INGENIEURBÜRO
ECKERT GmbH
Geotechnische Untersuchungen und Planungen
Vom Sächsischen Oberbergamt anerkannter Sachverständiger für Geotechnik

Geotechnische Untersuchungen
- Baugrund- und Gründungsberatung
- Hydrogeologie / Versickerungen
- Abfall- und Altlastuntersuchungen
- Altbergbauerkundung
- Standsicherheitsgutachten
- Erdstoff- und Verdichtungsprüfungen
- Radiologische Untersuchungen (ODL)

Geotechnische Planungen
- Altbergbausicherung
- Böschungs- und Hangsicherungen
- Erd- und Grundbaustatik

Ingenieurbüro ECKERT GmbH • Crusiusstraße 7 • 09120 Chemnitz

Landesamt für Straßenbau und Verkehr
Niederlassung Plauen
Frau Schumann
Weststraße 73
08523 Plauen

Chemnitz, 26. September 2018

Ergebnisbericht

Baugrund • Abfall • Radiologie

Reg.-Nr. / Proj.-Nr.	**08606 – 20** **2893 / 24190**
Bauherr	LANDESAMT FÜR STRASSENBAU UND VERKEHR | Freistaat SACHSEN Niederlassung Plauen, Weststraße 73, 08523 Plauen
Vorhaben	**B 92, Ausbau KP mit K 7853 südlich Oelsnitz/V.**

Untersuchungsstufe	:	Hauptuntersuchung
Geotechnische Kategorie	:	vor der Erkundung GK 3
		nach der Erkundung GK 3
Bearbeiter	:	Dipl.-Ing. J. Weinhold Tel.: 0371 53012–14 / E-Mail: weinhold@eckert-chemnitz.de
Inhalt	:	74 Seiten Text 7 Anlagen mit 236 Blatt

ppa. Dipl.-Ing. J. Weinhold
ö.b.u.v. Sachverständiger (IHK)
für Baugrunduntersuchungen und Gründungen

Von der Industrie- und Handelskammer öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger – Dipl.-Ing. Jens Weinhold – Sachverständiger für Baugrunduntersuchungen und Gründungen

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 2
Anlageverzeichnis 3
Verzeichnis der verwendeten Unterlagen 4
1 Aufgabenstellung 7
2 Feststellungen 11
2.1 Standort 11
2.2 Erkundungs- und Messergebnisse 11
2.2.1 Regionalgeologie und allg. Baugrundverhältnisse 11
2.2.2 Baugrundverhältnisse 12
2.2.3 Felsmechanische Verhältnisse 19
2.2.4 Verdichtungsmessungen 21
2.2.5 Hydrogeologie 21
2.2.6 Radiologie 23
2.3 Laborergebnisse 25
2.3.1 Bodenmechanik 25
2.3.2 Felsmechanik 27
2.3.3 Abfall 27
2.3.4 Wasseranalysen 47
2.4 Besonderheiten 48
2.5 Einschätzung der Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der Aufgabenstellung 50
3 Schlussfolgerungen 51
3.1 Allgemeine Einschätzung 51
3.1.1 Dammschüttung 51
3.1.2 Geländeanschnitte 55
3.1.3 Stützwand – B 92 (0+550) 56
3.1.4 Umflutbauwerk – K 7853 57
3.1.5 Verkehrsflächen 58
3.2 Bemessungskennwerte 60
3.2.1 Bodenmechanische Kennwerte 60
3.2.2 Sohlwiderstand 61
3.2.3 Bettungsmodul 61
3.2.4 Kennwerte für Felsnägel (Verpresspfähle) 62
3.3 Bodenklassen (VOB/C 2012) 62
3.4 Homogenbereiche (VOB/C 2016) 63
3.5 Wasserhaltung 66
3.6 Böschungen / Verbau 67

3.7 Wiederverwendbarkeit der Aushuberdstoffe 68
3.7.1 Abfallrechtliche Belange 68
3.7.2 Radiologie 72
3.7.3 Bodenmechanische Eignung 72
4 Abschließende Bemerkungen 74

Anlageverzeichnis

1.1	bis	1.3	Lagepläne mit Aufschlussansatzpunkten	Maßstab	1 :	1.000
1.4.1	bis	1.4.4	Höhenpläne	Maßstab	1 :	1.000 / 100
1.5.1	bis	1.5.23	Profile B 92	Maßstab	1 :	200 100
1.6.1	bis	1.6.5	Profile K 7853	Maßstab	1 :	200
1.7			Großkreisdarstellung Trennflächengefüge	Maßstab	1 :	100
2.1.1	bis	2.1.9	Schichtenprofile Aufbrüche (A), Diamantkernbohrungen (DKB), Schürfe *- Archiv / 2001 + 2006 -*	Maßstab	1 :	10
2.2.1	bis	2.2.32	Schichtenprofile Aufbrüche (A), Rammkernsondierungen (RKS) *- Archiv / 2001 + 2006 -*	Maßstab	1 :	20
2.3.1	bis	2.3.12	Schichtenprofile Rotationskernbohrungen (KB) *- Archiv / 2001 + 2006 -*	Maßstab	1 :	50
2.4.1	und	2.4.2	Rammprofile Schwere Rammsondierung (DPH) *- Archiv / 2006*	Maßstab	1 :	20
2.5.1	bis	2.5.7	Schichtenprofile Diamantkernbohrungen (DKB), Rammkernsondierungen (RKS) *- NEU / 2018 -*	Maßstab	1 :	10
2.6.1	bis	2.6.9	Schichtenprofile Rammkernsondierungen (RKS), teilweise mit Handschürfe (HS) *- NEU / 2018 -*	Maßstab	1 :	50
2.7.1	bis	2.7.12	Schichtenprofile Bankettschürfe (BS) *- NEU / 2018 -*	Maßstab	1 :	10
3.1		5 Blatt	Labor – Bestimmung der Korngrößenverteilung n. DIN 18123 (2001/2018); teilw. Bestimmung des nat. Wassergehaltes n. DIN EN ISO 17892-1			
3.2		3 Blatt	Labor – Bestimmung der Zustandsgrenzen n. DIN 18122 (2001/2018)			
3.3		2 Blatt	Labor – Bestimmung des nat. Wassergehaltes n. DIN EN ISO 17892-1 (2018) / DIN 18121 (2001)			
3.4		1 Blatt	Labor – Bestimmung des Glühverlustes n. DIN 18128 (2018)			
3.5		3 Blatt	Labor – Bestimmung der Proctordichte n. DIN 18127 (2001)			
3.6		4 Blatt	Labor – Bestimmung der Felsdruckfestigkeit gem. Empfehlung Nr.1 des Arbeitskreises AK 3.3 „Versuchstechnik Fels“ der DGGT (2018)			

3.7	7 Blatt	Labor – Bestimmung der Abrasivität des Festgesteines, Cerchar-Versuch gem. DGGT-Empfehlung Nr.23
3.8	29 Blatt	Labor – abfallchemische Untersuchungen (2001 / 2006 / 2018) - Asphalt nach RuVA-StB 01/05 - Bankett (Beton) n. LAGA TR Bauschutt, Tab. II.1.4-5 + II.1.4-6 - ungeb. Tragschichten, Bankette, Auffüllungen und natürlich gewachsene Böden n. LAGA TR Boden, Tab. II.1.2-1 - Mutterboden n. BBodSchV, Anhang 2, Pkt. 4.1 + 4.2
3.9	3 Blatt	Labor – Wasseranalyse n. DIN 4030 + DIN 50929 (Beton- und Stahlaggressivität)
4	8 Blatt	Protokolle der ODL Messung (2018)
5	2 Blatt	Protokoll zur Verdichtungsprüfung mit dynamischer Fallplatte (2006)
6.1	30 Blatt	Fotodokumentation der Aufschlüsse vor Ort (2018)
6.2	15 Blatt	Fotodokumentation der Bohrkerne (2001)
6.3	4 Blatt	Fotodokumentation der Bohrkerne (2006)
7	1 Blatt	Auskunft zu Altlastverdachtsflächen

Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

/ 1 / Ingenieurbüro ECKERT GmbH
Baugrundgutachten: *Bundesstraße 92, südlich Oelsnitz / Vogtland, Ausbau von NK 5639 032, Station 0,935 nach NK 5639 033, Station 0,500*
Chemnitz, 20. November 2001

/ 2 / Ingenieurbüro ECKERT GmbH
Baugrundgutachten: *Bundesstraße 92, südlich Oelsnitz / Vogtland, Ausbau von NK 5639 032, Station 0,935 nach NK 5639 033, Station 0,500*
Chemnitz, 27. Oktober 2006

/ 3 / Ingenieurbüro ECKERT GmbH
Stellungnahme, Chemnitz, 08. März 2007

/ 4 / Landesamt für Straßenbau und Verkehr, NL Plauen
Aufgabenstellung und Aufforderung Angebotsabgabe vom 12.02.2018

/ 5 / Landesamt für Straßenbau und Verkehr, NL Plauen • Ingenieurgemeinschaft WTU GmbH • Ingenieurbüro ECKERT GmbH
Beratung zur Abstimmung der Untersuchungsaufwandes beim AG, 13.03.2018

/ 6 / Ingenieurgemeinschaft WTU GmbH • Ingenieurbüro ECKERT GmbH
Klärungsgespräche und Schriftwechsel vom 19.03. – 06.04.2018

/ 7 / Ingenieurbüro ECKERT GmbH
Vertragsangebot Nr.: 2993 / 24190 – 2018, 17.04.2018

/ 8 / Landesamt für Straßenbau und Verkehr, NL Plauen • Ingenieurbüro ECKERT GmbH
Nachtragsvertrag zum Ingenieurvertrag Nr. 22-L608-06, 17.04.2018 bis 26.04.2018

/ 9 / Öffentlicher Versorgungsträger, 03. – 18.05.2018
Leitungsbestandspläne / Erlaubnisscheine für Erdarbeiten bzw. Aufgrabungen

/ 10 / Stadtverwaltung Oelsnitz/V.; Verkehrsbehörde
Verkehrsrechtliche Anordnung (§ 45 StVO) zur Vollsperrung infolge Hochwasserschaden 2018, vom 28.05.2018

/ 11 / Ingenieurbüro ECKERT GmbH
ODL-Messungen, Absteck- und Erkundungsarbeiten vor Ort am 25.-28.06.2018

/ 12 / Ingenieurgemeinschaft WTU GmbH, 05.04.-18.09.2018

Lagepläne (dwg-Dateien)	Maßstab	1 :	1.000
Höhenpläne (dwg-/pdf-Dateien)	Maßstab	1 :	1.000 / 50
Profilschnitte (dwg-Datei)	Maßstab	1 :	200

/ 13 / Berghof Analytik + Umweltengineering GmbH, 29.06. – 24.07.2018
- Laborergebnisse zur Untersuchung der gebundenen Deck-/Tragschichten (Asphalt) nach RuVA-StB 01/05
- Laborergebnisse zur Untersuchung des Bankettes (Beton) nach LAGA TR TR Bauschutt, Tab. II.1.4-5 + II.1.4-6
- Laborergebnisse zur Untersuchung der Bankette, Auffüllungen und der natürlich gewachsene Böden nach LAGA TR Boden, Tab. II.1.2-1
- Laborergebnisse zur Untersuchung des Mutterbodens nach BBodSchV, Anhang 2, Pkt. 4.1 und Pkt. 4.2 einschließlich Humusgehalt und pH-Wert
- Laborergebnisse zur Untersuchung des Grundwassers nach DIN 4030 und DIN 50929 (Beton- und Stahlaggressivität)

/ 14 / Sächsische Bauprüf Edelmann GmbH, 11. – 30.07.2018
- Laborergebnisse zur Bestimmung der Felsdruckfestigkeit
- Laborergebnisse zur Bestimmung des Quarzgehaltes

/ 15 / TU Bergakademie Freiberg, 24.07. – 31.08.2018
- Laborergebnisse zur Bestimmung der Abrasivität des Festgesteines

/ 16 / Ingenieurbüro ECKERT GmbH, 10. – 31.07.2018
- Laborergebnisse zur Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123
- Laborergebnisse zur Bestimmung des natürlichen Wassergehaltes nach DIN EN ISO 17892-1
- Laborergebnisse zur Bestimmung der Konsistenzgrenzen nach DIN 18122-1
- Laborergebnisse zur Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18128

/ 17 / Geologische Karte des Königreichs Sachsen

Blatt 143 / Oelsnitz-Bergen / 1913/14	Maßstab	1 :	25.000
Blatt 151 / Adorf / 1914/15	Maßstab	1 :	25.000

/ 18 / Landesvermessungsamt Sachsen – Topographische Karte

Blatt 5539 / Oelsnitz / 1996	Maßstab	1 :	25.000
Blatt 5639 / Adorf / 1996	Maßstab	1 :	25.000

/ 19 / Sächsisches Oberbergamt, interaktive Karte, Abruf 18.09.2018
- Sächsische Hohlraumkarte

/ 20 / LfULG Sachsen, interaktive Karten, Abruf 18.09.2018
- Schutzgebiete in Sachsen
- FFH und SPA-Gebiete in Sachsen
- Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete in Sachsen

/ 21 / Bundesbodenschutzgesetz; 17.03.1998 / Bundesbodenschutzverordnung; 12.07.1999

/ 22 / Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), 06.11.1997 + 06.11.2004

/ 23 / Verordnung über Deponien und Langzeitlager (DepV), 27.04.2009

/ 24 / Verordnung zur Umsetzung des Europäischen Abfallverzeichnisses (Abfallverzeichnis-Verordnung - AVV); 10.12.2002

/ 25 / Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln
Richtlinien und Merkblätter zum Straßenbau

/ 26 / Strahlenschutzverordnung - StrlSchV; 20.07.2001, zuletzt geändert 24.02.2012

/ 27 / Verordnung über die Gewährleistung von Atomsicherheit und Strahlenschutz VOAS; 11.10.1094 und Durchführungsbestimmungen

/ 28 / Anordnung zur Gewährleistung des Strahlenschutzes bei Halden und industriellen Absetzanlagen und bei der Verwendung darin abgelagerter Materialien HaldAO; 17.11.1980

/ 29 / Beckhaus, K. & Thuro, K. (2008)
Abrasivität von Lockergestein in der Großbohrtechnik - Versuchstechnik und praktische Erfahrungen
30. Baugrundtagung, 24.-27. Sept. 2008, Dortmund, 171-180

/ 30 / Landratsamt Vogtlandkreis, Amt für Umwelt
Auskunft zu Altlastverdachtsflächen, 25.09.2018

/ 31 / büroeigenes Archiv / DIN

1 Aufgabenstellung

Baumaßnahme / Aufgabenstellung

Der Freistaat Sachsen, vertreten durch das Landesamt für Straßenbau und Verkehr (LASuV), Niederlassung Plauen, plant auf einer Länge von etwa 1,15 km den weiteren Ausbau der B 92, beginnend am Ortsausgang von Oelsnitz/V. in Richtung Adorf/V., einschließlich den Neubau des Knotenpunktes mit der K 7853.

Geplant ist ein bestandsnaher Ausbau der B 92 auf der bestehenden Trasse mit Verbesserungen der Linienführung. Dazu sind Querschnittserweiterungen für einen Regelquerschnitt RQ 11 und eine Linksabbiegespur, sowie der Umbau des Knotens K 7853 vorgesehen.
Alle Böschungen sollen mit einer Neigung von 1 : 1 bzw. 1 : 1,5 ausgebildet werden, um die Eingriffe in die umgebende Landschaft so gering wie möglich zu halten. In Teilbereichen der talseitigen Böschung ist die Verwendung von „Bewehrte Erde Konstruktionen“ vorgesehen, während die Hangbereiche teilweise als steile Gesteinsböschungen auszubilden sind.
Zusätzlich ist entlang der B 92, Station 0+550 auf einer Länge von etwa 68 m der Bau einer Stützwand (Höhe bis 3,25 m) und an der K 7853 ein Umflutbauwerk geplant.

Gemäß der Aufgabenstellung und der Beratung beim AG (⇨ /4/ + /5/) sollen, unter Einbeziehung der bereits vorliegenden Unterlagen (⇨ /1/ bis /3/), weitere gezielte Untersuchungen zum Baugrund, Abfall und Radiologie erfolgen und in einem zusammenfassenden Ergebnisbericht ausgewertet werden. Durch den AG wurden dazu folgende Ziele formuliert.

(1) Erkundung zu Beschreibung eines räumlichen Bildes der Baugrundeigenschaften und Untergrundverhältnisse für die Strecke und die Stützbauwerke.
(2) Beschreibung der wesentlichen Baugrundeigenschaften und der hydrogeologischen Situation.
(3) Festlegung von Bodenkennwerten für geotechnische Berechnungen,
(4) Erkundung und Beschreibung der Baugrundverhältnisse zur Gewinnung von Boden und Fels und von Oberboden zur Wiederverwendung oder Deponierung.
(5) Erkundung und Beschreibung des vorhandenen Oberbaus zur Gewinnung der gebundenen und ungebundenen Schichten zur Widerverwendung oder Deponierung.
(6) Einordnung der maßgebenden Bodenschichten in die Bodengruppen nach DIN 18196 und Homogenbereiche nach DIN 18300:2016-09 (VOB/C 2016).
(7) Erkundung der umwelttechnischen Parameter zur Feststellung der Eignung zur Widerverwendung bzw. der für die Deponierung maßgebenden Kennwerte.
(8) Ermittlung und Bewertung der radiologischen Kennwerte.

Weitere Angaben sind den einzelnen Punkten des vorliegenden Ergebnisberichtes zu entnehmen.

Für die Erkundung und Laboruntersuchungen wurde mit dem AG insgesamt folgender Umfang vereinbart:

- Messung der Ortsdosisleistung (ODL) entlang der B 92 und der K 7853 (Bestand)
- 7 Straßenaufbrüche (A), einschl. Rammkernsondierung (RKS) im Oberbau, Tiefe ca. 1,00 m; Messung der Dosisleistung (DL)
- 12 Handschürfe in den Banketten, Tiefe ca. 0,40 m; Messung der Dosisleistung (DL)
- 4 Handschürfe Oberboden, Tiefe ca. 0,40 m; Messung der Dosisleistung (DL)
- 8 Rammkernsondierung, Tiefe 4,00 - 6,00 m
- Einmessen der Aufschlussansatzpunkte nach Lage und Höhen (GPS-Koordinaten)
- Fotodokumentation der Aufschlussansatzpunkte

- 1 Wasseranalyse nach DIN 4030 und DIN 50929 (Beton- und Stahlaggressivität)
- 4 Analysen Ausbauasphalt nach RuVA-StB 01
- 4 Analysen nach LAGA - TR Boden, Tab. II.1.2-1
- 1 Analyse nach LAGA - TR Boden, Tab. II.1.2-2 + II.1.2-3
- 1 Analyse nach LAGA - TR Bauschutt, Tab. II.1.4-5 + II.1.4-6
- 1 weiterführende Analyse nach DepV, wenn Einbauklasse nach TR LAGA > Z 2
- 4 Analysen nach BBodSchV

- 4 radiologische Analysen (Gammaspektralanalyse) bei auffälligen Messwerten

- 12 Untersuchungen zum natürlichen Wassergehalt (w_n) nach DIN EN ISO 17892-1
- 2 Untersuchungen der Konsistenzgrenzen (wz) nach DIN 18122
- 8 Untersuchungen der Korngrößenverteilung nach DIN 18123 (KV)
- 4 Untersuchungen zum Glühverlust nach DIN 18126

- 3 Untersuchungen zur einaxialen Gesteinsdruckfestigkeit
- 3 Untersuchungen zum Quarzgehalt im Festgestein

- 3 Untersuchungen zur Abrasivität von Festgestein

Durchgeführte Untersuchungen

Nach Unterzeichnung des Nachtragsvertrages zwischen Landesamt für Straßenbau und Verkehr, NL Plauen und der Ingenieurbüro ECKERT GmbH (⇨ /8/), dem Einholen der Schachtscheine, (⇨ /9/), sowie der Verkehrsrechtlichen Anordnung (⇨ /10/) wurden im Zeitraum vom 25.06. bis 28.06.2018 die Mess-, Erkundungs- und Vermessungsarbeiten vor Ort durch die Ingenieurbüro ECKERT GmbH ausgeführt.

Unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse und Erkundungsergebnisse wurden zusammenfassend folgende Arbeiten vor Ort ausgeführt:

- Messung der Ortsdosisleistung (ODL) entlang der B 92 und der K 7853 (Bestand)
- 7 Straßenaufbrüche (A), einschl. Rammkernsondierung (RKS) im Oberbau, Tiefe ca. 1,00 m; Messung der Dosisleistung (DL)
- 12 Handschürfe in den Banketten, Tiefe ca. 0,40 m; Messung der Dosisleistung (DL)
- 4 Handschürfe Oberboden, Tiefe ca. 0,40 m; Messung der Dosisleistung (DL)
- 9 Rammkernsondierung, Tiefe 3,10 – 5,50 m
- Einmessen der Aufschlussansatzpunkte (ETRS89 UTM 33/ DHHN 92)
- Fotodokumentation der Aufschlussansatzpunkte

Um mögliche Verwechslungen mit den Archivaufschlüssen aus den Jahren 2001 und 2006 zu vermeiden, erhielten die neuen Aufschlüsse eine Nummerierung ab 201.

Während mit Hilfe der Handschürfe (HS), der Bankettschürfe (BS), der Straßenaufbrüche (A), einschließlich der dazugehörigen Rammkernsondierungen (RKS) die vereinbarten Endteufen erreicht werden konnten, mussten die übrigen RKS, infolge des oberflächennah anstehenden Felshorizontes, in unterschiedlichen Endteufen abgebrochen werden. Dies wurde in den Anlagen 2.6 mit *„kein weiteres sondieren mögl!“* gekennzeichnet.

Die Handschürfe (HS) und die Bankettschürfe (BS) wurden nach der Aufnahme und Beprobung mit dem seitlich gelagerten Aushub verfüllt und die Straßenaufbrüche (A) mit Kaltbitumen verschlossen.

Alle Aufschlüsse wurden vor Ort mittels Feldansprache nach geologischen und bodenmechanischen Kriterien aufgenommen, in Schichtenverzeichnissen dokumentiert (⇨ Anlagen 2.5 bis 2.7) sowie die Ansatzpunkte mittels GPS-gestützter Messtechnik georeferenziert eingemessen.
Die genaue Lage der Aufschlussansatzpunkte sind den Lageplänen (⇨ Anlagen 1.1 bis 1.3) und die Koordinaten der einzelnen Aufschlüsse den Schichtenprofilen (⇨ Anlagen 2.5 und 2.6) zu entnehmen.

Den Aufschlüssen wurden, getrennt nach den einzelnen Schichten, zahlreiche Einzelproben des ungebundenen Straßenoberbaus, des Bankettes, der Auffüllungen, sowie der natürlich gewachsenen Böden entnommen.

Nach nochmaliger Bemusterung im büroeigenen Labor erfolgte, gemäß der erkundeten Bodenschichten, das Zusammenstellen repräsentativer Einzel- und Mischproben sowie die Durchführung nachfolgend genannter Laboruntersuchungen.

- 1 Wasseranalyse nach DIN 4030 und DIN 50929 (Beton- und Stahlaggressivität)
- 4 Analysen Ausbauasphalt nach RuVA-StB 01
- 1 Analyse Bankett (Beton) nach LAGA - TR Bauschutt, Tab. II.1.4-5 + II.1.4-6
- 6 Analysen Bankett, ungeb. Tragschichten, Auffüllungen, natürlich gewachsene Böden, nach LAGA - TR Boden, Tab. II.1.2-1
- 1 Analyse Mutterboden (Dammaufstandsfläche) nach BBodSchV

- 12 Untersuchungen zum natürlichen Wassergehalt (w_n) nach DIN EN ISO 17892-1
- 2 Untersuchungen der Konsistenzgrenzen (wz) nach DIN 18122
- 8 Untersuchungen der Korngrößenverteilung nach DIN 18123 (KV)
- 4 Untersuchungen zum Glühverlust nach DIN 18126

- 3 Untersuchungen zur einaxialen Gesteinsdruckfestigkeit
  (Eine Probe war nach dem Ausbohren zerfallen und konnte nicht in die Presse eingebaut werden)
- 4 Untersuchungen zum Quarzgehalt im Festgestein

- 4 Untersuchungen zur Abrasivität von Festgestein

Die Durchführung der Laboruntersuchungen erfolgte durch:

- Berghof Analytik und Umweltengineering GmbH	chemische Analysen
- Sächsische Bauprüf Edelmann GmbH	felsmechanische Analysen (Druckfestigkeit, Quarzgehalt)
- TU Bergakademie Freiberg	felsmechanische Analysen (Abrasivität)
- Ingenieurbüro Eckert GmbH	bodenmechanische Analysen

2 Feststellungen

2.1 Standort

Die Baumaßnahme befindet sich südlich der Ortslage Oelsnitz. Der Bauanfang liegt im Bereich des Ortsausganges, während das Bauende etwa 660 m nach dem vorhandenen und etwa 550 m nach dem geplanten Knotenpunkt mit der K 7853 liegt.
Aus morphologischer Sicht verläuft die Trasse der B 92 entlang der nordöstlichen Hangbegrenzung der „Weißen Elster“ – Talaue, während die K 7853 in die Talaue abfällt. Im Bestand der B 92 wurden lokal Hanganschnitte bzw. talseitige Dammanschüttungen vorgenommen.

Geländebeschaffenheit	:	Talrandlage der „Weißen Elster“	B 92
		Talaue der „Weißen Elster“	K 7853
Geländenutzung	:	öffentliche Verkehrsflächen / Wiese / Feld	
Geländehöhe	:	ca. 400 … 420 m DHHN92	

2.2 Erkundungs- und Messergebnisse

2.2.1 Regionalgeologie und allg. Baugrundverhältnisse

Aus regionalgeologischer Sicht liegt die Trasse im Vogtländisch-Mittelsächsischen Synklinorium, das im Westen den Bergener Granit und im Osten den Eibenstocker Granit tangiert, und damit verbunden auch beeinflusst wird.

Im tieferen Untergrund stehen Tonschiefer an, die teils quarzitisch gebändert ausgebildet sind und deren Genese auf regionalmetamorphe Prozesse zurückzuführen ist. Stratigrafisch ist deren Entstehung in das Ordovizium einzuordnen. Edukte dieser Schiefergesteine sind tonige Sedimente, die durch Wirkung der Regionalmetamorphose in das vorliegende schwach metamorphe Schiefergestein umgewandelt wurden. Mitunter liegen im Gebiet Varietäten von dachschieferähnlichem Tonschiefer vor. Die Schieferung weist nach den geologischen Dokumentationen ein weitestgehend NE – SW bis E- W – Streichen auf und fällt in nordwestlich bis nördliche Richtung ein. Der Einfallsbetrag wird mit 20°...50° ausgewiesen.

Innerhalb des Tonschiefers stehen lokal Eruptivgesteine in Form von Diabas an. Deren flächenhafte Ausdehnung ist im Untersuchungsgebiet begrenzt, so dass dieses magmatische Gestein kaum baugrundtechnische Relevanz erreicht.

Innerhalb der Festgesteine konnten lokale Störungsbereiche in Form von Gangstrukturen erkundet werden. Diese weisen vornehmlich Mineralisationen von Quarz und Eisenverbindungen (Limonit) auf, wobei teilweise Nebengesteinsbruchstücke in diese Strukturen integriert sind. Mitunter liegt ein leicht kavernöser Charakter in diesen Gangstrukturen vor. Es handelt sich hier vermutlich um größere gebirgstektonische Störungssysteme, wie sie auch in der geologischen Karte von Sachsen (⇨ /17/) für den Baubereich ausgewiesen werden.

Infolge von Verwitterungserscheinungen steht der Felshorizont oberflächennah unterschiedlich verwittert bzw. frisch an (Kuppel-Mulden-Struktur). Es wechseln dabei tief eingemuldete, ausgeprägt verwitterte Bereiche mit höher aufragenden, verwitterungsresistenteren Partien.

Mit Hilfe der Rammkernsondierungen (RKS) konnte meist der Übergang zum Felshorizont erreicht werden. Die Endteufen der RKS bestimmten sich dabei aus dem Ende der Rammfähigkeit als technologische Einsatzgrenze des Verfahrens.
Mit Hilfe der Rotationskernbohrungen (Bhrg.) aus den Unterlagen /1/ und /2/ konnte der unterschiedlich verwitterte Felshorizont erkundet werden.

Über dem allgemein lockergesteinsähnlich, vollständig verwitterten Festgestein folgt in der ungestörten Schichtfolge eine unterschiedlich mächtige Solifluktionsdecke, bestehend aus Hanglehm und Hangschutt, als gravitativ umgelagerte Verwitterungsprodukte des anstehenden Festgesteins.
In die Talaue der Weißen Elster stehen zuoberst fluviatile Sedimente, bestehend aus Auelehm, Bachschotter und teilweise Schwemmsand, an.
Im Übergangsbereich zwischen Hanglage und Talaue sind die Schichten der Solifluktionsdecke mit den fluviatilen Sedimenten meist verzahnt.

Am Bestand der B 92 bzw. der K 7853 konnten zuoberst unterschiedlich mächtige, in der Zusammensetzung schwankende anthropogene Auffüllungen, wie Dammanschüttung, Leitungsgrabenverfüllungen, Straßenoberbau, etc., aufgeschlossen werden.
Außerhalb vorhandener Verkehrsflächen werden die Bodenschichten zuoberst durch einen unterschiedlich mächtigen Mutterboden abgedeckt.

2.2.2 Baugrundverhältnisse

Oberbau B 92

0,00 m	-	0,30 … 0,50 m	Schwarzdecke
0,30 … 0,50 m	-	0,53 … 0,80 m	ungebundene Tragschicht (Schotter, Packlage) mitteldicht bis dicht gelagert nicht wasserempfindlich Bodengruppe [GW] – [GI] / [GT]
		0,53 … 0,80 m	Oberbau

0,00 m	-	0,24 … 0,40 m	Schwarzdecke
0,24 … 0,40 m	-	0,34 … 0,50 m	Pflasterdecke (Granit)
0,34 … 0,50 m	-	0,37 … 0,54 m	Pflaster-/Verlegesand [teilweise erkundet] mitteldicht gelagert nicht wasserempfindlich Bodengruppe [SW] / [SE] / [SU]
0,37 … 0,54 m	-	0,57 … 0,80 m	ungebundene Tragschicht (Schotter) mitteldicht bis dicht gelagert, nicht wasserempfindlich Bodengruppe [GW] / [GT] – [GT*]
		0,57 … 0,80 m	Oberbau

Oberbau K 7853

0,00 m	-	0,05 … 0,08 m	Schwarzdecke
0,05 … 0,08 m	-	0,31 … 0,40 m	ungebundene Tragschicht (Schotter) mitteldicht gering wasserempfindlich Bodengruppe [GW] – [GU]
		0,31 … 0,40 m	Oberbau

Oberbau (Zufahrt von B 92 / Bhrg. 91)

0,00 m	-	0,09 m	Schwarzdecke
0,09 m	-	0,40 m	ungebundene Tragschicht (Mineralgemisch, Splitt) mitteldicht gelagert gering wasserempfindlich Bodengruppe [GU]
		0,40 m	Oberbau

Auffüllung (Bankett B 92)

Beton (vereinzelt)
Mächtigkeit (erkundet): 0,12 m

sandiger bis stark sandiger, stark bis schwach schluffiger, teilweise ±steiniger, vereinzelt schwach toniger Kies bis Mittelkies
---
schluffiger, kiesiger Sand
(Mineralgemische, regionaltypischer Bodenaushub)
gering bis durchschnittlich wasserempfindlich
Lagerung: locker bis mitteldicht
Bodengruppe : [GU*] – [GU] / [GT*] / [GI] / [SU*]
Mächtigkeit (erkundet): 0,23 m bis 0,65 m

(vereinzelt mit Asphalt unterlagert)

feinkiesiger, sandiger Mittelkies
(Fräsgut)
gering wasserempfindlich
Lagerung: locker bis mitteldicht
Bodengruppe : A
Mächtigkeit (erkundet): 0,07 m

sandiger, toniger, schwach kiesiger Schluff
---
stark kiesiger, schwach schluffiger Sand
(regionaltypischer Bodenaushub)
erhöht wasserempfindlich

Konsistenz:	weich bis steif
Lagerung:	locker bis mitteldicht
Bodengruppe :	[TL] – [SU]
Mächtigkeit (erkundet):	0,33 m

Auffüllung (Unterbau B 92)

sandiger bis stark sandiger, meist schwach steiniger, teilweise schwach schluffiger bis schluffiger, teilweise schwach toniger Kies
---
mittel-/feinkiesiger Sand
---
schwach sandiges Kies-Stein-Gemisch
(Fels-/Bodenaushub)
nicht bis durchschnittlich wasserempfindlich

Lagerung:	mitteldicht
Konsistenz (bindige Anteile):	halbfest
Bodengruppe :	[GW] – [GU] / [SW] / [GU*] / [GT]
Mächtigkeit (erkundet):	0,05 m bis 0,40 m

Auffüllung (Unterbau K 7853)

sandiger bis schwach sandiger, schluffiger bis schwach schluffiger, teilweise ±steiniger Kies
(Boden-/Felsaushub)
durchschnittlich bis erhöht wasserempfindlich

Lagerung:	mitteldicht
Konsistenz (bindige Anteile):	steif bis halbfest
Bodengruppe :	[GU*]
Mächtigkeit (erkundet):	0,10 m bis 1,08 m

Mutterboden

Bodengruppe:	OH nach DIN 18196
Mächtigkeit (erkundet):	0,10 m bis 0,35 m (lokal 0,05 m bzw. 0,50 m)

Auffüllung (vermutlich Verfüllung Steinbruch / ca. 0+260)

sandiger, schwach schluffiger Kies
(regionaltypischer Bodenaushub, teilweise mit Siedlungsabfällen)
stark bis erhöht wasserempfindlich

Lagerung:	locker bis mitteldicht
Bodengruppe :	[GU] – A
Mächtigkeit (erkundet):	3,05 m

Auffüllung (Dammanschüttung B 92)

schwach schluffiges Sand-Kies-Gemisch, mit sehr schwachen organischen Beimengungen

---

schwach bis stark sandiger, schluffiger bis schwach schluffiger, teilweise schwach toniger Kies

---

sandiger Schluff
(regionaltypischer Bodenaushub)
durchschnittlich wasserempfindlich

Lagerung:	locker bis mitteldicht
Konsistenz (bindige Anteile)	weich bis steif
Bodengruppe :	[SU] – [GU] / [GU*] – [GT*] / [TL]
Mächtigkeit (erkundet):	0,40 m bis 2,65 m

Auffüllung (Umflutbauwerk K 7853)

sandiger bis stark sandiger, schluffiger Kies bis Mittelkies
(regionaltypischer Bodenaushub / Mineralgemische)
erhöht wasserempfindlich

Lagerung:	locker
Bodengruppe :	[GU*]
Mächtigkeit (erkundet):	0,45 m bis 0,50 m

stark sandiger, fein-/mittelkiesiger Schluff
(regionaltypischer Bodenaushub)
erhöht wasserempfindlich

Konsistenz (bindige Anteile)	weich bis steif
Bodengruppe :	[UL]
Mächtigkeit (erkundet):	1,40 m

Auelehm

schwach bis stark sandiger, meist schwach toniger bis toniger, teilweise schwach kiesiger Schluff, meist mit ±organischen Beimengungen
(Holzreste)
durchschnittlich bis gering wasserempfindlich

Konsistenz:	weich – breiig
	steif – halbfest
Bodengruppe:	TL / TA – OT / TM – OT / UL
Mächtigkeit (erkundet):	0,10 m bis 1,80 m

Schwemmsand/Auelehm

stark bis schwach schluffiger, ±mittel-/grobsandiger, schwach kiesiger, schwach toniger Feinsand
stark wasserempfindlich

Lagerung:	mitteldicht
Konsistenz (bindige Anteile):	weich
Bodengruppe:	SU* – UL / ST
Mächtigkeit (erkundet):	0,60 m bis 0,80 m

Bach-/Flussschotter/Schwemmsand

schwach bis stark sandiger, schwach schluffiger bis schluffiger, teilweise schwach toniger Kies bzw. Mittel- bis Feinkies
gering bis erhöht wasserempfindlich

Lagerung:	locker bis mitteldicht
	mitteldicht bis dicht
Bodengruppe:	GU – GT / GT*
Mächtigkeit (erkundet):	0,25 m bis 2,60 m

Hanglehm

stark bis schwach sandiger, ±fein-/mittel-/grobkiesiger, teilweise toniger Schluff
erhöht bis durchschnittlich wasserempfindlich

Konsistenz:	steif bis halbfest
	steif bis weich
Bodengruppe:	UM – TM / TL
Mächtigkeit (erkundet):	0,20 m bis 3,00 m

Hangschutt

stark sandiger bis sandiger, schwach schluffiger bis schluffiger, meist stark bis schwach steiniger, teilweise schwach toniger Kies bis Mittelkies
---
stark feinkiesiger bis feinkiesiger, stark bis schwach schluffiger, ±mittel-/grobkiesiger Feinsand bis Sand lokal mit schwachen organischen Beimengungen
durchschnittlich wasserempfindlich

Lagerung:	mitteldicht bis dicht
	locker bis mitteldicht
Konsistenz (bindige Anteile):	steif
Bodengruppe:	GI – GU / GU* / SU – SU* / GT – GT*
Mächtigkeit (erkundet):	0,30 m bis 2,50 m

Fels (Diabas), vollständig verwittert
(alte Bezeichnung: zersetzt)

sandiger bis stark sandiger, schwach schluffiger, meist schwach steiniger Kies bis Grobkies
---
feinkiesiger, schwach schluffiger, schwach mittelkiesiger Sand
gering bis durchschnittlich wasserempfindlich

Lagerung:	mitteldicht bis dicht
Bodengruppe:	GU / SU
Mächtigkeit (erkundet):	0,35 m bis 2,50 m

Fels (Tonschiefer), vollständig verwittert
(alte Bezeichnung: zersetzt)

stark bis schwach sandiger, meist schwach schluffiger bis schluffiger, meist schwach steiniger, teilweise schwach toniger Kies bzw. Fein- bis Mittelkies
---
±kiesiger, schluffiger bis schwach schluffiger, teilweise schwach toniger Sand bis Feinsand
gering bis erhöht wasserempfindlich

Lagerung:	mitteldicht bis dicht Textur meist erkennbar
Bodengruppe:	GU – GU* / SU – SU* / GW / GT – GT*
Mächtigkeit (erkundet):	0,10 m bis 2,00 m

Fels (Tonschiefer), stark bis mäßig verwittert / schwach verwittert / frisch
(alte Bezeichnung: entfestigt verwittert / angewittert / unverwittert)

Mit Hilfe der Rotationskernbohrungen (⇨ Anlagen 2.3) konnte der Felshorizont direkt aufgeschlossen werden. Die Bohrkerne waren überwiegend kiesig-steinig zerbohrt und die Gesteinsbrocken als mürbe zu bezeichnen. Erst mit zunehmender Teufe konnten Kernscheiben (Dicken von 2 … 8 cm) bzw. Kerne (Längen von 10 … 20 cm) ausgebracht werden.
Während der Untersuchungen im Jahre 2018 wurden zusätzlich die teilweise vor Ort sichtbaren Felsklippen ausgenommen und beprobt.

Im Rahmen von Laboruntersuchungen wurden Druckfestigkeiten zwischen 40,6 N/mm² und 109,4 N/mm² ermittelt, während der Quarzgehalt zwischen 18,4 M-% und 94,6 M lag. Die Abrasivität schwankte zwischen niedrig und hoch.

Im Ergebnis der Laboruntersuchungen, sowie nach visueller Beurteilung der Bohrkerne und unseren regionalgeologischen Erfahrungen ist für die weitere Planung mit folgenden Werten zu rechnen:

- Gesteinsdruckfestigkeit
  20 N/mm² … 80 N/mm² (stark – mäßig verwittert)
  70 N/mm² … 140 N/mm² (schwach verwittert)
  120 N/mm² … 250 N/mm² (frisch)
  200 N/mm² … 300 N/mm² (lokale Quarzknauern)
- Quarzgehalt: 35 % …. 60 % (gemittelt)
  (Quarzgänge und Quarzknauern bis 95%)

- Abrasivität: schwach abrasiv bis abrasiv
  (lokal stark abrasiv bis sehr stark abrasiv)

Gemäß DIN EN ISO 14689-1:2011-06 bzw. „Merkblatt über das Bauen mit und im Fels“ (2015) der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen ist der bis zur Endteufe aufgeschlossene Felshorizont wie folgt zu beschreiben.

- Gesteinsart: metamorph
- Druckfestigkeit: gering bis hoch (stark bis mäßig verwittert)
  sehr hoch (schwach verwittert)
  außerordentlich hoch (z.B. Quarzknauern)
- Trennflächenabstände a) Schieferungsflächen (S_s)
  < 20 mm → außerordentl. engständig
  20 – 60 mm → sehr engständig
  60 – 200 mm → engständig

  b) Klüfte (K)
  60 – 200 mm → engständig
  200 – 600 mm → mittelständig
  600 – 2000 mm → weitständig *(lokal)*
- Gesteinskörperform tafelförmig / großplattig
- Öffnungsweite der Trennflächen
  < 0,1 → sehr eng
  bis
  0,25 – 0,50 mm → teilweise offen
- Rauigkeit der Trennflächen eben, glatt bis wellig, rau
- Verwitterungsgrad stark bis schwach verwittert
  frisch (in größeren Teufen)
- Veränderlichkeit unter Wasser veränderlich bis nicht veränderlich

Fels (Diabas), stark bis mäßig verwittert
(alte Bezeichnung: entfestigt verwittert)

Mit Hilfe der Rotationskernbohrungen Bhrg. 81 und 83 bzw. dem Schurf 9 (⇨ Anlagen 2.1 + 2.3) konnte auch Diabas erkundet werden. Der Bohrkern war zuoberst kiesig-steinig zerbohrt. Mit zunehmender Teufe konnten Kernstücke und Kerne mit einer Länge von 10 … 20 cm) ausgebracht werden.

Felsmechanische Laboruntersuchungen wurden 2006 vertragsgemäß nicht ausgeführt.

Nach visueller Beurteilung der Bohrkerne und unseren regionalgeologischen Erfahrungen kann für die weitere Planung mit folgenden Werten gerechnet werden:

- Gesteinsdruckfestigkeit 35 N/mm² … 90 N/mm² (stark – mäßig verwittert)
  80 N/mm² … 160 N/mm² (schwach verwittert)
  140 N/mm² … 300 N/mm² (frisch)
- Quarzgehalt: 30 % …. 50 % (gemittelt)
- Abrasivität: abrasiv bis stark abrasiv
  (lokal sehr stark abrasiv)

Gemäß DIN EN ISO 14689-1:2011-06 bzw. „Merkblatt über das Bauen mit und im Fels“ (2015) der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen ist der bis zur Endteufe aufgeschlossene Felshorizont wie folgt zu beschreiben.

- Gesteinsart: magmatisch
- Druckfestigkeit: mäßig hoch bis hoch (stark bis mäßig verwittert)
  sehr hoch bis
  außerordentlich hoch (schwach verwittert)
- Trennflächenabstände b) Klüfte
  200 – 600 mm → mittelständig
  600 – 2000 mm → weitständig
- Gesteinskörperform prismatisch
- Öffnungsweite der Trennflächen
  0,10 – 0,25 mm → eng
  bis
  0,50 – 2,50 mm → offen
- Rauigkeit der Trennflächen eben, glatt bis wellig, rau
- Verwitterungsgrad stark bis schwach verwittert
  frisch (in größeren Teufen)
- Veränderlichkeit unter Wasser gering veränderlich bis nicht veränderlich

Weitere Einzelheiten zu Korngrößen, Schichtenaufbau, Konsistenz, Lagerungsdichte, usw. sind den Anlagen 1.4 bis 1.6, den Anlagen 2 und den Anlagen 3.1 bis 3.7 zu entnehmen.

2.2.3 Felsmechanische Verhältnisse

Die Standsicherheit freier Böschungen im Fels wird von der Lage der Trennflächenscharen zum letztendlichen Böschungsverlauf sowie von den übrigen Kriterien des Trennflächengefüges bestimmt. Brüche durch das vorhandene Gestein können, wenn keine Störungszonen die ungünstig zur Böschungsanlage vorhanden sind, ausgeschlossen werden.
Das im Gestein vorhandene Trennflächengefüge stellt damit das entscheidende Standsicherheitskriterium dar.

Aufgrund dessen wurden sowohl im Rahmen der bereits vorliegenden Unterlagen /1/ und /2/, sowie auch im Rahmen der neu durchgeführten Untersuchungen an den im Böschungsbereich vorhandenen Felsaufschlüssen entlang der B 92 zahlreiche Kluftmessungen durchgeführt und kluftstatistisch ausgewertet (⇨ Anlage 1.7). Erfasst wurde dabei ausschließlich der überwiegend anstehende Tonschiefer.

Im anstehenden Tonschiefer zeichnen sich dabei drei bis vier Hauptkluftrichtungen (K_1; K_2 und K_3; K_4) ab. Zu den Kluftrichtungen K_1 und K_2 wurden entsprechende Diagonalkluftrichtungen ermittelt. Die Hauptkluftrichtung K_3 zeigt das Texturelement im Tonschiefer auf.

Für die Kluftrichtung **K_1** konnten hierbei durchschnittliche Streichwerte von 170° mit einem Einfallen von 80...87° nach Westsüdwest ermittelt werden. Diese Klüfte sind dabei stark durchtrennend und nur gering absetzig. Ihr Habitus ist überwiegend glatt bis mäßig rauh ausgebildet.

Die Kluftrichtung **K_2** wies in den durchgeführten Messungen durchschnittliche Streichwerte von 40° und Einfallen von 50° nach Nordwest aus. Der Habitus der Kluftflächen kann vorwiegend mit glatt bis mäßig rauh, durchtrennend und nur gering absetzig beschrieben werden.

Als dritte Hauptkluftrichtung **K_3** kann hier das im Tonschiefer vorliegende Texturelement angegeben werden. Dieses wurde mit einer durchschnittlichen Streichrichtung von 85° und Einfallen von 40° in Richtung Nord nachgewiesen. Diese Trennflächen besitzen wiederum stark durchtrennenden Charakter und sind, flachwellig, glatt bzw. weisen eine mäßige Rauhigkeit auf.

Die Kluftrichtung **K_4** besitzt nahezu Ost-West-Streichen und fällt mit 60° nach Süden ein.

Darüber hinaus konnten weitere Kluftmaxima mit weitestgehend diagonal streichendem Verlauf zu den Hauptkluftrichtungen ermittelt werden.

Das Kluftmaxima **D_1** streicht dabei mit 140° und fällt mit durchschnittlich 70° nach Nordost und nach Südwest ein. Die D_1 - Trennflächen sind großflächig gering durchtrennt und überwiegend mäßig rauh ausgebildet sowie absetzig.

Das Kluftmaxima **D_2** besitzt im Aufschlussbereich eine generalisierte Streichrichtung von 22° und fällt mit durchschnittlich 80° nach Nordwest ein.

Die generalisierte Trennflächenkonstellation kann wie folgt zusammengefasst werden:

Kluftrichtung	Streichrichtung	Einfallswinkel	Einfallsrichtung
K_1	170°	80°...87°	WSW
K_2	40°	50°	NW
K_3	85°	40°	N
K_4	88°	60°	S
D_1	140°	70°	NE u. SW
D_2	22°	80°	NW

Wenn auf untergeordnete Trennflächen, die nur geringe Durchtrennung aufweisen und nur lokal eng begrenzt anzutreffen sind, abgesehen wird, liegen somit großräumig betrachtet, günstige strukturgeologische Verhältnisse vor, was sich günstig auf die Bemessung der Hangstützung auswirken wird.

2.2.4 Verdichtungsmessungen

Die Ergebnisse der dynamischen Plattendruckversuche aus der Unterlage /2/ werden nachfolgend ausgewertet und zusammengefasst.

Dynamischer Plattendruckversuch nach TP BF – StB, Teil B 8.3			
Aufschluss	**Bodenart / Bodengruppe**	**E_{vd} [MPa]**	**E_{v2} [MPa] [1)]**
B 92			
Aufbruch/RKS 75	ungeb. Tragschicht, mitteldicht [GW]	100,0	> 120
	Planum / Auffüllung, mitteldicht [GW]	86,5	> 120
Aufbruch 79	ungeb. Tragschicht, mitteldicht-dicht [GW]	118,4	> 120
	Planum / Auffüllung, mitteldicht [GW]	77,6	> 120
Aufbruch/RKS 87	ungeb. Tragschicht, mitteldicht [GW]	84,9	> 120
	Planum / Auffüllung, mitteldicht [GI]	85,6	> 120
Aufbruch 90	ungeb. Tragschicht, mitteldicht [GW]	119,0	> 120
	Planum / Auffüllung, mitteldicht [GU]	80,1	> 120
Aufbruch/RKS 93 (außerhalb des BA)	Planum / Auffüllung, mitteldicht [GW]	96,6	> 120
Aufbruch/RKS 96 (außerhalb des BA)	Planum / Auffüllung, mitteldicht [GW]	89,3	> 120
Aufbruch 99 (außerhalb des BA)	Planum / Auffüllung, mitteldicht [GW]	90,4	> 120
Aufbruch 101 (außerhalb des BA)	Planum / Auffüllung, dicht [GI]	103,7	> 120
K 7853			
Aufbruch 86	Planum / Auffüllung, mitteldicht/halbf [GU*]	75,5	110

1) Die Umrechnung erfolgte in Abhängigkeit der angetroffenen Böden und anhand von Erfahrungswerten zur Korrelation zwischen dynamischem und statischem Verformungsmodul.

2.2.5 Hydrogeologie

Offene Gewässer: Die Trasse der B 92 verläuft an einem Hanganschnitt parallel zur Elstertalaue, während die K 7853 von der B 92 abzweigend die Talaue quert.

Ein hydrogeologisches Gutachten, einschließlich Angaben zu Wasserspiegelschwankungen innerhalb der Elstertalaue liegt nicht vor.
Im Frühsommer des 2018 wurde nach extremen Starkniederschlägen die gesamte Elstertalaue, einschließlich Teile der K 7853 überschwemmt.

Mit Hilfe der Aufschlüsse wurde insbesondere innerhalb der Elstertalaue ein Wasserhorizont angeschnitten (⇨ Anlagen 1.4 bis 1.6 und Anlagen 2).

Aufgrund der geomorphologischen Verhältnisse hat sich in der Talaue der „Weißen Elster“ ein GW-Horizont ausgebildet.
Als GW-Leiter fungieren im Wesentlichen der Bach-/Flussschotter und die Schwemmsande, während der flächendeckend überlagernde Auelehm einen schwebenden GW-Stauer darstellt. Damit verbunden steht der GW-Horizont innerhalb der Talaue teilweise in gespannter Form an.
Der unterlagernde Felshorizont stellt den liegenden GW-Stauer dar. Dieser besitzt lediglich über offene Klüfte und Spalten eine meist lokal begrenzte und damit untergeordnete Wasserwegsamkeit.

Das Grundwasserniveau unterliegt entsprechend den jahreszeitlichen Bedingungen (z.B. Schneeschmelze, Starkniederschläge, Trockenperioden, etc.) bzw. den anfallenden Niederschlagsmengen entsprechenden Schwankungen.
Zusätzlich wird der GW-Horizont von meist temporären und lokal begrenzt auftretenden Sickerwässern aus dem Bereich der angrenzenden Hanglagen beeinflusst.

In den Hanglagen ist mit meist temporär und lokal begrenzt auftretenden Sickerwässern zu rechnen, welche ebenfalls von den jeweiligen jahreszeitlichen Bedingungen (z.B. im Frühjahr zur Schneeschmelze) und den anfallenden Niederschlagsmengen abhängig sind.

Über offene Klüfte oder Spalten (z.B. tektonische Störungszonen, Gangstrukturen, etc.) können darüber hinaus die in den Boden eingedrungenen Wässer bis in den Festgesteinsbereich gelangen. Die sich in diesen offenen Wasserwegsamkeiten im Festgesteinsbereich sammelnden Wässer erlangen dann den Charakter von grundwasserähnlichem Kluft- bzw. Bergwasser.
Bei entsprechendem hydrostatischem Gefälle können bei Felsanschnitt diese Wässer wiederum aus den vorhandenen offenen Klüften oder Spalten austreten. Das Reservoir existierender Kluft- bzw. Bergwasser kann dabei relativ groß sein, so dass selbst bei lang anhaltender Trockenheit noch mit austretendem Wasser in den Felsanschnittsbereichen zu rechnen ist. Dies ist für die Wasserhaltung im Endzustand zu beachten.

Anhand der Kornverteilungsanalysen (⇨ Pkt. 2.3.1) und unseren regionalen Erfahrungen besitzen die für eine mögliche Wasserführung maßgebenden Bodenschichten folgende Durchlässigkeitsbeiwerte:

Hanglehm	$k_f = 5 \bullet 10^{-7} \ldots 1 \bullet 10^{-9}$ m/s
Hangschutt	$k_f = 9 \bullet 10^{-4} \ldots 1 \bullet 10^{-8}$ m/s
Auelehm	$k_f = 1 \bullet 10^{-8} \ldots 1 \bullet 10^{-10}$ m/s
Schwemmsand	$k_f = 1 \bullet 10^{-5} \ldots 1 \bullet 10^{-7}$ m/s
Bach-/Flussschotter	$k_f = 5 \bullet 10^{-3} \ldots 5 \bullet 10^{-6}$ m/s

Abschließend ist noch darauf hinzuweisen, dass die Erkundungsergebnisse temporäre Zustände zum Zeitpunkt der jeweiligen Erkundung (Terminwasserstände) beschreiben und folglich nicht im Sinne eines Bemessungswasserstandes angesetzt werden können.

2.2.6 Radiologie

Entlang der B 92 wurden in den Jahren 2006 (⇨ /2/) und im Rahmen der neuesten Untersuchungen im Jahre 2018 jeweils am rechten und linken Straßenrand im Abstand von fünf Metern Messungen der Ortsdosisleistung (ODL) durchgeführt. Gleichzeitig erfolgten im Jahre 2018 auch Messungen entlang der vorhandenen K 7853.

Die Ergebnisse der letzten Messungen aus dem Jahre 2018 sind in Protokollen zusammengefasst und graphisch dargestellt (⇨ Anlagen 4), während die Messergebnisse aus dem Jahre 2006 der Unterlage /2/ zu entnehmen sind.

Die Ergebnisse der ODL können folgendermaßen interpretiert werden:

≤ 170 nSv/h	Hintergrundwerte	⇒ keine Gefährdung
≤ 300 nSv/h	leicht erhöhte Konzentration	⇒ Verwertung noch möglich
> 300 nSv/h	erhöhte Strahlenbelastung	⇒ Material auf gesicherte Deponie

Die ODL-Messwerte von 2018 und von 2006 wiesen bis auf sehr wenige Ausnahmen (180 … 210 nSv/h) nur Konzentration auf, die im Bereich der Hintergrundwerte liegen.

Da insbesondere entlang der B 92 eine mächtige Asphaltschicht die darunter anstehenden Böden überdecken, ist es nicht ausgeschlossen, dass erhöhte radioaktive Strahlungen abgeschirmt und damit mit Hilfe einer ODL nicht komplett erfasst werden können.

Um dies auszuschließen oder zu bestätigen, wurden in den lokal ausgeführten Nachuntersuchungen 2018 auch direkt auf der Geländeoberfläche sowie teilweise innerhalb der Aufschlüsse zusätzlich Messungen zur Dosisleistung (DL) ausgeführt (⇨ Anlagen 2.5 bis 2.7).
Der vom Messgerät erfasste Halbraum direkt auf der Geländeoberfläche bzw. innerhalb der Aufschlüsse ist gegenüber der Definition Ortsdosisleistung (ODL) verkleinert, so dass im Regelfall von der ODL abweichende, zumeist höhere Werte gemessen werden.

Schwellenwerte analog zur ODL sind für eine DL nicht definiert, jedoch können aus regionalen Erfahrungen und den Empfehlungen des LfULG folgende Orientierungswerte angesetzt werden:

≤ 300 nSv/h	Hintergrundwerte	⇒ keine Gefährdung
≤ 450 nSv/h	leicht erhöhte Konzentration	⇒ Verwertung noch möglich
> 450 nSv/h	erhöhte Strahlenbelastung	⇒ Material auf gesicherte Deponie

An bzw. in den Aufschlüssen wurden 2018 folgende Werte ermittelt:

Aufschluss	ODL [nSv/h]	DL [nSv/h]			
	Messwert [nSv/h]	Tiefe [m u. OKG]	Messwert [nSv/h]	Tiefe [m u. OKG]	Messwert [nSv/h]
B 92					
DKB/RKS 201	120	0,00	120	0,60	130
RKS 202	140	0,00	130	---	---
RKS 203	100	0,00	90	---	---
DKB/RKS 205	130	0,00	100	0,60	110
BS 204	100	---	---	0,40	120
BS 206	120	---	---	0,40	130
DKB/RKS 208	110	0,00	90	0,60	110
BS 207	190	---	---	0,40	150
BS 209	160	---	---	0,40	60
DKB/RKS 211	100	0,00	140	0,60	210
BS 210	120	---	---	0,40	160
BS 212	180	---	---	0,35	130
DKB/RKS 214	140	0,00	70	0,60	230
BS 213	120	---	---	0,40	140
BS 215	100	---	---	0,40	50
DKB/RKS 217	100	0,00	100	0,50	140
BS 216	110	---	---	0,40	140
BS 218	90	---	---	0,30	120
DKB/RKS 220	70	0,00	90	0,65	120
BS 219	110	---	---	0,40	140
BS 221	110	---	---	0,40	90
K 7853 (Dammbasis)					
RKS 226 / HS	120	---	---	0,35	120
RKS 227 / HS	120	---	---	0,35	120
RKS 228 / HS	120	---	---	0,35	110
RKS 229 / HS	120	---	---	0,35	120
K 7853 (Umflutbauwerk)					
RKS 230	100	0,00	110	---	---
RKS 231	90	0,00	120	---	---

Die vorgenannten ODL-Messwerte lagen bis auf zwei sehr geringe Überschreitungen im Bankett vorwiegend im Bereich der Hintergrundwerte, währen die DL-Messwerte keine Überschreitung der Hintergrundwerte aufwiesen.
Zusammenfassen ist keine radiologische Belastung des Straßenoberbaus, sowie der anstehenden Auffüllungen und Böden zu erwarten, so dass auf weiterführende Laboranalysen verzichtet werden konnte.

2.3 Laborergebnisse

Nach Auswertung der Erkundungsarbeiten wurden im Rahmen der Nachuntersuchungen 2018 durch den Unterzeichner maßgebende Einzel- und Mischproben zusammengestellt und anschließend bodenmechanische, chemische, sowie radiologische Laboruntersuchungen durchgeführt. Gleichzeitig erfolgte eine Neubewertung der Analyseergebnisse aus /1/ und /2/ und deren Vergleich mit den aktuellen Laborergebnissen.

Die Probenbezeichnung kann den Anlagen 2 und die Laborergebnisse den Anlagen 3 entnommen werden. Die erste Ziffer beschreibt dabei die Aufschlussnummer, während die zweite eine fortlaufende Nummerierung der Proben je Aufschluss darstellt.

2.3.1 Bodenmechanik

Kornverteilung nach DIN 18123

Proben	Ton [%]	Schluff [%]	Sand [%]	Kies [%]	Steine [%]	W_n [%]	k_f [1)] [m/s]	Bodengruppe DIN 18123
Nachuntersuchungen 2018								
KV 1 (619) – Auffüllung 202/1 + 202/2	4	9	26	61	--	7,2	$8 \bullet 10^{-6}$	GU
KV 2 (620) – Auffüllung 230/2	6	19	33	42	--	16,1	$6 \bullet 10^{-7}$	GU*
KV 3 (621) – Hangschutt 203/3	13	26	28	33	--	18,5	$2 \bullet 10^{-8}$	SU*
KV 4 (622) – Hangschutt 202/4	9	17	28	46	--	9,6	$3 \bullet 10^{-7}$	GU*
KV 5 (623) – Bachschotter 226/3	2	8	26	64	--	11,7	$4 \bullet 10^{-3}$	GU
KV 6 (624) – Bachschotter 227/3	3	9	32	56	--	12,4	$1 \bullet 10^{-5}$	GU
KV 7 (625) – Bachschotter 230/4	3	11	33	53	--	11,5	$8 \bullet 10^{-6}$	GU
KV 8 (552) – Bachschotter 231/3	2	11	32	55	--	12,8	$9 \bullet 10^{-6}$	GU
Archivunterlagen (⇨ /2/)								
KV 1 –Hangschutt P8/1	17		25	50	8	--	$1 \bullet 10^{-5}$	GU*
KV 2 –Hangschutt P11/1	9		16	61	14	---	$8 \bullet 10^{-4}$	GU
KV 1 –Hangschutt/Zersatz P16/1	8		18	67	7	---	$3 \bullet 10^{-4}$	GU
KV 1 – Hangschutt/Zersatz 23/1	2	10	22	60	5	---	$9 \bullet 10^{-6}$	GU

1) - k_f – Wert gemittelt nach Hazen, Beyer, Kaubisch, Seiler, USBR, Seelheim, etc.

Zustandsgrenzen nach DIN 18121 (Ausroll- und Fließgrenze)

Proben		nat. Wasser-gehalt	Plastizitätsbereich			Boden-gruppe nach Casagrande
Nr.	Bezeichnung		Ausroll-grenze	Fließ-grenze	Bemerkung	
Nachuntersuchungen 2018						
w_z 1 (627)	Hanglehm 230/2	26,0 %	26,0 %	42,9 %	durchschnittliche Wasser-empfindlichkeit	TM – OT
w_z 2 (628)	Auelehm 226/2 + 227/2 + 229/1	52,8 %	37,9 %	63,0 %	durchschnittliche bis geringe Wasser-empfindlichkeit	OT
Archivunterlagen (⇨ /2/)						
w_z 2	Auelehm 67/1	52,0 %	36,3 %	72,2 %	geringe Wasser-empfindlichkeit	OT

natürlicher Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Der natürliche Wassergehalt wurde labortechnisch an insgesamt 16 Einzelproben mit folgenden, zusammengefassten Ergebnissen bestimmt.

- Auffüllung 7,2 % - 16,1 % ∅ 12 %
- Hangschutt 9,6 % - 18,5 % ∅ 14 %
- Bachschotter 11,5 % - 12,8 % ∅ 12 %
- Auelehm 22,0 % - 92,5 % ∅ 47 %

Glühverlust nach DIN 18128

Anhand des hohen Wassergehalte und der organoleptischen Bodenansprache vor Ort wurde exemplarisch an einer geruchsauffälligen und einer unauffälligen Probe jeweils der organische Anteil mit Hilfe eines Glühverlustes bestimmt.

- Auelehm 2,57 % - 12,23 % ∅ 7,4 %

Proctordichte nach DIN 18127

Im Rahmen der Untersuchungen 2006 (⇨ /2/) wurden den Rotationskernbohrungen maßgebende Proben entnommen und die Proctordichte bestimmt und in Abhängigkeit verschiedener Verdichtungsanforderungen ausgewertet.

In der nachfolgenden Tabelle bzw. der Anlage 2.5 sind die einzelnen Ergebnisse zusammengestellt.

Probe	D_{pr} [%]	min. Wassergehalt [%]	max. Wassergehalt [%]
Proc 1	100	8,7	
Hangschutt, Zersatz	99	7,0	9,8
P4/1	98	6,4	10,4
	97	ca. 6,0	10,8
	96	ca. 5,5	ca. 11,4
Proc 2	100	8,8	
Hanglehm, Hangschutt, Zersatz	99	6,3	9,1
P14/1	98	5,7	9,7
	97	ca. 5,5	ca. 10,1
	96	ca. 5,0	ca. 10,5
Proc 3	100	9,2	
Hanglehm, Zersatz	99	5,2	ca. 10,0
P21/1	98	ca. 4,8	ca. 10,5
	97	---	---
	96	---	---

2.3.2 Felsmechanik

Zur genaueren Beschreibung des Festgesteines wurden die Druckfestigkeit, der Quarzgehalt und die Abrasivität labortechnisch untersucht.

Die Ergebnisse können den Anlage 3.6 und 3.7 entnommen werden und sind in der Beschreibung des Festgesteines (⇨ Pkt. 2.2.2) zusammengefasst.

2.3.3 Abfall

Vertragsgemäß erfolgte in Ergänzung zu den Ergebnissen aus den Unterlagen /1/ und /2/ eine zusätzliche überschlägige Untersuchung, um für die weitere Planung eine grobe Einstufung bzw. Abschätzung des möglichen Schadstoffgehaltes vornehmen zu können.
Eine detaillierte Untersuchung ist auf Grund der erst mittelfristig geplanten Baumaßnehme nicht zweckmäßig, da nach derzeitigem Kenntnisstand bereits 1 bis 1 ½ Jahre alte Analyseergebnisse von den Verwertern nicht mehr anerkannt werden.

Resultierend daraus ist eine baubegleitende Analytik, einschließlich der dafür erforderlichen Lagerflächen, notwendig.

Asphalt

Zur Bestimmung von möglichen teerhaltigen Inhaltsstoffen innerhalb der vorhandenen Schwarzdecke wurden 3 repräsentative Mischproben hergestellt und anschließend labortechnisch untersucht.

Die nachfolgende Tabelle vergleicht die Befunde lt. Prüfbericht des analytischen Labors mit den Grenzwerten der Zuordnung in Verwertungsklassen nach RuVA-StB 01 (2005).

Parameter	Dim.	Grenzwerte nach RuVA-StB 01/05		
		A	B	C
∑ EPA PAK	mg/kg	≤ 25	> 25	- -
Phenolindex	mg/l	≤ 0,1	≤ 0,1	> 0,1

Proben		Labor-Nr.:	Analytik		Zuordnung zu Verwertungsklassen nach RuVA 01/05
Nr.:	Bezeichnung		PAK [mg/kg]	Phenol-index [mg/l]	
B 92 / Nachuntersuchungen 2018					
SD 1	201/1 + 201/2 + 201/3 + 201/4 + 205/1 + 205/2 + 205/3 + 205/4	97518/520/01	843	0,14	**C**
SD 2	208/1 + 208/2 + 208/3 + 208/4 + 211/1 + 211/2 + 211/3 + 211/4	97518/520/02	33,0	< 0,01	**B**
SD 3	214/1 + 214/2 + 214/3 + 217/1 + 217/2 + 217/3 + 217/4 + 220/1+ 220/2 + 220/3 + 220/4	97518/520/03	75,4	0,02	**B**
SD 4	208/5 (auffälliger Geruch)	97518/520/04	8.360	1,92	**C**
B 92 / Archivunterlagen (⇨ /1/ - 2001)					
MP 1	DKB 1/1 + 12/1 + 19/1 + 29/1 + 38/1 + 52/1 + 60/1 + 64/	01/1299/1	34,8	< 0,05	**B**
MP 2	DKB 1/2 + 12/2 + 19/2 + 29/2 + 38/2 + 52/2 + 60/2 + 64/2	01/1299/2	1,27	< 0,05	**A**
MP 3	DKB 1/3 + 12/3 + 19/3 + 29/3 + 38/3 + 52/3 + +60/3 + 64/3	01/1299/3	0,73	0,06	**A**
B 92 / Archivunterlagen (⇨ /2/ - 2006)					
MP 14	75/1 + 77/1 + 77/2 + 79/1	16437/000/14	0,65	< 0,01	**A**
MP 15	75/2 + 77/3 + 79/2 + 79/3	16437/000/15	0,77	< 0,01	**A**
MP 16	73/3 + 77/4 + 79/4 + 79/5	16437/000/16	563	0,13	**C**

Proben		Labor-Nr.:	Analytik		Zuordnung zu Verwertungsklassen nach RuVA 01/05
Nr.:	Bezeichnung		PAK [mg/kg]	Phenol-index [mg/l]	
B 92 / Archivunterlagen (⇨ /2/ - 2006)					
MP 17	81/1 + 82/1 + 87/1 + 88/1 + +89/1 + 90/1 + +91/1	16437/000/17	0,50	< 0,01	**A**
MP 18	81/2 + 82/2 + 87/2 + 87/3 + 88/2 + 89/2 + 90/2	16437/000/18	0,59	0,01	**A**
MP 19	81/3 + 82/3 + 87/4 + 88/4 + 89/3 + 90/3	16437/000/19	754	0,25	**C**
MP 21	93/1 + 94/1 + 96/1 + 98/1 + +99/1 + +101/1 + +104/1	16437/000/21	0,53	< 0,01	**A**
K 7853 / Archivunterlagen (⇨ /2/ - 2006)					
MP 20	83/1 + 84/1 + 84/2 + 85/2 + 85/3 + +86/1 + +86/2	16437/000/20	15,1	0,01	**A**
n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar					

Beton (Bankett)

Im Bankett konnte mit Hilfe des Bankettschurfes BS 207 eine Betonschicht erkundet. Für den erforderlichen Abbruch und die anschließende Entsorgung wurde eine Probe entnommen und eine Analytik nach LAGA TR Bauschutt, 11/1997, Parameterumfang Tabelle II.1.4-5 + 1.4-6 ausgeführt.
Um die atmosphärischen Verhältnisse der Baustellenbedingungen im Labor simulieren zu können, wurden zur Bestimmung der Leitfähigkeit und des pH-Wertes die aufbereiteten, d.h. frisch gebrochenen Betonproben, künstlich mit Kohlendioxid versetzt.

Die nachfolgende Tabelle vergleicht die Befunde lt. Prüfbericht des analytischen Labors mit den Grenzwerten der Zuordnung in Einbauklassen [Z] nach LAGA TR Bauschutt, Tabellen II.1.2-2 und II.1.2-3 bzw. nach RC-Baustoffe Sachsen 11/2006 Stand 12/2010.

Bscht 1	**Bankett (Beton)**	**Labor-Nr.: 97518/520/05**
Einzelproben: 207/2		
Laborbefund nach **TR LAGA Bauschutt, Tab. II.1.4-5 + II.1.4-6**	**Grenzwerte [Z] nach Tabellen II.1.4-5 + II.1.4-6** **[W] nach SMUL**	

Feststoffprüfungen (TS)

Parameter	Dim.	Analytik	Z 0	Z 1.1	W 1.1	Z 1.2	W 1.2	Z 2	W 2
Kohlenwasserstoffe	mg/kg	**< 50**	100	300	300	500		1.000	
EOX	mg/kg	**< 1**	1	3	3	5		10	
Arsen	mg/kg	**2,5**	20	30	---	50	---	150	---
Blei	mg/kg	**7,6**	100	200	---	300	---	1.000	---
Cadmium	mg/kg	**< 0,2**	0,6	1	---	3	---	10	---
$Chrom_{gesamt}$	mg/kg	**7,2**	50	100	---	200	---	600	---
Kupfer	mg/kg	**25,0**	40	100	---	200	---	600	---
Nickel	mg/kg	**11,7**	40	100	---	200	---	600	---
Quecksilber	mg/kg	**< 0,05**	0,3	1	---	3	---	10	---
Zink	mg/kg	**51,3**	120	300	---	500	---	1.500	---
∑ EPA PAK	mg/kg	**4,06**	1	5 (20)	5 (10)	15 (50)		75 (100)	75
PCB	mg/kg	**n.b.**	0,02	0,1	0,1	0,5		1	

Eluatprüfungen (EL)

Parameter	Dim.	Analytik	Z 0	Z 1.1	W 1.1	Z 1.2	W 1.2	Z 2	W 2
pH-Wert *(o.CO_2 - Begasung)*	-	**9,31** *(11,2)*	7,0-12,5			7,0-12,5			
el. Leitfähigkeit *(o.CO_2 - Begasung)*	µS/cm	**270** *(427)*	500	1.500	1.500	2.500		3.000	
Chlorid	mg/l	**28,2**	10	20	100	40	200	150	300
Sulfat	mg/l	**39,4**	50	150	240	300	300	600	600
Phenolindex	µg/l	**< 10**	< 10	10	20	50	50	100	
Arsen	µg/l	**2,2**	10	10	10	40	40	50	
Blei	µg/l	**< 2**	20	40	25	100	100	100	
Cadmium	µg/l	**< 1**	2	2	5	5	5	5	
$Chrom_{gesamt}$	µg/l	**6**	15	30	50	75	75	100	
Kupfer	µg/l	**22**	50	50	50	150	150	200	
Nickel	µg/l	**< 2**	40	50	50	100	100	100	
Quecksilber	µg/l	**< 0,2**	0,2	0,2	1	1	1	2	
Zink	µg/l	**< 10**	100	100	500	300	500	400	500

Gesamtbewertung / Einbauklasse	**Z 1.2 nach LAGA – Bauschutt** **W 1.1 nach SMUL**

Kommentar: maßgebende Parameter: Chlorid in EL

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

Bankette, Auffüllungen, natürlich gewachsene Böden

Bei dem zu erwartenden Bodenaushub (Bankette, Auffüllungen und natürlich gewachsene Böden) wurde von einer Verwertung im Rahmen bodenähnlicher Anwendungen ausgegangen und als Prüfprogramm die LAGA TR Boden 11/2004, Parameterumfang Tabelle II.1.2-1 (Mindestuntersuchungsprogramm auf unspezifischen Verdacht) gewählt.

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 und II.1.2-3 (Boden, Feststoff + Eluat) bzw. der DepV.

Bod 1	**Bankett links**	**Labor-Nr.: 97518/520/06**

Einzelproben: 204/2 + 210/2 + 210/3 + 210/4 + 213/2 + 213/3 + 216/1 + 216/2 + 216/3 + 219/1 + 219/2

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-%	**0,95**	0,5 (1,0) [2]	1,5		5
KW-Index, $C_{10} – C_{40}$	mg/kg	**98**	---	600		2.000
KW-Index, $C_{10} – C_{22}$	mg/kg	**< 50**	100	300		1.000
EOX	mg/kg	**< 1**	1	3 [3]		10
Arsen	mg/kg	**15,8**	10	45		150
Blei	mg/kg	**18,8**	40	210		700
Cadmium	mg/kg	**0,66**	0,4	3		10
$Chrom_{gesamt}$	mg/kg	**79,0**	30	180		600
Kupfer	mg/kg	**76,4**	20	120		400
Nickel	mg/kg	**101**	15	150		500
Quecksilber	mg/kg	**< 0,05**	0,1	1,5		5
Zink	mg/kg	**159**	60	450		1.500
∑ EPA PAK	mg/kg	**6,14**	3	3 [Z 1.1]	9 [Z 1.2] [4]	30
Benzo[a]pyren	mg/kg	**0,18**	0,3	0,9		3

Eluatprüfungen (EL)

Parameter	**Dim.**	**Analytik**	**Z 0**	**Z 1.1**	**Z 1.2**	**Z 2**
pH-Wert	--	**10,3**	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	**322**	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	**18,1**	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	**< 10**	20	20	50	200
Arsen	µg/l	**49,9**	14	14	20	60 [5]
Blei	µg/l	**< 2**	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	**< 1**	1,5	1,5	3	6
$Chrom_{gesamt}$	µg/l	**< 2**	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	**6**	20	20	60	100
Nickel	µg/l	**< 2**	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 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

Bod 2	**Bankett rechts**	**Labor-Nr.: 97518/520/07**

Einzelproben: 206/2 + 209/2 + 212/2 + 215/2 + 215/3 + 218/2 + 221/2 + 221/3

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-%	**1,1**	0,5 (1,0) [2]	1,5		5
KW-Index, C_{10} – C_{40}	mg/kg	**130**	---	600		2.000
KW-Index, C_{10} – C_{22}	mg/kg	**< 50**	100	300		1.000
EOX	mg/kg	**< 1**	1	3 [3]		10
Arsen	mg/kg	**8,7**	10	45		150
Blei	mg/kg	**20,2**	40	210		700
Cadmium	mg/kg	**0,28**	0,4	3		10
$Chrom_{gesamt}$	mg/kg	**96,1**	30	180		600
Kupfer	mg/kg	**94,1**	20	120		400
Nickel	mg/kg	**99,0**	15	150		500
Quecksilber	mg/kg	**< 0,05**	0,1	1,5		5
Zink	mg/kg	**132**	60	450		1.500
∑ EPA PAK	mg/kg	**0,90**	3	3 [Z 1.1]	9 [Z 1.2] [4]	30
Benzo[a]pyren	mg/kg	**0,05**	0,3	0,9		3

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	**262**	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	**5,67**	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	**< 10**	20	20	50	200
Arsen	µg/l	**24,0**	14	14	20	60 [5]
Blei	µg/l	**< 2**	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	**< 1**	1,5	1,5	3	6
$Chrom_{gesamt}$	µg/l	**< 2**	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	**7**	20	20	60	100
Nickel	µg/l	**< 2**	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 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

Bod 3	**Bankett (mit Asphaltresten / Fräsgut)**	**Labor-Nr.: 97518/520/08**

Einzelproben: 207/3 + 209/3 + 212/3 + 218/3

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-%	**2,8**	0,5 (1,0) [2]	1,5		5
KW-Index, C_{10} – C_{40}	mg/kg	**235**	---	600		2.000
KW-Index, C_{10} – C_{22}	mg/kg	**< 50**	100	300		1.000
EOX	mg/kg	**< 1**	1	3 [3]		10
Arsen	mg/kg	**8,2**	10	45		150
Blei	mg/kg	**12,1**	40	210		700
Cadmium	mg/kg	**0,25**	0,4	3		10
$Chrom_{gesamt}$	mg/kg	**76,5**	30	180		600
Kupfer	mg/kg	**68,4**	20	120		400
Nickel	mg/kg	**110**	15	150		500
Quecksilber	mg/kg	**< 0,05**	0,1	1,5		5
Zink	mg/kg	**124**	60	450		1.500
∑ EPA PAK	mg/kg	**0,67**	3	3 [Z 1.1]	9 [Z 1.2] [4]	30
Benzo[a]pyren	mg/kg	**< 0,05**	0,3	0,9		3

Eluatprüfungen (EL)

Parameter	**Dim.**	**Analytik**	**Z 0**	**Z 1.1**	**Z 1.2**	**Z 2**
pH-Wert	--	**9,24**	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	**265**	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	**6,46**	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	**< 10**	20	20	50	200
Arsen	µg/l	**22,8**	14	14	20	60 [5]
Blei	µg/l	**< 2**	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	**< 1**	1,5	1,5	3	6
$Chrom_{gesamt}$	µg/l	**< 2**	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	**13**	20	20	60	100
Nickel	µg/l	**< 2**	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 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

Bod 4	**Auffüllungen (ungeb. Tragschicht)**					**Labor-Nr.: 97518/520/09**
Einzelproben: 201/6 + 205/5 + 208/6 + 214/5 + 214/6 + 217/6 + 217/7 + 220/6						
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-%	**0,62**	0,5 (1,0) [2]	1,5		5
KW-Index, C_{10} – C_{40}	mg/kg	**288**	---	600		2.000
KW-Index, C_{10} – C_{22}	mg/kg	**< 50**	100	300		1.000
EOX	mg/kg	**< 1**	1	3 [3]		10
Arsen	mg/kg	**15,2**	10	45		150
Blei	mg/kg	**8,9**	40	210		700
Cadmium	mg/kg	**< 0,2**	0,4	3		10
$Chrom_{gesamt}$	mg/kg	**41,4**	30	180		600
Kupfer	mg/kg	**39,0**	20	120		400
Nickel	mg/kg	**44,9**	15	150		500
Quecksilber	mg/kg	**0,07**	0,1	1,5		5
Zink	mg/kg	**60,2**	60	450		1.500
∑ EPA PAK	mg/kg	**12,9**	3	3 [Z 1.1]	9 [Z 1.2] [4]	30
Benzo[a]pyren	mg/kg	**0,66**	0,3	0,9		3
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	**128**	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	**13,3**	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	**< 10**	20	20	50	200
Arsen	µg/l	**20,2**	14	14	20	60 [5]
Blei	µg/l	**< 2**	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	**< 1**	1,5	1,5	3	6
$Chrom_{gesamt}$	µg/l	**< 2**	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	**< 2**	20	20	60	100
Nickel	µg/l	**< 2**	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: ∑ EPA PAK in TS und 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

Bod 5	**Auffüllungen (Bereich Durchlass/Umflutbauwerk)**					**Labor-Nr.: 97518/520/10**
Einzelproben: 230/1 + 230/2 + 231/1						
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-%	**0,42**	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
Arsen	mg/kg	**15,2**	15	45		150
Blei	mg/kg	**24,1**	70	210		700
Cadmium	mg/kg	**0,32**	1	3		10
$Chrom_{gesamt}$	mg/kg	**157**	60	180		600
Kupfer	mg/kg	**50,7**	40	120		400
Nickel	mg/kg	**112**	50	150		500
Quecksilber	mg/kg	**< 0,05**	0,5	1,5		5
Zink	mg/kg	**171**	150	450		1.500
∑ EPA PAK	mg/kg	**0,53**	3	3 [Z 1.1]	9 [Z 1.2] [4]	30
Benzo[a]pyren	mg/kg	**< 0,05**	0,3	0,9		3
Eluatprüfungen (EL)						
Parameter	**Dim.**	**Analytik**	**Z 0**	**Z 1.1**	**Z 1.2**	**Z 2**
pH-Wert	--	**8,15**	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	**116**	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	**< 2**	14	14	20	60 [5]
Blei	µg/l	**< 2**	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	**< 1**	1,5	1,5	3	6
$Chrom_{gesamt}$	µg/l	**< 2**	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	**< 2**	20	20	60	100
Nickel	µg/l	**< 2**	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, $Chrom_{gesamt}$, Kupfer, Nickel, Zink in TS						

[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

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

Bod 6	**nat. gewachsene Böden (Bereich Durchlass/Umflutbauwerk)**	**Labor-Nr.: 97518/520/11**

Einzelproben: 230/3 + 230/4 + 231/2 + 231/3

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-%	**0,24**	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
Arsen	mg/kg	**10,5**	15	45		150
Blei	mg/kg	**9,8**	70	210		700
Cadmium	mg/kg	**< 0,2**	1	3		10
$Chrom_{gesamt}$	mg/kg	**22,6**	60	180		600
Kupfer	mg/kg	**24,1**	40	120		400
Nickel	mg/kg	**29,7**	50	150		500
Quecksilber	mg/kg	**< 0,05**	0,5	1,5		5
Zink	mg/kg	**80,0**	150	450		1.500
∑ EPA PAK	mg/kg	**0,06**	3	3 [Z 1.1]	9 [Z 1.2] [4]	30
Benzo[a]pyren	mg/kg	**< 0,05**	0,3	0,9		3
Eluatprüfungen (EL)						
Parameter	**Dim.**	**Analytik**	**Z 0**	**Z 1.1**	**Z 1.2**	**Z 2**
pH-Wert	--	**7,4**	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	**68,6**	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	**11,7**	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	**< 10**	20	20	50	200
Arsen	µg/l	**< 2**	14	14	20	60 [5]
Blei	µg/l	**< 2**	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	**< 1**	1,5	1,5	3	6
$Chrom_{gesamt}$	µg/l	**< 2**	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	**< 2**	20	20	60	100
Nickel	µg/l	**< 2**	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 0 nach LAGA – Boden**

Kommentar: ---

[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

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

MP 1	B 92 (Archivunterlagen 2006) Auffüllungen (ungeb. Tragschicht / 0+000 bis 0+540)	Labor-Nr.: 16437/000/01

Einzelproben: 75/5; 77/5; 77/6; 79/7; 81/4

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-%	**1,4**	0,5 (1,0) [2]	1,5		5
MKW	mg/kg	**1.045**	100	300		1.000
EOX	mg/kg	**< 1**	1	3 [3]		10
∑ EPA PAK	mg/kg	**95,0**	3	3 [Z 1.1]	9 [Z 1.2] [4]	30
Benzo[a]pyren	mg/kg	**4,34**	0,3	0,9		3
Arsen	mg/kg	**15,4**	10	45		150
Blei	mg/kg	**15,8**	40	210		700
Cadmium	mg/kg	**< 0,2**	0,4	3		10
$Chrom_{gesamt}$	mg/kg	**31,5**	30	180		600
Kupfer	mg/kg	**42,9**	20	120		400
Nickel	mg/kg	**44,3**	15	150		500
Quecksilber	mg/kg	**0,07**	0,1	1,5		5
Zink	mg/kg	**55,0**	60	450		1.500
Eluatprüfungen (EL)						
Parameter	**Dim.**	**Analytik**	**Z 0**	**Z 1.1**	**Z 1.2**	**Z 2**
pH-Wert	--	**8,66**	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	**94,2**	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	**13**	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	**13**	20	20	50	200
Arsen	µg/l	**10**	14	14	20	60 [5]
Blei	µg/l	**--**	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	**--**	1,5	1,5	3	6
$Chrom_{gesamt}$	µg/l	**< 1**	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	**4**	20	20	60	100
Nickel	µg/l	**< 1**	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	**--**	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	**--**	150	150	200	600

Gesamtbewertung / Einbauklasse	**> Z 2 nach LAGA – Boden**

Kommentar: maßgebende Parameter: MKW, ∑ EPA PAK, Benzo[a]pyren 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

MP 2	B 92 (Archivunterlagen 2006) Auffüllungen (Straßenunterbau / 0+000 – 0+540)	Labor-Nr.: 16437/000/02

Einzelproben: 75/6; 77/7; 78/1; 79/8; 81/5

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-%	**1,4**	0,5 (1,0) [2]	1,5		5
MKW	mg/kg	**65**	100	300		1.000
EOX	mg/kg	**< 1**	1	3 [3]		10
∑ EPA PAK	mg/kg	**10,9**	3	3 [Z 1.1]	9 [Z 1.2] [4]	30
Benzo[a]pyren	mg/kg	**0,58**	0,3	0,9		3
Arsen	mg/kg	**39,1**	15	45		150
Blei	mg/kg	**34,0**	70	210		700
Cadmium	mg/kg	**< 0,2**	1	3		10
$Chrom_{gesamt}$	mg/kg	**27,8**	60	180		600
Kupfer	mg/kg	**43,6**	40	120		400
Nickel	mg/kg	**35,4**	50	150		500
Quecksilber	mg/kg	**0,09**	0,5	1,5		5
Zink	mg/kg	**118**	150	450		1.500
Eluatprüfungen (EL)						
Parameter	**Dim.**	**Analytik**	**Z 0**	**Z 1.1**	**Z 1.2**	**Z 2**
pH-Wert	--	**7,51**	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	**79,3**	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	**16**	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	**12**	20	20	50	200
Arsen	µg/l	**8**	14	14	20	60 [5]
Blei	µg/l	**--**	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	**--**	1,5	1,5	3	6
$Chrom_{gesamt}$	µg/l	**--**	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	**4**	20	20	60	100
Nickel	µg/l	**--**	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	**--**	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	**--**	150	150	200	600

Gesamtbewertung / Einbauklasse	**Z 2 nach LAGA – Boden**

Kommentar: maßgebende Parameter: ∑ EPA PAK in TS

[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

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

MP 3	B 92 (Archivunterlagen 2006) nat. gewachsene Böden (0+000 – 0+540)	Labor-Nr.: 16437/000/03

Einzelproben: 76/1; 76/2; 76/3; 78/2; 78/3; 78/4; 80/1; 80/2; 80/3

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-%	**1,88**	0,5 (1,0) [2]	1,5		5
MKW	mg/kg	**< 50**	100	300		1.000
EOX	mg/kg	**< 1**	1	3 [3]		10
∑ EPA PAK	mg/kg	**15,0**	3	3 [Z 1.1]	9 [Z 1.2] [4]	30
Benzo[a]pyren	mg/kg	**1,18**	0,3	0,9		3
Arsen	mg/kg	**27,8**	15	45		150
Blei	mg/kg	**36,8**	70	210		700
Cadmium	mg/kg	**< 0,2**	1	3		10
$Chrom_{gesamt}$	mg/kg	**34,5**	60	180		600
Kupfer	mg/kg	**31,6**	40	120		400
Nickel	mg/kg	**42,9**	50	150		500
Quecksilber	mg/kg	**< 0,05**	0,5	1,5		5
Zink	mg/kg	**152**	150	450		1.500
Eluatprüfungen (EL)						
Parameter	**Dim.**	**Analytik**	**Z 0**	**Z 1.1**	**Z 1.2**	**Z 2**
pH-Wert	--	**6,80**	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	**36,3**	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	**7**	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	**12**	20	20	50	200
Arsen	µg/l	**2**	14	14	20	60 [5]
Blei	µg/l	**--**	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	**--**	1,5	1,5	3	6
$Chrom_{gesamt}$	µg/l	**--**	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	**--**	20	20	60	100
Nickel	µg/l	**--**	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	**--**	< 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, ∑ EPA PAK, Benzo[a]pyren in TS

[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

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

MP 4	B 92 (Archivunterlagen 2006) Auffüllungen (ungeb. Tragschicht / 0+540 – 1,100)	Labor-Nr.: 16437/000/04

Einzelproben: 82/4; 87/5; 87/6; 88/5; 89/4; 90/4; 90/5; 90/6

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-%	**1,1**	0,5 (1,0) [2]	1,5		5
MKW	mg/kg	**89**	100	300		1.000
EOX	mg/kg	**< 1**	1	3 [3]		10
∑ EPA PAK	mg/kg	**107**	3	3 [Z 1.1]	9 [Z 1.2] [4]	30
Benzo[a]pyren	mg/kg	**5,66**	0,3	0,9		3
Arsen	mg/kg	**18,7**	10	45		150
Blei	mg/kg	**18,3**	40	210		700
Cadmium	mg/kg	**< 0,2**	0,4	3		10
$Chrom_{gesamt}$	mg/kg	**47,8**	30	180		600
Kupfer	mg/kg	**44,4**	20	120		400
Nickel	mg/kg	**47,8**	15	150		500
Quecksilber	mg/kg	**0,07**	0,1	1,5		5
Zink	mg/kg	**61,4**	60	450		1.500

Eluatprüfungen (EL)

Parameter	Dim.	Analytik	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2
pH-Wert	--	**8,90**	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	**110**	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	**17**	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	**< 10**	20	20	50	200
Arsen	µg/l	**8**	14	14	20	60 [5]
Blei	µg/l	**--**	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	**--**	1,5	1,5	3	6
$Chrom_{gesamt}$	µg/l	**< 1**	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	**4**	20	20	60	100
Nickel	µg/l	**< 1**	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	**--**	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	**< 10**	150	150	200	600

Gesamtbewertung / Einbauklasse	**> Z 2 nach LAGA – Boden**

Kommentar: maßgebende Parameter: ∑ EPA PAK, Benzo[a]pyren 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

MP 5	B 92 (Archivunterlagen 2006) Auffüllungen (Straßenunterbau / 0+540 – 1+100)	Labor-Nr.: 16437/000/05

Einzelproben: 82/5; 87/7; 87/8; 88/6; 89/5; 89/6; 90/7

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-%	**1,3**	0,5 (1,0) [2]	1,5		5
MKW	mg/kg	**< 50**	100	300		1.000
EOX	mg/kg	**< 1**	1	3 [3]		10
∑ EPA PAK	mg/kg	**8,44**	3	3 [Z 1.1]	9 [Z 1.2] [4]	30
Benzo[a]pyren	mg/kg	**0,44**	0,3	0,9		3
Arsen	mg/kg	**19,1**	15	45		150
Blei	mg/kg	**21,3**	70	210		700
Cadmium	mg/kg	**< 0,2**	1	3		10
$Chrom_{gesamt}$	mg/kg	**23,7**	60	180		600
Kupfer	mg/kg	**35,6**	40	120		400
Nickel	mg/kg	**31,8**	50	150		500
Quecksilber	mg/kg	**< 0,05**	0,5	1,5		5
Zink	mg/kg	**73,6**	150	450		1.500
Eluatprüfungen (EL)						
Parameter	**Dim.**	**Analytik**	**Z 0**	**Z 1.1**	**Z 1.2**	**Z 2**
pH-Wert	--	**6,91**	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	**78,7**	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	**18**	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	**13**	20	20	50	200
Arsen	µg/l	**1**	14	14	20	60 [5]
Blei	µg/l	**--**	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	**--**	1,5	1,5	3	6
$Chrom_{gesamt}$	µg/l	**--**	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	**--**	20	20	60	100
Nickel	µg/l	**--**	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	**--**	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	**--**	150	150	200	600

Gesamtbewertung / Einbauklasse	**Z 1.2 nach LAGA – Boden**

Kommentar: maßgebende Parameter: ∑ EPA PAK, Benzo[a]pyren in TS

[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

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

MP 6	K 7853 (Archivunterlagen 2006) Auffüllungen (ungeb. Tragschicht)	Labor-Nr.: 16437/000/06

Einzelproben: 83/2; 84/3; 84/4; 85/4; 85/5; 86/5

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-%	**1,4**	0,5 (1,0) [2]	1,5		5
MKW	mg/kg	**122**	100	300		1.000
EOX	mg/kg	**< 1**	1	3 [3]		10
∑ EPA PAK	mg/kg	**0,94**	3	3 [Z 1.1]	9 [Z 1.2] [4]	30
Benzo[a]pyren	mg/kg	**0,08**	0,3	0,9		3
Arsen	mg/kg	**19,9**	10	45		150
Blei	mg/kg	**25,2**	40	210		700
Cadmium	mg/kg	**< 0,2**	0,4	3		10
$Chrom_{gesamt}$	mg/kg	**97,9**	30	180		600
Kupfer	mg/kg	**43,5**	20	120		400
Nickel	mg/kg	**81,0**	15	150		500
Quecksilber	mg/kg	**< 0,05**	0,1	1,5		5
Zink	mg/kg	**79,3**	60	450		1.500
Eluatprüfungen (EL)						
Parameter	**Dim.**	**Analytik**	**Z 0**	**Z 1.1**	**Z 1.2**	**Z 2**
pH-Wert	--	**9,12**	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	**175**	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	**15**	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	**12**	20	20	50	200
Arsen	µg/l	**9**	14	14	20	60 [5]
Blei	µg/l	**--**	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	**--**	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	**2**	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	**--**	< 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, MKW, Arsen, $Chrom_{gesamt}$, 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

MP 7	K 7853 (Archivunterlagen 2006) Auffüllungen + nat. gewachsene Böden	Labor-Nr.: 16437/000/07

Einzelproben: 83/3; 84/5; 84/6; 85/6; 86/6

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-%	**1,5**	0,5 (1,0) [2]	1,5		5
MKW	mg/kg	**< 50**	100	300		1.000
EOX	mg/kg	**< 1**	1	3 [3]		10
∑ EPA PAK	mg/kg	**n.b.**	3	3 [Z 1.1]	9 [Z 1.2] [4]	30
Benzo[a]pyren	mg/kg	**< 0,05**	0,3	0,9		3
Arsen	mg/kg	**33,0**	15	45		150
Blei	mg/kg	**40,1**	70	210		700
Cadmium	mg/kg	**< 0,2**	1	3		10
$Chrom_{gesamt}$	mg/kg	**74,2**	60	180		600
Kupfer	mg/kg	**28,9**	40	120		400
Nickel	mg/kg	**52,7**	50	150		500
Quecksilber	mg/kg	**< 0,05**	0,5	1,5		5
Zink	mg/kg	**136**	150	450		1.500
Eluatprüfungen (EL)						
Parameter	**Dim.**	**Analytik**	**Z 0**	**Z 1.1**	**Z 1.2**	**Z 2**
pH-Wert	--	**7,50**	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	**163**	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	**18**	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	**13**	20	20	50	200
Arsen	µg/l	**1**	14	14	20	60 [5]
Blei	µg/l	**--**	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	**--**	1,5	1,5	3	6
$Chrom_{gesamt}$	µg/l	**1**	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	**--**	20	20	60	100
Nickel	µg/l	**1**	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	**--**	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	**--**	150	150	200	600

Gesamtbewertung / Einbauklasse	**Z 1.1 nach LAGA – Boden**

Kommentar: maßgebende Parameter: TOC, Arsen, $Chrom_{gesamt}$, Nickel in TS

[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

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

MP 8	B 92 (Archivunterlagen 2006) nat. gewachsene Böden (0+540 – 1+100)	Labor-Nr.: 16437/000/08

Einzelproben: 91/2; 01/3; 91/4; 92/1; 92/2; 92/3; 92/4

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-%	**1,3**	0,5 (1,0) [2]	1,5		5
MKW	mg/kg	**< 50**	100	300		1.000
EOX	mg/kg	**< 1**	1	3 [3]		10
∑ EPA PAK	mg/kg	**n.b.**	3	3 [Z 1.1]	9 [Z 1.2] [4]	30
Benzo[a]pyren	mg/kg	**< 0,05**	0,3	0,9		3
Arsen	mg/kg	**16,2**	15	45		150
Blei	mg/kg	**20,2**	70	210		700
Cadmium	mg/kg	**< 0,2**	1	3		10
$Chrom_{gesamt}$	mg/kg	**45,6**	60	180		600
Kupfer	mg/kg	**36,6**	40	120		400
Nickel	mg/kg	**49,8**	50	150		500
Quecksilber	mg/kg	**< 0,05**	0,5	1,5		5
Zink	mg/kg	**86,4**	150	450		1.500
Eluatprüfungen (EL)						
Parameter	**Dim.**	**Analytik**	**Z 0**	**Z 1.1**	**Z 1.2**	**Z 2**
pH-Wert	--	**6,79**	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-12	5,5-12
el. Leitfähigkeit	µS/cm	**43,0**	250	250	1.500	2.000
Chlorid	mg/l	**7**	30	30	50	100
Sulfat	mg/l	**12**	20	20	50	200
Arsen	µg/l	**< 0,5**	14	14	20	60 [5]
Blei	µg/l	**--**	40	40	80	200
Cadmium	µg/l	**--**	1,5	1,5	3	6
$Chrom_{gesamt}$	µg/l	**--**	12,5	12,5	25	60
Kupfer	µg/l	**--**	20	20	60	100
Nickel	µg/l	**--**	15	15	20	70
Quecksilber	µg/l	**--**	< 0,5	< 0,5	1	2
Zink	µg/l	**--**	150	150	200	600

Gesamtbewertung / Einbauklasse	**Z 1.1 nach LAGA – Boden**

Kommentar: maßgebende Parameter: TOC, Arsen in TS

[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

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

Mutterboden

An einer maßgebenden Mischprobe im Bereich der Dammaufstandsfläche erfolgte eine Untersuchung gemäß Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV), Anhang 2, Pkt. 4.1 und 4.2. – Vorsorgewerte für Böden nach § 8 Abs. 2 Nr. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG).
Für die Metalle werden abhängig von der Bodenansprache und dem ermittelten pH-Wert die Vorsorgewerte für Lehm/Schluff bzw. Sand herangezogen.

Die nachfolgende Tabelle vergleicht die Befunde lt. Prüfbericht des analytischen Labors mit den Vorsorgewerten der BBodSchV bzw. Maßgebende Parameter sind hervorgehoben.

Mu 1	**Profil 1**			**Labor-Nr.: 97518/520/12**
Einzelproben: 226Mu + 227Mu + 228Mu + 229Mu				
Parameter	**Dimension**	**Analytik**	**Vorsorgewerte nach BBodSchV**	
pH-Wert	--	**5,81**	---	
Humusgehalt	%	**6,52**	≤ 8 %	> 8 %
Blei [2)]	mg/kg	**40,6**	70	--- [3)]
Cadmium [1)]	mg/kg	**0,55**	0,4 [1)]	--- [3)]
$Chrom_{gesamt}$	mg/kg	**30,8**	60	--- [3)]
Kupfer	mg/kg	**35,8**	40	--- [3)]
Nickel [1)]	mg/kg	**32,0**	15 [1)]	--- [3)]
Quecksilber	mg/kg	**0,10**	0,5	--- [3)]
Zink [1)]	mg/kg	**120**	60 [1)]	--- [3)]
PAK	mg/kg	**n.b.**	3,00	10,0
Benzo(a)pyren	mg/kg	**< 0,05**	0,30	1,00
PCB_6	mg/kg	**n.b.**	0,05	0,10

[1)] Bei Böden der Bodenart Lehm/Schluff mit einem pH-Wert von < 6,0 gelten für Cadmium, Nickel und Zink die Vorsorgewerte der Bodenart Sand

[2)] Bei Böden mit einem pH-Wert von <5,0 gilt für Blei der Vorsorgewert der Bodenart Sand

[3)] Die Vorsorgewerte für Metalle finden für Böden und Bodenhorizonte mit einem Humusgehalt von mehr als 8 Prozent keine Anwendung. Für diese Böden können die zuständigen Behörden ggf. gebietsbezogene Festsetzungen treffen.

n.b. – labortechnisch nicht bestimmbar

2.3.4 Wasseranalysen

• *Einschätzung der Betonaggressivität des Grundwassers nach DIN 4030*

Nach der Untersuchung vom 28.06.2018 ist das Grundwasser, entsprechend der DIN 4030, als **schwach betonangreifend** (Grund: pH-Wert 6,37) einzustufen. Darüber war die Konzentration der kalklösenden Kohlensäure mit 12,5 mg/l in der Nähe des Grenzwertes zu schwach betonangreifend.
Nach **DIN EN 206-1** liegt **Expositionsklasse XA 1** vor.

• *Einschätzungen der Korrosivität gegenüber Stahl entsprechen der DIN 50929*

Die Angaben des Labors wurden um die Kennwerte für Wasserart (N_1), Lage des Objektes (N_2), und Objekt / Wasser-Potential (N_7) ergänzt.

I unlegierte und niedriglegierte Eisenwerkstoffe

a) freie Korrosion :

$W_0 = N_1 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_3 / N_4$ (7)

$W_0 = - 3,0$

b) Korrosion an der Wasser / Luft - Grenze :

$W_1 = W_0 - N_1 + N_2 * N_3$ (8)

$W_1 = - 3,0$

Entsprechend der DIN 50929, Tabelle 7 sind folgende Korrosionswahrscheinlichkeiten von unlegierten und niedrig legierten Stählen in Wässern zu erwarten:

Art der Korrosion	**freie Korrosion** W_0	**Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze** W_1
Mulden- und Lochkorrosion	gering	gering
Flächenkorrosion	sehr gering	sehr gering

Richtwerte zur Abschätzung der mittleren Korrosionsgeschwindigkeit (DIN 50929, Tabelle 8)

Bewertungszahl-summen	**Abtragungsrate** ω **(100 a)** **[mm/a]**	**maximale Eindringrate** $\omega_{L,max}$ **(30 a)** **[mm/a]**	**Bemerkung**
W_0 - und W_1 - Werte ≥ 0	0,01	0,05	örtl. Korrosion überwiegt im Wasser-/Luft-Wechsel-bereich, die $\omega_{L,max}$ - Werte nehmen zeitlich ab
- 1 bis - 4	0,02	0,1	
- 5 bis - 8	0,05	0,2	
< - 8	0,1	0,5	

c) Elementbildung mit Fremdkathoden :

$W_E = N_3 + N_6 + N_7$ (9)

Entsprechend der DIN 50929, Tabelle 4 ist folgende Korrosionswahrscheinlichkeit bei Elementbildung mit Fremdkathoden zu erwarten:

W_E - Werte	**Korrosionswahrscheinlichkeit für**	
	Mulden- und Lochkorrosion	**Flächenkorrosion**
- 9,00	sehr hoch	erhöht

II feuerverzinkte Stähle

a) Unterwasserbereich :

$W_D = M_1 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6$ (10)

$W_D = - 3,0$

b) Korrosion an der Wasser / Luft - Grenze :

$W_L = W_D + M_2$ (11)

$W_L = - 3,0$

Die Beurteilung der Güte von Deckschichten auf feuerverzinkten Stählen erfolgt entsprechend DIN 50929, Tabelle 5:

Art der Korrosion	**Unterwasserbereich W_D**	**Korrosion an der Wasser/Luft-Grenze W_L**
Güte der Deckschicht	gut	gut

Die Beurteilung der Korrosionswahrscheinlichkeit anderer, nicht genannter, metallischer Werkstoffe kann anhand der vorliegenden Laborergebnisse nach DIN 50929 durchgeführt werden.

2.4 Besonderheiten

Altbergbau / Untergrundschwächen

Nach der Unterlage /19/ liegt die Trasse gemäß § 2 Abs. 1 der Sächsischen Hohlraumverordnung (Sächs.HohlrVO) außerhalb eines Hohlraumverdachtsgebietes. Das Einholen einer bergbaulichen Stellungnahme ist nicht erforderlich.

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

Schutzzonen

Nach der Unterlage /18/ tangiert das Bauvorhaben das talseitig der bestehenden B 92 vorhandene FFH-Gebiet „Elstertal oberhalb Plauen (Nr.: 300). Weitere Schutzgebiete sind nicht ausgewiesen.

Wasserrecht

Während der Baumaßnahme ist insbesondere in den Dammaufstandsflächen mit einem Grundwasseranschnitt zu rechnen.

Das Einleiten von bauzeitlich gehobenem Wasser (auch zusitzende Niederschlagswässer) in einen Vorfluter ist genehmigungspflichtig.

Nachbarbebauungen

Abgesehen von der Anbindung der Trasse an bestehende Verkehrsflächen sind im direkten Baubereich keine Nachbarbebauungen vorhanden.

Altlasten

Nach Auskunft der zuständigen Behörde (⇨ Anlage 7) berührt das Bauvorhaben keine nach § 2 Abs. 4 und 5 BBodSchG altlastenverdächtige Flächen.

Abfall

Gemäß Auftragserteilung wurden die Ergebnisse aus den Unterlagen /1/ und /2/ neu bewertet, Zusätzlich erfolgten im Rahmen der neuen Untersuchungen eine stichprobenartige Beprobung der gebundenen und ungebundenen Schichten des vorhandenen Straßenoberbaus, der Bankette, dem Mutterboden im Bereich der späteren Dammaufstandsfläche und der in den Aufschlüssen angetroffenen Böden, sowie die entsprechenden labortechnischen Untersuchungen.

Die einzelnen Ergebnisse sind dem Punkt 2.3.2 zu entnehmen und wurden im Pkt. 3.7.1 zusammengefasst.

Erdbeben

Nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 (alt: DIN 4149:2005-04), den Angaben des Deutschen Geoforschungszentrum (GFZ), bzw. Anhang G zur Liste der eingeführten Technischen Baubestimmungen, veröffentlicht im Sächsischen Amtsblatt (Nr. 2/2014 vom 21.02.2014), ist **Oelsnitz/V** der **Erdbebenzone 1** zuzuordnen.
Nach DIN 4149 gilt für die Trasse eine geologische **Untergrundklasse R** und eine **Baugrundklasse C** (Lockergestein) bzw. eine **Baugrundklasse A** (Fels).

2.5 Einschätzung der Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der Aufgabenstellung

Es kann eingeschätzt werden, dass die durchgeführten Untersuchungen für die Bewältigung der Aufgabenstellung (⇨ Punkt 1) hinreichend sind und grundlegende Aussagen zu den anstehenden Baugrundverhältnissen getroffen werden können.

Da die Ergebnisse der Abfalluntersuchungen als überschlägig zu betrachten und erfahrungsgemäß für die geplanten Bauarbeiten zu alt sein werden, ist eine baubegleitende Analytik, einschließlich der dafür erforderlichen Lagerflächen, einzukalkulieren.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Allgemeine Einschätzung

Die B 92 soll, beginnend am Ortsausgang von Oelsnitz/V. in Richtung Adorf/V., entlang der bestehenden Trasse mit Verbesserungen der Linienführung und Querschnittserweiterungen auf einer Länge von etwa 1,15 km ausgebaut werden. Darüber hinaus ist der Neubau des Knotenpunktes mit der K 7853 geplant.

Insgesamt ist für einen Regelquerschnitt RQ11 und eine Linksabbiegespur am Knoten K 7853 ein bestandsnaher Ausbau vorgesehen.
Alle neu herzustellenden Damm- bzw. Einschnittsböschungen sollen mit einer Neigung von 1 : 1 bzw. 1 : 1,5 ausgebildet werden, um die Eingriffe in die umgebende Landschaft so gering wie möglich zu halten. In Teilbereichen der talseitigen Böschung ist die Verwendung von „Bewehrte Erde Konstruktionen“ vorgesehen, während die Hangbereiche als steile, teilweise mit Netzen und Nägeln gesicherte Böschungen auszubilden sind.
Zusätzlich ist an der Station 0+550 entlang der B 92 der Bau einer etwa 68 m langen Stützwand (Höhe bis 3,25 m) und an der K 7853 ein Durchlass als Umflutbauwerk geplant.

Die Oberflächenentwässerung erfolgt hangseitig über Mulden und Rohrleitungen direkt in das Gewässer (Weiße Elster), während talseitig eine dezentrale Entwässerung über die Bankette in das seitlich angrenzende Gelände vorgesehen ist. Die im Jahre 2006 geplante Versickerung ist nicht mehr Gegenstand der Planung.

Nachfolgend werden die einzelnen, geotechnisch relevanten Gewerke und Bauvorhaben, beschrieben.

3.1.1 Dammschüttung

Allgemeines

Die Erkundungsergebnisse wurden in Höhenplänen (⇨ Anlagen 1.4) und zahlreichen Querprofilen (⇨ Anlagen 1.5 und 1.6) zeichnerisch dargestellt.
Erdbaustatische Berechnungen an den Damm- bzw. Einschnittsböschungen waren nicht Vertragsbestandteil. Insbesondere zur Optimierung der einzelnen technischen Sicherungsmaßnahmen (z.B. Bewehrte Erde, Vernetzung, Vernagelung, etc.) müssen im Rahmen der weiteren Planung entsprechende Standsicherheitsberechnungen ausgeführt werden.
Nachfolgend sind daher nur allgemeine Hinweise angegeben.

Die talseitig im Bereich der Dammaufstandsflächen (B 92 + K 7853) zum Aushub gelangenden Böden (Hang-/Auelehm, lokal Hangschutt bzw. Bach-/Flussschotter) sind als bindig bis gemischtkörnig, Bodengruppe [TL] – [TM] / [OT] / [GT*], zu bezeichnen.
Aus regionalen Erfahrungen kann dieses Bodengemisch nur in Verbindung mit einer Bodenverbesserung mit Mischbindemittel eingebaut werden. Bei einem Mischbindemittel C 30 ist beispielsweise mit einer Bindemittelzugabe von etwa 5 M-% bis 7 M-% zu rechnen.

Entsprechend der beim Erdbau allgemein wechselnden Witterung, z.B. lang anhaltender Niederschlag bzw. längere Trockenperioden, muss jedoch mit einer schwankenden Bindemittelzugabe gerechnet werden. Dies erfordert während der Bauausführung entsprechende Eignungsnachweise, welche durch den AN auszuführen sind.

Im Bereich der Hanganschnitte besteht der zu erwartende Aushub bzw. Ausbruch aus Hangschutt, Hanglehm und Fels. Nach dem Aussortieren größerer Steine aus dem Felsbruch bzw. dem mechanischen Aufbereiten des Felsbruches ist das Bodengemisch als gemischtkörnig bis nichtbindig, Bodengruppe [GU] – [GI], zu bezeichnen und kann unter Beachtung eines nahezu optimalen Wassergehaltes als Dammschüttung lagenweise eingebaut werden.

Sollten für die Dammschüttungen zusätzlich Austauschmassen geliefert werden, eignen sich hierzu beispielsweise ein äquivalenter Bodenaushub anderer regionaler Baustellen (ggf. auch nur mit Bindemittelzugabe einbaufähig) oder eine Vorabsiebung regionaler Steinbrüche der Körnung 0/40 ... 0/60 mm mit einem Sand- und Feinkornanteil von 20 … 35 M-% und einem Feinkornanteil von max. 12 … 15 M-% im eingebauten Zustand (Bodengruppe [GU]).
Das einzubauende Dammbaumaterial ist lagenweise zu verdichten. In Abhängigkeit des verwendeten Bodens sowie der Lage zum Verkehrsflächenplanum muss gemäß ZTV E-StB 17, Pkt. 4.3, ein Verdichtungsgrad von D_{pr} > 97 … 100 % erreicht und baubegleitend nachgewiesen werden.
Die endgültigen Schütthöhen der Dämme sind in Abhängigkeit des einzubauenden Bodens und des verwendeten Verdichtungsgerätes festzulegen, sollten jedoch Höhen von 30 cm nicht übersteigen. Ebenso ist die Anzahl der Verdichtungsübergänge auf der Baustelle festzulegen. Hierzu müssen baubegleitend eine entsprechende Anzahl an Probeflächen angelegt werden, um die endgültige Einbautechnologie festlegen zu können. Dies sollte unbedingt in das LV aufgenommen werden.

Die „Bewehrte Erde Konstruktionen“ oder auch als „Bewehrte Schüttkörper“ bezeichnete Bauweisen nach DIN EN 14475:2006-04 und EBGEO-06-2016 bestehen aus mehreren Lagen Geokunststoffen mit dazwischen eingebauten und verdichteten Bodenaushub oder entsprechenden Mineralstoffgemischen. Die Frontfläche kann mit Panelen, Pflanztrögen, Formsteinen, Stahldrahtgitter, Gabionen, etc. versehen werden.
Die Neigung der Stützkonstruktion, die Abmessungen des gesamten „Erdkörpers“, die Qualitätsangaben der zu verwendenden Geokunststoffe, sowie die Kriterien für die einzubauenden Böden oder Mineralstoffgemische muss im Rahmen der noch auszuführenden erdstatischen Berechnungen (nicht Vertragsbestandteil des vorliegenden Ergebnisberichtes) optimiert und festgelegt werden.
In Abhängigkeit der Frontflächen ist ggf. eine frostsichere Einbindetiefe von 1,0 m zu beachten.

B 92 (0+000 – 0+150)

Am Baubeginn ist nach Aussage der Straßenmeisterei die talseitige Dammböschung Böschung in Bewegung, was vor Ort gut an den schräg stehenden Leiteinrichtungen sichtbar ist.

Im Rahmen der Baugrundnachuntersuchungen 2018 wurden daher am Profil 0+090 entsprechende Aufschlüsse abgeteuft. Dabei wies die in der RKS 202 zuoberst erkundete Auffüllung lediglich eine lockere Lagerung auf.

Sowohl eine ungenügende Verdichtung von Einbaumassen während eines älteren Straßenbaus (z.B. Querschnittsverbreiterung, Änderung der Linienführung im Kurvenbereich, etc.) als auch Auflockerungserscheinung einer infolge Überbelastung partiell versagenden Böschung, können ursächlich sein.
Im Rahmen der geplanten Bauarbeiten zur talseitigen Verbreiterung des Straßenkörpers sind die aufgelockerten Massen im Bereich der derzeit vorhandenen Böschungsschulter auszuheben und lagenweise mit ausreichender Verdichtung (D_{pr} > 97 … 100 %) wieder einzubauen.

Nach den vorliegenden Erkundungsergebnissen steht in der Basis der vorgesehenen Dammanschüttung eine Wechsellagerung aus Hanglehm und Auelehm an. Während der Hanglehm überwiegend eine steif bis halbfeste Konsistenz aufweist, schwankt diese im Auelehm zwischen weich und steif, lokal ggf. auch breiig.
Gleichzeitig ist in dem meist unterlagernden Bach/-Flussschotterhorizont mit einem teils gespannten GW-Horizont zu rechnen.

Neben der Herstellung einer ausreichenden Tragfähigkeit in der Dammaufstandsfläche ist somit auch der Bau eines nachfolgend noch genauer beschriebenen Flächenfilters aus Mineralstoffgemischen erforderlich.

Auf Grund der angetroffenen Verhältnisse wird aus bodenmechanischer Sicht folgende prinzipielle Vorgehensweise empfohlen.

1) Mutterboden in der Dammbasis abschieben.
2) Der vorhandene Straßendamm (B 92 Bestand) ist beim Anschnitt gemäß den Forderungen der ZTV E-StB 17, Pkt. 4.3.1.2, mit dem neuen Damm durch den Einbau von Stufen, Höhe 0,6 … 1,0 m zu verzahnen. Hierzu sind vor dem Einbau der Dammschüttung entsprechende Abtreppungen und Bermen vorzusehen.
3) Bodenaushub bis etwa 0,8 … 1,0 m unter OK Gelände. Bei Bedarf offene Wasserhaltungsanlage einbauen und betreiben.
4) In lokal weichen bis vereinzelt breiigen Untergrund der Dammbasis ist vibrationslos ein Grobschlag der Körnung 60/150 mm bis 60/200 mm einzuarbeiten. Da eine quantitative Abschätzung nicht möglich ist, sollte dies aus Erfahrungen auf etwa 15% der Dammaufstandsflächen einkalkuliert werden. Die Erfordernis und Abrechnung muss baubegleitend erfolgen.
5) Im Taltiefsten ist ein Anschnitt von meist GW-führenden Bach-/Flussschottern in der Dammbasis zu erwarten. Hier wird der Bau eines Flächenfilters, bestehend aus einem 40 … 50 cm mächtigen Grobschlag (60/200 mm), ummantelt mit einem Trennvlies (GRK 4, mind. 300 g/m²), empfohlen. Da auch hierfür eine genaue Mengenangabe nicht möglich ist, sollten diese Arbeiten auf etwa 1/3 der Dammaufstandsflächen einkalkuliert werden. Die betreffenden Bereiche sind ebenfalls baubegleitend festzulegen und nach Aufwand abzurechnen.
   Nach dem Aushub ist das Trennvlies mit seitlichem Überstand auszulegen, der Grobschlag einzubauen, das überstehende Trennvlies umzuschlagen und abschließend den Grobschlag an der Oberfläche mit dem Trennvlies abzudecken.

6) Nach den Vorbereitungsarbeiten in der Dammbasis ist außerhalb der eingebauten Flächenfilter bzw. dem eingebauten Grobschlag ein Trennvlies (GRK 3, mind. 250 g/m²) auszulegen und unter Verwendung einer etwa 10 … 25 cm mächtigen Vorabsiebung regionaler Steinbrüche der Körnung 0/40 ... 0/60 mm mit einem Sand- und Feinkornanteil von 20 … 35 M-% und einem Feinkornanteil von max. 12 … 15 M-% im eingebauten Zustand das Grobplanum hergestellt werden.

7) Anschließend erfolgt der lagenweise Einbau des Dammbaumaterials (wie zuvor beschrieben). Dabei ist gemäß ZTV E-StB 17, Pkt. 4.3.1.5 die Dammschüttung über das Sollprofil hinaus zu schütten und zu verdichten, sowie anschließend schonend abzutragen und die endgültige Profilierung der Dammoberfläche vorzunehmen.
   Die Wasserhaltungsanlagen können außer Betrieb genommen werden.
   Alternativ ist auch der Bau einer „Bewehrte Erde Konstruktion“ (wie zuvor beschrieben) möglich.

8) Abschließend kann eine ggf. geplante Begrünung der Böschungsoberfläche erfolgen.

K 7853

Nach den vorliegenden Erkundungsergebnissen steht in der Basis der vorgesehenen Dammanschüttung ein Auelehm steif bis weicher, teilweise auch breiiger Konsistenz an, der mit einem Schwammsand und einem Bach/-Flussschotter unterlagert wird. Der im Untergrund zirkulierende GW-Horizont ist auf Grund der Auelehmauflage meist in einem gespannten Zustand.

Damit verbunden sind in der Dammbasis keine ausreichend tragfähige Baugrundverhältnisse vorhanden, so dass ein Bodenaustausch notwendig wird. Da gleichzeitig der Dammfuß in die GW-führenden Schichten eintaucht, ist und der Einbau eines Flächenfilters erforderlich.

Auf Grund der angetroffenen Verhältnisse wird aus bodenmechanischer Sicht folgende prinzipielle Vorgehensweise empfohlen.

1) Mutterboden in der Dammbasis abschieben.

2) Der vorhandene Straßendamm (K 7853 + B 92 Bestand) ist beim teilweisen Anschnitt gemäß den Forderungen der ZTV E-StB 17, Pkt. 4.3.1.2, mit dem neuen Damm durch den Einbau von Stufen, Höhe 0,6 … 1,0 m zu verzahnen. Hierzu sind vor dem Einbau der Dammschüttung entsprechende Abtreppungen und Bermen vorzusehen.

3) Bodenaushub bis etwa 0,8 … 1,0 m unter OK Gelände. Bei Bedarf offene Wasserhaltungsanlage einbauen und betreiben. Die Pumpen müssen stufenweise erweiterbar sein, um bei Bedarf auch größere Wassermengen ableiten zu können.

4) In dem meist weichen bis breiigen Untergrund der Dammbasis ist vibrationslos ein Grobschlag der Körnung 60/150 mm bis 60/200 mm einzuarbeiten. Die Erfordernis und Abrechnung muss baubegleitend erfolgen.

5) Bau eines Flächenfilters, bestehend aus einem 40 … 50 cm mächtigen Grobschlag (60/200 mm), ummantelt mit einem Trennvlies (GRK 4, mind. 300 g/m²), empfohlen.
   Nach dem Aushub ist das Trennvlies mit seitlichem Überstand auszulegen, der Grobschlag einzubauen, das überstehende Trennvlies umzuschlagen und abschließend den Grobschlag an der Oberfläche mit dem Trennvlies abzudecken.

6) Nach den Vorbereitungsarbeiten in der Dammbasis kann unter Verwendung einer etwa 10 …25 cm mächtigen Vorabsiebung regionaler Steinbrüche der Körnung 0/40 ... 0/60 mm mit einem Sand- und Feinkornanteil von 20 … 35 M-% und einem Feinkornanteil von max. 12 … 15 M-% im eingebauten Zustand das Grobplanum hergestellt werden.

7) Anschließend erfolgt der lagenweise Einbau des Dammbaumaterials (wie zuvor beschrieben). Dabei ist gemäß ZTV E-StB 17, Pkt. 4.3.1.5 die Dammschüttung über das Sollprofil hinaus zu schütten und zu verdichten, sowie anschließend schonend abzutragen und die endgültige Profilierung der Dammoberfläche vorzunehmen.
   Die Wasserhaltungsanlagen können außer Betrieb genommen werden.
   Alternativ ist auch der Bau einer „Bewehrte Erde Konstruktion“ (wie zuvor beschrieben) möglich.

8) Abschließend kann eine ggf. geplante Begrünung der Böschungsoberfläche erfolgen.

3.1.2 Geländeanschnitte

Entsprechend der Planung sollen die geplanten Böschungen Neigungen von 1 : 1,5 bis 1 : 1 aufweisen.
Erfahrungsgemäß ist hierbei eine zusätzliche Sicherung erforderlich. Hierzu eignen sich beispielsweise mit Nägel verankerte Netze. Weitere Details zur Netzsicherung sind im Rahmen von Standsicherheitsberechnungen (nicht Vertragsbestandteil) zu ermitteln.
Nachfolgend sind daher nur allgemeine Hinweise angegeben.

Abhängig von der Tiefe der Anschnitte stehen in den freigelegten Böschungen ein mitteldicht bis dicht gelagerter Hangschutt, ein mitteldicht bis dicht gelagerter, vollständig verwitterter bis zersetzter Fels (Tonschiefer, Diabas) an. Mit zunehmender Teufe geht der verwitterungsempfindliche Felshorizont in einen stark bis mäßig verwitterten bzw. schwach verwitterten bis frischen Zustand über.

Bei der Herstellung der Geländeanschnitte ist im vollständig bis stark verwitterten Felshorizont ein Baggeraushub unter Verwendung entsprechender Baggertechnik und einer Baggerschaufel mit Reißzähnen möglich.
Mit dem Anschnitt des mäßig bis schwach verwitterten bzw. frischen Felshorizontes muss mit künstlichen Auflockerungsarbeiten gerechnet werden. Hierzu können, in Abhängigkeit der Felsdruckfestigkeit und des Trennflächengefüges im Festgestein, Auflockerungssprengungen, Abbruchhämmer, Felsfräsen, etc. Verwendung finden.

Beim Auffahren der Geländeanschnitte ist ein lokal begrenzter Wasseranschnitt nicht auszuschließen. Dabei handelt es sich um Berge-, Schichten- oder Hangsickerwasser, mit einer zumeist stark schwankenden Schüttungsmengen bis hin zu periodischen Abflüssen.

Diese möglichen Wasseraustritte sollten im Lockergestein und im vollständig verwitterten Fels mit einem etwa 30 … 35 cm mächtigen Auflastfilter (Mineralgemisch ca. 40/100 mm) abgedeckt werden, um das an der Böschungsoberfläche austretende Wasser schadlos in die Entwässerungsanlagen am Böschungsfuß ableiten zu können.
Anhand der vorliegenden Erkundungsergebnisse können die jeweiligen Bereiche des Auflastfilters nicht konkret angegeben werden, da diese erst im Rahmen der Bauausführung mit den großflächigen Geländeanschnitten erkennbar sind. Für die weitere Planung wird aus unseren Erfahrungen empfohlen, etwa 15 % der entstehenden Böschungsoberflächen anzusetzen.

Im mäßig bis schwach verwitterten bzw. frischen Fels kann das lokal austretende Wasser direkt auf der Felsoberfläche ablaufen. Dabei ist jedoch im Winter eine entsprechende Eisbildung einzukalkulieren.

Da der anstehende Felshorizont als insgesamt nicht verwitterungsresistent eingestuft werden muss, und damit die freigelegte Felsoberkante kurz- bis mittelfristig zu einem Kies-Sand-Gemisch verwittert, sollte die Vernetzung zusätzlich mit einer Erosionsschutzmatte kombiniert werden.

3.1.3 Stützwand – B 92 (0+550)

Anhand der Untersuchungsergebnisse kann für den Ersatzneubau der Stützmauern eine Flachgründung empfohlen werden. Dabei ist für die Fundamente ein Abtreppungswinkel von max. 33° und eine frostsichere Einbindetiefe von mind. 1,2 m einzuhalten.

Die endgültige Gründungstiefe richtet sich nach den im Rahmen der Planung bzw. Bauausführung noch zu führenden grundbaustatischen Nachweisen.

Unter Beachtung einer zu erwartenden Gründungstiefe von mind. 1,2 m werden die Fundamente im mitteldicht gelagerten Hangschutt, im mitteldicht bis dicht gelagerten, vollständig verwitterten Fels (Diabas / Tonschiefer) bzw. im stark verwitterten Fels (Diabas / Tonschiefer) abgesetzt (⇨ Anlage 1.5.10).
Die Tragfähigkeitseigenschaften der anstehenden Böden können für den Bau von Stützkonstruktionen als gut bis sehr gut beurteilt werden. Lediglich aufgeweichte bzw. aufgelockerte Bereiche sind nicht ausreichend tragfähig und müssen in der Gründungssohle ausgekoffert, sowie durch Unterbeton ersetzt werden. Die Abgrenzung der jeweils erforderlichen Abschnitte muss baubegleitend, ggf. unter Mithilfe eines Baugrundsachverständigen, erfolgen.

Nach dem Aushub sollte die Gründungssohle durch den Einbau eines etwa 10 … 15 cm dicken Schutzbetons gesichert werden.
Eine Nachverdichtung der Gründungssohle ist dagegen zu unterlassen bzw. im Felshorizont nicht notwendig.

Aus geotechnischer Sicht wird die Stützmauer gemäß DIN 4085:2017-08, Tabelle B1 als *„annähernd unnachgiebig“* gestütztes Bauteil eingestuft werden, so dass folgender rechnerische Ansatz von empfohlen wird:

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

Weiter ist planerisch noch zu prüfen, ob der Lastfall Verdichtungserddruck zu beachten ist.

3.1.4 Umflutbauwerk – K 7853

Konstruktive Details zur Bauwerksgröße und Einbindetiefe liegen dem Unterzeichner nicht vor.

Als frostsichere Einbindetiefe kann 1,0 m gelten, da die sonst regional übliche frostsichere Einbindetiefe von 1,2 m wegen der im Untergrund wirkenden Grundwasserwärme nicht erforderlich ist.
Die endgültige Gründungstiefe richtet sich nach der zur Ausführung kommenden Bauart, den im Rahmen der Planung / Bauausführung noch zu führenden grundbaustatischen Nachweisen, sowie den vorhandenen Brückenfundamenten, welche restlos aus der Gründungssohle zu entfernen sind. Dabei kann ggf. ein Unterbeton zum Verfüllen erforderlich werden.

Weiter kann für die Fundamente ein Abtreppungswinkel von 33° vorgesehen werden.

Sowohl die Widerlager einer Einfeldbrücke als auch die Gründungsplatte eines Rahmenbauwerkes wird vermutlich in den ausreichend bis gut tragfähigen Bachschottern abgesetzt. Der ungenügend tragfähige Auelehm ist mit Hilfe der Gründungen zu durchfahren oder durch einen Bodenaustausch mit Unterbeton zu ersetzen. Die Verwendung von Mineralstoffgemischen ist nicht möglich, da infolge des GW-Andranges hierbei keine ausreichende Verdichtung zu erwarten ist.

Infolge der meist erhöhten Wasserempfindlichkeit der anstehenden Bachschotter, muss nach dem Aushub unverzüglich ein Schutz- bzw. Unterbeton eingebaut werden. Eine Nachverdichtung der Gründungssohle ist ebenso wie ein mögliches Befahren, zu unterlassen.
Bei starkem Wasserzutritt muss der Schutz- bzw. Unterbeton unter Wasser abbinden, d.h. die Wasserhaltung ist temporär zu unterbrechen, um ein mögliches Ausspülen von Zementbestandteilen aus dem Frischbeton in das angrenzende Gewässer zu verhindern. Nach dem Aushärten des Betons ist die Baugrube auszupumpen und ggf. die Oberfläche des Betons zu reinigen.

Aufgeweichte Bereiche in der Gründungssohle, die z.B. infolge Wasserzutritts nicht gänzlich auszuschließen sind, müssen zusätzlich ausgekoffert und ebenfalls durch Unterbeton ersetzt werden.

Am Ein- bzw. Auslauf des Umflutbauwerkes sollte eine entsprechende Erosionssicherung in der Sohle, sowie der angrenzenden Böschungen mit Steinsatz, Wasserbaupflaster o.ä. vorgesehen werden, um mögliche Auskolkungen im Hochwasserlastfall zu vermeiden.

In Abhängigkeit der Brückenkonstruktion und der anstehenden Baugrundverhältnisse wird in Anlehnung an die DIN 4085:2017-08, Tabelle B1 für die Ermittlung des Erddruckes folgender rechnerischer Ansatz empfohlen:

- Einfeldbrücke mit Widerlager und gelenkig gelagerter Brückenplatte $E'_{ah} = E_{0h}$
- Rahmenkonstruktion $E'_{ah} = 0{,}25 \bullet E_{ah} + 0{,}75 \bullet E_{0h}$

Weiter ist planerisch noch zu prüfen, ob der Lastfall Verdichtungserddruck zu beachten ist.

3.1.5 Verkehrsflächen

Allgemeines

Der Ausbau der Verkehrsflächen stellt eine einfache und wenig setzungsempfindliche Baumaßnahme dar. Der Baustandort liegt, gemäß der Frostzonenkarte der RStO 12 in der Frosteinwirkungszone III.

B 92 – Ausbau

Hier ist der Straßenraum teilweise durch, unterirdisch verlegte Ver- und Entsorgungsleitungen geprägt, so dass neben den erkundeten auch mit anderen, teilweise kurzräumig schwankenden Baugrundverhältnissen (zumeist Auffüllungen der Leitungsgräben) zu rechnen ist.
Gemäß den Erkundungsergebnissen weisen die Auffüllungen und natürlich gewachsenen Böden im Planum eine Frostempfindlichkeit F 2 und F 3 auf. Als maßgebend wird F 3 empfohlen.

An Hand der vorliegenden Verdichtungsprüfungen (⇨ Pkt. 2.2.4) ist auf der ungebundenen Tragschicht mit Werten von E_{vd} = 80 … 120 MPa (E_{v2} > 120 MPa) und auf dem Planum mit Werten von E_{vd} = 75 … 105 MPa (E_{v2} = > 120 MPa) zu rechnen.
Damit herrschen sowohl für einen grundhaften Ausbau als auch für einen vollgebundenen Oberbau ausreichende Tragfähigkeitsverhältnisse vor.

Erfahrungsgemäß ist jedoch bei ungünstigen Witterungsverhältnissen sowie lokalen Wasseranschnitten im Hang- bzw. Planumsbereich eines gundhaften Ausbaus mit Aufweichungen, verbunden mit Tragfähigkeitsverlusten, zu rechnen, so dass lokal begrenzt ein etwa 20 … 25 cm mächtiger Bodenaustausch mit einer Vorabsiebung regionaler Steinbrüche der Körnung 0/40 ... 0/60 mm mit einem Sand- und Feinkornanteil von 20 … 35 M-% und einem Feinkornanteil von max. 12 … 15 M-% im eingebauten Zustand einzukalkulieren ist.
Die Abgrenzung der einzelnen Bereiche muss baubegleitend erfolgen.

Nach dem Freilegen des Erdplanums ist eine statische, bei günstigen Witterungsverhältnissen auch dynamische Nachverdichtung der anstehenden Auffüllungen (vorhandene Dammschüttung, Leitungsgrabenverfüllungen, etc.) auszuführen.
Vor dem Einbau des Oberbaus ist das Planum seitlich zu neigen, statisch glatt abzuwalzen und die Tragfähigkeit entsprechend den geforderten Verdichtungswerten (Verformungsmodul) der ZTVE-StB 17, mit geeigneten Prüfverfahren, wie statische Lastplatte und zusätzlich mittels Fallplatte, nachzuweisen.

Bei einem vollgebundenen Ausbau ist mit dem vollständigen Entfernen des Asphaltes und der teilweise darunter vorhandener Pflasterdecke zu rechnen, so dass vor dem Einbau der Asphaltschichten ein Profileausgleich erforderlich wird. Auch hierfür kann die bereits zuvor beschriebene Vorabsiebung Verwendung finden.

K 7853 – Neubautrasse

Das Planum der Trasse liegt im Bereich der herzustellenden Dammschüttung. Damit ist im Planum mit einer ausreichenden Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45$ MPa zu rechnen, was jedoch bei der Herstellung der Dammschüttung entsprechend zu beachten und baubegleitend zu überwachen ist.

In Abhängigkeit des zum Einbau gelangenden Bodens ist im Planum mit einer Frostempfindlichkeit F 1, F 2 oder F 3 zu rechnen. In Abhängigkeit der Bemessung des Oberbaus sollten daher für das Dammbaumaterial entsprechende Vorgaben zum maximal zulässigen Feinkornanteil (< 0,063 mm) in das LV aufgenommen werden.

Vor dem Einbau des Oberbaus ist das Planum seitlich zu neigen, statisch glatt abzuwalzen und die Tragfähigkeit entsprechend den geforderten Verdichtungswerten (Verformungsmodul) der ZTVE-StB 17, mit geeigneten Prüfverfahren, wie statische Lastplatte und zusätzlich mittels Fallplatte, nachzuweisen.

3.2 Bemessungskennwerte

3.2.1 Bodenmechanische Kennwerte

1		2	3	4	5	6	7
Bodenart		**Kurzzeichen DIN 18 196**	**γ_n [1)]**	**φ'**	**c'**	**E_s**	**Frost-empf.**
[--]		**[--]**	**[kN/m³]**	**[°]**	**[kN/m²]**	**[MPa]**	**[--]**
Auffüllungen (ungeb. Straßenoberbau)		[GW] – [GI] / [GT] – [GT*] / [GU]	19 – 20	33 – 35	0 / 2 [2)]	30 – 45	F 1 – F 3
Auffüllungen (Unterbau)		[GW] – [GU] / [SW] / [GU*] / [GT]	19 – 20	32 – 33	1 / 3 [2)]	25 – 35	F 1 – F 3
Auffüllungen (Verfüllung Steinbruch)		[GU] / A	17 – 18	31 – 32	0 / 2 [2)]	20 – 25	F 2
Auffüllungen (Dämme)		[SU] – [GU] / [GU*] – [GT*] / [TL] / [UL]	19 – 20	31 – 33	3 – 5	15 – 20	F 2 – F 3
Auelehm	steif – halbfest	TL / TA – OT / TM – OT / UL	18 – 19	24 – 26	5 – 7	12 – 16	F 3
	weich – breiig				3 – 1	8 – 1	
Schwemmsand/Auelehm		SU* – UL / ST	18 – 19	29 – 30	2 / 4 [2)]	12 – 18	F 3 – F 2
Bach-/Flussschotter / Schwemmsand		GU – GT / GT*	19 – 20	33 – 34	1 / 3 [2)]	30 – 35	F 2 – F 3
Hanglehm	steif – halbfest	UM – TM / TL	19 – 20	24 – 26	5 – 7	15 – 20	F 3
	steif – weich				5 – 3	15 – 8	
Hangschutt		GI – GU / GU* / SU – SU* / GT – GT*	20 – 21	33 – 34	2 / 4 [2)]	30 – 40	F 2 – F 3
Fels (Diabas/Tonschiefer), vollständig verwittert *[alte Bezeichnung: zersetzt]*		GU – GU* / SU – SU* / GW / GT – GT*	21 – 22	34 – 36	3 – 5	35 – 50	F 2 – F 3
Fels (Diabas/Tonschiefer), stark bis mäßig verwittert *[alte Bezeichnung: entfestigt verwittert]*		---	23 – 25	37 – 40	15 – 20	150 – 350	F 2
Fels (Diabas/Tonschiefer), schwach verwittert bis frisch *[alte Bezeichnung: angewittert bis unverwittert]*		---	25 – 27	39 – 43	30 – 50	350 – 1.000	F 2

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.

3.2.2 Sohlwiderstand

Für die Streifenfundamente der Stützwand bzw. Widerlager des Umflutbauwerkes können, unter Beachtung der Hinweise im Pkt. 3.1 und in Anlehnung an EC 7 / DIN 1054:2010-12, folgende mittlere Sohlwiderstände angesetzt werden.

- Bach-/Flussschotter → $\sigma_{R,d}$ = 300 kN/m²
- Hangschutt → $\sigma_{R,d}$ = 370 kN/m²
- Fels (Diabas/Tonschiefer), vollständig verwittert → $\sigma_{R,d}$ = 490 kN/m²
  [alte Bezeichnung: zersetzt]
- Fels (Diabas/Tonschiefer), stark bis mäßig verwittert → $\sigma_{R,d}$ = 1.000 kN/m²
  [alte Bezeichnung: entfestigt verwittert]

Die zu erwartenden Setzungen werden, abhängig von der tatsächlichen Belastung und den jeweils anstehenden Baugrundverhältnissen, zwischen 0,5 cm (vollständig verwitterter Fels) und 2,0 cm (Bach-/Flussschotter, Hangschutt) schwanken.
Im stark bis mäßig verwitterten Fels treten keine bautechnisch relevanten Setzungen auf.

Im Rahmen der weiteren Planung ist durch den verantwortlichen Tragwerksplaner zu prüfen, ob gemäß der DIN 1054:2010-12, Punkt A 6.10.1, A (1) c bis g der Ansatz von aufnehmbarem Sohlwiderstand in einfachen Fällen gerechtfertigt ist, oder ob der Nachweis für die maßgebenden Grenzzustände, z.B. Grundbruch, Gleiten, Setzungen, etc. erfolgen muss.
Aus baugrundtechnischer Sicht sind die Voraussetzungen für einen vereinfachten Nachweis über Sohlwiderstand (vgl. DIN 1054:2010-12 Pkt. A 6.10.1, A (1), *a* + *b*) erfüllt.

3.2.3 Bettungsmodul

Zur Bemessung eines Rahmendurchlasses kann der Bettungsmodul wie folgt ermittelt werden:

$$k_s = \frac{E_m}{B \cdot f_{s,0}}$$

Dabei bedeuten:
- E_m - gemittelter E-Modul nach *Kézdy*
- B - kleinste Seitenlänge
- $f_{s,0}$ - Setzungsbeiwert nach *Kany*

Der Setzungsbeiwert $f_{s,0}$ ist abhängig von z/B und A/B.
- A u. B - Fundamentabmessungen
- z - Einflusstiefe der zu erwartenden Setzungen

Nach überschlägigen Berechnungen können, abhängig von den Abmessungen der Konstruktion, folgende Bettungsmoduli angesetzt werden:

- Gesamtkonstruktion (Grundfläche ca. 17,0 x 3,0 m²) k_s = 16 … 18 MN/m³
- einzelne Bauteile (Grundfläche ca. 3,0 x 1,5 m²) k_s = 35 … 38 MN/m³

Voraussetzung ist jeweils ein mind. 0,20 m mächtiger Unterbeton unter den Betonfertigteilen. Die zu erwartenden Setzungen schwanken, je nach Belastung, zwischen 0,1 cm und 0,7 cm.
Neben der Bemessung mittels Bettungsmodul bietet sich auch die Verwendung eines Steifezifferverfahrens an.

3.2.4 Kennwerte für Felsnägel (Verpresspfähle)

In Anlehnung an die EA-Pfähle (2. Auflage 2012) und Ostermeyer *„Tragverhalten und zulässige Gebrauchslast von Einzelankern“* können bei der Bemessung von Verpresspfählen folgende **Grenzmantelreibungswerte** angesetzt werden.
Die Sicherheitsbeiwerte gemäß genannter Vorschriften sind dabei zusätzlich anzuwenden.

- **Grenzmantelreibungswerte** (Bruchwert)

  Fels (Diabas/Tonschiefer), stark bis mäßig verwittert → q_{slk} = 0,80 MN/m²
  [alte Bezeichnung: entfestigt verwittert]

  Fels (Diabas/Tonschiefer), schwach verwittert bis frisch → q_{slk} = 1,25 MN/m²
  [alte Bezeichnung: angewittert bis unverwittert]

Weiter ist darauf hinzuweisen, dass Mehrmengen an Verpressmörtel infolge von Störzonen bzw. offenen Klüften im Fels einzukalkulieren sind.
Während der Bauausführung sind Probebelastungsversuche zu empfehlen.

3.3 Bodenklassen (VOB/C 2012)

Die nachfolgende Einteilung in Bodenklassen nach VOB/C:2012-09 erfolgt nur informativ.

Bodenart	Bkl. DIN 18300	Bkl. DIN 18301
Auffüllungen	3 – 4 / 5 – 7 [1)]	BN 1 – BN 2; BS 1 – BS 4 [1)]
Hangschutt; Hanglehm	3 – 4 / 5 – 6 [1)]	BN 2; BS 1 + BS 3 [1)] BB 2 – BB 3
Bach-/Flussschotter; Auelehm/Schwemmsand	3 – 4 / 5 – 6 [1)] / 2 [2)]	BN 2; BS 1 – BS 3 [1)] BB 3 – BB 2; BB 1 [2)]
Fels, vollständig verwittert	3 – 5 / 6 – 7 [1)]	BN 1 – BN 2; BS 1 – BS 4 [1)]
Fels, stark bis mäßig verwittert	6	FV 1
Fels, schwach verwittert bis frisch	6 / 7	FV 2 – FV 5; FD 2 – FD 4 lokale Quarzgänge FV 4 – FV 6; FD 3 – FD 4

[1)] bei Steinanteil von < 30 Masse-% mit Rauminhalt 0,01 – 0,1 m³ → Bodenklasse 5 / Zusatzklasse BS 1
bei Steinanteil von > 30 Masse-% mit Rauminhalt 0,01 – 0,1 m³ → Bodenklasse 6 / Zusatzklasse BS 2
bei Steinanteil von mit Rauminhalt > 0,1 m³ → Bodenklasse 7 / Zusatzklasse BS 3 + BS 4

[2)] bei Wassersättigung „fließende Bodenart“ → Bodenklasse 2 / BB 1

3.4 Homogenbereiche (VOB/C 2016)

Der anstehende **Mutterboden** ist nach der DIN 18320:2016-09 als **Homogenbereich A** zu klassifizieren. Dabei kann eine Bodengruppe OH nach DIN 18196, bzw. eine Bodengruppe 1 nach DIN 18915 zugeordnet werden. Der Steinanteil liegt zwischen 1 M-% und 5 M-%, während Blöcke nicht bzw. nur sehr vereinzelt vorkommen.

Homogenbereiche (DIN 18300:2016-09 / 18301:2016-09)			
	B-1	**B-2**	**B-3**
ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen (ungeb. Tragschicht)	Auffüllungen (Bankett / Unterbau / Dämme)	Auffüllungen (Verfüllung Steinbruch)
Bodengruppe nach DIN 18196	[GW] – [GI] / [GE] / [GT] – [GT*] / [GU]	[GW] – [GI] / [SW] / [GU] – [GU*] / [SU] – [SU*] / [GT] – [GT*] / [TL] / [UL] / A	[GU] / A
Korngrößenverteilung nach DIN 18123 [mm]	0 – 60 < 0,063 mm: 0 … 25 %	0 – 60 < 0,063 mm: 0 … 75 %	0 – 60 < 0,063 mm: 5 … 15 %
Anteil Steine [M.-%] Anteil Blöcke [M.-%] Anteil große Blöcke [M.-%] nach DIN EN ISO 14688-1	≤ 50 ≤ 25 ≤ 15	≤ 35 ≤ 25 ≤ 5	≤ 35 ≤ 25 ≤ 5
Dichte ρ nach DIN EN ISO 17892-2 [g/cm³]	1,8…2,0	1,8…2,0	1,7…2,0
Kohäsion c‘ nach DIN 18137-1, DIN 18137-2 und DIN 18137-3 [kN/m²]	---	0 – 8 *[bindige Anteile]*	---
undr. Scherfestigkeit c_u n. DIN 4094-4 o. DIN 18136 oder DIN 18137-2 [kN/m²]	---	20 – 45 *[bindige Anteile]*	---
Wassergehalt n. DIN EN ISO 17892-1 [M.-%]	1 – 15	5 – 35	5 – 25
Konsistenzzahl I_c nach DIN 18122-1	---	0,50 – > 1,00 (weich bis halbfest) *[bindige Anteile]*	---
Plastizitätszahl I_p nach DIN 18122-1	---	0,05 – 0,15 (leichtplastisch) *[bindige Anteile]*	---
Lagerungsdichte I_D nach DIN EN ISO 14688-2 [%]	35 – 85 (mitteldicht bis dicht)	15 – 85 (locker bis dicht)	
organischer Anteil nach DIN 18128 [M.-%]	0 – 2	0 – 5	0 – 7
Abrasivität nach /29/	durchschnittlich	niedrig	
Einbauklasse n. LAGA TR Boden	Z 2 – > Z 2	Z 1.1 – Z 2	Z 2 – > Z 2 (teilw. Siedlungsmüll)

Homogenbereiche (DIN 18300:2016-09 / 18301:2016-09)		
	C-1	**C-2** [1)]
ortsübliche Bezeichnung	Auelehm / Schwemmsand / Bach-/Flussschotter / Hanglehm / Hangschutt / vollst. verw. Fels	Auelehm / Schwemmsand / Bach-/Flussschotter
Bodengruppe nach DIN 18196	TL – TM / TA – OT / UL – UM / SU – SU* / ST / GU – GU* / GT – GT* / GI / GW	
Korngrößenverteilung nach DIN 18123	0 – 60 < 0,063 mm: 5 … 85 %	
Anteil Steine [M.-%] Anteil Blöcke [M.-%] Anteil große Blöcke [M.-%] nach DIN EN ISO 14688-1	≤ 35 ≤ 20 ≤ 5	
Dichte ρ nach DIN EN ISO 17892-2	1,8…2,2	
Kohäsion c' nach DIN 18137-1, DIN 18137-2 und DIN 18137-3[kN/m²]	1 – 10 *[bindige Anteile]*	0 – 5 *[bindige Anteile]*
undr. Scherfestigkeit c_u n. DIN 4094-4 o. DIN 18136 oder DIN 18137-2 [kN/m²]	25 – 60 *[bindige Anteile]*	15 – 25 *[bindige Anteile]*
Wassergehalt n. DIN EN ISO 17892-1	5 – 40	40 – 110
Konsistenzzahl I_c nach DIN 18122-1	0,50 – > 1,00 (weich bis halbfest)	0,25 – < 0,25 (breiig) [1)]
Plastizitätszahl I_p nach DIN 18122-1	0,05 – 0,45 (leicht- bis ausgeprägt plastisch)	
Lagerungsdichte I_D nach DIN EN ISO 14688-2 [%]	15 – 85 (locker bis dicht)	
organischer Anteil nach DIN 18128	0 – 15	
Abrasivität nach /29/	niedrig bis durchschnittlich	
Einbauklasse n. LAGA TR Boden	Z 0 – Z 2	

[1)] bei Wassersättigung „fließende Bodenart“

Der Homogenbereich C-2 kann, analog zur Bodenklasse 2 („fließende Bodenarten“) als Zulage zum Homogenbereich C-1 in das LV der Ausschreibung aufgenommen werden.

Homogenbereiche (DIN 18300:2016-09 / DIN 18301:2016-09)		
	D-1	**D-2**
ortsübliche Bezeichnung	Fels stark bis mäßig verwittert	Fels schwach verwittert bis frisch
Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1		
Genetische Einheit	metamorph / magmatisch	
Geologische Struktur	geschiefert / massig	
Korngröße	fein- bis mittelkörnig	
mineral. Zusammensetzung	hauptsächlich Quarz, Feldspat, Glimmer	
Porenanteil [Vol.-%]	0,05 - 2,00	
Gesteinskörperform	tafelförmig bis großplattig / prismatisch	
Dichte ρ nach DIN EN ISO 17892-2 [g/cm³]	2,2…2,6	2,4…2,8
Verwitterung Veränderungen	verfärbt veränderlich (Grad 3 - 2)	frisch nicht veränderlich (Grad 1)
Einaxiale Druckfestigkeit	20 – 90 (lokale Quarzknauern 100 – 200)	70 – 300
Trennflächen DIN EN ISO 14689-1		
Richtung	(⇨ Pkt. 2.2.3 und Anlage 4)	
Abstand	sehr engständig bis mittelständig lokal weitständig	
Abrasivität nach Labor + /29/	niedrig bis hoch (lokale Quarzknauern hoch bis extrem hoch)	
Einbauklasse n. LAGA TR Boden	n.b.	

n.b. –nicht bestimmt

Das Bergen von Wurzelstubben bzw. Mauer- und Fundamentresten, sowie der Straßenaufbruch (Asphalt, Pflasterdecke, Packlager) sind nicht mit den nachfolgend angegebenen Homogenbereichen definiert. Hierzu sind im LV der Ausschreibung gesonderte Positionen anzugeben.

Es wird darauf hingewiesen, dass die zuvor genannten Kennwerte auf den vorliegenden Laboruntersuchungen, sowie den regionalgeologischen Erfahrungswerten bzw. büroeigenen Archivunterlagen des Unterzeichners basieren.

3.5 Wasserhaltung

Wasserhaltung – Bauzustand

Während der Baumaßnahme ist insbesondere in der Talaue der Weißen Elster (Dammaufstandsfläche, Umflutbauwerk, Stützwand, Straßenausbau K 7853 bei Anbindung an Bestand) mit dem Anschnitt von oberflächennahem Grundwasser zu rechnen.
Im Hangbereich (Geländeanschnitte, Straßenausbau B 92) ist dagegen keiner oder nur lokal begrenzt, meist temporär auftretender Anschnitt von Schichten-, Sicker- bzw. Kluft-/Bergwasser zu erwarten.
Weiter muss während der Bauausführung mit temporären Niederschlagswässern gerechnet werden.

Bei den gesamten Erd- und Tiefbauarbeiten, insbesondere innerhalb der Talaue, sind auf der Baustelle Anlagen zur offenen Wasserhaltung betriebsbereit vorzuhalten und bei Bedarf zu betreiben. Die Pumpen müssen abhängig vom natürlichen Wasserdargebot, mehrstufig erweiterbar sein.

Bei der Herstellung der Dammschüttungen bzw. Geländeanschnitte sind die Anlagen zur permanenten Wasserhaltung (z.B. Flächenfilter in der Dammbasis, seitlich geführte Mulden bzw. Entwässerungsleitungen am Böschungsfuß der Geländeanschnitte, Auflastfilter bei Geländeanschnitten, etc.) herzustellen, um die lokal begrenzt auftretenden Wässer sicher fassen und abzuleiten zu können.

Das Planum der Verkehrsfläche ist seitlich zu neigen und statisch abzuwalzen (Glattmantelwalze).

Abschließend wird noch auf die Hinweise im Pkt. 2.4 (Wasserrecht) hingewiesen.

Wasserhaltung – Endzustand

Hangseitig erfolgt die Ableitung des Oberflächenwassers über Mulden und Rohrleitungen direkt in das Gewässer (Weiße Elster), während talseitig eine dezentrale Entwässerung über die Bankette in das seitlich angrenzende Gelände erfolgt.

Das Planum der Verkehrsfläche ist seitlich zu neigen und den zuvor beschriebenen Entwässerungsanlagen zuzuführen.

Innerhalb von Geländeanschnitten können auf der Böschungsoberfläche lokal Wässer austreten, so dass zumindest im Bereich von Lockergesteinen ein Auflastfilter (⇨ Pkt. 3.1.2) herzustellen ist.
In der Basis der jeweils herzustellenden Dammschüttungen ist, abhängig von den hydrogeologischen Verhältnissen, meist der Bau von Flächenfiltern aus Mineralstoffgemischen (⇨ Pkt. 3.1.1) erforderlich.

Die Entwässerung und Abdichtung der Bauwerke (Umflutbauwerk, Stützwand) sollte, entsprechend den Empfehlungen der RIZ-ING; Was 7 und der ZTVE-StB 17, Pkt. 10.7, erfolgen.

Die im Gründungsbereich des Umflutbauwerkes anstehenden Baugrundschichten sind grundwasserdurchströmt, so dass hier, im Gegensatz zur Stützmauer, auf den Bau von Grundleitungen, einschließlich Betonsockel neben dem Entwässerungsbereich hinter den Widerlagern verzichtet werden kann. Auch der Einbau eines „schwerdurchlässigen Boden“ unterhalb der Drainage ist dabei nicht erforderlich.
Am Ein- und Auslauf des Umflutbauwerkes ist die Bachsohle und ggf. die angrenzenden Böschungen zu befestigen, um einen ausreichenden Kolkschutz gewährleisten zu können.

3.6 Böschungen / Verbau

Bleibende Böschungen

sind planerisch mit einer Neigung von 1 : 1 bis 1 : 1,5 vorgesehen.

Bei den Dammschüttungen ist der maximal mögliche Böschungswinkel abhängig vom verwendeten Einbaumaterial bzw. von der Art der zur Ausführung kommenden „Bewehrten Erde Konstruktion“ (⇨ 3.1.1).
Im Bereich der Geländeanschnitte sind ebenfalls die im Pkt. 3.1.2 gegebenen Hinweise zu beachten.

Zur Begrünung der Böschungen ist gemäß Planung derzeit eine Erosionsschutzmatte (Stroh) mit Nassansaat vorgesehen. Alternativ sind auch ingenieurbiologische Verfahren mit standorttypischen Gräsern und Kräutern ohne Mutterboden, wie z.B. eine Anspritzbegrünung, ein Heumulchen, etc., denkbar. Im Rahmen der weiteren Planung sollten hierzu entsprechende Fachfirmen konsultiert werden, um eine optimale Begrünung der entstehenden Dammböschungen ausschreiben zu können
Bei Böschungsneigungen von 1 : 1,5 und flacher erscheint auch eine herkömmliche Begrünung durch Auftragen von Mutterboden einschließlich Ansaat möglich. Um dabei ein Abrutschen des Mutterbodens auf der Böschung bis zur vollständigen Begrünung bzw. Durchwurzelung zu verhindern, ist das Abdecken mittels Jutematten, Kokosmatten o.dgl. notwendig. Auch der Einsatz von Krallmatten unterhalb des Mutterbodens bzw. der Einbau von Faschinen ist denkbar.

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.

Für kurzzeitige Böschungen bis 5 m Höhe werden nachstehende Neigungen empfohlen:

β = 45° ... 50°	für Böden und vollständig verwitterten Fels über dem GW-Stand
β = 28° … 32°	für Böden und vollständig verwitterten Fels im GW-Horizont
β = 60° … 80°	für Fels, stark bis schwach verwittert oder frisch

Böschungen über 5 m Höhe (vgl. DIN 4124:2012-01; Pkt. 4.2.8) bzw. steilere Böschungen als zuvor angegeben, sind mittels Standsicherheitsnachweis zu bemessen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die genannten Baugrubenböschungsneigungen von mehreren Einflussfaktoren, wie z.B. Wasseranfall, klimatische Einflüsse, Trennflächengefüge im Felshorizont, etc. abhängen, so dass letztendlich der Bauleiter operativ vor Ort Entscheidungen dazu treffen muss. Zusätzlich kann ggf. ein Baugrundsachverständiger konsultiert werden.

Verbau

wird beispielsweise beim Bau der Stützwand empfohlen, um den erforderlichen Platzbedarf an der B 92 auf ein Minimum zu begrenzen.
Infolge des bis teilweise in die Gründungssohle aufragenden Felshorizontes ist ein Trägerbohlwandverbau zu empfehlen. Die Träger müssen dabei in Bohrungen eingestellt werden, da ein Rammen im Fels nicht möglich ist.
Alternativ ist auch eine vernagelte Spritzbetonsicherung denkbar. Diese muss jedoch in der Aushubhöhe abschnittsweise eingebaut werden, was insgesamt zu einer geringeren Wirtschaftlichkeit gegenüber dem Trägerbohlwandverbau führen kann.

Ein statischer Nachweis der jeweils zum Einsatz kommenden Verbauart, insbesondere unter Beachtung der meist kritischen Bauzustände, muss im Rahmen der Planung bzw. Bauausführung noch erfolgen.

3.7 Wiederverwendbarkeit der Aushuberdstoffe

3.7.1 Abfallrechtliche Belange

Vertragsgemäß erfolgte in Ergänzung zu den Ergebnissen aus den Unterlagen /1/ und /2/ eine zusätzliche überschlägige Untersuchung, um für die weitere Planung eine grobe Einstufung bzw. Abschätzung des möglichen Schadstoffgehaltes vornehmen zu können. Eine detaillierte Untersuchung ist auf Grund der erst mittelfristig geplanten Baumaßnahme nicht zweckmäßig, da derzeit bereits 1 bis 1 ½ Jahre alte Analyseergebnisse von den Verwertern nicht mehr anerkannt werden. Resultierend daraus ist eine baubegleitende Analytik, einschließlich der dafür erforderlichen Lagerflächen, notwendig.

Abweichend von den nachfolgend 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.

Entsprechend den Angaben der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) gilt bei der Wiederverwendung von Aufbruch- oder Aushubmassen vor Ort oder auf anderen Standorten das Verschlechterungsverbot.

Der Baubereich ist innerhalb der Talaue der Weißen Elster im Sinne einer Abfallverwertung als hydrogeologisch ***ungünstig*** zu bezeichnen, was lediglich den Einbau von Materialien der Einbauklassen Z 0 und Z 1.1 ermöglicht.
Der Hangbereich dagegen ist als hydrogeologisch ***günstig*** einzustufen, so dass dort der Einbau von Materialien der Einbauklassen Z 0 bis Z 1.2, in Ausnahmefällen sogar bis Z 2 möglich ist.

Erfolgt keine bautechnische Verwertung der Aufbruch- oder Aushubmassen vor Ort können diese zur Beseitigung entsprechend der LAGA-Einstufung zugelassenen Entsorgungs- bzw. Verwertungsunternehmen angedient werden.
Hierzu ergeht der Hinweis, dass bei Bieteranfragen die kompletten Untersuchungsergebnisse der abfalltechnischen Prüfungen zur Verfügung gestellt werden sollten. Die alleinige Ausweisung der abfallrechtlichen Zuordnung genügt für die Findung des effizientesten Verwertungs- oder Entsorgungsweges i.a. nicht. Eventuell können die durchgeführten Deklarationen nicht ausreichen. Verschiedene Entsorger bzw. Verwerter fordern gemäß ihrer behördlichen Zulassung Deklarationen nach anderweitigen Prüfprogrammen oder fragen zusätzliche Parameter ab.

Asphalt

Abschnitt	**Verwertungs-klasse** **RuVA-StB 01**	**Abfallschlüssel-nummer** **AVV**	**Verwertung**
B 92			
0+000 – 0+500	**C**	**17 03 02** Bitumengemische	Kaltmischverfahren mit Bindemittel *oder* thermische Verwertung
0+500 – 0+925	**B**		Kaltmischverfahren mit oder ohne Bindemittel *oder* thermische Verwertung
0+925 – 1+151,765	**B**		
0+700 (auffälliger Geruch)	**C**		Kaltmischverfahren mit Bindemittel *oder* thermische Verwertung
K 7853			
„geplanter Rückbau“	**A**	**17 03 02** Bitumengemische	Heiß- / Kaltmischverfahren mit oder ohne Bindemittel

Nach der RuVA-StB 01 (2005) ist eine Verwendung im Kaltmischverfahren mit Bindemitteln für die **Verwertungsklasse B und C** nur zulässig, wenn im Rahmen einer Eignungsprüfung nachgewiesen wird, dass durch die Bindung mit Bindemitteln im Eluat des Probekörpers die Grenzwerte im PAK nach EPA und im Phenol-Index eingehalten werden. In der Verwertungsklasse B ist der Nachweis im Probekörper lediglich im PAK nach EPA von ≤ 0,03mg/l und in der Verwertungsklasse C neben dem genannten PAK-Gehalt auch der Nachweis des Phenol-Index von ≤ 0,1 mg/l zu erbringen. Aus Sicht des Boden- und Gewässerschutzes ist der Einbau der hieraus hergestellten Baustoffgemische nur zulässig, wenn diese unter wasserundurchlässiger Schicht, d.h. unter den Asphaltschichten der herzustellenden Verkehrsflächen und über dem zu erwartenden Schwankungsbereich des Grundwassers eingebaut werden.

Beton (Bankett)

Material	Zuordnungs-klassen LAGA TR Bauschutt	Abfallschlüssel-nummer AVV	Verwertung
	SMUL		
Beton	**Z 1.2** (Chlorid in EL)	**17 01 01** Beton	nach mechanischer Aufbereitung Auffüllmassen vor Ort *oder* außerhalb des Standortes auf entsprechend zugelassenen Flächen
	W 1.1 (---)		

ungebundene Tragschichten, Bankette, Auffüllungen, natürlich gewachsene Böden

Material	Zuordnungs-klassen LAGA TR Boden SMUL / DepV	Abfallschlüssel-nummer AVV	Verwertung
B 92			
ungebundene Tragschichten (Mischprobe 2018)	**Z 2** (∑ EPA PAK in TS und Arsen in EL)	**17 05 04** Boden und Steine die keine gefährlichen Stoffe enthalten	Auffüllmassen vor Ort *oder* außerhalb des Standortes
ungebundene Tragschichten (Stat. 0+000 – 0+540 / 2006)	**> Z 2** (∑ EPA PAK, Benzo[a]pyren, MKW in TS)		Auffüllmassen außerhalb des Standortes auf entsprechend zugelassenen Flächen
ungebundene Tragschichten (Stat. 0+540 – 1+100 / 2006)	**> Z 2** (∑ EPA PAK, Benzo[a]pyren in TS)		
Bankett (links + rechts)	**Z 2** (Arsen in EL)		Auffüllmassen vor Ort *oder* außerhalb des Standortes
Auffüllungen (Unterbau / 0+000 – 0+540)	**Z 2** (∑ EPA PAK in TS)		
Auffüllungen (Unterbau / 0+540 – 1+100)	**Z 1.2** (∑ EPA PAK, Benzo[a]pyren in TS)		

Material	Zuordnungs-klassen LAGA TR Boden SMUL / DepV	Abfallschlüssel-nummer AVV	Verwertung
natürlich gewachsene Böden (0+000 – 0+540)	**Z 2** (∑ EPA PAK, Benzo[a]pyren, TOC in TS)	**17 05 04** Boden und Steine die keine gefährlichen Stoffe enthalten	Auffüllmassen vor Ort *oder* außerhalb des Standortes
natürlich gewachsene Böden (0+540 – 1+100)	**Z 1.1** (TOC, Arsen in TS)		
K 7853			
ungebundene Tragschichten (Mischprobe 2018)	**Z 1.1** (TOC, MKW, Arsen, $Chrom_{gesamt}$, Kupfer, Nickel, Zink in TS)	**17 05 04** Boden und Steine die keine gefährlichen Stoffe enthalten	Auffüllmassen vor Ort *oder* außerhalb des Standortes
Auffüllungen (Bereich Umflutbauwerk)	**Z 1.1** (Arsen, $Chrom_{gesamt,}$ Kupfer, Nickel, Zink in TS)		
natürlich gewachsene Böden (Bereich Umflutbauwerk)	**Z 0** (--)		

Mutterboden

Im Ergebnis der Laboruntersuchungen nach den Parametervorgaben der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV), Anlage 2, Pkt. 4.1 und 4.2 weist die untersuchte Mischprobe aus der Dammaufstandsfläche (K 7853) erhöhte Schwermetallkonzentrationen (Cadmium, Nickel, Zink) auf, während die Konzentrationen der Parameter PAK und PCB unter der labortechnischen Nachweisgrenze liegen.
Rein formell kann somit der Mutterboden nicht wieder vor Ort verwertet werden und ist einer gesicherten Deponierung zuzuführen.

Die Vorsorgewerte nach BBodSchV sind unter Berücksichtigung ökotoxikologischer Aspekte abgeleitet und grenzen den für alle Wirkungspfade und Bodenverhältnisse geltenden Bereich unbedenklicher Schadstoffkonzentrationen in Böden (Unbedenklichkeitsbereich) vom Bereich der Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung (Besorgnisbereich) ab. Eine Überschreitung der Vorsorgewerte bei Böden mit naturbedingt oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundgehalten ist nach BBodSchV insoweit unbedenklich, als eine Freisetzung der Schadstoffe oder zusätzliche Einträge nach § 9 Abs. 2 und 3 BBodSchV keine nachteiligen Auswirkungen auf den Boden erwarten lassen.
Bedingt durch die Erosionsvorgänge aus dem metallogenetisch vorbelasteten Vogtland sind erhöhte Schwermetallanteile in den Böden und damit auch im Mutterboden nicht ungewöhnlich, so dass diese erhöhten Konzentrationen auch als geogen bedingte Hintergrundwerte bezeichnet werden können.

Anhand der bis dato bereits sensiblen Nutzung als landwirtschaftliche Nutzfläche wird, abweichend von den vorliegenden Untersuchungsergebnissen, aus Sicht des Unterzeichners eine Wiederverwertung des Mutterbodens zur teilweise Andeckung der entstehenden Dammböschungen als möglich eingestuft, da beim Wiedereinbau die Schadstoffsituation am Ort des Aufbringens nicht nachteilig verändert wird.
Diese Empfehlung ist in jedem Fall mit dem zuständigen Umweltamt des Landkreises sowie mit den Nutzern bzw. Eigentümern der Flächen abzustimmen, sowie im Rahmen der weiteren Planung eine entsprechende Zustimmung einzuholen.

3.7.2 Radiologie

Im Ergebnis der radiologischen Feldprüfungen zeigen die ODL- bzw. DL-Kartierung keine signifikanten Auffälligkeiten. Eine radiologische Belastung der im Baubereich vorkommenden Auffüllungen und Böden wird somit ausgeschlossen.
Mit dem Rückbau des vorhandenen Oberbaus sollten jedoch baubegleitende Messungen zur weiteren Absicherung der bisherigen Ergebnisse durchgeführt werden.

3.7.3 Bodenmechanische Eignung

Die talseitig im Bereich der Dammaufstandsflächen bzw. dem Umflutbauwerk und der Stützwand zum Aushub gelangenden Böden (Hang-/Auelehm, lokal Hangschutt bzw. Bach-/Flussschotter) sind als bindig bis gemischtkörnig, Bodengruppe [TL] – [TM] / [OT] / [GT*], zu bezeichnen.
Aus regionalen Erfahrungen kann dieses Bodengemisch nur unter Beachtung eines nahezu optimalen Wassergehaltes eingebaut werden. Bei hohem Wassergehalt ist eine Bodenverbesserung mit Mischbindemittel erforderlich. Bei einem Mischbindemittel C 30 ist beispielsweise mit einer Bindemittelzugabe von etwa 5 M-% bis 7 M-% zu rechnen.
Entsprechend der beim Erdbau allgemein wechselnden Witterung, z.B. lang anhaltender Niederschlag bzw. längere Trockenperioden, muss jedoch mit einer schwankenden Bindemittelzugabe gerechnet werden. Dies erfordert während der Bauausführung entsprechende Eignungsnachweise, welche durch den AN auszuführen sind.

Im Bereich der Hanganschnitte besteht der zu erwartende Aushub bzw. Ausbruch aus Hangschutt, Hanglehm und Fels. Nach dem Aussortieren größerer Steine aus dem Felsbruch bzw. dem mechanischen Aufbereiten des Felsbruches ist das Bodengemisch als gemischtkörnig bis nichtbindig, Bodengruppe [GU] – [GI], zu bezeichnen und kann unter Beachtung eines nahezu optimalen Wassergehaltes als Dammschüttung lagenweise eingebaut werden.

Weiter sind Austauschmassen, wie beispielsweise eine Vorabsiebung aus regionalen Steinbrüchen mit einer Körnung von 0/40 … 0/60 mm, mit einem Sand- und Feinkornanteil von 20 … 35 M-% und einem Feinkornanteil von max. 12 … 15 M-% oder Bodenaushub anderer Baustellen der Bodengruppen [GU] / [SU] zu verwenden.
Bei Verwendung einer „Bewehrten Erde Konstruktion“ sind für das einzubauende Mineralstoffgemisch die Vorgaben aus den statischen Berechnungen zu beachten.

Die endgültigen Schütthöhen der Dämme sind in Abhängigkeit des einzubauenden Bodens und des verwendeten Verdichtungsgerätes festzulegen, sollten jedoch Höhen von 30 cm nicht übersteigen. Ebenso ist die Anzahl der Verdichtungsübergänge auf der Baustelle festzulegen. Aus unseren Erfahrungen ist das Anlegen von Probeflächen unbedingt erforderlich und sollte daher in das LV der Ausschreibung aufgenommen werden.

Beim Einbau von Aushub- bzw. Austauschmaterial sind generell größere Steine vollständig mit kleinkörnigem Material zu umhüllen, bzw. Steine mit einem Durchmesser > 0,20 m auszutauschen. Im Winter ist darauf zu achten, dass kein gefrorener Boden eingebaut wird.

Eine ausreichende Verdichtung im Bereich der Dämme bzw. Bauwerksverfüllung, sowie auf dem Verkehrsflächenplanum ist gemäß ZTV E-StB 17 zu fordern und auf der Baustelle, entsprechend dem Baufortschritt, zu überwachen (Verdichtungsprüfungen als Eigenüberwachung und Kontrollprüfungen des AG).

4 Abschließende Bemerkungen

Die Anzahl, Art und Tiefe der Aufschlüsse wurde gemäß der Aufgabenstellung des AG‘s durch den Unterzeichner vorgeschlagen, dem AG beauftragt und an die Erkundungsergebnisse angepasst.

Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass die Aufschlüsse nur Stichproben im Untergrund darstellen. Sie ermöglichen für unmittelbar angrenzende Bereiche Wahrscheinlichkeitsaussagen zu den zu erwartenden Verhältnissen.

Auch bei Abfalluntersuchungen handelt es sich um Stichproben. Bereits aus Kostengründen kann nicht jedem einzelnen Substrat durch analytische Belege nachgegangen werden. Verschiedenste Mineralpartikel und Substanzen sind wechselnd anthropogen und geogen bedingt unregelmäßig in Böden verteilt. Sie verursachen Streuungen der Konzentrationen von durch abfalltechnische Prüfparameter erfassten Komponenten. Daher unterliegen Labormesswerte je nach konkreten Orten von Probenahmen entsprechenden Schwankungen. Diese können von den vorliegenden Befunden negativ oder positiv abweichen sowie auch die der Größenordnung von Spurenanalytik entsprechenden Grenzwerte abfalltechnischer Zuordnungen überschreiten.
Die vorliegende Abfalluntersuchung hat einen überschlägigen Charakter, so dass eine baubegleitende Analytik, einschließlich der dafür erforderlichen Lagerflächen, notwendig wird.

Hinsichtlich der Minimierung des Baugrundrisikos, welches sich bereits u.a. aus den vorgenannten Wahrscheinlichkeitsaussagen für den Bauherrn ergibt, werden während der Bauphase Abnahmen zu den Baugrundverhältnissen und den Sicherungsarbeiten an den hangseitigen Böschungen durch einen Sachverständigen empfohlen.

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.

_____ _____ _____