

Straßenbauverwaltung
Straßen- und Tiefbauamt Dresden
Straße / Abschnittsnummer / Station:

Bautzner Straße von Prießnitzstraße bis Stolpener Straße
einschließlich Brücke über die Prießnitz
Hochwasserschadensbeseitigung ID-8738

PROJIS-Nr.:

FESTSTELLUNGSENTWURF

- TEKTUR 1 -

UNTERLAGE 20
Geotechnischer Bericht

aufgestellt:
Straßen- und Tiefbauamt
Dresden, den 13.12.2019


Dr. Robert Franke
komm. Amtsleiter



Dipl.-Ing. Steffen Müller

Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger
für Baugrundbeurteilung, Geokunststoffe, Erdbau für
Verkehrswege einschließlich Böschungen durch die
Industrie- und Handelskammer Dresden,
Langer Weg 4, 01239 Dresden

Geotechnischer Bericht

mit abfallrelevanten Untersuchungen

Projekt: Bautzner Straße zwischen Martin-Luther-Straße und
Jägerstraße in Dresden

Auftraggeber: Dresdner Verkehrsbetriebe AG
Center Infrastruktur
Postfach 10 09 55
01079 Dresden
Telefon: 0351 / 857-0

Auftragnehmer: GEPRO Ingenieurgesellschaft für Geotechnik,
Verkehrs- und Tiefbau und Umweltschutz mbH
Caspar-David-Friedrich-Straße 8
01219 Dresden
Telefon: 0351 / 87775-0

GEPRO-Projektnummer: 846 / 2011

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Steffen Müller
Dipl.-Ing. Hans-Martin Schulze

Datum: 15.12.2011

Der Geotechnische Bericht umfasst 31 Seiten und 8 Anlagen.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Inhaltsverzeichnis	2
Verzeichnis der Anlagen	3
Verzeichnis der verwendeten Unterlagen	4
1 Veranlassung	6
1.1 Vorbemerkungen	6
1.2 Aufgabenstellung	7
2 Darstellung und Beschreibung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse	8
2.1 Beschreibung des Untersuchungsobjektes	8
2.2 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse	8
2.3 Ergebnisse der Felduntersuchungen	10
2.4 Ergebnisse der geotechnischen Laboruntersuchungen	13
2.5 Bautechnische Beschreibung des Baugrundes	14
3 Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse	15
4 Empfehlungen und Hinweise	16
4.1 Hinweise für die bauliche Gestaltung von Verkehrsflächen	16
4.2 Hinweise für die Mastgründungen	18
4.3 Weitere Hinweise für die Bauausführung	19
5 Ergebnisse der abfallrelevanten Untersuchungen	20
5.1 Untersuchungskonzept	20
5.2 Untersuchungsumfang der chemischen Analytik	21
5.3 Zusammenstellung der Proben	22
5.4 Untersuchungsergebnisse und Bewertung	24
6 Entsorgungskonzept	28
7 Zusammenfassung	30

Verzeichnis der Anlagen

- Anlage 1** Lageplan mit Eintragung der Ansatzstellen der Baugrundaufschlüsse und geologische Längsschnitte im Gleisbereich, in den Kfz-Fahrbahnen sowie den Gehbahnen in den Haltestellenbereichen“, MdL 1:1.000, MdH 1:50 und 1:20
GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH, 14.12.2011. 2 Blatt
- Anlage 2** „Prüfprotokoll; Dynamischer Plattendruckversuch nach TP BF-StB, Teil B 8.3“, Kling Bohrtechnik GmbH, NL Dresden, 21.11.2011 - 24.11.2011, [24]. 1 Blatt
- Anlage 3** „Bohrprofile, Schichtenverzeichnisse und Rammprogramme“, Kling Bohrtechnik GmbH, NL Dresden, 21.11.2011 - 24.11.2011, [25]. 73 Blatt
- Anlage 4** „Laborprüfbericht 13-2011-846“, GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH, 05.11.2011, [27]. 12 Blatt
- Anlage 5** „Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98“, GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH, 29.11.2011, [26]. 3 Blatt
- Anlage 6** Prüfberichte.
- Anlage 6.1 „Prüfbericht 1300502“, SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH, 13.12.2011, [28]. 9 Blatt
- Anlage 6.2 „Prüfbericht 1300503“, SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH, 13.12.2011, [29]. 2 Blatt
- Anlage 7** Zusammenstellung der Analysenergebnisse.
- Anlage 7.1 „Zusammenstellung der Analysenergebnisse von Baustoffrecyclingmaterial und Gegenüberstellung der Zuordnungswerte für Feststoff und Eluat gemäß „Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial“ (Erlass vom 11.01.2006)“, GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH, 14.12.2011. 1 Blatt
- Anlage 7.2 „Zusammenstellung der Analysenergebnisse von Boden und Gegenüberstellung der Zuordnungswerte für Feststoff und Eluat gemäß LAGA (TR Boden, Stand 05.11.2004)“, GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH, 14.12.2011. 1 Blatt
- Anlage 8** „Lageplan mit Darstellung der Verwertungsklassen und der Einbauklassen für den Gleisbereich, für die Kfz-Fahrbahnen sowie die Gehbahnen in den Haltestellenbereichen“, M 1:1.000, GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH, 14.12.2011. 2 Blatt

Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

Allgemeine Unterlagen

- [1] „Geologische Spezialkarte des Königreiches Sachsen“, Blatt Nr. 66 „Dresden“, M 1:25.000 nebst Erläuterungsheft, III. Auflage, aufgenommen vom Geologischen Landesamt, herausgegeben vom Finanzministerium, Leipzig, 1934.
- [2] „Geologische Karte des Freistaates Sachsen“, Blatt 4948 „Dresden“, M 1:25.000 nebst Erläuterungsheft, 4. neu bearbeitete Auflage, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Freiberg, 2001.
- [3] „Ingenieurgeologische Karte der DDR“, 4 Blätter „Dresden“, M 1:25.000 nebst Erläuterungsheft, Staatliche Geologische Kommission der DDR, Zentrales Geologisches Institut, Berlin, 31.05.1963.
- [4] „Hydrogeologische Karte der Deutschen Demokratischen Republik“, Blatt 1209-3/4 „Dresden W / Dresden O“, M 1:50.000, Zentrales Geologisches Institut, Berlin, 1983.
- [5] „Umweltatlas der Landeshauptstadt Dresden“, Landeshauptstadt Dresden, Amt für Umweltschutz, Dresden, Stand: August 2002.
- [6] „Arbeitskarten zum fachlich ermittelten Überschwemmungsgebiet der Elbe in Dresden gem. § 100 Abs. 3 SächsWG in der Fassung vom 09.08.2004 (HQ 100 = 4.370 m³/s, 924 cm Wasserstand am Pegel Dresden Augustusbrücke)“, Landeshauptstadt Dresden, Amt für Umweltschutz, Dresden, 05.10.2004.
- [7] Historische Flurkarten, Stadtpläne und Stadtkarten, insbesondere „Stadtplan von Dresden“ M 1:10.000, bearbeitet vom Stadtvermessungsamt, Rath zu Dresden, Jahrgänge 1878, 1880, 1890, 1891, 1894, 1898, 1899, 1910, 1915 und 1941.
- [8] „ZTVE-StB 09; Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau“, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, Ausgabe 2009.
- [9] „ZTVA-StB 97; Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen“, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, Ausgabe 1997.
- [10] „RStO 01; Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen“, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, Ausgabe 2001.
- [11] „RAS-Ew; Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung“, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, Ausgabe 2005.
- [12] „Merkblatt für die Verdichtung des Untergrundes und Unterbaues im Straßenbau“, FGSV-Heft 516, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., FGSV Verlag GmbH, Köln, 2003.

- [13] „M GUB; Merkblatt über geotechnische Untersuchungen und Berechnungen im Straßenbau“,
Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Ausgabe 2004.
- [14] „Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG“,
27.09.1994 (BGBl. I S.2705), zuletzt geändert am 11.08.2010 (BGBl. I S. 1163).
- [15] „Verordnung zur Umsetzung des Europäischen Abfallverzeichnisses - Abfallverzeichnis-Verordnung - AVV“,
10.12.2001 (BGBl. I S. 3379), zuletzt geändert am 15.07.2006 BGBl. I S. 1619).
- [16] „Verordnung über die Nachweisführung bei der Entsorgung von Abfällen - Nachweisverordnung - NachwV“,
20.10.2006 (BGBl. I S. 2298), zuletzt geändert am 19.07.2007 (BGBl. I S. 1619).
- [17] „Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20;
Anforderung an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen - Technische Regeln -“,
- „Allgemeiner Teil“ vom 06.11.2003,
- „Teil II: Technische Regeln für die Verwertung 1.2 Bodenmaterial (TR Boden)“ vom 05.01.2004 und
- „Teil III: Probenahme und Analytik“ vom 05.11.2004.
- [18] „Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 32;
LAGA PN 98, Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen“,
Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., 2002.
- [19] „RuVA-StB 01; Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau“,
Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Asphaltstraßen, Ausgabe 2001, Fassung 2005.
- [20] „Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial“,
Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, 11.01.2006.
- [21] „Verlängerung der Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial“,
Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, 15.12.2010.

Objektbezogene Unterlagen

- [22] „Bautzner Straße zwischen Martin-Luther-Str. bis Jägerstraße; Lageplan; Abschnitt II; Martin-Luther-Straße bis Radeberger Straße“, M 1:500,
Dresdner Verkehrsbetriebe AG, 09.11.2010.
- [23] „Bautzner Straße zwischen Martin-Luther-Str. bis Jägerstraße; Lageplan; Abschnitt III; Radeberger Straße bis Jägerstraße“, M 1:500,
Dresdner Verkehrsbetriebe AG, 09.11.2010.
- [24] „Prüfprotokoll; Dynamischer Plattendruckversuch nach TP BF-StB, Teil B 8.3“,
Kling Bohrentechnik GmbH, NL Dresden, 21.11.2011 bis 24.11.2011.

- [25] „Bohrprofile, Schichtenverzeichnisse und Rammdiagramme“,
Kling Bohrtechnik GmbH, NL Dresden, 21.11.2011 bis 24.11.2011.
- [26] „Probenahmeprotokoll nach LAGA PN 98“,
GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH, 29.11.2011.
- [27] „Laborprüfbericht 13-2011-846“,
GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH, 05.12.2011.
- [28] „Prüfbericht 1300502“,
SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH, 13.12.2011.
- [29] „Prüfbericht 1300503“,
SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH, 13.12.2011.

1 **Veranlassung**

1.1 **Vorbemerkungen**

Die Dresdner Verkehrsbetriebe AG (DVB AG) beabsichtigt, den auf der Bautzner Straße zwischen der Martin-Luther-Straße und der Jägerstraße gelegenen Gleisbereich grundhaft zu erneuern.

Zudem sind die Umgestaltungen der nahe dem Diakonissenkrankenhaus und an der Nordstraße vorhandenen Haltestellen jeweils in der stadtauswärtigen und in der stadteinwärtigen Richtung geplant.

Weiterhin ist in den Gehbahnen die Erneuerung der Fahrleitungsanlage vorgesehen.

Hierfür ist der Baugrund in den entsprechenden Gleisbereichen sowie Teilstücken der Kfz-Fahrbahnen und Gehbahnen zu begutachten.

Die bei dem Umbau anfallenden Aushubmassen sind vor Beginn der Bauarbeiten gemäß LAGA-Mitteilung 20 [17], gemäß RuVA-StB 01 [19] bzw. gemäß den „Vorläufigen Hinweisen zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial“ [20] zu untersuchen. Gleichzeitig sollen die Tragfähigkeit und die Frostsicherheit der Böden in Höhe des zukünftigen Planums beurteilt werden.

Die DVB AG hatte dementsprechend die GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH (GEPRO) beauftragt, für das Bauvorhaben „Bautzner Straße zwischen Martin-Luther-Straße und Jägerstraße“ in Dresden ein Baugrundgutachten mit abfallrelevanten Untersuchungen zu erstellen.

Weil Baugrundaufschlüsse und Probenahmen nur punktuell sind, lassen sich durch diese Schichtgrenzen und Schichtenverlauf sowie typische Materialeigenschaften nur näherungsweise erfassen. Von den aus den untersuchten Stellen gewonnenen Informationen hat GEPRO auf die benachbarten, nicht durch Aufschlüsse untersuchten Bereiche gefolgert. Seitens GEPRO wird jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass Aufschlüsse in Boden und Fels gemäß DIN 4020 als Stichproben zu bewerten sind. Die davon abgeleiteten Schlussfolgerungen für dazwischen liegende Bereiche können trotz großer Sorgfalt nur als Wahrscheinlichkeitsaussagen betrachtet werden, bei denen ein Baugrundrisiko (Restrisiko) verbleibt. Sofern im Zuge weiterer Arbeiten Baugrundverhältnisse festgestellt werden, deren Beschaffenheit von den durch GEPRO erkundeten bzw. festgestellten Verhältnissen abweicht, sollte GEPRO umgehend informiert und gegebenenfalls erneut konsultiert werden.

Das vorliegende Gutachten beschränkt sich in seinen Aussagen auf die Baugrund- und abfallrelevanten Verhältnisse des Bauvorhabens „Bautzner Straße zwischen Martin-Luther-Straße und Jägerstraße“ in Dresden und besitzt nur für dieses Gültigkeit.

1.2 Aufgabenstellung

Der zu untersuchende Gleisbereich der Bautzner Straße erstreckt sich zwischen Martin-Luther-Straße und Jägerstraße und weist eine Länge von ca. 1.250 m auf.

Die Anzahl der Aufschlüsse wurde in Anlehnung an Abschnitt 2.2 der ZTVE-StB 09 [8] sowie gemäß Teil III der LAGA 20 [17] festgelegt. Für Linienbauwerke soll diesen zufolge der Abstand der Probenahmepunkte bei Baugrunduntersuchungen etwa 100 m und bei abfallrelevanten Untersuchungen zwischen 50 m und 200 m betragen. Für den ca. 1.250 m langen Gleisbereich waren 13 Aufschlüsse vorgesehen.

Zur Überprüfung der Tragfähigkeit und zur Untersuchung der Frostsicherheit der unter den künftigen Tragschichten anstehenden Böden sowie zur abfallrelevanten Beurteilung der potentiellen Aushubmassen sollten innerhalb des Gleisbereiches 13 Aufschlüsse, in den derzeitigen Kfz-Fahrbahnen zur Beurteilung der Haltestellenbereiche 4 Aufschlüsse und in den Gehbahnen weitere 5 Aufschlüsse angelegt werden. Zusätzlich sollten zur Beurteilung des Baugrundes der Fahrleitungsmaste an allen 5 Stellen Rammsondierungen durchgeführt werden.

Bei diesen Baugrundaufschlüssen war folgende Vorgehensweise vorgesehen:

1. Aufschlüsse und Probenahmen im Gleisbereich:
Zur Beurteilung des Baugrundes und der Aushubmassen aus dem Gleisbereich waren insgesamt 13 Aufschlüsse bis in eine Tiefe von jeweils 1,0 m mittels Handschurf anzulegen und aus jedem Aufschluss war je eine Asphalt- oder Betonprobe (0,00 m bis ca. 0,20 m) und aus jeder folgenden Bodenschicht war je eine Bodenprobe zu entnehmen.
2. Aufschlüsse und Probenahmen in den Kfz-Fahrbahnen zur Beurteilung der Haltestellenbereiche:
Zur Beurteilung des Baugrundes und der Aushubmassen aus den Kfz-Fahrbahnen waren in den Haltestellenbereichen insgesamt 4 Aufschlüsse bis in eine Tiefe von 1,0 m mittels Handschurf anzulegen und aus dem Asphalt und jeder folgenden Bodenschicht war je eine Probe zu entnehmen.
3. Aufschlüsse und Probenahmen in den derzeitigen Gehbahnen zur Beurteilung der Mastgründungen:
Zur Beurteilung des Baugrundes für die Mastgründungen in den Gehbahnen waren insgesamt 5 Aufschlüsse bis in Tiefen von je 6,5 m anzulegen und war aus jedem Aufschluss je eine Probe aus der Gehbahnbefestigung und aus jeder folgenden Bodenschicht zu entnehmen.
Zusätzlich waren an allen 5 Standorten Rammsondierungen bis in ebenfalls 6,5 m Tiefe geplant.
4 der 5 Aufschlüsse sollten so angeordnet werden, dass sie gleichzeitig für die Beurteilung der Gehbahnen in den Haltestellenbereichen dienen.

Zur Beurteilung der Tragfähigkeit war vorgesehen, in allen Aufschlüssen in den Haltestellenbereichen der Kfz-Fahrbahnen und der Gehbahnen in Höhe des zukünftigen Planums bei ca. 0,7 m bzw. bei ca. 0,4 m unter Geländeoberkante Tragfähigkeitsmessungen mit dem leichten Fallgewichtsgesetz durchzuführen.

Prinzipiell sollten für die Deklaration von Abfällen und Aushubmassen in Anlehnung an die LAGA 32 (LAGA PN 98) [18] Mischproben aus mindestens 4 Einzelproben gebildet und diese gemäß den geltenden Vorschriften [19], [20] und [18] analysiert und bewertet werden.

Die Aufgabenstellung wurde nahezu vorgabegemäß umgesetzt.

2 Darstellung und Beschreibung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse

2.1 Beschreibung des Untersuchungsobjektes

Die als Bundesstraße B 6 klassifizierte Bautzner Straße in Dresden beginnt am Albertplatz und führt in nahezu östliche Richtung bis zur Mordgrundbrücke bzw. bis zur Einmündung der Schillerstraße.

Der zu beurteilende Straßenabschnitt der Bautzner Straße erstreckt sich etwa von der Kreuzung mit der Martin-Luther-Straße bis zur Einmündung der Jägerstraße und weist eine Länge von ca. 1.250 m auf.

Die Bautzner Straße steigt von der Kreuzung mit der Martin-Luther-Straße bei ca. 113,1 mNN bis zur Einmündung der Jägerstraße auf ca. 121,6 mNN an.

Der Straßenzug der Bautzner Straße bestand spätestens seit dem 17. Jahrhundert als eine mit Pflaster befestigte Heerstraße, welche von Dresden nach Bühlau und weiter bis Bautzen und in die Lausitz führte.

Seit 1881 gibt es auf der Bautzner Straße zwischen Albertplatz und dem Waldschlösschen Straßenbahnverkehr. Zunächst verkehrte hier eine Pferdebahn. Seit dem 16.08.1899 wird die Straßenbahn elektrisch betrieben.

2.2 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Für die Beschreibung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse der Umgebung wurden die für das Stadtgebiet Dresden detailliert aussagefähigen Unterlagen [1], [2], [3], [4] und [5] ausgewertet.

Gemäß der geologischen Karte [2] steht im zu untersuchenden Straßenabschnitt eine mit „s_rQWfE“ bezeichnete Deckschicht des Pleistozäns aus „Sand und Feinkies der Elbe“ ① an.

Diese pleistozänen Sande und Feinkiese der Elbe werden im Strombereich der Prießnitz durch eine schmale Rinne aus Auelehmen des Holozäns unterbrochen. Diese mit dem Kurzzeichen „r_{Qh}“ markierte Deckschicht wird als „Auenlehm und Kies (z. T. hochweichselzeitlich) der Elbnebenflüsse und der größeren, ebenen Bachtäler“ ② bezeichnet.

Das Gebiet zwischen Martin-Luther-Straße und Prießnitz liegt in einer Fläche, in der zusätzlich zu den oberflächennahen geogenen Deckschichten eine anthropogene Überdeckung ③ mit der Bezeichnung „Siedlungsschutt in unterbrochener Decke 0-5 m“ ausgewiesen ist.

Unterhalb der anthropogenen und quartären Deckschichten folgt der ebenfalls dem Quartär zugeordnete „Kies der Elbe“, der so genannte Elbschotter. Darunter steht der für Dresden typische Pläner, ein kreidezeitliches, geschiefertes, tonig-schluffiges Mergelgestein an. Für das Untersuchungsgebiet ist er in [2] als „Oberturon bis Coniac der so genannten Strehlener Schicht“ beschrieben.

Bild 1 zeigt diese in [2] skizzierten Untergrundverhältnisse.

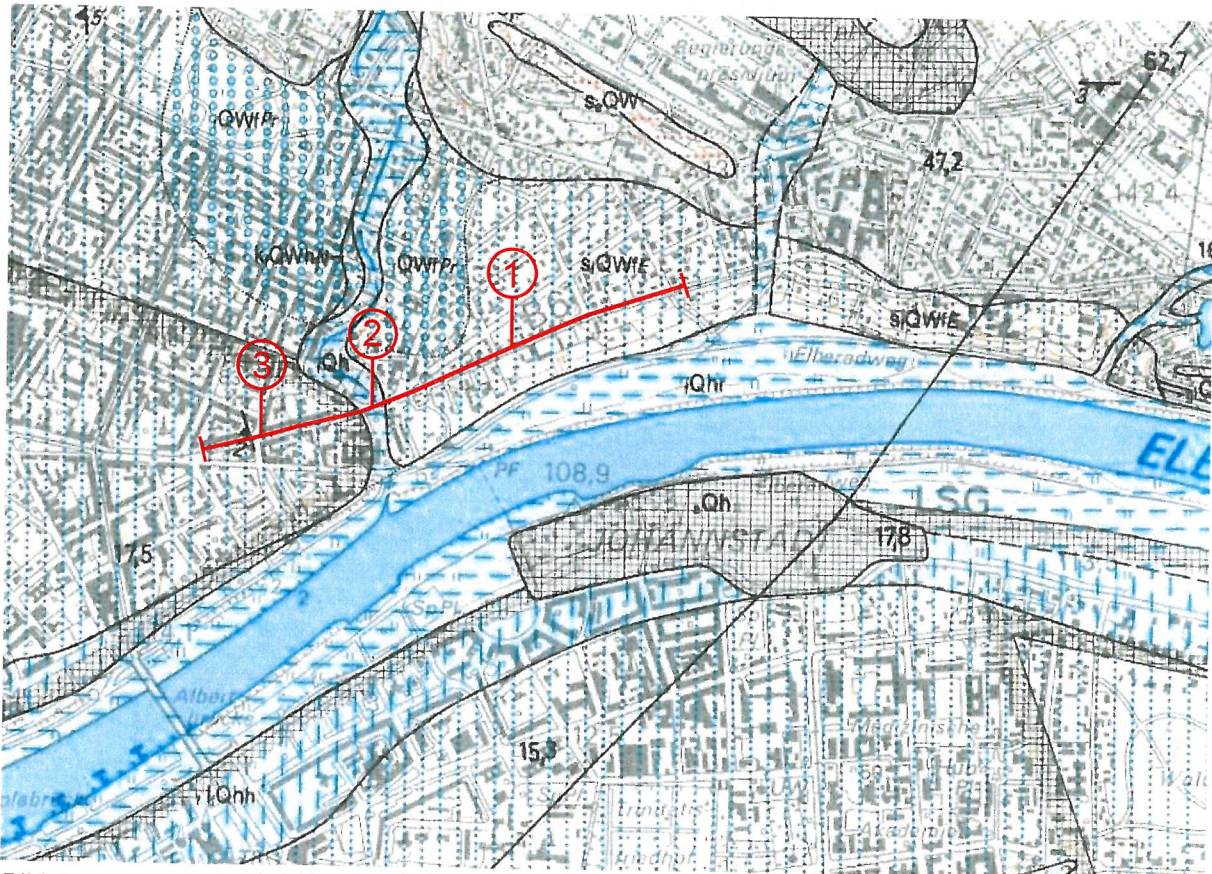


Bild 1 Vergrößerter Ausschnitt aus der Geologischen Karte [2] mit roter Kennzeichnung des zu untersuchenden Straßenabschnittes.

Die Quartärbasis – also die Pläneroberkante – liegt bei etwa 97,5 m bis 100 mHN. Daraus ergibt sich bei einer Geländehöhe von etwa 113 mNN bis 121 mNN eine Mächtigkeit der holozänen und pleistozänen Deckschichten von deutlich mehr als 10 m.

In der Baugrunderkarte von [3] werden die Baugrundverhältnisse systematisch für die beiden Tiefenbereiche „0,0 bis 2,0 m unter Gelände“ und „tiefer als 2,0 m unter Gelände“ ausgewiesen.

Im zu untersuchenden Abschnitt wurde jedoch keine Unterteilung in Tiefenbereiche vorgenommen. Hier ist einheitlich für beide Tiefenbereiche das Vorhandensein von „*fein bis mittelkörnigen Sanden, selten lehmig*“ benannt. Lediglich im Strombereich der Prießnitz wird die Deckschicht als „*feinkörnige, lehmige Sedimente in lockerer Lagerung mit organischen Beimengungen*“ beschrieben.

Die Elbkiese sind [3] zufolge erst ab einer Tiefe von „> 5 m“ vorhanden.

In der in [5] enthaltenen Karte „Grundwasserdynamik“ sind Grundwasserisohypsen (= Linien gleichen Grundwasserstandes) eingetragen. Entlang des zu untersuchenden Abschnittes der Bautzner Straße verläuft die Grundwasserisohypse bei 105,5 m NN. Bei Geländehöhen zwischen ca. 113 mNN und 121 mNN ergibt sich hieraus ein mittlerer Grundwasserflurabstand von 7,5 m bis 15,5 m.

Die Grundwasserfließrichtung ist erwartungsgemäß in Richtung zur südlich fließenden Elbe angegeben.

Aufgrund der Elbnähe – das Elbufer ist nur etwa 200 m von der Bautzner Straße entfernt – müssen die Grundwasserstände zwangsläufig mit (Hoch-) Wasserständen der Elbe korrelieren.

Bedingt durch die Gestaltung der Bautzner Straße als öffentlicher Straßenraum und die Verlegung von Medienleitungen in diesem, dürften in den obersten 1 bis 2 m der Gleise und der Haltestellenbereiche nicht mehr überall die geogen ursprünglichen, in [1], [2] und [3] beschriebenen Bodenverhältnisse bestehen.

2.3 Ergebnisse der Felduntersuchungen

Zur Baugrunderkundung des Objektes „Bautzner Straße zwischen Martin-Luther-Straße und Jägerstraße“ wurden

- 13 Aufschlüsse von je 1,0 m Tiefe im Gleisbereich,
- 4 Aufschlüsse von je 1,0 m Tiefe in den Kfz-Fahrbahnen bei den geplanten Haltestellenbereichen sowie
- 5 Aufschlüsse von je 6,5 m Tiefe in den Gehbahnen zur Beurteilung der geplanten Haltestellenbereiche und der Maststandorte

hergestellt.

Bei 8 der 9 in den Kfz-Fahrbahnen und in den Gehbahnen ausgeführten Aufschlüssen wurden Tragfähigkeitsmessungen mit dem leichten Fallgewichtsgerät durchgeführt.

Zur Vermeidung einer Beschädigung von Medienleitungen, zur Durchführung der Tragfähigkeitsmessungen, zur besseren Bodenansprache und wegen der vorgegebenen geringen Erkundungstiefe wurden die Aufschlüsse im Gleisbereich und in den Kfz-Fahrbahnen als Handschürfe angelegt.

Die gewählte Bezeichnung der Aufschlüsse setzt sich aus der Aufschlussart (hier: KRB für Kleinrammbohrung, Sch für Schurf und DPH für Schwere Rammsondierung), dem Ort des Aufschlusses (hier: Gl für Gleisbereich F für Kfz-Fahrbahn und G für Gehbahn) und einer innerhalb des Aufschlussortes fortlaufenden Nummerierung (hier: 1 bis 13, 1 bis 4 bzw. 1 bis 5) zusammen.

Die Standorte dieser Aufschlüsse sind in dem Lageplan von
Anlage 1
eingetragen.

Schürfe und Kleinrammbohrungen

Die Schichtenprofile der Schürfe und Kleinrammbohrungen sind in der
Anlage 3
beigefügt.

Die Schichtungen sind zusätzlich im Kapitel 2.5 beschrieben und in der
Anlage 1
als geologischer Längsschnitt zeichnerisch dargestellt.

Grundwasser wurde bei keinem der bis 6,5 m tiefen Aufschlüsse erbohrt.

Tragfähigkeitsmessungen

In den Kfz-Fahrbahnen und Gehbahnen wurden in allen Aufschlüssen Tragfähigkeitsmessungen mit dem leichten Fallgewichtsgerät nach TP BF-StB Teil 8.3 durchgeführt. Das zugehörige Messprotokoll ist in der

Anlage 2
zu finden.

Die nachfolgende Tabelle 1 listet die Ergebnisse der Tragfähigkeitsmessungen auf.

Tabelle 1 Ergebnisse der Tragfähigkeitsmessungen.

Bezeichnung des Aufschlusses	Straßenseite (mit Blick stadtauswärts)	Tiefe unter Geländeober- kante (GOK)	in Tiefe der Tragfähig- keitsmessung erkundete Bodenart	Tragfähigkeit	
				E _{vd} gemessen	E _{v2} anhand von E _{vd} geschätzt *
Kfz Fahrbahn					
Sch F1	rechts	0,60 m	A, f-mS, g', u'	47,0 MN/m²	> 45 MN/m²
Sch F2	links	0,60 m	A, S, fg, mg', u'	42,5 MN/m²	> 45 MN/m²
Sch F3	links	0,60 m	A?, f-mS	18,2 MN/m²	< 45 MN/m²
Sch F4	rechts	0,60 m	fS, ms, u*	27,4 MN/m²	> 45 MN/m²
Gehbahn					
KRB G1	rechts	0,40 m	A, S, f-mg', u'	27,9 MN/m²	> 45 MN/m²
KRB G2	links	0,40 m	A, S, g', x', u'	23,3 MN/m²	≈ 45 MN/m²
KRB G4	links	0,40 m	A, S, g, x', u'-u	22,2 MN/m²	≈ 45 MN/m²
KRB G5	rechts	0,40 m	A, S, g', u'	8,7 MN/m²	< 45 MN/m²

* Für die Umrechnung des dynamischen Verformungsmoduls E_{vd} in den statischen Verformungsmodul E_{v2} existiert keine einheitliche, allgemein verbindliche Korrelation. Obwohl für die vorhandenen Böden auch keine spezielle Korrelation ermittelt werden konnte, so können doch als eine grobe Näherung die im Anhang 14 von [9] enthaltenen Vergleichswerte zu Grunde gelegt werden. Hier entspricht ein $E_{v2} = 45$ MN/m² einem $E_{vd} = 25$ MN/m².
Gemäß ZTVE-StB 09 ist auf dem Planum ein Verformungsmodul von mindestens $E_{v2} = 45$ MN/m² erforderlich.

In den Kfz-Fahrbahnen wurden bei den Aufschlüssen Sch F1 und Sch F2 in der für die Tragfähigkeitsmessungen gewählten Tiefenlage von 0,60 m unter Geländeoberkante (GOK) kiesige, schwach schluffige Fein- bis Mittelsande erkundet.

Die hier gemessenen Tragfähigkeiten betrugen $E_{vd} = 47,0$ MN/m² und $E_{vd} = 42,5$ MN/m².

Bei den Aufschlüssen Sch F3 und Sch F4 wurde kiesarme Fein- bis Mittelsande mit höheren Schluffgehalten angetroffen.

Hier sind die Tragfähigkeitsmesswerte mit $E_{vd} = 18,2$ MN/m² und $E_{vd} = 27,4$ MN/m² deutlich niedriger. Beim Sch F3 wurde die geforderte Tragfähigkeit mit $E_{vd} = 18,2$ MN/m² formal nicht erreicht.

GEPRO schätzt jedoch ein, dass durch Nachverdichtung die geforderte Tragfähigkeit erzielt werden kann.

In der Ebene des zukünftigen Haltestellen- bzw. Gehbahnplanums stehen Auffüllungen aus schwach kiesigen und schwach schluffigen Sanden an.

Auch hier bewegen sich bei 3 von 4 Messungen die Tragfähigkeiten E_{vd} mit 22,2 MN/m² bis 27,9 MN/m² im Bereich bzw. oberhalb der erforderlichen Mindesttragfähigkeit.

Lediglich beim Aufschluss KRB G5 wurde die geforderte Tragfähigkeit deutlich unterschritten. Jedoch schätzt GEPRO auch hier aufgrund des aufgeschlossenen nichtbindigen Materials ein, dass die geforderte Tragfähigkeit sehr wahrscheinlich allein durch Nachverdichtung erreicht werden kann.

Rammsondierungen

In unmittelbarer Nachbarschaft der Gehbahn-Aufschlusstandorte KRB G1, KRB G2, KRB G3, KRB G4 und KRB G5 wurden die schweren Rammsondierungen DPH G1, DPH G2, DPH G3, DPH G4 und DPH G5 abgeteuft.

Die Protokolle der fünf abgeteufte Rammsondierungen sind in der

Anlage 3

enthalten.

In der nachfolgenden Tabelle 2 sind die wesentlichen Ergebnisse dieser 5 Rammsondierungen aufgeführt. Deren Aussagen zu den Lagerungsdichten wurden anhand der Schlagzahlen und unter Berücksichtigung der in [25] dokumentierten Bodenansprachen abgeleitet.

Tabelle 2 *Ergebnisse der Rammsondierungen.*

Bezeichnung	Tiefenbereich unter GOK	Schlagzahlen (DPH) je 10 cm	Bodenart	Aus den Schlagzahlen gefolgerte Lagerungsdichte
DPH G1 bei KRB G1	0,00 m - 1,20 m	- (weil Handschurf)	A aus Sand	-
	1,20 m - 2,10 m	1 - 4	Sand, z. T. Auffüllung	locker
	2,10 m - 4,40 m	5 - 10	geogener Sand	mitteldicht
	4,40 m - 6,50 m	12 - 21	geogener Sand	dicht
DPH G2 bei KRB G2	0,00 m - 1,30 m	- (weil Handschurf)	Auffüllung aus Sand	-
	1,30 m - 3,10 m	4 - 10	Sand, z. T. Auffüllung	mitteldicht
	3,10 m - 6,50 m	12 - 22	geogener Sand	dicht
DPH G3 bei KRB G3	0,00 m - 1,20 m	- (weil Handschurf)	Sand, z. T. Auffüllung	-
	1,20 m - 2,10 m	1 - 4	geogener Sand	locker
	2,10 m - 5,50 m	2 - 11	geogener Sand	mitteldicht
	5,50 m - 6,50 m	12 - 16	geogener Sand	dicht
DPH G4 bei KRB G4	0,00 m - 1,20 m	- (weil Handschurf)	Sand, z. T. Auffüllung	-
	1,20 m - 2,50 m	1 - 4	geogener Sand	locker
	2,50 m - 5,50 m	5 - 11	geogener Sand	mitteldicht
	5,50 m - 6,50 m	12 - 15	geogener Sand	dicht
DPH G5 bei KRB G5	0,00 m - 1,20 m	- (weil Handschurf)	Sand, z. T. Auffüllung	-
	1,20 m - 2,50 m	1 - 4	geogener Sand	locker
	2,50 m - 6,50 m	5 - 10	geogener Sand	mitteldicht

Die Ergebnisse der DPH G1 bis DPH G5 können aufgrund der vorgefundenen Baugrundverhältnisse als repräsentativ für die Beurteilung der Rammbarkeit des Baugrundes im gesamten Untersuchungsabschnitt herangezogen werden.

Im gesamten Abschnitt der Bautzner Straße wurden bis in 6,5 m Tiefe Lockergesteine aus sandigen Auffüllungen sowie geogen anstehenden Sanden angetroffen. Die hier angetroffenen Lockergesteine werden als gut rammbaar eingeschätzt.

Die Lagerungsdichte bei den Aufschlüssen KRB G1 bis KRB G4 ist zumeist bis ca. 2,0 m locker, bis ca. 5,0 m mitteldicht und darunter als dicht zu bewerten. Lediglich beim Aufschluss DPH G5 ergab sich für den geogenen Sand bis in 6,5 m nur eine mitteldichte Lagerung.

Der Baugrund ist sowohl für Rohrgründungen mittels Bohreindrehverfahren mit Tiefen von ca. 6,5 m als auch für Blockfundamente mit Tiefen von ca. 3,5 m gut geeignet.

2.4 Ergebnisse der geotechnischen Laboruntersuchungen

Das geotechnische Labor der GEPRO Ingenieurgesellschaft mbH hat an 5 repräsentativen, durch Schurf bzw. Kleinrammbohrung gestört gewonnenen Bodenproben die Kornverteilung gemäß DIN 18123 bestimmt.

Folgende Proben wurden untersucht:

- Einzelprobe aus Sch G11 GP5 0,50 m - 1,00 m Tiefe = Bodenschicht (Schicht 2f)
- Einzelprobe aus Sch G19 GP4 0,60 m - 1,00 m Tiefe = Bodenschicht (Schicht 2f)
- Einzelprobe aus Sch F2 GP5 0,40 m - 1,00 m Tiefe = Bodenschicht (Schicht 2f)
- Einzelprobe aus KRB G1 GP7 4,80 m - 6,50 m Tiefe = Bodenschicht (Schicht 3)
- Mischprobe aus KRB G3 GP4-7 1,80 m - 6,50 m Tiefe = Bodenschicht (Schicht 3)

Die Laborergebnisse sind in der

Anlage 4

enthalten.

Die wesentlichen Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3 Geotechnische Laborergebnisse.

Bezeichnung	Schicht 2f	Schicht 2f	Schicht 2f	Schicht 3	Schicht 3
	Auffüllung aus Sand Sch G11 GP5 0,50 m - 1,00 m	Auffüllung aus Sand Sch G19 GP4 0,60 m - 1,00 m	Auffüllung aus Sand Sch F2 GP5 0,40 m - 1,00 m	geogen anstehender Sand KRB G1 GP7 4,80 m - 6,50 m	geogen anstehender Sand KRB G3 GP4-7 1,80 m - 6,50 m
Bodenart nach DIN 4022	A, mS, gs, fs', mg' gg'	A s, u, mg, fg'	A mS, u', fs', gs', fg', mg'	S, mg, u', fg'	mS, u', fs', gs'
Bodengruppe nach DIN 18196	SE	SU*	SU	SU	SU
Wassergehalt	3,3 %	7,1 %	8,7 %	5,3 %	4,5 %
Anteil an Feinkorn (< 0,063 mm)	3,5 %	21,6 %	9,5 %	8,6 %	5,4 %
Anteil an Sandkorn (0,063 mm - 2,00 mm)	77,8 %	53,5 %	78,7 %	59,6 %	91,7 %
Anteil an Kieskorn (> 2,00 mm)	18,7 %	24,9 %	11,8 %	31,7 %	1,9 %
Ungleichförmigkeitszahl U	2,6	-	6,4	12,0	2,8
Krümmungszahl C	0,9	-	2,1	1,2	1,3
Fließgrenze w_L	-	-	-	-	-
Ausrollgrenze w_P	-	-	-	-	-
Plastizitätszahl I_P	-	-	-	-	-
Konsistenzzahl I_C	-	-	-	-	-
Wasserdurchlässigkeit k_f nach BEYER	$4,3 \cdot 10^{-4}$ m/s	-	$3,7 \cdot 10^{-5}$ m/s	$4,8 \cdot 10^{-5}$ m/s	$1,9 \cdot 10^{-4}$ m/s

2.5 Bautechnische Beschreibung des Baugrundes

Gleisbereich

Im zu beurteilenden Abschnitt besteht die Deckenbefestigung des Gleisbereiches aus Asphalt (Schicht 1a) sowie aus Beton (Schicht 1b). Unter den Betonplatten ist eine mehrere Zentimeter dicke Schicht aus bituminösem Unterguss und stellenweise Asphalttragschicht (Schicht 2a) vorhanden.

Unter diesen Schichten folgt eine Schicht aus Brechkorngemisch (Schicht 2d) von sehr unterschiedlicher Dicke.

Darunter folgt eine aus unterschiedlichen Gesteinen bestehende Packlage. Bei den Aufschlüssen Sch GI5, Sch GI6, Sch GI7 Sch GI9 und Sch GI13 wurde die zuvor vermutlich flächenhaft vorhandene Packlage sehr wahrscheinlich bei jüngeren Umbaumaßnahmen ausgebaut und durch Brechkornmaterial ersetzt.

Unter der aus Packlagen bzw. Brechkorngemischen bestehenden Tragschicht folgen bis zur Endtiefe Auffüllungen aus schwach kiesigen, schwach schluffigen Sanden (Schicht 2f). Diese Auffüllungen enthalten kleinere Mengen an Ziegel- und Schlackestücken.

Der Aufschluss Sch GI13 wurde in einem Abschnitt angelegt, der bereits vor kurzem im Zusammenhang mit dem Bau der Waldschlösschenbrücke umgebaut wurde. Deshalb unterscheidet sich seine Schichtung deutlich von denen der übrigen Aufschlüsse.

Kfz-Fahrbahnen an den Haltestellen Diakonissenkrankenhaus

Die Deckschicht besteht hier aus Asphalt (Schicht 1a). Unter der stadtauswärtigen Kfz-Fahrbahn befindet sich unter dem Asphalt eine hydraulisch gebundene Tragschicht (Schicht 2b). Darunter sind bei beiden Kfz-Fahrbahnen eine Schicht aus Brechkorngemisch (Schicht 2d) und wider darunter Auffüllungen aus schwach kiesigen, schwach schluffigen Sanden mit Ziegel- und Schlackestücken (Schicht 2f) vorhanden.

Eine Packlage wurde hier – wie auch im benachbarten Gleisbereich – nicht angetroffen.

Kfz-Fahrbahnen an den Haltestellen Nordstraße

Der Deckenschluss besteht einheitlich aus Asphalt (Schicht 1a). In der stadteinwärtigen Kfz-Fahrbahn folgen eine Packlage (Schicht 2e) und darunter eine Schicht aus Brechkorngemisch (Schicht 2d). In der stadtauswärtigen Kfz-Fahrbahn liegt hingegen das Brechkorngemisch (Schicht 2d) über der Packlage (Schicht 2e).

Darunter folgen einheitlich Sande. In der stadteinwärtigen Kfz-Fahrbahn sind die Sande vermutlich aufgefüllt (Schicht 2f) und in der stadtauswärtigen Kfz-Fahrbahn sind die Sande vermutlich geogen anstehend (Schicht 3).

Auffällig ist, dass die Packlagen in den Kfz-Fahrbahnen mit 0,18 m bis 0,30 m bzw. 0,25 m bis 0,40 m Tiefe deutlich höher als die Packlage im Gleisbereich mit 0,50 m bis 0,65 m bzw. 0,50 m bis 0,70 m Tiefe liegen.

Gehbahnen

Die Deckschichten der Gehbahnen sind bei den 5 Aufschlüssen recht unterschiedlich. Sie bestehen aus Granitsteinpflaster (Schicht 1c) sowie Betonsteinen und Betonplatten (Schicht 1b). Beim Aufschluss KRB G5 ist hingegen eine ungebundene Deckschicht aus Brechkorngemisch vorhanden.

Unter den Deckschichten folgen Auffüllungen aus schwach kiesigen, schwach schluffigen Sanden mit Ziegel- und Schlackestücken (Schicht 2f).

Darunter wurden beginnend mit Tiefen zwischen 0,80 m und 1,80 m durchweg bis zur Endtiefe bei 6,5 m geogen anstehende Sande aufgeschlossen. Bei den beiden Aufschlüssen im Abschnitt der Haltestelle Diakonissenkrankenhaus zeigten diese Sande ab einer Tiefe von ca. 4,5 m erhöhte Kiesgehalte.

Allgemein besteht folgende Schichtenfolge, wobei selbstverständlich nicht in jedem Aufschluss alle Schichten anstehen:

- Schicht 1a Asphalt (Deck- und Tragschicht),
- Schicht 1b Beton (Großverbundplatten, Betonplatten, Betonsteine),
- Schicht 1c Pflastersteine (zumeist Granit),
- Schicht 2a Auffüllungen aus Asphalt (bituminöser Unterguss, Tragschicht),
- Schicht 2b Auffüllungen aus Beton (HGT),
- Schicht 2c Auffüllungen aus Kiesen und Sanden (Pflasterbettung),
- Schicht 2d Auffüllungen aus Kiesen und Sanden (Breckkorngemisch),
- Schicht 2e Auffüllungen aus Steinen (Packlage),
- Schicht 2f Auffüllungen aus schwach kiesigen, schwach schluffigen Sanden, zum Teil mit Ziegel- und Schlackestücken,
- Schicht 3 geogen anstehender Sand.

In der

Anlage 1

sind die zugehörigen Schichtenprofile und die Schichtenverläufe dargestellt.

3 Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse

In der nachfolgenden Tabelle 4 sind für die wichtigsten Bodenschichten die maßgebenden Bodenkenngrößen zusammengestellt. Die oberflächennahen Bodenschichten (Tragschichten), die vollständig zurückgebaut werden, wurden hierbei nicht betrachtet.

Die Bodenkenngrößen der in dem zukünftigen Planum anstehenden Auffüllung aus schwach kiesigen, schwach schluffigen Sanden (Schicht 2f) sowie der geogen anstehenden Sanden (Schicht 3) wurden auf der Grundlage der ausgeführten Laboruntersuchungen bestimmt bzw. abgeschätzt. Die Bodenkenngrößen der Schicht 2d wurden lediglich anhand der Feldansprache abgeschätzt.

Da bei den geogen anstehenden Sanden mit zunehmender Tiefe auch die Lagerungsdichte von locker über mitteldicht bis dicht zunimmt, wurden deren Bodenkennwerte für die drei typischen Lagerungsdichten angegeben.

Tabelle 4 Maßgebende Kenngrößen der Böden.

Bezeichnung	Schicht 2d	Schicht 2f	Schicht 3
	Auffüllungen aus Kiesen und Sanden (Breckkorngemisch)	Auffüllungen aus schwach kiesigen, schwach schluffigen Sanden	geogen anstehende Sande
Bodenart nach DIN 4022	A, G, s*	A, s, g', u' - u	S, g', u'
Bodengruppe nach DIN 18196	GW - GU	SE, SU, SU*	SU
Bodenklasse nach DIN 18300	Klasse 3	Klasse 3 - 4	Klasse 3
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB	F1 (nicht frostempfindlich)	F1 - F3 (nicht bis sehr frostempfindlich)	F1 - F2 (nicht bis mittel frostempfindlich)
Verdichtbarkeitsklasse nach ZTVA-StB	V1	V1 - V2	V1

Bezeichnung	Schicht 2d	Schicht 2f	Schicht 3		
	Auffüllungen aus Kiesen und Sanden (Breckkorn-gemisch)	Auffüllungen aus schwach kiesigen, schwach schluffigen Sanden	geogen anstehende Sande		
Lagerung/Konsistenz	mitteldicht bis dicht	locker	locker	mitteldicht	dicht
Wichte (erdfeucht) ¹⁾ cal γ'	19,5 kN/m ³	16,0 kN/m ³	16,0 kN/m ³	17,0 kN/m ³	18,0 kN/m ³
Wichte (erdfeucht) ¹⁾ cal γ'	12,5 kN/m ³	8,5 kN/m ³	8,5 kN/m ³	9,5 kN/m ³	10,5 kN/m ³
Reibungswinkel ¹⁾ cal ϕ'	35°	30°	30°	32,5°	35°
Kohäsion ¹⁾ cal c'	0 kN/m ²	0 kN/m ²	0 kN/m ²	0 kN/m ²	0 kN/m ²
Steifemodul E_s	100 MN/m ²	20 MN/m ²	20 MN/m ²	40 MN/m ²	100 MN/m ²

¹⁾ Die Scherparameter wurden auf Basis der DIN 1055-2:2010-11 abgeschätzt.

4 Empfehlungen und Hinweise

4.1 Hinweise für die bauliche Gestaltung von Verkehrsflächen

Für die Gestaltung der Verkehrsflächen gilt die RStO 01 [10].

Bei der Berechnung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus wurde für die Bautzner Straße die Bauklasse II angenommen.

Bemessung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus für die Kfz-Fahrbahnen und den Gleisbereich

Bei den 17 Aufschlüssen im Kfz-Fahrbahn- und Gleisbereich der Bautzner Straße wurden in einer Höhe von ca. 0,50 m bis 1,00 m unter Straßenoberkante sowohl nicht frostempfindliche als auch stark frostempfindliche aufgefüllte Materialien angetroffen. In dieser Ebene sind zumeist schwach kiesige bis schwach schluffige Sande vorhanden.

Weil die in Planumshöhe vorhandenen Materialien sowohl nicht als auch stark frostempfindlich sind, sollte aus Gründen der Frostsicherheit generell ein frostsicherer Oberbau hergestellt werden.

Dabei sollte davon ausgegangen werden, dass der Untergrund bemessungstechnisch einheitlich aus einem F-3-Material besteht.

Gemäß Bild 6 der RStO 01 [10] liegt Dresden im Frosteinwirkungsgebiet Zone II.

Die Dicke des frostsicheren Oberbaues für die Bauklasse II ergibt sich nach der RStO 01 wie folgt:

Ausgangswert für die Dicke des frostsicheren Oberbaues: 65 cm
 zuzüglich Mehr- bzw. abzüglich Minderdicken infolge:

A = Frosteinwirkungsgebiet:	Zone II	+ 5 cm
B = Lage der Gradiente:	in geschloss. Ortschaft u. in Geländehöhe	± 0 cm
C = Wasserverhältnisse:	günstige Wasserverhältnisse	± 0 cm
D = Ausf. d. Randbereiche:	in geschloss. Ortslage mit teilw. wasser- durchl. Randber. sowie Entw.einricht.	- 5 cm

Minstdicke des frostsicheren Aufbaus für die Bauklasse SV//II: 65 cm

Der frostsichere Aufbau übernimmt zudem die Aufgabe einer Tragschicht.
 In Übereinstimmung mit der RStO 01 ist auf dem Planum (= Unterkante des frostsicheren Oberbaues) eine Tragfähigkeit $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Bemessung der Minstdicke der ungebundenen Tragschicht auf Tragfähigkeit

Bei einer auf der Frostschutzschicht vorhandenen Ausgangstragfähigkeit $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ und einer auf der Oberfläche der ungebundenen Tragschicht geforderten Tragfähigkeit $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ ist zur Gewährleistung der Tragfähigkeitsanforderungen gemäß Tabelle 8 der RStO 01 bei Verwendung von Schotter-Splitt-Sand-Gemischen (= Brechkorn gemischen) eine Dicke von 15 cm und bei Verwendung von Kies-Sand-Gemischen (= Naturkorn gemischen) eine Dicke von etwa 20 cm nötig.

Die darunter befindliche Schicht aus frostunempfindlichem Material soll zur Gewährleistung eines Tragfähigkeitsanstieges von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Planum auf $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberfläche der Frostschutzschicht eine Dicke von 30 cm bei Verwendung von Schotter-Splitt-Sand-Gemischen und 35 cm bei Verwendung von Kies-Sand-Gemischen haben.

Somit ergibt sich insgesamt eine Dicke der ungebundenen Tragschicht von 45 cm bei Schotter-Splitt-Sand-Gemischen und von 55 cm bei Kies-Sand-Gemischen.

Zuzüglich der abdeckenden Asphaltsschichten von planmäßig 22 cm ergibt sich ein Straßen-
 aufbau von 67 cm bzw. 77 cm.

Demzufolge ist die sich aus der Bemessung auf Tragfähigkeit ergebende Oberbaudicke von 67 cm bzw. 77 cm größer als die sich aus der Bemessung auf Frost ergebende Oberbaudicke von 65 cm und wird deshalb maßgebend.

Bewertung und Abschätzung der Tragfähigkeit auf dem Planum für die Kfz-Fahrbahnen und den Gleisbereich

Insgesamt wurden im Kfz-Fahrbahnbereich 4 Tragfähigkeitsmessungen durchgeführt. Hierbei wurde die geforderte Tragfähigkeit $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ an 3 von 4 Messstellen erreicht. Lediglich beim Aufschluss Sch F3 wurde eine Unterschreitung mit einem Wert von $E_{v2} = 18,20 \text{ MN/m}^2$ gemessen.

Die E_{vd} -Werte schwanken somit zwischen $18,2 \text{ MN/m}^2$ und $47,0 \text{ MN/m}^2$. (Ein $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ entspricht stark überschlägig einem $E_{vd} = 25 \text{ MN/m}^2$.)

Da mit Ausnahme des Messwertes von Sch F3 die geforderte Mindesttragfähigkeit erreicht wurde und bei Sch F3 im Horizont des zukünftigen Planums Fein- bis Mittelsande vorhanden sind, schätzt GEPRO ein, dass die auf dem Planum geforderte Tragfähigkeit mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit durch Nachverdichtung erreicht werden kann. Aus diesem Grunde, werden hier flächendeckend keine Maßnahmen zur Tragfähigkeitserhöhung notwendig.

Da im benachbarten Gleisbereich in der Tiefe des zukünftigen Planums vergleichbare schwach kiesige, schwach schluffige aufgefüllte Sande angetroffen wurden, kann davon ausgegangen werden, dass hier auch ähnliche Tragfähigkeiten vorliegen.

Das Planum sollte sowohl im Gleisbereich als auch in den Kfz-Fahrbahnen nachverdichtet und das Einhalten der Mindesttragfähigkeit sollte durch Messungen nachgewiesen werden.

Sollte in Teilabschnitten wider erwarten auch nach einer Nachverdichtung die geforderte Tragfähigkeit nicht erreicht werden, wird ein Bodenaustausch von 20 cm vorgeschlagen. Als Bodenaustauschmaterial sollte ein gebrochenes Material GW, GU eingesetzt werden.

Bewertung und Abschätzung der Tragfähigkeit auf dem Planum für die Gehbahnen im Haltestellenbereich

In den Gehbahnen der Haltestellen wurde auf dem Planum bzw. in einer Tiefe von ca. 0,40 m unter Geländeoberkante die geforderte Mindesttragfähigkeit $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{vd} \geq 25 \text{ MN/m}^3$ an 3 von 4 Messstellen erreicht bzw. nahezu erreicht. Die gemessenen E_{vd} -Werte schwanken zwischen $22,2 \text{ MN/m}^2$ und $27,9 \text{ MN/m}^2$. Lediglich beim Aufschluss KRB G5 wurde eine deutlich zu geringe Tragfähigkeit gemessen. Da aber auch hier grundsätzlich gut verdichtbare Böden anstehen, schätzt GEPRO ein, dass auch hier mit einer intensiven Nachverdichtung die geforderte Tragfähigkeit erreicht werden kann.

Sollte in Teilabschnitten wider erwarten auch nach einer Nachverdichtung die geforderte Tragfähigkeit nicht erreicht werden, wird ein Bodenaustausch von 20 cm vorgeschlagen. Als Bodenaustauschmaterial sollte ein gebrochenes Material GW, GU eingesetzt werden.

Hinweise zur Planumsentwässerung

Die in Höhe des zukünftigen Planums überwiegend vorhandenen Böden aus zumeist schwach kiesigen, schwach schluffigen Sanden bewirken, dass die Versickerungsverhältnisse überwiegend günstig sind.

Die Wasserdurchlässigkeit der aufgefüllten und der geogen anstehenden Sande wurde anhand der Siebanalysen als zwischen $k_f = 3,7 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ und $k_f = 4,3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ liegend ermittelt. Diese Durchlässigkeiten gelten gemäß DIN 18130 als stark durchlässig bis durchlässig. Auf Grund der ermittelten guten Wasserdurchlässigkeit kann auf eine Planumsentwässerung verzichtet werden.

4.2 Hinweise für die Mastgründungen

Als Regellösung ist die Gründung der Fahrleitungsmasten mit ca. 6,5 m langen Rammrohren vorgesehen. Da jedoch bei Auftreten von Rammhindernissen Blockfundamente erforderlich werden können, werden zusätzlich für die in deren Gründungstiefe von ca. 3,5 m zu erwartenden Bodenarten die aufnehmbaren Sohldrücke angegeben.

Zur Beurteilung des Baugrundes hinsichtlich seiner Eignung für die Gründung von Fahrleitungsmasten mittels Rammrohren bzw. Blockfundamenten wurden fünf je 6,5 m tiefe Kleinrammbohrungen sowie an den gleichen Stellen fünf je 6,5 m tiefe schwere Rammsondierungen ausgeführt.

Gründung mit Rammrohren

Die bis in ca. 2,5 m Tiefe reichenden Schichten aus Auffüllungen und geogen anstehenden Sanden können als sehr leicht rammbar eingeschätzt werden.

Die ab einer Tiefe von etwa 2,5 m folgende Schicht aus mitteldicht bis dicht gelagerten geogenen Sanden sind hingegen leicht bis mittelschwer rammbar.

Aufgrund der nahen Bebauung wird generell ein Einbohren der Fundamentrohre mittels Bohreindrehverfahren empfohlen.

Gründung mit Blockfundamenten

Die Sohlen von Blockfundamenten für Fahrleitungsmasten werden üblicherweise in einer Tiefe von etwa 3,0 m bis 3,5 m unter der Geländeoberkante angeordnet.
In diesem Tiefenbereich stehen bei allen 5 KRB/DPH gewachsene Sande der Bodengruppen SU in mitteldichter Lagerung an.

Deren aufnehmbare Sohldrücke lassen sich aus der Tabelle A.1 „Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} für Streifenfundamente auf nichtbindigem Boden (GW, GI, GE, GU, GT, SW, SI, SE, SU, ST nach DIN 18196) mit Breiten b bzw. b' von 0,50 m bis 3,00 m“ der aktuell gültigen DIN 1054:2005-01 entnehmen.

Neben der Bodengruppe und der kleinsten Einbindetiefe des Fundamentes ist hierbei die Lagerungsdichte des Bodens für die Festlegung des aufnehmbaren Sohldruckes ausschlaggebend. Die Lagerungsdichte wurde in den geplanten Gründungstiefen von ca. 3,5 m anhand der Rammsondierungen durchweg mit „mitteldicht“ beschrieben.

Die für nichtbindige Böden von mindestens mitteldichter Lagerung aufnehmbaren Sohldrücke sind in Abhängigkeit von der kleinsten Einbindetiefe des Fundamentes in der nachfolgenden Tabelle 5 aufgelistet.

Tabelle 5 *Aufnehmbare Sohldrücke gemäß Tabelle A.1 der DIN 1054:2005-01.*

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments	Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} in kN/m ² für nichtbindige Böden mit mindestens dichter Lagerung (b bzw. b')					
	0,50 m	1,00 m	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m
0,50 m	200	300	400	500	500	500
1,00 m	270	370	470	570	570	570
1,50 m	340	440	540	640	640	640
2,00 m	400	500	600	700	700	700

Bei einer Einbindetiefe der Mastfundamente von mehr als 2,0 m und einer Breite des Fundamentes von ca. 1,0 m kann somit ein **aufnehmbarer Sohldruck von 500 kN/m²** zugrunde gelegt werden.

(Der Begriff „aufnehmbarer Sohldruck“ ist weitgehend gleichbedeutend mit dem früher verwendeten Begriff „zulässige Bodenpressung“.)

4.3 Weitere Hinweise für die Bauausführung

In Übereinstimmung mit der DIN 4124 können Baugruben und Gräben bis zu einer Tiefe von 1,25 m ohne besondere Sicherung mit senkrechten Wänden hergestellt werden. Bei Tiefen zwischen 1,25 m und 1,75 m ist bei senkrechten Wänden eine Kopfabböschung bzw. Kopfsicherung mit einer Saumleiste notwendig.

Bei größeren Tiefen sind die Baugruben vollständig abzuböschten oder es ist ein geeigneter Verbau vorzusehen.

Für das Bauvorhaben können in Anlehnung an die DIN 4124 Baugruben mit folgenden Böschungswinkeln hergestellt werden:

- Auffüllung aus Sanden: $\beta \leq 45^\circ$;
- geogen anstehende Sande: $\beta \leq 45^\circ$.

Diese zulässigen Böschungswinkel gelten für trockene Böschungen mit Höhen < 5 m, mit einer kurzzeitigen Standdauer und mit einem belastungsfreien Streifen an der Böschungsoberkante von mindestens 1,0 m Breite bei leichten Baufahrzeugen bis 12 t Gesamtmasse bzw. von mindestens 2,0 m Breite bei schwererem Gerät.

Geringere Böschungsneigungen können erforderlich werden, wenn starke Erschütterungen durch Verkehr, Ramm- oder Verdichtungsarbeiten auftreten oder zu erwarten sind.

Für Baugruben ab 5 m Tiefe ist ein statischer Nachweis für die Böschung oder den Verbau notwendig. Als Verbausysteme kommen im Wesentlichen die üblichen Trägerbohlwandverbaue, Spundwandverbaue, Kanaldielenverbaue sowie Verbaue mit Verbauplatten (Krings-Verbau) in Frage.

Aus bodenmechanischer Sicht können die Aushubmassen für Bodenaustausch-, Verfüll- und Hinterfüll- sowie Geländeregulierungsarbeiten verwendet werden.

Die bindigen Auffüllungen (SU*) im Schurf Sch GI9 sind nur für Geländeregulierungsarbeiten geeignet und sollten unterhalb von Verkehrsflächen nicht wieder eingebaut werden.

Ein bauzeitliches Befahren der teilweise enggestuften Sande (SE) im Schurf Sch GI1 sollte möglichst unterbleiben. Bei ungünstiger Witterung sind hierbei größere Tragfähigkeitsschäden zu erwarten. Der Ausbau dieser Böden sowie der Einbau des Tragschichtmaterials sollten generell rückschreitend (beim Ausbau) bzw. vor Kopf (beim Einbau) bzw. seitlich erfolgen.

Im öffentlichen Straßenraum sind stadttypische Medienleitungen (Wasser-, Abwasser-, Gas-, Elektrizitäts- und Informationsleitungen usw.) vorhanden. Diese können die bauzeitliche Befahrbarkeit des Planums behindern und können Ursache für ein eventuelles Auftreten weiterer, zur Grabenverfüllung verwendeter Böden sein, die bei den Aufschlüssen noch nicht erkundet worden sind.

5 Ergebnisse der abfallrelevanten Untersuchungen

5.1 Untersuchungskonzept

Weil für die Herstellung eines frostsicheren und tragfähigen Straßenoberbaues bzw. aufgrund des geplanten Gleisaufbaus aus Fester Fahrbahn planmäßige Aushubtiefen von ca. 0,70 m bis 0,80 m zu erwarten sind, werden entsprechende auszuhebende Böden anfallen, die zu entsorgen sind.

In den 4 jeweils etwa 50 m bis 150 langen Haltestellenbereichen werden in den derzeitigen Kfz-Fahrbahnen Aushubtiefen von ca. 0,65 m und in den derzeitigen Gehbahnen Aushubtiefen von ca. 0,45 m zu erwarten sein.

Da diese Aushubmassen aus technologischen Gründen nur in begrenztem Maß getrennt werden können – eine Trennung ist nur nach deutlich unterscheidbaren großvolumigen Schichten aus z. B. Brechkorngemischen, Lehmen und Sanden sowie nach Verkehrsflächen wirtschaftlich – ist eine plausible Zusammenfassung der Aushubmassen und deren gemeinsame Deklaration sinnvoll.

Aufgrund der Länge der umzubauenden Gleistrasse von ca. 1.250 m wurde der Gleisabschnitt in folgende 3 Teilabschnitte unterteilt:

- | | |
|-----------------|---|
| Teilabschnitt 1 | Bautzner Straße zwischen Bauanfang und Prießnitzstraße, |
| Teilabschnitt 2 | Bautzner Straße zwischen Prießnitzstraße und Stolpener Straße und |
| Teilabschnitt 3 | Bautzner Straße zwischen Stolpener Straße und Bauende. |

Hierbei wurden je Teilabschnitt Proben aus den Deckschichten (Asphalt oder Beton) und den darunter befindlichen Auffüllungen aus ungebundenen Tragschichten und Bodenmaterial entnommen und untersucht. Wurde unter den Betonplatten bituminöser Unterguss bzw. eine Asphalttragschicht angetroffen, wurde dieses Material ebenfalls beprobt und untersucht.

Aus den 4 nur etwa 50 m bis 150 m langen Haltestellenbereichen wurden die jeweiligen Einzelproben getrennt nach Kfz-Fahrbahnen und nach Gehbahn zusammengefasst.

Die Deckschicht in den Kfz-Fahrbahnen bestehen einheitlich aus Asphalt. Aus den darunter befindlichen Bodenmaterialien aus Tragschichten und Auffüllungen wurden ebenfalls Proben entnommen und untersucht.

Die Deckschicht in den Gehbahnen besteht aus Granit-Natursteinpflaster und Betonsteinen. Da diese Materialien wieder verwendet werden können, wurden auf deren Beprobung und Untersuchung verzichtet.

Die darunter befindlichen Auffüllungen wurden bis etwa 1,0 m Tiefe beprobt und untersucht.

Weil die für die Gründung der Fahrleitungsmaste nötigen Aushubmengen nur sehr gering sind, wurde auf eine Beprobung der aus den Gründungsstellen ggf. auszuhebenden Materialien verzichtet.

In Anlehnung an die LAGA PN 98 sollten Mischproben aus nach Möglichkeit 4 Einzelproben gebildet und untersucht werden. Diese Zielstellung wurde nahezu eingehalten.

Die Bezeichnung der Proben setzt sich folgendermaßen zusammen: Mit den ersten beiden Buchstaben wird die Art des Materiales (hier: RP für Recyclingprobe (= Betonprobe), AP für Asphaltprobe und BP für Bodenprobe) beschrieben, mit den Ziffern erfolgt eine fortlaufende Nummerierung (hier z. B. 1 bis 7) und mit den letzten beiden Buchstaben wird die Art der Probenzusammenfassung (hier: MP für Mischprobe und EP für Einzelprobe) bezeichnet.

5.2 Untersuchungsumfang der chemischen Analytik

Chemische Analytik zur Deklaration des Ausbaus asphalt

Der Umfang an chemischer Analytik der Asphaltproben wurde so festgelegt, dass die Asphaltproben gemäß RuVA-StB 01 hinsichtlich Phenolen im Eluat und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) im Feststoff untersucht werden.

Chemische Analytik zur Deklaration der Recyclingproben (= Betonproben)

Der Umfang an chemischer Analytik der Betonproben wurde so festgelegt, dass diese gemäß den Vorgaben aus Tabelle 1 von [20] für die so genannten W-Werte analysiert wurden. Die Zuordnungswerte (W-Werte) für Betone wurden sowohl für den Feststoff als auch für das Eluat in Übereinstimmung mit [20] gewählt.

Chemische Analytik zur Deklaration der Bodenproben

Der Umfang an chemischer Analytik von Bodenproben wurde so festgelegt, dass die Bodenproben einheitlich gemäß den LAGA-Vorgaben von [17] nach dem „Mindestuntersuchungsprogramm für Bodenmaterial bei unspezifischen Verdacht“ (Tabelle II 1.2-1) als Bodenmaterial mit mineralischen Fremdbestandteilen analysiert wurden und dass zusätzlich zu diesem Mindestuntersuchungsprogramm die Schwermetalle im Eluat unabhängig von den analysierten Konzentrationen im Feststoff ermittelt wurden.

Die Zuordnungswerte wurden in Übereinstimmung mit [17] für die Feststoffanalytik nach Tabelle II.1.2-2 und Tabelle II.1.2-4 und für die Eluatanalytik gemäß Tabelle II.1.2-3 und Tabelle II.1.2-5 gewählt.

5.3 Zusammenstellung der Proben

Proben für die Deklaration der Ausbauasphalte

Im Gleisbereich wurden Asphalte als einzelne Deckschicht und als Schichtsystem aus Asphaltdeck-, Asphaltbinder- und Asphalttragschicht angetroffen. Außerdem wurden unter den Großverbundplatten ein bituminöser Unterguss sowie eine Asphalttragschicht gefunden.

Aus den daraus gewonnenen Einzelproben wurden bei organoleptisch vergleichbaren Materialien für jeden Teilabschnitt zusammengefasste Mischproben gebildet. Unterschied sich das Material der Einzelproben hingegen deutlich von den „benachbarten Proben“, wurden die Einzelproben untersucht.

In der nachfolgenden Tabelle 6 sind die entsprechenden Einzelproben und die aus ihnen gebildeten Mischproben beschrieben.

Tabelle 6 Zuordnung von Einzel- und Mischproben für den Ausbauasphalt.

Herkunft der Probe	Proben	Bezeichnung der Einzelproben und der zugehörigen Mischproben		
Asphalt (Unterguss) aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 1 aus 0,18 m - 0,23 m Tiefe	Einzelprobe	Sch GI1 GP2		
	Mischprobe *	AP1 EP		
Asphalt (Unterguss, Tragschicht) aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 1 aus 0,18 m - 0,28 m Tiefe	Einzelprobe	Sch GI2 GP2		
	Mischprobe *	AP2 EP		
Asphalt (Deck- und Tragschicht) aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 1 aus 0,00 m - 0,27 m Tiefe	Einzelprobe	Sch GI3 GP1	Sch GI4 GP1	
	Mischprobe	AP3 MP		
Asphalt (Deck- und Tragschicht) aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 2 aus 0,00 m - 0,18 m Tiefe	Einzelprobe	Sch GI5 GP1	Sch GI6 GP1	Sch GI7 GP1
	Mischprobe	AP4 MP		
Asphalt (Unterguss, Tragschicht) aus dem Gleisbereich der Teilabschnitte 2 und 3 aus 0,18 m - 0,30 m Tiefe	Einzelprobe	Sch GI8 GP2	Sch GI9 GP2	Sch GI10 GP2
	Mischprobe	AP5 MP		

Herkunft der Probe	Proben	Bezeichnung der Einzelproben und der zugehörigen Mischproben			
Asphalt (Deck- und Tragschicht) aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 3 aus 0,00 m - 0,28 m Tiefe	Einzelprobe	Sch GI11 GP1/GP2	Sch GI12 GP1/GP2	Sch GI13 GP1	
	Mischprobe	AP6 MP			
Asphalt (Deck- und Tragschicht) aus den Kfz-Fahrbahnen aus 0,00 m - 0,25 m Tiefe	Einzelprobe	Sch F1 GP1	Sch F2 GP1/GP2/GP3	Sch F3 GP1	Sch F4 GP1
	Mischprobe	AP7 MP			

* Obwohl hier keine Mischprobe gebildet wurde, wurde die Einzelprobe zur Beibehaltung der Systematisierung umbenannt.

Zur Prüfung der Verwertbarkeit bzw. der Entsorgung des Ausbauasphaltes erfolgte eine Bewertung nach RuVA-StB 01 [19] anhand von chemischen Laboruntersuchungen an der in Tabelle 6 aufgeführten Asphaltprobe.

Proben für die Deklaration des Betons

Im Gleisbereich wurde bei den Schürfen 1, 2, 8, 9 und 10 bis in eine Tiefe von 18 cm Beton angetroffen und wurden dementsprechend Betonproben entnommen.

Aus diesen 5 Beton-Einzelproben wurde 2 Beton-Mischproben hergestellt. Dabei wurde die Probe aus dem Schurf 8, die nach der gewählten Aufteilung zum Teilabschnitt 2 zugehört, mit den Einzelproben aus den Schürfen 9 und 10 aus dem Teilabschnitt 3 vereinigt.

In der nachfolgenden Tabelle 7 sind die entsprechenden Einzelproben und die daraus gebildete Mischproben des Betons zusammengestellt.

Tabelle 7 Zuordnung von Einzel- und Mischproben für den Beton.

Herkunft der Probe	Proben	Bezeichnung der Einzelproben und der zugehörigen Mischproben		
Beton aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 1 aus 0,00 m - 0,18 m Tiefe	Einzelprobe	Sch GI1 GP1	Sch GI2 GP1	
	Mischprobe	RP1 MP		
Beton aus dem Gleisbereich der Teilabschnitte 2 und 3 aus 0,00 m - 0,18 m Tiefe	Einzelprobe	Sch GI8 GP1	Sch GI9 GP1	Sch GI10 GP1
	Mischprobe	RP2 MP		

Zur Prüfung der Verwertbarkeit bzw. der Entsorgung des Betons erfolgte eine Deklaration der Zuordnungswerte (W-Werte) gemäß den „Vorläufigen Hinweisen zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial“ [20] anhand von chemischen Laboruntersuchungen an den beiden in Tabelle 7 aufgeführten, plausibel gebildeten Beton-Mischproben.

Proben für die Deklaration des Bodenaushubes

Für die Deklaration des Bodenaushubes aus dem Gleisbereich und aus den 4 Haltestellenbereichen wurden aus 54 entnommenen Boden-Einzelproben insgesamt 5 Mischproben gebildet und untersucht.

In der nachfolgenden Tabelle 8 sind die entsprechenden Boden-Einzelproben und die aus ihnen gebildeten Boden-Mischproben zusammengestellt.

Tabelle 8 Zuordnung von Einzel- und Mischproben für den Bodenaushub.

Herkunft der Probe	Proben	Bezeichnung der Einzelproben und der zugehörigen Mischproben				
Boden und Steine aus dem Gleisbereich aus 0,25 m - 1,00 m Tiefe	Einzelprobe	Sch GI1 GP3/GP4/GP5	Sch GI2 GP3/GP4/GP5	Sch GI3 GP3	Sch GI4 GP3/GP4/GP5	
	Mischprobe	BP1 MP				
Boden und Steine aus dem Gleisbereich aus 0,25 m - 1,00 m Tiefe	Einzelprobe	Sch GI5 GP2/GP3/GP4	Sch GI6 GP2/GP3	Sch GI7 GP2/GP3/GP4	Sch GI8 GP3/GP4/GP5	
	Mischprobe	BP2 MP				
Boden und Steine aus dem Gleisbereich aus 0,25 m - 1,00 m Tiefe	Einzelprobe	Sch GI9 GP3/GP4	Sch GI10 GP3/GP4/ GP5	Sch GI11 GP3/GP4/ GP5	Sch GI12 GP3/GP4/ GP5	Sch GI13 GP3
	Mischprobe	BP3 MP				
Boden und Steine aus den Kfz-Fahrbahnen aus 0,25 m - 1,00 m Tiefe	Einzelprobe	Sch F1 GP3/GP4	Sch F2 GP4/GP5	Sch F3 GP2/GP3/GP4	Sch F4 GP2/GP3/ GP4/GP5	
	Mischprobe	BP4 MP				
Boden und Steine aus den Gehbahnen aus 0,00 m - 1,00 m Tiefe	Einzelprobe	Sch G1 GP1/GP2/GP3	Sch G2 GP1/GP2/GP3	Sch G4 GP1/GP2	Sch G5 GP1/GP2	
	Mischprobe	BP5 MP				

Zur Prüfung der Verwertbarkeit bzw. der Entsorgung des Aushubes erfolgte eine Deklaration der Zuordnungswerte nach LAGA 20 [17] anhand von chemischen Laboruntersuchungen an den 5 in Tabelle 8 aufgeführten, plausibel gebildeten Boden-Mischproben.

5.4 Untersuchungsergebnisse und Bewertung

Deklaration des Ausbausphaltes

In der

Anlage 6

ist der Prüfbericht mit den Analysenergebnisse der chemisch untersuchten Asphalt-Einzel und Mischprobe enthalten.

In Tabelle 9 sind die Ergebnisse dieser Asphaltuntersuchungen aufgeführt.

Tabelle 9 Ergebnisse der chemischen Asphaltuntersuchung.

Parameter	AP1 EP	AP2 EP	AP3 MP	AP4 MP	AP5 MP	AP6 MP	AP7 MP	Anforderung an die Verwertungs- klasse nach RuVA-StB 01		
								A	B	C
Summe PAK nach EPA [mg/kg]	0,50	5,72	0,79	0,68	5,36	k. S.	3,29	≤ 25	> 25	Wert ist an- zugeben
Phenolindex im Eluat [mg/l]	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,04	< 0,01	0,02	< 0,01	≤ 0,1	≤ 0,1	> 0,1
Zugeordnete Verwertungsklasse	A	A	A	A	A	A	A			

k. S. Keine Summenbildung möglich, da alle Einzelwerte unterhalb der jeweiligen Nachweisgrenze liegen.

Die in Tabelle 9 ausgewiesenen Verwertungsklassen und die an diese geknüpften Schadstoff-Grenzgehalte hat GEPRO den RuVA-StB 01 [19] entnommen.

Die gemäß RuVA-StB 01 für die Verwertung von Materialien der Verwertungsklassen A, B und C einsetzbaren Verwertungsverfahren sind in der nachfolgenden Tabelle 10 angegeben.

Tabelle 10 Verwertungsverfahren für die Verwertungsklassen A, B und C.

Verwertungsklasse	Zulässige Verwertungsverfahren gemäß RuVA-StB 01 [19]
A	- „Heißmischverfahren“ gemäß Kapitel 4.1 von [19] - „Kaltmischverfahren mit Bindemitteln“ gemäß Kapitel 4.2 von [19] oder - „Kaltverarbeitung ohne Bindemittel“ gemäß Kapitel 4.3 von [19]
B	- „Kaltmischverfahren mit Bindemitteln“ gemäß Kapitel 4.2 von [19]
C	- „Kaltmischverfahren mit Bindemitteln“ gemäß Kapitel 4.2 von [19]

In der Tabelle 11 erfolgt eine Zuordnung der auszubauenden Asphalte zu den untersuchten Asphalt-Einzel- und Mischprobe.

Tabelle 11 Zuordnung der Asphaltbeurteilung zu dem auszubauenden Asphalt.

Herkunft des Ausbauasphaltes	Zugehörige Asphalt- Mischprobe	Verwertungs- klasse nach RuVA-StB 01	Abfallart	Abfallschlüssel nach AVV
Asphalt (Unterguss) aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 1 aus 0,18 m - 0,23 m Tiefe	AP1 EP	A	Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen	17 03 02
Asphalt (Unterguss, Tragschicht) aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 1 aus 0,18 m - 0,28 m Tiefe	AP2 EP	A	Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen	17 03 02
Asphalt (Deck- und Tragschicht) aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 1 aus 0,00 m - 0,27 m Tiefe	AP3 MP	A	Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen	17 03 02

Herkunft des Ausbauasphaltes	Zugehörige Asphalt-Mischprobe	Verwertungs-klasse nach RuVA-StB 01	Abfallart	Abfallschlüssel nach AVV
Asphalt (Deck- und Tragschicht) aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 2 aus 0,00 m - 0,18 m Tiefe	AP4 MP	A	Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen	17 03 02
Asphalt (Unterguss, Tragschicht) aus dem Gleisbereich der Teilabschnitte 2 und 3 aus 0,18 m - 0,30 m Tiefe	AP5 MP	A	Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen	17 03 02
Asphalt (Deck- und Tragschicht) aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 3 aus 0,00 m - 0,28 m Tiefe	AP6 MP	A	Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen	17 03 02
Asphalt (Deck- und Tragschicht) aus den Kfz-Fahrbahnen aus 0,00 m - 0,25 m Tiefe	AP7 MP	A	Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen	17 03 02

Deklaration des Betons

Die

Anlage 6

enthält das Laborprotokoll der an den Beton-Mischproben durchgeführten Analysen.
In der

Anlage 7.1

sind diese Analysenergebnisse tabellarisch zusammengestellt und nach [20] bewertet.

Die nachfolgende Tabelle 12 zeigt die wesentlichen Beurteilungsergebnisse für die beiden Beton-Mischproben.

Tabelle 12 *Wesentliche Ergebnisse der chemischen Untersuchungen und Zuordnung der auszubauenden Betone.*

Herkunft des Probenmaterials	Zugehörige Beton-Mischprobe	Maßgebende(r) Parameter für die Zuordnung	Zuordnungswert nach „Vorläufige Hinweise...“ [20]	Abfallschlüssel nach AVV
Beton aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 1 aus 0,00 m - 0,18 m Tiefe	RP1 MP	- *	W 1.1	17 01 01
Beton aus dem Gleisbereich der Teilabschnitte 2 und 3 aus 0,00 m - 0,18 m Tiefe	RP2 MP	- *	W 1.1	17 01 01

* In [20] sind keine W-0-Werte angegeben, so dass als niedrigste mögliche Zuordnung die Stufe W 1.1 gilt.

Die Betone aus dem Gleisbereich der Bautzner Straße weisen keine Überschreitung der W-1.1-Werte auf, so dass diese Betone einheitlich als W-1.1-Material eingestuft werden können.

Deklaration des Bodenaushubes

Die

Anlage 6

enthält die Laborprotokolle der an den 5 Boden-Mischproben durchgeführten Analysen.
In der

Anlage 7.2

sind diese Analysenergebnisse tabellarisch zusammengestellt und nach LAGA bewertet.

Die nachfolgende Tabelle 13 zeigt die wesentlichen Beurteilungsergebnisse für die 5 Boden-Mischproben.

Tabelle 13 Wesentliche Ergebnisse der chemischen Bodenuntersuchungen und Zuordnung der Bodenbeurteilung zu den auszubauenden Böden.

Herkunft des Probenmaterials	Zugehörige Boden-Mischprobe	Maßgebende(r) Parameter für die Zuordnung	Zuordnungswert nach LAGA	Abfallschlüssel nach AVV
Boden und Steine aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 1 aus 0,25 m - 1,00 m Tiefe	BP1 MP	Arsen im Eluat	Z 1.2	17 05 04
Boden und Steine aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 2 aus 0,25 m - 1,00 m Tiefe	BP2 MP	Kohlenwasserstoffe, Arsen, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink	Z 0*	17 05 04
Boden und Steine aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 3 aus 0,25 m - 1,00 m Tiefe	BP3 MP	Sulfat im Eluat	Z 1.2	17 05 04
Boden und Steine aus den Kfz-Fahrbahnen aus 0,25 m - 1,00 m Tiefe	BP4 MP	Arsen im Eluat	Z 1.2	17 05 04
Boden und Steine aus den Gehbahnen aus 0,00 m - 1,00 m Tiefe	BP5 MP	Arsen im Eluat	Z 2	17 05 04

Diese Probenergebnisse lassen sich wie folgt zu den zu wirtschaftlichen Homogenbereichen zusammengefassten auszubauenden Böden zuordnen:

Gleisbereich

Die beprobten Auffüllungen aus den Teilabschnitten 1 und 3 sind aufgrund ihres erhöhten Arsengehaltes bzw. ihres erhöhten Sulfatgehaltes im Eluat als Z-1.2-Material einzustufen. Im Teilabschnitt 2 wurden hingegen nur geringfügige Überschreitungen der Parameter Kohlenwasserstoffe, Arsen, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink im Feststoff nachgewiesen, so dass hier eine Zuordnung als Z-0*-Material erfolgen kann.

Kfz-Fahrbahnen der Haltestellenbereiche

Die potentiellen Aushubmassen aus den Kfz-Fahrbahnen der Haltestellenbereiche sind aufgrund ihrer erhöhten Arsengehalte im Eluat als Z-1.2-Material zu deklarieren.

Gehbahnen der Haltestellenbereiche

Die potentiellen Aushubmassen aus den Gehbahnen der Haltestellenbereiche sind aufgrund ihrer erhöhten Arsengehalte im Eluat als Z-2-Material zu deklarieren.

In der

Anlage 8

sind in einem Lageplan die Einbauklassen und die zugehörigen Zuordnungswerte nach LA-GA für die Gleise, die Kfz-Fahrbahnen und Gehbahnen in den Haltestellenbereichen noch einmal grafisch dargestellt.

6 Entsorgungskonzept

Als vereinfachtes Entsorgungskonzept gilt die nachfolgende Tabelle 14.

In ihr werden auf Basis der Mischprobenuntersuchungen Homogenbereiche benannt und die in diesen anfallenden Abfälle (= Aushubmassen) hinsichtlich ihrer Zuordnungswerte, ihres Abfallschlüssels, der Einteilung des Abfalls und der erforderlichen Nachweisverfahren aufgeführt.

Tabelle 14 Zuordnung der Abfallschlüssel, der Einteilung der Abfälle und der Nachweisverfahren.

Herkunft der Abfälle	Zugehörige Mischprobe	Zuordnung nach LAGA, RuVA StB 01 bzw. „Vorläufige Hinweise...“	Abfallart	Abfallschlüssel nach AVV	Einteilung des Abfalls	Nachweisverfahren für Erzeuger
Asphalt (Unterguss) aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 1 aus 0,18 m - 0,23 m Tiefe	AP1 EP	A	Bitumen-gemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen	17 03 02	<u>nicht gefährlicher Abfall</u>	kein Nachweis kein Register erforderlich (Annahme- oder Verbleibserklärung, Liefer- oder Wiegescheine)
Asphalt (Unterguss, Tragschicht) aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 1 aus 0,18 m - 0,28 m Tiefe	AP2 EP	A				
Asphalt (Deck- und Tragschicht) aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 1 aus 0,00 m - 0,27 m Tiefe	AP3 MP	A				
Asphalt (Deck- und Tragschicht) aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 2 aus 0,00 m - 0,18 m Tiefe	AP4 MP	A				
Asphalt (Unterguss, Tragschicht) aus dem Gleisbereich der Teilabschnitte 2 und 3 aus 0,18 m - 0,30 m Tiefe	AP5 MP	A				
Asphalt (Deck- und Tragschicht) aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 3 aus 0,00 m - 0,28 m Tiefe	AP6 MP	A				
Asphalt (Deck- und Tragschicht) aus den Kfz-Fahrbahnen aus 0,00 m - 0,25 m Tiefe	AP7 MP	A				

Herkunft der Abfälle	Zugehörige Mischprobe	Zuordnung nach LAGA, RuVA StB 01 bzw. „Vorläufige Hinweise...“	Abfallart	Abfall-schlüssel nach AVV	Einteilung des Abfalls	Nachweis-verfahren für Erzeuger
Beton aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 1 aus 0,00 m - 0,18 m Tiefe	RP1 MP	W 1.1	Beton	17 01 01	<u>nicht gefährlicher Abfall</u>	kein Nachweis kein Register erforderlich (Annahme- oder Verbleibs-erklärung, Liefer- oder Wiegescheine)
Beton aus dem Gleisbereich der Teilabschnitte 2 und 3 aus 0,00 m - 0,18 m Tiefe	RP2 MP	W 1.1				
Boden und Steine aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 1 aus 0,25 m - 1,00 m Tiefe	BP1 MP	Z 1.2	Boden und Steine	17 05 04	<u>nicht gefährlicher Abfall</u>	kein Nachweis kein Register erforderlich (Annahme- oder Verbleibs-erklärung, Liefer- oder Wiegescheine)
Boden und Steine aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 2 aus 0,25 m - 1,00 m Tiefe	BP2 MP	Z 0*				
Boden und Steine aus dem Gleisbereich des Teilabschnittes 3 aus 0,25 m - 1,00 m Tiefe	BP3 MP	Z 1.2				
Boden und Steine aus den Kfz-Fahrbahnen aus 0,25 m - 1,00 m Tiefe	BP4 MP	Z 1.2				
Boden und Steine aus den Gehbahnen aus 0,00 m - 1,00 m Tiefe	BP5 MP	Z 2				

Z-0- bis einschließlich Z-2-Material darf unter Berücksichtigung der in der LAGA-Mitteilung 20 genannten Bedingungen wieder eingebaut werden. Bei einem Wiedereinbau sind zum Beispiel folgende Kriterien zu beachten:

Z 0 Uneingeschränkter Einbau - Verwertung von Bodenmaterial in bodenähnlicher Anwendung

Ein uneingeschränkter Einbau von Bodenmaterial in bodenähnlicher Anwendung ist nur dann möglich, wenn die Anforderungen des vorsorglichen Boden- und Grundwasserschutzes erfüllt werden. (Einhaltung der Z-0-Werte).

Z 0* Uneingeschränkter Einbau - Verwertung von Bodenmaterial in bodenähnlicher Anwendung (Ausnahme vom Regelfall).

Zur „Verfüllung von Abgrabungen“ unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht darf Z-0*-Material verwendet werden, wenn die Verfüllung mit einer mindesten 2 m mächtigen Bodenschicht, die die Vorsorgewerte der BBodSchV einhalten, abgedeckt wird und diese außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten und Heilquellenschutzgebieten der Zonen I bis IIIa bzw. III liegen.

Z 1 Eingeschränkter offener Einbau in technischen Bauwerken

Beim eingeschränkten offenen Einbau wird unterschieden, ob im Bereich der Verwertungsmaßnahme ungünstige (Einbauklasse 1.1) oder günstige hydrologische Standortbedingungen (Einbauklasse 1.2) vorliegen.

Z 1.1 Eingeschränkter offener Einbau bei ungünstigen hydrogeologischen Standortbedingungen

In der Regel soll der Abstand zwischen der Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand mindestens 1 m betragen.

Z 1.2 Eingeschränkter offener Einbau bei günstigen hydrogeologischen Standortbedingungen

Hydrogeologisch günstige Standorte sind Standorte, bei denen der Grundwasserleiter nach oben durch flächig verbreitete, ausreichend mächtige und homogene Deckschichten mit geringer Durchlässigkeit und hohem Rückhaltevermögen gegenüber Schadstoffen überdeckt ist. Das Rückhaltevermögen ist in der Regel bei mindestens 2 m mächtigen Deckschichten aus Tonen, Schluffen oder Lehmen gegeben. In der Regel soll der Abstand zwischen der Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand mindestens 2 m betragen.

Z 2 Eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen

a) im Straßen-, Wege- und Verkehrsflächenbau sowie bei Anlage von befestigten Flächen in Industrie- und Gewerbegebieten

- Tragschichten unter wasserundurchlässiger Deckschicht (Beton, Asphalt)
- gebundene Tragschicht unter wenig durchlässiger Deckschicht (Pflaster, Platten)
- gebundene Deckschichten

b) bei Erdbaumaßnahmen als

- Lärm- und Sichtschutzwall
- Straßendamm (Unterbau)

sofern durch geeignete Maßnahmen sichergestellt ist, dass das Niederschlagswasser vom eingebauten Abfall weitestgehend ferngehalten wird.

In der Regel soll der Abstand zwischen der Schüttkörperbasis und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand mindestens 1 m betragen.

Ist eine Verwertung der Materialien mit Z 0* bzw. Z 2 im Bauvorhaben nicht möglich, sollte eine Verwertung bei anderen Bauvorhaben geprüft werden.

Sollte eine Verwertung auch in anderen Bauvorhaben nicht möglich sein, ist eine Verwertung bzw. Beseitigung bei einem Entsorgungsbetrieb vorzunehmen.

Bei einer Verwertung außerhalb des Bauvorhabens ist diese mittels Bauleitererklärung und bei einer Verwertung bzw. Beseitigung bei einem Entsorgungsbetrieb ist diese mittels Liefer- und Wiegescheinen zu dokumentieren.

7 Zusammenfassung

Der vorliegende geotechnische Bericht mit abfallrelevanten Untersuchungen beurteilt einen etwa 1.250 m langen Abschnitt der Bautzner Straße in Dresden zwischen Martin-Luther-Straße und Jägerstraße.

Im Gleisbereich wurde der gesamte Abschnitt betrachtet. In den Kfz-Fahrbahnen und den Gehbahnen wurde hingegen nur die für einen möglichen Umbau der stadtein- und stadtauswärtigen Haltestellen „Diakonissenkrankenhaus“ und „Nordstraße“ in Frage kommenden Teilstücke untersucht.

Zur Beurteilung des Baugrundes und zur Probenahme für die abfallrelevanten Untersuchungen wurden insgesamt 13 Aufschlüsse im Gleisbereich, 4 Aufschlüsse in den Kfz-Fahrbahnen und 5 Aufschlüsse in den Gehbahnen angelegt.

An allen Aufschlussstellen in den Kfz-Fahrbahnen und in 4 Aufschlüssen in den Gehbahnen wurde in etwaiger Höhe des künftigen Planums die Tragfähigkeit mit dem leichten Fallgewichtsgerät bestimmt.

Bei 6 der 8 Tragfähigkeitsmessungen wurde die auf dem Planum geforderte Tragfähigkeit $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ (entspricht etwa $E_{vd} \geq 25 \text{ MN/m}^2$) erreicht bzw. nahezu erreicht. Lediglich bei 2 Messungen wurde die geforderte Tragfähigkeit unterschritten.

Aufgrund dieser Ergebnisse der Tragfähigkeitsmessungen sowie wegen den in Planumshöhe angetroffenen zumeist frostunempfindlichen und gut verdichtbaren nichtbindigen Böden sind keine flächendeckenden Maßnahmen zur Tragfähigkeitserhöhung im Planum erforderlich.

Das Planum ist nach dem Herstellen nachzuverdichten und die Einhaltung der Mindestanforderung an die Tragfähigkeit ist durch Messungen nachzuweisen.

Die 5 in den Gehbahnen bis 6,5 m Tiefe aufgeführten Aufschlüsse zeigen, dass ab ca. 1,2 m Tiefe geogen gewachsene Sande anstehen. Diese Sande sind ab ca. 2,5 m Tiefe mitteldicht bis dicht gelagert, so dass dieser Boden sowohl für Tief- als auch für Flachgründungen von Fahrleitungsmasten geeignet ist.

Die Gründungen sollten vorzugsweise wie üblich als Tiefgründungen mittels Rohren erfolgen. Aufgrund der nahen Bebauung wird generell ein Einbohren der Fundamentrohre mittels Bohreindrehverfahren empfohlen.

Die chemischen Untersuchungen an den Asphaltproben ergaben keine bzw. sehr geringe Schadstoffgehalte und demzufolge eine einheitliche Zuordnung der Ausbauasphalte in die Verwertungsklasse A nach RuVA-StB 01.

Der Beton der Gleisplatten wurde gemäß den „Vorläufigen Hinweisen zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial“ untersucht und bewertet. Hier ergab sich eine einheitliche Zuordnung als W-1.1-Material.

Die Deklaration der geplanten Boden-Aushubmassen erfolgte gemäß dem Mindestuntersuchungsprogramm für Böden bei unspezifischem Verdacht nach LAGA.


Die hierbei analysierten Schadstoffkonzentrationen im Gleisbereich führten zur Einschätzung als Z-0*-Material bis einschließlich Z-1.2-Material. In den untersuchten Abschnitten der Kfz-Fahrbahnen ergibt sich eine Zuordnung als Z-1.2-Material und in den untersuchten Abschnitten der Gehbahnen wurde der Boden als Z-2-Material deklariert.

Dresden, den 15.12.2011


Dipl.-Ing. Steffen Müller

Von der Industrie- und Handelskammer Dresden
öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger
für Baugrundbeurteilung, Geokunststoffe und Erdbau für
Verkehrswege einschließlich Böschungen




Dipl.-Ing. Hans-Martin Schulze

Nach § 18 BBodSchG anerkannter
Sachverständiger.



