

S 211 bei Heidersdorf
BW 11, Brücke über die Flöha
Erzgebirgskreis

Baugrunduntersuchung
Hauptuntersuchung
Geotechnische Kategorie 2

IFG-Projekt Nr.: 125-06-16

Bauherr:

LASuV Landesamt für Straßenbau und Verkehr
Niederlassung Zschopau
Hans-Link-Straße 4
09131 Chemnitz
Telefon: 0371 / 4660-0
Fax: 0371 / 4660-199


Entwurfsplanung / Auftraggeber:

Seel + Hanschke Beratende Ingenieure GmbH
Zum Alten Dessauer 13
01723 Kesselsdorf
Telefon: 035204 / 7849-0
Fax: 035204 / 7849-19

Verfasser:

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

Bautzen, 19.12.2016


.....
Dipl.-Ing. Stefan Thiem
Bearbeiter / Geschäftsführer



IFG Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH

02625 Bautzen

Purschwitzer Str. 13

Tel.: 03591 / 677130

Fax: 03591 / 677140

01833 Stolpen

Bischofswerdaer Str. 14a

Tel.: 035973 / 29621

Fax: 035973 / 29626

09599 Freiberg

Halsbrücker Str. 31a

Tel.: 03731 / 68542

Fax: 03731 / 68544

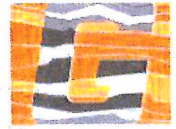
Handelsregister Dresden

HRB 10480

Geschäftsführer:

Dipl.-Ing. Arnd Böhmer

Dipl.-Ing. Stefan Thiem


INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1. Veranlassung, Unterlagen, Bauvorhaben.....	5
1.1 Veranlassung	5
1.2 Unterlagen.....	6
1.3 Beschreibung des Bauvorhabens	6
2. Geologische und hydroeologische Verhältnisse	7
3. Erkundungsergebnisse	7
3.1 Untersuchungsumfang	7
3.2 Aufschlussergebnisse, maßgebende Baugrundprofile	8
3.3 Straßenaufbau, Anschlussbereiche	11
3.4 Bestandsuntersuchung.....	13
3.5 Bodenmechanische Laboruntersuchungen.....	15
3.7 Eigenschaften der Locker- und Festgesteine.....	17
3.8 Wasser und Grundwasser	18
3.8.1 Grundwasserverhältnisse.....	18
3.8.2 Beton- und Stahlaggressivität des Grund- und Flusswassers.....	18
4. Bodenmechanische Kennwerte.....	21
5. Bodenklassen, Frostempfindlichkeit.....	24
5.1 Bodenklassen.....	24
5.2 Homogenbereiche	25
6. Gründungsempfehlungen.....	27
6.1 Gründungsempfehlung	27
6.2 Maßgebendes Kennwertprofil.....	27
6.3 Geotechnische Berechnungen zu den Gründungsvarianten	28
7. Bautechnische Empfehlungen.....	29
7.1 Versickerungsfähigkeit des Untergrundes, Wasserhaltung	29
7.2 Verbau und Baugrube	29
7.3 Herstellung von Bohrpfählen	30
7.4 Wiederverwendbarkeit der Aushubmaterial	30
7.4.1 Wiederverwendung von Ausbauasphalt	30
7.4.2 Bodenmaterial.....	32
7.4.3 Wiederverwendung von Tragschichten	33
7.4.4 Abbruchmaterialien	33
7.5 Altbergbau	33
7.6 Erdbeben.....	34
7.7 Straßenbau	34
8. Abschließende Hinweise	35


TABELLENVERZEICHNIS

Seite

Tabelle 1	Aufschlüsse Baugrunderkundung	7
Tabelle 2	Aufschlüsse Bauwerkserkundung	8
Tabelle 3	Maßgebendes Baugrundprofil Widerlager West (BK 1)- Seite Heidersdorf	9
Tabelle 4	Maßgebendes Baugrundprofil Widerlager Ost (BK 2) – Seite Neuhausen	11
Tabelle 5	Straßenaufbau, Tragfähigkeit.....	12
Tabelle 6	Erkundung Bauwerksgeometrie	13
Tabelle 7	Druckfestigkeit von Bohrkernen (Widerlager).....	14
Tabelle 8	Bodenmechanische Laborversuche	16
Tabelle 9	Druckfestigkeit von Bohrkernen	16
Tabelle 10	Bautechnische Eigenschaften.....	17
Tabelle 11	Grundwasserstände.....	18
Tabelle 12	Betonaggressivität des Grund- und Flusswassers	18
Tabelle 13	Stahlaggressivität des Grund- und Flusswassers	19
Tabelle 14	Bodenmechanische Kennwerte	21
Tabelle 15	Bodenmechanische Ausgangsgrößen zur Bemessung von Tiefgründungen.....	22
Tabelle 16	Kennwerte zur Bohrpfahlbemessung	23
Tabelle 17	Bodenklassen	24
Tabelle 18	Kennwerte für die Festlegung der Homogenbereiche von Lockergesteinen.....	25
Tabelle 19	Kennwerte für die Festlegung der Homogenbereiche von Festgestein	26
Tabelle 20	Festlegung der Homogenbereiche	26
Tabelle 21	Maßgebendes Kennwertprofil	27
Tabelle 22	Grundbruch- und Setzungsberechnung (Überschlagsrechnung f. Vertikallasten).....	28
Tabelle 23	Untersuchung gebundener Tragschichten, Bauwerksdichtung.....	31
Tabelle 24	Untersuchung von Böden nach LAGA TR Boden (Tabelle II.1.2-1).....	32

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Seite

Abbildung 1	Hohlraumkarte des Sächs. Oberbergamtes (Auszug)	34
-------------	---	----

**ANLAGENVERZEICHNIS**

Blattzahl

Anlage 1	Übersichtskarte (M 1:10.000)	1
Anlage 2	Lageplan mit Aufschlusspunkten (M 1 : 250).....	1
Anlage 3	Baugrundprofilschnitt.....	1
Anlage 4	Schichtenverzeichnisse, Bohrprofile und Sondierdiagramme	
4.1	Schichtenverzeichnisse.....	7
4.2	Bohrprofile / Rammsondierdiagramme	6
Anlage 5	Bestandsunterlagen	
5.1	Schnittzeichnungen Widerlager Flügelmauern	1
5.2	Aufnahmeblätter Kernbohrungen mit Fotodokumentation	4
Anlage 6	Fotodokumentation Bohrgut	5
Anlage 7	Bodenmechanische Labor- und Felduntersuchungen	
7.1	natürlicher Wassergehalt (DIN 18121)	1
7.2	Korngrößenverteilung (DIN 18123)	7
7.3	Konsistenzgrenzen (DIN 18122)	1
7.4	Glühverlust (DIN 18128)	1
7.5	Druckfestigkeit Bohrkerne	1
Anlage 8	Chemische Laboruntersuchungen	
8.1	Beton- und Stahlaggressivität (Prüfberichte: AR-16-FR-003807-01, AR-16-FR-003793-01.....	4
8.2	Mischprobe Boden nach LAGA (Prüfbericht: AR-16-FR-003874-01).....	6
8.3	Teerererkennung Ausbauasphalt (Prüfbericht: AR-16-FR-003862-01	3
8.4	Abbruchmaterial Kappe, Widerlager (Prüfbericht: AR-16-FR-004002-01)	6
Anlage 9	Grundbruch- und Setzungsberechnungen.....	2
	- Blatt 1: Sohldruck bis 300 kN/m ²	
	- Blatt 2: Sohldruck bis 400 kN/m ²	



1. Veranlassung, Unterlagen, Bauvorhaben

1.1 Veranlassung

Im Zuge der Staatsstraße S 211 östlich Heidersdorf ist das Brückenbauwerk BW 11 über die Flöha zu untersuchen.

Das IFG Ingenieurbüro für Geotechnik wurde mit Vertrag vom 21.06.2016 durch die Seel + Hanschke Beratende Ingenieure GmbH mit einer Baugrunduntersuchung am BW 11 beauftragt. Bauherr ist der Freistaat Sachsen (LASuV Landesamt für Straßenbau und Verkehr). Das Bauwerk ist in die Geotechnische Kategorie 2 (GK 2) einzuordnen.

Gemäß Aufgabenstellung ist ein geotechnischer Bericht nach DIN 4020 und auf der Grundlage des Eurocode 7 zu erarbeiten. Folgende Feld- und Laboruntersuchungen waren vorgesehen:

- 2 Rotationskernbohrungen einschl. schwerer Rammsondierungen (DPH) hinter den Widerlagern des Brückenbauwerkes
- 2 Rammkernsondierungen in den Anschlussbereichen des Bauwerkes
- 1 Kernbohrung im Überbau zur Erkundung der Bauwerksdichtung
- Materialentnahmen in der Brückenkappe
- je 2 Kernbohrungen in den Widerlagern zur Erkundung von Gründungstiefe und Widerlagerstärke
- je 2 Kernbohrungen in den Flügelmauern zur Erkundung von Gründungstiefe und Flügelmauerstärke
- Darstellung der Schichtenverzeichnisse nach DIN 4023, EN-ISO 14688-1
- Schichtenprofile und Profilschnitte
- Beschreibung der Bodenarten nach DIN 4022
- Bodenklassifikation nach DIN 18196, Boden- und Felsklassen nach DIN 18300, DIN 18301, Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTVE-StB
- Angabe von Homogenbereichen nach VOB 2015
- Schadstoffuntersuchungen Böden nach LAGA bzw. Straßenbaustoffe nach RuVA-StB
- Bodenmechanische Kennwerte der Schichten
- Gründungsempfehlung und Empfehlungen zur Bauausführung
- Empfehlung zu Absetztiefen von Tiefgründungen, Rammbarkeit, Bohr- und Rammhindernisse
- Tragfähigkeit der anstehenden Erdstoffe als Verkehrswegeunterbau
- Wiederverwendbarkeit von Erdstoffen
- Einstufung in Erdbebenzonen
- Böschungswinkel für Baugruben, Hinweise zu Verbaumaßnahmen und zur Wasserhaltung
- Beton- und Stahlaggressivität des Grund- und Flusswassers.



1.2 Unterlagen

Folgende Unterlagen standen bei der Bearbeitung zur Verfügung:

Karten und Literatur

- /U1/ Topographische Karte, M 1:10.000, Blatt 5346-NO (Neuhausen), Landesvermessungsamt Sachsen.
- /U2/ Geologische Spezialkarte des Königreiches Sachsen, Sektion Sayda, Blatt 5346, Sektion Olbernhau einschl. Erläuterungsheft, Leipzig 1908.
- /U3/ Geologische Karte der Deutschen Demokratischen Republik, Blatt M-33-VII (Karl-Marx-Stadt), VEB Geologische Forschung und Erkundung Halle, 1967.
- /U4/ Hohlraumkarte des Freistaates Sachsen, Sächsisches Oberbergamt, 2015 (www.bergbau.sachsen.de/8159.html).
- /U5/ Geologie von Sachsen, Kurt Pietzsch, Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1962.
- /U6/ Geologie von Sachsen, Pälchen, Walter (Hrsg.), E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 2008.
- /U7/ FLOSS: Kommentar ZTVE, 4. Auflage, Kirschbaum Verlag, 2011.
- /U8/ DGGT, EA-Pfähle, 2. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, 2012.
- /U9/ Grundbautaschenbuch, 6. Auflage, Ernst & Sohn, 2001.
- /U10/ Raithe/Kempfert: Geotechnik nach EUROCODE, 3. Auflage, Beuth-Verlag, 2012.
- /U11/ Geoforschungszentrum Potsdam: Erdbebenkarte nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 (www.gfz-potsdam.de).
- /U12/ FGSV: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen im Erdbau ZTVE-StB 09.
- /U13/ FGSV: Merkblatt über Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund.
- /U14/ FGSV: RAS-Ew, Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung.
- /U15/ FGSV: RStO-12, Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen.

Sonstige Unterlagen zum Projekt

- /U16/ Entwurfsvermessung, GEO-DAT Vermessungs GmbH, 08340 Schwarzenberg, 15.02.2016.
- /U17/ Bestandszeichnung mit Längsschnitt, Unteransicht und Querschnitt, ca. 1938.
- /U18/ Aufgabenstellung zur Baugrunderkundung, Seel + Hanschke Beratende Ingenieure GmbH, 01/2016.
- /U19/ Angebot zur Baugrunduntersuchung AN/2016/017-0 vom 13.01.2016.
- /U20/ Schichtenverzeichnisse, Lutz Grimm Geotestbohrtechnik, 27.09.2016.

1.3 Beschreibung des Bauvorhabens

Die vorhandene Einfeld-Brücke über die Flöha (Baujahr 1938) soll erneuert werden. Nach einer Bestands- und Baugrunduntersuchung und einer anschließenden Nachrechnung ist über den Umbau / Ertüchtigung bzw. den kompletten Ersatzneubau der vorhandenen Bausubstanz zu entscheiden.

Das Bauwerk hat eine Lichte Weite von 10 m und eine Breite von 7,70 m. Die Flöha fließt im Untersuchungsabschnitt in südlicher Richtung. Das natürliche Flusstal besitzt eine Breite von bis zu 200 Metern. Das Gelände ist daher relativ eben und besitzt eine mittlere Höhe von 503 m ü.NHN. Es wird derzeit als Weideland bzw. für den Futtermittelanbau (Wiese) genutzt.



2. Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Der Untersuchungsbereich ist regional der Erzgebirgischen Gneisformation zuzuordnen. Die Geologische Karte (Blatt 5346, Olbernhau/Purschenstein) weist im Bereich Heidersdorf Muscovitgneis aus. In dem Nord-Süd verlaufenden Flusstal der Flöha ist sandiger Auelehm kartiert. Insbesondere am östlichen Widerlager (Seite Neuhausen) ist durch die Lage des Bauwerkes an einem Gleithang der Flöha mit sehr feinkörnigen Auesedimenten zu rechnen.

Grundwasser ist im Umfeld des Vorfluters etwa im Niveau der Wasserführung der Flöha zu erwarten. Dieser Grundwasserspiegel wird sich über die gesamte Talbreite von ca. 200 m innerhalb der sandig-schluffigen Flussablagerungen ausbilden.

3 Erkundungsergebnisse

3.1 Untersuchungsumfang

Das Konzept zur Baugrunderkundung wurde auf der Grundlage der Aufgabenstellung des Auftraggebers (/U18/) aufgestellt.

Hinter den Widerlagern erfolgte jeweils eine Rotationskernbohrung mit einer geplanten Endteufe von 15 Metern. Die Bohrungen wurden jedoch bei einer Tiefe von 11 m bzw. 13 m eingestellt, da in diesen Tiefen der Fels bereits auf eine Länge von jeweils 2 Metern nachgewiesen werden konnte. An jeder Bohrung erfolgte eine schwere Rammsondierung bis zur Grenze der Rammbarkeit.

In den Anschlussbereichen der S 211 wurden Rammkernsondierungen bis max. 4 m Tiefe durchgeführt.

Aus den Bohrungen wurden Proben des Ausbauasphaltes, der ungebundenen Tragschichten sowie des anstehenden Baugrundes entnommen und im chemischen bzw. bodenmechanischen Labor untersucht.

Die Absteckung der Ansatzpunkte im Gelände sowie die Erfassung der geodätischen Ist-Höhe erfolgten durch das IFG auf der Grundlage der vorhandenen Entwurfsvermessung /U16/ im Höhensystem DHHN 92 (HST 160) sowie Lagesystem RD83.

Tabelle 1 Aufschlüsse Baugrunderkundung

Bohrung	RW	HW	Höhe [m NHN]	ET BK	OK SKR	ET DPH
Rotationskernbohrungen						
BK 1 / DPH 1	46 00 913,09	56 15 149,23	504,84	11,0 m	5,0 m	2,9 m
BK 2 / DPH 2	46 00 940,81	56 15 150,16	505,16	13,0 m	6,0 m	3,1 m
Rammkernsondierungen						
BP 1	46 00 880,95	56 15 152,67	504,40	4,0 m	/	/
BP 2	46 00 976,28	56 15 157,77	505,54	3,6 m	/	/

Legende:

BP ... Bohrpunkt

RW ... Rechtswert GK/RD 83

HW ... Hochwert GK/RD 83

ET ... Endteufe

BK ... Kernbohrung

DPH ... Schwere Rammsondierung

OK SKR ... Beginn Seilkernrohr (Bohren mit Spülhilfe)



Tabelle 2 Aufschlüsse Bauwerkserkundung

Bohrung	Bauteil	Winkel	Durchmesser	Tiefe
KB 1	Widerlager West (Seite Heidersdorf)	horizontal	100 mm	1,38 m
KB 2		schräg 17°	70 mm	1,30 m
KB 3	Widerlager Ost (Seite Neuhausen)	horizontal	100 mm	1,60 m
KB 4		schräg 17°	70 mm	1,50 m
KB 5	Flügelmauer West (Seite Heidersdorf) unterstrom	horizontal	100 mm	0,86 m
KB 6		wegen hoher Anschüttung der Flügelmauer in Absprache mit Auftraggeber entfallen		
KB 7	Flügelmauer Ost (Seite Neuhausen) unterstrom	horizontal	100 mm	0,64 m
KB 8		schräg 12°	70 mm	2,50 m
Kappe	Fahrtrichtung Neuhausen Mitte Bauwerk	vertikal	100 mm	0,13 m
Überbau	Fahrtrichtung Neuhausen 0,50 m von der Kappe entfernt in der Fahrbahn	vertikal	100 mm	0,30 m

Die Arbeiten vor Ort erfolgten im Zeitraum vom 26.09.2016 bis 29.09.2016. Folgende Subunternehmer waren an den Feld- und Laboruntersuchungen beteiligt:

- Rotationskernbohrungen/Kernbohrungen: Lutz Grimm Geotestbohrtechnik, 09337 Hohenstein-Ernstthal
- Kernbohrungen: Betonbohr- und Sägeservice Bautzen
- Chemisches Labor: EUROFINS Umwelt Ost GmbH, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf
- Bohrkernprüfungen: Baustoffprüflabor Bautzen, 02625 Bautzen.

Alle übrigen Arbeiten wurden durch eigenes Personal und Gerätschaften ausgeführt.

3.2 Aufschlussergebnisse, maßgebende Baugrundprofile

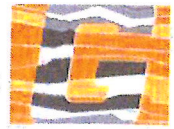
Für die Bauwerksachsen werden maßgebende Baugrundprofile erarbeitet. Die Details sind den Schichtenverzeichnissen (s. Anlage 4) zu entnehmen. Die Baugrundverhältnisse sind in Übersichtsform in einem Baugrundschnitt (s. Anlage 3) zusammengestellt.

Aus den gebundenen und ungebundenen Tragschichten wurden Proben entnommen und im chemischen Labor nach RuVA-StB bzw. nach LAGA TR Boden untersucht.

Widerlager West (Seite Heidersdorf)

- Bohrung: BK 1
- Sondierung: DPH 1

Die Aufschlüsse befinden sich hinter dem westlichen Widerlager ca. 1 m vom südlichen Straßenrand entfernt. Der gebundene Oberbau besitzt eine Stärke von 14 cm. Die Einzelheiten zum Straßenaufbau sind in Kapitel 3.3 enthalten. Bis 1,5 m u.FOK (Fahrbahnoberkante) wurden Auffüllungen (Schicht 1: [GU*] – Kies, stark schluffig, steinig) angetroffen, die zur Aufschüttung des Straßendammes und als Hinterfüllmaterial des Widerlagers dienten.



Darunter befindet sich eine ca. 30 cm starke, schwach organische, sandige Schluffschicht, die vermutlich das Niveau des ursprünglichen Geländes vor dem Bau der Brücke markiert.

Bis 2,20 m u.FOK stehen kiesig-steinige Flusskiese an (Schicht 2: GW – Kies, weitgestuft). Die Lagerung ist als locker zu bezeichnen. Bis zur Verwitterungszone des Gneis' steht eine 60 cm starke Schwemmsand-Schicht an (Schicht 3c: SU* - Sand, stark schluffig).

Der verwitterte Gneis steht zunächst in Form von Steinen bzw. eines mürben steinigen Kiesel an (Schicht 4a: GW – Kies, weitgestuft). Das Festgestein ist in seiner Struktur noch erkennbar, kann jedoch mittels Rammkernsonde noch erbohrt werden. Bei der Rotationskernbohrung zerfällt das Material in kleine Brocken, sofern es ohne Spülwasser gebohrt wird.

Ab 5,0 m bis 9,0 m u.FOK ist der Gneis stark klüftig. Das Bohrgut liegt in Kernstücken von 5 cm bis max. 10 cm Länge vor. Die schwarz bis braun gefärbten Klüfte deuten auf eine starke Klüftwasserzirkulation. Die Schieferungsflächen des Gneis' fallen im Winkel von ca. 40° ein. In den Klüften sind teilweise sandige Klüftfüllungen vorhanden.

Von 9,0 m bis 11,0 m u.FOK wurde schwach verwitterter Gneis festgestellt. Die Klüfte sind schwach braun gefärbt, was auch hier auf das Vorhandensein von Klüftwasser hindeutet. Das Gestein ist hart mit einzelnen Quarzbändern und besitzt einen festen mineralischen Verbund.

Grundwasser wurde ab 3,8 m u. GOK (501,04 m NHN) angetroffen. Das Grundwasser ist leicht gespannt und stieg bis zum Ende der Bohrungen um ca. 60 cm an.

Tabelle 3 Maßgebendes Baugrundprofil Widerlager West (BK 1)- Seite Heidersdorf

Schicht Nr.	Tiefe [m] u. GOK	Niveau [m NHN]	Bodenart	Kurzzeichen / FGSV	Zustandsform Bemerkungen
/	0,0...0,14	504,84...504,7	Asphalt	/	/
/	0,14...0,25	504,7...504,59	Schottertragschicht	[GW]	/
/	0,25...0,42	504,59...504,42	Packlager, Steine	/	/
1	0,42...1,5	504,42...503,3	Kies, steinig-sandig (Hinterfüllung Widerlager)	[GW]	locker
/	1,5...1,7	503,3...503,1	Sand, stark schluffig, humos (Dammaufstandsfläche, ehemals Oberboden)	OU	locker
2	1,7...2,2	503,1...502,6	Kies, steinig (Flusskiese)	GW/GU	locker
3c	2,2...2,8	502,6...502,0	Sand, stark schluffig (Schwemmsand)	SU*	locker / halbfest
4a	2,8...5,0	502,0...499,8	Kies, sandig-steinig Gneis, stark verwittert	SU/GU ME VZ A05 N6	dicht
4b	5,0...9,0	499,8...495,8	Gneis, stark klüftig Kernstücke bis 10 cm Schieferung: 40°	ME VA A10 N6	
4c	9,0...11,0	495,8...493,8	Gneis, stark klüftig Kernstücke 20-30 cm Schieferung: 40°	ME VU A30 N6	

Bohransatzpunkt

Grenze der Rammbarkeit ($N_{10} > 40$):

Grundwasser:

Kurzzeichen

FGSV

(Werte der Schichtgrenzen unterhalb der Oberbauschichten auf Dezimeter gerundet)

504,84 m NHN

2,9 m / 501,9 m NHN

3,2 m / 501,64 m NHN

Bodengruppe nach DIN 18196

FGSV-Felsklasse

Der Baugrund ist bis 2,90 m Tiefe rammbaar, wobei die Auffüllungen über die gesamte Dammhöhe als sehr locker gelagert gelten müssen. Bis in eine Tiefe von 2,50 Metern lagen die Schlagzahlen der schweren Rammsonde bei $N_{10} = 1 \dots 3$. Ab 2,60 m u. FOK steigt die Schlagzahl aufgrund des Steinanteils innerhalb des Verwitterungsschutts schnell an. Bei 2,90 m musste die schwere Rammsondierung abgebrochen werden.

Widerlager Ost (Seite Neuhausen)

- Bohrung: BK 2
- Sondierung: DPH 2

Die Aufschlüsse befinden sich hinter dem östlichen Widerlager ca. 1 m vom Straßenrand entfernt. Der gebundene Oberbau besitzt eine Stärke von 11 cm. Die Einzelheiten zum Straßenaufbau sind in Kapitel 3.3 enthalten. Bis 1,9 m u.FOK (Fahrbahnoberkante) wurden verschiedene kiesige Auffüllungen (Schicht 1: [GU*] – Kies, schluffig, steinig) angetroffen, die zur Aufschüttung des Straßendamms und als Hinterfüllmaterial des Widerlagers dienten.

Darunter stehen bis 4,40 m u.FOK kiesig-sandige Flussablagerungen an (Schicht 2: GW – Kies, weitgestuft). Die Lagerung ist als mitteldicht zu bezeichnen. Innerhalb der Schicht 2 ist von 2,3...3,0 m eine steifplastische Auelehmschicht zwischengeschaltet (Schicht 3a: OU Sand, stark schluffig, organisch). Diese setzt sich bis in die weiter östlich gelegene Bohrung BP 2 fort. Das Material ist hinsichtlich seiner Genese den in BK 1 angetroffenen Schwemmsanden gleichzusetzen, besitzt jedoch einen deutlich höheren organischen Anteil.

Bis 6,20 m u.FOK steht der verwitterte Gneis zunächst in Form von Steinen bzw. eines mürben steinigen Kieses an (Schicht 4a: GW – Kies, weitgestuft). Das Festgestein ist in seiner Struktur noch erkennbar, kann jedoch mittels Rammkernsonde noch erbohrt werden.

Ab 6,2 m bis 12,3 m u.FOK ist der Gneis stark klüftig. Das Bohrgut liegt in Kernstücken von 5 cm bis max. 10 cm Länge vor. Die schwarz bis braun gefärbten Klüfte deuten auf eine starke Klüftwasserzirkulation. Die Schieferungsflächen des Gneis' fallen im Winkel von ca. 40° ein. In den Klüften sind teilweise sandige Klüftfüllungen vorhanden.

Von 12,3 m bis 13,0 m u.FOK wurde schwach verwitterter Gneis festgestellt. Die Klüfte sind schwach braun gefärbt, was auf das Vorhandensein von Klüftwasser hindeutet. Das Gestein ist durch zahlreiche Quarzbänder hart und besitzt einen festen mineralischen Verbund.

Der Baugrund ist bis 4,1 m Tiefe rammbaar. Die Auffüllungen und die kiesigen Flussablagerungen sind als mitteldicht zu bezeichnen. Bei 4,1 m musste die schwere Rammsondierung abgebrochen werden.

Grundwasser wurde ab 3,6 m u. GOK (500,56 m NHN) angetroffen. Das Grundwasser ist nicht gespannt.



Tabelle 4 Maßgebendes Baugrundprofil Widerlager Ost (BK 2) – Seite Neuhausen

Schicht Nr.	Tiefe [m] u. GOK	Niveau [m NHN]	Bodenart	Kurzzeichen / FGSV	Zustandsform Bemerkungen
/	0,0...0,11	505,16...502,14	Asphalt	/	/
/	0,11...0,60	502,14...503,56	Schottertragschicht, Packlager	[GW]	/
1	0,6...1,9	503,56...502,3	Kies, steinig-sandig, schluffig (Hinterfüllung Widerlager)	[GW] [GU]	mitteldicht
2	1,9...2,3	502,3...501,9	Kies, steinig (Flussskiese)	GW / GU	mitteldicht
3a	2,3...3,0	501,9...501,2	Sand, stark schluffig, organisch (Schwemmsand)	OU	steif
2	3,0...4,4	501,2...499,8	Kies, steinig (Flussskiese)	GW / GU	mitteldicht
4a	4,4...6,2	499,8...498,0	Kies, sandig-steinig Gneis, stark verwittert	SU/GU ME VZ A05 N6	dicht
4b	6,2...12,3	498,0...491,9	Gneis, stark klüftig Kernstücke bis 10 cm Schieferung: 40°	ME VA A10 N6	
4c	12,3...13,0	491,9...491,2	Gneis, stark klüftig Kernstücke 20-30 cm Schieferung: 40°	ME VU A30 N6	

Bohransatzpunkt 504,84 m NHN
 Grenze der Rammbarkeit ($N_{10} > 40$): 2,9 m / 501,9 m NHN
 Grundwasser: 3,2 m / 501,64 m NHN
 Kurzzeichen Bodengruppe nach DIN 18196
 FGSV FGSV-Felsklasse
 (Werte der Schichtgrenzen unterhalb der Oberbauschichten auf Dezimeter gerundet)

3.3 Straßenaufbau, Anschlussbereiche

Jeweils vor und hinter dem Bestandsbauwerk erfolgten 2 Rammkernsondierungen. Die Lage der Bohrungen geht aus Anlage 2 hervor. Die Bohrungen erfolgten jeweils ca. 1 m vom Fahrbahnrand entfernt. Zunächst wurde ein Kernbohrung Ø 100 mm bis auf die ungebundenen Tragschichten ausgeführt.

Sowohl in der Bohrung BP 1 (Westseite, Heidersdorf) als auch in der Bohrung BP 2 (Ostseite, Neuhausen) wurden 1,5...1,9 m mächtige kiesig-sandige Auffüllungen der Dammschüttung festgestellt. Die Dammbasis konnte in BP 1 bei 1,50 m u.FOK aufgrund der leicht humosen Schluffe klar festgestellt werden. In der östlichen Bohrung BP 2 wurden mehrere Lagen feinkörniger Sedimente im Tiefenbereich von 2,30...3,40 m u.FOK festgestellt:

1,95...2,30 m: Schwemmsand (Schicht 3c)

2,30...2,70 m: Aueschluff (Schicht 3a)

2,70...3,40 m: Torf (Schicht 3b)

Bis zur Endteufe von 3,6...4,0 m stand kiesig-sandig verwitterter Gneis an. Die vorgesehene Tiefe von 5,0 m konnte in beiden Bohrungen aufgrund des hohen Steinanteils nicht erreicht werden.



Aus den gebundenen Tragschichten wurden Proben entnommen und im chemischen Labor nach RuVA-StB bzw. hinsichtlich der Korngrößenverteilung untersucht. Die nachfolgende Tabelle enthält sowohl den Schichtenaufbau der Konstruktionsschicht aller Bohrungen als auch Angaben zur Untersuchungsumfang im Labor.

Tabelle 5 Straßenaufbau, Tragfähigkeit

Bohrung	Tiefe	Schichtstärke	Schicht	Labor
BP 1	11 cm	11 cm	Asphalt-Trag-/Deckschicht	RuVA-StB RuVA-StB
	<u>16 cm</u>	<u>5 cm</u>	Asphalt-Tragschicht gebundene Tragschicht: 16 cm	
	60 cm > 60 cm	44 cm	Schotter-Tragschicht Dammschüttung	
BK 1	6 cm	6 cm	Asphalt-Deckschicht	} RuVA-StB
	<u>14 cm</u>	<u>8 cm</u>	Asphalt-Tragschicht gebundene Tragschicht: 14 cm	
	25 cm	11 cm	Schotter-Tragschicht	LAGA Mischprobe mit BK 2
	42 cm 77 cm > 77 cm	17 cm 35 cm	Packlager Schottertragschicht Dammschüttung / Hinterfüllung	
BK 2	6 cm	5 cm	Asphalt-Deckschicht	LAGA Mischprobe mit BK 1
	<u>11 cm</u>	<u>5 cm</u>	Asphalt-Tragschicht gebundene Tragschicht: 11 cm	
	14 cm	3 cm	Schottertragschicht	
	36 cm 60 cm > 60 cm	22 cm 24 cm	Packlager / Steine Schottertragschicht Dammschüttung / Hinterfüllung	
BP 2	6 cm	6 cm	Asphalt-Deckschicht	
	<u>16 cm</u>	<u>10 cm</u>	Asphalt-Tragschicht gebundene Tragschicht: 16 cm	
	53 cm 70 cm > 70 cm	37 cm 17 cm	Packlager / Schotter Schottertragschicht	

RuVA-StB: Analyse auf PAK (Feststoff) und Phenol (Eluat) gemäß RuVA-StB-05
LAGA: LAGA TR Boden

Gebundene Tragschichten:

Der vorhandene gebundene Oberbau besitzt eine Stärke von 11...16 cm. In allen Bohrungen wurden 2 Schichten festgestellt. Zur möglichen Wiederverwertung von Ausbauasphalt werden Aussagen in Kapitel 7.4.1 getroffen.

Ungebundene Tragschichten:

Die ungebundene Tragschicht ist ungleichmäßig aufgebaut. Zumeist wurde über der Dammschüttung eine Schottertragschicht eingebaut, über der Steine oder Packlager verlegt wurden. Vor dem Aufbringen der Asphalt-Tragschicht erfolgte meist noch der Einbau einer weiteren Schottertragschicht in verschiedenen Schichtstärken zwischen 3...11 cm.

Der Aufbau der ungebundenen Tragschichten entspricht nicht dem Stand der RSTO-12, erfüllt aber offensichtlich die Tragfähigkeitsanforderungen, da die S 211 keine größeren Unebenheiten/Dellen aufweist. Bei einem grundhaften Ausbau der Anschlussbereiche muss mit tragfähigkeitserhöhenden Maßnahmen gerechnet werden, da die Dammschüttung nicht überall ausreichend verdichtet wurde. Dies trifft vor allem auf den westlichen Teil (Seite Heidersdorf) zu.



3.4 Bestandsuntersuchung

Mittels Kernbohrungen war die Geometrie des Bauwerkes und der Flügelmauern zu erkunden. Ziel der Erkundung war:

- Ermittlung der Gründungstiefe der Widerlager durch Schrägbohrungen (KB 2 / KB 4)
- Ermittlung der Widerlagerstärke durch Horizontalbohrungen (KB 1 / KB 3)
- Ermittlung der Gründungstiefe von Flügelmauern (KB 8, die ursprünglich geplante Kernbohrung KB 6 entfällt in Abstimmung mit dem AG)
- Ermittlung der Stärke der Flügelmauern (KB 5, KB 7)
- Ermittlung des Oberbaus über der Brücke (BK 1)

Tabelle 6 Erkundung Bauwerksgeometrie

Bohrg. Nr.	Bauteil	Winkel	Bohrtiefe [m]	Ansatzhöhe [m NHN]	Gründung [m NHN]	Stärke des Bauteils [m]	Bemerkungen
Widerlager horizontal							
KB 1	WL West (Seite Heidersdorf)	horizontal	1,38 m	502,44	/	1,38 m	
KB 3	WL Ost (Seite Neuhausen)	horizontal	1,60 m	502,14	/	1,60 m	
Widerlager schräg							
KB 2	WL West (Seite Heidersdorf)	schräg 17°	1,30 m	501,96	500,72	/	
KB 4	WL Ost (Seite Neuhausen)	schräg 17°	1,50 m	502,04	500,61	/	
Flügelmauer horizontal							
KB 5	Flügelmauer West (Seite Heidersdorf)	horizontal	0,86 m	503,92	/	0,86 m	Rückseite mit 13° abgeschrägt
KB 7	Flügelmauer Ost (Seite Neuhausen)	horizontal	1,00 m	503,50	/	1,00 m	Rückseite mit 13° abgeschrägt
Flügelmauer schräg							
KB 8	Flügelmauer Ost (Seite Neuhausen)	schräg 12°	2,50 m	503,50	501,05	/	


Bewertung der Ergebnisse:

- Das BW 11 wurde auf dem Verwitterungshorizont des Freiburger Gneis gegründet (Schicht 4a). Hierbei handelt es sich um kiesig bis steinig verwitterten Gneis, der nicht mehr rammbaar ist.
- Die Gründungssohle liegt etwa in einem einheitlichen Niveau bei 500,61 m NHN bzw. 500,72 m NHN.
- Die Widerlagerstärke wurde in der Bestandszeichnung /U17/ mit 1,50 m angegeben. Die tatsächliche Widerlagerstärke beträgt:
 - o WL West (Seite Heidersdorf): 1,38 m
 - o WL Ost (Seite Neuhausen): 1,60 m
- Der Fundamentüberstand wird in /U17/ mit 0,30 m angegeben. Am östlichen Widerlager (Seite Neuhausen) wurde ein Fundamentüberstand von 80 cm festgestellt (Schlitzschurf und Peilung mittels Metallstange).
- Die Flügelmauern weisen auf der Rückseite eine mit 13° abgeschrägte Hinterkante auf. Am Bohrgut konnte ein dünner Teeranstrich an der Hinterkante festgestellt werden. Die Gründungstiefe der Flügelmauer am WL Neuhausen konnte bei 501,05 m NHN eingemessen werden. Der Gründungshorizont liegt damit in innerhalb der Flusskiese (Schicht 2).

Aufbau der Widerlager / Flügelmauern:

Sowohl Widerlager als auch Flügelmauern bestehen in ihrer Substanz überwiegend aus Beton mit eingelegten Gneis-Bruchsteinen. Lediglich die Ansichtsseiten wurden mit einem unregelmäßigen Schichtenmauerwerk hergestellt. Die Stärke des Mauerwerks beträgt 15...60 cm. Für die Ansichtsflächen wurde ein Mörtel der Mörtelgruppe II oder III genutzt.

Folgende Druckfestigkeiten wurden an Bohrkernen im Baustoffprüflabor Bautzen ermittelt (Protokoll s. Anlage 7.5):

Tabelle 7 Druckfestigkeit von Bohrkernen (Widerlager)

Bohrg. Nr.	Tiefe [m]	Bauteil	Material	Durch- messer [mm]	Höhe [mm]	Dichte [g/cm³]	Druckfestigkeit [N/mm²]	
							Messwert	korrigierter Messwert
KB 1	0,0 – 0,2 m	WL West Seite Heidersdorf	Gneis	99,5	101,9	2,66	180,7	161,5 *
	0,3 – 0,5 m		überwiegend Gneis	99,5	100,5	2,58	169,6	151,1 *
	0,7 – 0,9 m		Mischmauerwerk	99,5	101,8	2,31	41,7 **)	/
KB 3	0,0 – 0,3 m	WL Ost Seite Neuhausen	Gneis	99,5	100,2	2,60	102,3	91,1 *)
	0,5 – 0,7 m		Beton	98,5	101,0	2,16	15,0	/
	0,7 – 0,8 m		Beton	98,5	97,6	2,12	11,3	/

*) Korrektur nach DGGT-Empfehlung Nr. 1

**) kann weder dem Naturstein noch einem Betonkern zugeordnet werden

für luftgelagerte Betonkerne mit Ø 100 mm darf die Druckfestigkeit der eines wassergelagerten Würfels der Kantenlänge 150 mm gleichgesetzt werden



Die reine Gesteinsfestigkeit der Natursteinverblendung in den Ansichtsflächen liegt damit zwischen 91... 161 N/mm². Es gilt ein Mittelwert von 134 N/mm².

Die charakteristische Festigkeit des Betons bzw. des Mischmauerwerks ist wie folgt zu ermitteln:

$$f_{ck, is} = f_{is, \text{niedrigst}} + 4 \quad \text{mit:} \quad k = 7 \quad (\text{gilt für die Anzahl von 3 bis 6 geprüften Kernen})$$

$$f_{m(n)} = 13,1 \quad (\text{Mittelwert der Druckfestigkeiten, Zeile 5 und 6})$$

$$f_{ck, is} = 6,1 \text{ N/mm}^2$$

Als Berechnungsmethode ist auch die nachfolgende Beziehung zulässig:

$$f_{ck, is} = f_{is, \text{niedrigst}} + 4$$

$$f_{ck, is} = 15,3 \text{ N/mm}^2$$

Beide Methoden gelten streng genommen für eine Mindestanzahl von 3 geprüften Bohrkernen, die jedoch aufgrund der vorhandenen Qualität der Bohrkern nicht zur Verfügung standen (Sollbruchstellen bzw. Abrisse des Kerns oder Schwächung durch abgeplatzte Steine).

Es wird daher eine charakteristische Druckfestigkeit von $f_{ck, is} = 10,7 \text{ N/mm}^2$ als Mittelwert bei der Berechnungsmethoden festgelegt. Dies entspricht einer Betongüte der Druckfestigkeitsklasse C8/10.

Infolge der vergleichbaren Materialien und Aufbaus der Bauteile ist die Festigkeit der Flügelmauern analog der Festigkeit der Widerlager einzuschätzen.

Überbaukonstruktion:

In der Bauwerksmitte wurde ein Bohrkern zur Prüfung des Vorhandenseins einer Bauwerksdichtung entnommen. Hier konnte folgender Schichtenaufbau festgestellt werden:

- 13 cm: Asphalt
- 7 cm: Beton
- 7 cm Ziegel
- 3 cm: Teerdichtung → Gesamtstärke über dem Brückenbalken: 30 cm

3.5 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Zur Ermittlung von bodenmechanischen Kennwerten und zur Festlegung der Homogenbereiche nach VOB 2015 erfolgten bodenmechanische Laboruntersuchungen.

Folgende Versuche wurden durchgeführt:

- natürlicher Wassergehalt nach DIN 18121 (2x)
- Korngrößenverteilung nach DIN 18123 (7x)
- Konsistenzgrenzen nach Atterberg, DIN 18122 (1x)
- Glühverlust nach DIN 18128 (1x)
- Druckfestigkeit von Gesteinsproben (2x)

Die Versuchsergebnisse finden sich in Anlage 7.1 bis Anlage 7.5.

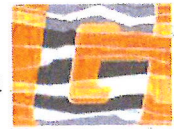


Tabelle 8 Bodenmechanische Laborversuche

Bohrgr. Nr.	Probe/ Teufe	Bodengruppe nach DIN 18196	w _n v _{Gi} [Ma %]	d<0,063 mm (Feinkorn)	d>2,0 mm (Kies- korn)	U	k _f [m/s]
BP 1	P1/0,7–1,0	Schicht 1 [SU*] - Sand, stark schluffig (Auffüllung, Dammschüttung)	/	22,8%	39,2%	n.b.	n.b.
	P2/1,5–1,8	SU* - Sand, stark schluffig Dammaufstandsfläche (Ober- boden / Lehm)	/	32,8%	15,7%	151,5	6,1*10 ⁻⁸
	P3/3,0–3,5	Schicht 4a GW– Kies, weitgestuft (Gneis, stark verwittert)	/	4,6%	62,7%	38,4	2,5*10 ⁻⁴
BP 2	P2/2,0–2,3	Schicht 3c SU* – Sand, stark schluffig (Schwemmsand)	/	25,4%	12,8%	97,8	2,2*10 ⁻⁷
	P3/2,3–2,7	Schicht 3a SU*– Sand stark schluffig (Auelehm)	w _n : 85,1	/	/	/	/
	P4/3,0–3,4	Schicht 3b Torf	w _n : 266,2 v _{Gi} : 60,0	/	/	/	/
BK 2	P1/2,5–2,9	Schicht 3a SU*– Sand stark schluffig (Auelehm)	/	42,2%	5,6%	50,9	4,7*10 ⁻⁸
	P2/3,0–3,4	Schicht 2 GU – Kies, schluffig (Flusskiese)	/	10,0%	56,4%	112,4	2,4*10 ⁻⁵
	P3/4,6–5,0	Schicht 4a SU*– Sand, stark schluffig (Gneis, stark verwittert)	/	18,1%	37,9%	n.b.	1,3*10 ⁻⁵

Tabelle 9 Druckfestigkeit von Bohrkernen

Bohrgr. Nr.	Probe / Teufe	Schicht	Druckfestigkeit q _u [MN/m²]		Rohdichte [g/cm³]
			Messwert	korrigierter Messwert *)	
BK 1	3,3 – 3,6 m	4a: Stein / Block innerhalb des stark verwitterten Gneis	24,10	21,5	2,66
	10,3 – 10,6 m	4c: Gneis, schwach verwittert	9,76	8,7 **)	2,77

*) Korrektur nach DGGT-Empfehlung Nr. 1

**) Bruch erfolgte entlang einer Schieferungsfläche, Wert daher nicht maßgebend



3.7 Eigenschaften der Locker- und Festgesteine

Aus der ingenieurgeologischen Feldansprache und den Laboruntersuchungen können die Locker- und Festgesteine wie folgt charakterisiert werden:

Tabelle 10 Bautechnische Eigenschaften

Bodenart	Kurzzeichen	geotechnische Eigenschaften	Verwertungsmöglichkeit
<u>Schicht 1</u> kiesig-sandige Mischböden mit einzelnen Steinen (Dammschüttung / Fundamenthinterfüllung)	[GU*] [SU*]	- lockere bis mitteldichte Lagerung - stark frostempfindlich (F3)	- für Wiedereinbau mit Anforderungen an die Tragfähigkeit nur nach trockener Zwischenlagerung geeignet → Abtransport und Entsorgung nach LAGA Z2 (Einbauklasse 2), s. Kapitel 7.4.2
<u>ohne Schichtnummer</u> humose Zwischenlage im Dammauflager (ehem. Oberbodendecke)	OU	- steife Konsistenz - aufgrund der geringen Schichtstärke für die Gründung des Bauwerkes nicht maßgebend	
<u>Schicht 2</u> Kies, sandig-steinig (Flusskiese)	GU GW	- lockere bis mitteldichte Lagerung - mäßig bis stark frostempfindlich (F2/F3) - mittlere Durchlässigkeit nach DIN 18130	- für Wiedereinbau mit Anforderungen an die Tragfähigkeit geeignet - als Dammschüttung in den unteren Lagen geeignet
<u>Schicht 3a</u> Sand / Schluff, organisch halbfest bis fest (Auelehm)	SU* OU	- schlecht verdichtbar - aufgrund des hohen Wassergehaltes geringe Tragfähigkeit und stark setzungsempfindlich - bei Wasserzutritt konsistenzveränderlich	- für Wiedereinbau im Rahmen der Baumaßnahme ungeeignet → Abtransport und Entsorgung nach LAGA Z2 (Einbauklasse 2), s. Kapitel 7.4.2
<u>Schicht 3b</u> Torf / Mudde	HZ	- stark frostempfindlich (F3) - schwach durchlässig nach DIN 18130	
<u>Schicht 3c</u> Sand, stark schluffig locker (Schwemmsande)	SU*	- mit Baumaschinen nicht befahrbar	
<u>Schicht 4a</u> Kies sandig-steinig, Verwitterungsschutt dicht (Gneis, sehr stark verwittert)	GW SU SU*	- Festgestein mit Lockergesteinseigenschaften - hohe Tragfähigkeit - für Flach- und Tiefgründungen geeignet - nicht rammbaar - gut verdichtbar - gering bis stark frostempfindlich (F2) - stark durchlässig nach DIN 18130	- mittlere bis geringe Setzungsempfindlichkeit, Setzungen erfolgen baueitlich - für die Aufnahme von Gründungen geeignet - zum Wiedereinbau im Rahmen der Baumaßnahme nach Zwischenlagerung und Trocknung geeignet (z.B. Dammschüttung, Hinterfüllung) - als Bohrgut (unbelasteter Boden) im Sinne der LAGA zu verwerten
<u>Schicht 4b</u> Gneis, stark klüftig		- Festgestein mit Druckfestigkeiten bis 25 N/mm ² (im Labor ermittelt), Druckfestigkeiten bis ca. 80 N/mm ² sind möglich - für Flach- und Tiefgründungen geeignet - nicht rammbaar - Wasserführung in Auflockerungs- und Störungsbereichen möglich	
<u>Schicht 4c</u> Gneis, klüftig			



3.8 Wasser und Grundwasser

3.8.1 Grundwasserverhältnisse

Der Grundwasserstand wurde in den Bohrungen nach Abschluss der Arbeiten gemessen. Sofern erkennbar, wurde der Grundwasserstand beim Grundwasseranschnitt dokumentiert.

Im unmittelbaren Umfeld der Flöha kann von einem Grundwasserspiegel im Niveau des Vorfluters ausgegangen werden. Den oberen Grundwasserleiter bilden hier sandig-kiesige Flussablagerungen (Schicht 2) und der kiesig-steinige Verwitterungsschutt (Schicht 4a).

Unterhalb der gering durchlässigen Auesedimente (Schichten 3a bis 3c) können leicht gespannte Grundwasserverhältnisse herrschen.

Tabelle 11 Grundwasserstände

Bohrung	Lage	Höhe Gelände [m NHN]	GW-Anschnitt [m u.GOK]	Ruhe-GW [m. u.GOK]	Ruhe-GW [m NHN]
BP 1	westlich BW 11	504,40	3,15	3,15	501,25
BK 1	Widerlager West Seite Heidersdorf	504,84	3,80	3,20	501,64
BK 2	Widerlager Ost Seite Neuhausen	505,16	3,60	3,60	501,56
BP 2	östlich BW 11	505,54	2,30	2,30	503,24
Vorfluter Flöha	Messung am 04.10.2016				501,67

Die Karte der Überschwemmungsgebiete des Freistaates Sachsen (LfULG, Synergis WebOffice) zeigt im Bereich des BW 11 bei HQ 100 eine Wassertiefe von 0,5...2,0 m an. Damit ergibt sich ein max. Wasserstand bei HQ100 von 503,50 m NHN. Eine Hochwassermarken am westlichen Widerlager zeigt einen Hochwasserstand bei ca. 503,3 m NHN. Für das HQ20 wird eine Wassertiefe von < 0,5 m angegeben (ca. 502,0 m NHN). Exakte Werte sind über die Untere Wasserbehörde bzw. die LTV Sachsen abzufragen.

Unter Berücksichtigung der natürlichen Grundwasserschwankung, der Anbindung des Grundwasserleiters an den Vorfluter und den Angaben des LfULG wird der Bemessungs-Grundwasserstand für die Gründungsberechnung bei 502,50 m NHN festgelegt.

3.8.2 Beton- und Stahlaggressivität des Grund- und Flusswassers

Zur Bestimmung der Beton- und Stahlaggressivität des Wassers nach DIN 4030 / DIN 50929 erfolgten chemische Analysen an einer Wasserprobe der Flöha und des Grundwassers (Bohrung BK 2 (Analysenprotokoll: s. Anlage 8.1)).

Tabelle 12 Betonaggressivität des Grund- und Flusswassers

Parameter	Prüfergebnis		Grenzwerte nach DIN 4030		
	WP 1 Grundwasser (BK 2)	WP 2 Wasser der Flöha	schwach	mäßig	stark
pH-Wert	7,1	7,2	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
Magnesium (Mg^{2+}) [mg/l]	3,7	3,9	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
Ammonium (NH_4^+) [mg/l]	0,28	< 0,06	15-30	30 - 60	> 60
Sulfat (SO_4^{2-}) [mg/l]	23	21	200-600	600 - 3000	> 3000
CO ₂ (kalklösend) [mg/l]	21	5,5	15-40	40 - 100	> 100



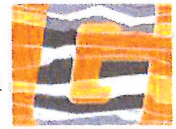
Das Grundwasser gilt aufgrund des Anteils an kalklösender Kohlensäure als schwach betonangreifend. Es gilt die Expositionsklasse XA 1. Für Bauwerksteile, die ausschließlich mit dem Flusswasser der Flöha in Berührung kommen, ist keine Expositionsklasse anzugeben.

Tabelle 13 Stahlaggressivität des Grund- und Flusswassers

Nr.	Merkmal u. Dimension	Wert	Einheit	Bewertungsziffer für			
				unlegierte Eisen	verzinkten Stahl	unlegierte Eisen	verzinkten Stahl
1	Wasserart			N 1	M 1	N 1	M 1
	fließende Gewässer			0	-2	0	-2
	stehende Gewässer			-1	+1		
	Küste von Binnenseen			-3	-3		
	anaerob. Moor, Meeresküste			-5	-5		
2	Lage des Objektes			N 2	M 2	N 2	M 2
	Unterwasserbereich			0	0		
	Wasser/Luft-Bereich			+1	-6		
	Spritzwasserbereich			+0,3	-2		
3	Neutralsalze (C Cl + 2C SO ₄)		mol/m ³	N 3	M 3	N 3	M 3
	< 1	0,9 / 0,7		0	0	0	0
	> 1 bis 5			-2	0		
	> 5 bis 25			-4	-1		
	> 25 bis 100			-6	-2		
	> 100 bis 300			-7	-3		
	> 300			-8	-4		
4	Säurekapazität bis pH 4,3		mol/m ³	N 4	M 4	N 4	M 4
	< 1	0,5 / 0,4		+1	-1	+1	-1
	1 bis 2			+2	+1		
	> 2 bis 4			+3	+1		
	> 4 bis 6			+4	0		
	> 6			+5	-1		
5	Calcium Ca ²⁺		mol/m ³	N 5	M 5	N 5	M 5
	< 0,5	0,26 / 0,33		-1	0		
	0,5 bis 2			0	+2		0
	2 bis 8			+1	+3	1	
	> 8			+2	+4		
6	pH-Wert		-	N 6	M 6	N 6	M 6
	< 5,5			-3	-6		
	5,5 bis 6,5			-2	-4		
	> 6,5 bis 7,0			-1	-1		
	> 7,0 bis 7,5	7,1 / 7,2		0	+1	0	+1
	> 7,5			+1	+1		

Wasserprobe WP 1 (Grundwasser)

Wasserprobe WP 2 (Flusswasser der Flöha)


Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit
a) unlegierter Stahl

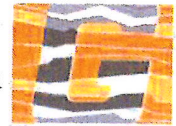
Unterwasserbereich	$W_0 = N_1 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_3/N_4 =$	0,0
Wasser/Luft-Grenze	$W_1 = W_0 - N_1 + N_2 \times N_3 =$	0,0
Spritzwasserbereich	$W_1 = W_0 - N_1 + N_2 \times N_3 =$	0,0

b) verzinkter Stahl

Unterwasserbereich	$W_D = M_1 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 =$	-2,0
Wasser/Luft-Grenze	$W_L = W_D + M_2 =$	-8,0
Spritzwasserbereich	$W_L = W_D + M_2 =$	-4,0

Bewertung der Stahlaggressivität

a) unlegierter bzw. niedrig legierter Stahl	Unterwasserbereich (W0)	Wasser-/Luftgrenze (W1)	Spritzwasserbereich (W1)
Bewertungszahlsumme	0,0	0,0	0,0
Mulden- und Lochkorrosion	gering bis sehr gering	gering bis sehr gering	gering bis sehr gering
Flächenkorrosion	sehr gering	sehr gering	sehr gering
b) verzinkter Stahl	Unterwasserbereich (W0)	Wasser-/Luftgrenze (W1)	Spritzwasserbereich (W1)
Bewertungszahlsumme	-2,0	-8,0	-4,0
Güte der Deckschichten	gut	befriedigend	gut



4 Bodenmechanische Kennwerte

Zur Durchführung von erdstatischen Berechnungen werden bodenmechanische Kennwerte angegeben, welche in Auswertung der ingenieurgeologischen Feldansprache, der durchgeführten Laboruntersuchungen sowie mit Hilfe tabellierter und regionaler Erfahrungswerte nach EAU, EA Pfähle und DIN 1055 festgelegt wurden.

Tabelle 14 Bodenmechanische Kennwerte

Nr.	Bodenart	Kurzzeichen	γ	γ'	ϕ'	c'	E_s	k_f
/	Schottertragschichten / Packlager	/	/	/	/	/	/	/
1	Sand, stark schluffig / Kies, stark schluffig locker bis mitteldicht (Auffüllungen Straßendamm, Hinterfüllung Widerlager)	[SU*] [GU*]	18	9	30	0	15 – 30	$1 \cdot 10^{-6}$
2	Kies, weitgestuft bis schluffig mitteldicht (Flusskiese)	GW GU	18	9	32	0	30-40	$2 \cdot 10^{-5}$
3a	Sand / Schluff, organisch halbfest bis fest (Auelehm)	SU* OU	17	7	22,5	2	1-3	$5 \cdot 10^{-8}$
3b	Torf, Mudde	HZ	12	2	15	2	< 1	10^{-5} bis 10^{-8}
3c	Sand, stark schluffig locker / halbfest (Schwemmsand)	SU*	18	10	25	0	10 - 20	$1 \cdot 10^{-7}$
verwittertes Festgestein (Lockergesteinscharakter)								
4a	Kies, sandig-steinig / Sand stark schluffig, kiesig-steinig (Gneis sehr stark verwittert / Verwitterungsschutt)	GW SU-SU*	19	11	32,5	0	60	$1 \cdot 10^{-5}$

Nr.	Festgestein	γ	γ'	ϕ'	c	$q_{u,k}$	E_s
4b	Gneis, stark klüftig, mit Quarzbändern	25	15	35-40	200	10...25	300... 500
4c	Gneis, klüftig, mit Quarzbändern	27	17	40-45	200- 400	20...80	500... 1.000

Legende (alle Kennwerte sind charakteristische Werte):

γ Bodenwichte, erdfeucht [kN/m³]
 γ' Bodenwichte unter Auftrieb [kN/m³]
 ϕ' Reibungswinkel [°]
 c' Kohäsion [kN/m²]

E_s Steifemodul [MN/m²]
 k_f Durchlässigkeit [m/s]
 $q_{u,k}$ Druckfestigkeit [MN/m²]

In Tabelle 15 sind die zur Bemessung von Tiefgründungen erforderlichen Kennwerte für den Spitzenwiderstand der Drucksonde (q_{ck}) bei nichtbindigen Böden angegeben. Auf die Angabe von Kennwerten für Torf wird verzichtet, da dieser Boden im Bereich des BW 11 nicht erkundet wurde.

Für nichtbindige, locker gelagerte Böden werden für die Bemessung von Tiefgründungen keine Bruchwerte der Mantelreibung angegeben. Die Berücksichtigung einer negativen Mantelreibung ist nicht erforderlich.

Tabelle 15 Bodenmechanische Ausgangsgrößen zur Bemessung von Tiefgründungen

Nr.	Bodenart	Kurzzeichen	q_{ck} [MN/m ²]	$c_{u,k}$ [kN/m ²]	q_{uk} [MN/m ²]
Lockergesteine					
1	Sand, stark schluffig / Kies, stark schluffig locker bis mitteldicht (Auffüllungen Straßendamm, Hinterfüllung Widerlager)	[SU*] [GU*]	/	/	/
2	Kies, weitgestuft bis schluffig mitteldicht (Flusskiese)	[GU*]	10	/	/
3a	Sand / Schluff, organisch halbfest bis fest (Auelehm)	SU* OU	/	/	/
3c	Sand, stark schluffig locker / halbfest (Schwemmsand)	SU*	/	/	/
4a	Kies, sandig-steinig / Sand stark schluffig, kiesig-steinig (Gneis sehr stark verwittert / Verwitterungsschutt)	GW SU-SU*	15	/	/

Legende:

Kurzzeichen Bodengruppe gemäß DIN 18196
 q_{ck} Spitzenwiderstand der Drucksonde
 c_u undrainierte Kohäsion (Werte <60 kN/m² gem. EA-Pfähle nicht berücksichtigt)

Nr.	Beschreibung	$q_{b,k}$ [MN/m ²]	$q_{s,k}$ [kN/m ²]	q_{uk} [MN/m ²]
Festgesteine				
4b	Gneis, stark klüftig, mit Quarzbändern	4,0	/	10...25
4c	Gneis, klüftig, mit Quarzbändern	9,0	/	20...80

Legende:

$q_{b,k}$ Bruchwert des Pfahlsitzenwiderstandes
 $q_{s,k}$ Bruchwert der Pfahlmantelreibung
 q_{uk} Einaxiale Druckfestigkeit Fels

Kennwerte für die Bohrpfahlbemessung werden nur für die Schicht 2 (Flusskiese) sowie für die verschiedenen Verwitterungsstufen des Gneis (Schichten 4a bis 4c) angegeben, da die darüberliegenden Schichten für die Bemessung von Bohrpfählen ohnehin nicht in Frage kommen.

Für Festgestein werden keine Bruchwerte der Pfahlmantelreibung angegeben, da die Mantelreibung $q_{b,k}$ im Falle des Einsatzes von Bohrpfählen aufgrund der erforderlichen geringen Pfahllängen nicht aktiviert wird (Pfähle werden ausschließlich auf Spitzendruck belastet).



Tabelle 16 Kennwerte zur Bohrpfahlbemessung

Nr.	Bodenart	Kurz- zeichen	Pfahlspitzendruck q_{bk} [MN/m ²]			Bruchwert Pfahlmantel- reibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]	Steife- modul E_s [MN/m ²]
			sig02	sig03	sig10		
Lockergesteine							
2	Fein- bis Mittelkies, sandig, schwach steinig (Flussskiese, locker-mitteldicht)	GU	0,717	0,917	2,067	0,0717	30
4a	Kies, sandig-steinig / Sand stark schluffig, kiesig-steinig (Gneis sehr stark verwittert / Verwitterungsschutt)	GW SU-SU*	1,75	2,25	4,00	0,130	60

		Bruchwert Pfahlspitzendruck $q_{b1,k}$ [MN/m ²]	Bruchwert Pfahlmantel- reibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]	Steife- modul E_s [MN/m ²]
Festgesteine				
4b	Gneis, stark klüftig, mit Quarzbändern	4,0	/	500
4c	Gneis, klüftig, mit Quarzbändern	9,0	/	500...1.000

Für die Bruchwerte von Pfahlspitzendruck ($q_{b,k}$) und Mantelreibung ($q_{s,k}$) wurden die unteren Werte der Tabelle 15 zugrunde gelegt.



5 Bodenklassen, Frostempfindlichkeit

5.1 Bodenklassen

Für die vorhandenen Bodenschichten werden nachfolgend die Bodenklassen der DIN 18300, DIN 18301 angegeben. Obwohl diese mit Einführung der VOB (Ausgabe 2015) nicht mehr gültig sind, werden einzelne Bauvorhaben noch immer nach den bis 09/2015 gültigen Bodenklassen ausgeschrieben und abgerechnet.

Die Angabe der Homogenbereiche erfolgt im Kapitel 5.2.

Tabelle 17 Bodenklassen

Nr.	Bodenart	Kurzzeichen	BK DIN 18300	BK DIN 18301	Frostempfind- lichkeit ZTVE-StB 09
Lockergesteine					
	Schottertragschichten / Packlager	/	3	BN 1	F2
1	Sand, stark schluffig / Kies, stark schluffig locker bis mitteldicht (Auffüllungen Straßendamm, Hin- terfüllung Widerlager)	[SU*] [GU*]	3	BN 1	F3
2	Kies, weitgestuft bis schluffig mitteldicht (Flussskiese)	[GU*]	3	BN 1	F3
3a	Sand / Schluff, organisch halbfest bis fest (Auelehm)	SU* OU	2	BB 2	F3
3b	Torf, Mudde	HZ	3	BO 1	F3
3c	Sand, stark schluffig locker / halbfest (Schwemmsand)	SU*	3	BN 2	F3
4a	Kies, sandig-steinig / Sand stark schluffig, kiesig-steinig (Gneis sehr stark verwittert / Ver- witterungsschutt)	GW SU-SU* ME VA A05 N6	3-5	BN 1 BS 2	F2-F3

Nr.	Bodenart	Felsgruppe FGSV	BK DIN 18300	BK DIN 18301	
Festgesteine					
4b	Gneis, stark klüftig, mit Quarzbän- dern	ME VA A10 N6	7	FV 2, FD 2	F1
4c	Gneis, klüftig, mit Quarzbändern	ME VU A30 N6	7	FV 5, FD 2	F1

Legende:

BK DIN 18300 Bodenklasse gemäß DIN 18300-2012 (Erdarbeiten)

BK DIN 18301 Bodenklasse gemäß DIN 18301-2012 (Bohrarbeiten)

FGSV Felsgruppe nach FGSV-Merkblatt 532



5.2 Homogenbereiche

Die Homogenbereiche entsprechend VOB 2012 (Ergänzung 2015) werden für die folgenden Gewerke angegeben:

- DIN 18 300: Erdarbeiten
- DIN 18 301: Bohrarbeiten
- DIN 18 304: Ramm-, Rüttel- und Verpressarbeiten

Oberboden bildet einen gesonderten Homogenbereich, da Oberbodenarbeiten grundsätzlich unter die DIN 18 320 (Landschaftsbauarbeiten) fallen.

Tabelle 18 Kennwerte für die Festlegung der Homogenbereiche von Lockergesteinen

Schichten	Schicht 1	Schicht 2	Schicht 3a	Schicht 3b	Schicht 3c	Schicht 4a
Bodengruppe DIN 18196	[SU*] / [GU*]	GW / GU	SU* / OU	HZ	SU*	GU
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllung	Flusskiese	Auelehm	Torf	Schwemm-sand	Gneis, sehr stark verwittert
Massenanteil Ton [%]	0...5	/	5...15	/	/	/
Massenanteil Schluff [%]	10...25	5...15	10...40	10...20	20...30	5...10
Massenanteil Sand [%]	25...40	30...50	35...60	10...20	50...70	20...40
Massenanteil Kies [%]	30...50	40...60	0...5	/	10...15	50...70
Massenanteil Steine [%]	5...10	0...5	0	/	0...5	20...30
Massenanteil Blöcke [%]	0	0	0	/	/	0...5
Dichte [g/cm ³]	1,75...1,85 ¹⁾	1,8...1,9 ¹⁾	1,6...1,7 ¹⁾	1,1...1,3 ¹⁾	1,7...1,8	1,9...2,2 ¹⁾
undrainierte Scherfestigkeit [kN/m ²]	0	0	20...40	n.b.	n.b.	0
Kohäsion [kN/m ²]	0	0	0...5 ¹⁾	n.b.	n.b.	0
Wassergehalt [%]	15...20	5...10	40...90	150...300	10...20	5...10 ¹⁾
Konsistenz	n.b.	n.b.	steif - fest	n.b.	n.b.	n.b.
Konsistenzzahl I _c	n.b.	n.b.	0,80...1,50	n.b.	n.b.	n.b.
Plastizitätszahl I _p	n.b.	n.b.	4...9	n.b.	n.b.	n.b.
Lagerungsdichte D	0,15...0,50	0,40...0,60	n.b.	n.b.	0,15...0,3	0,60...0,80
organischer Anteil [%]	< 1,0	< 1,0	4...8	50...80	0...2	< 1,0
Frostempfindlichkeit (nach ZTVE StB 09)	F 3	F 3	F 3	F 3	F 3	F 2...F3

Legende:

- ¹⁾ an Hand von Erfahrungswerten und der ingenieurgeologischen Feldansprache geschätzt
n.b. nicht bestimmbar



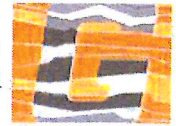
Tabelle 19 Kennwerte für die Festlegung der Homogenbereiche von Festgestein

Schichten	Schicht 4b	Schicht 4c
Benennung von Fels	Gneis	Gneis
Verwitterung, Veränderungen und Veränderlichkeit	mäßig bis schwach verwittert	schwach verwittert
Trennflächenrichtung	Einfallen 30...50°	Einfallen 30...50°
	Fallrichtung nicht erkundet	
Trennflächenabstand [mm]	5...10 cm	20...30 cm
Gesteinskörperform	vielflächig bis prismatisch	vielflächig bis prismatisch
Druckfestigkeit [N/mm ²]	20...60 N/mm ²	50...100 N/mm ²
Abrasivität	LAK [g/t] 1.000...1.250 ¹⁾	1.250...1.500 ¹⁾
	CAI 3,0...5,0 ¹⁾	4,0...6,0 ¹⁾
	Bewertung stark abrasiv	stark bis extrem abrasiv
Frostempfindlichkeit (nach ZTVE StB 09)	F 1	F 1

¹⁾ Schätzwerte aus Fachliteratur, keine Laborversuche durchgeführt

Tabelle 20 Festlegung der Homogenbereiche

Schichten	DIN 18 300	DIN 18301	DIN 18319
Lockergesteine			
<u>Schicht 1</u> Sand, stark schluffig / Kies, stark schluffig locker bis mitteldicht (Auffüllungen Straßendamm, Hinterfüllung Widerlager)	E1	B1	RV1
<u>Schicht 2</u> Kies, weitgestuft bis schluffig mitteldicht (Flussskiese)			
<u>Schicht 3a</u> Sand / Schluff, organisch halbfest bis fest (Auelehm)	E2	B2	RV2
<u>Schicht 3b</u> Torf, Mudde	E3		
<u>Schicht 3c</u> Sand, stark schluffig locker / halbfest (Schwemmsand)	E2	B3	RV3
<u>Schicht 4a</u> Kies, sandig-steinig / Sand stark schluffig, kiesig-steinig (Gneis sehr stark verwittert / Verwitterungsschutt)	E4	B4	RV4
Festgesteine			
<u>Schicht 4b</u> Gneis, stark klüftig	E5	B5	RV5
<u>Schicht 4c</u> Gneis, klüftig			



6. Gründungsempfehlungen

6.1 Gründungsempfehlung

Die Widerlager des vorhandenen Bauwerkes wurden flach auf dem kiesig-steinig verwitterten Gneis (Schicht 4a) gegründet.

Für einen evtl. geplanten Ersatzneubau ist eine Gründung auf dieser Schicht ebenfalls wieder möglich, es sind jedoch Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich.

Alternativ ist eine Gründung auf Bohrpfählen möglich, führt hier allerdings zu sehr kurzen Bohrpfählen mit Längen deutlich unter 5 Metern bzw. zu einem hohen Verschleiß von Bohrwerkzeugen, um eine größere Einbindung der Bohrpfähle in das Festgestein zu erreichen. Diese Gründungsvariante ist nur bei hochgesetzten Widerlagern sinnvoll.

6.2 Maßgebendes Kennwertprofil

Anhand der relativ einheitlichen Baugrundprofile kann ein gemeinsames Kennwertprofil für beide Widerlager aufgestellt werden, das als Grundlage für die Bemessung von Gründungen dient. Es gilt das ungünstigere Profil der Bohrung BK 2.

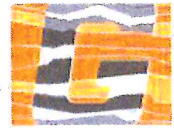
Tabelle 21 Maßgebendes Kennwertprofil

Schicht Nr.	Tiefe [m] u. GOK	Niveau [m NHN]	Kurzzeichen	γ	γ'	ϕ'	c'	E_s
1	0,6...1,9	503,5...502,3	[SU*] [GU*]	18	9	30	0	15 – 30
2	1,9...2,3	502,3...501,9	GW GU	18	9	32	0	30-40
3a	2,3...3,0	501,9...501,2	SU* OU	17	7	22,5	2	1-3
2	3,0...4,4	501,2...499,8	GW/GU	18	9	32	0	30-40
4a	4,4...6,2	499,8...498,0	SU/GU ME VZ A05 N6	19	11	32,5	0	60
4b	6,2...12,3	498,0...491,9	ME VA A10 N6	25	15	35	200	300... 500
4c	12,3...13,0	491,9...491,2	ME VU A30 N6	27	17	40	200	500... 1.000

Legende (alle Kennwerte sind charakteristische Werte):

γ Bodenwichte, erdfeucht [kN/m³]
 γ' Bodenwichte unter Auftrieb [kN/m³]
 ϕ' Reibungswinkel [°]

E_s Steifemodul [MN/m²]
 c' Kohäsion [kN/m²]



6.3 Geotechnische Berechnungen zu den Gründungsvarianten

Für die Widerlager erfolgte die Vorbemessung für eine Flachgründung auf Grundlage einer Grundbruch- und Setzungsberechnung.

Angaben zu Fundamentabmessungen und Lasten lagen zum Zeitpunkt der Erarbeitung des Gutachtens noch nicht vor. Die Berechnung erfolgt daher mit ähnlichen Fundamentabmessungen wie die des vorhandenen Bauwerkes und ist im weiteren Planungsfortschritt entsprechend anzupassen. Horizontalkräfte und Momente wurden in der Berechnung noch nicht berücksichtigt. Aufgrund der Lasten des bestehenden Bauwerkes wird mit einer Vorbelastung des Baugrundes von 200 kN/m² gerechnet. Wird der Standort oder die Abmessung der Widerlager gegenüber der derzeitigen Situation verändert, ist zu prüfen, ob die Berücksichtigung der Vorbelastung noch zulässig ist.

Die Berechnungsprotokolle finden sich in Anlage 9.

Tabelle 22 Grundbruch- und Setzungsberechnung (Überschlagsrechnung f. Vertikallasten)

Eingangsgröße		Sohldruck 300 kN/m ²	Sohldruck 400 kN/m ²
Geometrische Angaben			
Fundamentlänge:		8,0 m	
Fundamentbreite		2,0 m	
Gründungssohle:		500,5 m NHN	
Vorbelastung		200 kN/m ²	
Lasten			
Vertikallasten	ständig	4.800,0 kN	6.400,0 kN
	veränderlich	1.920,0 kN	2.560,0 kN
Ergebnisse			
Grundbruchsicherheit		$\mu = 0,166$	$\mu = 0,221$
Setzungen		s = 0,80 cm	s = 1,30 cm
Anlage		9, Blatt 1	9, Blatt 2



7 Bautechnische Empfehlungen

7.1 Versickerungsfähigkeit des Untergrundes, Wasserhaltung

Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

Der kiesig-sandige Untergrund (Schicht 2: Flusskiese) besitzt eine mittlere Durchlässigkeit und ist für die Versickerung geeignet. Allerdings können lagenweise auch feinkörnige Auesedimente anstehen, die eine Versickerung erschweren.

Am Bauwerk selbst kann auf ein Grundrohr verzichtet werden, sofern eine hydraulische Verbindung zwischen Widerlagerhinterfüllung und Schicht 2 gewährleistet ist.

Wasserhaltung

Der Bemessungs-Grundwasserspiegel wurde mit 502,50 m ü.NHN angegeben, der ca. 50 cm über dem Hochwasserfall HQ 20 liegt. Unter normaler Wasserführung der Flöha ist mit einem Wasserspiegel von 501,7...502,5 m NHN zu rechnen. Damit ist für Baugruben zur Herstellung der Widerlager eine bauzeitliche Wasserhaltung erforderlich. Aufgrund der guten Durchlässigkeit der Flusskiese (Schicht 2) ist mit Anschnitt des Grundwassers ein starker Wasserzustrom in die Baugrube zu erwarten.

Die überschlägige Berechnung der zuströmenden Wassermenge nach DAVIDENKOFF ergibt für eine Baugrube mit den Abmessungen:

- Länge der Baugrube: 10 m
- Breite der Baugrube: 3 m
- Aushubsohle: 500,5 m NHN
- Wasserstand Flöha: 502,0 m NHN

eine Wassermenge von $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ($0,55 \text{ m}^3/\text{h}$).

Eine wasserdichte Spundwand o.ä. kann wegen der eingeschränkten Rammbarkeit des Baugrundes nicht hergestellt werden. Daher wird empfohlen, die Baugruben mit BigBags gegen den Vorfluter abzudichten. Gegebenenfalls sind 2 Reihen BigBags mit dazwischenliegendem gemischtkörnigem Bodenaushub zu stellen. Da der Wasserzustrom auch über die Baugrubensohle erfolgt, sollte die Sauberkeitsschicht mit Unterwasserbeton hergestellt werden.

7.2 Verbau und Baugrube

Alle Baugrundsichten unterhalb der Flusssohle (Schichten 4a...4c) gelten als nicht rammbar. Sofern Spundwände aus konstruktiven Gründen (ggf notwendige Einspannlänge am Wandfuß) in die Schicht 4a einbinden, ist ein Vorbohren erforderlich. Bohrungen in Schicht 4b und 4c können nur im Imlochhammerverfahren erfolgen. Aus statischen Gründen notwendige Verankerungen müssen in die Flussschicht (Schicht 2) bzw. den stark verwitterten Gneis (Schicht 4a) einbinden. Bei einer Verankerung innerhalb des stark klüftigen Gneis (Schicht 4b) ist mit erhöhtem Materialbedarf beim Verpressen der Anker zu rechnen. Hier sollten bei der Ausschreibung Verpressstrümpfe ausgeschrieben werden.

Unverbaute Baugruben oberhalb der Schichten 3a bis 3c können im Winkel von 60° hergestellt werden. Die feinkörnigen bzw. organischen Auesedimente der Schichten 3a und 3c neigen beim Anschnitt zum Ausfließen aus der Böschung und sind durch geeignete Verbaumaßnahmen gegen Fließen zu sichern (eingebaute Spundwände oder Auflastfilter auf der Böschung).

Die notwendige Art der Sicherung ist auch von der Jahreszeit abhängig. In trockenen Sommermonaten ist es durchaus möglich, dass die Schwemmsande der Schicht 3c infolge des tieferen Grundwasserspiegels standsicher sind.

7.3 Herstellung von Bohrpfählen

Die Herstellung von Bohrpfählen ist nur bei hochgesetzten Widerlagern sinnvoll. Sollte diese Gründungsvariante zur Anwendung kommen, wird empfohlen, die Bohrungen nach Abfräsen des Straßenbelages von den ungebundenen Tragschichten aus durchzuführen, da die Auffüllungen (Schicht 1) teilweise sehr locker gelagert sind. Bei der Entsorgung des Bohrgutes aus ungebundenen Tragschichten sind die Hinweise zur Schadstoffbelastung mit PAK (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) zu beachten.

Alternativ ist nach Rückbau der ungebundenen Tragschichten eine entsprechend starke und tragfähige Bohrebene herzustellen. Die Bohrebene sollte dann eine Stärke von etwa 0,5...0,8 Meter erreichen und auf einer Bewehrungslage aus knotensteifem Geogitter geschüttet werden.

Bei der Herstellung der Pfähle ist im Bereich der Schicht 2 und 4a mit starkem Wasserandrang zu rechnen. Hier ist mit ausreichendem Vorlauf der Verrohrung zu arbeiten, um ein Auflockern der Flusskiese durch das Einströmen über die Bohrlochsohle zu verhindern.

7.4 Wiederverwendbarkeit der Aushubmaterial

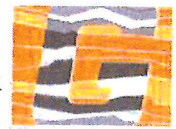
Die chemischen Analysen erfolgten im Labor EUROFINS Umwelt Ost GmbH NL Freiberg. Folgende Materialien wurden im Zuge der Untersuchungen beprobt:

- Ausbauasphalt der S 211 und Bauwerksdichtung (Stärke: 3 cm)
 - ➔ 4x Analyse PAK (Feststoff), Phenol (Eluat)
- Böden im Hinterfüllbereich der Widerlager, anstehender Baugrund (Auelehm) und Schottertragschichten
 - ➔ 3x Analyse nach LAGA TR Boden Tabelle II.1.2-1 (Böden mit min. Fremdbestandteilen)
- Abbruchmaterialien BW 11 (Kappe, Widerlager)
 - ➔ 2x Analyse nach SMUL-Erlass für Recyclingbaustoffe.

7.4.1 Wiederverwendung von Ausbauasphalt

Proben des Ausbauasphalts wurden auf teerstämmige Bindemittel untersucht. Die Schichtstärken der gebundenen Tragschicht wurden bereits in Kap. 3.3 beschrieben.

Die Untersuchungen erfolgten jeweils an einem Bohrkern des Hinterfüllbereiches der Widerlager (BK 1) und der Anschlussbereiche (BP 1). An der Probe BP 1 wurden 2 Analysen durchgeführt, da die Kerne aus mehreren Schichten bestehen, die ggf. getrennt zu verwerten sind. Das Analysenprotokoll befindet sich in Anlage 8.3.


Tabelle 23 Untersuchung gebundener Tragschichten, Bauwerksdichtung

Bohrung	Lage	Tiefe	Analysen- ergebnis	Verwertungsklasse nach RuVA-StB
BK 1	WL Heidersdorf - Schicht 1: 0 – 6 cm - Schicht 2: 6 – 14 cm	0-14 cm	PAK: 4,3 mg/kg Phenol: 0,047 mg/l	A (Heißeinbau möglich)
BP 1	Schicht 1: Deckenverstärkung	0-11 cm	PAK: 61,3 mg/kg Benzo(a)pyren: 2,3 mg/kg Phenol: 0,091 mg/l	C (Kalteinbau)
	Schicht 2: Tragschicht	11-16 cm	PAK: 2.080 mg/kg Benzo(a)pyren: 77 mg/kg Phenol: 0,07 mg/l	Entsorgung erforderlich Gefahrstoff !
Dichtung	Bauwerksdichtung	3 cm	PAK: 96,5 mg/kg Benzo(a)pyren: 4,4 mg/kg Phenol: 0,013 mg/l	Entsorgung (DK I) oder thermische Verwertung erforderlich

Die Bohrkern aus dem Hinterfüllbereich der Widerlager (**BK 1**, **BK 2**) weisen einen gleichartigen Aufbau auf. Es kann vorbehaltlich einer ergänzenden Untersuchung des Materials aus **BK 2** davon ausgegangen werden, dass der unmittelbar hinter beiden Widerlagern vorhandene Ausbauphase der Verwertungsklasse „A“ zuzuordnen ist.

Das Material der Bohrung **BP 1** (S 211 Richtung Heidersdorf) besitzt 2 teerhaltige Schichten, wobei die Schicht 1 (0 – 11 cm) noch in die Verwertungsklasse „C“ einzuordnen ist. Das Material darf nur im Kalteinbau unter einer wasserundurchlässigen Deckschicht wiedereingebaut werden.

Die ältere Asphalt-Tragschicht besitzt einen sehr hohen PAK-Gehalt von 2.080 mg/kg. Aufgrund der Überschreitung des Grenzwertes für Benzo(a)pyren von 50 mg/kg ist die Schicht von 11-16 cm als Gefahrstoff einzuordnen.

Es wird empfohlen, die Bohrkern der Bohrungen **BK 2** (WL Neuhausen) und **BP 2** (Anschlussbereich Neuhausen) nachträglich ebenfalls auf teerstämmige Bindemittel zu untersuchen, um eine nachtragssichere Ausschreibung der Entsorgungswege durchführen zu können.

Es gelten folgende Abfallschlüsselnummern:

- **BK 1** (vermutlich auch **BK 2**): Abfallschlüsselnummer 170302 (Bitumengemische)
- **BP 1** (0 – 11 cm): Abfallschlüsselnummer 170302 (Bitumengemische)
- **BP 1** (11 – 16 cm): Abfallschlüsselnummer 170301* (kohleerhaltige Bitumengemische), gefährlicher Abfall, Transport und Entsorgung nach Gefahrstoffverordnung

Die Bauwerksdichtung überschreitet den Grenzwert Z2 der LAGA und ist auf einer Deponie der Deponieklasse DK I zu entsorgen bzw. in einer geeigneten Anlage thermisch zu verwerten. Es gilt die Abfallschlüsselnummer 170302 (Bitumengemische).

7.4.2 Bodenmaterial

Die Beprobung erfolgte aus dem Bohrgut der Rotationskernbohrungen BK 1 und BK 2

- Mischprobe MP 1: Hinterfüllung (Tiefe: 0,7-2,0 m) – Schicht 1
- Mischprobe MP 2: Anstehendes (Tiefe: 2,2-2,8 m) – Schichten 3a, 3c

Des Weiteren wurde eine Schotterprobe (Mischprobe aus BK 1, BK 2) des Hinterfüllbereiches der Widerlager nach LAGA TR Boden (Böden mit mineralischen Fremdbestandteilen) untersucht. Das Analysenprotokoll befindet sich in Anlage 8.2.

Tabelle 24 Untersuchung von Böden nach LAGA TR Boden (Tabelle II.1.2-1)

Parameter (Feststoff)	Einheit	Bodenart:				Sand	Sand	Schluff
		Zuordnungswerte LAGA TR-Boden				Analyseergebnisse		
		Z0 (Sand)	Z0 (Lehm)	Z1	Z2	MP Schotter	MP 1 Hinterfüllung	MP 2 Auelehm
Trockenmasse	Ma-%					96,8	92,2	77,9
TOC	Ma-% TS	0,5 (1,0)	0,5 (1,0)	1,5	5	1,2	0,3	0,6
EOX	mg/kg TS	1	1	3	10	< 1	< 1	< 1
Kohlenwasserst. (C10-C40)	mg/kg TS	100	100	300 (600)	1000 (2000)	240	57	110
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,3	0,3	0,9	3	21,0	0,17	< 0,05
Σ PAK	mg/kg TS	3	3	3 (9)	30	242,0	1,85	n.b.
Arsen	mg/kg TS	10	15	45	150	30,4	23,8	42,0
Blei	mg/kg TS	40	70	210	700	18	19	35
Cadmium	mg/kg TS	0,4	1	3	10	< 0,2	< 0,2	0,4
Chrom	mg/kg TS	30	60	180	600	40	30	32
Kupfer	mg/kg TS	20	40	120	400	175	97	15
Nickel	mg/kg TS	15	50	150	500	29	24	21
Quecksilber	mg/kg TS	0,1	0,5	1,5	5	< 0,7	< 0,07	< 0,07
Zink	mg/kg TS	60	150	450	1500	176	117	110
Parameter (Eluat)		Z0 (Lehm)	Z1.1	Z1.2	Z2			
pH-Wert	ohne	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12	9,0	8,6	7,3
el. Leitfähigkeit	µS/cm	250	250	1500	2000	137	146	256
Chlorid	mg/l	30	30	50	100	12	19	65
Sulfat	mg/l	20	20	50	200	3,4	2,0	12
Arsen	µg/l	14	14	20	60	51	30	7
Blei	µg/l	40	40	80	200	< 1	3	6
Cadmium	µg/l	1,5	1,5	3	6	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Chrom (ges.)	µg/l	12,5	12,5	25	60	< 1	< 1	1
Kupfer	µg/l	20	20	60	100	10	8	< 5
Nickel	µg/l	15	15	20	70	< 1	< 1	< 1
Quecksilber	µg/l	< 0,5	< 0,5	1	2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Zink	µg/l	150	150	200	600	< 10	< 10	< 10
Bewertung:						> Z2	Z2	Z2

Chemische Bewertung:

Das Material der Widerlagerhinterfüllung und der anstehende Auelehm (Schichten 3a, 3c) ist in der Einbauklasse 2 der LAGA TR Boden zu verwerten.

Für alle Materialien gilt die Abfallschlüsselnummer 170504.

Geotechnische Bewertung

Für den Wiedereinbau sind feinkörnige, bindige bzw. organische Flussablagerungen nicht geeignet. Dies betrifft Böden der Schichten 3a bis 3b.

Nach trockener Zwischenlagerung können Böden der Schicht 1 (Dammschüttung) und Schicht 2 (Flusssande) wiederverwertet werden.

7.4.3 Wiederverwendung von Tragschichten

Tragschichtmaterial besitzt einen hohen PAK-Gehalt und darf nicht nach LAGA verwertet werden (s. Tabelle 24, Analysenprotokoll siehe Anlage 8.2.). Es ist eine Entsorgung auf einer Deponie der DK I erforderlich.

Das Material ist vermutlich durch eine ältere – jetzt nicht mehr vorhandene - bituminöse teerhaltige Tragschicht mit PAK verunreinigt (s. Kap. 7.4.1, Bohrung BP 2).

Für die Tragschichten gilt die Abfallschlüsselnummer 170504.

7.4.4 Abbruchmaterialien

Aus den entnommenen Betonproben der Widerlager wurde eine Mischprobe gebildet und nach dem vorläufigen Erlass des SMUL für Recyclingbaustoffe untersucht. Eine gesonderte Probe wurde aus der Kappe des Bauwerkes entnommen. Das Analysenprotokoll befindet sich in Anlage 8.4).

Das Material sowohl der Widerlager als auch des Überbaus (Kappe) kann in der Einbaukonfiguration W1.1 für RC-Baustoffe wiederverwertet werden. In der Einbaukonfiguration W 1.1 ist ein offener Einbau in technischen Bauwerken möglich. Dabei ist ein Abstand zum Grundwasser von ≥ 1 m einzuhalten.

Für das Abbruchmaterial gelten die Abfallschlüsselnummern 170101 (Beton) und 170107 (Gemische aus Beton, Ziegeln und Keramik ohne gefährliche Stoffe).

7.5 Altbergbau

Im Raum Sayda Seiffen wurden in der Vergangenheit verschiedene Erze untertägig abgebaut. Das Sächsische Oberbergamt veröffentlicht im Internet eine Karte der unterirdischen Hohlräume nach §8 Sächs.HohlVO /U4/ (Stand: 22.11.2016).

Demnach ist im Bereich des Bauvorhabens nicht mit derartigen Hohlräumen zu rechnen.

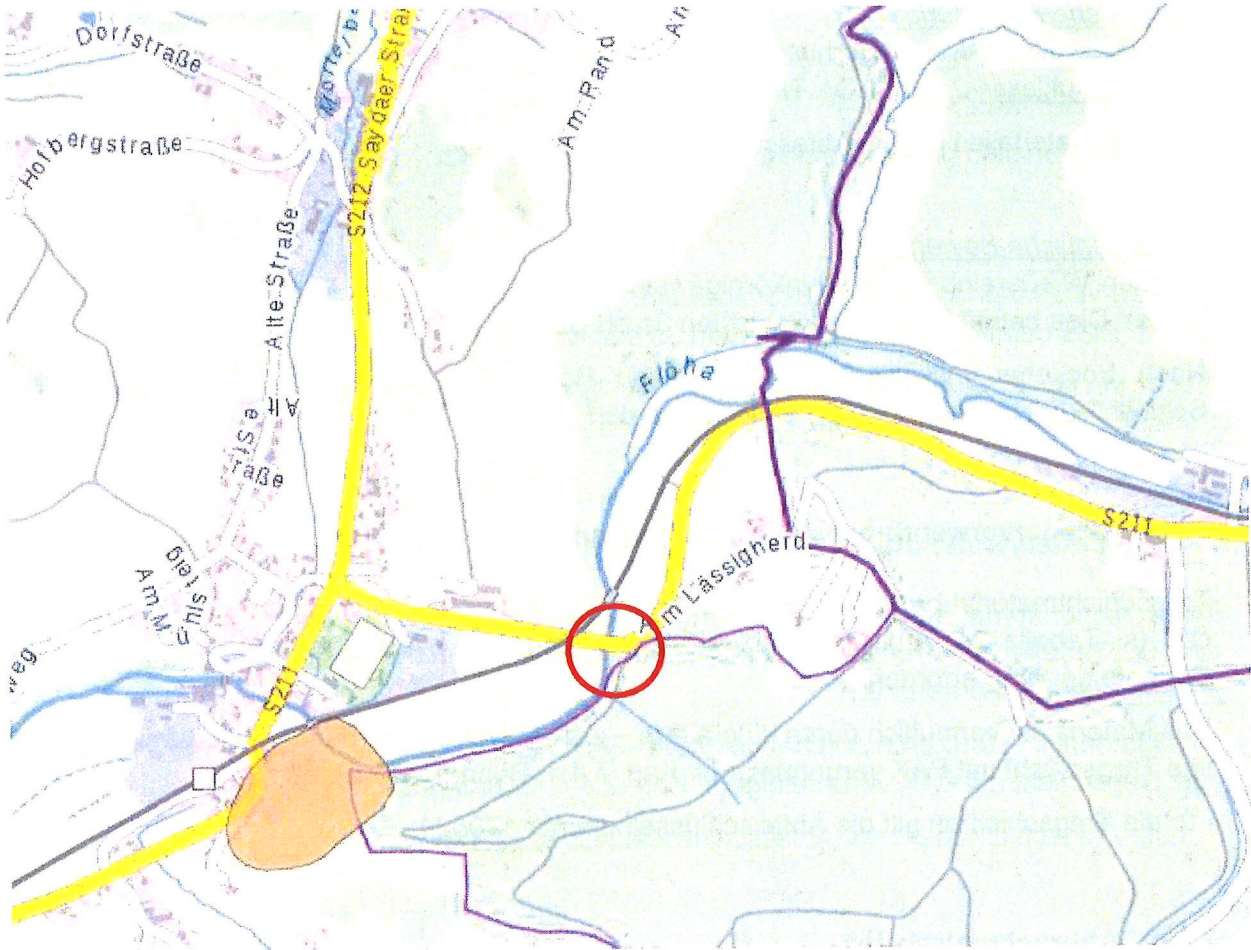


Abbildung 1 Hohlraumkarte des Sächs. Oberbergamtes (Auszug)

- Gebiete mit unterird. Hohlräumen gemäß § 8 Sächs.HohlrVO
- Gebiete mit Grubenbauen unter Bergaufsicht (nachrichtlich)

7.6 Erdbeben

Das Untersuchungsgebiet befindet sich nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 nicht innerhalb einer Erdbebenzone.

7.7 Straßenbau

Gemäß RStO-12 (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen) ergibt sich die Stärke des frostsicheren Oberbaus von 65 cm (Bauklasse BK 10...BK 100). Folgende Mehr- oder Minderdicken sind zu berücksichtigen:

- Frostempfindlichkeitsklasse des Untergrundes: **F3**
 - Minstdicke des frostsicheren Oberbaus: **65 cm**
- (Minstdicke bei Dammschüttung aus F2-Material: 55 cm)


Mehr- oder Minderdicken

- Frosteinwirkung (gem. RStO-12): Zone III	+15 cm
- Klimaeinflüsse (keine besonderen):	± 0 cm
- Wasserverhältnisse im Untergrund (kein Wasser bis 1,5 m u. Planum):	± 0 cm
- Lage der Gradiente (geländegleich, Damm > 2,0 m):	- 5 cm
- Fahrbahntwässerung (Mulden, Gräben)	± 0 cm

Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus: 75 cm

(Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus bei Dammschüttung F2-Material: 65 cm)

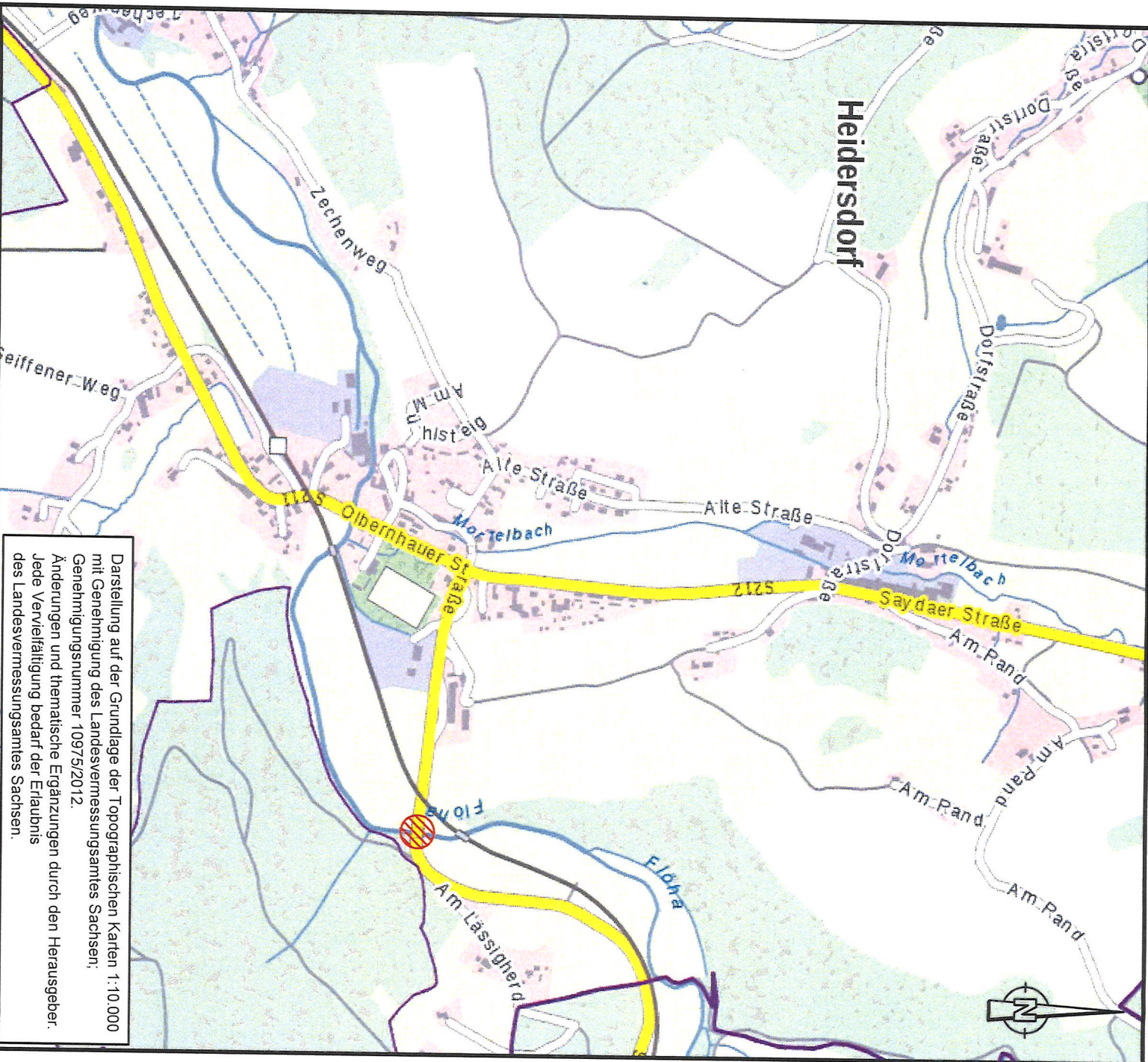
8 Abschließende Hinweise

Das vorliegende Baugrundgutachten ist nur in seiner Gesamtheit gültig. Bei Planungsänderungen sind die Aussagen des Gutachtens auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Bei Erfordernis sind die entsprechenden Nacherkundungen und Untersuchungen zu veranlassen.

Weiterführende Erkundungen:

Zur Abgrenzung der stark teerbelasteten Bereiche wird empfohlen, weitere Kernbohrungen zwischen den Hinterfüllbereichen der Widerlager (Bohrungen BK 1 / BK 2) und den Rammkernsondierungen (BP 1 / BP 2) durchzuführen, aus denen Asphaltproben für weitere Analysen entnommen werden. Damit lassen sich die als Gefahrgut einzustufenden Ausbaustoffe mengenmäßig exakter erfassen.

Die Asphaltkerne der Bohrungen BK 2 und BP 2 (Ostseite des BW 11) stehen als Rückstellproben für weitere Analysen bis 09/2017 zur Verfügung.



Darstellung auf der Grundlage der Topographischen Karten 1:10.000 mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Sachsen; Genehmigungsnummer 10975/2012.
Änderungen und thematische Ergänzungen durch den Herausgeber.
Jede Vervielfältigung bedarf der Erlaubnis des Landesvermessungsamtes Sachsen.

Auftraggeber



Seel + Hanschke Beratende Ingenieure
Zum Alten Dessauer 13
01723 Kesselsdorf

Auftragnehmer



IFG Ingenieurbüro für Geotechnik
Purschwitzstr. 13
02625 Bautzen
Tel.: (03591) 6771-30
Fax: (03591) 6771-40
Halsbrücker Str. 31a
09599 Freiberg
Tel.: (03731) 68542
Fax: (03731) 68544
Bischofswerdaer Str. 14a
01833 Stolpen
Tel.: (035973) 29621
Fax: (035973) 29626

Datum	Name	Unterschrift
-------	------	--------------

Gez. 10.10.16 E. Johne

Bearb. 10.10.16 S. Thiem

Gepr. 10.10.16 S. Thiem

S 211 bei Heidersdorf
BW 11, Brücke über die Flöha
Erzgebirgskreis

Übersichtskarte

Auftragsnr.: 125-06-16
Phase: Baugrunduntersuchung

Plan-Nr.: Anlage 1
Ers.f.:

Maßstab(m, cm)
1 : 10.000

Blatt 1
1 Bl.

