

Revitalisierung der Luppe – Lebendige Luppe

Geotechnische Untersuchung / Baugrundhauptuntersuchung BA 4 – Zschampert, Abschnitt 4F

Geotechnischer Bericht



Förderer



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



Projektpartner



Stadt Leipzig
Amt für Stadtgrün und Gewässer



UNIVERSITÄT LEIPZIG



HELMHOLTZ
ZENTRUM FÜR
UMWELTFORSCHUNG
UFZ



Das Projekt "Lebendige Luppe" wird durch das Bundesamt für Naturschutz mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit im Rahmen des Bundesprogramms Biologische Vielfalt gefördert. Es ist ein Schlüsselprojekt des Grünen Rings Leipzig.

leben.natur.vielfalt
das Bundesprogramm

Auftraggeber:

Stadt Leipzig

Amt für Stadtgrün und Gewässer
Abt. Wasserwirtschaft/Flächenmanagement
Prager Straße 118 - 136, 04317 Leipzig
☎ (0341) 123 - 6100



Stadt Leipzig

Auftragnehmer:

Planungsgesellschaft Scholz + Lewis mbH

An der Pikardie 8
01277 Dresden
☎ (0351) 21 683 - 30



Projektleiter,

Projektbearbeiter: Dipl.-Ing. N. Menz

Projektbearbeiter: Geol.-Techn. T. Müller

Dipl.-Geophys. U. Hoffmann

U. Hoffmann
.....
T. Müller
.....
N. Menz
.....

Inhaltsverzeichnis

1.	Veranlassung und Aufgabenstellung	4
2.	Geplante Maßnahmen.....	4
3.	Unterlagen	5
4.	Grundlagen und bestehende Verhältnisse	6
4.1	Territoriale Einordnung	6
4.2	Geologische und hydrogeologische Verhältnisse	6
4.3	Vorhandene Baugrundinformationen	7
5.	Geotechnische Kategorie.....	8
6.	Untersuchungsprogramm	8
6.1	Vorbemerkungen	8
6.2	Bohrstocksondierungen	8
6.3	Rammkernsondierungen und schwere Rammsondierungen	9
6.4	Probenahme und Laboruntersuchungen	10
6.4.1	Probenahme	10
6.4.2	bodenmechanische Laboruntersuchungen.....	12
6.4.3	chemische Laboruntersuchungen – Boden/sonstiges Material	12
6.4.4	chemische Laboruntersuchungen – Grundwasser / Oberflächenwasser	13
7.	Auswertung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse	13
7.1	Ergebnisse der Aufschlüsse / Schichtmodell	13
7.2	Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen.....	15
7.3	Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen.....	19
8.	Beschreibung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse.....	22
8.1	Baugrund	22
8.2	Grundwasser.....	24
8.3	Bodenklassifikation	25
8.4	Homogenbereiche.....	25
8.5	Bodenkennwerte	28
9.	Empfehlungen zur Bauausführung	29
9.1	Allgemeine Hinweise.....	29
9.2	Gewässerprofilierung	30
9.3	Gründungsempfehlung Gewässerfurt	32
9.4	Gründungsempfehlung Brücke	32
9.5	Baugruben und Wasserhaltung	33
9.6	Wegebau.....	35
9.7	Bohr- und Rammbarkeit.....	35
9.8	Wiederverwendung von Aushubmaterial	35
10.	Schlussbemerkung.....	37

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1: Übersichtskarte
- Anlage 2: Lageplan mit geotechnischen Aufschlüssen
- Anlage 3: Baugrundaufschlüsse
 - Anlage 3.1 Bohrstocksondierungen (BS)
 - Anlage 3.2 Rammkernsondierungen (RKS)
 - Anlage 3.3 schwere Rammsondierungen (DPH)
 - Anlage 3.4 Altaufschlüsse
- Anlage 4: bodenmechanische Laboruntersuchungen
- Anlage 5: chemische Laboruntersuchungen
 - Anlage 5.1 chemische Laboruntersuchungen – Boden
 - Anlage 5.2 chemische Laboruntersuchungen – sonstige Materialien
 - Anlage 5.3 chemische Laboruntersuchungen – Wasser
- Anlage 6: Ingenieurgeologische Schnitte
- Anlage 7: Kampfmittel / Beweissicherung

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1	Übersicht vorhandene Baugrundaufschlüsse	7
Tabelle 6-1	Übersicht Bohrstocksondierungen	9
Tabelle 6-2	Übersicht Aufschlüsse und Erkundungstiefen.....	10
Tabelle 6-3	Mischprobenzusammenstellung.....	11
Tabelle 6-4	chemische Laboruntersuchungen - Boden	12
Tabelle 6-5	chemische Laboruntersuchungen – Grund-/Oberflächenwasser.....	13
Tabelle 7-1	Allgemeines Schichtmodell	13
Tabelle 7-2	Zusammenhang von Lagerungsdichte, Reibungswinkel und Schlagzahl N_{10} bei schweren Rammsondierungen (DPH)	15
Tabelle 7-3	Auswertung der Schlagzahlen N_{10} der DPH.....	15
Tabelle 7-4	Kenngößen der Kornverteilung und abgeleitete k_f -Werte	16
Tabelle 7-5:	Konsistenzgrenzen und Wassergehalt bindiger Böden	17
Tabelle 7-6:	Organische Anteile.....	17
Tabelle 7-7:	Dichte bindiger Böden	18
Tabelle 7-8:	Wasserdurchlässigkeit	19
Tabelle 7-9	Ergebnisse Scherversuche von /8/	19
Tabelle 7-9	Ergebnisse chemischer Laboruntersuchungen.....	19
Tabelle 8-1	Grundwasserstände	24
Tabelle 8-1	Bodenklassifikation	25
Tabelle 8-2	Homogenbereiche nach DIN 18300 (GK 2), DIN 18301 und DIN 18304	26
Tabelle 8-3	Bodenkennwerte	28
Tabelle 9-1	Bezug Gewässersohle zu UK Auelehm	31

1. Veranlassung und Aufgabenstellung

Im Rahmen des Vorhabens „Lebendige Luppe – Attraktive Auenlandschaft als Leipziger Lebensader“ plant die Stadt Leipzig, vertreten durch das Amt für Stadtgrün und Gewässer, die naturnahe Gewässerlaufgestaltung des Zschampert zwischen dem Saale-Leipzig-Kanal und dem Waldrand des FFH-Gebietes „Leipziger Auensystem“. Als Grundlage für die Entwurfs- und Genehmigungsplanung sollen die Baugrundverhältnisse entlang des zukünftigen Gewässerabschnittes untersucht werden. Gegenstand der Untersuchungen ist gemäß der Leistungsbeschreibung /1/ der Fließgewässerabschnitt 4F und das Bauwerk F1.

Die Planungsgesellschaft Scholz+Lewis mbH wurde von der Stadt Leipzig, vertreten durch das Amt für Stadtgrün und Gewässer beauftragt, die geotechnische Untersuchung / Baugrundhauptuntersuchung im Fließgewässerabschnitt 4F durchzuführen. Gemäß Leistungsbeschreibung /1/ soll neben der Erkundung der allg. Baugrund- und Grundwasserverhältnisse insbesondere die Versickerungsfähigkeit der Böden geklärt werden. Das heißt die Verteilung und die Mächtigkeit von bindigen, gering durchlässigen, oberflächennahen Schichten in Bezug auf die geplanten Sohlzeiten bzw. der vorhandenen Sohlzeit ist festzustellen.

Gegenstand dieses Geotechnischen Berichtes nach DIN EN 1997-1 und DIN 4020 ist die Auswertung und Beurteilung der durchgeführten Baugrunduntersuchungen.

2. Geplante Maßnahmen

Derzeit liegt noch kein abgeschlossener Planungsstand vor. Im Rahmen der Anlaufberatung am 12.05.2020 und mit Präzisierung vom 29.05.2020 /2/ wurde folgendes mitgeteilt:

- Die geplante Gewässerlaufgestaltung ist entlang des derzeitigen Gewässerverlaufs innerhalb eines etwa 30 m breiten Entwicklungskorridors vorgesehen (jeweils ca. 15 m beidseits der Gewässerachse). Der Korridor und die geplante Achse wurden digital übergeben /2/. Die Länge des Korridors beträgt ca. 1.200 m. Eine Stationierung liegt noch nicht vor.
- Im Bereich der Feldwegquerung ist eine Furt vorgesehen (Bauwerk F1). Für den Bereich der Furt und den sich anschließenden südlichen Gewässerlauf liegt ein Planungsquerschnitt (aktueller Bearbeitungsstand Vorplanung) vor.
- Durch den Planer wurden mit Nachricht vom 29.05.2020 die geplanten Aufschlusspunkte präzisiert.

Gemäß der Leistungsbeschreibung /1/ soll der Durchlass am Saale-Leipzig-Kanal unverändert bestehen bleiben. Der vorhandene Bahnstreckenabschnitt ist außer Betrieb. Die in diesem Bereich bestehenden Bauwerke sollen rückgebaut werden.

- Gemäß dem aktuellen Planungsstand (Stand Ende August 2020) soll im Bereich der Feldwegquerung (Bauwerk F1) anstatt einer Furt ein Brückenbauwerk errichtet werden.

3. Unterlagen

- /1/ Leistungsbeschreibung und Leistungsverzeichnis aus Vergabeverfahren, Vorhaben: Lebendige Luppe – Attraktive Auenlandschaft als Leipziger Lebensader, Los 6 - Geotechnische Untersuchung / Baugrundhauptuntersuchung BA 4 – Zschampert, Abschnitt 4F, Stadt Leipzig, Amt für Stadtgrün und Gewässer, Abt. Wasserwirtschaft/Flächenmanagement, 08.11.2019.
- /2/ Korridor und Achse für Baugrunduntersuchung, Anpassungen und Änderungsvorschläge, Zschampert Abschnitt 4F, shp-File und als DWG in der Ausgabe ETRS89/33N, bgmr Landschaftsarchitekten GmbH, 29.05.2020
- /3/ Korridor und Achse zum 4.BA Lebendige Luppe, Zschampert Abschnitt 4F als DWG in der Ausgabe ETRS89/33N und RD83, bgmr Landschaftsarchitekten GmbH, 13.05.2020
- /4/ Lageplan Zschampertrevitalisierung Lagebezugssystem RD83, Klemm & Hensen, M 1:500, Juni 2001, konvertiert in das Lagebezugssystem ETRS89/UTM33N durch bgmr Landschaftsarchitekten GmbH, 14.05.2020
- /5/ Vermessung im dwg-Format (Lageplan, Querprofile), Übergabe durch bgmr Landschaftsarchitekten GmbH, 06.08.2020
- /6/ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie – digitale Bohrdaten aus dem Landesbohrarchiv, AZ 2020-05-14, Abfrage vom 14.05.2020, Übergabe vom 20.05.2020.
- /7/ Baugrundvoruntersuchung, GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH, digital, 14.03.2014.
- /8/ Baugrundhauptuntersuchung für Entwurfsvariante BA4 Zschampert (ohne den Abschnitt 4F), GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH, digital, 05.11.2019.
- /9/ Bodendaten Peter Zergiebel 04/2019, Tabelle mit Aufschlussbezeichnung, Koordinaten, Tiefen und Angaben zur Schadstoffbelastung, Übergeben durch AG am 13.05.2020.
- /10/ Erkundungskonzept zur Baugrundhauptuntersuchung, Lebendige Luppe, BA 4 – Zschampert, Abs.4F, Planungsgesellschaft Scholz+Lewis mbH, 29.05.2020.
- /11/ Geotechnischer Bericht - Ergebnisse der Bohrstocksondierungen, Lebendige Luppe, BA 4 – Zschampert, Abs.4F, Planungsgesellschaft Scholz+Lewis mbH, 08.07.2020.
- /12/ Geologische Karte der eiszeitlich bedeckten Gebiete von Sachsen. Blatt 2565 Leipzig, M 1:50.000, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 1996
- /13/ Lithofazieskarte Quartär. Blatt 2565 Leipzig, M 1 50.000, ZGI der DDR, Berlin 1973.
- /14/ Hydrogeologische Karte der DDR (HK50), Blatt Halle (Saale) O / Leipzig N Nr. 1106-3/4, M 1:50.000, 1. Auflage, Zentrales geologisches Institut, Berlin 1984.
- /15/ DIN EN 1997-1: 2014-03 „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln“.
- /16/ DIN EN 1997-2: 2010-10 “Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds“.
- /17/ DIN 1054: 2010-12: „Baugrund – Standsicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“.
- /18/ DIN 4020: 2010-12 „Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2“.
- /19/ LAGA TR Boden – Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Bodenmaterial, Ausgabe 2004

- /20/ „Informationsblatt Abfall – Nr.6 – Gleisschotter“ Freistaates Thüringen, Landesamt für Bau und Verkehr, Stand 15.12.2016.
- /21/ RuVA-StB 2001: Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer- / pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt, FGSV, Ausgabe 2001, Fassung 2005
- /22/ Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen - RStO 12, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement, Ausgabe 2012
- /23/ Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.: Arbeitsblatt DWA-A 904, Richtlinien für den ländlichen Wegebau, Oktober 2005
- /24/ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau ZTV E-StB 17, Ausgabe 2017

4. Grundlagen und bestehende Verhältnisse

4.1 Territoriale Einordnung

Der zu untersuchende Gewässerabschnitt des Zschampert beginnt unmittelbar nördlich der Querung mit dem Saale-Leipzig-Kanal (Elster-Saale-Kanal) und endet am Südrand der bewaldeten Luppe Aue.

Der Zschampert verläuft im Untersuchungsgebiet auf der Gemarkungsgrenze zwischen der Stadt Leipzig (östlich des Zschampert) und der Großen Kreisstadt Schkeuditz im Landkreis Nordsachsen (westlich des Zschampert).

Der Zschampert ist ein Gewässer 2. Ordnung. Die Fließrichtung ist nach Norden gerichtet. Er hat laut /1/ eine Länge von ca. 15,0 km und ein Einzugsgebiet von ca. 22 km². Die Wasserführung wurde in /1/ als periodisch eingeschätzt. Zum Zeitpunkt der Ortsbegehung am 20.05.2020 führte der Zschampert Wasser. Das Gewässerprofil weist Tiefen zwischen 1 – 1,7 m und eine Sohlbreite von ca. 1,5 – 2,5 m, stellenweise bis 3 m, auf.

4.2 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Das Untersuchungsgebiet liegt großräumig in der Leipziger Tieflandbucht und hier innerhalb der Elster-Luppe-Aue. Der oberflächennahe Untergrund ist vordergründig durch quartäre Bildungen in Form von holozänen und pleistozänen Sedimenten geprägt. Aus dem geologischen Kartenmaterial /12/ - /14/ ergibt sich folgende stratigraphische Abfolge vom Hangenden zum Liegenden:

- Unter dem Oberboden stehen als oberste Schichten überwiegend fluviatile Bildungen des Holozäns (fHo) in Form von feinsandigen Schluffen („Auelehm“) sowie Sanden und Kiesen („Auesand/-kies“) an. Es werden nur geringe Mächtigkeiten der Auelehme von bis 1,0 m ausgewiesen.
- Zwischen dem Saale-Leipzig-Kanal und der ehemaligen Bahnstrecke sind als oberste Schicht auch fluviatile Bildungen der Weichsel-Kaltzeit (fW) in Form von Lehmen, Sanden und lehmigen Sanden über Sanden und Kiesen sowie Kalkmudden ausgewiesen.
- An der Quartärbasis bei ca. 90 mNHN stehen tertiäre Bildungen des Oligozäns (TT3) in Form von terrestrischen Sanden der Cottbusser Folge und von marinen Sanden und Schluffen der Böhlener Folge an.

Die holozänen und weichselkaltzeitlichen Sande und Kiese bilden den quartären Grundwasserleiter GWL 1 (S3n-Ho), welcher in hydraulischer Verbindung zum Hauptvorfluter Luppe / Weiße Elster steht. In der HK50 ist ein mittlerer Grundwasserstand bei etwa 97 mHN ausgewiesen. Die Mächtigkeit des GWL 1 wird in /14/ mit > 5 bis 10 m angegeben. Die mittlere Durchlässigkeit des GWL 1 ist mit $>8,0 \times 10^{-4} - >1 \times 10^{-3}$ m/s ausgewiesen. Die Grundwasserfließrichtung ist großräumig bei mittleren Verhältnissen in westliche Richtung gerichtet. Das mittlere Grundwassergefälle beträgt etwa 0,1 %.

Im Bereich der ehemaligen Bahnstrecke sind eisenbahnspezifische Auffüllungen vorhanden (Gleisschotter) bzw. zu erwarten. Altlastenverdachtsflächen sind für das Untersuchungsgebiet nicht bekannt.

4.3 Vorhandene Baugrundinformationen

Im Bereich des Untersuchungsgebietes liegen aus den Unterlagen /6/ - /8/ die folgenden Aufschlüsse vor.

Tabelle 4-1 Übersicht vorhandene Baugrundaufschlüsse

Unterlage	Aufschluss	Tiefe [m]	Laborversuche
Landesbohrdatenbank des LfULG /6/	43 Bohrungen aus den Jahren 1927 - 1980	5,0 – 25,0	keine
GGL, Baugrundvoruntersuchung, 2014 /7/	RKS 40/13 DPH 20/13	6,0	1 Kornverteilung 1 Konsistenzgrenzen
GGL, Baugrundhauptuntersuchung, 2019 /8/	BW3.46 BK 01/19 BW RKS 01/19 BW DPH 01/19 BW	12,0 8,0 8,0	3 Kornverteilung 2 Konsistenzgrenzen 1 Glühverlust 1 Scherfestigkeit 1xBetonaggressivität Wasser 1xLAGA Oberboden (>Z2)
Bodendaten Peter Zergiebel 2019 /9/	RKS 01 - 03/19S RKS 51/19S	4,0 5,0	Ggf. vorhanden, liegen nicht vor.

Die in der Tabelle aufgeführten Aufschlüsse wurden im Lageplan zur Grundlagenermittlung /10/ dargestellt. Die für die weitere Bearbeitung nutzbaren Altaufschlüsse sind im Lageplan (Anlage 2) enthalten. In der Anlage 3.4 sind die Schichtenprofile der Altaufschlüsse sowie die vorliegenden bodenmechanischen Laborversuche zusammengestellt.

Von den 43 Altaufschlüssen aus der Landesbohrdatenbank liegen 12 im Bereich des Erkundungskorridors. Die vorliegenden Schichtenprofile dieser Altaufschlüsse liefern folgende allgemeine Informationen zum Schichtenaufbau:

- geringmächtige, bindige Deckschichten aus sandigen Schluffen (ca.0,5 - 1,0 m)
- darunter vorwiegend schluffige Mittelsande und im weiteren stark sandige Kiese
- am Beginn der Trasse (B22...1980) wurde bis zu 2,0 m mächtiger Faulschlamm (Sapropel) erkundet.

Die aus den Untersuchungen von GGL /7/ und /8/ vorliegenden Aufschlüsse liegen am Ende des Untersuchungsgebietes und können für die weitere Bearbeitung verwendet werden.

Für die Aufschlüsse von Peter Zergiebel 2019 /9/ liegen keine Schichtenprofile und Laborversuche vor, so dass eine Einschätzung zur Weiterverwendbarkeit derzeit nicht möglich ist.

5. Geotechnische Kategorie

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Informationen zum Baugrund, Grundwasser und zur Art des geplanten Bauwerkes (naturnah gestaltetes Gewässerprofil, einfaches Brückenbauwerk als Gewässerquerung) erfolgt die Einstufung gemäß DIN 1054: 2010-12 /17/, DIN EN 1997-1 /15/ i. V. mit DIN 4020 /18/ in die geotechnische Kategorie (GK) 2.

Bei Verhältnissen, die mindestens der geotechnischen Kategorie GK 2 entsprechen, sind gemäß DIN EN 1997-2 /16/ i. V. mit DIN 4020 /18/ direkte Aufschlüsse erforderlich. Die für die Beurteilung und die Berechnung notwendigen Baugrundkenngrößen müssen versuchs-technisch und/oder mit Hilfe von Korrelationen bestimmt werden.

6. Untersuchungsprogramm

6.1 Vorbemerkungen

Im Rahmen des Erkundungskonzeptes /10/ wurden Art und Umfang der Untersuchungen festgelegt.

An den geplanten Ansatzpunkten erfolgte durch die Firma BGN Bohr- und Geotechnik Nowak GmbH eine Kampfmittelüberprüfung mittels Oberflächensondierung. Ein Verdacht auf Kampfmittel wurde ausgeschlossen. Die vor Ort gekennzeichneten Aufschlusspunkte wurden freigegeben. Das zugehörige Protokoll ist in Anlage 7 enthalten.

Für die Ansatzpunkte der Aufschlüsse und die Zuwegung zu den Ansatzpunkten erfolgte eine einfache Beweissicherung mittels Fotodokumentation (Anlage 7).

Aufgrund von Auflagen der unteren Naturschutzbehörde (Schreiben vom 15.06.2020, AZ: 412/BL/692.41/2020) wurde die im Zeitraum vom 15.06. – 19.06. 2020 angezeigte Ausführung von Rammkernsondierungen nicht genehmigt. Für die Ausführung der Aufschlüsse außerhalb der Gewässerachse wurde die Genehmigung ab 16.07.2020 erteilt. Die Aufschlüsse in Gewässerachse waren erst ab 01.09.2020 möglich und wurden am 03.09.2020 ausgeführt.

Auf Vorschlag und in Abstimmung mit dem Auftraggeber wurden kurzfristig am 19.06.2020 (Ostseite) und am 26.06.2020 (Westseite) geräuscharme Bohrstocksondierungen im Bereich der im Erkundungskonzept /10/ geplanten Querprofile ausgeführt. Die Ergebnisse der Bohrstocksondierungen wurden in einem Kurzbericht dokumentiert /11/.

6.2 Bohrstocksondierungen

Im Rahmen der vorgezogenen Erkundungsarbeiten wurden durch die Planungsgesellschaft Scholz+Lewis mbH am 19.06.2020 (Ostseite) und am 26.06.2020 (Westseite) insgesamt 25 Bohrstocksondierungen (BS) mittels drehbarem Handbohrer und mittels Pürckhauer Bohrstock ausgeführt. Aufschlussbedingt wurden überwiegend Erkundungstiefen von 1,0 m vereinzelt auch bis 1,3 m erreicht.

Die Ansatzpunkte der Bohrstocksondierungen lagen auf den im Erkundungskonzept geplanten Erkundungspunkten der Rammkernsondierungen. An den geplanten QP 1 und 7 erfolgten aufgrund vorhandener Wege-/Uferbefestigungen keine Bohrstocksondierungen. Aufgrund des oberflächlich anstehenden grobkörnigen Materials im Bereich des QP 5 erfolgten hier ebenfalls keine Bohrstocksondierungen.

Vor Ort erfolgte die Beurteilung und Beschreibung der aufgeschlossenen Böden nach DIN EN ISO 14688. Die graphische Darstellung erfolgte in Schichtenprofilen nach DIN 4023 (Anlage 3.1).

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick zu den ausgeführten Bohrstocksondierungen.

Tabelle 6-1 Übersicht Bohrstocksondierungen

QP	gepl. Aufschluss lt. /10/	Korridor Westen Abstand zur Achse		Achse	Korridor Osten Abstand zur Achse		Bemerkung
		ca. 15 m	ca. 6 m		ca. 6 m	ca. 15 m	
QP 1	RKS 1- 3	Es wurden keine Bohrsondierungen ausgeführt.					teilw. Uferbefestigung
--	RKS I	--	--	--	--	BS I	
--	RKS II	--	--	--	--	BS II	
QP 2	RKS 1- 5	BS 1	BS 2	--	BS 4	BS 5	
QP 3	RKS 1- 3		BS 1	--	BS 3		
QP 4	RKS 1- 5	BS 1	BS 2	--	BS 4	BS 5	
QP 5	RKS 1- 3	Es wurden keine Bohrsondierungen ausgeführt.					Bahnstrecke
QP 6	RKS 1- 5	BS 1	BS 2	--	BS4	BS 5	
QP 7	RKS 1- 3	Es wurden keine Bohrsondierungen ausgeführt.					Wegebefestigung
	DPH 1-2						
QP 8	RKS 1- 5	BS 1	BS 2	--	BS 4	BS 5	
QP 9	RKS 1- 5	BS 1	BS 2	--	BS 4	BS 5	
QP 10	RKS 1	--	--	--	BS 1	--	
Anzahl		11 BS		--	14 BS		

6.3 Rammkernsondierungen und schwere Rammsondierungen

Die Ausführung der Aufschlüsse erfolgte an den geplanten Ansatzpunkten aus dem Erkundungskonzept. Die genaue Lage ist aus dem Lageplan der Anlage 2 ersichtlich.

Bislang wurden 33 Kleinbohrungen in Form von unverrohrten Kleinrammbohrungen (RKS) mit Bohrdurchmesser $d \geq 50 - 80$ mm ausgeführt. Die geplanten Erkundungstiefen von 4,0 bzw. 6,0 m wurden durchgehend erreicht.

Vor Ort erfolgte die Beurteilung und Beschreibung der aufgeschlossenen Böden nach DIN EN ISO 14688. Die graphische Darstellung erfolgte in Schichtenprofilen nach DIN 4023 (Anlage 3.2).

Zur Beurteilung der Lagerungsdichte nichtbindiger Böden wurden 2 schwere Rammsondierungen (DPH) bis 6,0 m ausgeführt. Die Versuche erfolgten gemäß der DIN EN ISO 22476-2. Während der Ausführung wurde die Sondiertiefe und Schlagzahl je 10 cm Eindringung N_{10} fortlaufend in Rammprotokollen aufgezeichnet. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte in Rammdiagrammen nach DIN EN ISO 22476-2 (Anlage 3.3).

Alle Aufschlüsse wurden lage- und höhenmäßig eingemessen.

Abweichend zum Erkundungskonzept wurden in Abstimmung mit dem Planer (bgmr Landschaftsarchitekten GmbH) im Bereich des Altlaufes des Zschampert (südlich und nördlich der Bahnstrecke) je eine RKS bis 4 m ausgeführt.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick zu den ausgeführten RKS und DPH.

Tabelle 6-2 Übersicht Aufschlüsse und Erkundungstiefen

QP	Aufschluss lfd. Bez.	Korridor Westen Abstand zur Achse		Achse	Korridor Osten Abstand zur Achse		Bemerkung
		ca. 15 m	6 m		ca. 6 m	ca. 15 m	
QP 1	RKS 1- 3		4	2	4		
--	RKS I					4	Eingrenzung Faulschlamm
--	RKS II					4	
QP 2	RKS 1- 5	4	4	2	4	4	
QP 3	RKS 1- 3		4	2	4		
QP 4	RKS 1- 5	4	4	2	4	4	
--	RKS III					4	Altlauf Zschampert
QP 5	RKS 1- 3		4	2	4		Bahnstrecke
--	RKS IV					4	Altlauf Zschampert
QP 6	RKS 1- 5	4	4	2	4	4	
QP 7	RKS 1- 3		6	2	6		Wegquerung
	DPH 1-2		6		6		
QP 8	RKS 1- 5	4	4	2	4	4	
QP 9	RKS 1- 5	4	4	2	4	4	
QP 10	RKS 1				4		
Anzahl RKS		Gesamt: 42 Stück					
Anzahl DPH		2 Stück					

6.4 Probenahme und Laboruntersuchungen

6.4.1 Probenahme

Probenahme aus Bohrstocksondierungen

Aus den Bohrstocksondierungen wurden insgesamt 56 gestörte Bodenproben der Güteklassen 3 und 4 nach DIN EN 1997-2 entnommen (Probenahmekategorie B nach DIN EN ISO 22475-1). Die Proben wurden je nach erforderlicher Probenmenge in feuchtigkeitsbeständige Kunststoff-Becher (1-2 kg) abgefüllt.

Je Bohrstocksondierung wurde eine Probe des Oberbodens und 1 – 2 Proben aus dem Bereich des Auelehms entnommen. Die Proben sind in den Schichtenprofilen der Anlage 3.1 verzeichnet.

Probenahme aus Rammkernsondierungen

Es wurden 110 gestörte Bodenproben der Güteklassen 3 und 4 nach DIN EN 1997-2 aus den RKS entnommen (Probenahmekategorie B nach DIN EN ISO 22475-1). Die Proben wurden je nach erforderlicher Probenmenge in feuchtigkeitsbeständige Kunststoff-Becher (1-2 kg) abgefüllt. Die Proben sind in den Schichtenprofilen der Anlage 3.2 verzeichnet.

Ungestörte Probenahme

Bei den Aufschlüssen BS II, QP4-RKS 1, QP8-RKS 1 und QP9-RKS 2 wurde je eine ungestörte Bodenprobe der Güteklasse 1 nach DIN EN 1997-2 mittels Entnahmestutzen entnommen (Probenahmekategorie A nach DIN EN ISO 22475-1).

Mischprobenherstellung

Für die bodenchemischen Laboruntersuchungen wurden aus den potentiellen Abtragsbereichen des Oberbodens und des Auelehms sowie aus den unterhalb anstehenden Sanden und Kiesen schichtrepräsentative Mischproben gebildet, die jeweils aus mehreren Einzelproben zusammengestellt worden sind. In der folgenden Tabelle ist die Mischprobenzusammenstellung aufgeführt.

Tabelle 6-3 Mischprobenzusammenstellung

Abtragsbereich Oberboden			Abtragsbereich Auelehm		
Aufschluss	Probe	Mischprobe	Aufschluss	Probe	Mischprobe
QP 2 - BS 4	P 1	MP OB 1-Ost	QP 2 - BS 4	P 2	MP AL 1-Ost
QP 3 - BS 3	P 1		QP 2 - BS 5	P 2	
QP 4 - BS 4	P 1		QP 4 - BS 4	P 2	
			QP 4 - BS 5	P 2	
QP 8 - BS 4	P 1	MP OB 2-Ost	QP 8 - BS 4	P 2	MP AL 2-Ost
QP 9 - BS 4	P 1		QP 9 - BS 4	P 2	
QP 10 - BS 1	P 1		QP 10 - BS 1	P 2	
QP 2 - BS 2	P 1	MP OB 3-West	QP 2 - BS 2	P 2	MP AL 3-West
QP 3 - BS 1	P 1		QP 3 - BS 1	P 3	
QP 4 - BS 2	P 1		QP 4 - BS 1	P 2	
			QP 4 - BS 2	P 2	
QP 8 - BS 2	P 1	MP OB 4-West	QP 8 - BS 1	P 2	MP AL 4-West
			QP 8 - BS 2	P 2	
QP 9 - BS 2	P 1		QP 9 - BS 1	P 2	
			QP 9 - BS 2	P 2	
Abtrags-/Auftragsbereich Sande/Kiese			Abtragsbereich Sediment		
Aufschluss	Probe	Mischprobe	Aufschluss	Probe	Mischprobe
QP 2-RKS 2	P 3	MP S/G 1	QP 1-RKS 3	P 1	MP Sed 1
QP 3-RKS 1	P 2		QP 3-RKS 2	P 1	
QP 3-RKS 3	P 2		QP 4-RKS 3	P 1	
QP 4-RKS 1	P 2		QP 5-RKS 2a	P 1	
QP 6-RKS 4	P 3	MP S/G 2	QP 6-RKS 3	P 1	MP Sed 2
QP 8-RKS 5	P 3		QP 7-RKS 2A	P 1	
QP 9-RKS 2	P 2		QP 8-RKS 3	P 1	
			QP 9-RKS 3	P 1	

Probenahme Grundwasser

Für die Grundwasserprobenahme wurde der Aufschluss QP7-RKS 1 als temporärer Pegel ausgebaut und die Grundwasserprobe WP QP7-1 als Pumpprobe entnommen.

Probenahme Oberflächenwasser

Für die chemische Analyse des Oberflächenwassers des Zschampert wurde eine Schöpfprobe im Bereich der QP 1 und 2 entnommen.

6.4.2 bodenmechanische Laboruntersuchungen

An ausgewählten Einzelproben wurden bislang folgende bodenmechanische Laboruntersuchungen durch das Labor der Planungsgesellschaft Scholz + Lewis mbH durchgeführt:

- 10x Korngrößenverteilung, Siebung n. nassem Abtrennen der Feinteile und
- 12x Korngrößenverteilung durch Siebung u. Sedimentation n. DIN EN ISO 17892 Teil 4
- 9x Konsistenzgrenzen (Fließ- und Ausrollgrenze) n. DIN EN ISO 17892 Teil 12,
- 15x Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1,
- 10x Glühverlust n. DIN 18128,
- 12x Korndichte n. DIN EN ISO 17892 Teil 3,
- 4x Bestimmung der Dichte n. DIN EN ISO 17892 Teil 2,
- 2x Proctordichte u. optimaler Wassergehalt n. DIN 18127 - Proctor A – bindig,
- 2x Wasserdurchlässigkeit n. DIN EN ISO 17892 Teil 11 bzw. DIN 18130.

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen sind in Anlage 4 enthalten.

6.4.3 chemische Laboruntersuchungen – Boden/sonstiges Material

In der nachfolgenden Tabelle ist der Untersuchungsumfang der einzelnen Proben aufgeführt.

Tabelle 6-4 chemische Laboruntersuchungen - Boden

Probe	Bodenart	Untersuchungsumfang
MP OB 1-Ost	Oberboden	TR LAGA Boden 2004, Tab. II.1.2.-1 (Mindestuntersuchungsprogramm für Boden bei unspezifischem Verdacht) sowie Ergänzungsparameter n. BBodSchV
MP OB 2-Ost	Oberboden	
MP Sed 1	Sediment	
11330_QP 6 - BS 4_P 1	Oberboden	TR LAGA Boden 2004, Tab. II.1.2.-1 (Mindestuntersuchungsprogramm für Boden bei unspezifischem Verdacht)
MP OB 3-West	Oberboden	
MP OB 4-West	Oberboden	
MP AL 1-Ost	Schluff	TR LAGA Boden 2004, Tab. II.1.2.-1 (Mindestuntersuchungsprogramm für Boden bei unspezifischem Verdacht)
MP AL 2-Ost	Schluff	
11330_QP 6 - BS 4_P 2	Schluff	
MP AL 3-West	Schluff	
MP AL 4-West	Schluff	
MP S/G 1	Sand/Kies	TR LAGA Boden 2004, Tab. II.1.2.-1 (Mindestuntersuchungsprogramm für Boden bei unspezifischem Verdacht)
MP S/G 1	Sand/Kies	
MP Sed 2	Sediment	
11330_QP 5 - Sch 3_P 1	Gleisschotter	LAGA kompl. Mindestuntersuchungsprogramm Tab. II.1.2.-1 mit DepV- Normen zzgl. Herbizide (Sachsen) inkl. Glyphosat und AMPA
MP TS 1 (QP7)	Tragschichtmaterial	Analytik hinsichtlich der "Vorläufigen Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial" in Sachsen (W-Werte) DepV-Normen
QP 7 - RKS 2-P1	Asphalt	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) gemäß RuVA-StB 01 im Feststoff und Phenol-Index im Eluat
QP 7 - RKS 1-P3	Sand / Kies	Beton- und Stahlaggressivität (Boden)

Die chemischen Laboruntersuchungen erfolgten durch die Fa. WESSLING GmbH. Die entsprechenden Prüfberichte und Auswertungen sind in Anlage 5.1 und 5.2 enthalten.

6.4.4 chemische Laboruntersuchungen – Grundwasser / Oberflächenwasser

An 2 Wasserproben erfolgten Untersuchungen zur Bestimmung der betonaggressiven und stahlkorrosiven Eigenschaften des Grund- und Oberflächenwassers. Die Laboruntersuchungen erfolgten durch die Fa. WESSLING GmbH. Die entsprechenden Prüfberichte sind in Anlage 5.3 enthalten.

Tabelle 6-5 chemische Laboruntersuchungen – Grund-/Oberflächenwasser

Probe	Art	Untersuchungsumfang
WP-QP7-1	Grundwasser	Betonaggressivität und Stahlkorrosivität
WP-QP1-QP2	Oberflächenwasser	

7. Auswertung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse

7.1 Ergebnisse der Aufschlüsse / Schichtmodell

Die in den Schichtprofilen ausgewiesenen Bodenschichten wurden in einem allgemeinen Schichtenmodell gemäß der nachfolgenden Tabelle zugeordnet. Die Benennung, Beschreibung und Klassifizierung der Böden erfolgte entsprechend der DIN EN ISO 14688-1 (Bodenarten) und DIN 18196 (Bodengruppen). Hinsichtlich der geotechnischen Eigenschaften sind folgende Hauptschichtengruppen enthalten:

- S 1 – anthropogene Auffüllungen
- S 2 – feinkörnige Böden
- S 3 – gemischtkörnige Böden
- S 4 – organische Böden
- S 5 – grobkörnige Böden

Tabelle 7-1 Allgemeines Schichtmodell

Schicht	Bezeichnung	Bodenart DIN EN ISO 14688	Bodengruppe DIN 18196	Beschreibung Konsistenz / Lagerungsdichte
S 1: anthropogene Auffüllungen				
S 1.1	Auffüllung, grobkörnig und gemischtkörnig	A, G, ± s, ± u	[GW, GU, GU*, SU]	QP7: Tragschichtmaterial QP5: Bahnschotter, sandiger Bahndamm, ohne mineralische Fremdan-teile QP1, 2: lokale Sohlbefestigung
S1.2	Auffüllung, feinkörnig und gemischtkörnig	A, T, ± fs, ± g	--	nicht erkundet
S 2: feinkörnige Böden (> 40 % Massenanteil für d< 0,063 mm)				
S 2.1	holozäner Auelehm/Aueton, bindig leicht-bis mittelpastisch	T/U, ± s	TL, TL-TM TL-ST*	überwiegend steif - halbfest starke Wasserempfindlichkeit, teilweise schwach organisch (2-6%), nicht kalkhaltig
S 2.2	holozäner Auelehm/Aueton, bindig mittel bis ausgeprägt plastisch	T/U, ± fs, ms, o'	TM, TM-TA	überwiegend steif – halbfest mäßige Wasserempfindlichkeit, vereinzelt schwach organisch (2-6%), nicht kalkhaltig

Schicht	Bezeichnung	Bodenart DIN EN ISO 14688	Bodengruppe DIN 18196	Beschreibung Konsistenz / Lagerungsdichte
S 2.3	holozäner Auelehm/Aueton, bindig ausgeprägt plastisch	--	TA	nicht erkundet
S 2.4	holozäner, organischer Auelehm/Aueton mit Ein- lagerungen von Faul- schlamm und Mudde Gewässersediment	T/U \pm s, \pm o	(OT, OU-F)	überwiegend weich, geringmächtig, schwach bis mäßig organisch (6- 20%), nicht kalkhaltig
S 3: gemischt- und grobkörnige Böden (> 5-40 % Massenanteil d < 0,063 mm)				
S 3	Gemischtkörnige Sande und Kiese, ohne plasti- sche Eigenschaften	S, \pm t/u, \pm g, o' G, \pm s, \pm t/u, o'	SU, SU-SU* GU, GU-GU*	vorwiegend am Übergang zwischen den Schichtengruppe S 2 u. S 5, teilweise schwach organisch, locker bis mitteldicht gelagert überwiegend keine plastischen Ei- genschaften, grundwasserführend, Grundwasserleiter
S 4 – Organische Böden				
S 4.1	Torf	H, \pm s, \pm t/u	HN, HZ	mäßig bis vollkommen zersetzt, leicht faserig, tonige, sandige Be- standteile, teilweise plastische Ei- genschaften, weiche Konsistenzen, stark organisch (>20%)
S 5: Grobkörnige Böden (< 5 % Massenanteil d < 0,063 mm)				
S 5.1	Sande	S, g'-g, u'	SE, (SW, SI)	meist eng gestuft grundwasserführend, mitteldicht bis dicht
S 5.2	Kiese	G, s-s*, u'	GW, GI	meist weitgestuft, grundwasserfüh- rend, mitteldicht bis dicht

Erläuterungen: Angabe in Klammern: tritt nur untergeordnet auf

Die Auswertung der schweren Rammsondierungen (DPH) erfolgte unter Einbeziehung der Ergebnisse der Schlüsselbohrungen. Die Angaben zur bezogenen Lagerungsdichte (I_D nach DIN 14688-1) für Sande, Kiessande und Kiese wurden aus den Korrelationen gemäß DIN EN 1997-2 bzw. DIN 4094-3 abgeleitet. Danach ergibt sich für die anstehenden eng gestuften Sande (S4.1-SE) und die Kiese (S4.2-GI, GW) u. a. nachfolgender Zusammenhang.

Tabelle 7-2 Zusammenhang von Lagerungsdichte, Reibungswinkel und Schlagzahl N_{10} bei schweren Rammsondierungen (DPH)

maßgebende Bodengruppe	Lage zum Grundwasser	Schlagzahl N_{10}	I_D	Lagerung	Reibungswinkel (φ')
S5.1 – SW S5.2 – GI, GW	oberhalb	≤ 3	0...0,12	sehr locker	< 30
		4...7	0,19...0,35	locker	30
		7...30	0,35...0,65	mitteldicht	34
		30...60	0,65...0,85	dicht	38
		> 60	0,85...1,00	sehr dicht	k. a.
S5.1 – SE	unterhalb	≤ 1	0,15...0,35	locker	30
		2...14	0,35...0,65	mitteldicht	32,5
		14...40	0,65...0,85	dicht	35
		> 40	0,85...1,00	sehr dicht	--
S5.1 – SW S5.2 – GI, GW	unterhalb				
		≤ 3	0,28...0,32	locker	30
		4...19	0,36...0,65	mitteldicht	34
		20...48	0,66...0,85	dicht	38
		> 48	$> 0,85$	sehr dicht	k. a.

Aus den ermittelten Schlagzahlen (siehe Rammdiagramme in Anlage 3.3) können in den Sanden und Kiesen folgende Lagerungsverhältnisse abgeleitet werden.

Tabelle 7-3 Auswertung der Schlagzahlen N_{10} der DPH

Sondierung RKS	Bodengruppe Lage im GW	Tiefe in m NHN	Schlagzahlen N_{10}	I_D	Lagerung
QP7-DPH 1 QP7-RKS 1	GU/GW über GW	ab 98,0 – 97,0	10 – 20	0,41 – 0,58	mitteldicht
	SE-SW unter GW	ab 97,0 – 94,4	7 – 12	0,47 – 0,56	mitteldicht
		ab 94,4 – 93,0	15 – 18	0,60 – 0,64	mitteldicht Grenze zu dicht
QP7-DPH 3 QP7-RKS 3	SU unter GW	ab 97,3 – 95,5	7 – 15	0,47 – 0,56	mitteldicht
	SW unter GW	ab 95,5	10 – 25	0,53 – 0,71	mitteldicht - dicht

Die Sande und Kiese stehen in vorwiegend mitteldichter Lagerung und in den tieferen Bereichen in mitteldichter bis dichter Lagerung an. Mit den Aufschlüssen von /8/ wurden im gleichen Tiefenbereich vergleichbare mitteldichte Lagerungsverhältnisse festgestellt.

7.2 Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen

Die bodenmechanischen Laborversuche wurden durch die Planungsgesellschaft Scholz+Lewis mbH durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der Anlage 4 enthalten. Eine Kennwertübersicht der Untersuchungsergebnisse ist der Anlage 4 vorangestellt.

Korngrößenverteilung und abgeleitete Wasserdurchlässigkeit

An 22 Proben wurde die Korngrößenverteilung bestimmt; 10x durch Siebung nach nassem Abtrennen der Feinteile bzw. 12x durch eine kombinierte Sieb-Sedimentations-Analyse. Aus den Körnungslinien konnten die Wasserdurchlässigkeiten der Böden anhand der Verfahren von Beyer, USBR, Seiler bzw. Kaubisch, unter Berücksichtigung der jeweils geltenden Anwendungsgrenzen abgeschätzt werden. Nachfolgend sind einige Kennwerte zusammengestellt.

Tabelle 7-4 Kenngrößen der Kornverteilung und abgeleitete k_f -Werte

Aufschluss	Probe	Schicht	Bodengruppe DIN 18196	C_u	$d_{<0,063}$ (%)	k_f (m/s)
BS II	P 2	2.4	OT	13,2	49,1	1,6 E10-7
QP 6 - BS 5	P 2	3	ST*	6,6	30,0	1,8 E10-7
QP 9 - BS 5	P 2	2.2	TM	4,9	75,3	1,9 E10-8
RKS II_P 2	P 2	3	SU	31,3	13,0	6,3 E10-5
RKS IV_P 2	P 2	5.2	GI	12,0	0,8	2,7 E10-4
RKS IV_P 4	P 4	5.1	SE	3,3	1,8	1,4 E10-4
QP2-RKS 5	P 2	3	SU*	24,8	15,0	2,1 E10-5
QP4-RKS 1	P 1	2.1	TL	14,8	49,1	1,8 E10-7
QP4-RKS 2	P 2	3	SU	6,8	8,4	6,8 E10-5
QP4-RKS 4	P 2	5.1	SE	2,8	0,4	2,4 E10-4
QP5-RKS 1	P 2	3	SU*	38,7	17,4	3,7 E10-5
QP6-RKS 4	P 4	3	SU	5,0	5,5	1,3 E10-4
QP6-RKS 3	P 3	5.1	SI	6,3	1,3	2,5 E10-4
QP7-RKS 2A	P 2	5.1	SE	4,4	0,9	3,2 E10-4
QP8-RKS 1	P 1	3	SU*	21,6	31,0	1,5 E10-7
QP8-RKS 2	P 2	5.1	SE	3,6	1,3	2,0 E10-4
QP8-RKS 5	P 2	3	SU	56,5	12,2	1,1 E10-4
QP9-RKS 2	P 2	5.1	SE	3,9	4,3	9,0 E10-5
QP9-RKS 2	P 3	5.2	GI	10,5	2,5	2,8 E10-4
QP9-RKS 4	P 1	2.2	TM	8,1	67,3	4,7 E10-8
QP10-RKS 1	P 3	2.1	TL	20,1	43,8	2,2 E10-7
QP10-RKS 1	P 4	3	GU	80,6	11,9	3,7 E10-4

Erläuterungen: C_u ... Ungleichförmigkeitsgrad, $d_{<0,063}$... Masseanteil der Körner mit $d < 0,063$ mm

Auelehm (S2.1, 2.2, 2.4)

Bei den untersuchten Proben des Auelehms handelt es sich der Kornverteilung nach überwiegend um fein- bis mittelsandige Schluffe. Der Feinkornanteil (Korndurchmesser $d < 0,063$ mm) lag bei 43,8 bis 75,3 %, wobei es sich ausschließlich um Schluffkorn handelt. Tonanteile wurden nicht festgestellt. Aufgrund der Lage oberhalb der A-Linie im Plastizitätsdiagramm sind sie als Tone zu klassifizieren (s.u.). Die Durchlässigkeit der bindigen Böden kann anhand der Kornverteilung auf $1,6 \cdot 10^{-7} - 1,9 \cdot 10^{-8}$ m/s abgeschätzt werden. Erfahrungsgemäß liegt der k_f -Wert von TL-/TM-Böden im Bereich von $1 \cdot 10^{-7} - 1 \cdot 10^{-9}$ m/s. Nach DIN 18130 sind die bindigen Böden (S2.1, S2.2, 2.4) als sehr schwach durchlässig ($< 10^{-8}$ m/s) bis schwach durchlässig ($> 10^{-8}$ bis 10^{-6} m/s) einzustufen.

gemischtkörnige Sande, Kiese (S3)

Erwartungsgemäß zeigen die 9 untersuchten Proben der gemischtkörnigen Sande und Kiese (S 3) ein breites Kornspektrum mit wechselnden schluffigen Feinkornanteilen zwischen 5,5 – 31,0%. Die Ungleichförmigkeitszahlen C_u reichen daher auch von 5 bis 80,6. Aus den Körnungslinien wurden k_f -Werte zwischen $1,3 \cdot 10^{-4} - 1,5 \cdot 10^{-7}$ m/s ermittelt. Sie sind nach DIN 18130 als durchlässig ($> 10^{-6}$ bis 10^{-4} m/s) bis schwach durchlässig ($> 10^{-8}$ bis 10^{-6} m/s) einzustufen.

Auesande, Auekiese (S5.1, S5.2)

Insgesamt wurden 8 grobkörnige Bodenproben untersucht. Bei 6 Proben ergaben die Siebungen überwiegend eng gestufte schwach kiesige Mittelsande der Bodengruppe SE teilweise SI nach DIN 18196. Die Ungleichförmigkeitszahlen C_u lag zwischen 2,8 bis 6,3. Bei 2 Proben ergab die Siebanalyse einen Kiessand der Bodengruppe GI nach DIN 18196 mit $C_u = 10,5$ bzw. 12. Aus den Körnungslinien wurden k_f -Werte nach Beyer zwischen $3,2 \cdot 10^{-4} - 9,0 \cdot 10^{-5}$ m/s ermittelt. Die Sande und Kiese sind nach DIN 18130 als durchlässig ($> 10^{-6}$ bis

10^{-4} m/s) bis stark durchlässig ($> 10^{-4}$ bis 10^{-2} m/s) einzustufen. Die Sande und Kiese wiesen eine runde Kornform auf.

Konsistenzgrenzen und Wassergehalte

An 9 bindigen Bodenproben wurden die Konsistenzgrenzen (Fließ- und Ausrollgrenze) nach DIN EN ISO 17892 Teil 12 bestimmt.

Tabelle 7-5: Konsistenzgrenzen und Wassergehalt bindiger Böden

Aufschluss	Probe	Schicht	Bodengruppe	W (%)	WL (%)	WP (%)	IP (%)
BS II	P 2	2.4	OT	32,8	79,7	46,4	33,3
QP6_BS5	P 2	2.1	TL-ST*	8,2	32,2	18,2	14,0
QP9_BS5	P 2	2.2	TM	18,2	42,1	18,5	23,6
RKS IV	P 1	2.1	TL	10,8	31,6	17,7	13,9
QP2-RKS 1	P 1	2.2	TM	30,4	50,6	27,4	23,2
QP4-RKS 1	P 1	2.1	TL	12,5	31,3	17,5	13,8
QP8-RKS 2	P 1	2.1	TL	13,8	34,5	15,6	18,9
QP9-RKS 2	P 1	2.1	TL	11,4	34,2	15,6	18,6
QP10-RKS 1	P 1	2.2	TM	25,3	42,1	18,5	23,6

Erläuterungen: WL ... Wassergehalt an der Fließgrenze, WP ... Wassergehalt an der Ausrollgrenze
IP ... Plastizitätszahl

Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei den untersuchten Proben des Auelehms der Kornverteilung nach überwiegend um fein- bis mittelsandige Schluffe. Die Böden wiesen in der Feldansprache generell plastische Eigenschaften auf. Aufgrund der Lage oberhalb der A-Linie im Plastizitätsdiagramm sind sie als Tone zu klassifizieren. Die laborative Bestimmung der Zustandsgrenzen ergab überwiegend leicht bis mittel plastischen Tone (TL bzw. TM nach DIN 18196). Die Plastizitätszahlen liegen zwischen $I_P=13,8,0$ und $23,6$ %. Die Wassergehalte lagen bei $8,2$ bis $30,4$ % und damit überwiegend im Bereich der Ausrollgrenze. Daraus resultiert eine halbfeste Konsistenz. Aufgrund höherer organischer Anteile ist die Probe BS II_P 2 als OT (S2.4) nach DIN 18196 einzustufen.

Organischer Anteil (Glühverlust)

An 10 Proben wurde der organische Anteil / Glühverlust (V_{GL}) nach DIN 18128 bestimmt und nach DIN EN ISO 14688-2 bewertet.

Tabelle 7-6: Organische Anteile

Aufschluss	Probe	Schicht	Bodengruppe DIN 18196	V_{GL} (%)	Bewertung nach DIN EN ISO 14688-2
BS II	P 2	2.4	OT	19,75	mittel organisch (Grenze zu stark organisch)
QP6_BS5	P 2	2.1	TL-ST*	3,93	schwach organisch
QP9_BS5	P 2	2.2	TM	7,66	mittel organisch
RKS II	P 1	2.4	OT	20,21	mittel organisch (Grenze zu stark organisch)
QP1-RKS 3	P 1	2.4	OT	13,13	mittel organisch
QP2-RKS 2	P 1	2.1	TL	11,69	mittel organisch
QP4-RKS 2	P 1	2.1	TL	4,18	schwach organisch
QP7-RKS 1	P 2	2.1	TL	3,54	schwach organisch
QP9-RKS 4	P 1	2.2	TM	4,34	schwach organisch
QP10-RKS 1	P 2	2.2	TM	5,1	schwach organisch

Für den Auelehm der S 2.1.-2.2 (TL, TM) lag der Glühverlust zwischen 3,93 bis 11,69 %. Die Böden sind gemäß DIN EN ISO 14688-1 als überwiegend schwach organisch (2 – 6%) teilweise mittel organisch (6 – 20 %) einzustufen. Aufgrund der Lage oberhalb der A-Linie im Plastizitätsdiagramm sind sie weiterhin als TL bzw. TM nach DIN 18196 zu klassifizieren.

Die Auelehme mit organischen Beimengungen (S2.4, OT) wiesen Glühverluste zwischen 13,13 – 20,21% auf und sind als mittel bis stark organisch (>20%) einzustufen.

Kalkgehalt

Der Kalkgehalt wurde qualitativ an 20 Proben nach DIN EN ISO 14688-1 durch betropfen mit 3%iger Salzsäure bestimmt. Die untersuchten Proben wurden überwiegend als nicht kalkhaltig eingestuft, da sich kein Aufbrausen zeigte. Bei nicht kalkhaltigen Böden ist der Kalkgehalt erfahrungsgemäß <1%. Nur 2 Proben sind als leicht kalkhaltig einzustufen (ca. 1 – 5%). Daher wurde auf eine laborative Bestimmung verzichtet.

In /8/ wurde der Kalkgehalt der Probe BK 01/19 Probe 3 (UM-UA) mit 0,42% bestimmt.

Korndichten

An 12 Proben wurden die Korndichten ρ_s nach DIN EN ISO 17892 Teil 3 bestimmt. Für die bindigen Böden der Schichten 2.1-2.4 (TL, TM, OT, TL-ST*) wurden Korndichten zwischen 2,56...2,65 g/cm³ ermittelt. Die Korndichten der Sande (S3, S4.1) liegt zwischen 2,60...2,67 g/cm³.

Dichten bindiger Böden

An 4 ungestörten Proben aus dem Bereich des Auelehms wurde die Roh- und Trockendichte (ρ , ρ_d) nach DIN 17982-2 bestimmt.

Tabelle 7-7: Dichte bindiger Böden

Aufschluss	Probe	Schicht	Boden- gruppe	Konsis- tenz	w (%)	ρ (g/cm ³)	ρ_d (g/cm ³)	cal γ (kN/m ³)
BS II	ST 1	2.4	OT	halbfest	29,09	1,648	1,276	16,5
QP4-RKS 1	ST 1	2.1	TL	halbfest	11,98	1,608	1,436	16,1
QP8-RKS 1	ST 1	2.1	TL-ST*	halbfest	9,06	1,51	1,385	15,1
QP9-RKS 2	ST 1	2.1	TL	halbfest	20,71	1,763	1,461	17,6

Weiterhin wurde aus Probenmaterial aus einzelnen Bereichen 2 Proctorversuche durchgeführt. Im Bereich der RKS II/BS II wurde eine Proctordichte von $\rho_{Pr} = 1,312$ g/cm³ bei optimalen Wassergehalten von 38,9% ermittelt. Unter Berücksichtigung der ermittelten Trockendichte ergeben sich für das organische Material im Bereich der BS II ein Verdichtungsgrad im Ist-Zustand von etwa $D_{pr} = 97\%$.

Für die leicht- bis mittelpastischen Tone (Auelehme) wurde eine Proctordichte von $\rho_{Pr} = 1,793$ g/cm³ bei optimalen Wassergehalten von 14,5% ermittelt. Unter Berücksichtigung der ermittelten Trockendichten ergeben sich für die TL-/TM-Böden Verdichtungsgrade im Ist-Zustand von $D_{pr} = 77 - 81 \%$.

Wasserdurchlässigkeit

An zwei rückverdichteten Proben aus dem Bereich des Auelehms wurde die Wasserdurchlässigkeit nach DIN 18130 in der Triaxialzelle bestimmt und für eine Temperatur von 10°C ($k_{10} \dots k_f$ -Wert für 10°C) angegeben. Ausgehend von der bestimmten Proctordichte von $\rho_{Pr} = 1,793$ g/cm³ erfolgten die Versuche für Verdichtungsgrade von 96,6 bzw. 89,5 %. Nach DIN

18130 sind die wiedereingebauten bindigen Böden als sehr schwach durchlässig ($< 10^{-8}$ m/s) einzustufen.

Tabelle 7-8: Wasserdurchlässigkeit k_f

Probe	Schicht	Bodengruppe	w (%)	ρ_d (g/cm ³)	D_{pr} (%)	k_f (m/s)
MP AL QP4-6	2.1	TL-TM	14,6	1,732	96,6	3,46 E10-11
MP AL QP8-10	2.1	TL-TM	20,5	1,608	89,5	1,15 E10-10

Scherparameter

Im Rahmen dieser Erkundung wurden keine Scherversuche durchgeführt. Aus den Untersuchungen von /8/ liegen folgende Ergebnisse vor:

Tabelle 7-9 Ergebnisse Scherversuche von /8/

Aufschluss/ Probe	Tiefe	Bodengruppe	Konsistenz	φ' (°)	c' (kN/m ²)
BK 01/19-Probe 3	1,5 - 1,80 m	UM-UA	halbfest	20,1	26,0

7.3 Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen

Untersuchungen gem. TR LAGA und BBodSchV

Die Untersuchung der Mischproben erfolgte am Feststoff und am Eluat. Zur Bewertung wurden die Zuordnungswerte der TR LAGA Boden aus Tabelle II.1.2.-2 und Tabelle II.1.2-4 (Feststoff), Tabelle II.1.2-3 und Tabelle II.1.2.5 (Eluat) sowie die Vorsorgewerte der BBodSchV, Anhang 2 Nr. 4 herangezogen. Im Ergebnis wurde folgendes festgestellt (siehe Anlage 5.1):

Tabelle 7-10 Ergebnisse chemischer Laboruntersuchungen

Probe	Bodenart	Zuordnungswert LAGA TR Boden	Vorsorgewerte BBodschV
MP OB 1-Ost	Oberboden	> Z 2, Parameter: TOC Z2 bei Chrom, Kupfer	Vorsorgewerte überschritten Parameter: Blei, Chrom, Kupfer, Quecksilber
MP OB 2-Ost	Oberboden	Z 2, Parameter: TOC, Chrom	Vorsorgewerte überschritten Parameter: Chrom, Kupfer
11330_QP 6 - BS 4_P 1	Oberboden	Z 2, Parameter: TOC Z 1 bei Chrom	--
MP OB 3-West	Oberboden	Z 2 Parameter: TOC Z 1.1 bei Kupfer	--
MP OB 4-West	Oberboden	Z 2 Parameter: TOC Z 1.1 bei Kupfer	--
MP AL 1-Ost	Schluff	Z 2, Parameter: TOC, Chrom	--
MP AL 2-Ost	Schluff	Z 1, Parameter: Chrom	--
11330_QP 6 - BS 4_P 2	Schluff	Z 1, Parameter: TOC	--
MP AL 3-West	Schluff	Z 2, Parameter: TOC	--
MP AL 4-West	Schluff	Z 2, Parameter: TOC Z 1 bei Chrom, Kupfer	--

Probe	Bodenart	Zuordnungswert LAGA TR Boden	Vorsorgewerte BBodSchV
MP S/G 1	Sand/Kies	Z 1, Parameter: Kupfer	--
MP S/G 1	Sand/Kies	Z 0	
MP Sed 1	Sediment	Z 2, Parameter: TOC (FS) Sulfat (Eluat)	Vorsorgewerte überschritten Parameter: Blei, Chrom, Kupfer, Zink
MP Sed 2	Sediment	Z 2, Sulfat (Eluat)	--

In den untersuchten Oberbodenproben MP OB 1-Ost und MP OB 2-Ost liegen die Metallgehalte (Chrom, Kupfer) teilweise oberhalb der Vorsorgewerte der BBodSchV, was möglicherweise auf geogen bedingte Vorbelastungen zurückzuführen ist. Allerdings liegen die Humusgehalte mit 8,3 % (MP 2) bzw. 14 % (MP 1) oberhalb von 8 %, so dass die Vorsorgewerte für Metalle gemäß Ziffer 4.3 d) BBodSchV formal nicht angewendet werden können.

Bei einem geplanten Wiedereinbau von Oberboden oder Aushubböden aus dem Gewässerprofil am Herkunftsort gelten die Anforderungen des § 12 BBodSchV an das Auf- oder Einbringen von Materialien auf oder in den Boden ausdrücklich nicht. Somit ist aus bodenschutzrechtlicher Sicht auch ein Wiedereinbau von geringfügig mit Metallen vorbelasteten und stärker humosen Böden im Rahmen des Planvorhabens möglich. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass die Z-Wert Überschreitungen zum Teil lediglich auf die geogen bedingten, höheren humosen / organischen Gehalte zurückzuführen sind. Weiterhin wurden bei den untersuchten Auelehmproben keine Z 0-Wert Überschreitungen für die Eluatwerte festgestellt.

Die Sande und Kiese sind in die Einbauklasse Z1 (Bereich QP 2-4) bzw. Z0 (Bereich QP 6-9) einzustufen.

Sofern die aus dem Untersuchungsbereich entnommenen Böden nicht am Herkunftsort wieder eingebaut werden können oder sollen, unterliegen diese dem Geltungsbereich des Abfallrechts (KrWG). Für diesen Fall sind zusätzliche Maßnahmen zur ordnungsgemäßen und schadlosen Verwertung der Böden einzuplanen (fachtechnische Begleitung, Abfalldeklaration, Entsorgungsnachweise, Nachweisdokumentation etc.). Nach gegenwärtigem Kenntnisstand können die untersuchten Böden folgenden AVV-Abfallschlüsseln zugeordnet werden:

- Oberboden: ASN 170506 - Baggergut mit Ausnahme desjenigen, das unter 17 05 05 fällt (gilt für Baggergut im Sinne von DIN 19731 aus dem Überschwemmungsbereich des Gewässers)
- Abtragsböden: ASN 170504 - Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen

Aus natur-, bodenschutz- und abfallrechtlichen Gesichtspunkten wird empfohlen, den Oberboden sowie die Abtragsböden im Rahmen des Planvorhabens möglichst wiederzuverwenden.

Gleisschotter (Bereich Bahnstrecke, QP5)

Die Analyse und Bewertung erfolgte gemäß dem „Informationsblatt Abfall – Nr.6 – Gleisschotter“ des Freistaates Thüringen /20/. Die Analyse erfolgte an der Feinfraktion <31,5 mm der Schotterprobe. Die Umrechnung des Schadstoffgehaltes auf die Gesamtfraktion erfolgte unter Berücksichtigung eines Gewichtsanteils von 33% der Feinfraktion. Die Analyse ergab aufgrund erhöhter Herbizidgehalte von Thiazafuron einen Zuordnungswert Z 2 für die Verwertung des Gleisschotters in technischen Bauwerken (eingeschränkter Einbau mit definier-

ten technischen Sicherungsmaßnahmen). Die entsorgungsrelevante Deklaration kann als nicht gefährliche Abfallart 170508 erfolgen.

Tragschichtmaterial (Bereich Brücke QP7)

Die Analyse der Mischprobe MP TS 1 aus dem Bereich des Tragschichtmaterials ergab einen Zuordnungswert W1.1 gemäß „Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial“ in Sachsen. Gemäß der Vorschrift ist ein uneingeschränkter Einbau in technischen Bauwerken, vorbehaltlich der jeweiligen bodenmechanischen Eignung am Einbauort, möglich. Die Einbaubedingungen W1.1. stellen sicher, dass selbst unter hydrogeologisch ungünstigen Bedingungen keine nachteilige Veränderung des Grundwassers auftreten. Die entsorgungsrelevante Deklaration kann als nicht gefährliche Abfallart 170504 erfolgen.

Bituminöse Ausbaustoffe (Asphalt, Bereich Brücke QP7)

Sowohl die organoleptische Materialansprache als auch die abfallanalytischen Untersuchungen nach RuVA-StB 01/05 /21/ ergaben keine Hinweise auf teer-/pechtypische Inhaltsstoffe. Die bituminösen Wegebaustoffe sind in die Verwertungsklasse A nach RuVA-StB 01/05 einzustufen (siehe Anlage 5.3). Die entsorgungsrelevante Deklaration kann als nicht gefährliche Abfallart 170302 erfolgen (Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 170301 fallen).

Beton- und Stahlaggressivität - Boden (Bereich Furt/Brücke, QP7)

Die Untersuchung der Betonaggressivität und die Stahlkorrosivität der Böden ergab folgende Einstufungen (siehe Anlage 5.2):

QP 7 – RKS 1-P3 (Auesand/Auekies):

- nicht betonangreifend (DIN 4030-1)
- sehr niedrige Korrosionsbelastung (Bodenklasse I a gemäß DIN 50929 Teil 3)
- sehr geringe Korrosionswahrscheinlichkeit bzgl. Flächen-/Mulden- und Lochkorrosion

Beton- und Stahlaggressivität – Grund- und Oberflächenwasser

Die Untersuchung der Grundwasser- und Oberflächenwasserprobe auf Betonaggressivität und Stahlkorrosivität ergab folgende Einstufung (siehe Anlage 5.3):

Grundwasserprobe WP QP7-1:

- schwach betonangreifend (DIN 4030-1)
- Korrosionswahrscheinlichkeit im Unterwasserbereich
bzgl. Mulden- und Lochkorrosion: sehr gering
bzgl. Flächenkorrosion: sehr gering
- Korrosionswahrscheinlichkeit an der Wasser/Luft-Grenze
bzgl. Mulden- und Lochkorrosion: sehr gering
bzgl. Flächenkorrosion: sehr gering

Oberflächenwasserprobe WP QP1-QP2

- schwach betonangreifend (DIN 4030-1)
- Korrosionswahrscheinlichkeit im Unterwasserbereich
bzgl. Mulden- und Lochkorrosion: sehr gering
bzgl. Flächenkorrosion: sehr gering
- Korrosionswahrscheinlichkeit an der Wasser/Luft-Grenze
bzgl. Mulden- und Lochkorrosion: gering
bzgl. Flächenkorrosion: sehr gering

8. Beschreibung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse

8.1 Baugrund

Die laterale und vertikale Verbreitung der erkundeten Baugrundsichten wurde in 9 ingenieurgeologischen Querschnitten modellhaft dargestellt (Anlage 6). Grundlage hierfür bilden die Vermessungsdaten /5/. Die im Schnitt dargestellten Schichtgrenzen wurden zwischen den einzelnen Aufschlüssen interpoliert und entsprechend der zu erwartenden geologischen Verhältnisse angenommen. An dieser Stelle sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die einzelnen Aufschlüsse punktförmige Informationen zu den Bodenverhältnissen liefern. Zwischen den einzelnen Aufschlusspunkten können sich daher Abweichungen von den tatsächlichen Verhältnissen ergeben. Für die Planung, statische Berechnung und die Bauausführung sind für die jeweilige Aufgabenstellung die ungünstigsten Schichtgrenzen aus den Aufschlüssen zu verwenden. Nachfolgend werden die Baugrundverhältnisse in der angetroffenen Schichtenfolge unter Berücksichtigung der vorliegenden Untersuchungsergebnisse beschrieben.

Oberboden

Im Untersuchungsgebiet wurde der durchwurzelte Oberboden mit Schichtdicken von 15 – 50 cm starke Oberbodenschicht erkundet. Hinsichtlich der Kornzusammensetzung handelt es sich überwiegend um sandige Schluffe mit bindigen Eigenschaften. Der Oberboden war trocken bis erdfeucht.

Sohlbefestigung

Am QP1 wurde eine Sohl- und Böschungsbefestigung mit Wasserbausteinen (Porphy, d = ca. 20 cm) auf einer ca. 20 cm starken Kieslage festgestellt. Am QP2 wurde in Gewässerachse unterhalb der Sedimentschicht eine ca. 20 cm starke Kies-/Schotterlage erkundet. An den übrigen Profilen wurden keine vergleichbaren Sohlbefestigungen festgestellt.

Gewässersediment

Ausgeprägte Sedimentauflagen wurden nur an den Profilen QP2 bis QP 5 mit Schichtdicken an den Ansatzpunkten zwischen 20 – 35 cm festgestellt. Am QP 1 waren vermutlich aufgrund der Sohlbefestigung keine Sedimente vorhanden. Am QP 6 lag die Stärke bei lediglich 5 cm. Bei den festgestellten Sedimenten handelt es sich um sandige Schluffe mit wechselnden organischen / humosen Anteilen und Faulschlamm. Sie waren nass und breiig. An den QP 6 – 9 standen direkt in der Sohle Sande und vereinzelt Auelehme an, die oberflächlich höhere organische Anteile enthielten.

Auffüllungen (S1.1)

Die Erkundungen im Bereich der vorhandenen Bauwerke (QP5 – Bahndamm mit Durchlass und QP7 – Brücke) wurden grob- bis gemischtkörnige Auffüllungen angetroffen. Im Bereich des Bahndammes handelt es sich vordergründig um Gleisschotter sowie teilweise um eine sandige Dammschüttung ([SU]).

Im Bereich der Brücke (QP7) wurde bereichsweise eine ca. 10 cm starke Asphaltsschicht sowie eine 10 – 30 cm gebrochene, kiesige Tragschicht festgestellt ([GW-GU]).

Auelehm (S2.1, S2.2, S2.4)

Unterhalb des Oberbodens wurde überwiegend der holozäne Auelehm erkundet. Hierbei handelt es sich der Kornverteilung nach um feinsandige bis mittelsandige Schluffe mit geringen Kiesanteilen. Die Schluffe wiesen in der Feldansprache generell plastische Eigenschaften auf. Die Konsistenzen waren überwiegend steif bis halbfest, grundwassernah auch weich bis steif. Der Feinkornanteil (Korndurchmesser $d < 0,063\text{mm}$) lag bei 43,8 bis 75,3 %, wobei

es sich ausschließlich um Schluffkorn handelt. Tonanteile wurden nicht festgestellt. Die laborative Bestimmung der plastischen Eigenschaften ergab überwiegend leicht bis mittel plastischen Tone (TL bzw. TM nach DIN 18196). Die Plastizitätszahlen liegen zwischen $I_p=13,8$ und 23,6 %. Die Wassergehalte lagen bei 8,2 bis 30,4 %. Für den Auelehm der S 2.1.-2.2 (TL, TM, TL-ST*) lag der Glühverlust zwischen 3,93 bis 11,69 %. Die Böden sind gemäß DIN EN ISO 14688-1 als überwiegend schwach organisch (2 – 6%) teilweise mittel organisch (6 – 20 %) einzustufen.

Im Bereich des QP1 und 2 sowie der RKS I und II wurden, bedingt durch die dort anstehenden Torfe, Auelehme mit organischen Beimengungen (S2.4, OT) festgestellt. Diese wiesen Glühverluste zwischen 13,13 – 20,21% auf und sind als mittel bis stark organisch (>20%) einzustufen. Ihre Konsistenz war weich.

Nach DIN 18130 sind die bindigen Böden (S2.1, S2.2, 2.4) als sehr schwach durchlässig ($< 10^{-8}$ m/s) bis schwach durchlässig ($>10^{-8}$ bis 10^{-6} m/s) einzustufen. Die anhand der Kornverteilung ermittelten Durchlässigkeiten liegen zwischen $1,6 \cdot 10^{-7}$ – $1,9 \cdot 10^{-8}$ m/s, können erfahrungsgemäß auch deutlich geringer sein ($1 \cdot 10^{-9}$ m/s).

Die Auelehme waren überwiegend kalkfrei.

Lokal waren in die bindigen Schichten immer wieder Zwischenlagen aus schluffigen / tonigen Sanden (SU-SU* bzw. GU) der Schicht S3 enthalten. Diese Sandlagen führten teilweise Grundwasser.

Torfe (S4.1)

Im Bereich des QP1-RK-1 (Westseite) und insbesondere auf der Ostseite ab RKS I bis QP3-RKS-3 wurden Torfe erkundet, welche direkt unterhalb des Oberbodens bzw. nach einer geringmächtigen Auelehmschicht anstehen. Die Torfe sind mäßig bis vollkommen zersetzt (HN-HZ) und waren leicht faserig. Sie enthielten sandige, tonige Bestandteile und zeigten teilweise plastische Eigenschaften mit weichen Konsistenzen. Die Mächtigkeit liegt bei 0,9 – 2,4 m. Die Ausdehnung der Torfe reicht etwa bis zum QP3-RKS-3 (Ostseite). Hier steht er noch mit etwa 40 cm Mächtigkeit an.

gemischtkörnige Auesande / -kiese (S3)

Überwiegend am Übergang zwischen den Auelehmen und den Auesanden / -kiesen stehen gemischtkörnige Sande und Kiese (S3) an. Hierbei handelt es sich um schluffige bis stark schluffige, Sande und Kiese (SU-SU*, GU-GU*) ohne plastische Eigenschaften. Sie zeigen ein breites Kornspektrum mit wechselnden schluffigen Feinkornanteilen zwischen 5,5 – 31,0%. Aus den Körnungslinien wurden k_f -Werte zwischen $1,3 \cdot 10^{-4}$ - $1,5 \cdot 10^{-7}$ m/s ermittelt. Sie sind nach DIN 18130 als durchlässig ($> 10^{-6}$ bis 10^{-4} m/s) bis schwach durchlässig ($>10^{-8}$ bis 10^{-6} m/s) einzustufen. Sie stehen in lockerer bis mitteldichter Lagerung an und sind grundwasserführend.

grobkörnige Auesande (S5.1) und Auekiese (S5.2)

Bis zu den ausgeführten Endtiefen der Aufschlüsse stehen im Liegenden der Auelehme bzw. der gemischtkörnigen Auesande /-kiesen holozäne und weichselkaltzeitliche Sande und Kiese an. Neben vorwiegend eng gestuften Mittelsanden der Bodengruppe SE, teilweise SI, nach DIN 18196 wurden auch Kiese der Bodengruppe GI nach DIN 18196 erkundet. Aus den Körnungslinien wurden k_f -Werte nach Beyer zwischen $2,8 \cdot 10^{-4}$ - $9,0 \cdot 10^{-5}$ m/s ermittelt. Die Sande und Kiese sind nach DIN 18130 als durchlässig ($> 10^{-6}$ bis 10^{-4} m/s) bis stark durchlässig ($> 10^{-4}$ bis 10^{-2} m/s) einzustufen. Sie wiesen eine runde Kornform auf. Anhand der Schlagzahlen der schweren Rammsondierungen (Bereich QP7) lässt sich eine mittel-

dicht bis dichte Lagerung ableiten. Die Sande und Kiese führen Grundwasser (Grundwasserleiter GWL1).

Tertiäre Böden wurden nicht aufgeschlossen.

8.2 Grundwasser

In den folgenden Tabellen sind die festgestellten Grundwasserstände der aktuellen Erkundung und aus Altunterlagen zusammengestellt. Mit den im Juni 2020 ausgeführten Bohrsondierungen wurde kein Grundwasser aufgeschlossen. In der folgenden Tabelle sind die Grundwasserstände für den Erkundungszeitraum Juli - September 2020 zusammengestellt. Die Grundwasserstände lagen zum Zeitpunkt der Achsaufschlüsse am 3.9.2020 etwa auf dem Niveau vom Juli 2020.

Tabelle 8-1 Grundwasserstände

Aufschluss	Zeitraum	GW-Anschnitt		GW-Bohrende	
		(m u. GOK)	(m NHN)	(m u. GOK)	(m NHN)
RKS 40/13 /7/	01/2014	1,95	96,21	1,89	96,27
RKS 01/19 BW /8/	05/2019	1,68	95,83	--	--
BK 01/19 BW /8/	06/2019	2,2	95,54	1,98	95,76
QP 1	07-09/2020	1,13 - 1,5	98,7 – 98,29	1,0 - 1,03	98,76 - 98,83
RKS I		3,4	95,99	1,15	98,24
QP 2		2,3 – 3,2	96,92 – 97,38	1,2 – 1,75	98,09 – 98,42
RKS II		1,90	97,16	1,25	97,81
QP 3		1,5-1,8	97,72 – 97,96	1,50 - 1,55	97,72 - 97,85
QP 4		2,1 – 2,3	97,45 – 97,9	2,1 – 2,32	97,46 – 97,62
RKS III		1,65	97,04	1,68	97,01
QP5		2,4 – 2,85	97,24 -97,38	2,44 – 2,85	97,00 – 97,38
RKS IV		1,20	97,07	1,20	97,07
QP 6		2,3 – 2,55	96,64 – 96,78	2,5 – 2,58	96,64 – 97,15
QP 7		2,4 – 2,8	96,45 – 96,55	2,41 – 2,8	96,44 – 96,49
QP 8		2,0 – 2,2	96,14 – 96,32	2,03 – 2,23	96,12 – 96,30
QP 9		1,7 – 2,1	95,8 – 96,05	1,7 – 1,9	96,00 – 96,07
QP 10		2,20	95,80	2,20	95,80

Angaben zu statistischen Werten aus behördlichen Grundwassermessstellen liegen für das Untersuchungsgebiet nicht vor. In der HK50 ist ein mittlerer Grundwasserstand bei etwa 97 mHN (ca. 97,14 m NHN) ausgewiesen.

Da keine statistischen Daten aus Grundwassermessstellen vorliegen, kann der Schwankungsbereich des mittleren Grundwasserstandes nur aus den o.g. Angaben abgeleitet werden. Danach ist bei den derzeitigen Wasserständen der Vorfluter (Zschampert bzw. Luppe) bzw. innerhalb der Aue von einem Schwankungsbereich des Grundwassers zwischen 96,0 – 98,8 m NHN auszugehen, wobei das Gefälle in Richtung Norden fällt.

Im Bereich QP1 und QP 2 liegen gespannte Verhältnisse vor. Möglicherweise werden die Grundwasserstände hier zusätzlich durch den Saale-Leipzig-Kanal beeinflusst.

8.3 Bodenklassifikation

Auf der Grundlage der geotechnischen Erkundung und der bodenmechanischen Laboruntersuchungen erfolgte eine Bodenklassifikation gemäß DIN 18196 (Bodengruppen), ZTV E-StB 17 (Frostempfindlichkeit) und ZTV A-StB 12 (Verdichtbarkeitsklassen). Die Angaben erfolgten nur für die tatsächlich erkundeten Böden.

Tabelle 8-2 Bodenklassifikation

Schicht	Bodengruppe DIN 18196	Wasser- empfindlichkeit	Frostempfindlichkeit ZTV E-StB 17	Verdichtbar- keitsklasse ZTV A-StB 12
S 2.1	TL, TL-TM, TL-ST*	hoch	F3	V3
S 2.2	TM, TM-TA	mittel - hoch	F3	V3
S 2.4	(OT)	hoch	F3	--
S 3, S 1.1	SU, SU-SU* GU, GU-GU	mittel	F2 – F3	V1 – V2
S 4.1	HN, HZ	hoch	F3	--
S 5.1	SE, (SW, SI)	gering	F1	V1
S 5.2	GW, GI	gering	F1	V1

Erläuterungen: Angabe in Klammern: tritt nur untergeordnet auf

8.4 Homogenbereiche

Mit Überarbeitung der Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen - Erdarbeiten (VOB/C) haben sich die Anforderungen an die Beschreibung der Böden geändert. Demnach sind Böden nicht mehr in Bodenklassen, sondern in Homogenbereiche einzuteilen. Der Homogenbereich stellt dabei einen begrenzten Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten dar, welcher für Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist. Für die jeweiligen Homogenbereiche sind Eigenschaften und Kennwerte sowie deren Bandbreite anzugeben.

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Informationen zum Baugrund und zur Art der geplanten Baumaßnahme erfolgt die Bewertung auf Grundlage der Einstufung in die geotechnische Kategorie GK2. Nach derzeitigem Kenntnisstand sind folgende Gewerke bei der Einteilung in Homogenbereiche zu berücksichtigen:

- Erdarbeiten (DIN 18300, für GK 2),
- Bohrarbeiten (DIN 18301),
- Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten (DIN 18304).

Aufbauend auf den vorliegenden Baugrundinformationen können die angetroffenen Böden den folgenden Homogenbereichen zugeordnet werden. Für Böden die nicht erkundet wurden, sind Erfahrungswerte angegeben worden.

Tabelle 8-3 Homogenbereiche nach DIN 18300 (GK 2), DIN 18301 und DIN 18304

Parameter / Eigenschaften	Homogenbereich		
	A bindige Böden	B nichtbindige Böden	C organische Böden
Modellschichten	S1.2, S2.1, S2.2, S2.3, S2.4	S 1.1, S 3, S 4.1, S 4.2	S 2.4, S 4.1
Körnungsbänder	s. Abb. 1	s. Abb. 2	--
Masseanteil Steine [%]	0	≤ 30	--
Masseanteil Blöcke [%]	0	≤ 10	--
(Roh-) Dichte [g/cm ³]	1,5...2,0	1,6...2,2	1,1 ... 1,6
undrännierte Scherfestigkeit [kN/m ²]	< 5 (breiig)... 500 (halbfest)	nicht relevant	S 5.1: < 5 (breiig)...50 (weich)
Kohäsion [kN/m ²]	2 (weich) ... 26 (halbfest)	nicht relevant	0 (breiig)...10 (steif)
Wassergehalt [%]	5...40	1...25	5...60
Konsistenzzahl I _c [-]	0 (breiig) ... 1,5 (halbfest)	nicht relevant	S 5.1: 0 (breiig) ... 0,75 (weich)
Plastizitätszahl I _p [%]	3...40	nicht relevant	S 5.1: 25 – 35
Lagerungsdichte I _d [-]	nicht relevant	0,15...0,85 (locker-dicht)	S 5.2: < 0,3 (locker)
organischer Anteil V _G [%]	1...6	< 1...4	6 ... 20
Abrasivität LAK [g/t] (abgeschätzt)	kaum – schwach abrasiv 50 – 250	abrasiv – stark abrasiv 500 – 1250	nicht – kaum abrasiv 0 – 100
Bodengruppe DIN 18196	TL, TM, TA UL, UM, UA SU*/ST*, GU*/GT*	SE, SW, SI, SU GE, GW, GI, GU SU*/ST*, GU*/GT*	OH, OT, OU, HN, HZ, F
ortsübliche Bezeichnung	bindiger Auelehm	Auffüllungen (Gleis- schotter, Dammschüt- tung) Auesande / Auekiese	organischer Auelehm, organische Sande, Hu- mus/Torf, Mudde, Faul- schlamm
Schadstoffbelastung, LAGA TR Boden	Z 1.1 – Z 2	Z 0 - Z 1	nicht bestimmt

Auf der Grundlage der vorliegenden Laborversuche wurden für die Böden des Homogenbe-
reiches A und B die nachfolgenden Kornverteilungsbänder erstellt.

Abbildung 1 Körnungsband Homogenbereich A, bindige Böden

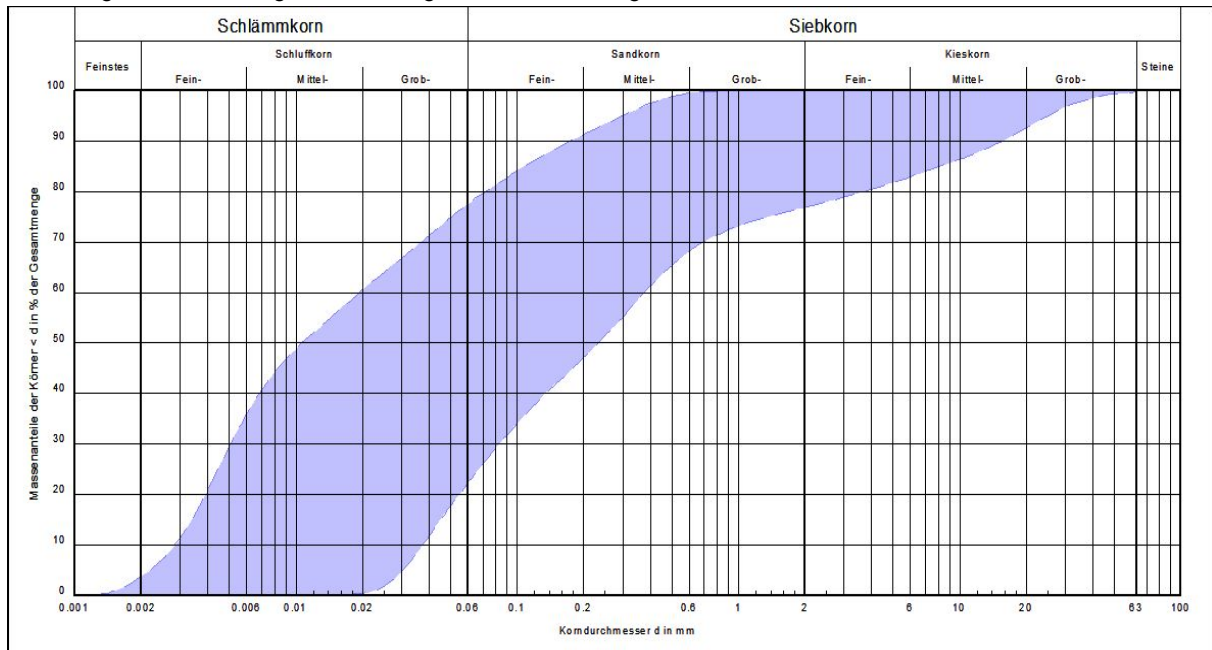
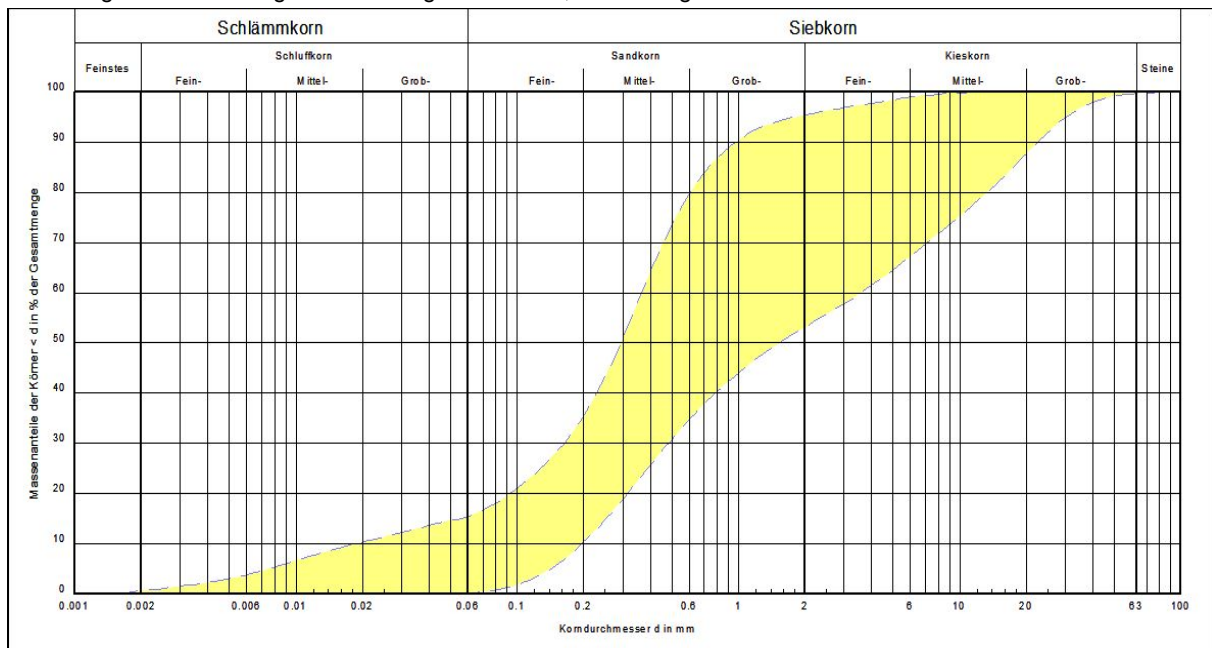


Abbildung 2 Körnungsband Homogenbereich B, nichtbindige Böden



8.5 Bodenkennwerte

In der nachfolgenden Tabelle sind die Bodenkennwerte der maßgeblichen Hauptvertreter der angetroffenen Schichten unter Berücksichtigung der bodenmechanischen Laborergebnisse, der Tabellenwerte in DIN 1055-2 und von Erfahrungswerten zusammengestellt. Bei der Zuordnung der Bodenkennwerte sind einzelne Schichten zusammengefasst worden, da sie nur von untergeordneter Bedeutung sind bzw. vergleichbare bodenmechanischen Eigenschaften aufweisen.

Bei den angegebenen Kennwerten für die Wichte und den Steifemodul handelt es sich um mittlere charakteristische Kennwerte, die für erdstatische Nachweise angesetzt werden können. Für die Scherfestigkeiten (cal. φ_k' , cal. c_k') wurden Bandbreiten und ein mittlerer Kennwert für erdstatische Nachweise angegeben.

Tabelle 8-4 Bodenkennwerte

Schicht	Boden-gruppe	k_f	cal. γ_k / cal. γ_k'	cal. φ_k'	cal. c_k'	E_s
		[m/s]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[MN/m ²]
S 1.1	[GW, GU, GU*, SU]	$10^{-4} - 10^{-6}$	18 – 20 / 8 – 10	30,0 -32,5	0	5 - 20 (lo-md)
S 2.1	TL, TL-TM, TL-ST*	$10^{-7} - 10^{-9}$	19 / 9 (w-st) 20 / 10 (st-hf)	22,5 – 30,0 27,5	0 – 2 (w) 2 - 5 (st) 5 – 10 (hf)	4 - 8 (w-st) 8 - 12 (st-hf)
S 2.2	TM, TM-TA	$10^{-8} - 10^{-10}$	18,5 / 8,5 (w-st) 19,5 / 9,5 (st-hf)	17,5 – 25,0 22,5	0 – 5 (w) 5 - 10 (st) 10 - 15 (hf)	
S 2.4	(OT)	$10^{-7} - 10^{-9}$	15 / 5 – (br-w) 16 / 6 – (w-st)	15,0 – 22,5 18	0 – 5 (w-st)	1 - 2 (w-st)
S 3	(SU, SU-SU* GU, GU-GU*)	$10^{-5} - 10^{-7}$	18 – 20 / 8 – 10	25,0 – 30,0 27,5	0 – 5,0 2,5	5 - 20 (lo-md)
S 4.1	HN, HZ	$10^{-7} - 10^{-9}$	13 -16 / 3 – 7 (w)	15,0 – 20,0 17,5	0 – 5 (w)	0,5 – 2 (w)
S 5.1	SE, (SI, SW)	1 ... 3x10 ⁻⁴	17 / 9,5 – md 18 / 10,5 - d	md: 30 – 35 32,5 d: 32,5 – 37,5 35,0	0	30...60 – md 40...80 – d
S 5.2	GW, GI	1x10 ⁻³ – 3x10 ⁻⁴	18,0 / 10,5 – md 19,5 / 12,5 – d	md: 30 – 35 32,5 d: 35 – 40 37,5	0	40...80 – md 80...120 – d

Erläuterungen zu Tabelle 8-4:

Angabe der Bodengruppe in Klammern: tritt nur untergeordnet auf

Lagerung: locker (lo), mitteldicht (md), dicht (d)

Konsistenz: weich (w), steif (st), halbfest (hf), fest (f)

cal ... mittlerer Rechenwert der Bodenkenngröße

γ_k ... charakteristischer Wert der Wichte des erdfeuchten Bodens

γ_k' ... charakteristischer Wert der Wichte des Bodens unter Auftrieb

φ_k' ... charakteristischer Wert des Reibungswinkels des dränierten Bodens

c_k' ... charakteristischer Wert der Kohäsion des dränierten Bodens

E_s ... Steifemodul (lastabhängig),

Spannungsbereich der lotrechten Überlagerungsspannung $\sigma_{\bar{u}}$ von 100 - 200 kN/m².

9. Empfehlungen zur Bauausführung

9.1 Allgemeine Hinweise

Bodeneigenschaften

Die feinkörnigen, bindigen Böden der Schichten S2.1 bis S2.4 (überwiegend Bodengruppe TL, TM, Homogenbereich A) stehen derzeit überwiegend in steifen bis halbfesten Konsistenzen an. Sie sind stark wasserempfindlich, stark frostempfindlich, gering durchlässig und zeichnen sich durch ein ungünstiges Trag-/Setzungsverhalten aus. Durch eine Erhöhung der Wassergehalte infolge von Niederschlägen / höheren Grundwasserständen können sie stärker plastifizieren. In deren Folge können die Böden weiche bis breiige Konsistenzen aufweisen. Dies führt zu einer Verschlechterung der Tragfähigkeitseigenschaften bzw. Einbaubedingungen. Deshalb sollten alle Arbeiten möglichst bei trockener und frostfreier Witterung ausgeführt werden. Weiterhin ist zu beachten, dass sich fein- und gemischtkörnige, bindige Böden nur dann ausreichend verdichten lassen, wenn sie eine mindestens steife besser halbfeste Konsistenz aufweisen. Aufgeweichte Böden sind nicht zu befahren und zu überschütten und sollten nicht eingebaut werden. Daher sollten die freigelegten bindigen Böden zügig überbaut, vor Niederschlag geschützt und mit einem ausreichenden Längs- oder Quergefälle zur Entwässerung versehen werden. Die Regelungen der ZTV-W LB 205 bzw. der ZTVE-StB 17 zum Schutz des Planums sind zu beachten.

Die bereichsweise, z. T oberflächlich anstehenden Torfe sind sehr stark wasserempfindlich, stark frostempfindlich, gering durchlässig und zeichnen sich durch ein sehr ungünstiges Trag-/Setzungsverhalten aus.

Die unterhalb der Auelehme anstehenden gemischtkörnigen Sande und Kiese (S3) sind locker bis mitteldicht gelagert, gering bis mittel frostempfindlich. Sie sind als mittel bis gut tragfähig einzuschätzen.

Die anstehenden Sande und Kiese (S5.1, S5.2, Homogenbereich B) sind gut bis sehr gut durchlässig, sehr gut tragfähig und gering setzungsempfindlich. Sie stellen im Allgemeinen einen guten Baugrund für Flachgründungen dar.

Winterbau

Nach derzeitigen Kenntnisstand soll die Maßnahme aus naturschutzfachlichen Gründen in den Monaten Oktober bis März ausgeführt werden. Es nicht ausgeschlossen werden, dass die geplanten Erdbaumaßnahmen bei Frost stattfinden. Gefrierendes Wasser im Boden führt insbesondere bei feinkörnigen, bindigen Böden zu Volumenänderungen (daher Einstufung als sehr frostempfindlich F3 gemäß ZTVE-StB 17). Bindigen Böden frieren nicht schlagartig-neigen dabei zur Aggregatbildung (krümeliges, zergliedertes Bodengefüge) aufgrund von Schrumpfungsprozessen. Durch die Kapillarität erhöht sich der Wassergehalt in der gefrorenen Bodenzone. Infolge dessen kommt es beim Tauvorgang aufgrund des erhöhten Wassergehaltes zu Konsistenzverschlechterungen. Aufgrund der geringen Durchlässigkeit entwässern die bindigen Böden schlecht. Bei den grobkörnigen Böden führt gefrorenes Porenwasser in der Regel zu keinen oder nur geringen Hebungen. Beim Auftauen entwässern diese Böden gut. Für die geplanten Erdbaumaßnahmen kann folgendes empfohlen werden:

- aufgeweichte bindige Böden (Auelehme aus Abtragsbereichen) sind im Allgemeinen aufgrund zu hoher Wassergehalte nicht verdichtbar und deshalb für den unmittelbaren Wiedereinbau schlecht geeignet. In diesem Fall wäre zur Erzielung von mindestens steifen Konsistenzen eine Zwischenlagerung und Austrocknung oder das Zumischen von bindigem / grobkörnigen Material mit geringen Wassergehalten denkbar.

- Gefrorene bindige Böden können prinzipiell in den geplanten Sohlbereichen eingebaut werden. Sie lassen sich möglicherweise nicht oder nur sehr begrenzt verdichten. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Verdichtungsanforderungen dann nicht erfüllbar sind. Nach dem Auftauen sind aufgeweichte bis breiige Oberflächen zu erwarten. Vor dem weiteren Überbauen sollten diese Bereiche abgezogen werden.
- Zwischengelagerte Böden sollten vor Niederschlag mittels Folienabdeckung geschützt werden.
- Jede Einbaulage ist unmittelbar nach dem Schütten zu verdichten. Sind Niederschläge zu erwarten, ist die verdichtete Lage zu glätten. Zum Schutz fertig eingebauter Lagen können Opferschichten vorgesehen werden.
- Ein ausreichendes Gefälle zur besseren Entwässerung ist vorzusehen.
- Die Bautechnologie ist an die Witterungsverhältnisse anzupassen (z.B. Verkleinerung von Baubereichen, Freilegen von Abtragsbereichen erst, wenn unmittelbar der Wiedereinbau bevorsteht, Minimierung der Befahrung innerhalb des Baufeldes, Bauen Vor-Kopf, Einsatz geeigneter Baugeräte)

Befahrbarkeit

Die bindigen Böden sind bei den derzeitigen steifen bis halbfesten Konsistenzen nur mit leichten Baufahrzeugen direkt befahrbar. Erfahrungsgemäß liegt die Tragfähigkeit der bindigen Böden im Bereich von $E_{v2} < 15 - 20$ MPa. Ohne zusätzliche tragfähigkeitserhöhende Maßnahmen ist eine direkte Befahrung mit schweren Baufahrzeugen nicht zu empfehlen. Es sollten zur Andienung der Baustellen ausreichend dimensionierte Baustraßen vorgesehen werden. Zur Erhöhung der Tragfähigkeit können z.B. Geogitter in Verbindung mit einem entsprechend hohen Aufbau aus ungebundenem Tragschichtmaterial vorgesehen werden.

Die im Bereich der QP1 bis QP 3 insbesondere auf der Ostseite zum Teil oberflächlich anstehenden Torfe sind für eine direkte Befahrung nicht geeignet. Empfehlenswert ist es, diesen Bereich möglichst wenig mit Baustellenfahrzeugen zu beeinflussen. Sollte dies nicht möglich sein, können als einfache Möglichkeit zunächst Baggermatratzen oder Stahlplatten als Lastverteilung eingesetzt werden. Sollte sich dies als nicht ausreichend erweisen sind ausreichend dimensionierte Baustraßen vorzusehen (mehrlagige Geogitter in Verbindung mit ungebundenem Tragschichtmaterial).

9.2 Gewässerprofilierung

Nach derzeitigen Kenntnisstand ist vorgesehen, dass zukünftige Gewässerbett zu verbreitern und die Sohle ca. 80 cm gegenüber dem Ist-Zustand anzuheben.

Anhand der Erkundungsergebnisse (Stand 07/2020); ohne Aufschlüsse in der Gewässerachse; wurde davon ausgegangen, dass die derzeitige Gewässersohle an den QP 1, 2, 9 und 10 im bindigen, gering durchlässigen Auelehm (überwiegend S2.1-S2.2) liegt.

Die Darstellung der Erkundungsergebnisse (mit den Aufschlüssen in Gewässerachse) in den ingenieurgeologischen Querschnitten (Anlage 6) zeigen gegenüber den bisherigen Annahmen ein anderes Bild. Danach ist lediglich am QP 1 und 10 davon auszugehen, dass sich die derzeitige Gewässersohle innerhalb der bindigen, gering durchlässigen Auelehme befindet. An den übrigen Querprofilen liegt die derzeitige Gewässersohle innerhalb der gut durchlässigen Sande und Kiese. In diesen Bereichen ist auch aufgrund der derzeitigen, niedrigen Grundwasserständen von einer hohen Infiltration von Oberflächenwasser in den Grundwasserleiter auszugehen. Dies wird auch an den festgestellten Oberflächenwasserständen im

September 2020 deutlich. Zwischen den QP 1 – 5 war ein Wasserstand von 10 – 20 cm zu verzeichnen. Am QP 6 – 9 wurde kein Wasserstand mehr festgestellt.

Die Sohle des alten Zschampertverlaufs im Bereich der RKS III und IV (Bereich südlich und nördlich der Bahnstrecke) liegt in den bindigen, gering durchlässigen Auelehmen.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick zur Lage der Gewässersohle in Bezug zur Unterkante der bindigen Böden (UK AL). Die geplante Gewässersohle wurde 80 cm über der jetzigen Sohle angenommen. Ausgehend von den angenommen Planhöhen wurden die Schichten angegeben die jeweils in den zukünftigen Böschungsbereichen zu erwarten sind.

Tabelle 9-1 Bezug Gewässersohle zu UK Auelehm

QP / Aufschluss	Sohle - Ist	Sohle - Plan	UK AL – West	UK AL – Ost	Lage Sohle – Plan	
	(m NHN)	(m NHN)	(m NHN)	(m NHN)	West	Ost
QP 1	99,15	99,95	96,93	96,63	S 2.1-TL	S 2.1-TL
RKS I	98,60	99,40	--	95,99		S 4.1 – Torf
QP 2	97,86	98,66	97,27	96,92	S 2.1 – TL	S4.1 - Torf
RKS II	97,60	98,40	--	97,16	--	S2.4 – OT S4.1 / Torf
QP 3	97,48	98,28	98,22	98,40	S5.1-5.2 – SW-GW	S4.1 / Torf
QP 4	97,50	98,30	98,57	98,16	S3 - SU	S2.1 – TL- TM
QP5-RKS 2	97,29	98,09	--	97,69	S3 – SU*	S2.2-TM
QP5 / RKS IV	98,33	--	--	97,57	--	S2.1-TL-ST*
QP 6	97,00	97,80	98,02	97,88	S3 - GU	
QP 7	97,15	97,95	97,85	97,29	S2.1 – TL-ST*	
QP 8	96,76	97,56	97,37	97,48	S2.1-TL	S2.2-TM
QP 9	96,68	97,48	96,57	95,80	S2.1-TL-TM	S2.2-TM
QP 10-RKS 1	96,57	97,37	94,54	95,80	S2.2-TM	

Ausgehend von den angenommen Planhöhen und den erkundeten Auelehmmächtigkeiten liegt die Höhe der zukünftigen Gewässersohle auf der östlichen Seite zwischen RKS I und QP 3 im Bereich von Torfen. Wenn möglich sollte kein Abtrag in diesen Bereichen erfolgen bzw. sollte er auf das größtmögliche Maß minimiert werden, da der anfallende Torf für den Wiedereinbau ungeeignet ist und die Herstellung der Gewässerböschungen mit hohem technologischen Aufwand verbunden ist (eingeschränkte Befahrbarkeit).

Im Bereich des QP 6, sowie auf der Westseite der QP 3 bis 5 ist davon auszugehen, dass das zukünftige Gewässerbett in Höhe der überwiegend gut durchlässigen Auesande / -kiese liegt (S3, S5.1, 5.2) liegt. Sofern gut durchlässige Böden aufgetragen werden, ist bis zur Ausbildung einer geringer durchlässigen Sedimentschicht (Kolmation) in diesen Bereichen mit einer erhöhten Versickerung zu rechnen. Zur Quantifizierung der Versickerungsrate können näherungsweise die Ansätze für Versickerungsbecken gemäß DWA –A 138 unter Berücksichtigung der in Tabelle 7-4 angegebenen kf-Werte herangezogen werden.

In den übrigen Bereichen kann davon ausgegangen werden, dass das zukünftige Gewässerbett auf dem Niveau der gering bis sehr gering durchlässigen Auelehme (S2.1-2.4) liegt.

Zur Minimierung der Versickerungsrate kann der geplante Auftrag auch mit den feinkörnigen, bindigen Böden aus den Abtragsbereichen erfolgen. Sofern die bindigen Abtragsböden der S2.1 – 2.4 ihre derzeit steife bis halbfeste Konsistenz aufweisen, sind sie für den Wiederein-

bau gut geeignet und lassen sich gut verdichten. Anhand der durchgeführten Wasserdurchlässigkeitsversuche (s. Tabelle 7-8) an rückverdichteten Auelehmmaterial (TL-TM) kann bei einem Wiedereinbau mit Verdichtungsgraden von 90 – 97 % eine Durchlässigkeit $< 1 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^{-9}$ m/s erzielt werden.

Vor Beginn des geplanten Bodenauftrags sollte die vorhandenen Sedimentablagerungen abgetragen werden.

9.3 Gründungsempfehlung Gewässerfurt

Mit Bearbeitungsstand Anfang August 2020 war im Bereich der Feldwegquerung (QP7) eine Gewässerfurt vorgesehen (Bauwerk F1). Die geplante Tiefe der Furt in Gewässerachse lag bei 97,82 m NHN. Details zum konstruktiven Aufbau lagen nicht vor.

Abhängig von der Konstruktionshöhe des Oberbaus dürfte das Planum der Zufahrtsrampen noch weitgehend innerhalb des gering durchlässigen, bindigen Auelehms (S2.1 – TL) verlaufen. Dieser wies halbfeste Konsistenzen auf. Im Planum des Sohlbereiches ist von gut durchlässigen, grundwasserführenden, Sanden und Kiesen (S3 – SU/GU bis S5.1 SE-SW) auszugehen. Diese sind mitteldicht gelagert.

Aufgrund unterschiedlicher Tragfähigkeitseigenschaften zwischen bindigen Auelehmen und Sanden / Kiesen wird empfohlen, das Planum der Gewässerfurt einheitlich in den gut tragfähigen Sanden und Kiesen auszubilden. Die im Planum anstehenden Auelehme sollten ausgetauscht und durch gut trag- und verdichtungsfähige Materialien ersetzt werden. Hierfür kommen z.B. Mineralgemische 0/45 oder sandig / kiesige Abtragsböden aus dem Bereich des Bahndammes in Betracht.

9.4 Gründungsempfehlung Brücke

Der aktuelle Planungsstand Anfang September 2020 sieht nunmehr im Bereich der Feldwegquerung (QP7) anstatt einer Gewässerfurt eine Brücke (Bauwerk F1) vor. Angaben zur konstruktiven Ausführung liegen nicht vor.

Aufgrund unterschiedlicher Tragfähigkeitseigenschaften zwischen bindigen Auelehmen und Sanden / Kiesen wird empfohlen, die Brücke einheitlich in den gut tragfähigen, mitteldicht gelagerten Sanden und Kiesen zu gründen. Als Gründungsart wird eine Flachgründung empfohlen. Die Gründung muss frostfrei erfolgen. Die Sande und Kiese stellen für die Flachgründung einen gut tragfähigen und setzungsunempfindlichen Baugrund dar. Folgende Tiefen sind zu berücksichtigen:

Ostseite (QP7-RKS 1):

tragfähige Schicht:	ab 97,85 bis 96,85 m NHN
	S3-S5.2 – GU-GW, mitteldicht gelagert
	ab 96,85 m NHN
	S5.1 – SE-SW, mitteldicht gelagert

Westseite (QP7-RKS 3):

tragfähige Schicht:	ab 97,29 m NHN
	S3-S5.1 – SU-SW, mitteldicht gelagert

Es wird empfohlen, die Flachgründung ab ca. 97,0 – 97,3 m NHN vorzusehen.

Für das Bauwerk und die Gründung sind die entsprechenden Nachweise zur Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit gemäß DIN EN 1997-1 /15/ und DIN 1054:2010-12 /17/ zu führen. Gegebenenfalls kann bei dem Nachweis der Tragfähigkeit der „Vereinfachte Nachweis in Regelfällen“ gemäß DIN 1054:2010-12 angewendet werden, sofern folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- Die Fundamentsohle ist waagrecht und Geländeoberfläche und Schichtgrenze verlaufen annähernd waagrecht.
- Der Baugrund weist bis in eine Tiefe unter der Gründungssohle, die der zweifachen Fundamentbreite entspricht, mindestens jedoch bis 2,0 m Tiefe eine ausreichende Festigkeit auf (bei nichtbindigen Böden mit $U > 3$: mittlere Lagerungsdichte $D \geq 0,45$ und bei bindigen Böden eine mindestens steife Konsistenz oder eine einaxiale Druckfestigkeit von mindestens $q_{u,k} = 120 \text{ kN/m}^2$).
- Das Fundament wird nicht regelmäßig oder überwiegend dynamisch beansprucht. In bindigen Böden entsteht kein nennenswerter Porenwasserüberdruck.
- Die Neigung der resultierenden charakteristischen Beanspruchung in der Sohlfläche hält die Bedingung $\tan \delta_E = H_k/V_k \leq 0,2$ ein.
- Die zulässige Lage der Sohldruckresultierenden wird eingehalten (keine klaffende Fuge).

In diesem Fall darf bei Flachgründungen ein Vergleich des einwirkenden Sohldrucks $\sigma_{E,d}$ mit dem Sohldruckwiderstand $\sigma_{R,d}$ als Ersatz für die Nachweise Grundbruch und Gleiten sowie der Gebrauchstauglichkeit geführt werden. Ausreichende Sicherheiten gegen Grundbruch und bauwerksverträgliche Setzungen dürfen als nachgewiesen angesehen werden, wenn die Bedingung $\sigma_{E,d} \leq \sigma_{R,d}$ erfüllt ist.

Im Bereich der empfohlenen Gründungsebene stehen mitteldicht gelagerte Sande und Kiese an, welche die o.g. Voraussetzungen an den Baugrund erfüllen. Aus geotechnischer Sicht kann der vereinfachte Nachweis in Regelfällen daher angewendet werden. Die Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstandes können den Tabellen A 6.1 bzw. A 6.2 in DIN 1054:2010-12 /17/ für die maßgebende Fundamenteinbindetiefe entnommen werden. Ob eine Anwendung hinsichtlich der weiteren Bedingungen tatsächlich möglich ist, ist durch den Planer zu prüfen.

Die Gründungssohle sollte durch einen Baugrundsachverständigen abgenommen werden. Die nach dem Aushub ggf. aufgelockerte Sohle ist nachzuverdichten.

Für die Hinterfüllbereiche werden grob- und gemischtkörnige Böden empfohlen. Die Regelungen der ZTV-E StB 17 für das Hinterfüllen und Überschütten von Bauwerken sind zu beachten.

9.5 Baugruben und Wasserhaltung

Bei der Sicherung von Baugruben und Rohrgräben sind die Vorgaben der DIN 4124 zu berücksichtigen. Gemäß der Norm dürfen Böschungen bei nicht verbauten Baugruben und Gräben höchstens bis zu einer Tiefe von 1,25 m entfallen. Tiefere Baugruben sind in den anstehenden Böden auf der ganzen Höhe zu verbauen oder zu böschen. Ohne besondere Einflüsse und unter Einhaltung der Regelabstände für Verkehrslasten können folgende Böschungswinkel realisiert werden:

Auelehme (S2.1-2.4), steif – halbfest: $\leq 60^\circ$, weich – steif: $\leq 45^\circ$

Sande, Kiese (S3, S5.1, S5.2, S1.1): $\leq 45^\circ$

Die Standsicherheit der Böschung ist gemäß DIN 4084 nachzuweisen, wenn die Höhe über 5 m beträgt, die Regelabstände für Verkehrslasten unterschritten werden oder besondere Einflüsse nicht nach der Erfahrung zu beurteilen sind. Weiterhin sind die Böschungen vor Erosion zu schützen (z.B. Folienabdeckung).

Im Bereich der Torfe (QP 1 bis QP3) sind Böschungen nur vor Kopf von ausreichend tragfähigen Baustraßen / Arbeitsebenen aus herzustellen. Im Torf hergestellte Böschungen sind an der Oberkante nicht zu befahren, da sie in der Regel nicht standsicher sind.

Ausgehend vom derzeitigen Kenntnisstand der geplanten Maßnahmen ist im Bereich der Feldwegquerung (QP7) eine Brücke vorgesehen (Bauwerk F1). Für die Herstellung kann eine geböschte Baugrube vorgesehen werden. Die Tiefe der ursprünglich geplanten Furt in Gewässerachse lag bei 97,82 m NHN. In diesem Bereich ist von gut durchlässigen, Sanden und Kiesen auszugehen. Die derzeitigen Grundwasserstände lagen am QP7 bei ca. 96,5 m NHN, so dass derzeit ein Flurabstand von ca. 1,3 m bis zum ursprünglichen Tiefpunkt der Furt besteht.

In der HK50 ist ein mittlerer Grundwasserstand bei etwa 97 mHN (ca. 97,14 m NHN) ausgewiesen.

Ausgehend von der empfohlenen Gründungsebene bei ca. 97,0 – 97,3 m NHN ist bei dem derzeitigen Grundwasserniveau von ca. 96,5 m NHN noch ein Flurabstand von ca. 0,5 – 0,8 m vorhanden. Bei diesen Verhältnissen wäre keine Grundwasserhaltung erforderlich. Da jedoch höhere Grundwasserstände nicht ausgeschlossen werden können, sollte eine ausreichend leistungsfähige, offene Wasserhaltung vorgehalten werden. Erfahrungsgemäß lässt sich anfallendes Grundwasser bis max. 0,3 - 0,5 m über Gründungssohle, abhängig von der Baugrubengröße, noch mit einer offenen Wasserhaltung beherrschen. Sofern die geplante Gründungssohle tiefer liegt als angenommen, muss eine geschlossene Wasserhaltung vorgesehen werden. Aufgrund der guten Durchlässigkeit des Grundwasserleiters und der angenommenen geringen erforderlichen Absenkbeträge können Spülfilteranlagen (Lanzen) oder Schwerkraftentwässerungsverfahren (z.B. Tiefbrunnen) vorgesehen werden.

Der Zschampert war zum Zeitpunkt der Erkundung teilweise wasserführend. Daher sollte für die Herstellung der Furt bzw. der Brücke eine bauzeitliche Gewässerverlegung vorgesehen werden.

Die geplante Gewässerprofilierung ist nach derzeitigen Kenntnisstand als Auftrag im Bereich der jetzigen Sohle vorgesehen. Ausgehend von einer bauzeitlichen Gewässerverlegung sind bei den derzeitigen Verhältnissen keine Maßnahmen zur Grundwasserhaltung erforderlich. Zur Trockenhaltung der Auftragsbereiche bei anfallenden Niederschlagswasser / zuströmenden Oberflächenwasser sollte eine ausreichend leistungsfähige offene Wasserhaltung vorgesehen werden.

Prinzipiell ist für den Betrieb einer bauzeitlichen Grundwasserhaltung (Fördern von Grundwasser und Einleiten des Grundwassers in ein Oberflächengewässer) ein Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis bei der zuständigen Behörde einzuholen. Als Grundlage für das wasserrechtliche Erlaubnisverfahren sollte, bei Bedarf, eine Dimensionierung der Wasserhaltung erfolgen, um die anfallenden Wassermengen abschätzen zu können.

9.6 Wegebau

Nach derzeitigen Planungsstand sind keine gewässerbegleitenden Unterhaltungswege vorgesehen.

Grundsätzlich sind bei der Planung die einschlägigen Normen und Regelwerke, insbesondere die Angaben der RStO-12 /22/ und der ZTV E-StB 17 /24/ zu berücksichtigen. Das Untersuchungsgebiet liegt gemäß /22/ in der Frosteinwirkungszone II. Ausgehend von den Erkundungsergebnissen liegt das potentielle Planum an den Böschungsoberkanten überwiegend im Bereich bindiger Auelehme (S2.1-2.4). Diese Böden sind stark frostempfindlich (F3).

Gemäß dem Merkblatt DWA-A 904 /23/ ist für Wirtschaftswege eine Mindesttragfähigkeit des Untergrundes von $E_{v2} = 30$ MPa erforderlich. Erfahrungsgemäß liegt die Tragfähigkeit der bindigen Böden bei den steifen bis halbfesten Konsistenzen im Bereich von $E_{v2} < 10 - 15$ MPa. Das Planum lässt sich bei den erkundeten steifen bis halbfesten Konsistenzen noch ausreichend nachverdichten. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die erforderlichen Anforderungen an die Planumtragfähigkeit ohne zusätzliche Maßnahmen nicht erreichbar ist.

Hierfür kommt prinzipiell ein Bodenaustausch oder eine Bodenbehandlung mit Bindemitteln in Betracht. Unter Berücksichtigung der Anforderungen für Wirtschaftswege gemäß /23/, wird ein Bodenaustausch mit gut trag- und verdichtungsfähigen grobkörnigen Material (z.B. MG0/45) mit einer Mindestmächtigkeit von 30 cm empfohlen.

9.7 Bohr- und Rammbarkeit

Auf der Grundlage der erreichten Aufschlusstiefen (bis max. 6 m) und nach Auswertung der Schlagzahlen der schweren Rammsondierungen ist im Bereich der bindigen Auelehme (Homogenbereich A) von einer leichten Bohr-/Rammbarkeit auszugehen. Im Bereich der mitteldicht bis dicht gelagerten Sande und Kiese (Homogenbereich B) ist von einer leichten bis mittelschweren Bohr-bzw. Rammbarkeit auszugehen. Die Wahl der Gerätetechnik für das Einbringen und Ziehen von Stahlspundwänden bzw. Stahlträgern ist auf die beschriebenen Baugrundverhältnisse und die Rammtiefe abzustellen.

9.8 Wiederverwendung von Aushubmaterial

Im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sollten die anfallenden Böden im Rahmen der Baumaßnahme wiederverwendet werden.

Gemäß § 12 Abs. 2 Satz 2 unterliegen Zwischenlagerung und Umlagerung sowie Wiedereinbau von Aushubböden nicht den Regelungen des § 12 BBodSchV, wenn das Material am Herkunftsort innerhalb der planfestgestellten Flächen wiederverwendet wird. Für die standortfremde Verwertung von Bodenmaterial unterliegen diese dem Geltungsbereich des Abfallrechts und den Regelungen der LAGA TR Boden (2004).

Oberboden

Vor Beginn der Arbeiten ist der Oberboden, entsprechend den Vorgaben der ökologischen Planung, im gesamten Baufeld abzutragen und separat von den übrigen Abtragsmaterialien zu lagern. Die Oberbodenmächtigkeit wurde mit 15 – 50 cm erkundet. Der Oberboden ist in Mieten locker aufzusetzen und ggf. zu begrünen. Er ist nicht zu überschütten oder zu überfahren. Es wird empfohlen den Oberboden im Rahmen der Baumaßnahme wieder zu verwenden.

In den untersuchten Oberbodenproben MP OB 1-Ost und MP OB 2-Ost liegen die Metallgehalte (Chrom, Kupfer) teilweise oberhalb der Vorsorgewerte der BBodSchV. Außerdem wurde der Oberboden in die Einbauklassen 2 (<Z2) bis >Einbauklasse 2 (> Z2) nach LAGA TR Boden eingestuft. Maßgebend für diese Einstufung sind ausschließlich die organischen Anteile im Boden (siehe Tabelle 7-10).

Gewässersediment

Vor der Neuprofilierung des Gewässers sollte das vorhandene Sediment in der Gewässer-
sohle abgetragen werden. Dabei sind die breiige Konsistenz und der sehr hohe Wassergehalt zu beachten. Diesbezüglich sollte vor der weiteren Verwendung eine Zwischenlagerung und Austrocknung vorgesehen werden. Im Rahmen der Baumaßnahme ist eine Wiederverwendung in Verbindung mit der Oberbodenandeckung oder als Sohlsubstrat denkbar. Dies sollte ggf. mit der zuständigen Abfallbehörde geklärt werden. Aus bodenmechanischer / geotechnischer Sicht ist das Material für den Wiedereinbau ungeeignet.

Für die standortfremde Verwertung sind die Gewässersedimente nach TR LAGA Boden der Einbauklasse 2 (< Z2) einzustufen. Maßgebend für diese Einstufung sind die Sulfatanteile im Eluat sowie die organischen Anteile im Boden (siehe Tabelle 7-10). Weiterhin liegen die Metallgehalte (Blei, Chrom, Kupfer, Zink) bei der MP Sed 1 oberhalb der Vorsorgewerte der BBodSchV.

Gleisschotter (Bereich Bahnstrecke, QP5)

Die Analyse ergab aufgrund erhöhter Herbizidgehalte von Thiazafluron einen Zuordnungswert Z 2 für die Verwertung des Gleisschotters in technischen Bauwerken (eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen). Die entsorgungsrelevante Deklaration kann als nicht gefährliche Abfallart 170508 erfolgen.

Der Gleichschotter sollte fachgerecht verwertet werden. Die Möglichkeit des Wiedereinbaus im Rahmen des Bauvorhabens sollte mit der zuständigen Abfallbehörde geklärt werden.

Aus bodenmechanischer Sicht ist der Wiedereinbau als Bodenaustauschmaterial oder als Baustraßenmaterial denkbar.

Tragschichtmaterial (Bereich Brücke QP7)

Die Analyse der Mischprobe MP TS 1 aus dem Bereich des Tragschichtmaterials ergab einen Zuordnungswert W1.1 gemäß „Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial“ in Sachsen. Gemäß der Vorschrift ist ein uneingeschränkter Einbau in technischen Bauwerken, vorbehaltlich der jeweiligen bodenmechanischen Eignung am Einbauort, möglich. Die Einbaubedingungen W1.1. stellen sicher, dass selbst unter hydrogeologisch ungünstigen Bedingungen keine nachteilige Veränderung des Grundwassers auftreten. Die entsorgungsrelevante Deklaration kann als nicht gefährliche Abfallart 170504 erfolgen.

Bituminöse Ausbaustoffe (Asphalt, Bereich Brücke QP7)

Die bituminösen Wegebaustoffe sind in die Verwertungsklasse A nach RuVA-StB 01/05 einzustufen und entsprechend fachgerecht zu verwerten. Die entsorgungsrelevante Deklaration kann als nicht gefährliche Abfallart 170302 erfolgen (Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 170301 fallen).

Torfe (S4.1)

Die anstehenden Torfe sind aus bodenmechanischer Sicht für den Wiedereinbau ungeeignet und müssten fachgerecht entsorgt werden. Aufgrund der sehr hohen organischen Anteile ist eine Einstufung in die Einbauklasse > Z 2 nach LAGA TR Boden zu erwarten. Der Abtrag sollte daher auf ein Minimum begrenzt werden. Abhängig von der tatsächlich anfallenden

Menge wäre für die anfallenden Torfe auch eine Zumischung zum Oberboden und damit eine Wiederverwendung bei der Oberbodenandeckung denkbar. Dies ist ggf. aus Sicht der Umweltplanung zu prüfen.

Auelehm (S2.1, S2.2, S2.4)

Die anstehenden feinkörnigen, bindigen Auelehme (S2.1-S2.4, Homogenbereich A) sind teilweise schwach organisch und weisen überwiegend steife bis halbfeste Konsistenzen auf. Sie sind bei diesen Konsistenzen für den Wiedereinbau als Dichtungsmaterial in der Gewässersohle gut geeignet. Sollten die Auelehme aufgeweicht sein, sind sie im Allgemeinen aufgrund zu hoher Wassergehalte für den unmittelbaren Wiedereinbau nicht geeignet. In diesem Fall wäre zur Erzielung von mindestens steifen Konsistenzen eine Zwischenlagerung und Austrocknung, eine Behandlung mit Bindemitteln oder das Zumischen von bindigem / grobkörnigen Material mit geringen Wassergehalten denkbar.

Nach TR LAGA Boden sind die Auelehme der Einbauklasse 1 (<Z1.1) bis Einbauklasse 2 (Z2) zuzuordnen. Einstufungsrelevant sind vordergründig die TOC-Gehalte und teilweise erhöhte Gehalte an Chrom und Kupfer im Feststoff. Die Eluatwerte überschreiten nicht die Einbauklasse 0 (Z0).

gemischtkörnige Auesande / -kiese (S3), grobkörnige Auesande (S5.1) und Auekiese (S5.2)

Ausgehend von den derzeit geplanten Maßnahmen dürften nur geringe Mengen dieser Böden im Bereich der Herstellung der Gewässerfurt anfallen. Das dort anfallende Material eignet sich beispielsweise für den Wiedereinbau zur Verfüllung von Baugruben, als Bodenaustauschmaterial oder als Baustraßenmaterial. Weiterhin kann es, aus bodenmechanischer dem bindigen Auelehm zugemischt / zu gefräst werden, um dessen Einbaubedingungen zu verbessern.

Für die standortfremde Verwertung sind die Sande und Kiese (S3, S5.1, S5.2, Homogenbereich B) nach TR LAGA Boden der Einbauklasse 1 (< Z1) bzw. Einbauklasse 0 (Z0) zuzuordnen. Einstufungsrelevant für die Einbauklasse 1 (< Z1) war der Gehalt an Kupfer im Feststoff.

10. Schlussbemerkung

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass die durchgeführten Aufschlüsse punktförmigen Charakter tragen und nur für die geplante Baumaßnahme durchgeführt wurden. Aufgrund des punktförmigen Charakters der Aufschlüsse müssen die daraus resultierenden Aussagen nicht auf jede Stelle des Untersuchungsgebietes zutreffen. Eventuell auftretende Abweichungen von den prognostizierten Verhältnissen sollten durch die an der Baumaßnahme Beteiligten unter Hinzuziehung des Baugrundsachverständigen beraten werden.