[GU], lokal [GU*]	3-4	BN 1, BS 1	F 2
1b	Auffüllung (Straßen-damm, Geländeregulierung)	[GU], [GU*], [SU*]	3-4	BN 1, BN 2, BS 1	F 2 bis F 3 F 2 charakteristisch
1c	Auffüllung (Widerlagerhinterfüllung)	[GU], [GU*]	3-4	BN 1, BN 2, BS 1	F 2 bis F 3 F 2 charakteristisch
1d	Schwemmlagerung halbfest	[UL]	4	BB 3	F 3
2	Flusssand und -sand überwiegend mitteldicht bis dicht	GW, GU, GU*, SU, SU*	3-4	BN 1, BN 2, BS 1	F 2 bis F 3 F 2 charakteristisch
3a	Gneis-Zersatz mindestens dicht	GU, GU*, Zv	5-6	BN 1, BN 2, BS 1-BS 3	F 2 bis F 3 F 2 charakteristisch
3b	Gneis-Festgestein	Z	7	FV 2-FV 5, nur vereinzelt FV 6 FD 1 bis FD 2, nur vereinzelt FD 3	-

Legende:

¹⁾ DIN 18 196 Bodenklassifikation, Ausgabe 06/2010

²⁾ DIN 18 300 Erdarbeiten, Ausgabe 09/2012

³⁾ DIN 18 301 Bohrarbeiten, Ausgabe 09/2012

⁴⁾ ZTV E-StB 09 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2009

9. Gründungsempfehlung Ersatzneubau

9.1. Allgemeine Baugrundeignung

Die angetroffenen Baugrundverhältnisse decken sich mit der gemäß regionalgeologischem Kartenwerk /12/ erwarteten Geologie und sind als sehr homogen mit nur geringfügigen Unterschieden zwischen den jeweiligen Widerlagern sowie den beiden Brückenstandorten zu bezeichnen. Die geotechnische Kategorie 2 gilt in Verbindung mit der geplanten Bauaufgabe als bestätigt.

9.2. Flachgründung

Gemäß vorliegendem Planungsstand /5/ sollen die Ersatzneubauten als Stahlbetonrahmen auf Streifenfundamenten gegründet werden. Die Gründungssohlen sind bei 476,0 m NHN (Lagevariante 1) bzw. 475,9 m NHN (Lagevariante 2) vorgesehen. Nachfolgend werden Gründungsempfehlungen für beide Lagevarianten gegeben.

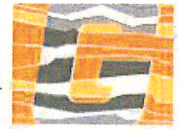
9.2.1 Lagevariante 1

Das Festgestein in Achse 10 steht bei 476,2 m NHN an. Damit steht in der geplanten Gründungssohle für das Fundament in Achse 10 (ca. 476,0 m NHN) Festgestein (Schicht 3b) an. Das vorhandene Fundament in Achse 10 gründet ebenfalls bei dieser Kote. Das Fundament in Achse 20 ist bei 475,5 m NHN gegründet und wird gemäß Aufschluss B 1 ebenfalls direkt auf dem Festgestein (Schicht 3b) abgesetzt. Beide Widerlagerachsen des Rahmenbauwerks werden somit direkt auf dem Festgestein gegründet, so dass relevante Setzungsdifferenzen vermieden werden.

Die Baugrundverhältnisse sind somit als sehr günstig für eine Flachgründung zu bezeichnen.

Es wurden beispielhafte Grundbruch- und Setzungsberechnungen gemäß DIN 4017/4019/EC 7 durchgeführt. Dabei sind folgende Ansätze verwendet worden:

- angesetzte Fundamentgröße 13,0 x 3,0 m
- Gründungssohle OK Festgestein (475,93 m NHN in Achse 10 bzw. 475,50 m NHN in Achse 20)
- Einbindetiefe mindestens 1,20 m
- Bauwerk als Stahlbetonrahmen
- vorhandener charakteristischer Sohldruck $\sigma_0 \leq 400 \text{ kN/m}^2$, mittiger und lotrechter Lasteintrag
- maßgebliche Baugrundprofile: B 2 für Widerlager Nord (Achse 10), B 1 für Widerlager Süd (Achse 20)



Folgende Ergebnisse wurden errechnet:

Tabelle 18: Ergebnisse Berechnung Flachgründung Lagevariante 1

	Einheit	Achse 10 Widerlager Nord	Achse 20 Widerlager Süd
Bemessungswert des Sohl- druckwiderstands $\sigma_{R,d}$	kN/m ²	560 ^{*)}	560 ^{*)}
aufnehmbarer Sohldruck $\sigma_{zul} =$ $\sigma_{E,k}$	kN/m ²	400 ^{*)}	400 ^{*)}
rechnerische Setzung s bei charakteristischem Sohldruck $\sigma_0 = 400 \text{ kN/m}^2$	cm	0,6	0,6
rechnerische Setzung s bei charakteristischem Sohldruck $\sigma_0 = 250 \text{ kN/m}^2$	cm	0,4	0,4
Anlage		7.1.1	7.1.2

^{*)} rechnerisch begrenzt

9.2.2 Lagevariante 2

In der geplanten Gründungssohle bei 475,9 m NHN steht in Achse 10 Gneis-Zersatz (mindestens dicht) bzw. in Achse 20 Flussskies (mitteldicht) an. Das Festgestein folgt bei 474,1 ... 474,3 m NHN.

Es wird empfohlen, die Gründung in Achse 20 ebenfalls auf dem Gneis-Zersatz abzusetzen. Somit werden einheitliche Gründungsverhältnisse mit etwa gleichen Setzungsbeträgen geschaffen, was für die Lastabtragung des Rahmenbauwerks wichtig ist.

Es wurden beispielhafte Grundbruch- und Setzungsberechnungen gemäß DIN 4017/4019/EC 7 durchgeführt. Dabei sind folgende Ansätze verwendet worden:

- angesetzte Fundamentgröße 13,0 x 3,0 m
- Gründungssohle OK Gneis-Zersatz (475,9 m NHN in Achse 10 bzw. 475,3 m NHN in Achse 20)
- Einbindetiefe mindestens 1,20 m
- Bauwerk als Stahlbetonrahmen
- vorhandener charakteristischer Sohldruck $\sigma_0 \leq 400 \text{ kN/m}^2$, mittiger und lotrechter Last-eintrag
- maßgebliche Baugrundprofile: B 4 für Widerlager Nord (Achse 10), B 3 für Widerlager Süd (Achse 20)



Folgende Ergebnisse wurden errechnet:

Tabelle 19: Ergebnisse Berechnung Flachgründung Lagevariante 2

	Einheit	Achse 10 Widerlager Nord	Achse 20 Widerlager Süd
Bemessungswert des Sohldruckwiderstands $\sigma_{R,d}$	kN/m ²	560 ^{*)}	560 ^{*)}
aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} $= \sigma_{E,k}$	kN/m ²	400 ^{*)}	400 ^{*)}
rechnerische Setzung s bei charakteristischem Sohldruck $\sigma_0 = 400 \text{ kN/m}^2$	cm	1,1	1,0
rechnerische Setzung s bei charakteristischem Sohldruck $\sigma_0 = 250 \text{ kN/m}^2$	cm	0,7	0,6
Anlage		7.2.1	7.2.2

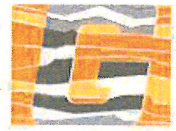
^{*)} rechnerisch begrenzt

9.2.3 Setzungen

Die angegebenen Setzungsbeträge werden praktisch direkt mit der Lasteintragung abklingen. Die rechnerischen Setzungsunterschiede sind vernachlässigbar gering.

Der notwendige Kolkschutz ist durch die geplante Sohlbefestigung mit Wasserbaupflaster gegeben. Diese wird gemäß Planung bis an das Brückenbauwerk herangezogen.

Da ideale Baugrundverhältnisse für eine Flachgründung vorhanden sind, wird keine weitere Gründungsvariante betrachtet.



10. Bemessung Oberbau

Die Bemessung von Verkehrsanlagen regeln die RStO 12. Der Ausgangswert ist in Abhängigkeit von der Frostempfindlichkeitsklasse des Untergrunds/Unterbaus sowie der Bauklasse den RStO 12, Tabelle 6 zu entnehmen. Mehr- oder Minderdicken sind in Tabelle 7 der RStO 12 aufgelistet.

Die Frosteinwirkungszone III sowie günstige Grundwasserverhältnisse (Straße in Dammlage) sind dabei maßgeblich. Für den Ausbau der bestehenden Straßen kann dabei die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 für den bereits bestehenden Damm angesetzt werden, da sie charakteristisch für die Schichten 1b bzw. 3a ist. Sofern man im Bereich des Straßenneubaus den oberen Meter der Dammschüttung mit F 1-Boden herstellt, kann auch die Frostempfindlichkeitsklasse F 1 für den Unterbau angesetzt werden und damit die Frostschutzschicht des Oberbaus entfallen.

Für eine angenommene Belastungsklasse Bk3,2 bis Bk1,0 und einem F 2-Untergrund beträgt die Minstdicke des frostsicheren Oberbaus 65 cm.

11. Hinweise zur Bauausführung

11.1. Erdbau / Baugrubensicherung / Rückverfüllung

Bei Erdarbeiten sind die Forderungen / Empfehlungen der ZTV E-StB 09 zu beachten.

Sofern der Fluss bauzeitlich verrohrt an der Baustelle vorbeigeleitet wird, kann die Baugrube geböscht hergestellt werden.

Gemäß DIN 4124 sind oberhalb des Grundwasserspiegels folgende Böschungswinkel einzuhalten:

- bis 1,25 m Tiefe: senkrecht geschachtet
- 1,25 m bis 1,75 m: bis 1,25 m senkrecht und danach geböscht mit Böschungswinkel $\beta \leq 45^\circ$
- ab 1,75 m – 5,0 m: geböscht bzw. verbaut auf kompletter Tiefe.

Im Bereich Lagevariante 2 ist eine rechnerische Baugrubentiefe von ca. 2,6 m zu erwarten. Es wird das Anlegen einer auf kompletter Tiefe geböschten Baugrube empfohlen (Böschungswinkel 45°).

Falls aus technologischen Gründen das Herstellen einer geböschten Baugrube ausscheidet, kommt als einzig sinnvolle Verbauart in Abhängigkeit vom Untergrund eine eingebohrte Trägerbohlwand in Betracht. Rammende Verfahren (Spundwandkasten) sind nicht ausführbar.



Die Bodenklassen gem. DIN 18 300 (Lösbarkeit) der anstehenden Böden sind in Tabelle 17 zusammengefasst.

Bei einer Gründung auf Festgestein sind lose Bestandteile zu entfernen und augenscheinliche Klüfte mittels Magerbeton zu verschließen. Zudem sind Mehrmengen von bis zu 25 % beim Unterbeton zu berücksichtigen, da kein profilgerechtes Lösen möglich ist.

Die Hinterfüllung der Fundamente und der Widerlager muss bezüglich Materialwahl und Verdichtungsgraden nach den Forderungen von ZTV E-StB 09 bzw. Richtzeichnung Was 7 erfolgen. Auf den Einbau einer Dichtschicht kann verzichtet werden, da der anstehende Flusskies durchlässig gemäß DIN 18 130-1 ist und anfallendes Sickerwasser aufnehmen kann. Das Fundament ist dabei so zu profilieren, dass Sickerwasser vom Bauwerk weg in den Untergrund ablaufen kann. Sickerschicht und Hinterfüllung sind dabei mit zertifiziertem grobkörnigem Boden herzustellen.

11.2. Wasserhaltung

Der erkundete Wasserstand liegt bis zu 1,5 m oberhalb der empfohlenen Gründungssohlen. Damit ist eine Wasserhaltung für die Trockenhaltung der Baugrube unabdingbar.

Das Grundwasser wird maßgeblich vom Flusswasser gespeist. Es wird empfohlen, den Fluss bauteillich zu verrohren und das Wasser somit gezielt an der Baustelle vorbeizuleiten. Damit wird die Grundwasserneubildung maßgeblich unterbunden. Alternativ kann durch den Einbau von Sandsäcken bzw. Bigbags der Fluss gezielt an den Baugruben vorbeigeführt werden.

Eine Grobabschätzung der zu fördernden Wassermenge ergab ca. 5 m³/h je Widerlagerbaugrube, ist jedoch deutlich von der gewählten Art der Flussführung an der Baustelle vorbei abhängig. Mit einer offenen Wasserhaltung (Söffelpumpe im Pumpensumpf) sollte dieser Wasserandrang beherrschbar sein. Mehrere Pumpensümpfe in der Baugrube steigern die Leistungsfähigkeit der Grundwasserhaltung. Mit der Flöha steht eine natürliche Vorflut zur Verfügung.



11.3. Straßenneubau

Je nachdem, welche Lagevariante der Brücke ausgeführt wird, ist der Neubau bzw. Ausbau von Straßen erforderlich.

Beim Ausbau von Straßen muss die Dicke des frostsicheren Oberbaus beachtet werden (siehe Abschnitt 10). Die im Erdplanum erforderliche Mindesttragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ sollte problemlos erreichbar sein.

Für den Straßenneubau müssen vorhandene Straßendämme verbreitert bzw. auch komplett neu gebaut werden. Für die Gründung der Dämme muss der Oberboden abgetragen werden. Die Dammaufstandsfläche ist zu profilieren und sollte eine Mindesttragfähigkeit von $E_{v2} \geq 30 \text{ MN/m}^2$ aufweisen. Wird dies nicht erreicht, ist grobkörniger Boden in den Untergrund einzuwalzen. Danach kann lagenweise der Damm hergestellt werden. Es wird empfohlen, grob- bis gemischtkörnige Böden (GT, GU, GW, ST, SU, SW) einzubauen und auf einen Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 98 \%$ zu verdichten. Im oberen Meter bis Erdplanum sollte nur grobkörniger Boden (SW, GW) verwendet werden, um eine Anrechnung an die Gesamtdicke des frostsicheren Oberbaus gem. RStO 12 rechtfertigen zu können. Für den oberen Meter des Straßendamms gilt ein Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 100 \%$. Eine Mindesttragfähigkeit $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ ist auf Oberkante Erdplanum nachzuweisen.

Anschüttungen an bestehende Straßendämme sind mit dem Bestand zu verzahnen.

Böschungen von Dämmen $h \geq 2 \text{ m}$ sind gem. RAS-Q mit einer Regelböschung von 1:1,5 bzw. flacher herzustellen. Für Dämme $h < 2 \text{ m}$ gilt eine Böschungsbreite von 3 m. Der Erosionsschutz ist durch unverzügliche Begrünung zu gewährleisten.

Die Entwässerung des Erdplanums ist durch ein Quergefälle $\geq 2,5 \%$ zu gewährleisten.

12. Abschließende Hinweise

Die durchgeführten Gründungsberechnungen verstehen sich als Vorbemessungen für den Bauwerksentwurf und sind im Zuge der Ausführungsplanung entsprechend zu präzisieren.

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

Nach Erarbeitung der Bauwerksplanung ist der Inhalt des Gutachtens zu prüfen und ggf. dem fortgeschrittenen Planungsstand anzupassen.