



**S 112 / S 111 – Radweg und Stützbauwerk
in Wasserkretscham
Landkreis Görlitz**

**Baugrunduntersuchung
Hauptuntersuchung
Geotechnische Kategorie 2**

IFG-Projekt Nr.: 043-03-18

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

Entwurfsplanung: Schulze + Rank Ingenieurgesellschaft mbH
Kaßbergstraße 41
09112 Chemnitz
Telefon: 0371 / 3519-0
Fax: 0371 / 3519-111

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

Bautzen, 17.10.2018

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



IFG Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH

Sitz: Bautzen

Purschwitzer Str. 13
02625 Bautzen
Tel.: 03591 / 677130
Fax: 03591 / 677140

Büro Stolpen

Bischofswerdaer Str. 14a
01833 Stolpen
Tel.: 035973 / 29621
Fax: 035973 / 29626

Büro Freiberg

Bahnhofstr. 2
09627 Hilbersdorf
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
2. Geologische und hydroeologische Verhältnisse	7
2.1 Geologische Verhältnisse	7
2.2 Hydrogeologische Verhältnisse	7
3. Erkundungsergebnisse	8
3.1 Untersuchungsumfang	8
3.2 Aufschlussergebnisse, maßgebende Baugrundprofile	9
3.3 Rammbarkeit des Baugrundes	10
3.4 Aufbau des Radweges	11
3.5 Bodenmechanische Laboruntersuchungen.....	12
3.6 Eigenschaften der Bodenschichten	14
3.7 Grundwasser	15
3.7.1 Grundwasserverhältnisse.....	15
3.7.2 Beton- und Stahlaggressivität des Wassers	16
4. Bodenmechanische Kennwerte.....	19
5. Gründungsempfehlungen.....	22
5.1 Sicherungsvarianten.....	22
5.2 Veränderung der Böschungskontur	22
5.3 Sicherung der Böschung durch Stützbauwerke	24
6. Frostepfindlichkeit, Homogenbereiche	25
7. Bautechnische Empfehlungen.....	26
7.1 Wasserhaltung	26
7.2 Erdbau, Verbau und Baugrube	26
7.3 Rammbarkeit des Baugrundes	26
7.4 Wiederverwendbarkeit der Aushubmaterial	26
7.4.1 LAGA-Analysen	27
7.4.2 ungebundene Tragschichten.....	30
7.4.3 Ausbauasphalt	31
7.5 Erdbeben.....	31
8. Abschließende Hinweise.....	31

TABELLENVERZEICHNIS

Seite

Tabelle 1	Rotationskernbohrungen, schwere Rammsondierungen (DPH)	8
Tabelle 2	Lagerungsdichte von nichtbindigen Böden.....	10
Tabelle 3	Übersicht über bodenmechanische Laborversuche	12
Tabelle 4	Bestimmung der Festigkeit mittels Punktlastversuchen.....	12
Tabelle 5	Ergebnisse von Scherversuchen.....	12
Tabelle 6	Ergebnisse von bodenmechanischen Versuchen.....	13
Tabelle 7	Bautechnische Eigenschaften.....	14
Tabelle 8	Grundwasserstände.....	15
Tabelle 9	Betonaggressivität des Wassers.....	16
Tabelle 10	Stahlaggressivität des Wassers.....	16
Tabelle 11	Bodenmechanische Kennwerte	19
Tabelle 12	Bodenmechanische Ausgangsgrößen zur Bemessung von Tiefgründungen.....	20
Tabelle 13	Kennwerte zur Bohrpfahlbemessung	21
Tabelle 14	Ergebnisse Standsicherheitsberechnung	24
Tabelle 15	Bodenklassen, Frostempfindlichkeitsklassen	25
Tabelle 16	Untersuchung Aushubmaterial nach LAGA TR Boden (Tabelle II.1.2-1)	28
Tabelle 17	Boden mit Asphalt, Untersuchung nach DepV (Auszug)	29
Tabelle 18	Untersuchung von Tragschichtmaterial nach SMUL-Erlass.....	30

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Seite

Abbildung 1:	Auszug aus geologischer Karte (Quelle /U2/)	7
Abbildung 2:	Lage des Berechnungsschnittes für Standsicherheit.....	23
Abbildung 3:	Querprofil für Standsicherheitsberechnung (BP 8 – BS 8)	23

ANLAGENVERZEICHNIS**BLATTZAHL**

Anlage 1	Übersichtskarte (M 1 : 10.000)	1
Anlage 2	Lageplan mit Aufschlusspunkten (M 1 : 500).....	1
Anlage 3	Baugrundprofilschnitte	1
Anlage 4	Schichtenverzeichnisse, Bohrprofile und Sondierdiagramme	23
Anlage 5	Fotodokumentation	7
Anlage 6	Bodenmechanische Labor- und Felduntersuchungen	
	Anlage 6.1 Natürlicher Wassergehalt (DIN 18121).....	1
	Anlage 6.2 Korngrößenverteilung (DIN 18123)	5
	Anlage 6.3 Scherfestigkeit (DIN 18137)	3
Anlage 7	Chemische Laboruntersuchungen	
	Anlage 7.1 Aushubmaterial - LAGA TR-Boden (Prüfbericht: AR-18-FR-016191-01)	7
	Anlage 7.2 Asphaltreste BP 1 - DepV (Prüfbericht EX-18-FR-001640-01)	6
	Anlage 7.3 Asphalt Radweg – RuVA-StB 01 (Prüfbericht: AR-18-018650-01)	3
	Anlage 7.4 ungebundene Tragschichten – (Prüfbericht: AR-18-FR-018854-01)	7
	Anlage 7.5 Beton- / Stahlaggressivität Wasser (Prüfbericht: AR-18-FR-015199-01)	2
Anlage 8	Standortsicherheitsberechnung Böschung	3
	Blatt 1: Bemessungssituation BS-P1 (große Gleitkreise)	
	Blatt 2: Bemessungssituation BS-P2 (böschungsnaher Gleitkreise)	
	Blatt 3: Bemessungssituation BS-T (Verkehrslasten auf Radweg)	

1. Veranlassung, Unterlagen, Bauvorhaben

1.1 Veranlassung

Die LIST Gesellschaft für Verkehrswesen und ingenieurtechnische Dienstleistungen mbH betreut als Projektsteuerer die Planungen zum Ersatzneubau S 112, BW 2 - Brücke über das Löbauer Wasser in Wasserkretscham. Im Zuge der Planung für das Brückenbauwerk erfolgt auch die Erkundung der Baugrundverhältnisse an dem sich anschließenden Radweg in Richtung Weißenberg. Aufgrund von Instabilitäten der Böschung unterhalb des Radweges ist eine Hangsicherung zum Löbauer Wasser geplant.

Mit den Planungsleistungen für dieses Bauwerk wurde das Ingenieurbüro Schulze+Rank, Dresden beauftragt. Die Planungsaufgabe soll als Pilotprojekt der LIST GmbH für BIM (Building Information Modelling) dienen. Da erst im weiteren Planungsfortschritt eine Entscheidung über den Ersatzneubau oder eine Instandsetzung fallen kann, werden alle nachfolgenden Ausführungen als konventionelle Daten aufbereitet. Die Überleitung der Projektdaten in einen noch zu schaffenden Standard für das BIM erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt.

Da es sich um 2 getrennte Bauvorhaben handelt, werden dazu gesonderte Baugrundgutachten angefertigt. Der vorliegende Bericht enthält die Untersuchungen für die Instandsetzung des Radweges zwischen dem BW 2 und einer Feldzufahrt zum Flst. 93/3. Die zu untersuchende Länge beträgt ca. 150 Meter.

Die chemischen / bodenmechanischen Laboruntersuchungen werden, soweit sie für beide Planungsvorhaben relevant sind, gemeinsam bewertet.

Die Anforderungen an die Bauwerksuntersuchung sind in der Aufgabenstellung des Planungsbüros Schulze+Rank vom 16.06.2017 formuliert.

Das Bauwerk ist in die Geotechnische Kategorie 2 nach DIN 4020 (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 gemäß Aufgabenstellung vom 16.06.2017 durchzuführen:

- 5 Rotationskernbohrungen im Radweg bis in das Festgestein, jedoch bis max. Bohrtiefen von 8 m sowie 2 schwere Rammsondierungen
- 5 Kleinrammbohrungen an der Böschungunterkante bis max. 8 m Tiefe.

1.2 Unterlagen

Folgende Unterlagen standen bei der Bearbeitung zur Verfügung:

Karten und Literatur

- /U1/ Topographische Karte, M 1:10.000, Blatt 4854-NW (Vierkirchen), Landesvermessungsamt Sachsen.
- /U2/ Geologische Spezialkarte des Königreiches Sachsen, Sektion Löbau-Reichenbach, Blatt 4854 einschl. Erläuterungsheft, Leipzig 1898.
- /U3/ Geologie von Sachsen, Kurt Pietzsch, Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin 1962.
- /U4/ Geologie von Sachsen, Pälchen, Walter (Hrsg.), E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 2008.
- /U5/ FLOSS: Kommentar ZTVE, 4. Auflage, Kirschbaum Verlag, 2011.
- /U6/ DGGT, EA-Pfähle, 2. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, 2012.
- /U7/ Grundbautaschenbuch, 6. Auflage, Ernst & Sohn, 2001.
- /U8/ Raithel/Kempfert: Geotechnik nach EUROCODE, 3. Auflage, Beuth-Verlag, 2012.
- /U9/ Geoforschungszentrum Potsdam: Erdbebenkarte nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 (www.gfz-potsdam.de).
- /U10/ FGSV: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen im Erdbau ZTVE-StB 17.
- /U11/ FGSV: Merkblatt über Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund.
- /U12/ FGSV: RAS-Ew, Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung.
- /U13/ FGSV: RStO-12, Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen.

sonstige Unterlagen zum Projekt

- /U14/ Angebotsabfrage zur Baugrund- und Bauwerksuntersuchung, Schulze + Rank Ingenieurgesellschaft, Dresden, 16.06.2017.
- /U15/ Angebot Baugrund- und Bauwerksuntersuchung, IFG Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH, AN/2018-022-1 vom 02.02.2018.
- /U16/ LISt GmbH, Auftrag Baugrunduntersuchung, 19.03.2018.
- /U17/ Entwurfsvermessung, LISt GmbH 08/2017.
- /U18/ Bestandsvermessung, Bauwerksansichten Oberstrom, Unterstrom, LISt GmbH, 30.11.2017.
- /U19/ Schichtenverzeichnisse, Lutz Grimm Geotestbohrtechnik, 06/2018.
- /U20/ Geologische Aufschlussdaten, LfULG Sachsen, (UHYDRO-Bohrdatenbank).
- /U21/ Laborprüfberichte EUROFINS Umwelt Ost GmbH 07/2018.
- /U22/ S 112, Ersatzneubau BW 2 in Wasserkretscham, Bestandsuntersuchung, IFG Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH (Projekt-Nr. IFG-192-09-17), Bautzen, 05.02.2018.
- /U23/ S 112, Ersatzneubau BW 2 in Wasserkretscham, Baugrunduntersuchung, IFG Ingenieurbüro für Geotechnik GmbH (Projekt-Nr. I-040-03-18), Bautzen, 06.09.2018.

2. Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

2.1 Geologische Verhältnisse

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

Die Quartärbasis unterscheidet sich zu beiden Seiten des Löbauer Wassers. Nach Angaben der geologischen Karte /U2/ bildet die Görlitzer Grauwacke (Paläozoikum - PR_3) nördlich und knapp südlich des Löbauer Wassers den Festgesteinsuntergrund. Im weiteren Verlauf nach Süden wechselt der Untergrund in mittalkörnigen Biotitgranodiorit (Demitzer Granodiorit - $gsDe$). Erfahrungsgemäß besteht zwischen beiden Gesteinen eine Kontaktzone mit teilweise unklarem Übergang der Festgesteine und teils tiefgründiger Verwitterung.

Im Hangenden lagern elsterkaltzeitliche Sande ($_{gr}QE2n$) unter vereinzelt schollenartigen Vorkommen von saalekaltzeitlichem Geschiebelehm ($_{g}QS1$), die im Umfeld des Bauwerkes kartiert sind.

Die jüngeren Schichten werden von fluviatilen saalekaltzeitlichen Kiesen und Sanden (Tiefe Mittel-terrasse - $_{f}QSf$) und holozänen sandig-kiesigen Flussablagerungen ($_{f}QHo$) sowie holozänen Aue-sedimenten gebildet ($_{lf}QHo$). Außerhalb der Flussaunen bildet weichselkaltzeitlicher Löss- ($_{e}QW$) und Gehängelehm ($_{l_g}QW$) die Lockergesteinsdecke.

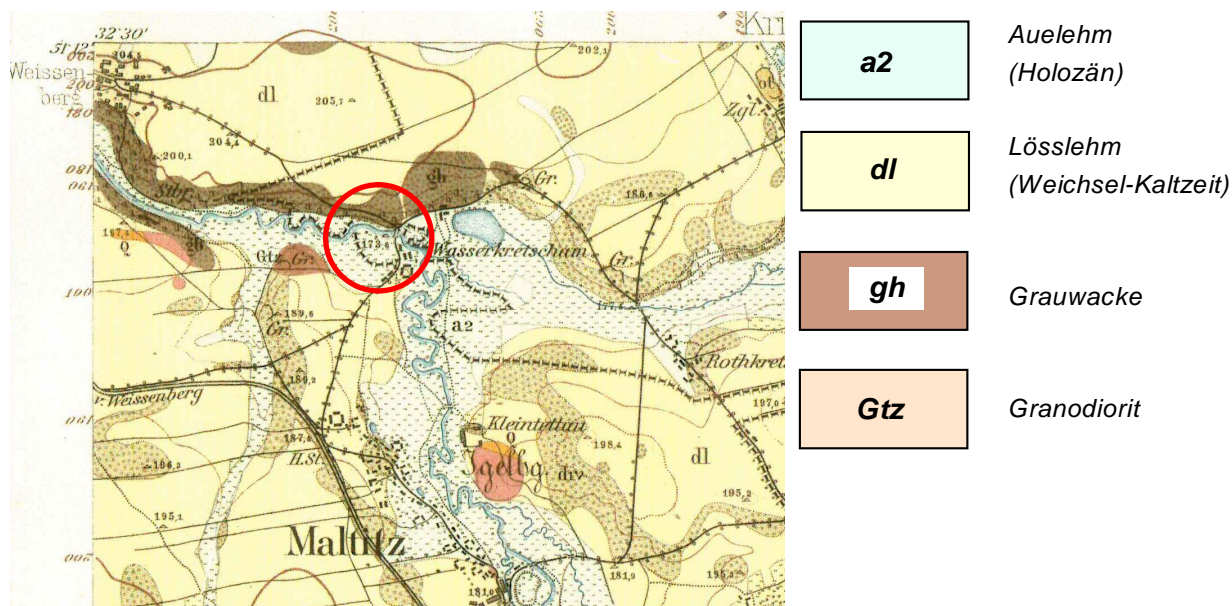


Abbildung 1: Auszug aus geologischer Karte (Quelle /U2/)

2.2 Hydrogeologische Verhältnisse

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

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

3 Erkundungsergebnisse

3.1 Untersuchungsumfang

Die Baugrunderkundung wurde auf der Grundlage der Aufgabenstellung des Auftraggebers (/U14/) aufgestellt. Folgende Bohrungen wurden ausgeführt:

Tabelle 1 Rotationskernbohrungen, schwere Rammsondierungen (DPH)

BP	RW	HW	Höhe [m NHN]	ET BK	ET DPH	Bemerkungen
Rotationskernbohrungen						
BP 5	477 480,58	56 71 164,57	178,25	6,0 m	/	Bohrungen auf Radweg bzw. OK Böschung
BP 6	477 445,66	56 71 172,35	178,98	5,5 m	3,7 m	
BP 7	477 413,42	56 71 181,52	179,88	5,5 m	/	
BP 8	477 383,28	56 71 196,94	182,70	8,0 m	6,8 m	
BP 9	477 336,43	56 71 216,86	185,61	6,0 m	/	
Kleinrammbohrungen						
BS 5	477 476,95	56 71 157,51	176,54	6,0 m	/	Bohrungen in Flußnähe (UK Böschung)
BS 6	477 440,78	56 71 157,40	176,08	4,2 m	/	
BS 7	477 410,41	56 71 168,17	176,36	4,7 m	/	
BS 8	477 377,52	56 71 186,11	176,24	6,4 m	/	
BS 9	477 332,57	56 71 205,76	182,57	3,0 m	/	

Legende:

BP ... Bohrpunkt
ET ... Endteufe

RW ... Rechtswert UTM 33
BK ... Rotationskernbohrung

HW ... Hochwert UTM 33
DPH ... Schwere Rammsondierung

Die Arbeiten vor Ort erfolgten im Zeitraum vom 31.05. bis 19.06.2018. Folgende Nachunternehmer waren an den Feld- und Laboruntersuchungen beteiligt:

- Baugrundbohrungen: Lutz Grimm Geotestbohrtechnik, 09337 Hohenstein-Ernstthal
- Chemisches Labor: EUROFINS Umwelt Ost GmbH, NL Freiberg, 09627 Bobritzsch-Hilbersdorf.

Die Kleinrammbohrungen (BS), schweren Rammsondierungen (DPH) sowie die Einmessung der Bohransatzpunkte und bodenmechanischen Laboruntersuchungen wurden durch das IFG Ingenieurbüro für Geotechnik durchgeführt.

Die Bohrungen wurden mittels Nivelliergerät und Bandmaß anhand der Entwurfsvermessung /U17/ in Lage und Höhe eingemessen. Die Lage der Bohrpunkte ist im Lageplan (Anlage 2) dargestellt. Dieser Plan enthält auch einige der Bohrungen am BW 2.

3.2 Aufschlussergebnisse, maßgebende Baugrundprofile

Mit allen Bohrungen wurde der Festgesteinsuntergrund erreicht, der aus stark verwitterter bis stark klüftiger Grauwacke besteht.

Baugrundaufbau an OK Böschung (Radweg)

Diese Bohrungen erfolgten als Rotationskernbohrungen (Trockenbohrungen) und wurden jeweils mit Erreichen des Festgesteinshorizontes (klüftige Grauwacke, Schicht 6b) abgebrochen. An den Bohrungen BP 6 und BP 8 erfolgten schwere Rammsondierungen.

Der Radweg selbst wurde auf einer Hanganschüttung gebaut, die aus stark schluffigen Sanden besteht. Erkennbar sind diese Auffüllungen an teils geringen Resten von Ziegeln. Diese Auffüllungen sind locker gelagert (Schicht 0b). Die Mächtigkeit dieser Auffüllungen beträgt zwischen 0,80...2,50 Metern.

Darunter stehen Löss- und Gehängelehm in halbfester Konsistenz (Schicht 2: UL/TL – Schluff, leichtplastisch) und teils steinig-kiesige Hangschuttablagerungen an (Schicht 5: GU/GU* - Kies, stark schluffig), die teils in Wechsellagerung vorhanden sind und jeweils keinen durchgehenden Horizont bilden. Diese Schichten reichen bis in 2,60...4,50 m Tiefe.

Von Osten her (Knotenpunkt S112 / S111) steigt der Radweg aus dem unmittelbaren Talbereich des Löbauer Wassers bis zum Ende des Untersuchungsbereiches um ca. 7 Meter an. Daher stehen in den östlichen Bohrungen BP 5 und BP 6 unterhalb der Auffüllungen feinkörnige, teils bindige Flussablagerungen (Schicht 3a: SU*/UL – Schwemmsand / Schwemmlehm) an, die im Liegenden in Flusskiese ((Schicht 3c: GW/GU) übergehen.

Die verwitterte Grauwacke steht in Tiefen von 4,50...6,80 m in Form von stark klüftigem Festgestein an, wobei die Bruchstücke etwa Größen bis ca. 5-10 cm erreichen (Schicht 6b).

Die Lockergesteine sind bis zum Erreichen der klüftigen Grauwacke rammbar, in Hangschuttlagen durch die darin enthaltenden Gerölle teils auch schwer rammbar.

Grundwasser wurde nur in der am tiefsten gelegenen Bohrung BP 5 bei 5,10 m u.GOK (173,15 m NHN) angetroffen.

Baugrundaufbau an UK Böschung (Flussufer)

Die tiefer gelegenen Bohrungen wurden als Kleinrammbohrungen mit einem Benzinbohrhammer ausgeführt, da das Gelände mit Bohrgeräten nicht befahrbar ist. Die Bohrungen wurden jeweils bis in die stark verwitterte Grauwacke (Schicht 6a) ausgeführt. Unterhalb der Endteufe ist der Übergang zum Festgestein (Schicht 6b) zu erwarten. Das Material der Schicht 6b ist jedoch für die eingesetzte Bohrtechnik nicht mehr rammbar.

Unterhalb der Oberbodenschicht (Stärke ca. 30...40 cm) steht durchgängig Lösslehm (Schicht 2: UL – Schluff, leichtplastisch) an. Diese Schicht reicht bis 1,0...2,5 m u.GOK. Die Konsistenz ist als fest zu beschreiben. Da zum Zeitpunkt der Erkundung extreme Trockenheit herrschte, ist zu erwarten, dass die Konsistenz in feuchteren Witterungsperioden auch bis halbfest abfällt.

In den westlichen Bohrungen (Richtung Weißenberg) stehen oberhalb der stark verwitterten Grauwacke Verwitterungslehm (Schicht 4: SU*/GU* - Sand/Kies, stark schluffig) und Hangschutt (Schicht 5: GU/GU* -Kies, stark schluffig) an.

Hingegen wurden im flacheren östlichen Teil des Radweges über der stark verwitterten Grauwacke sandig-kiesige Flussablagerungen (Schicht 3a: SU* - Sand, stark schluffig und Schicht 3b: SW/SU – Mittel- und Grobsande) angetroffen.

Die stark verwitterte Grauwacke steht zwischen 3,0...5,0 m u.GOK an, wobei die Schichtobergrenze dem Gelände folgend von Ost nach West ansteigt.

Das Grundwasser wurde etwa im Niveau des Vorfluters bei 174 m NHN innerhalb der sandig-kiesigen Flussablagerungen angetroffen.

Die Baugrundverhältnisse sind in 2 Längsprofilschnitten (s. Anlage 3) dargestellt. Die Erstellung von maßgebenden Baugrundprofilen ist aufgrund der stark wechselnden Baugrundsichten erst sinnvoll möglich, wenn die Planungen für die Böschungssicherung konkreter vorliegen, d.h. die z.B. mittels Stützbauwerken zu sichernden Böschungsabschnitte bekannt sind.

3.3 Rammbarkeit des Baugrundes

Schwere Rammsondierungen erfolgten lediglich auf dem Radweg (OK Böschung), da das darunterliegende Gelände mit der Sondiertechnik nicht erreichbar ist. Aus den Erkundungen zum benachbarten Bauwerk 2 mit ähnlichen Baugrundsichten lässt sich die Lagerungsdichte für einige Schichten im Bereich des Radweges übertragen. Auch am BW 2 endeten die Sondierungen in der steinigen Verwitterungszone der Grauwacke (Schicht 6a).

Die sandig-kiesigen Auffüllungen unterhalb des Radweges (Schicht 0b) sind mit Schlagzahlen von $N_{10} = 0...5$ als locker gelagert zu bezeichnen. Im Hangschutt (Schicht 5) liegt mit $N_{10} = 10...20$ eine mitteldichte Lagerung vor. Teilweise enthält diese Schicht steinige Rammhindernisse (z.B. in Bohrung BP 6 bei 3,7 m u.GOK).

In den Rammsondierungen ist besonders die geringe Lagerungsdichte der feinkörnigen Flussablagerungen (Schichten 3a, 3b) erkennbar. Hier sackte die Rammsonde pro Schlag teilweise um 20 cm ab. Die Flusssande (Schicht 3c) können mit Schlagzahlen von $N_{10} = 10$ als mitteldicht bezeichnet werden. Vereinzelt höhere Schlagzahlen in dieser Schicht sind auf die darin enthaltenen Steine und Gerölle zurückzuführen. Die Grauwacke ist nur innerhalb der stark verwitterten Schichten (Bohrgut bis Kiesgröße) rammbar und dann mit Schlagzahlen von $N_{10} = 10...20$ bereits mitteldicht bis dicht gelagert.

Folgende Schlagzahlen und Lagerungsdichten sind den unterschiedlichen Böden zuzuordnen.

Tabelle 2 Lagerungsdichte von nichtbindigen Böden

Schicht Nr.	Bodenart	Kurzzeichen	mittlere Schlagzahl N_{10} unter Wasser	mittlere Schlagzahl N_{10} über Wasser	Lagerungsdichte D
3a *)	Feinsande, stark schluffig	SU*	0...2	< 5	< 0,20 sehr locker
3b *)	Mittel- bis Grobsand, schluffig (Flusssande)	SU/SW	0...2	< 5	< 0,20 sehr locker
3c *)	Kies, sandig, steinig (Flusssande)	GW	10	16	0,48 mitteldicht
3e	Sand, schluffig bis stark schluffig (pleistozäne Sande)	SU/SU*	/	10	0,37 locker
5	Kies schluffig bis stark schluffig, steinig (Hangschutt)	GU/GU*	/	15	0,46 mitteldicht
6a *)	Grauwacke, kiesig verwittert (stark verwittert)	/	20 (10...30)	28	0,61 dicht
6b bis 6d	Grauwacke schwach verwittert bis unverwittert	nicht rammbar			

*) Am Radweg erfolgten keine Sondierungen innerhalb dieser Schichten. Die Werte wurden aus Sondierungen am Bauwerk 2 Brücke über das Löbauer Wasser übernommen

Aus der Lagerungsdichte kann der Steifemodul nach Ohde aus nachfolgender Beziehung ermittelt werden:

$$E_s = n \cdot p_a \cdot \frac{\sigma_{ii} + 0,5 \cdot D \cdot \frac{\sigma_z}{p_a}}{e}$$

n	Steifebeiwert (aus Rammsondierung)
w	Steifeexponent (für rollige Böden =0,5)
$\sigma_{ii} = \gamma \cdot (d+z)$	lotrechte Normalspannung in der Gründungssohle oder in der Tiefe z unterhalb der Gründungssohle
$D \sigma_z = i \cdot s_1$	Erhöhung der lotrechten Spannungen durch die Baumaßnahme in der Gründungssohle oder in der Tiefe z unterhalb der Gründungssohle
p_a	athmosphärischer Druck (100 kN/m ²)

Als Ausgangswert für die Sohlnormalspannung wird $s_0 = 300 \text{ kN/m}^2$, als Gründungstiefe wird eine Gründungssohle bei ca. 4 m unter Gelände (173,5 m NHN / Schicht 3c) angenommen.

Damit ergeben sich folgende Steifemodule, die bei der Angabe der Bodenkennwerte (Tabelle 11) berücksichtigt werden.

- Schicht 3a: $E_s = << 25 \text{ MN/m}^2$
- Schicht 3b: $E_s = < 25 \text{ MN/m}^2$
- Schicht 3c: $E_s = 72 \text{ MN/m}^2$
- Schicht 3e: $E_s = 40 \text{ MN/m}^2$
- Schicht 5: $E_s = 40 \text{ MN/m}^2$
- Schicht 6a: $E_s = 85 \text{ MN/m}^2$.

3.4 Aufbau des Radweges

Der Radweg besitzt ausgehend vom Knotenpunkt S 112 / S 111 zunächst eine ungebundene Schotterdecke. Nach ca. 120 Metern wechselt der Belag in eine Asphaltdecke. Am Übergang zwischen diesen Belägen erfolgte eine Kernbohrung zur Entnahme einer Asphaltprobe sowie zur Erkundung der Oberbaustärke.

- Stärke des gebundenen Oberbaus (Asphalt): 10 cm
- Stärke des ungebundenen Oberbaus (Schottertragschicht 0/45): 10 cm
- Stärke der Schottertragschicht im nicht asphaltierten Abschnitt: 20 cm

Vom gebundenen und ungebundenen Oberbau wurden Proben für chemische Untersuchungen entnommen (s. Kapitel 7).

3.5 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Da die Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen sowohl für den Radweg als auch für das BW 2 bzw. die Behelfsbrücke von Belang sind, werden nachfolgend alle Ergebnisse tabellarisch zusammengestellt. Die Anlagen der geotechnischen Berichte enthalten dann nur noch die Protokolle für jeweils zu den Bauwerken zugeordneten Bohrungen.

An den entnommenen Bodenproben wurden folgende bodenmechanische Laboruntersuchungen durchgeführt:

Tabelle 3 Übersicht über bodenmechanische Laborversuche

Anzahl Versuche		Bezeichnung	Norm
BW 2 / Behelfsbrücke	Radweg		
6x	3x	natürlicher Wassergehalt	DIN 18121
1x	/	Glühverlust	DIN 18128
1x	/	Konsistenzgrenzen	DIN 18122
9x	5x	Korngrößenverteilung	DIN 18123
5 Serien	/	Punktlastversuch	DGGT Empf. Nr. 5
/	3x	Scherfestigkeit	DIN 18137

Tabelle 4 Bestimmung der Festigkeit mittels Punktlastversuchen

Bohrung Probe	BP 4 KP1	BP 4 KP 2	BP 4 KP 3	BP 4 KP 4	BP 4 KP 5
Entnahmetiefe [m]	8,0 – 8,2	8,2 – 8,4	9,3 – 9,7	11,2 – 11,4	12,9 – 13,0
Schicht Nr.	Schicht 6c	Schicht 6c	Schicht 6c	Schicht 6c	Schicht 6c
Anzahl der Versuche	10	10	10	10	10
Form des Prüfkörpers	Handstück	Handstück	Handstück	Handstück	Handstück
oberer Streubereich [MN/m ²]	84,5	97,3	74,0	126,1	83,2
unterer Streubereich [MN/m ²]	19,5	18,4	6,1	25,6	15,8
Mittelwert [MN/m ²]	52,0	57,8	40,0	76,8	49,5

Tabelle 5 Ergebnisse von Scherversuchen

Bohrung Probe	BP 8 UP1	BP 6 UP 1	BP 7 UP 1
Entnahmetiefe [m]	1,7 – 2,0	1,7 – 2,0	1,7 – 2,0
Schicht Nr.	Schicht 2	Schicht 0c	Schicht 0c
Reibungswinkel [°]	27,72	38,3	30,4
Kohäsion [kN/m ²]	63,3	10,0	44,9

Die übrigen Versuchsergebnisse sind in folgender Tabelle 6 zusammengefasst. Die Protokolle finden sich in Anlage 6.

Tabelle 6 Ergebnisse von bodenmechanischen Versuchen

Bohrung Probe	BP 1 P1	BP 1 P2	BP 1 P3	BP 2 P1	BP 2 P2	BP 3 P1	BP 3 P2	BP 4 P1	BP 4 P2	BP 4 P3	BP 4 P4	BP 6 P1	BP 7 P1	BP 7 P2	BP 8 P1	BP 8 P2	BP 8 P3
Entnahmetiefe [m]	3,8 – 3,9	4,6 – 4,7	7,8 – 8,0	1,4 – 1,5	2,3 – 2,4	2,5 – 2,7	4,0 – 5,0	1,5 – 1,7	2,0 – 2,2	2,2 – 2,4	3,0 – 3,8	2,0 – 2,2	1,5 – 1,7	3,5 – 3,7	2,0 – 2,2	2,5 – 2,7	5,0 – 5,3
Schicht Nr.	3a	1	4	3a	3a	3a	3c	3a	3a	3b	3c	3a	5	2	2	5	3e
nat. Wassergehalt w_n [%]	19,5	22,8	9,8	16,4	24,2	26,4	9,0	22,2	19,0	10,7	8,5	12,1	14,2	19,4	17,5	16,1	8,9
Glühverlust v_{gl} [%]		2,6															
Tonanteil [%] $\leq 0,002$ mm	12,3		9,9	4,8	4,6		n.b.	6,7		n.b.		13,5	n.b.		11,2	n.b.	n.b.
Schluffanteil [%] >0,002 ... $\leq 0,063$ mm	80,8		33,8	36,6	22,3		<13,0	57,6		<12,4		32,6	<56,6		74,3	48,3	143,6
Sandanteil [%] >0,063 ... ≤ 2 mm	6,8		41,9	58,5	72,8		45,8	35,7		74,4		53,7	43,3		14,5	50,5	79,6
Kiesanteil [%] >2 ... ≤ 63 mm	0,1		14,4	0,1	0,3		41,2	0		13,2		0,2	0,1		0	1,2	5,8
Rohdichte r_n [g/cm ³]			—														
Fließgrenze w_L [%]	21,6																
Ausrollgrenze w_P [%]	28,8																
Plastizitätszahl I_P [%]	7,3																
Konsistenzzahl I_c [%]	1,28			1,71	0,66	0,33		0,94	1,35			2,3					
k_r -Wert [m/s] Formel nach Durchlässigkeit n. DIN 18130-1	5,41*10 ⁻⁸ BIALAS schwach		2,65*10 ⁻⁸ BEYER schwach	3,74*10 ⁻⁷ BEYER schwach	1,86*10 ⁻⁶ BEYER mittel		9,32*10 ⁻⁵ BIALAS mittel	1,36*10 ⁻⁷ BEYER schwach		1,06*10 ⁻⁴ BEYER stark	2,15*10 ⁻⁴ BEYER stark	2,30*10 ⁻⁷ BEYER schwach	n.b.		5,41*10 ⁻⁸ BIALAS schwach	n.b.	2,95*10 ⁻⁵ BIALAS schwach
Bodenart nach DIN 4022	U,fs2,t2	U,org2	S,u4	f,u4	fS,u4	U,fs	mG,gg,s	U,fs	U,fs	gS,ms, u4	fG-mG,s,u	U,fs	S,u4	U,t2	U,t2	S,u4,t	mS, fs,u
Bodengruppe nach DIN 18196	UL Schluff, leicht- plastisch	OU Schluff, organisch	SU* Sand, stark schluffig	SU* Sand, stark schluffig	SU* Sand, stark schluffig	UL Schluff, leicht- plastisch	GU Kies, schluffig	UL Schluff, leicht- plastisch	UL Schluff, leicht- plastisch	SU Sand, schluffig	GW-GU Kies, weitgestuft	UL Schluff, leicht- plastisch	SU* Sand, stark schluffig	UL Schluff, leicht- plastisch	UL Schluff, leicht- plastisch	SU* Sand, stark schluffig	SU Sand, schluffig

Legende: n.b.: aus Versuch nicht bestimmbar

3.6 Eigenschaften der Bodenschichten

Die angetroffenen Bodenschichten sind überwiegend aus der Baugrunduntersuchung zum BW 2 bekannt und wurden um zusätzliche Schichten ergänzt. Aus der ingenieurgeologischen Feldansprache und Laboruntersuchungen können die Lockergesteine wie folgt charakterisiert werden:

Tabelle 7 Bautechnische Eigenschaften

Bodenart	Kurzzeichen	geotechnische Eigenschaften	Verwertungsmöglichkeit
<u>Schicht 1c</u> Sand, stark schluffig (Hanganschüttungen)	SU SU*	<ul style="list-style-type: none"> - stark frostempfindlich (F3) - geringe Durchlässigkeit nach DIN 18130 - lockere Lagerung, mäßig setzungsempfindlich 	<ul style="list-style-type: none"> - bei ordnungsgemäßer Verdichtung zum Wiedereinbau geeignet - Entsorgung nach LAGA Z1.1 (Einbauklasse 1), s. Kapitel 7.4)
<u>Schicht 2</u> Schluff, leichtplastisch (Lösslehm)	UL	<ul style="list-style-type: none"> - stark frostempfindlich (F3) - geringe Durchlässigkeit nach DIN 18130 - stark setzungsempfindlich - für die Aufnahme von Gründungen bedingt geeignet 	<ul style="list-style-type: none"> - geeignet für den Wiedereinbau im Böschungsbereich - keine anthropogene Beeinflussung erkennbar.
<u>Schicht 3a</u> - Schwemmlehm - Schwemmsande (feinkörnige Flussablagerungen)	UL SU*	<ul style="list-style-type: none"> - stark frostempfindlich (F3) - geringe Durchlässigkeit nach DIN 18130 - stark setzungsempfindlich - nicht für die Aufnahme von Gründungen geeignet 	<ul style="list-style-type: none"> - nicht zum Wiedereinbau geeignet (Ausnahme: Böschungsgestaltung) - Entsorgung nach LAGA Z1.1 (Einbauklasse 1), s. BW 2 / Kapitel 7.5)
<u>Schicht 3b</u> Grobsand, kiesig lockere Lagerung (Flusssande)	SW SU	<ul style="list-style-type: none"> - stark frostempfindlich (F3) - mittlere Durchlässigkeit nach DIN 18130 - für Wiedereinbau geeignet - als Gründungshorizont bedingt geeignet. 	<ul style="list-style-type: none"> - geeignet für den Wiedereinbau im Böschungsbereich - keine anthropogene Beeinflussung erkennbar.
<u>Schicht 3c</u> Mittel- bis Grobkies, sandig mitteldichte bis dichte Lagerung (Flusskiese)	GW GU	<ul style="list-style-type: none"> - mittlere Frostempfindlichkeit (F2) - gute Durchlässigkeit nach DIN 18130 - für Wiedereinbau geeignet - als Gründungshorizont geeignet. 	<ul style="list-style-type: none"> - geeignet für den Wiedereinbau im Böschungsbereich - keine anthropogene Beeinflussung erkennbar.
<u>Schicht 3e</u> Sand, schluffig bis stark schluffig (Pleistozän) lockere-mitteldichte Lagerung	SU SU*	<ul style="list-style-type: none"> - hohe Frostempfindlichkeit (F3) - mittlere bis schwache Durchlässigkeit nach DIN 18130 - für Wiedereinbau geeignet - als Gründungshorizont geeignet. 	<ul style="list-style-type: none"> - geeignet für den Wiedereinbau - keine anthropogene Beeinflussung erkennbar.
<u>Schicht 4</u> Sand, stark schluffig mitteldicht (Verwitterungslehm)	SU*	<ul style="list-style-type: none"> - stark frostempfindlich (F3) - schwach durchlässig nach DIN 18130 - mittlere Setzungsempfindlichkeit - für die Aufnahme von Flach- und Tiefgründungen geeignet 	- natürlicher, anthropogen unbeeinflusster Boden
<u>Schicht 5</u> Kies, schluffig-steinig mitteldicht (Hangschutt)	GU GU*	<ul style="list-style-type: none"> - stark frostempfindlich (F3) - schwach bis mittel durchlässig nach DIN 18130 - mittlere Setzungsempfindlichkeit - für die Aufnahme von Flach- und Tiefgründungen geeignet 	

Fortsetzung nächste Seite

Bodenart	Kurzzeichen	geotechnische Eigenschaften	Verwertungsmöglichkeit
<u>Schicht 6a</u> Grauwacke stark bis sehr stark verwittert Fels bis Kiesgröße verwittert, in schluffiger Matrix eingebettet, Bruchstücke scharfkantig und hart	/	<ul style="list-style-type: none"> - mittel frostempfindlich (F2) - mittlere Durchlässigkeit nach DIN 18130 - geringe Setzungsempfindlichkeit für die Aufnahme von Gründungen geeignet - schwer rammbaar 	
<u>Schicht 6b</u> Grauwacke stark bis mäßig verwittert, Fels ist bis Kiesgröße verwittert und noch im Gesteinsverband,	/	<ul style="list-style-type: none"> - nicht frostempfindlich (F1) - hohe Durchlässigkeit nach DIN 18130 durch starke Klüftung - geringe Setzungsempfindlichkeit - nicht rammbaar 	
<u>Schicht 6c / 6d</u> Grauwacke stark klüftig bis klüftig, hart, schwer bohrbar, hohe Druckfestigkeit,	/	<ul style="list-style-type: none"> - nahezu keine Setzungen zu erwarten, für die Aufnahme von Tiefgründungen geeignet, - nicht rammbaar, schwer bohrbar 	

3.7 Grundwasser

3.7.1 Grundwasserverhältnisse

Das Grundwasser wurde leicht oberhalb des Niveaus im Vorfluter bei ca. 174 m NHN angetroffen. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass sich das Grundwasserniveau bei Hochwasserereignissen infolge der weitläufigen Aueablagerungen (s. Abbildung 1) großflächig an die Wasserführung des Löbauer Wassers angleicht. Als Grundwasserleiter wirken die kiesigen Flussablagerungen (Schicht 3c).

Tabelle 8 Grundwasserstände

Bohrung	Höhe Gelände [m NHN]	GW-Anschnitt [m u.GOK]	Ruhe-GW [m. u.GOK]	GW [m NHN]
Radweg bzw. OK Böschung				
BP 5	178,25	5,1	5,1	173,15
BP 6 bis BP 9	kein Grundwasseranschnitt			
UK Böschung				
BS 5	176,54	2,59	2,59	173,95
BS 6	176,08	2,12	2,12	173,96
BS 7	176,36	2,84	2,84	173,52
BS 8	179,24	4,70	n.m.	174,54
BS 9	182,57	kein Grundwasseranschnitt		

Der Wasserspiegel des Vorfluters lag zum Zeitpunkt der Entwurfsvermessung bei 174,6 m NHN. Der höchste in den Bohrungen gemessene Grundwasserstand beträgt 174,54 m NHN. Die Bohrungen erfolgten in einer Zeit längerer extremer Trockenheit im Juni 2018.

Der Bemessungsgrundwasserstand sollte unter Berücksichtigung einer Schwankungsreserve bei 175,5 m NHN festgelegt werden. Die bauzeitlich relevanten Hochwassermarken (HQ) der LTV Landestalsperrenverwaltung Sachsen sind zu beachten.

3.7.2 Beton- und Stahlaggressivität des Wassers

Zur Bestimmung der Beton- und Stahlaggressivität des Wassers nach DIN 4030 / DIN 50929 wurden je eine Wasserprobe des Grundwassers und des Löbauer Wassers entnommen und analysiert (Prüfbericht in Anlage 7.5).

Tabelle 9 Betonaggressivität des Wassers

Parameter	Prüfergebnis		Grenzwerte nach DIN 4030		
	Löbauer Wasser	Grundwasser	schwach	mäßig	stark
pH-Wert	3,8	7,4	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
Magnesium (Mg^{2+}) [mg/l]	26,0	12,0	300 - 1000	1000 - 3000	> 3000
Ammonium (NH_4^+) [mg/l]	2,4	0,15	15-30	30 - 60	> 60
Sulfat (SO_4^{2-}) [mg/l]	52	110	200-600	600 - 3000	> 3000
CO ₂ (kalklösend) [mg/l]	35	15	15-40	40 - 100	> 100

Aufgrund des extrem geringen pH-Wertes und des Gehaltes an kalklösender Kohlensäure gilt für Betonteile im Gründungsbereich die Expositionsklasse XA3 „stark betonangreifend“ gemäß DIN 1045-2 bzw. DIN EN 206-1.

Tabelle 10 Stahlaggressivität des Wassers

Nr.	Merkmal u. Dimension	Prüfergebnis		Einheit	Bewertungsziffer für			
		Grundwasser	Löbauer Wasser		unlegierte Eisen	verzinkten Stahl	unlegierte Eisen	verzinkten Stahl
1	Wasserart				N 1	M 1	N 1	M 1
	fließende Gewässer				0	-2	0 / 0	-2 / -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	0		
	> 1 bis 5		3,4		-2	0	-2	-0
	> 5 bis 25	15			-4	-1	-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	< 0,1			+1	-1	+1	-1
	1 bis 2		1,7		+2	+1	+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				-1	0		
	0,5 bis 2		1,30		0	+2	0	+2
	2 bis 8	2,83			+1	+3	+1	+3
	> 8				+2	+4		

Fortsetzung nächste Seite

Nr.	Merkmal u. Dimension	Prüfergebnis		Einheit	Bewertungsziffer für			
		Grundwasser	Löbauer Wasser		unlegierte Eisen	verzinkten Stahl	unlegierte Eisen	verzinkten Stahl
6	pH-Wert			-	N 6	M 6	N 6	M 6
	< 5,5	3,8			-3	-6	-3	-6
	5,5 bis 6,5				-2	-4		
	> 6,5 bis 7,0				-1	-1		
	> 7,0 bis 7,5		7,4		0	+1	0	+1
	> 7,5				+1	+1		

Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit

a) Unlegierter Stahl

Die Korrosionswahrscheinlichkeit durch freie Korrosion im errechnet sich gemäß DIN 50929 mit Hilfe der Bewertungszahlen N_1 bis N_7 zu:

		Grundwasser	Löbauer Wasser
Unterwasserbereich	$W_0 = N_1 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_3/N_4 =$	-9,0	-1,0
Wasser/Luft-Grenze	$W_1 = W_0 - N_1 + N_2 \times N_3 =$	-13,0	-3,0
Spritzwasserbereich	$W_1 = W_0 - N_1 + N_2 \times N_3 =$	-10,2	-1,6

DIN 50929 T3, Tab. 7. Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten und niedriglegierten Stählen in Wasser

W_0 - bzw. W_1 -Werte	Mulden- u. Lochkorrosion	Flächenkorrosion
> 0	sehr gering	sehr gering
-1 bis -4	gering	sehr gering
< -4 bis -8	mittel	gering
< -8	hoch	mittel

Die Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegiertem Stahl im Unterwasserbereich ist damit wie folgt einzuschätzen:

	Grundwasser	Löbauer Wasser
• Mulden- oder Lochkorrosion:	hoch	gering
• Flächenkorrosion:	mittel	sehr gering

An der Wasser-Luft-Grenze ist die Korrosionswahrscheinlichkeit wie folgt einzuschätzen:

	Grundwasser	Löbauer Wasser
• Mulden- oder Lochkorrosion:	hoch	gering
• Flächenkorrosion:	mittel	sehr gering

b) Verzinkter Stahl

Die Verzinkungsschicht wird durch Korrosion zu einer Deckschicht umgewandelt, deren Güte mittels der Bewertungszahlsummen W_D und W_L eingeschätzt werden kann. W_D und W_L werden aus den in Tabelle 10 bestimmten Bewertungszahlen M_1 bis M_6 ermittelt.

Die Güte der sich bildenden Deckschicht auf feuerverzinkten Stählen berechnet sich gemäß DIN 50929 zu:

		Grundwasser	Löbauer Wasser
Unterwasserbereich	$W_D = M_1 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6 =$	-7,0	2,0
Wasser/Luft-Grenze	$W_L = W_D + M_2 =$	-16,0	-4,0
Spritzwasserbereich	$W_L = W_D + M_2 =$	-9,0	0,0

DIN 50929 T3, Tab. 5. Beurteilung der Güte von Deckschichten auf feuerverzinkten Stählen

W_D - bzw. W_L -Werte	Güte der Deckschichten
> 0	sehr gut
-1 bis -4	gut
-5 bis -8	befriedigend
< -8	nicht ausreichend

Die Güte der Deckschicht ist wie folgt einzustufen:

	Grundwasser	Oberflächenwasser
· Wasser-Luft-Grenze:	nicht ausreichend	gut
· Unterwasserbereich:	befriedigend	sehr 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. Es werden nur die am BW 2 vorhandenen Schichten berücksichtigt.

Tabelle 11 Bodenmechanische Kennwerte

Nr.	Bodenart	Kurz- zeichen	g	g'	f'	c'	E _s	k _f
Lockergestein und stark verwittertes Festgestein								
0a	Schottertragschichten Konstruktionsschichten Radweg	[GW] [GU]	-	-	-	-	-	-
0c	Schluff, leichtplastisch Sand, stark schluffig (Hanganschlüttungen, locker- mitteldicht)	[UL] [SU*]	19	10	30...35	10...20	20...30	1*10 ⁻⁶ bis 1*10 ⁻⁸
2	Schluff, leichtplastisch, halbfest (Löss- und Gehängelehm)	UL	19	10	25...27	20	10...20	1*10 ⁻⁹ bis 1*10 ⁻⁸
3a	Schluff, leichtplastisch Sand, stark schluffig steif bis halbfest (Schwemmlehm / -sand)	UL SU*	17...19	7...9	25...28	0	1-5	5*10 ⁻⁸ bis 1*10 ⁻⁶
3b	Grobsand, mittelsandig, kiesig, schluffig, locker (Flusssande)	SW-SU	18	10	30	0	20	1*10 ⁻⁵ bis 1*10 ⁻⁴
3c	Mittel- Grobkies, sandig mitteldicht bis dicht (Flusssande)	GW-GU	19	11	32,5	0	60	1*10 ⁻⁴ bis 5*10 ⁻⁴
3e	Sand schluffig bis stark schluffig (pleistozäne Sande)	SU-SU*	19	10	32,5	2-5	40	3*10 ⁻⁵
4	Sand, stark schluffig-tonig steinig (Verwitterungslehm)	SU*	19	9	28	0	40	1*10 ⁻⁸ bis 1*10 ⁻⁷
5	Kies, schluffig-steinig (Hangschutt)	GU-GU*	20	11	35	5	40	1*10 ⁻⁶ bis 1*10 ⁻⁴
6a	Kies, Steine, Schluff Grauwacke, sehr stark verwittert	/	21	11	35	5	80	k.A.
Festgestein								
6b	Grauwacke, mäßig bis stark verwittert, stark klüftig	/	24...26	14...16	32,5	0	120	k.A.
6c	Grauwacke klüftig bis stark klüf- tig	/	26...27	16...17	40-50	200- 600	> 150	k.A.
6d	Grauwacke schwach verwittert bis unverwittert, klüftig bis schwach klüftig	/	26...27	16...17	50-60	600- 1.200	> 150	k.A.

Legende (alle Kennwerte sind charakteristische Werte, Werte für Festgestein sind Gebirgskennwerte):

g	Bodenwichte, erdfeucht [kN/m ³]	E _s	Steifemodul [MN/m ²]
g'	Bodenwichte unter Auftrieb [kN/m ³]	k _f	Durchlässigkeit [m/s]
f'	Reibungswinkel [°]	c'	Kohäsion [kN/m ²]

In Tabelle 12 sind die zur Bemessung von Tiefgründungen erforderlichen Kennwerte für den Spitzenwiderstand der Drucksonde (q_{ck}) bei nichtbindigen Böden sowie für die undrainierte Kohäsion c_u bei bindigen Böden angegeben.

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

Tabelle 12 Bodenmechanische Ausgangsgrößen zur Bemessung von Tiefgründungen

Nr.	Bodenart	Kurz- zeichen	q_{ck} [MN/m ²]	$c_{u,k}$ [kN/m ²]
Lockergestein und stark verwittertes Festgestein				
2	Schluff, leichtplastisch (Löss- und Gehängelehm)	UL	-	-
3a	Schluff, leichtplastisch Sand, stark schluffig steif bis halbfest (Schwemmlehm / -sand)	UL SU*	-	-
3b	Grobsand, mittelsandig, kiesig, schluffig, locker (Flusssande)	SU-SU*	-	-
3c	Mittel- Grobkies, sandig mitteldicht bis dicht (Flusskiese)	GW-GU	10	-
3e	Sand schluffig bis stark schluffig (pleistozäne Sande)	SU-SU*	10	-
4	Sand, stark schluffig-tonig (steinig), fest (Verwitterungslehm)	SU*/GU*	-	100
5	Kies, schluffig-steinig (Hangschutt)	GU-GU*	10	-
6a	Kies, Steine, Schluff Grauwacke, sehr stark verwittert	/	10-15	-
Festgestein				
6b	Grauwacke, mäßig bis stark verwittert, stark klüftig	/	keine Angaben	
6c	Grauwacke klüftig bis stark klüftig	/		
6d	Grauwacke schwach verwittert bis unverwittert, klüftig bis schwach klüftig	/		

Legende:

Kurzzeichen

Bodengruppe gemäß DIN 18196

q_{ck}

Spitzenwiderstand der Drucksonde

c_u

undrainierte Kohäsion (Werte <60 kN/m² gem. EA-Pfähle nicht berücksichtigt)



Tabelle 13 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		
Lockergestein und stark verwittertes Festgestein							
2	Schluff, leichtplastisch (Löss- und Gehängelehm)	UL	0	0	0	0	10
3a	Schluff, leichtplastisch Sand, stark schluffig steif bis halbfest (Schwemmlehm / -sand)	UL SU*	0	0	0	0	1
3b	Grobsand, mittelsandig, kiesig, schluffig, locker (Flusssande)	SU-SU*	0	0	0	0	20
3c	Mittel- Grobkies, sandig mitteldicht bis dicht (Flusskiese)	GW-GU	0,7	0,9	2,0	0,08	60
4	Sand, stark schluffig-tonig steinig (Verwitterungslehm)	GU/GU*	0,35	0,45	0,8	0,04	40
5	Kies, schluffig-steinig (Hangschutt)	GU-GU*	0,7	0,9	2,0	0,08	40
6a	Kies, Steine, Schluff Grauwacke, sehr stark ver- wittert	/	1,05	1,35	3,0	0,04	80
Festgestein							
6b	Grauwacke, mäßig bis stark verwittert, stark klüftig	/	3,0			0,3	150
6c	Grauwacke klüftig bis stark klüftig	/	6,0			0,8	> 300
6d	Grauwacke schwach verwit- tert bis unverwittert, klüftig bis schwach klüftig	/	6,0			0,8	> 300

Legende:

Werte für charakteristischen Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ und charakteristische Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ wurden anhand von Erfahrungswerten der einaxialen Druckfestigkeit für gleichartige verwitterte Gesteine (Gneis) gemäß EA-Pfähle (Ausgabe 2013) festgelegt

5 Gründungsempfehlungen

5.1 Sicherungsvarianten

Der Hangabschnitt mit erkennbaren Schäden befindet sich zwischen den Bohrungen BP 7 und BP 8. In diesem Abschnitt schwenkt das Löbauer Wasser in einem Mäander nach Norden und reicht dann bis ca. 15 Meter an den Radweg heran.

Folgende Sicherungsvarianten sind für diese Böschung grundsätzlich zu betrachten:

- a) Veränderung der Böschungskontur: Abflachen bei gleichzeitigem Erosionsschutz
- b) Sicherung durch ein Ingenieurbauwerk (Stützmauer, Gabionen o.ä.)

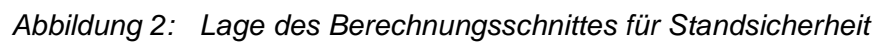
5.2 Veränderung der Böschungskontur

Die derzeitige Vermessung reicht nur bis an die Böschungsunterkante heran. Daher können nur orientierende Standsicherheitsberechnungen durchgeführt werden.

Die Böschungskontur wurde im Rahmen einer überschlägigen Standsicherheitsberechnung konstruiert (s. Anlage 8). Dabei wurde jedoch nicht die Vermessung der LIST GmbH aus dem Jahre 2017 zugrunde gelegt, sondern eine Vermessung der DEGES aus dem Jahr 2009 (Neubau B 178, BA 1.1). Bei dieser Vermessung sind auch die Böschungskanten des Löbauer Wassers eingemessen worden. Die Böschungskontur, vor allem die Lage des Böschungsfußes, weicht in beiden Vermessungen in der Größenordnung von 1 bis 2 Metern ab.

Der Berechnungsschnitt liegt an der Stelle, wo sich das Löbauer Wasser am nächsten bis an die Böschung unterhalb des Radweges annähert (s. Abbildung 2). Bohrungen direkt in der dargestellten Schnittlinie waren aufgrund der sehr steilen Böschung (Neigung: 1:1,7) und der beengten Platzverhältnisse nicht möglich.

Bei dieser Böschung handelt es vermutlich um eine künstlich hergestellte Böschung, die bis oberhalb der natürlichen Gewässerböschung reicht. An den Flurstücksgrenzen ist entlang der Flst. 157/3 und 157/4 möglicherweise der Verlauf eines heute nicht mehr existierenden Weges erkennbar.



Das Diagramm zeigt ein Querschnittsprofil eines Geländes mit einer Höhe in Metern über NN auf der Y-Achse (174 bis 186). Die X-Achse ist durch die Stationen 173,8, 174,6, 178,2, 178,6, 181,4, 181,6, 183,9 und 184,1 markiert. Die Profile sind in drei farbige Zonen unterteilt: eine untere orange-braune Zone, eine mittlere gelbe Zone und eine obere grüne Zone. Die Neigungen sind an drei Stellen angegeben: 1:1,15 zwischen 173,8 und 174,6; 1:1,69 zwischen 178,2 und 178,6; und 1:2,28 zwischen 181,4 und 183,9. Ein Radweg ist als Linie mit einem roten Pfeil markiert, der von einem Punkt 'BS 8' (Höhe 178,2) zu einem Punkt 'BP 8' (Höhe 181,4) führt. Ein weiterer Punkt 'Radweg' ist bei einer Höhe von 181,6 markiert. Ein blauer Punkt bei 174,5 m NHN ist ebenfalls eingezeichnet. Die Stationen sind in einem Raster mit den Werten 173,8, 174,6, 178,2, 178,6, 181,4, 181,6, 183,9 und 184,1 angegeben.

S 112 / S 111 – Radweg und Stützbauwerk in Wasserkretscham, Landkreis Görlitz
Baugrunduntersuchung
IFG-Projekt-Nr.: 043-03-18

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen sind in Tabelle 14 enthalten. Dabei handelt es sich nur um überschlägige Berechnungen, um zu ermitteln, ob grundsätzliche Standsicherheitsprobleme an der Böschung unterhalb des Radweges bestehen.

Tabelle 14 Ergebnisse Standsicherheitsberechnung

Bemessungssituation	Verkehrslasten	Wasserspiegel Löbauer Wasser	Ausnutzungsgrad	Bemerkungen
BS-P1	/	174,6 m NHN	$\mu = 0,67$	- große Gleitkreise - ohne Verkehrslasten - Anlage 8, Blatt 1
BS-P2	/	174,6 m NHN	$\mu = 0,75$	- böschungsnah Gleitkreise am Löbauer Wasser - ohne Verkehrslasten - Anlage 8, Blatt 2
BS-T	10 kN/m ² auf Radweg	174,6 m NHN	$\mu = 0,61$	- mit Verkehrslasten - Anlage 8, Blatt 3

Es besteht kein grundsätzliches Standsicherheitsproblem an den Böschungen zum Löbauer Wasser.

Auch unter Berücksichtigung der Vereinfachungen und Annahmen, die der Standsicherheitsberechnung zugrunde liegen (unsichere Vermessung, Interpolation der Schichten, Streubereich der Bodenkennwerte), ist mit Ausnutzungsgraden von $\mu \leq 0,75$ eine ausreichende Standsicherheit gegeben. Bei den Berechnungen wurde der Lastfall „schnelle Absenkung“ (BS-A) nicht betrachtet.

Der vorhandene Baumbestand weist keine für Hangrutschungen typischen Merkmale (Säbelwuchs) auf. Böschungsparelle Risse sind im Gelände nicht erkennbar.

Bei den vor Ort zu beobachtenden Böschungsabbrüchen handelt es sich vielmehr um Erosionsschäden infolge von Hochwasserereignissen. Der beschädigte Hang stellt als Prallhang des Löbauer Wassers einen bevorzugten Angriffspunkt für die Gewässerströmung dar. Hinzu kommen die in der Böschung anstehenden teilweise feinkörnigen bzw. erosionsanfälligen Böden (Schicht 2: Lösslehm / Schicht 5: Hangschutt). Diese Erosionsschäden sind bereits an den Baumwurzeln erkennbar, die möglicherweise die Stabilität der unmittelbar in der Gewässerböschung vorhandenen Bäume bedrohen. (s. Fotodokumentation, Anlage 5, Seite 6 und 7).

Zur Sicherung des Gewässerhanges sind weniger Stützbauwerke als vielmehr ein wirksamer Erosionsschutz erforderlich (z.B. Deckwerk aus Wasserbausteinen). Dieser wirkt durch seine Auflast zusätzlich stabilisierend auf die Böschung.

5.3 Sicherung der Böschung durch Stützbauwerke

Eine Böschungssicherung durch Stützbauwerke ist aus geotechnischer Sicht nicht erforderlich. Sollte dennoch eine derartige Lösung geplant werden, kann die Gründung eines derartigen Bauwerkes auf den Flusskiesen (Schicht 3c) oder der unmittelbar darunter anstehenden Verwitterungszone der Grauwacke (Schicht 6a/6b) erfolgen. Ein derartiges Stützbauwerk sollte nicht innerhalb der Böschung sondern immer vor der Böschung angeordnet werden, um einen Erosionsschutz bei Hochwasserereignissen zu gewährleisten.

Für Vorbemessungen kann der Bemessungswert des Sohlwiderstandes $s_{R,d}$ nach Handbuch EC 7-1 (Tabelle 17.9) angegeben werden. Für ein 1,0 m breites Streifenfundament und eine Einbindetiefe von 1,0 m ist ein Sohlwiderstandes $s_{R,d} = 580 \text{ kN/m}^2$ zulässig. Aufgrund der Lage des Fundamentes im Wasser sind diese Werte um 40 % zu verringern. Damit ergibt sich $s_{R,d} = 348 \text{ kN/m}^2$ (mittig belastetes Streifenfundament, setzungsunempfindliches Bauwerk).

6 Frostempfindlichkeit, Homogenbereiche

Mit Einführung der VOB 2012 (Ergänzung 2015) tritt anstelle der bekannten Bodenklassen die Einteilung nach Homogenbereichen. Darin werden entsprechend der auszuführenden Gewerke für jede einzelne Norm Schichten mit ähnlichen bautechnischen Eigenschaften in einem Homogenbereich zusammengefasst. Für jeden Homogenbereich sind Spannen der jeweiligen Bewertungskriterien anzugeben. Da derzeit weder die Notwendigkeit noch die Art einer Hangsicherung feststehen, können derzeit noch keine sinnvollen Angaben zu Homogenbereichen gemacht werden. Homogenbereiche sind stets in Abhängigkeit von der jeweilig gültigen Ausführungsnorm anzugeben.

Für Übersichtszwecke werden nachfolgend die Bodenklassen nach DIN 18300 und DIN 18301 (Stand: 2012) sowie die Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTVE-StB angegeben. Im weiteren Planungsfortschritt können auf der Grundlage der durchgeführten Erkundungen und Laborversuche die Homogenbereiche und deren Kennwerte ergänzt werden. Sinngemäß gelten die Homogenbereiche aus dem Geotechnischen Bericht zum Bauwerk 2 (/U22/)

Tabelle 15 Bodenklassen, Frostempfindlichkeitsklassen

Nr.	Bodenart	Kurzzeichen	BK DIN 18300	BK DIN 18301	Frostempfindlichkeit ZTVE-StB 17
0a	Schottertragschichten Konstruktionsschichten Straße	[GW] [GU]	3	BN 1	F1 - F2
0c	Schluff, leichtplastisch Sand, stark schluffig (Hanganschlüttungen, locker-mitteldicht)	[UL] [SU*]	3-4	BB 2 BN 2	F3
2	Schluff, leichtplastisch, halbfest (Löss- und Gehängelehm)	UL	4	BB 3	F3
3a	Schluff, leichtplastisch Sand, stark schluffig steif bis halbfest (Schwemmlehm / -sand)	UL SU*	3-4	BB2 – BB3 BN 2	F3
3b	Grobsand, mittelsandig, kiesig, schluffig, locker (Flusssande)	SU-SU*	3	BN 1 – BN 2	F3
3c	Mittel- Grobkies, sandig mitteldicht bis dicht (Flusskiese)	GW-GU	3	BN 1, BS1-BS2	F2 - F3
3e	Sand schluffig bis stark schluffig (pleistozäne Sande)	SU-SU*	3-4	BN 1 – BN 2	F3
4	Sand, stark schluffig-tonig steinig (Verwitterungslehm)	SU*	4	BB 3	F3
6a	Kies, Steine, Schluff Grauwacke, sehr stark verwittert	/	5	BN2, BS 2/BS 4	F3
6b	Grauwacke, mäßig bis stark verwittert, stark klüftig	/	6	FV 2,FD 2	/

Fortsetzung nächste Seite

Nr.	Bodenart	Kurz- zeichen	BK DIN 18300	BK DIN 18301	Frost- empfindlichkeit ZTVE-StB 17
6c	Grauwacke klüftig bis stark klüftig	/	7	FV 2, FD 2	/
6d	Grauwacke schwach verwittert bis unverwittert, klüftig bis schwach klüftig	/	7	FV 2 – FV 4 FD 2 – FD 3	/

Legende:

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

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

7 Bautechnische Empfehlungen

7.1 Wasserhaltung

Der Bemessungsgrundwasserspiegel wurde mit 175,5 m NHN angegeben. Für Baumaßnahmen an der Böschung muss das Löbauer Wasser durch geeignete Absperrungen (z.B. Big Bags) von der Baustelle ferngehalten werden. Bei derartigen Absperrungen ist immer mit starkem Wasserzustrom von der Flusssohle (gut durchlässige Flusskiese) zu rechnen.

7.2 Erdbau, Verbau und Baugrube

Baugruben mit einer Tiefe von > 1,25 m können maximal im Winkel von max. 45° hergestellt werden. Die in der Gewässerböschung anstehenden Böden sind erosionsempfindlich und werden bei Hochwasserereignissen abgespült. Ohne eine zusätzliche Abdichtung der Baugrubensohle ist eine wasserdichte Baugrube aufgrund des stark durchlässigen Untergrundes (Flusskiese) bzw. der starken Klüftigkeit der Grauwacke nicht herstellbar.

Der Baugrund ist für Verbauelemente nicht rammbar. In derartigen Fällen ist ein Vorbohren (Lockerungsbohrungen) vorzusehen.

7.3 Rammbarkeit des Baugrundes

Der Baugrund ist bis zum Erreichen der Schicht 6a rammfähig. Innerhalb der Schicht 3c (Flusskiese) und Schicht 5 (Hangschutt) ist mit steinigen Rammhindernissen zu rechnen. Mit zunehmender Tiefe steigt der Anteil der Gerölle in der darunterliegenden Verwitterungszone der Grauwacke (Schicht 6a) schnell an, so dass mit Erreichen der Schicht 6a Lockerungsbohrungen für den Verbau notwendig sind.

7.4 Wiederverwendbarkeit der Aushubmaterial

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

- mögliches Aushubmaterial im Bereich des BW 2 – s. Kapitel 7.4.1
 - è Analyse nach LAGA TR Boden Tabelle II.1.2-1 (Böden ohne min. Fremdbestandteile)
 - è Analyse von Asphaltresten nach DepV
- ungebundene Tragschichten – s. Kapitel 7.4.2
 - è Analyse nach SMUL-Erlass RC-Baustoffe.

Der Ausbauasphalt im Zuge der S 112 wurde bereits bei den Untersuchungen zum Bauwerksbestand im Jahr 2017 /U22/ beprobt und chemisch untersucht.

7.4.1 LAGA-Analysen

Aus den Rotationskernbohrungen und Kleinrammbohrungen wurde Material der ungebundenen des Untergrundes/Anstehendes entnommen und nach LAGA TR Boden Tabelle II.1.2-1 (Böden mit mineralischen Fremdbestandteilen) untersucht (s. Anlage 7.1).

Tabelle 16 Untersuchung Aushubmaterial nach LAGA TR Boden (Tabelle II.1.2-1)

Bezeichnung	Einheit	BP1 MP 1-1 0,1-0,4 m	BP1 MP 1-2 0,5-0,9 m	BP1 AP 1-1 0,4-0,5 m	BP8 MP 1-1 0,2-1,1 m	BP9 MP 9-1 0,3-1,3 m	Z0 Lehm/ Schluff	Z1.1	Z1.2	Z2
Probennummer		118062572	118062573	118062574	118062576	118062577				
Einstufung		Z1.1	Z2	über Z2	Z1.1	Z0				
Elemente aus dem Königswasseraufschluss nach DIN EN 13657										
Arsen (As)	mg/kg TS	5,7	4,3	5,8	5,7	5,1	15	45	45	150
Blei (Pb)	mg/kg TS	13	14	13	16	11	70	210	210	700
Cadmium (Cd)	mg/kg TS	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	1	3	3	10
Chrom (Cr)	mg/kg TS	47	55	34	16	22	60	180	180	600
Kupfer (Cu)	mg/kg TS	24	31	28	22	11	40	120	120	400
Nickel (Ni)	mg/kg TS	32	49	29	12	15	50	150	150	500
Quecksilber (Hg)	mg/kg TS	0,09	< 0,07	< 0,07	< 0,07	< 0,07	0,5	1,5	1,5	5
Zink (Zn)	mg/kg TS	62	66	59	45	36	150	450	450	1500
Organische Summenparameter										
TOC	Ma.-% TS	0,2	0,3	2,7	0,8	0,3	0,5	1,5	1,5	5
EOX	mg/kg TS	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1	3	3	10
Kohlenwasserst. C10-C22	mg/kg TS	< 40	< 40	180	< 40	< 40	100	300	300	1000
Kohlenwasserst. C10-C40	mg/kg TS	< 40	< 40	1300	< 40	< 40		600	600	2000
PAK aus der Originalsubstanz										
Naphthalin	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	30	< 0,05	< 0,05				
Acenaphthylen	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	0,25	< 0,05	< 0,05				
Acenaphthen	mg/kg TS	< 0,05	0,44	18	< 0,05	< 0,05				
Fluoren	mg/kg TS	< 0,05	0,35	12	< 0,05	< 0,05				
Phenanthren	mg/kg TS	0,07	0,90	22	0,09	0,05				
Anthracen	mg/kg TS	< 0,05	0,30	6,1	< 0,05	< 0,05				
Fluoranthren	mg/kg TS	0,24	0,81	7,7	0,47	0,25				
Pyren	mg/kg TS	0,20	0,61	4,9	0,41	0,22				
Benzo[a]anthracen	mg/kg TS	0,10	0,25	1,2	0,28	0,14				
Chrysen	mg/kg TS	0,10	0,21	1,1	0,26	0,12				
Benzo[b]fluoranthren	mg/kg TS	0,15	0,40	0,93	0,51	0,23				
Benzo[k]fluoranthren	mg/kg TS	0,06	0,13	0,33	0,18	0,08				
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	0,10	0,24	0,48	0,33	0,16	0,3	0,9	0,9	3
Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/kg TS	0,07	0,14	0,11	0,21	0,10				
Dibenzo[a,h]anthracen	mg/kg TS	< 0,05	0,06	< 0,05	0,08	< 0,05				
Benzo[ghi]perylene	mg/kg TS	0,08	0,12	0,15	0,19	0,10				
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG	mg/kg TS	1,17	4,96	105	3,01	1,45	3	3	3	30
Kenngrößen aus dem 10:1-Schütteleuat nach DIN EN 12457-4										
pH-Wert		8,5	9,1	8,7	7,3	8,0	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6 - 12	5,5 - 12
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	90	197	82	72	118	250	250	1500	2000
Chlorid (Cl)	mg/l	1,2	1,4	< 1,0	13	6,7	30	30	50	100
Sulfat (SO4)	mg/l	1,4	18	9,6	< 1,0	5,3	20	20	50	200
Arsen (As)	µg/l	7	4	7	1	3	14	14	20	60
Blei (Pb)	µg/l	< 1	< 1	< 1	3	< 1	40	40	80	200
Cadmium (Cd)	µg/l	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	1,5	1,5	3	6
Chrom (Cr)	µg/l	< 1	< 1	< 1	< 1	1	12,5	12,5	25	60
Kupfer (Cu)	µg/l	< 5	11	7	15	< 5	20	20	60	100
Nickel (Ni)	µg/l	< 1	< 1	< 1	2	< 1	15	15	20	70
Quecksilber (Hg)	µg/l	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink (Zn)	µg/l	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	150	150	200	600
Phenolindex	µg/l			11			20	20	40	100

Widerlager Nord (Bohrung BP 1):

Die Bohrung BP 1 erfolgte an der Einmündung des Radweges von der S 112. Hier waren noch Reste von Bankettmaterial und kiesige Auffüllungen (MP 1-1: 0,1-0,4 m), Asphaltreste mit Boden (AP 1-1: 0,4-0,5 m) und Tragschichtmaterial (MP 1-2: 0,5-0,9 m) vorhanden.

Bankettmaterial und kiesige Auffüllungen (MP 1-1: 0,1-0,4 m):

Das Material ist in den LAGA-Zuordnungswert Z1.1 einzustufen und kann in der Einbauklasse 1 (eingeschränkter offener Einbau) verwertet werden.

Es gilt die Abfallschlüsselnummer 170504 (Böden und Steine). Die vollständigen Prüfberichte zur Tabelle 16 sind in Anlage 7.1 enthalten.

Asphaltreste mit Boden (AP 1-1: 0,4-0,5 m):

Das Material überschreitet die Grenzwerte der LAGA. Grund ist der sehr hohe Wert für PAK (Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe), der mit 105 mg/kg den Z2-Wert von 30 mg/kg überschreitet. Daraufhin erfolgte eine ergänzende Untersuchung der Probe nach DepV (Deponieverordnung). Hier werden die Grenzwerte der Deponieklasse II eingehalten.

Dies gilt trotz der Überschreitung für den Parameter „schwerflüchtige lipophile Stoffe“, da der Grenzwert nicht für teerhaltige Stoffe anzuwenden ist (Fußnote ³⁾ der DepV). Bei den Aushubarbeiten sollte eine sorgfältige Trennung dieser nur 10 cm starken Schicht von den übrigen Böden erfolgen, um die Abfallmenge zu begrenzen.

Tabelle 17 Boden mit Asphalt, Untersuchung nach DepV (Auszug)

Bezeichnung	Einheit	BG	BP1 / AP 1-1 (0,4-0,5 m)	DK I	DK II	DK III
Probennummer			118062574			
Organischer Anteil des Trockenrückstandes der Originalsubstanz						
Glühverlust	Ma.-% TS	0,1	4,1	3	5	10
TOC	Ma.-% TS	0,1	2,7	1	3	6
Feststoffkriterien aus der Originalsubstanz						
Schwerflüchtige lipophile Stoffe	Ma.-%	0,02	2,5	0,4	0,8	4

Es gilt die Abfallschlüsselnummer 170302 (Bitumengemische). Der vollständige Prüfbericht zur Tabelle 17 ist in Anlage 7.2 enthalten.

Tragschichtmaterial (MP 1-2: 0,5-0,9 m):

Für das Material gilt aufgrund des erhöhten PAK-Wertes von 4,96 mg/kg der Zuordnungswert Z2 (Einbauklasse 2).

Es gilt die Abfallschlüsselnummer 170504 (Böden und Steine). Der vollständige Prüfbericht zur Tabelle 16 ist in Anlage 7.1 enthalten.

Radweg (Bohrungen BP 8 / BP 9):

Die Bohrungen BP 8 und BP 9 erfolgten am Rande des Radweges. Das beprobte Material aus Tiefen von 0,2...1,3 m (Auffüllungen der Hanganschüttungen) kann wie folgt verwendet werden:

- Bohrung BP 9: Einbauklasse 0
- (Bohrung BP 8): Einbauklasse 1 (geringfügige Überschreitung PAK, TOC)

Da es sich um Auffüllungen bzw. umgelagerte Böden handelt, wird empfohlen, eine generelle Einstufung in die Einbauklasse 1 vorzunehmen. Es gilt die Abfallschlüsselnummer 170504 (Böden und Steine). Der vollständige Prüfbericht zur Tabelle 16 ist in Anlage 7.1 enthalten.

7.4.2 ungebundene Tragschichten

Ungebundenes Tragschichtmaterial wurde aus einem Schurf am Übergang zum asphaltierten Abschnitt des Radweges entnommen. Die Untersuchung erfolgte nach SMUL-Erlass für RC-Baustoffe. Das Analysenprotokoll befindet sich in Anlage 7.4.

Tabelle 18 Untersuchung von Tragschichtmaterial nach SMUL-Erlass

Bezeichnung	Einheit	BG	BS 1 / P1 (0,0-0,4 m)	W1.1	W1.2	W2
Anzuwendende Klasse(n):			W1.1			
Bestimmung aus der Originalsubstanz						
Trockenmasse	Ma.-%	0,1	96,6			
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS	40	< 40	300	500	1000
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl.BG	mg/kg TS		n.b.	5	15	75
EOX	mg/kg TS	1,0	< 1,0	3	5	10
Summe 6 DIN-PCB x 5 exkl. BG (LAGA)	mg/kg TS		(n. b.)	0,1	0,5	1
Bestimmung aus dem 10:1-Schütteleluat nach DIN EN 12457-4						
pH-Wert			7,6	7 - 12,5	7 - 12,5	7 - 12,5
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	5	45	1500	2500	3000
Chlorid (Cl)	mg/l	1,0	2,8	100	200	300
Sulfat (SO ₄)	mg/l	1,0	1,8	240	300	600
Phenol	µg/l	0,05	< 0,05			
Summe Phenole [BBodSchV]	µg/l		(n. b.)	20	50	100
Arsen (As)	µg/l	1	6	10	40	50
Blei (Pb)	µg/l	1	< 1	25	100	100
Cadmium (Cd)	µg/l	0,3	< 0,3	5	5	5
Chrom (Cr)	µg/l	1	< 1	50	75	100
Kupfer (Cu)	µg/l	5	< 5	50	150	200
Nickel (Ni)	µg/l	1	1	50	100	100
Quecksilber (Hg)	µg/l	0,2	< 0,2	1	1	2
Zink (Zn)	µg/l	10	< 10	500	500	500

Bewertung:

Das Material kann nach den „Vorläufigen Hinweisen für den Einsatz von Baustoffrecycling“ in der Verwertungsklasse W 1.1 verwendet werden. Beim Einbau des Materials ein Abstand von mindestens 1 m zum Grundwasser einzuhalten.

Für das Material gilt die Abfallschlüsselnummer 170104.

7.4.3 Ausbauasphalt

Radweg weist zwischen den Bohrungen BP 7 und BP 8 einen Belagwechsel auf. Der Asphalt mit einer Stärke von 10 cm eingebaut. Folgende Werte wurden analysiert:

- S PAK: nicht berechenbar (Einzelwerte unterhalb der Nachweisgenze)
- Phenol: < 0,010 mg/l

Die entnommene Probe wiesen keine Auffälligkeiten auf und ist gemäß RuVA-StB in der Verwertungsklasse „A“ verwendbar.

7.5 Erdbeben

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

8 Abschließende Hinweise

Das vorliegende Baugrundgutachten ist nur in seiner Gesamtheit und unter Beachtung der im Jahr 2018 durchgeführten Baugrunderkundungen am BW 2 (IFG-Projekt: 192-09-17, /U23/) gültig.

Bei Planungsänderungen bzw. konkreten Planungsansätzen sind die Aussagen des Gutachtens auf ihre Gültigkeit zu überprüfen. Bei Erfordernis sind die entsprechenden Nacherkundungen und Untersuchungen zu veranlassen.