

Landratsamt Zwickau
Amt für Straßenbau
Frau Schmidt
G.-Hauptmann-Weg 2
08371 Glauchau

Chemnitz, 13. Januar 2014

Ergebnisbericht

Baugrund-, Bauwerks- und Abfalluntersuchungen

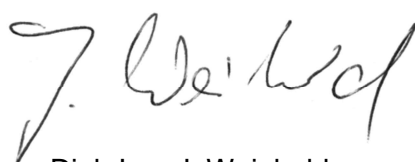
Reg.-Nr. / Proj.-Nr.	08134 – 20	16380 / 19550
Bauherr		Landkreis Zwickau G.-Hauptmann-Weg 2 08371 Glauchau
Vorhaben	K 9332 östlich Wiesenburg 2. BA – Hochwasserschadensbeseitigung NK 5341 017 Stat. 0,000 – NK 5341 017 Stat. 0,383	

Untersuchungsstufe : Hauptuntersuchung

Geotechnische Kategorie : vor der Erkundung GK 2
nach der Erkundung GK 2

Bearbeiter : Dipl.-Ing. J. Weinhold
Tel.: 0371 53012-14 / E-Mail: weinhold@eckert-chemnitz.de

Inhalt : 44 Seiten Text
5 Anlagen mit 76 Blatt


Dipl.-Ing. J. Weinhold
(Prokurist)



Inhaltsverzeichnis

Anlageverzeichnis	3
Verzeichnis der verwendeten Unterlagen	3
1 Aufgabenstellung	5
2 Feststellungen	10
2.1 Standort	10
2.2 Erkundungsergebnisse	10
2.2.1 Regionalgeologie und allg. Baugrundverhältnisse	10
2.2.2 Bodenschichten	11
2.2.3 Verdichtungsmessungen	13
2.3 Laborergebnisse	14
2.3.1 Bodenmechanik	14
2.3.2 Abfall	15
2.4 Bauwerke im Bestand	28
2.5 Untersuchungsergebnisse Radiologie	29
2.6 Hydrogeologische Verhältnisse	30
2.7 Besonderheiten	31
2.8 Einschätzung der Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der Aufgabenstellung	32
3 Schlussfolgerungen	33
3.1 Allgemeine Einschätzung	33
3.1.1 Verkehrsanlage	33
3.1.2 Instandsetzung Durchlass Goldbach BW-Nr. 5341 827	34
3.1.3 Ersatzneubau Stützwand BW-Nr. 5341 677	34
3.1.4 Instandsetzung Stützwand BW-Nr. 5341 679	35
3.2 Bodenmechanische Kennwerte, Frostempfindlichkeitsklassen, Bodengruppen	36
3.2.1 Materialtechnische Bemessungskennwerte	36
3.2.2 Allgemeine Bodenkennwerte	36
3.2.3 Sohldruck / Sohlwiderstand	37
3.2.4 Kennwerte für Verpresspfähle	37
3.3 Bodenklassen	38
3.4 Wasserhaltung	39
3.5 Böschungen / Verbau	40
3.6 Wiederverwendbarkeit der Aushuberdstoffe	41
3.6.1 Bodenmechanische Eignung	41
3.6.2 Abfallrechtliche Belange	41
3.6.3 Radiologie	43
4 Abschließende Bemerkungen	44

Anlageverzeichnis

1.1		Lageplan mit Aufschlussansatzpunkten	Maßstab 1 :	1.000
1.2		Ideal. Ingenieurgeologische Schnitte – Bauwerke	Maßstab 1 :	50
1.3		Ideal. Ingenieurgeologischer Längsschnitt	Maßstab 1 :	500 / 50
2.1.1	bis 2.1.6	Schichtenprofile Rotationskernbohrungen (KB)	Maßstab 1 :	50
2.2.1	und 2.2.2	Schichtenprofile Aufbrüche (A)	Maßstab 1 :	10
2.3.1	bis 2.3.4	Schichtenprofile Aufbrüche (A), mit Rammkernsondierungen (RKS)	Maßstab 1 :	10
2.4.1	bis 2.4.3	Schichtenprofile Rammkernsondierungen (RKS)	Maßstab 1 :	50
2.5.1	bis 2.5.13	Schichtenprofile Diamantkernbohrungen (DKB)	Maßstab 1 :	10
3.1	2 Blatt	Laboruntersuchungen zur Korngrößenverteilung nach DIN 18123		
3.2	1 Blatt	Protokoll zur Verdichtungsprüfung mit Lastplatte nach DIN 18134-300		
3.3	4 Blatt	Laboruntersuchungen zu Gesteinstechnischen Untersuchungen (Druckfestigkeit, Quarzgehalt)		
3.4	3 Blatt	Laboruntersuchungen zu Baustoffuntersuchungen (Druckfestigkeit, Mörtelanalyse, bauschädliche Salze)		
3.5	2 Blatt	Laboruntersuchungen der gebundenen Deck-/Tragschichten nach RuVA-StB 01 (PAK + Phenol)		
3.6	10 Blatt	Laboruntersuchungen der ungebundenen Tragschichten, Auffüllungen und Böden nach LAGA TR Boden, Tab. II.1.2-1 und teilweise DepV		
3.7	2 Blatt	Laboruntersuchungen des Kappenbetons (Gersdorfer Elemente) nach LAGA TR Bauschutt, Tab. II.1.4-5 + 1.4-6		
4	2 Blatt	Ergebnisse ODL-Messungen entlang der Trasse		
5	19 Blatt (doppelseitig)	Fotodokumentation der Aufschlüsse vor Ort und der Bohrkerne		

Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

- / 1 / Landratsamt Zwickau, Amt für Straßenbau
Aufforderung zur Angebotsabgabe, 19.09.2013
- / 2 / Landratsamt Zwickau, Amt für Straßenbau • EBB Ingenieurgesellschaft mbH •
Ingenieurbüro ECKERT GmbH
Ortstermin und Absprache der auszuführenden Untersuchungen, 25.09.2013
- / 3 / Ingenieurbüro ECKERT GmbH
Vertragsangebot Nr.: 16380 / 19550 - 2, 02.10.2013
- / 4 / Landratsamt Zwickau, Amt für Straßenbau
Auftrag, 10.10.2013 (Posteingang 15.10.2013)
- / 5 / Öffentliche Versorgungsträger, 10.10. – 24.10.2013
Leitungsbestandspläne / Erlaubnisscheine für Erdarbeiten bzw. Aufgrabungen

- / 6 / Landratsamt Zwickau, Straßenverkehrsamt
 Verkehrsrechtliche Anordnung (§§ 44/45 StVO), 18.10.2013
- / 7 / Ing.-büro ECKERT GmbH • Lutz Grimm Geotestbohrtechnik • Heißler & Co. GmbH
 Aufschluss- und Messergebnisse vor Ort, Oktober / November.2013
- / 8 / Ingenieurbüro ECKERT GmbH, 13. – 26.11.2013
 - Laborergebnisse zur Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123
- / 9 / Berghof Analytik und Umweltengineering GmbH & Co KG, 13.11. – 28.11.2013
 - Laborergebnisse zur Untersuchung von Schwarzdecken nach RuVA-StB 01
 - Laborergebnisse zur Untersuchung von Böden nach LAGA TR Boden + DepV
 - Laborergebnisse zur Untersuchung des Kappenbetons (Gersdorfer Elemente) nach
 LAGA TR Bauschutt, Tab. II.1.4-5 + 1.4-6
- / 10 / Vermessungsbüro Barth
 Lageplan (dwg-Datei), 11.11.2013 Maßstab 1 : 500
- / 11 / Geologische Spezialkarte der Königreichs Sachsen
 Blatt 125 / Kirchberg-Wildenfels / 1900 Maßstab 1 : 25.000
- / 12 / Landesvermessungsamt Sachsen – Topographische Karte
 Blatt 5341 / Wilkau-Haßlau / 2003 Maßstab 1 : 25.000
- / 13 / Sächsisches Oberbergamt, Sächsische Hohlraumkarte, interaktive Karte, Abruf 07.01.2014
- / 14 / LfULG Sachsen: Schutzgebiete in Sachsen: interaktive Karte, Abruf 07.01.2014
- / 15 / LfULG Sachsen: FFH und SPA-Gebiete in Sachsen: interaktive Karte, Abruf 07.01.2014
- / 16 / LfULG Sachsen: Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete in Sachsen,
 Datenbestand 12/2002: interaktive Karte, Abruf 07.01.2014
- / 17 / Bundesbodenschutzgesetz; 17.03.1998 / Bundesbodenschutzverordnung; 12.07.1999
- / 18 / Verordnung zur Umsetzung des Europäischen Abfallverzeichnisses
 (Abfallverzeichnis – Verordnung – AVV), 10. Dezember 2001
- / 19 / Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), 06.11.2004
- / 20 / Verordnung über Deponien und Langzeitlager (DepV), 27.04.2009
- / 21 / Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln
 Richtlinien und Merkblätter zum Straßenbau
- / 22 / büroeigenes Archiv / DIN

1 Aufgabenstellung

Baumaßnahme / Aufgabenstellung

Der Landkreis Zwickau plant den Ausbau der K 9332 östlich von Wiesenburg. Das Vorhaben wird dabei in zwei Bauabschnitte mit unterschiedlichen Bezeichnungen unterteilt. Der vorliegende Ergebnisbericht bezieht sich auf nachfolgend bezeichneten Bauabschnitt.

K 9332 östlich Wiesenburg

2. BA – Hochwasserschadensbeseitigung

NK 5341 017 Stat. 0.000 bis NK 5341 017 Stat. 0.383

TO Verkehrsanlage

TO Instandsetzung Durchlass Goldbach BW-Nr. 5341 827

TO Ersatzneubau Stützwand BW-Nr. 5341 677

TO Instandsetzung Stützwand BW-Nr. 5341 679

In Vorbereitung der weiteren Planung bestand die Aufgabe, gezielte Baugrund-, Bauwerks- und Abfalluntersuchungen auszuführen. Zusätzlich sollte die ggf. vorhandene radiologische Belastung entlang der vorhandenen Verkehrsflächen ermittelt werden.

Der geotechnischen Berichterstattung wurden folgende maßgebende Inhalte zu Grunde gelegt:

- Aussagen zu den gebundenen Deck-/Tragschichten, ungebundenen Tragschichten und Untergrundverhältnissen
- Baugrundmodell / Klassifikation Baugrundsichten (DIN 18196 / 18300 / 18319)
- Angabe maßgebender geotechnischer Bemessungskennwerte
- Aussagen zu Böschungsneigungen, dauerhaft und bauzeitlich
- Bewertung von Ausbaustoffen nach Abfallrecht (RuVA-StB 01/05, LAGA TR Boden, LAGA TR Bauschutt)
- Straßenausbaustoffe auf radiologische Aktivitäten (ODL-Feldmessungen)
- labortechnische Nukliduntersuchung, wenn ODL-Messwerte über 170 nSv/h liegen
- hydrologische Verhältnisse / Grundwasserverhältnisse, Grundwasserflurabstände, Schichtwasser
- Aussagen zur chemischen Beschaffenheit des Grundwassers (Betonaggressivität/Korrosivität)
- Ermittlung des kf-Wertes auf Grundlage von Kornschlammanalysen
- Gründungsempfehlungen
- Eignung der Aushubmassen als Baustoff
- Untersuchung und Beurteilung Bauwerksbestand (Stützwand BW-Nr. 5341 679, Durchlass Goldbach BW-Nr. 5341 827)

Neben der petrografischen Ansprache der am Straßenoberbau beteiligten Gesteinsarten wird in den Aufschluss Hohlräumen der Straßenaufbrüche die Dosisleistung (DL) gemessen.

Im Rahmen der Ortsbegehung (⇒ /2/) wurde nachfolgend genannter Untersuchungsaufwand abgestimmt;

1) Verkehrsanlage

- ODL-Feldmessung straßenlinks und -rechts , Messpunktabstand 5,0 m
- DL-Feldmessungen an den Straßenaufbrüchen
- 4 Straßenaufbrüche (40 x 40 cm), Teufe OK Planum (ca. 0,60 m)
- 1 Straßenaufbruch (60 x 60 cm), Teufe OK Planum (ca. 0,60 m)
- 1 Stck. statische Lastplatte auf OK ungebundener Tragschicht
- 1 Kleinbohrung (RKS), d=50/36, Teufe 2,50 m
(Die nachfolgenden Aufschlüsse (KB) an Stützbauwerken bzw. Durchlass werden gleichzeitig für den Straßenbau herangezogen und können im TO "Straßenbau" entfallen.)

2) Instandsetzung Durchlass Goldbach BW-Nr. 5341 827:

- 1 Rotationskernbohrung (KB), Teufe 2,00 m - Ansatz Gewölbescheitel
- 2 Kleinbohrungen (RKS), Teufe 6,0 m oder OK Fels
- 1 Diamantkernbohrung (DKB) horizontal, Teufe 1,20 m
- 1 Diamantkernbohrung (DKB) schräg, Teufe 1,20 m

3) Ersatzneubau Stützwand BW-Nr. 5341 677:

- 2 Rotationskernbohrung (KB), Teufe 10,00 m

4) Instandsetzung Stützwand BW-Nr. 5341 679 (Gersdorfer Elemente):

- 1. Profil:
 - 1 Rotationskernbohrung (KB), Teufe 10,00 m
 - 1 Diamantkernbohrung (DKB) horizontal, Teufe 2,50 m
 - 1 Diamantkernbohrung (DKB) schräg, Teufe 1,80 m
 - 1 Handschurf (Mauerfuß / Anlandung)
- 2. Profil:
 - 1 Rotationskernbohrung (KB), Teufe 10,00 m
 - 2 Diamantkernbohrung (DKB) horizontal, Teufe 2,50 m
 - 1 Diamantkernbohrung (DKB) schräg, Teufe 1,80 m
 - 2 Probenahmen aus der Betonkappe ("Gersdorfer Elemente")
- Optional zusätzlich 3. Profil:
 - 1 Rotationskernbohrung (KB), Teufe 10,00 m
 - 2 Diamantkernbohrung (DKB) horizontal, Teufe 2,50 m
 - 1 Diamantkernbohrung (DKB) schräg, Teufe 1,80 m

Das optionale Untersuchungsprofil kommt nur zur Ausführung, wenn die beiden ersten Untersuchungsprofile deutlich voneinander abweichen. Die Abrechnung erfolgt als Mehrmenge zu den angebotenen Einheitspreisen.

Die Aufschlüsse sind mittels Feldansprache nach geologischen und bodenmechanischen Kriterien zu dokumentieren. Im Interesse der Kostenminimierung wurde auf Laboruntersuchungen weitgehend verzichtet, da in unserem büroeigenen Archiv auf zahlreiche Ergebnisse von früheren bodenmechanischen Laboruntersuchungen zurückgegriffen werden kann.

Zur genaueren Bestimmung der boden- und felsmechanischen Eigenschaften wurde folgender Laborumfang vereinbart:

- 2 x Bestimmung Kornverteilung DIN 18 123 (Nasssiebung)
- 5 x Bestimmung Kornverteilung DIN 18 123 (Sieb-Schlamm-Analyse)
- 4 x Bestimmung Festgesteinsdruckfestigkeit am Bohrkern
(optional - manuelles Herausarbeiten/Planschleifen Prüfkörper, Bestimmung Druckfestigkeit)
- 4 x Bestimmung Quarzgehalt

Im Rahmen Laboruntersuchungen waren Abfall- und Materialuntersuchungen an den Bauwerken, sowie bei Bedarf radiologische Untersuchungen mit folgendem Umfang vereinbart:

- 2 x RuVA-StB 01, gebundene Tragschichten
- 1 x RuVA-StB 01, Bauwerksdichtung
- 2 x LAGA TR Boden, Tabelle II.1.2-1, ungeb. Tragschichten
- 8 x LAGA TR Boden, Tabelle II.1.2-1, Auffüllungen und natürlich gewachsene Böden
- Bei Überschreitung der Einbauklasse Z2 wurde eine weiterführende Analytik gemäß der Deponieverordnung (DepV) vereinbart
- 1 x LAGA TR Bauschutt, Tabelle II.1.4-5 + 1.4-6, Stützmauerkappe
- 1 x Bestimmung Steinfestigkeit (Gewölbe Goldbach - Ziegel)
(manuelles Herausarbeiten/Planschleifen Prüfkörper, Bestimmung Druckfestigkeit)
- 2 x Bestimmung Betonfestigkeit ("Gersdorfer Elemente")
(manuelles Herausarbeiten/Planschleifen Prüfkörper, Bestimmung Druckfestigkeit)
- 2 x Bestimmung Mörtelfestigkeit (Durchlass Goldbach / 1x Gewölbe + 1x Widerlager)
(manuelles Herausarbeiten/Planschleifen Prüfkörper, Bestimmung Druckfestigkeit)
- 2 x Bestimmung Mörtelfestigkeit ("Gersdorfer Elemente")
(manuelles Herausarbeiten/Planschleifen Prüfkörper, Bestimmung Druckfestigkeit)
- 4 x Bestimmung Mörtelart und des Mischungsverhältnisses
- 4 x Bestimmung bauschädliche Salze im Mörtel (Nitrat, Sulfat, Chlorid)
- 2 x Analysen zur Radionuklidbestimmung wenn ODL-Messwerte über 170 nSv/h

Untersuchungen an der südlich angrenzenden Stützmauer (Richtung Bahntrasse) war nicht Vertragsbestandteil.

Durchgeführte Untersuchungen

Nach Auftragserteilung und Abschluss der Vorarbeiten (⇒ /3/ bis /6/) wurden die Feldarbeiten im Oktober und November 2013 vor Ort durch folgende Firmen ausgeführt:

- | | |
|---------------------------------|---|
| - Lutz Grimm Geotestbohrtechnik | Rotationskernbohrungen |
| - Heißler & Co. GmbH | Diamantkernbohrungen |
| - Ingenieurbüro ECKERT GmbH | ODL-Messungen, Aufbrüche, Handschurf,
Rammkernsondierungen, Lastplatten,
Einmessungen |

Vertragsgemäß wurden 5 Straßenaufbrüche (A) hergestellt, die vorhandene Tragfähigkeit auf der ungebundenen Tragschicht mittels einer Lastplatte bestimmt, 7 Rammkernsondierungen (RKS) gestoßen und 6 Rotationskernbohrungen (KB) abgeteuft.

Im Bauwerksbestand (Durchlass Goldbach BW-Nr. 5341 827 und Stützwand BW-Nr. 5341 679 – Gersdorfer Elemente) wurden insgesamt 13 Diamantkernbohrungen hergestellt.

Am Durchlass Goldbach wurde dabei die horizontale Diamantkernbohrung zweifach angesetzt (DKB 1/1 und DKB 1/3), um auszuschließen, dass Teile der Stirnmauer untersucht wurden. Weiterhin erfolgte eine zusätzliche Bohrung im Gewölbescheitel (DKB 1/4), da mit Hilfe der vereinbarten Rotationskernbohrung (KB 8) keine ausreichende Probenmaterial entnommen werden konnte.

An der Stützwand musste das optionale Untersuchungsprofil (Profil 3) zur Ausführung kommen, da die Ergebnisse der beiden anderen Profile (Profil 2 und 4) deutlich voneinander abwichen.

Mit Hilfe der Aufbrüche der Aufschlüsse konnten die vereinbarten Teufen erreicht werden. Die RKS mussten meist in den jeweiligen Endteufen abgebrochen werden, da kein ausreichender Sondierfortschritt zu verzeichnen war. In den Anlagen 2 ist dies mit kein weiteres sondieren mögl.! dokumentiert.

Alle Aufschlüsse wurden vor Ort mittels Feldansprache nach geologischen und bodenmechanischen Kriterien aufgenommen, sowie in Schichtenverzeichnissen dokumentiert. Die Bohrkerne der KB und DKB wurden zusätzlich im büroeigenen Labor des Unterzeichners spezifiziert und fotografiert.

Nach der Probenentnahme erfolgte vertragsgemäß das Verschließen des Straßenoberbaus unter Verwendung von Kaltbitumen, während die Bauwerksbohrungen mit Hilfe von Mörtel bzw. Schnellzement verschlossen wurden.

Die Bohransatzpunkte wurden vor Ort Satelliten gestützt nach Lage und Höhe abgesteckt bzw. eingemessen. Die Lage der Aufschlussansatzpunkte kann dem Lageplan (⇒ Anlage 1.1) entnommen werden.

Den Aufschlüssen wurden getrennt nach den einzelnen Schichten zahlreiche Einzelproben des gebundenen und ungebundenen Straßenoberbaus, der im bzw. unterhalb des Planums anstehenden Böden, sowie der Bausubstanz entnommen.

Nach nochmaliger Bemusterung im büroeigenen Labor erfolgte das Zusammenstellen folgender repräsentativer Proben:

- 4 x Bestimmung Kornverteilung DIN 18 123 (Nasssiebung)
- 4 x Bestimmung Kornverteilung DIN 18 123 (Sieb-Schlamm-Analyse)
- 3 x Bestimmung Festgesteinsdruckfestigkeit am Bohrkern/Prüfkörper
- 3 x Bestimmung Quarzgehalt

- 2 x RuVA-StB 01, gebundene Tragschichten
- 3 x LAGA TR Boden, Tabelle II.1.2-1, ungeb. Tragschichten
- 6 x LAGA TR Boden, Tabelle II.1.2-1, Auffüllungen und natürlich gewachsene Böden
- 1 x weiterführende Analytik gemäß der Deponieverordnung (DepV)
- 1 x LAGA TR Bauschutt, Tabelle II.1.4-5 + 1.4-6

- 1 x Bestimmung Steinfestigkeit (Gewölbe Goldbach)
- 9 x Bestimmung Betonfestigkeit ("Gersdorfer Elemente")
- 2 x Bestimmung Mörtelfestigkeit (Durchlass Goldbach)
- 2 x Bestimmung Mörtelart und des Mischungsverhältnisses (Durchlass Goldbach)
- 3 x Bestimmung bauschädliche Salze im Mörtel (Nitrat, Sulfat, Chlorid)

Die chemischen Laboruntersuchungen wurden durch das akkreditierte Labor *Berghof Analytik und Umweltengineering GmbH* bzw. durch die *Sächsische Bauprpf Edlmann GmbH Bauprüfungs- und Ingenieurgesellschaft* vorgenommen.

Da die gemessenen ODL-Werte nicht den Messwert von 170 nSv/h überschritten haben, wurde vertragsgemäß auf eine Radionuklidanalyse verzichtet.

In den Aufschlüssen wurde nur vereinzelt ein Grundwasserhorizont angetroffen. Infolge des geringen Zuflusses war eine Probenentnahme nicht möglich. Im BA 1 konnte jedoch eine Probe entnommen und ausgewertet werden (⇒ Pkt. 2.5).

2 Feststellungen

2.1 Standort

Der Baustandort befindet sich im südlichen Teil des Landkreises Zwickau. Die Trasse der Kreisstraße K 9332 verläuft dabei vom Knotenpunkt mit der Staatsstraße S 282 in Wildenfels OT Wiesenburg in östliche bis südöstliche Richtung, parallel zur Zwickauer Mulde und der Bahnstrecke Nr. 6264, Schwarzenberg – Zwickau (S-Z).

Morphologisch ist die Trasse in die Talaue der Zwickauer Mulde einzuordnen.

Geländebeschaffenheit : Talaue der Zwickauer Mulde

Geländennutzung : öffentl. Verkehrsflächen

Geländehöhe : ca. 286 ... 291 m HN

2.2 Erkundungsergebnisse

2.2.1 Regionalgeologie und allg. Baugrundverhältnisse

Das Baufeld liegt regionalgeologisch in den kristallinen Schiefern des Erzgebirges (Fichtelgebirgs-Erzgebirgs-Antiklinale). Im Nordosten schließt sich das Wildenfelder Zwischengebirge an. Der Untergrund besteht aus Tonschiefer bzw. tonschieferähnlichem Phyllit.

Je nach Verwitterungsresistenz und tektonischer Beanspruchung weist der oberflächennahe Felsbereich eine unterschiedlich starke Verwitterung auf. Die Felsoberkante und damit auch die Verwitterungszone zeigt allgemein eine Kuppel-Mulden-Struktur auf, d.h. es sind Felsauftragungen, welche südlich der Bahnstrecke bzw. innerhalb der Bachsohle der Zwickauer Mulde z.T. oberirdisch sichtbar sind und tiefreichende Verwitterungsbereiche vorhanden.

Der Felshorizont wird durch unterschiedlich mächtige, horizontal und vertikal teils absetzige Sedimente der pleistozänen bis rezenten Flussaue, bestehend aus Flussschotter, Talschotter, Schwemmsand, Auelehm, und lokal begrenzt durch Reste einer pleistozänen bis rezenten Solifluktsdecke (Hangschutt) überlagert.

Infolge der baulichen Anlagen und morphologischen Gegebenheiten vor Ort werden die natürlich gewachsenen Böden meist durch eine unterschiedlich mächtige in der Zusammensetzung schwankende anthropogene Auffüllung (z.B. Bauwerkshinterfüllung, Bauwerksüberschüttung, Leitungsgrabenverfüllung, Straßenoberbau) überlagert.

Außerhalb der bestehenden Verkehrsflächen werden die Bodenschichten durch unterschiedlich mächtigen Mutterboden abgedeckt.

2.2.2 Bodenschichten

Die vor Ort erkundeten, und teilweise labortechnisch untersuchten Bodenschichten können folgendermaßen zusammengefasst werden:

Straßenoberbau

0,00 m	- 0,10 ... 0,23 m	Schwarzdecke (2 – 3 Schichten)
	lokal bis 0,30 m	Schwarzdecke (4 Schichten)
	lokal bis 0,40 m	Beton
0,15... 0,23 m	- 0,30 m	ungeb. Tragschicht (Schotter: Diabas) mitteldicht gelagert nicht wasserempfindlich Bodengruppe nach DIN 18196 [GU]
0,30 m	- 0,45 ... 0,75 m	ungeb. Tragschicht (Schotter/Mineralgemisch: Granit, Tonschiefer, lokal Ziegelreste) mitteldicht gelagert nicht wasserempfindlich Bodengruppe nach DIN 18196 [GU] – [GW]
0,45 ... 0,75 m		Oberbau

Mutterboden [RKS 1, 2, 5]

Bodengruppe: OH / OU (DIN 18196)
Mächtigkeit (erkundet): 0,15 m bis 0,30 m
0,05 m (Bankett – RKS 5)
(teilweise überschüttet)

Auffüllungen

sandiger, schluffiger bis schwach schluffiger, teilweise steiniger Kies
(Bauwerkshinterfüllung → regionaltypischer Boden- und Felsaushub, teilweise mit
Ziegelreste)
gering bis erhöht wasserempfindlich
Lagerung: mitteldicht
Konsistenz: halbfest (bindige Anteile)
Bodengruppe: [GU] – [GU*] / [GI] – [GU] nach DIN 18196
Mächtigkeit (erkundet): 0,60 m bis 1,90 m

kiesiger, schwach schluffiger Sand
(Bauwerkshinterfüllung → regionaltypischer Boden- und Felsaushub, mit Schlacke)
durchschnittlich wasserempfindlich
Lagerung: locker bis mitteldicht
Bodengruppe: [SU] nach DIN 18196
Mächtigkeit (erkundet): 0,30 m

sandiger, teils schwach schluffiger bis schluffiger Kies
(Bauwerkshinterfüllung → Mineralgemisch, Granit / Tonschiefer)
nicht wasserempfindlich
Lagerung: mitteldicht
Konsistenz: steif bis weich (bindige Anteile)
Bodengruppe: [GU] nach DIN 18196
Mächtigkeit (erkundet): 1,60 m

Beton
nicht wasserempfindlich
Mächtigkeit (erkundet): 1,05 m

Auelehm [RKS 1]

stark kiesiger, sandiger, Schluff
erhöht wasserempfindlich
Konsistenz: weich
Bodengruppe: UL nach DIN 18196
Mächtigkeit (erkundet): 0,80 m

Schwemmsand

stark bis schwach schluffiger, meist schwach kiesiger, teilweise schwach toniger Sand
bis Feinsand
erhöht bis stark wasserempfindlich
Lagerung: locker bis mitteldicht
Konsistenz: weich bis steif (bindige Anteile)
Bodengruppe: SU* – SU / ST*nach DIN 18196
Mächtigkeit (erkundet) 0,15 m bis 1,90 m

Flussschotter / Talschotter

sandiger bis schwach sandiger, meist schluffiger bis schwach schluffiger, teilweise
schwach steiniger bis steiniger, teilweise schwach toniger Kies
gering bis erhöht wasserempfindlich
Lagerung: mitteldicht
Bodengruppe: GI – GU / GU – GU* / GT* nach DIN 18196
Mächtigkeit (erkundet): 0,35 m bis 1,70 m

Fels, entfestigt verwittert bis angewittert (Tonschiefer)

In den KB 1 bis KB 5 konnte der Felshorizont aufgeschlossen werden.

Infolge von Verwitterungserscheinungen war der Felshorizont zuoberst als entfestigt
verwittert mit zunehmender Tiefe als angewittert zu bezeichnen. Das gewonnene
Bohrgut besteht zuoberst aus Kernstücke und Kernscheiben, während in größeren
Teufen meist Kerne mit 20 ... 50 cm Länge ausgebracht wurden (⇒ Anlagen 4).

An den Bohrkernen konnten folgende Trennflächen ermittelt werden:

$K_1 = 60^\circ \dots 90^\circ$ Abstand in der Bohrung nicht messbar
 $S_s = 0^\circ \dots 50^\circ$; Abstand 2 ... 20 cm

Teilweise war eine starke Faltung erkennbar und die Klüfte wiesen teils einen Limonit Belag auf.

Zur labortechnischen Bestimmung der Gesteinsdruckfestigkeit wurden drei Kernproben labortechnisch geprüft. Anhand der durchgeführten Druckprüfungen wurde eine Festigkeit von 20,9 N/mm² bis 47,7 N/mm² ermittelt, während der Quarzgehalt bei 22,4 ... 26,0 Vol-% lag (⇒ Anlage 3.3).

Gemäß „Merkblatt über die Felsgruppenbeschreibung für Bautechnische Zwecke“ der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen ist der bis zur Endteufe erkundete Fels wie folgt zu beschreiben.

- feinkörniges Sedimentgestein (SF)
- Verwitterungsgrad
 - zuoberst → entfestigt verwittert (VE)
 - darunter → angewittert (VA)
- Abstand der Haupttrennflächen
 - 1 – 5 cm (A05) → dünnplattig (Schieferung)
 - 5 – 10 cm (A10) → dickplattig (Schieferung)
 - 10 – 30 cm (A30) → dünnbankig (Schieferung) / klüftig
 - 30 – 60 cm (A60) → schwach klüftig

Anhand unserer regionalen Erfahrungen kann der Kluftabstand auch über 60 cm liegen, so dass lokal mit einem kompakten Fels gerechnet werden muss.

- Neigung der Haupttrennflächen
 - 0° – 10° (N1) → sölilig (Schieferung)
 - 10° – 30° (N3) → flach (Schieferung)
 - 30° – 60° (N6) → geneigt (Schieferung)
 - 60° – 90° (N9) → steil (Klüfte)
- Die Richtung der Haupttrennflächen konnte in den Bohrungen nicht bestimmt werden.

Weitere Einzelheiten zu Korngrößen, Schichtenaufbau, Konsistenz, Lagerungsdichte usw. sind den Anlagen 1.2 bis 1.4 und 2 zu entnehmen.

2.2.3 Verdichtungsmessungen

Auf dem ungebundenen Oberbau wurde vertragsgemäß in einem Aufbruch die vorhandene Tragfähigkeit mit folgenden Ergebnissen ermittelt (⇒ Anlagen 3.2).

$$E_{v1} = 33,3 \text{ MN/m}^2$$

$$E_{v2} = 83,7 \text{ MN/m}^2$$

$$E_{v1} / E_{v2} = 2,52$$

2.3 Laborergebnisse

Nach Auswertung der Erkundungsarbeiten wurden durch den Unterzeichner maßgebende Einzel- und Mischproben zusammengestellt und anschließend bodenmechanische, sowie chemische (abfalltechnische) Laboruntersuchungen durchgeführt.

Die Probenbezeichnung kann den Anlagen 2 und die Laborergebnisse der Anlagen 3.1 bzw. 3.5 bis 3.7 entnommen werden. Die erste Ziffer der Probenbezeichnung beschreibt dabei die Aufschlussnummer, während die zweite eine fortlaufende Nummerierung der Proben je Aufschluss darstellt.

2.3.1 Bodenmechanik

Kornverteilung nach DIN 18 123

Proben	Ton [%]	Schluff [%]	Sand [%]	Kies [%]	Steine [%]	k_f ¹⁾ [m/s]	Bodengruppe DIN 18123
KV 1 (845) (ungeb. TS)	6		13	81	--	$\approx 8 \cdot 10^{-3}$	GU
KV 2 (846) (ungeb. TS)	7		22	71	--	$\approx 4 \cdot 10^{-3}$	GU
KV 3 (847) (ungeb. TS)	6		4	90	--	$4,5 \cdot 10^{-2}$	GU
KV 4 (848) (ungeb. TS)	3		19	78	--	$1,6 \cdot 10^{-2}$	GW
KV 5 (849) (Flussschotter)	2	4	22	60	12	$1,8 \cdot 10^{-2}$	GU
KV 6 (850) (Schwemmsand)	6	23	62	9	--	$8 \cdot 10^{-7}$	SU*
KV 7 (851) (Talschotter)	5	13	20	62	--	$2,8 \cdot 10^{-6}$	GU*
KV 8 (852) (Hangschutt)	4	10	26	60	--	$6,4 \cdot 10^{-6}$	GU

2.3.2 Abfall

Schwarzdecke

Unter Zugrundelegung der angegebenen Grenzwerte für die Zuordnungsklassen nach RuVA-StB 01/05 werden nachfolgend die Befunde lt. Prüfbericht des Labors mit den Grenzwerten der Zuordnung in Verwertungsklassen nach RuVA-StB 01/05 verglichen

Ausbauasphalt					
Parameter		Dim.	Grenzwerte nach RuVA-StB 01/05		
			A	B	C
Σ EPA PAK		mg/kg	≤ 25	> 25	--
Phenolindex		mg/l	≤ 0,1	≤ 0,1	> 0,1
Nr.	Einzelproben	Labor-Nr.	Analytik		Zuordnung zu Verwertungsklassen nach RuVA 01/05
			PAK [mg/kg]	Phenol-index [mg/l]	
SD 1	A 1 + A 2	69577/520/01	280	< 0,01	B
SD 2	A 3 + A 4 + A 5	69577/520/02	9,65	< 0,01	A

ungebundener Oberbau / Auffüllungen / natürlich gewachsene Böden

Vertragsgemäß wurde von einer bodenähnlichen Verwertung ausgegangen, so dass als Prüfprogramm die LAGA TR Boden 11/2004, Parameter Tabelle II.1.2-1 (Mindestuntersuchungsprogramm auf unspezifischen Verdacht) gelten kann. Das Prüfprogramm ist anwendbar, da für die aufgeschlossenen Böden eine bodenähnliche Verwertung angestrebt wird und in den Proben keine spezifischen Verdachtsmomente auszuhalten waren.

Infolge Überschreitung der Einbauklasse Z 2 erfolgte an der Probe Bod 9 eine weiterführende Analytik nach DepV.

Die nachfolgenden Tabellen vergleichen die Befunde lt. Prüfbericht des analytischen Labors mit den Grenzwerten der Zuordnung in Einbauklassen [Z] nach LAGA TR Boden, Tabellen II.1.2-2 + II.1.2-3 (Boden, Feststoff + Eluat) bzw. den Grenzwerten nach DepV.

Bod 1		Auffüllungen (ungeb. Tragschichten – Diabas, Grünschiefer)		Labor-Nr.: 69577/520/03		
Einzelproben: A1/3; A4/4						
Laborbefund nach LAGA – TR Boden, Tabelle II.1.2-1			Zuordnungswerte [Z] von Einbauklassen nach LAGA – TR Boden, Tabellen II.1.2-2 + II.1.2-3			
Feststoffprüfungen (TS)						
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0 ¹⁾	Z 1	Z 2	
TOC	Ma-%	0,81	0,5 (1,0) ²⁾	1,5	5	
KW-Index, C ₁₀ – C ₄₀	mg/kg	109	---	600	2.000	
KW-Index, C ₁₀ – C ₂₂	mg/kg	< 50	100	300	1.000	
EOX	mg/kg	< 1	1	3 ³⁾	10	
Σ EPA PAK	mg/kg	5,22	3	3 (9) ⁴⁾	30	
Benzo[a]pyren	mg/kg	0,17	0,3	0,9	3	
Arsen	mg/kg	15,2	10	45	150	
Blei	mg/kg	12,6	40	210	700	
Cadmium	mg/kg	0,24	0,4	3	10	
Chrom _{gesamt}	mg/kg	41,6	30	180	600	
Kupfer	mg/kg	43,9	20	120	400	
Nickel	mg/kg	55,6	15	150	500	
Quecksilber	mg/kg	0,07	0,1	1,5	5	
Zink	mg/kg	82,7	60	450	1.500	
Eluatprüfungen (EL)						
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
pH-Wert	--	10,1	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	108	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	12,9	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	< 10	20	20	50	200
Arsen	µg/l	9,5	14	14	20	60 ⁵⁾
Blei	µg/l	< 2	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	< 2	1,5	1,5	3	6
Chrom _{gesamt}	µg/l	< 1	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	1	20	20	60	100
Nickel	µg/l	< 1	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	< 0,2	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	< 10	150	150	200	600
Gesamtbewertung / Einbauklasse			Z 1.2 nach LAGA – Boden			
Kommentar: maßgebende Parameter: Σ EPA PAK in TS; pH-Wert in EL						
¹⁾ maximale Feststoffgehalte für Boden „Sand“ ²⁾ Bei C : N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-% ³⁾ bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen ⁴⁾ Bodenmaterial > 3 / ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden ⁵⁾ Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar						

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

Bod 2	Auffüllungen (ungeb. Tragschichten – Granit)	Labor-Nr.: 69577/520/04
--------------	---	--------------------------------

Einzelproben: A1/3; A4/4

**Laborbefund nach
LAGA – TR Boden, Tabelle II.1.2-1**

**Zuordnungswerte [Z] von Einbauklassen nach
LAGA – TR Boden, Tabellen II.1.2-2 + II.1.2-3**

Feststoffprüfungen (TS)					
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0 ¹⁾	Z 1	Z 2
TOC	Ma-%	0,16	0,5 (1,0) ²⁾	1,5	5
KW-Index, C ₁₀ – C ₄₀	mg/kg	< 50	---	600	2.000
KW-Index, C ₁₀ – C ₂₂	mg/kg	< 50	100	300	1.000
EOX	mg/kg	< 1	1	3 ³⁾	10
Σ EPA PAK	mg/kg	0,13	3	3 (9) ⁴⁾	30
Benzo[a]pyren	mg/kg	< 0,05	0,3	0,9	3
Arsen	mg/kg	12,1	10	45	150
Blei	mg/kg	11,6	40	210	700
Cadmium	mg/kg	0,22	0,4	3	10
Chrom _{gesamt}	mg/kg	8,7	30	180	600
Kupfer	mg/kg	14,6	20	120	400
Nickel	mg/kg	15,1	15	150	500
Quecksilber	mg/kg	< 0,05	0,1	1,5	5
Zink	mg/kg	44,8	60	450	1.500

Eluatprüfungen (EL)						
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
pH-Wert	--	9,87	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	91,5	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	9,63	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	< 10	20	20	50	200
Arsen	µg/l	9,7	14	14	20	60 ⁵⁾
Blei	µg/l	< 2	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	< 0,2	1,5	1,5	3	6
Chrom _{gesamt}	µg/l	< 1	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	< 1	20	20	60	100
Nickel	µg/l	< 1	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	< 0,2	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	< 10	150	150	200	600

Gesamtbewertung / Einbauklasse

Z 1.1 nach LAGA – Boden

Kommentar: maßgebende Parameter: Arsen, Nickel in TS

(Der erhöhte pH-Wert ist unter Beachtung der anderen Parameter im Eluat nicht maßgebend.)

¹⁾ maximale Feststoffgehalte für Boden „Sand“

²⁾ Bei C : N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-%

³⁾ bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen

⁴⁾ Bodenmaterial > 3 / ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden

⁵⁾ Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

Bod 3		Auffüllungen (ungeb. Tragschichten – Kiessand)		Labor-Nr.: 69577/520/05		
Einzelproben: A1/3; A4/4						
Laborbefund nach LAGA – TR Boden, Tabelle II.1.2-1			Zuordnungswerte [Z] von Einbauklassen nach LAGA – TR Boden, Tabellen II.1.2-2 + II.1.2-3			
Feststoffprüfungen (TS)						
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0 ¹⁾	Z 1	Z 2	
TOC	Ma-%	0,22	0,5 (1,0) ²⁾	1,5	5	
KW-Index, C ₁₀ – C ₄₀	mg/kg	< 50	---	600	2.000	
KW-Index, C ₁₀ – C ₂₂	mg/kg	< 50	100	300	1.000	
EOX	mg/kg	< 1	1	3 ³⁾	10	
Σ EPA PAK	mg/kg	n.b.	3	3 (9) ⁴⁾	30	
Benzo[a]pyren	mg/kg	< 0,05	0,3	0,9	3	
Arsen	mg/kg	9,43	10	45	150	
Blei	mg/kg	13,8	40	210	700	
Cadmium	mg/kg	< 0,2	0,4	3	10	
Chrom _{gesamt}	mg/kg	27,9	30	180	600	
Kupfer	mg/kg	31,9	20	120	400	
Nickel	mg/kg	30,7	15	150	500	
Quecksilber	mg/kg	< 0,05	0,1	1,5	5	
Zink	mg/kg	52,6	60	450	1.500	
Eluatprüfungen (EL)						
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
pH-Wert	--	9,86	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	158	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	7,17	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	37,5	20	20	50	200
Arsen	µg/l	< 5	14	14	20	60 ⁵⁾
Blei	µg/l	< 2	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	< 0,2	1,5	1,5	3	6
Chrom _{gesamt}	µg/l	1	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	< 1	20	20	60	100
Nickel	µg/l	< 1	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	< 0,2	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	< 10	150	150	200	600
Gesamtbewertung / Einbauklasse			Z 1.2 nach LAGA – Boden			
Kommentar: maßgebende Parameter: Kupfer, Nickel in TS; pH-Wert, Sulfat in EL						
¹⁾ maximale Feststoffgehalte für Boden „Sand“						
²⁾ Bei C : N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-%						
³⁾ bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen						
⁴⁾ Bodenmaterial > 3 / ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden						
⁵⁾ Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar						

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

Bod 4		Auffüllungen (Straßenunterbau)		Labor-Nr.: 69577/520/06		
Einzelproben: A1/3; A4/4						
Laborbefund nach LAGA – TR Boden, Tabelle II.1.2-1			Zuordnungswerte [Z] von Einbauklassen nach LAGA – TR Boden, Tabellen II.1.2-2 + II.1.2-3			
Feststoffprüfungen (TS)						
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0 ¹⁾	Z 1	Z 2	
TOC	Ma-%	< 0,1	0,5 (1,0) ²⁾	1,5	5	
KW-Index, C ₁₀ – C ₄₀	mg/kg	< 50	---	600	2.000	
KW-Index, C ₁₀ – C ₂₂	mg/kg	< 50	100	300	1.000	
EOX	mg/kg	<1	1	3 ³⁾	10	
Σ EPA PAK	mg/kg	0,11	3	3 (9) ⁴⁾	30	
Benzo[a]pyren	mg/kg	< 0,05	0,3	0,9	3	
Arsen	mg/kg	34,6	10	45	150	
Blei	mg/kg	30,8	40	210	700	
Cadmium	mg/kg	0,57	0,4	3	10	
Chrom _{gesamt}	mg/kg	14,5	30	180	600	
Kupfer	mg/kg	32,8	20	120	400	
Nickel	mg/kg	24,4	15	150	500	
Quecksilber	mg/kg	0,05	0,1	1,5	5	
Zink	mg/kg	113	60	450	1.500	
Eluatprüfungen (EL)						
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
pH-Wert	--	9,41	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	141	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	24,3	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	< 10	20	20	50	200
Arsen	µg/l	12,5	14	14	20	60 ⁵⁾
Blei	µg/l	< 2	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	< 0,2	1,5	1,5	3	6
Chrom _{gesamt}	µg/l	< 1	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	< 1	20	20	60	100
Nickel	µg/l	< 1	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	< 0,2	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	< 10	150	150	200	600
Gesamtbewertung / Einbauklasse			Z 1.1 nach LAGA – Boden			
Kommentar: maßgebende Parameter: Arsen, Cadmium, Kupfer, Nickel, Zink in TS						
¹⁾ maximale Feststoffgehalte für Boden „Sand“						
²⁾ Bei C : N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-%						
³⁾ bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen						
⁴⁾ Bodenmaterial > 3 / ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden						
⁵⁾ Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar						

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

Bod 5		Auffüllungen (Hinterfüllung Brücke Goldbach)		Labor-Nr.: 69577/520/07		
Einzelproben: A1/3; A4/4						
Laborbefund nach LAGA – TR Boden, Tabelle II.1.2-1			Zuordnungswerte [Z] von Einbauklassen nach LAGA – TR Boden, Tabellen II.1.2-2 + II.1.2-3			
Feststoffprüfungen (TS)						
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0 ¹⁾	Z 1	Z 2	
TOC	Ma-%	3,0	0,5 (1,0) ²⁾	1,5	5	
KW-Index, C ₁₀ – C ₄₀	mg/kg	< 50	---	600	2.000	
KW-Index, C ₁₀ – C ₂₂	mg/kg	< 50	100	300	1.000	
EOX	mg/kg	< 1	1	3 ³⁾	10	
Σ EPA PAK	mg/kg	0,05	3	3 (9) ⁴⁾	30	
Benzo[a]pyren	mg/kg	< 0,05	0,3	0,9	3	
Arsen	mg/kg	49,4	10	45	150	
Blei	mg/kg	70,2	40	210	700	
Cadmium	mg/kg	2,78	0,4	3	10	
Chrom _{gesamt}	mg/kg	16,5	30	180	600	
Kupfer	mg/kg	40,8	20	120	400	
Nickel	mg/kg	38,8	15	150	500	
Quecksilber	mg/kg	0,12	0,1	1,5	5	
Zink	mg/kg	421	60	450	1.500	
Eluatprüfungen (EL)						
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
pH-Wert	--	8,08	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	38,0	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	< 5	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	< 10	20	20	50	200
Arsen	µg/l	10,3	14	14	20	60 ⁵⁾
Blei	µg/l	< 2	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	< 0,2	1,5	1,5	3	6
Chrom _{gesamt}	µg/l	< 1	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	1	20	20	60	100
Nickel	µg/l	< 1	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	< 0,2	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	< 10	150	150	200	600
Gesamtbewertung / Einbauklasse			Z 2 nach LAGA – Boden			
Kommentar: maßgebende Parameter: TOC, Arsen in TS						
¹⁾ maximale Feststoffgehalte für Boden „Sand“ ²⁾ Bei C : N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-% ³⁾ bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen ⁴⁾ Bodenmaterial > 3 / ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden ⁵⁾ Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar						

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

Bod 6		Auffüllungen (Hinterfüllung Stützmauerneubau)		Labor-Nr.: 69577/520/08		
Einzelproben: A1/3; A4/4						
Laborbefund nach LAGA – TR Boden, Tabelle II.1.2-1			Zuordnungswerte [Z] von Einbauklassen nach LAGA – TR Boden, Tabellen II.1.2-2 + II.1.2-3			
Feststoffprüfungen (TS)						
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0 ¹⁾	Z 1	Z 2	
TOC	Ma-%	1,0	0,5 (1,0) ²⁾	1,5	5	
KW-Index, C ₁₀ – C ₄₀	mg/kg	< 50	---	600	2.000	
KW-Index, C ₁₀ – C ₂₂	mg/kg	< 50	100	300	1.000	
EOX	mg/kg	< 1	1	3 ³⁾	10	
Σ EPA PAK	mg/kg	n.b.	3	3 (9) ⁴⁾	30	
Benzo[a]pyren	mg/kg	< 0,05	0,3	0,9	3	
Arsen	mg/kg	33,5	10	45	150	
Blei	mg/kg	25,0	40	210	700	
Cadmium	mg/kg	0,5	0,4	3	10	
Chrom _{gesamt}	mg/kg	20,4	30	180	600	
Kupfer	mg/kg	31,5	20	120	400	
Nickel	mg/kg	35,5	15	150	500	
Quecksilber	mg/kg	< 0,05	0,1	1,5	5	
Zink	mg/kg	108	60	450	1.500	
Eluatprüfungen (EL)						
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
pH-Wert	--	8,09	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	45,6	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	< 5	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	< 10	20	20	50	200
Arsen	µg/l	13,7	14	14	20	60 ⁵⁾
Blei	µg/l	< 2	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	< 0,2	1,5	1,5	3	6
Chrom _{gesamt}	µg/l	1	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	2	20	20	60	100
Nickel	µg/l	< 1	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	< 0,2	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	< 10	150	150	200	600
Gesamtbewertung / Einbauklasse			Z 1.1 nach LAGA – Boden			
Kommentar: maßgebende Parameter: TOC, Arsen, Cadmium, Kupfer, Nickel, Zink in TS						
¹⁾ maximale Feststoffgehalte für Boden „Sand“ ²⁾ Bei C : N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-% ³⁾ bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen ⁴⁾ Bodenmaterial > 3 / ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden ⁵⁾ Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/ l n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar						

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

- 1) maximale Feststoffgehalte für Boden „Sand“
- 2) Bei C : N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-%
- 3) bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen
- 4) Bodenmaterial > 3 / ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden
- 5) Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

Bod 8		nat. gewachsene Böden (nichtbindig)		Labor-Nr.: 69577/520/10		
Einzelproben: A1/3; A4/4						
Laborbefund nach LAGA – TR Boden, Tabelle II.1.2-1			Zuordnungswerte [Z] von Einbauklassen nach LAGA – TR Boden, Tabellen II.1.2-2 + II.1.2-3			
Feststoffprüfungen (TS)						
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0 ¹⁾	Z 1	Z 2	
TOC	Ma-%	0,30	0,5 (1,0) ²⁾	1,5	5	
KW-Index, C ₁₀ – C ₄₀	mg/kg	< 50	---	600	2.000	
KW-Index, C ₁₀ – C ₂₂	mg/kg	< 50	100	300	1.000	
EOX	mg/kg	< 1	1	3 ³⁾	10	
Σ EPA PAK	mg/kg	n.b.	3	3 (9) ⁴⁾	30	
Benzo[a]pyren	mg/kg	< 0,05	0,3	0,9	3	
Arsen	mg/kg	43,5	10	45	150	
Blei	mg/kg	23,6	40	210	700	
Cadmium	mg/kg	0,58	0,4	3	10	
Chrom _{gesamt}	mg/kg	10,7	30	180	600	
Kupfer	mg/kg	20,7	20	120	400	
Nickel	mg/kg	19,2	15	150	500	
Quecksilber	mg/kg	< 0,05	0,1	1,5	5	
Zink	mg/kg	89,4	60	450	1.500	
Eluatprüfungen (EL)						
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
pH-Wert	--	9,23	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	48,3	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	< 5	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	< 10	20	20	50	200
Arsen	µg/l	14,3	14	14	20	60 ⁵⁾
Blei	µg/l	< 2	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	< 0,2	1,5	1,5	3	6
Chrom _{gesamt}	µg/l	< 1	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	< 1	20	20	60	100
Nickel	µg/l	< 1	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	< 0,2	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	10	150	150	200	600
Gesamtbewertung / Einbauklasse			Z 1.2 nach LAGA – Boden			
Kommentar: maßgebende Parameter: Arsen in EL						
¹⁾ maximale Feststoffgehalte für Boden „Sand“						
²⁾ Bei C : N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-%						
³⁾ bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen						
⁴⁾ Bodenmaterial > 3 / ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden						
⁵⁾ Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar						

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

Bod 9		nat. gewachsene Böden (bindig)		Labor-Nr.: 69577/520/11		
Einzelproben: 6/6						
Laborbefund nach LAGA – TR Boden, Tabelle II.1.2-1			Zuordnungswerte [Z] von Einbauklassen nach LAGA – TR Boden, Tabellen II.1.2-2 + II.1.2-3			
Feststoffprüfungen (TS)						
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0 ¹⁾	Z 1	Z 2	
TOC	Ma-%	0,85	0,5 (1,0) ²⁾	1,5	5	
KW-Index, C ₁₀ – C ₄₀	mg/kg	< 50	---	600	2.000	
KW-Index, C ₁₀ – C ₂₂	mg/kg	< 50	100	300	1.000	
EOX	mg/kg	< 1	1	3 ³⁾	10	
Σ EPA PAK	mg/kg	0,14	3	3 (9) ⁴⁾	30	
Benzo[a]pyren	mg/kg	< 0,05	0,3	0,9	3	
Arsen	mg/kg	295	15	45	150	
Blei	mg/kg	102	70	210	700	
Cadmium	mg/kg	3,36	1	3	10	
Chrom _{gesamt}	mg/kg	15,0	60	180	600	
Kupfer	mg/kg	91,0	40	120	400	
Nickel	mg/kg	40,6	50	150	500	
Quecksilber	mg/kg	0,34	0,5	1,5	5	
Zink	mg/kg	270	150	450	1.500	
Eluatprüfungen (EL)						
Parameter	Dim.	Analytik	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
pH-Wert	--	7,78	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	29,3	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	< 5	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	< 10	20	20	50	200
Arsen	µg/l	63,9	14	14	20	60 ⁵⁾
Blei	µg/l	< 2	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	< 0,2	1,5	1,5	3	6
Chrom _{gesamt}	µg/l	< 1	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	2	20	20	60	100
Nickel	µg/l	< 1	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	< 0,2	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	< 10	150	150	200	600
Gesamtbewertung / Einbauklasse			> Z 2 nach LAGA – Boden			
Kommentar: maßgebende Parameter: Arsen in TS und EL						
<div><div>¹⁾ maximale Feststoffgehalte für Boden „Lehm/Schluff“ ²⁾ Bei C : N - Verhältnis > 25 beträgt der Zuordnungswert 1 Masse-% ³⁾ bei Überschreitung ist die Ursache zu prüfen ⁴⁾ Bodenmaterial > 3 / ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden ⁵⁾ Bei natürlichen Böden in Ausnahmefällen bis 120 µg/l</div><div>n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar</div></div>						

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

Bod 9	nat. gewachsene Böden (nichtbindig)		Labor-Nr.: 69577/520/11		
Einzelproben: 1/9; 1/10; 1/11					
Laborbefund nach LAGA TR Boden und DepV			Deponieklassen nach DepV und Einbauklassen n. LAGA TR Boden		
Eluatprüfungen					
Parameter	Dim.	Analytik	DK I / Z 3	DK II / Z 4	DK III / Z 5
TOC	Ma-%	0,85	1 ¹⁾	3 ^{1) 2)}	6 ^{1) 2)}
extrah. lipoph. Stoffe	% TS	< 0,01	0,4	0,8	4
pH-Wert	--	7,78	5,5 – 13,0	5,5 – 13,0	4,0 – 13,0
DOC	mg/l	6,1	50	80	100
Phenole	mg/l	< 0,01	0,2	50	100
Arsen	mg/l	0,0639	0,2	0,2	2,5
Blei	mg/l	< 0,002	0,2	1	5
Cadmium	mg/l	< 0,0002	0,05	0,1	0,5
Kupfer	mg/l	0,002	1	5	10
Nickel	mg/l	< 0,001	0,2	1	4
Quecksilber	mg/l	< 0,0002	0,005	0,02	0,2
Zink	mg/l	< 0,01	2	5	20
Cyanid, leicht freisetzbar	mg/l	< 0,005	0,1	0,5	1
Fluorid	mg/l	0,34	5	15	50
Barium	mg/l	< 0,1	5	10	30
Chrom, gesamt	mg/l	< 0,001	0,3	1	7
Molybdän	mg/l	< 0,02	0,3	1	3
Antimon	mg/l	< 0,03	0,03	0,07	0,5
Selen	mg/l	< 0,03	0,03	0,05	0,7
Gesamtgehalt gelöste Stoffe	mg/l	< 50	3000	6000	10000
Kommentar: ---					
Gesamtbewertung / Einbauklasse			Deponieklasse I Z 3 nach LAGA TR Boden		
¹⁾ Überschreitungen sind mit Zustimmung der zuständigen Behörde zulässig, wenn die Überschreitung durch elementaren Kohlenstoff verursacht werden					
²⁾ Der Zuordnungswert gilt nicht für Aschen aus der Braunkohlefeuerung sowie für Abfälle oder Deponieersatzbaustoffe aus Hochtemperaturprozessen					

Kappenbeton Stützwand BW-Nr. 5341 679 (Gersdorfer Elemente)

Zur Ermittlung einer möglichen Kontamination des Kappenbeton der Stützwand erfolgte an einer repräsentativen Mischprobe die Untersuchung auf konventionelle Schadstoffinhalte entsprechend dem Parameterumfang nach LAGA TR Bauschutt, Tabelle II.1.4-5 + II.1.4-6 (Komplettprogramm im Feststoff und Eluat).

Um die Baustellenbedingungen in situ, d.h. den chemischen Angriff von atmosphärischen Gasen besser simulieren zu können, wurde die aufbereitete, d.h. frisch gebrochene Probe, künstlich mit CO₂ begast.

Die nachfolgende Tabelle vergleicht die Befunde lt. Prüfbericht des analytischen Labors mit den Grenzwerten der Zuordnung in Einbauklassen [Z] nach TR LAGA, Tabellen II.1.2-2 + II.1.2-3 (Boden, Feststoff + Eluat) bzw. den Grenzwerten gemäß SMUL.

2.4 Bauwerke im Bestand

Durchlass Goldbach BW-Nr. 5341 827 (Bereich Auslauf)

Gewölbe

Bauteildicke	ca. 0,29 m
Mauerstein	Ziegel
Druckfestigkeit Ziegel	59,5 N/mm ²
Fugen	geschlossen
Mörtelart	Kalk-Zementmörtel / MV: 1 : 0,5 : 3,5
Mörtelfestigkeit	9,8 N/mm ²
Mörtelgruppe	MG II
bauschädliche Salze	geringe Belastung
zul. Druckfestigkeit (DIN 1053, Tab. 4)	3,4 N/mm²

Wiederlager

Einbindetiefe	ca. 0,90 m
Mauerdicke	ca. 1,60 m
Mauerart	Schichtenmauerwerk nach DIN 1053
Mauerstein	Granit
Fugen	geschlossen, lokale Fehlstellen
Mörtelart	Zementmörtel / MV: 1,5 : 3,5
Mörtelfestigkeit	15,7 N/mm ²
Mörtelgruppe	MG III
bauschädliche Salze	geringe Belastung
zul. Druckspannung (DIN 1053, Tab. B.3)	12,0 N/mm²
Entwässerung	nicht sichtbar

Stützwand BW-Nr. 5341 679 (Gersdorfer Elemente)

Profil:	2
freie Mauerhöhe	ca. 2,30 m
Einbindetiefe	ca. 0,70 m (Vorschüttung) <i>Gewässersohle unterhalb der Gründungssohle</i>
Mauerdicke	ca. 1,40 m
Mauerart	Schergewichtswand / Beton <i>Stahlbeton mit unbewehrtem Beton verfüllt</i>
Betonfestigkeit	3,6 ... 39,9 N/mm ²
Entwässerung	Rohre (DN 80 mm / STZ) [ca. 0,3 ... 0,5 m über der Gewässersohle]
Mauerkopf	Betonkappe

Profil:	3
freie Mauerhöhe	ca. 3,2 m
Einbindetiefe	ca. 0,30 m (Vorschüttung) <i>Gewässersohle unterhalb der Gründungssohle</i>
Mauerdicke	ca. 0,67 m / 1,55 m
Mauerart	Schwergewichtswand / Beton <i>Stahlbeton mit unbewehrtem Beton verfüllt</i>
Betonfestigkeit	6,8 ... 44,6 N/mm ²
Entwässerung	Rohre (DN 80 mm / STZ) [ca. 0,3 ... 0,5 m über der Gewässersohle]
Mauerkopf	Betonkappe

Profil:	4
freie Mauerhöhe	ca. 3,7 m
Einbindetiefe	ca. 0,6 m (Vorschüttung) <i>Gewässersohle unterhalb der Gründungssohle</i>
Mauerdicke	ca. 0,67 m / 1,35 m
Mauerart	Schwergewichtswand / Beton <i>Stahlbeton mit unbewehrtem Beton verfüllt</i>
Betonfestigkeit	5,6 ... 45,2 N/mm ²
Entwässerung	Rohre (DN 80 mm / STZ) [ca. 0,3 ... 0,5 m über der Gewässersohle]
Mauerkopf	Betonkappe

Anhand der starken Schwankungen in den Prüfergebnissen zur Bestimmung der Druckfestigkeiten kann für die Betongüte gemäß DIN-EN 13791 kein gesicherter Mittelwert angegeben werden. Die Betongüte schwankt zwischen **C 8/10** (vorzugsweise Füllbeton) und **C 25/30** (vorzugsweise Stahlbetonelemente – Gersdorfer Elemente) angegeben werden.

2.5 Untersuchungsergebnisse Radiologie

In einer ersten Untersuchungsetappe erfolgte entlang der vorhandenen Straßentrasse in einem lichten Abstand von 5 m, getrennt nach dem linken bzw. rechten Straßenrand, eine Messung der Ortsdosisleistung (ODL).

Die Ergebnisse sind in Protokollen zusammengefasst und graphisch dargestellt (⇒ Anlage 4).

Die Ergebnisse der ODL können folgendermaßen interpretiert werden:

≤ 170 nSv/h	reiner Hintergrundwert
≤ 300 nSv/h	leicht erhöhte Konzentration
> 300 nSv/h	erhöhte Strahlenbelastung

Innerhalb der Straßenaufbrüche erfolgte zusätzlich der Messung der Dosisleistung (DL) (⇒ Anlagen 2.2 und 2.3).

Der bei der DL vom Messgerät erfasste Halbraum im Straßenaufbruch ist gegenüber der Definition Ortsdosisleistung (ODL) erheblich verkleinert, so dass im Regelfall von der ODL abweichende, zumeist höhere Werte gemessen werden. Schwellenwerte analog zur ODL sind für eine DL nicht definiert, so dass nur eine qualitative Auswertung möglich ist.

Aufschluss	DL [nSv/h]					
	Tiefe [m u. OKG]	Messwert	Tiefe [m u. OKG]	Messwert	Tiefe [m u. OKG]	Messwert
A 1	0,14	140	0,30	200	0,45	160
A 2			0,25	190		
A/RKS 3			0,22	150		
A/RKS 4	0,15	130	0,30	90		
A/RKS 5			0,23	60		

Die einzelnen Messwerte der ODL liegen generell im Bereich eines reinen Hintergrundwertes. Auch die Messwerte der DL wiesen keine signifikanten Werte auf.

Anhand der vorliegenden Messwerten und der geologischen Ansprache ist eine radiologische Gefährdung während der Baumaßnahme nicht zu erwarten. Weiterführende Laboruntersuchungen waren nicht erforderlich.

2.6 Hydrogeologische Verhältnisse

Allgemeine Verhältnisse

Offene Gewässer: Die Trasse verläuft innerhalb der Talaue und meist direkt angrenzend an die Zwickauer Mulde. Am Bauanfang wird zusätzlich der Goldbach gequert.

Ein hydrogeologisches Gutachten liegt dem Unterzeichner nicht vor. Zum Zeitpunkt der Erkundungsarbeiten konnte in den Aufschlüssen teilweise Wasser aufgeschlossen werden.

Auf Grund der morphologischen Lage des Standortes und den erkundeten Baugrundsichten hat sich parallel der Zwickauer Mulde meist ein oberflächennaher, geschlossener Grundwasserhorizont ausgebildet. Infolge des teilweise hoch aufragenden Felshorizonts wird dieser jedoch zum Bauende des 2. BA unterbrochen (⇒ Anlage 1.3) bzw. tritt Grundwasser hier nur temporär im Hochwasserlastfall auf.

Zusätzlich kann lokal begrenzt und meist temporär (z.B. nach der Schneeschmelze bzw. Starkniederschlägen) Sicker- bzw. Schichtenwasser aus der hangseitigen Böschung austreten.

Die vorliegenden Erkundungsergebnisse stellen einen temporären Zustand dar und können folglich nicht als Bemessungswasserstand angesetzt werden.

Auswertung der Laborergebnisse – Wasseranalyse

Infolge des geringen Zuflusses war eine Probenentnahme in diesem Bauabschnitt nicht möglich. Im BA 1 (KB 7) konnte jedoch eine Probe entnommen und ausgewertet werden.

Das Grundwasser ist nach der Untersuchung vom 07.11.2013 entsprechend DIN 4030 als nicht betonangreifend einzustufen. Da der Parameter kalklösende Kohlensäure den Grenzwert fast erreicht, sollte jedoch die Einstufung auf **schwach betonangreifend** vorgenommen werden.

Nach der DIN EN 206-1 sollte somit die **Expositionsklasse XA1** Verwendung finden.

2.7 Besonderheiten

Altbergbau / Untergrundschwächen

Gemäß der Unterlage /13/ liegt der Baustandort außerhalb von Hohlraumverdachtsgebieten. Eine bergbauliche Stellungnahme muss nicht eingeholt werden.

Andere Untergrundschwächen wie Auslaugungen und Verkarstungen sind aufgrund der geologischen Verhältnisse auszuschließen.

Schutzzonen

Nach der Unterlage /14/ liegt der Baustandort außerhalb von Schutzgebieten (NSG, LSG, Naturpark, etc.). Gleiches gilt nach der Unterlage /15/ für FFH- und SPA-Gebiete.

Wasserschutzgebiete sind nach der Unterlage /16/ nicht im Einflussbereich der Baumaßnahme ausgewiesen.

Wasserrecht

Im Zuge der Baumaßnahme wird, in Abhängigkeit der Gründungstiefe, ein Wasseranschnitt erwartet. Im Rahmen der weiteren Planung ist gemeinsam mit der zuständigen Behörde abzuklären, ob das Vorhaben, ggf. nur Teile davon, einer Wasserrechtlichen Erlaubnis nach Sächsischem Wassergesetz bzw. Wasserhaushaltsgesetz bedarf.

Die bauzeitliche Ableitung von anfallendem Wasser (z.B. Niederschlagswasser) in eine Vorflut ist erfahrungsgemäß bei den Betreibern / Eigentümern der Vorflut (Kanal, Gewässer, etc.) genehmigungspflichtig.

Erdbeben

Nach DIN 4149, Teil 1 A 1 und Anhang G zur Liste der eingeführten Technischen Baubestimmungen, veröffentlicht im Sächsischen Amtsblatt (Nr. 3/2012 vom 30.04.2012), ist **Wildenfels** der **Erdbebenzone 1** zuzuordnen.

Abfall

Gemäß Auftragserteilung erfolgte die labortechnische Untersuchung der ungebundenen Tragschichten, Auffüllungen im und unter dem Planum, sowie der natürlich gewachsenen Böden nach dem Parameterumfang LAGA TR Boden, Tabelle II.1.2-1 (Mindestuntersuchung bei unspezif. Verdacht).

Bei Überschreitung der Einbauklasse Z 2 erfolgte eine weiterführende Analyse nach Deponieverordnung (DepV).

Weiter wurde der gebundene Straßenoberbau (Schwarzdecke) gemäß RuVA-StB 01 (2005) und der Kappenbeton der Stützwand BW-Nr. 5341 679 (Gersdorfer Elemente) nach LAGA TR Bauschutt, Tab. II.1.4-5 + 1.4-6 untersucht.

Alle Ergebnisse sind den Punkten 2.3.2 und 3.6.2 des vorliegenden Ergebnisberichtes zu entnehmen.

Nachbarbebauungen

Teilweise tangiert die Verkehrsstrasse hangseitig die Stützmauer zu den höher gelegenen Gleisanlagen der Bahnstrecke Nr. 6264, Schwarzenberg – Zwickau (S-Z). Untersuchungen zur Bestimmung der Gründungsverhältnisse und Geometrie waren nicht Vertragsbestandteil.

In Abhängigkeit der auszuführenden Arbeiten sind ggf. Sicherungsmaßnahmen am Bauwerksbestand durchzuführen.

Weiter wird darauf hingewiesen, dass Einflüsse welche im Extremfall zu Schäden am angrenzenden Bestand führen, nicht gänzlich ausgeschlossen werden können. Dieses gilt insbesondere dann, wenn vorhandene Gründungen vollständig freigelegt werden bzw. wenn starke Erschütterungen (z.B. bei Bohr- oder Verdichtungsarbeiten, künstlichen Auflockerungen beim Abbruch von Bausubstanz, etc.) wirken.

Zur Vermeidung späterer Streitigkeiten und insbesondere zur Abwehr ungerechtfertigter Forderungen sollte vor Beginn der Bauarbeiten eine Dokumentation des Istzustandes (Beweissicherung) ausgeführt werden.

2.8 Einschätzung der Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der Aufgabenstellung

Es kann eingeschätzt werden, dass die durchgeführten Baugrunduntersuchungen für die Bewältigung der Aufgabenstellung (⇒ Punkt 1) ausreichend sind.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Allgemeine Einschätzung

3.1.1 Verkehrsanlage

Der Ausbau der Verkehrsfläche stellt eine einfache und wenig setzungsempfindliche Baumaßnahme dar. Der Baustandort liegt, gemäß der Frostzonenkarte der RStO 12 und der Frostzonenkarte des Freistaates Sachsen (04/1995) in der Frosteinwirkungszone II.

Die Dicke des erforderlichen Oberbaus ist nach den Kriterien der RStO 12 zu wählen. Dabei ist nur temporär (Hochwasserlastfall) mit Grundwasser höher als 1,5 m unter Planum zu rechnen (vgl. RStO 12 Tab. 7).

Die vorhandene ungebundene Tragschicht weist nach den vorliegenden Laborergebnissen einen Feinkornanteil zwischen 3 Ma-% und 7 Ma-% auf und mit Hilfe des vertragsgemäß ausgeführten Verdichtungsnachweises auf der ungebundenen Tragschicht konnte ein Verformungsmodul von $E_{v2} = 83,7 \text{ MN/m}^2$ ermittelt werden.

Beide Kriterien entsprechend den Forderungen einschlägiger Straßenbauvorschriften, so dass neben einem grundhaften Ausbau auch eine Deckensanierung, z.B. mit vollgebundenem Oberbau, denkbar ist.

Bei einer Deckensanierung ist der ungebundene Oberbau nach dem Aufbrechen der Schwarzdecke nachzuverdichten. Entsprechend der schwankenden Mächtigkeit der Schwarzdecke ist ein Profilausgleich einzukalkulieren. Anschließend erfolgt der schichtweise Einbau der Asphaltschichten.

Bei einem grundhaften Ausbau ist, gemäß der ZTVE-StB 09, im Planum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Im Verkehrsflächenplanum sind nahezu einheitliche Baugrundverhältnisse zu erwarten (\Rightarrow Anlage 1.3), d.h. es steht meist eine mitteldicht gelagerte, kiesige Auffüllung an, die der Frostempfindlichkeitsklasse F 2, teilweise F 3 zuzuordnen ist. In Abhängigkeit der jeweiligen Kornzusammensetzung ist die Auffüllung als gering bis erhöht wasserempfindlich einzustufen, d.h. bei Wasserzutritt ist teilweise mit Aufweichungen zu rechnen. Nach dem Entfernen des Straßenoberbaus ist das Planum, unter Beachtung eines nahezu optimalen Wassergehaltes, nachzuverdichten.

Entsprechend unseren Erfahrungen ist im Planum mit Tragfähigkeiten zwischen $E_{v2} = 40 \text{ MN/m}^2$ bis $E_{v2} = 55 \text{ MN/m}^2$ zu rechnen, d.h. die Tragfähigkeitsverhältnisse sind nicht generell ausreichend. Für die lokal erforderliche Erhöhung der Planumtragfähigkeit ist ein etwa 20 cm bis 30 cm mächtiger Bodenaustausch aus mineralischen Böden (z.B. Vorabsiebung 0/40 mm bis 0/60 mm, Feinkornanteil max. 12 Ma-%) einzukalkulieren und bei Bedarf einzubauen. Die lokale Abgrenzung muss baubegleitend erfolgen.

Vor dem Einbau des frostsicheren Oberbaus ist das Planum seitlich zu neigen, statisch glatt abzuwalzen und die Tragfähigkeit entsprechend den geforderten Verdichtungswerte (Verformungsmodul) der ZTVE-StB 09, mit geeigneten Prüfverfahren, wie statische Lastplatte und zusätzlich mittels Fallplatte, nachzuweisen.

3.1.2 Instandsetzung Durchlass Goldbach BW-Nr. 5341 827

Nach visueller Beurteilung und den vorliegenden Ergebnissen (⇒ Pkt. 2.4 / Anlagen 1.2 und 5) weisen sowohl das Gewölbemauerwerk aus Ziegel als auch die Natursteinmauern der Widerlager einen quasi homogenen Zustand auf. Die Einbindetiefe liegt bei 0,90 m und ist dabei ausreichend frostsicher.

Sowohl im Gewölbemauerwerk als auch im Natursteinmauerwerk der Widerlager konnte der Mörtel fast vollständig nachgewiesen werden.

Ob für das Bauwerk eine ausreichende Standsicherheit vorliegt, muss im Rahmen der weiteren Planung durch entsprechende Standsicherheitsberechnungen nachgewiesen werden.

Aus Sicht des Unterzeichners wird die Gesamtkonstruktion gemäß DIN 4085 als „annähernd unnachgiebig“ eingestuft, d.h. für den Erddruckansatz gilt ein erhöhter Erddruck nach folgender Gleichung:

$$E'_{ah} = 0,50 \bullet E_{ah} + 0,50 \bullet E_{0h}$$

3.1.3 Ersatzneubau Stützwand BW-Nr. 5341 677

Anhand der Untersuchungsergebnisse kann der Bau einer Flachgründung empfohlen werden. Für die Fundamente ist dabei ein Abtreppungswinkel von max. 35° und eine frostsichere Einbindetiefe von mind. 0,8 m einzuhalten.

Die endgültige Gründungstiefe richtet sich nach den im Rahmen der Planung / Bauausführung noch zu führenden grundbaustatischen Nachweise, sowie einem ausreichenden Kolksschutz.

Unter Beachtung einer zu erwartenden Gründungstiefe von etwa 1,0 ... 1,5 m wird die Stützwand direkt auf den anstehenden Felshorizont abgesetzt (⇒ Anlage 1.2).

Lokal tiefer anstehender Fels ist durch einen Bodenaustausch (Beton) erreichbar, während hoch aufragende Felsklippen mittels Aufbruchhammer aufzulockern sind. Nach dem Aushub der künstlich aufgelockerten Bereiche im Fels entsteht eine raue unebene Baugrubensohle, welche mit Unterbeton abzugleichen ist.

Infolge des hoch aufragenden Felshorizontes ist bei der Wasserhaltung mit erschwerten Bedingungen zu rechnen, da ein Fangedamm den raschen Übergang vom Flussschotter zum Felshorizont erfahrungsgemäß nicht vollständig abdichten kann.

Entsprechend der anstehenden Baugrundverhältnisse und der geplanten Stützkonstruktion wird die Gesamtkonstruktion gemäß DIN 4085 als „wenig unnachgiebig“ eingestuft, d.h. für den Erddruckansatz gilt ein erhöhter Erddruck nach folgender Gleichung:

$$E'_{ah} = 0,75 \bullet E_{ah} + 0,25 \bullet E_{0h}$$

3.1.4 Instandsetzung Stützwand BW-Nr. 5341 679

Nach visueller Beurteilung sowie den vorliegenden Untersuchungsergebnisse (⇒ Pkt. 2.4 / Anlagen 1.2 und 5) weist diese Stützwand einen ähnlichen bis einheitlichen Bauwerkszustand auf. Es handelt sich um eine Schwergewichtswand, bestehend aus Stahlbetonfertigteilen (Gersdorfer Elemente), die mit unbewerten Beton verfüllt wurden.

Die Einbindetiefe der Fundamente schwankt zwischen 0,3 m und 0,7 m, meist bezogen auf eine kleine Vorschüttung bzw. einen Vorsatzbeton als Reste eines Kolkschutzes. In Richtung Flusssohle besitzt die Stützwand keine Einbindetiefe.

In der Gründungssohle steht ein entfestigt verwitterter bis angewitterter Fels an. Teilweise fungiert die Stützwand als Verwitterungsschutz vor dem anstehenden Felshorizont, was auch die lokale Verjüngung des Mauerquerschnittes erklärt.

Im Rahmen von Sanierungsarbeiten sollte der vorhandene Mauerkopf schonend abgebrochen werden. Neben Seilsägen oder Diamantsägen eignen sich zum Abbruch auch kleinere Handgräte. Die Verwendung von Baggeranbaugeräten ist nicht zu empfehlen, da hierbei eine zu starke Schädigung des Bestandes zu erwarten ist.

Ob für das Bauwerk eine ausreichende Standsicherheit vorliegt, muss im Rahmen der weiteren Planung durch entsprechende Standsicherheitsberechnungen nachgewiesen werden.

Zur Erhöhung der Standsicherheit können beispielsweise Verpresspfähle verwendet werden, die in den neu herzustellenden Mauerkopf oder direkt in die bestehende Mauer eingebunden werden.

Bei der Herstellung von Verpresspfählen wird erfahrungsgemäß ein Bohrverfahren mit Imlochhammer verwendet, was hochfrequente Erschütterungen auf das bestehende Bauwerk überträgt. Das Auftreten von Risschäden kann daher nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Weiterhin ist beim Verpressen teilweise mit Mörtelverlusten zu rechnen, da beim Anbohren von Hohlräumen innerhalb der Stützmauer bzw. im natürlich anstehenden Felshorizont auch diese mit Verpressmörtel geschlossen werden müssen. Im LV sind dazu Mehrmengen an Mörtel einzukalkulieren.

Bei großen, teils offenen Kluftsystemen sollten die Tragglieder der Verpresspfähle mit entsprechenden Geotextilien (sog. Strümpfe) versehen werden, um den Mehrbedarf an Verpressmörtel auf ein verträgliches Maß einzugrenzen. Erfahrungsgemäß ist dies nicht bei allen Technologien von Verpresspfählen möglich, was im Rahmen der weiteren Planung und Bauausführung zu beachten ist.

Zusätzlich sollte am Stützmauerfuß ein Kolkschutz eingebaut werden.

Entsprechend der Baugrundverhältnisse (Gründung im Fels) und der zu erwartenden Verankerung wird die Gesamtkonstruktion gemäß DIN 4085 als „annähernd unnachgiebig“ eingestuft, d.h. für den Erddruckansatz gilt ein erhöhter Erddruck nach folgender Gleichung:

$$E'_{ah} = 0,50 \bullet E_{ah} + 0,50 \bullet E_{oh}$$

3.2 Bodenmechanische Kennwerte, Frostempfindlichkeitsklassen, Bodengruppen

3.2.1 Materialtechnische Bemessungskennwerte

Die für die statische Bemessung der zu sanierenden Bauwerke erforderlichen Materialkennwerte können dem Pkt. 2.4 entnommen werden.

3.2.2 Allgemeine Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können für die hier vorliegenden Bodenschichten (ohne Straßenoberbau und Mutterboden) die in der Tabelle angegebenen Werte in Ansatz gebracht werden.

Im Weiteren zeigt die Tabelle für die einzelnen Bodenschichten die entsprechenden Frostempfindlichkeits- und Bodenklassen.

1		2	3	4	5	6	7
Bodenart		Kurzzeichen DIN 18 196	$\gamma_n^{1)}$	φ'	C	E_s	Frost- empf.
[--]		[--]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[MN/m ²]	[--]
Auffüllungen		[GU] – [GU*] [GI] – [GU] [SU]	19 – 20	32 – 33	1 / 3 ²⁾	26 – 30	F 2 – F 3
Auelehm	weich	UL	19 – 20	27 – 28	3 – 5	8 – 10	F 3
Schwemm- sand	bind. Anteile weich - steif	SU* – SU ST*	19 – 20	29 – 31	2 – 4	18 – 22	F 3 – F 2
Flussschotter / Talschotter		GI – GU GU – GU* GT*	20 – 21	33 – 35	0 / 2 ²⁾	30 – 35	F 2 – F 3
Fels (Tonschiefer), entfestigt verwittert bis angewittert		---	23 – 25	39 – 40 ³⁾	10 – 13 ³⁾	800 – 2.000	F 2 – F 1

1) Im Wassereinflussbereich ist der Auftrieb zu berücksichtigen.

2) kapillare Kohäsion – gilt nur für Nachweise von bauzeitlichen Böschungen, wenn diese vor Austrocknung bzw. zusätzlichem Wasserzutritt geschützt werden.

3) Kennwerte auf den Trennflächen (keine Gebirgskennwerte)

3.2.3 Sohldruck / Sohlwiderstand

Für Streifenfundamente kann bei einer Einbindetiefe von mind. 0,8 m folgender Sohldruck bzw. Sohlwiderstand zum Ansatz kommen:

Bodenart	Sohldruck nach DIN 1054:2005-01	Sohlwiderstand nach DIN 1054:2010-12
Schwemmsand	$\sigma = 180 \text{ kN/m}^2$	$\sigma_{R,d} = 250 \text{ kN/m}^2$
Flussschotter	$\sigma = 250 \text{ kN/m}^2$	$\sigma_{R,d} = 350 \text{ kN/m}^2$
Fels (Tonschiefer), entfestigt verwittert bis angewittert	$\sigma = 1.100 \text{ kN/m}^2$	$\sigma_{R,d} = 1.500 \text{ kN/m}^2$
	Für Einzelfundamente mit einem Seitenverhältnis $b_x / b_y < 2$ können der angegebene Sohldruck / Sohlwiderstand um 20% erhöht werden. Entsprechend sind gegebenenfalls weitere Zu- und Abschläge zu beachten.	
	Im Rahmen der weiteren Planung ist insbesondere durch den verantwortlichen Statiker zu prüfen, ob entsprechend der DIN 1054:2005-01, Pkt. 7.7.1, (1) c bis e bzw. der Ansatz von aufnehmbaren Sohldruck in einfachen Fällen gerechtfertigt ist, oder ob der Nachweis nach den Grenzzuständen GZ 1B und GZ 2 erfolgen muss. Aus baugrundtechnischer Sicht sind die Voraussetzungen für einen vereinfachten Nachweis über Sohldruck erfüllt (vgl. DIN 1054:2005-01 Pkt. 7.7.1, (1), a + b).	Im Rahmen der weiteren Planung ist insbesondere durch den verantwortlichen Statiker zu prüfen, ob entsprechend der DIN 1054:2010-12, Punkt A 6.10.1, A (1) c bis g der Ansatz von aufnehmbaren Sohlwiderstand in einfachen Fällen gerechtfertigt ist, oder ob der Nachweis für die Grenzzustände Grundbruch und Gleiten sowie der Nachweis der Setzungen erfolgen muss. Aus baugrundtechnischer Sicht sind die Voraussetzungen für einen vereinfachten Nachweis über Sohlwiderstand erfüllt (vgl. DIN 1054:201-12 Pkt. A 6.10.1, A(1), a + b).

Der Einfluss des GW-Horizontes wurde bei den zuvor genannten Werten bereits berücksichtigt.

3.2.4 Kennwerte für Verpresspfähle

Verpresspfähle bestehen aus einem Tragglied (Stabstahl) und einem Mantel aus Zementstein. Die Dauerhaftigkeit dieser Pfähle wird durch einen entsprechenden Korrosionsschutz nach den Angaben des jeweiligen Herstellers gewährleistet.

Unter Berücksichtigung der Erkundungsergebnisse werden die Verpresspfähle im angewitterten Fels (Tonschiefer) abgesetzt.

An dieser Stelle muss nochmals auf das wechselnde Kluftsystem im Fels bzw. lokale Fehlstellen in der bestehenden Stützwand hingewiesen werden, d.h. bei Verpressarbeiten muss mit einer entsprechenden Mehrmenge an Mörtel gerechnet werden (⇒ Pkt. 3.1.4).

Beim Bohren entsteht eine allgemein raue Bohrlochwandung, so dass eine gute Verzahnung des Injektionsmörtels mit dem Beton der Stützmauer bzw. dem anstehenden Felshorizont zu erwarten ist.

In Anlehnung an die DIN 1054:2010-12, die DIN 1054:2005-01 bzw. Ostermeyer „*Tragverhalten und zulässige Gebrauchslast von Einzelankern*“ können für die Mantelreibung folgende Werte ausgewiesen werden. Die Sicherheitsbeiwerte gemäß genannter Vorschriften sind dabei zusätzlich anzuwenden.

– **Grenzmantelreibungswerte** (Bruchwert)

Beton C 35/45 → $q_{slk} = 0,50 \text{ MN/m}^2$

Fels, entfestigt verwittert bis angewittert → $q_{slk} = 0,65 \text{ MN/m}^2$

Während der Bauausführung sind Probelastungsversuche zu empfehlen.

3.3 Bodenklassen

Nach der DIN 18300 (Erdarbeiten) bzw. 18301 (Bohrarbeiten) werden die vorliegenden Schichten, ohne Mutterboden, Straßenoberbau und Bauwerksbestand, in folgende Bodenklassen eingeteilt:

Bodenart	Bkl. DIN 18300	Bkl. DIN 18301
Auffüllungen	3 – 4 / 5 – 6 ¹⁾	BN 1 – BN 2; BS 1 / BS 3 zzgl. Bauwerks- und Fundamentreste, Beton
Auelehm	4 / 2 ²⁾	BB 2 / BB 1 ²⁾
Schwemmsand	3 – 4 / 2 ²⁾	BN 2 – BB 2 / BB1 ²⁾
Flussschotter / Talschotter	3 / 5 – 6 ¹⁾	BN 1 – BN 2; BS 1 – BS 3
Fels (Tonschiefer), entfestigt verwittert	6 (60%) / 7 (40%)	FV 1
Fels (Tonschiefer), angewittert	7	FV 2 – FV 3; FD 2

- ¹⁾ bei Steinanteil von < 30 Masse-% mit Rauminhalt 0,01 – 0,1 m³ → Bodenklasse 5
bei Steinanteil von > 30 Masse-% mit Rauminhalt 0,01 – 0,1 m³ → Bodenklasse 6
bei Steinanteil von mit Rauminhalt > 0,1 m³ → Bodenklasse 7

- ²⁾ bei Wassersättigung „fließende Bodenart“ → Bodenklasse 2 \ BB 1

Gemäß den vorliegenden Laborergebnissen schwankt im Tonschiefer der Quarzgehalt zwischen 22 Vol-% und 26 Vol-% (⇒Pkt. 2.2.2). Im Bereich von lokal begrenzt auftretenden Quarzgängen kann dieser jedoch bis auf etwa 95 Vol-% ansteigen.

Das Bergen von Mauer- und Fundamentreste, Wurzelstubben sowie vorhandener Leitungsbestand bzw. der Aufbruch von gebundenen und ungebundenen Schichten der Verkehrsflächen sind nicht mit der Bodenklassenverteilung nach DIN 18300 bzw. DIN 18301 definiert. Hierzu sind im LV der Ausschreibung entsprechende Positionen zu vereinbaren. Beimengungen aus Bauschutt innerhalb der Auffüllungen wurden vereinzelt erkundet.

3.4 Wasserhaltung

Bauzustand

Im Planumbereich der Verkehrsanlage ist kein Wasseranschnitt zu erwarten. Temporär zusitzendes Niederschlagswasser ist unverzüglich über das Planum einer Entwässerung (z.B. Drainage, Bankette) zuzuführen. Dazu ist das Planum seitlich zu neigen und statisch abzuwalzen (Glattmantelwalze).

Im Rahmen der Baumaßnahmen an den Bauwerken ist teilweise ein Wasseranschnitt zu erwarten. Zusätzlich müssen die während der Bauzeit auftretenden Niederschlagswässer beachtet werden.

Beim Neubau der Stützwand (BW-Nr. 5341 677) bzw. dem Einbau eines zusätzlichen Kolksschutzes entlang der bestehenden Stützwand (BW-Nr. 5341 679) ist, infolge des hoch aufragenden Felshorizontes, bei der Wasserhaltung mit erschwerten Bedingungen zu rechnen, da Fangedämme den raschen Übergang vom Flussschotter zum Felshorizont erfahrungsgemäß nicht vollständig abdichten können.

Bei der Verwendung von Verpresspfählen wird der GW-Horizont durchteuft. Je nach Ausführungsart sind dabei ggf. verrohrte Bohrungen erforderlich und für die Verpressung sind entsprechende Vorkehrungen zu treffen.

Abschließend wird noch auf die Hinweise im Pkt. 2.7 (Wasserrecht) hingewiesen.

Endzustand

Das Planum der Verkehrsflächen ist seitlich zu neigen und über seitlich angrenzende Drainagen oder Bankette und offenen Gräben zu entwässern. Alternativ können auch Planumsdrainagen zur Anwendung kommen. Die Oberflächenentwässerung erfolgt vermutlich ebenfalls über seitlich angrenzende, offene Gräben.

Für die Stützwände wird, entsprechend RiZ-ING WAS 7 eine Entwässerung der Hinterfüllung durch Anordnung einer Drainage, welche beispielsweise frei zur Wasserseite auslaufen kann, empfohlen. Die Verwendung von Geotextilien als Trennvliese verlängert dabei die Nutzungsdauer der Drainagen. Der im Gründungsbereich anstehende Fels weist keine Versickerungsfähigkeit auf, so dass der Bau von Grundleitungen, einschließlich Betonsockel neben dem Entwässerungsbereich erforderlich wird.

Zusätzlich wird in der WAS 7 vorgegeben, unterhalb der Drainage „schwerdurchlässigen Boden“ einzubauen, was einem gemischtkörnigen bis schwach bindigen Boden ($k_f = 1 \cdot 10^{-6}$ bis $1 \cdot 10^{-8}$) entspricht. Erfahrungsgemäß ist der verdichtete Einbau dieser Böden nicht oder nur sehr schwer möglich. Neben der Verwendung von mit Bindemittel verbesserten Böden, kann auch der Einsatz einer HGT, von Magerbeton oder von Flüssigboden empfohlen werden.

Im Bereich des Ufermauerfußes ist auf einen ausreichenden Kolksschutz zu achten. Neben einer entsprechenden Gründungstiefe ist auch eine Befestigung mittels großformatigen Wasserbausteinen denkbar.

Die großformatigen Wasserbausteine müssen dabei ein entsprechendes Gewicht aufweisen, um der Schleppspannung des Fließgewässers im Hochwasserlastfall widerstehen zu können.

3.5 Böschungen / Verbau

Bleibende Böschungen

können aus baugrundtechnischer Sicht, in Abhängigkeit der Böschungshöhen, ohne besonderen Standsicherheitsnachweis folgendermaßen gestaltet werden:

$$h \leq 3,0 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad 1 : 1,7$$

$$h \leq 5,0 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad 1 : 2,0$$

Größere und/oder steilere Böschungen sind mittels Standsicherheitsnachweis zu bemessen.

Die Böschungen sollten nach der Profilierung sofort mit Mutterboden abgedeckt und begrünt werden, damit mögliche Erosionsschäden an den Böschungen vermieden werden. Eventuell entstehende Erosionsrinnen sind sofort wieder zu verfüllen und zu begrünen.

Um ein mögliches Abrutschen des Mutterbodens auf der Böschung bis zur vollständigen Begrünung bzw. Durchwurzelung zu verhindern, wird das Abdecken mittels Jutematten, Kokosmatten o.dgl. empfohlen. Auch der Einsatz von Krallmatten unterhalb des Mutterbodens bzw. der Einbau von Faschinen erscheint zweckmäßig.

Baugrubenböschungen

sind unter Beachtung der DIN 18300 und DIN 4124 herzustellen. Bei Baugrubentiefen über 1,25 m sind die Wände zu böschen oder auszusteifen. Darüber hinaus sollte ein lastfreier Streifen entsprechend der DIN 4124 eingehalten werden.

In Anlehnung an o.g. Vorschriften werden für kurzzeitige Böschungen bis 5 m Höhe nachstehende Böschungsneigungen empfohlen:

$$\beta = 45^\circ \dots 50^\circ \quad \text{für Böden über dem GW-Stand}$$

$$\beta = 28^\circ \dots 33^\circ \quad \text{für Böden im GW-Horizont}$$

$$\beta = 60^\circ \dots 80^\circ \quad \text{für Fels, entfestigt verwittert bis angewittert}$$

Größere und/oder steilere Böschungen sind auch hier mittels Standsicherheitsnachweis zu bemessen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die genannten Baugrubenböschungsneigungen von mehreren Einflussfaktoren, wie z.B. Wasseranfall, klimatische Einflüsse, Trennflächengefüge im Fels, etc. abhängen, so dass letztendlich der Bauleiter operativ auf der Baustelle entscheiden muss. Dazu ist ggf. ein Baugrundsachverständiger zu konsultieren.

Baugrubenverbau

ist im Rahmen der zu erwartenden Baumaßnahmen und der Platzverhältnisse vor Ort nicht zwingend erforderlich.

Lediglich beim Neubau der Stützwand (BW-Nr. 5341 677) kann zur Reduzierung der Baugrube ein Verbau erforderlich werden. Anhand der vorliegenden Erkundungsergebnisse eignet sich hierbei besonders eine Trägerbohlwand (Berliner Verbau) mit in Bohrungen eingestellten Verbauträgern. Ein Rammen ist wegen des hoch aufragenden Felshorizontes nicht möglich, was gleichzeitig auch die Verwendung von Spundwänden ausschließt.

Ein statischer Nachweis der jeweils zum Einsatz kommenden Verbauart muss im Rahmen der Planung bzw. Bauausführung noch erfolgen.

3.6 Wiederverwendbarkeit der Aushubstoffe

3.6.1 Bodenmechanische Eignung

Die zu erwartenden, kiesig-sandigen bis gemischtkörnigen Aushubmassen können, unter Beachtung eines nahezu optimalen Wassergehaltes, mit Verdichtungsanforderungen (z.B. unter Verkehrsflächen) wiederverwendet werden.

Bei einem erhöhten Wassergehalt muss entweder Bindemittel zugesetzt werden oder es erfolgt der Einbau von Austauschmassen, wie z.B. eine Vorabsiebung 0/40 mm bis 0/60 mm mit einem Feinkornanteil von maximal 12 Masse-% im eingebauten Zustand.

Beim Einbau von Aushub- bzw. Austauschmaterial sind generell größere Steine vollständig mit feinkörnigem Material zu umhüllen, bzw. Steine mit einem Durchmesser $\geq 0,20$ m auszutauschen.

Im Winter ist darauf zu achten, dass kein gefrorener Boden eingebaut wird.

Eine ausreichende Verdichtung auf dem Verkehrsflächenplanum ist gemäß ZTVE-StB 09 zu fordern und auf der Baustelle, entsprechend dem Baufortschritt, zu überwachen (Verdichtungsprüfungen als Eigenüberwachung und Kontrollprüfungen).

3.6.2 Abfallrechtliche Belange

Schwarzdecke

Material	Verwertungs- klasse RuVA-StB 01	Abfallschlüssel- nummer AVV	Verwertung
Schwarzdecke (Aufbruch A 1 + A 2)	A	17 03 02 Bitumengemische	Heiß- / Kaltmisch- verfahren mit oder ohne Bindemittel
Schwarzdecke (Aufbruch A 3 + A 4 + A 5)	C		Kaltmischverfahren mit Bindemittel ¹⁾ oder thermische Verwertung

¹⁾ – Nur zulässig, wenn im Rahmen einer Eignungsprüfung nachgewiesen wird, dass durch die Bindung mit Bindemittel im Eluat des Probekörpers die Grenzwerte gemäß RuVA-StB 01, Tab 2 eingehalten werden.

Bei der Beurteilung nach AVV gilt die Regel, dass die Einstufung als *krebserzeugend* erst erfolgen muss, wenn die Konzentration des Summenparameters PAK bei $> 0,1$ % (> 1.000 mg/kg) liegt.

ungebundener Oberbau / Auffüllungen / natürlich gewachsene Böden

Material	Zuordnungs- klassen LAGA TR Boden DepV	Abfallschlüssel- nummer AVV	Verwertung
ungebundene Tragschichten (Diabas, Grünschiefer)	Z 1.2 (Σ EPA PAK in TS; pH-Wert in EL)	17 05 04 Boden und Steine die keine gefährlichen Stoffe enthalten	Auffüllmassen außerhalb des Standortes auf entsprechend zugel. Flächen oder Immobilisierung mit Bindemittel
ungebundene Tragschichten (Kiessand)	Z 1.2 (Kupfer, Nickel in TS; pH-Wert, Sulfat in EL)		
ungebundene Tragschichten (Granit)	Z 1.1 ¹⁾ (Arsen, Nickel in TS)		Auffüllmassen vor Ort oder außerhalb des Standortes auf entsprechend zugel. Flächen
Auffüllungen (Straßenunterbau)	Z 1.1 (Arsen, Cadmium, Kupfer, Nickel, Zink in TS)		
Auffüllungen (Hinterfüllung Brücke Goldbach)	Z 2 (TOC, Arsen in TS)		Auffüllmassen außerhalb des Standortes auf entsprechend zugel. Flächen oder Immobilisierung mit Bindemittel
Auffüllungen (Hinterfüllung Stützmauer Gersdorfer Elemente)	Z 2 (Arsen in TS und EL)		
Auffüllungen (Hinterfüllung Stützmauerneubau)	Z 1.1 (TOC, Arsen, Cadmium, Kupfer, Nickel, Zink in TS)		Auffüllmassen vor Ort oder außerhalb des Standortes auf entsprechend zugel. Flächen
natürlich gewachsene Böden (nichtbindig)	Z 1.2 (Arsen in EL)		Auffüllmassen außerhalb des Standortes auf entsprechend zugel. Flächen oder Immobilisierung mit Bindemittel
natürlich gewachsene Böden (bindig)	DK / Z 3 (Arsen in TS und EL)		

¹⁾ – Der erhöhte pH-Wert ist unter Beachtung der anderen Parameter im Eluat nicht maßgebend.

Kappenbeton Stützwand BW-Nr. 5341 679 (Gersdorfer Elemente)

Material	Zuordnungsklasse		Abfallschlüssel- nummer AVV	Verwertung
	LAGA TR Bauschutt	SMUL		
Bauschutt / Beton	Z 1.2 (Nickel, Σ EPA PAK in TS)	W 1.2 (Nickel, Σ EPA PAK in TS)	17 01 01 Beton	Auffüllmassen außerhalb des Standortes auf entsprechend zugel. Flächen

Zusammenfassung

Abweichend von den zuvor angegebenen Abfallschlüsselnummern kann nach § 3, Absatz 3 der AVV die zuständige Behörde eine andere Einstufung der Abfälle vornehmen. Im Rahmen der weiteren Planung sollten die zuständigen Abfallbehörden und mögliche Verwerter einbezogen werden.

Wegen der Nähe zum Vorfluter wird der Baubereich als hydrogeologisch **ungünstig** bezeichnet, was nur der Einbau von Böden der Einbauklassen Z 0 und Z 1.1 ermöglicht.

Entsprechend den Angaben der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) gilt bei der Wiederverwendung von Bodenaushub vor Ort das Verschlechterungsverbot.

Bei Schadstoffimmobilisierung mit Bindemittel (vorzugsweise Mischbinder) kann, abhängig von der Kornverteilung, kalkulatorisch mit einer Bindemittelmenge von 5 Ma-% bis 7 Ma-% ausgegangen werden.

Der tatsächliche Bindemittelbedarf und die Wirksamkeit der Schadstoffimmobilisierung sind baubegleitend durch Eignungsprüfungen zu ermitteln.

3.6.3 Radiologie

Nach den vorliegenden Messwerten (\Rightarrow Pkt. 2.2.1) ist eine radiologische Gefährdung während der Baumaßnahme nicht zu erwarten.

4 Abschließende Bemerkungen

Die Anzahl, Art und Tiefe der Aufschlüsse wurde im Rahmen einer Ortsbegehung (⇒ /2/) festgelegt und lokal während der Ausführung an die örtlichen Gegebenheiten angepasst.

Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass die Aufschlüsse nur Stichproben im Boden darstellen. Sie ermöglichen für die dazwischen liegenden Bereiche Wahrscheinlichkeitsaussagen zu den zu erwartenden Verhältnissen.

Hinsichtlich der Minimierung des Baugrundrisikos, welches sich bereits u.a. aus den vorgenannten Wahrscheinlichkeitsaussagen für den Bauherrn ergibt sollten Baugrund- und Bohrgutabnahmen durch einen Sachverständigen während der Bauphase ausgeführt werden.

Werden auf der Baustelle vom Ergebnisbericht abweichende Verhältnisse festgestellt, dann ist der Verfasser unverzüglich zu verständigen.

Sollten sich weitere Fragen ergeben, stehen wir Ihnen gerne mit Informationen zur Verfügung.
