

INSTITUT DR. KÖRNER & PARTNER

Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig



Institut Dr. Körner & Partner Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig
Graf-Platow-Straße 1, 04683 Naunhof

Mitglied im Bundesverband unabhängiger Institute für bautechnische Prüfungen e. V. buP
Mitglied der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV)
Mitglied des Verbandes der Straßenbaulaboratorien e.V.
Mitglied des Deutschen Asphaltinstitutes (dai)

Anerkannt nach RAP Stra 15 sowie ergänzender Hinweis für:

Erstlingsart	Fachgebiet									
	A	BB	BE	C	D	E	F	G	H	I
	Bodenverbesserung	Böden	Böden mit Flusssanden	Fugen	Gesteinskörnungen	Beton	Beton	Asphalt	IGT	Gesteine
0				C 0 ¹³⁾	D 0 ¹⁴⁾					
1	A 1			C 1					H 1	I 1
2				C 2						I 2
3	A 3	BB 3		C 3	D 3	E 3		G 3	H 3	I 3
4	A 4	BB 4		C 4	D 4	E 4		G 4	H 4	I 4

¹³⁾ Nur bei Fugeneinlagen und Fugenmassen nach DIN EN 14188

¹⁴⁾ Nur bei Gesteinskörnungen für Betonmischungen für die eine Güteüberwachung nach den TLG Soll unterliegen
Zusätzlich anerkannt im Freistaat Sachsen:

- Prüfungsarten 1, 2 und 3 für Kaltrecycling in situ gemäß M KRC

Anerkannte Überwachungs- und Zertifizierungsstelle nach Bauproduktenverordnung für

Gesteinskörnungen und Asphaltgemische Kenn-Nr.: 1570, VMPA - Betonprüfstelle (VMPA-B-2059)

Prüfbericht Nr.: **2022231_01GU vom 31.03.2023**

Gegenstand: **Erstellung Baugrundgutachten und abfallrechtliche Bewertung des Ausbaumaterials**

Bauvorhaben: **Baumaßnahme Pfaffendorfer Straße zwischen Tröndlingring und Nordplatz in Leipzig (LVB-Projekt-Nr.: 90200)**

Auftraggeber: **Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH
Georgiring 3
04103 Leipzig**

Angebots-Nr.: **20220422 vom 01.09.2022**

Auftrag vom: **23.11.2022**

1. Nachtrag: **1. Nachtragsangebot zu Ang.-Nr. 20220422 vom 29.11.2022**

Kunden-Nr.: **13989**

Aktenzeichen: **Hs/-**

Dieses Gutachten umfasst 65 Seiten, 22 Anlagen und ist nur in ungekürzter Fassung gültig.

Geschäftsführer:
Dr.-Ing. Manfred Körner
Dipl.-Ing. (FH) Frank George

Telefon: (034293) 5270
Telefax: (034293) 52730

E-Mail: info@ikpleipzig.de
Internet: www.ikpleipzig.de

Registergericht Leipzig HRB 4613
Steuer Nr.: 238/111/00617
UST-ID DE 141625376

Bankverbindung:
Stadt- und Kreissparkasse Leipzig
Konto-Nr.: 1 151 630 876
BLZ: 860 555 92

IBAN: DE21 8605 5592 1151 6308 76
SWIFT-BIC: WELADE8LXXX

Inhaltsangabe

	Seite
1	Zu Grunde liegende Unterlagen..... 4
2	Veranlassung und Gegenstand 7
3	Untersuchungsgebiet..... 8
3.1	Lage und Topografie 8
3.2	Geologische und hydrologische Situation..... 9
3.3	Altlastenauskunft..... 13
3.4	Kampfmittelüberprüfung 14
4	Untersuchungsprogramm 14
5	Stationierung/ Lage und Durchführung der Aufschlüsse 17
6	Festlegung der geotechnischen Kategorie..... 18
7	Untersuchungsergebnisse..... 18
7.1	Vorgefundene Schichtenfolgen und Ergebnisse der Bodenansprache..... 18
7.2	Ergebnisse der Tragfähigkeitsmessungen..... 24
7.3	Ergebnisse der Rammsondierung 29
7.4	Ergebnisse der bodenphysikalischen Laboruntersuchungen 30
8	Beschreibung und Festlegung der Homogenbereiche..... 32
9	Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen 32
9.1	Festlegung des Untersuchungsprogramms 32
9.2	Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen – Asphalt 36
9.3	Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen – Gebundenen (Beton) und ungebundenen Konstruktionsschichten des Gleis-, Fahrbahn-, Gehweg- und Radwegoberbaus..... 38
9.4	Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen – Auffüllungen (Boden-Bauschutt-Gemische) . 42
9.5	Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen – Bodenmaterial..... 44
10	Entsorgungskonzeption 45
10.1	Ausweisung von Leistungspositionen zur Verwertung/ Entsorgung der Ausbaustoffe ... 47
11	Hinweise und Empfehlungen zur Bauausführung (Gleisbau, LVB) 49
11.1	Bodenverbessernde Maßnahmen 50
11.2	Qualitätsanforderungen bei Eingriffen in Verkehrsflächen..... 51
11.3	Wasserhaltungsmaßnahmen 52
12	Ausbauempfehlung (Straßenbau, VTA) 53
12.1	Ausbauvariante 1: grundhafter Ausbau..... 54
12.2	Ausbauvariante 2: vollgebundener Oberbau..... 58
12.3	Ausbauempfehlung Gehwegbereiche..... 61
13	Schlussbemerkung 65

Anlagen

- Anlage 1 Lagepläne der Aufschlusspunkte, ohne Maßstab
- Anlage 2 Stationierung/ Lage, Höhenangaben und Aufschlussprogramm der Baugrundaufschlüsse
- Anlage 3 Schichtenverzeichnis
- Anlage 4 Profile der Baugrundaufschlüsse
- Anlage 5 Darstellung der Ergebnisse der schweren Rammsondierung (DPH)
- Anlage 6 Baugrundprofil inkl. Darstellung der Ergebnisse der Schweren Rammsondierung mit dem Baugrund
- Anlage 7 Darstellung der Homogenbereiche
- Anlage 8 Festlegung der Homogenbereiche sowie der bodentypischen Kennwerte und Eigenschaften der anstehenden Böden
- Anlage 9 Ergebnisprotokolle: Tragfähigkeitsmessungen mittels leichtem Fallgewichtsgesetz (LFP)
- Anlage 10 Ergebnisprotokolle: Bestimmung der Korngrößenverteilung
- Anlage 11 Ergebnisprotokolle: Bestimmung der Konsistenzgrenzen
- Anlage 12 Auswertung der Deklarations- bzw. Schadstoffuntersuchungen – gebundene (Beton) und ungebundene Konstruktionsschichten des Gleis-, Fahrbahn-, Geh-/Radwegoberbaus sowie der Haltestellen
- Anlage 13 Auswertung der Deklarations- bzw. Schadstoffuntersuchungen – Auffüllungen (Boden-Bauschutt-Gemische)
- Anlage 14 Auswertung der Deklarations- bzw. Schadstoffuntersuchungen – Bodenmaterial
- Anlage 15 Übersicht – Einsatzmöglichkeiten von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken (Auszug aus ErsatzbaustoffV v. 09.07.2021, Anlage 2: Tab. 1: Recycling-Baustoff der Klasse RC-1, Tab. 2: Recycling-Baustoff der Klasse RC-2, Tab. 3: Recycling-Baustoff der Klasse RC-3, Tab. 5: Bodenmaterial der Klassen O* (BM-O*), FO* (BM-FO*), Baggergut der Klassen O* (BG-O*), FO* (BG-FO*) und Tab. 8: Bodenmaterial der Klasse F3 (BM-F3), Baggergut der Klasse F3 (BG-3))
- Anlage 16 Probenentnahmeprotokolle in Anlehnung an LAGA PN 98 Anhang C
- Anlage 17 Prüfberichte mit den Ergebnissen der chemischen Laboruntersuchungen
- Anlage 18 Lagepläne inkl. lageplanerischer Darstellung der Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen
- Anlage 19 Zusammenfassung der Ergebnisse der Schadstoff- bzw. Deklarationsuntersuchungen inkl. Verwertungs- und Entsorgungskonzeption
- Anlage 20 Altlastenauskunft – Amt für Umweltschutz der Stadt Leipzig
- Anlage 21 Kampfmittelauskunft – Ordnungsamt/ Sicherheitsbehörde der Stadt Leipzig
- Anlage 22 Protokoll zur Kampfmittelsondierung der Firma Geotech GmbH

1 Zu Grunde liegende Unterlagen

- |1| Institut Dr. Körner & Partner Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig. Angebot-Nr. 20220422 vom 01.09.2022. Erstellung Baugrundgutachten und Bewertung des Ausbaumaterials: Baumaßnahme Pfaffendorfer Straße zwischen Tröndlinring und Nordplatz in Leipzig (LVB-Projekt-Nr.: 90200).
- |2| Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH. Auftragserteilung vom 23.11.2022. Erstellung Baugrundgutachten und Bewertung des Ausbaumaterials: Baumaßnahme Pfaffendorfer Straße zwischen Tröndlinring und Nordplatz in Leipzig (LVB-Projekt-Nr.: 90200).
- |3| Institut Dr. Körner & Partner Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig. 1. Nachtrag zum Angebot-Nr. 20220422 vom 29.11.2022. Kampfmittelerkundung: Baumaßnahme Pfaffendorfer Straße zwischen Tröndlinring und Nordplatz in Leipzig (LVB-Projekt-Nr.: 90200).
- |4| Geoportal Sachsen; URL: <https://geoportal.sachsen.de/cps/karte.html?showmap=true> (Zugriff: 25.07.2022).
- |5| Geologische Karte von Sachsen, Blatt Nr. 4640, Leipzig, Maßstab 1:25000. 2. Auflage 1924, Leipzig.
- |6| Graham R., Pietzsch K. (1925): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Sachsen. Blatt Leipzig. Leipzig.
- |7| iDA – Umweltportalsachsen: Grundwasserdynamik. URL: www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/13114.htm (Zugriff: 22.02.2023).
- |8| Referat für Oberflächenwasser, Hochwasserschutz der Landesdirektion Sachsen (LDS): Auskunft zu den Grundwasserverhältnissen am Standort Pfaffendorfer Str. (Abschnitt zwischen Tröndlinring und Nordplatz) in Leipzig. Auskunft vom 09.01.2023.
- |9| Polizeiverordnung des Sächsischen Staatsministeriums des Innern zur Verhütung von Schäden durch Kampfmittel (Sächsische Kampfmittelverordnung – SächsKMVO) vom 20. Januar 2020 (SächsGVBl. S 22).
- |10| DIN EN ISO 14688-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung. Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden. Teil 1: Benennung und Beschreibung (DIN EN ISO 14688-1: 2020-11).
- |11| DIN EN ISO 14688-2: Geotechnische Erkundung und Untersuchung. Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden. Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen (DIN EN ISO 14688-2: 2020-11).
- |12| DIN EN ISO 17892-4: Geotechnische Erkundung und Untersuchung. Laborversuche an Bodenproben. Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4: 2017-04); Deutsche Fassung EN ISO 17892-4: 2016.
- |13| DIN EN ISO 17892-12: Geotechnische Erkundung und Untersuchung. Laborversuche an Bodenproben. Teil 12: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen (DIN EN ISO 17892-12: 2020-07); Deutsche Fassung EN ISO 17892-12:2018.

- | 14| DIN EN ISO 22475-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung. Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen. Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung (DIN EN ISO 22475-1: 2022-02). Deutsche Fassung EN ISO 22475-1: 2021.
- | 15| DIN EN ISO 22476-2: 2012-03 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchung - Teil 2: Rammsondierungen (EN ISO 22476-2:2012-03).
- | 16| DIN EN 1997-1: Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009 + A1:2013 (DIN EN 1997-1:2014-03).
- | 17| DIN 1054: Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1 (DIN 1054: 2021-04).
- | 18| DIN 18196: Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke (DIN 18196: 2023-02).
- | 19| DIN 18300: VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen. Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV). Erdarbeiten (DIN 18300: 2019-09).
- | 20| DIN 19529: Elution von Feststoffen – Schüttelverfahren zur Untersuchung des Elutionsverhaltens von anorganischen und organischen Stoffen mit einem Wasser/Feststoff-Verhältnis von 2 l/kg (DIN 19529: 2015-12).
- | 21| Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 12, Ausgabe 2012.
- | 22| Richtlinien für die Anlage von Straßen – Teil: Entwässerung mit RAS-Ew-Bemessungshilfen auf CD-ROM. FGSV-Nr. 539. Fassung 2005.
- | 23| Zusätzliche Technische Vertragsbedingung und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau. ZTV E-StB 17. FGSV Nr. 599, Ausgabe 2017.
- | 24| Zusätzliche Technische Vertragsbedingung und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen (ZTV A-StB 12), Ausgabe 2012.
- | 25| VDV-Schrift 600: Oberbau-Richtlinien und -Zusatzrichtlinien für Bahnen im Geltungsbereich der BOStrab. Stand: 08/2018.
- | 26| TP BF-StB Teil B 8.3: Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau. Dynamischer Plattendruckversuch mit Leichtem Fallgewichtsgerät. FGSV-Nr. 591/B 8.3. 2012.
- | 27| TL SoB-StB 20: Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau. FGSV-Nr. 697. Fassung 2020.
- | 28| RuVA-StB 01/05. Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau. Ausgabe 2001. FGSV Nr. 795. Fassung 2005.
- | 29| Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung (Mantelverordnung) vom 09. Juli 2021. Artikel 1 – Vorordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke (Ersatzbaustoffverordnung – ErsatzbaustoffV).



- | 30| LAGA PN 98. Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/ Beseitigung von Abfällen, Stand: Mai 2019, Grundregeln für die Entnahme von Proben aus festen und stichfesten Abfällen sowie abgelagerten Materialien.
- | 31| Verordnungen über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV): „Deponieverordnung vom 27.04.2009 (BGBl. I S. 900), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 9. Juli 2021 (BGBl. I S. 2598) geändert worden ist“.
- | 32| Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG) „Kreislaufwirtschaftsgesetz vom 24.02.2012 (BGBl. I S. 212), das zuletzt durch Artikel 20 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist“.
- | 33| Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung - AVV) „Abfallverzeichnis-Verordnung vom 10. Dezember 2001 (BGBl. I S. 3379), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 30. Juni 2020 (BGBl. I S. 1533) geändert worden ist“.
- | 34| Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG): Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 25. Februar 2021 (BGBl. I S. 306) geändert worden ist“.
- | 35| M WA: Merkblatt für die Wiederverwendung von Asphalt. Ausgabe 2009/ Fassung 2013. FGSV-Nr.: 754.

Der Verweis auf die Literatur erfolgt i.d.R. nur bei der ersten Nennung.

2 Veranlassung und Gegenstand

Die Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH planen den Neubau der Gleisanlagen in der Pfaffendorfer Straße zwischen Tröndlinring/ Goedelerring und Nordplatz in Leipzig auf einer Länge von ca. 700 m. Zumindest bereichsweise sollen zudem die angrenzenden Verkehrsanlagen (Fahrbahn, Gehwege) ausgebaut werden. Bei der geplanten Baumaßnahme in der Pfaffendorfer Straße in Leipzig handelt es sich um ein koordiniertes Bauvorhaben der Leipziger Verkehrsbetriebe GmbH und des Verkehrs- und Tiefbauamtes (VTA) der Stadt Leipzig. Mit den Planungsleistungen wurde seitens der LVB das Planungsbüro VCDB aus Dresden beauftragt.

Im Detail umfasst die Baumaßnahme den Neubau der Gleisanlagen, den barrierefreien Ausbau der Haltestelle Lortzingstraße und den Bau von Bordvorstreckungen an den Einmündungen Humboldtstraße, Ernst-Pinkert-Straße und Geneisenaustraße. Seitens des Verkehrs- und Tiefbauamtes ist der Umbau des stadtauswärtigen Bahnsteiges und des Gehweges der Haltestelle Zoo geplant.

Die derzeit vorhandenen Gleisanlagen im Bereich der Pfaffendorfer Straße in Leipzig sind straßenbündig. Oberflächlich ist die Gleistrasse zwischen Tröndlinring und Ernst-Pinkert-Straße mit Asphalt befestigt. Zwischen Ernst-Pinkert-Straße und dem Nordplatz ist die Gleistrasse mit Großverbundplatten aus Beton befestigt. Etwa ab der Haltestelle Zoo bis zum Nordplatz ist die Gleistrasse zudem durch Borden von der stadteinwärtigen Fahrbahn getrennt. Die Fahrbahnbereiche entlang des Untersuchungsabschnittes sind durchgängig mit Asphalt befestigt. Im Bereich der Gehwege sind entlang des Untersuchungsabschnittes verschiedenartige Oberflächenbefestigungen (Asphalt, großformatige Granitsteinplatten, Betonsteinpflaster bzw. -platten, Naturstein- u. Mosaiksteinpflaster) vorhanden.

Als Grundlage für die erforderlichen Planungsleistungen wurde die Institut Dr. Körner & Partner Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig (ikp) auf Basis des Angebotes Nr. 20220422 vom 01.09.2022 |1| durch die LVB beauftragt |2|, zur Erkundung der Baugrund- und Gründungsverhältnisse im Bereich der Verkehrsanlagen entlang der Pfaffendorfer Straße in Leipzig Baugrunduntersuchungen durchzuführen und auf Grundlage der Erkundungsergebnisse ein Baugrundgutachten anzufertigen.

Im Zusammenhang mit den Baugrunduntersuchungen sollen des Weiteren chemische Deklarations- bzw. Schadstoffuntersuchungen an repräsentativen Probenmaterialien aus den vorhandenen Gleis-, Fahrbahn- und Geh-/Radwegkonstruktionen und dem anstehenden Baugrund zum Zwecke der Beurteilung der Umweltverträglichkeit bzw. Wiederverwendbarkeit der bei der Baumaßnahme anfallenden Ausbaustoffe inkl. deren abfallrechtliche Bewertung durchgeführt werden.

Unter der Maßgabe, dass am 01.08.2023 die Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung (Mantelverordnung) vom 09. Juli 2021 in Kraft tritt, sollten die Deklarations- u. Schadstoffuntersuchungen bereits entsprechend dem ab 01.08.2023 geltenden Regelwerk vorgenommen werden.

Die Vorgehensweise hinsichtlich der Art, Anzahl und Umfang der Aufschlüsse wurde bereits im Zuge der Angebotsabfrage mit der übermittelten Aufgabenstellung weitestgehend vorgegeben. Im Rahmen eines gemeinsamen Besichtigungstermines am 05.12.2022 mit dem projektverantwortlichen Mitarbeiter der LVB und Vertretern der ikp vor Ort wurde der Erkundungs- und Untersuchungsbedarf präzisiert bzw. an die örtlichen Gegebenheiten und Prämissen angepasst.

Die Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen werden in dem vorliegenden Gutachten zusammengefasst und ausgewertet.

3 Untersuchungsgebiet

3.1 Lage und Topografie

Der Untersuchungsabschnitt in der Pfaffendorfer Straße in Leipzig erstreckt sich ausgehend vom Knotenpunkt Tröndlinring/ Goedelerring im Süden über etwa 870 m Länge bis zum Nordplatz im Leipziger Zentrum-Nord (siehe Abb. 1). Die Pfaffendorfer Straße besitzt den Charakter einer Hauptstraße. Die Straßenbahnlinie Tram 12 zwischen Johannisplatz und Gohlis-Nord verkehrt entlang der Pfaffendorfer Straße.

Die direkte Umgebung der Pfaffendorfer Straße ist durch mehrgeschossige, zumindest im Abschnitt zwischen Tröndlinring bzw. Lortzingstraße und Uferstraße geschlossene Gewerbe- und Wohnbebauung gekennzeichnet. An der Ecke Pfaffendorfer Straße/ Lortzingstraße befindet sich das Naturkundemuseum der Stadt Leipzig. In Höhe der Parthe-Querung liegt der Eingangsbereich des Zoo Leipzig, mit der benachbarten Kongresshalle und den nördlich daran anschließenden Verwaltungsgebäuden des Zoos und dem Gondwanaland. Östlich der Pfaffendorfer Straße befindet sich zwischen Parthenstraße und Ernst-Pinkert-Straße die Parkhäuser des Zoos. Der Nordplatz wird von der Michaeliskirche geprägt.

Die Geländehöhen entlang des Untersuchungsabschnittes in der Pfaffendorfer Straße liegen im Kreuzungsbereich Tröndlinring/ Goedelerring bei etwa 108,9 m NHN, fallen Richtung Parthe-Querung leicht auf 108,7 m NHN ein und steigen Richtung Nordplatz auf etwa 110,2 m NHN an [4]. Das umgebende Relief ist als eben zu beschreiben.

Die Parthe, ein Fließgewässer I. Ordnung, quer den Untersuchungsabschnitt zwischen Ufer- und Parthenstraße und mündet nordwestlich des Zoos im Leipziger Gewässerknoten in die Weiße Elster. In Höhe des Naturkundemuseums befindet sich im westlichen Anschlussbereich an der Ecke Ranstädter Steinweg/ Rosentalgasse der Pleißenmühlgraben.

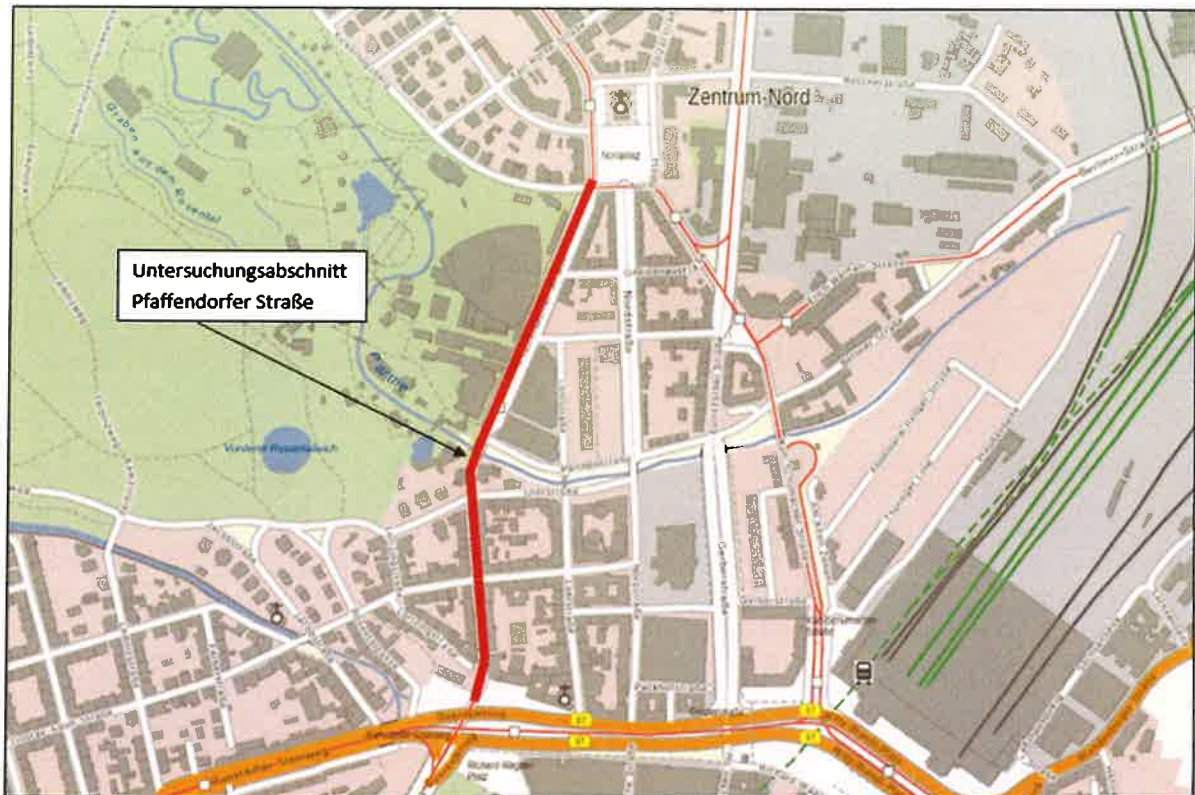


Abb. 1: Lage des Untersuchungsabschnittes in der Pfaffendorfer Straße in Leipzig (URL: <https://geoportal.sachsen.de/cps/karte.html?showmap=true> [4]).

3.2 Geologische und hydrologische Situation

Die Lage innerhalb der eiszeitlich geprägten Leipziger Tieflandsbucht bestimmt auch die geologische Situation im Untersuchungsgebiet. Flachwellige und leicht geböschte Geländeformationen prägen das Gebiet in seiner ganzen Ausdehnung.

Im Pleistozän wurden auf dem Gebiet der Leipziger Tieflandsbucht Grundmoränen der beiden älteren Vereisungen Nordeuropas (Elster- und Saale-Kaltzeit) abgelagert, zu denen sich noch fluvioglaziale Schotter gesellen, die in der Hauptsache beim Herannahen der Eismassen abgelagert wurden, sowie Schmelzwasserabsätze (Kiese, Sande und Bändertone). Durch Ablagerungen der Weichseleiszeit sind Schotterterrassen und Lössbedeckungen entstanden.

Im Leipziger Innenstadtbereich waren an der Geländeoberfläche einst entlang der Flussläufe holozäne Bodenbildungen in Form von Auelehmen ausgebildet. Diese standen in horizontaler Wechsellagerung mit den Ablagerungen der Grundmoräne, einem geringmächtigen Geschiebelehmhorizont. Der Geschiebelehm ist, wie aus der zur Verfügung stehenden geologischen Karte [5] und deren Erläuterungen [6] zu entnehmen

ist, im Bereich zwischen Tröndlinring und der Parthe-Querung entwickelt. Im Liegenden des Geschiebelehm wiederum lagern die Sedimente des pleistozänen Muldelaufes. Im Bereich zwischen der Parthe-Querung und Nordplatz fehlt der Geschiebelehmhorizont und die pleistozänen Lockergesteine der Mulde stehen bereits oberflächennah an. Diese Flussablagerungen bestehen zum größten Teil aus grobkörnigen Sedimenten. Im unteren Teil setzen sich diese aus sandigen Kiesen zusammen, die nach oben in Sande übergehen. Insgesamt können diese Muldeschotter, in denen mitunter großflächige Tonschollen auftreten, Mächtigkeiten von 7 bis 10 m erreichen. Die fluviatilen Ablagerungen fungieren als Grundwasserleiter und bilden im Untersuchungsgebiet einen zusammenhängenden Grundwasserhorizont aus. Zwischen Ernst-Pinkert-Straße und Nordplatz können die zuvor beschriebenen Sedimente der Mulde von einer geringmächtigen Löss- bzw. Geschiebelehmdecke überdeckt werden.

Im tieferen Untergrund gehen die Schichten des zuvor beschriebenen quartären Schichtenpaketes in mächtige teils terrestrische, teils marine sedimentäre Ablagerungen (Sande & Tone) des Tertiärs über, in denen Kohlesande und -schluffe sowie Braunkohlenflöze vorkommen können.

Wie dem zur Verfügung stehenden geologischen Kartenmaterial entnommen werden konnte, wurden im Bereich der Leipziger Innenstadt, so auch im Bereich des Goerdelerrings und Tröndlinrings bis hinauf zum Nordplatz, in der Vergangenheit umfangreiche Erdarbeiten durchgeführt, die die ursprünglichen geologischen Verhältnisse weitgehend veränderten. Goerdelerring und Tröndlinring zeichnen den Verlauf ehemaliger Festungsanlagen/ Festungsgräben nach. Die Festungsgräben wurden im Zuge deren Beseitigung verfüllt. Aufgrund der Lage des Untersuchungsgebietes innerhalb des historisch gewachsenen Stadtgebietes von Leipzig ist somit davon auszugehen, dass die anstehenden, oberflächennahen Böden mit anthropogenen Beimengungen versetzt sind. Bereichsweise wurden die ursprünglich anstehenden Böden im Zuge von Baumaßnahmen durch Schüttungen bzw. Auffüllung aus natürlichen Böden und Fremdstoffen in unterschiedlicher Mächtigkeiten teilweise oder gar ganz ersetzt.

Angaben über die Grundwasserverhältnisse im Untersuchungsgebiet liefert die Karte des mittleren Grundwasserflurabstandes bzw. der mittleren Grundwasserisohypsen des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG, Abb. 2) |7|.

Im Untersuchungsgebiet sind nach Auswertung des Kartenwerks als oberster Grundwasserleiter (GWL) frühsaalekaltzeitlicher (GWL 1.5) bzw. holozäner/weichselkaltzeitlicher (GWL 1.0/1.1) Flussschotter und -sande ausgewiesen.

Aus der Hydroisohypsenkarte ergeben sich entlang des gesamten Untersuchungsabschnittes Grundwassergleichen von um die 105 m NHN für den obersten Hauptgrundwasserleiter GWL 1.5 bzw. GWL 1.0/1.1. Bei einer Geländehöhe von etwa 108,9 m NHN im Bereich Tröndlinring beträgt der Flurabstand zwischen der Geländeoberkante (GOK) und dem obersten Hauptgrundwasserleiter somit etwa 3,9 m im Süden, bei einer Geländehöhe von etwa 108,7 m NHN im Bereich der Parthe-Querung etwa 3,7 m und einer Geländehöhe von etwa 110,2 m NHN in Höhe Nordplatz etwa 5,2 m im Norden des Untersuchungsabschnittes.

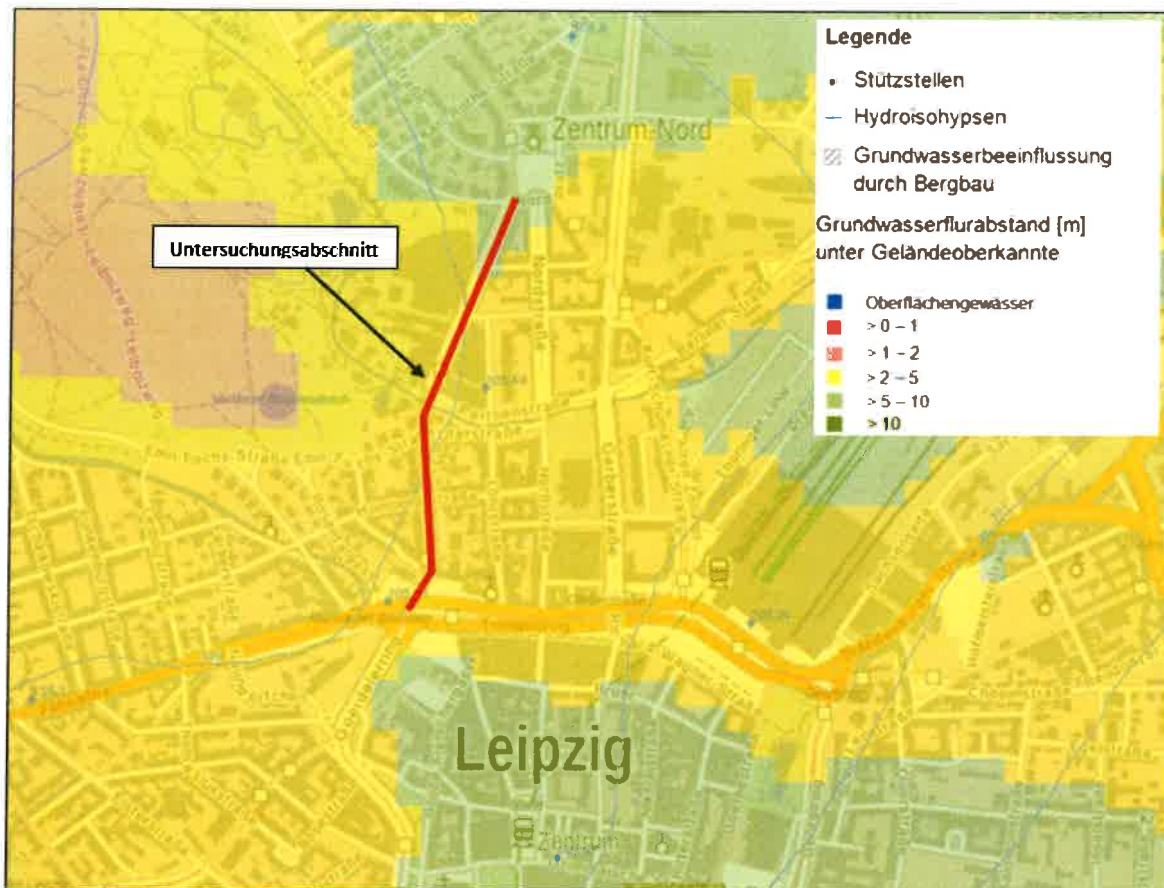


Abb. 2: Karte der mittleren Grundwassergleichen und Grundwasserflurabstände im Bereich des Untersuchungsabschnittes in der Pfaffendorfer Straße zwischen Tröndlingring und Nordplatz in Leipzig (URL: www.umwelt.sachsen.de; 22.02.2023 [7]).

In Ergänzung der Kartendarstellung des LfULG erfolgte zur Beurteilung der hydrogeologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet beim zuständigen Referat für Oberflächenwasser, Hochwasserschutz der Landesdirektion Sachsen (LDS) eine Anfrage nach den aktuellen Grundwasserdaten zur Abschätzung der zu erwartenden Grundwasserstände im Untersuchungsgebiet.

Nachfolgend eine Zusammenfassung der durch die Landesdirektion Sachsen übermittelten Auskunft [8]:

- Der angefragte Standort befindet sich hinsichtlich oberstem Grundwasserleiter (GWL) im Bereich frühsaalekaltzeitlicher (GWL 1.5) bzw. holozäner/weichselkaltzeitlicher (GWL 1.0/1.1) Flussschotter und –sande. Die jeweiligen Verbreitungsgebiete der GWL sind in der beigegeführten Karte (Abb. 3) ersichtlich.

- Für Aussagen hinsichtlich der örtlichen Grundwasserverhältnisse wurden seitens der LDS drei Punkte entlang der angefragten Pfaffendorfer Straße definiert. Sie heißen Punkt N (für Nordende), Punkt P (für Parthe-Querung) und Punkt S (für Südende).
- Die Geländehöhe laut digitalem Geländemodell Sachsens DGM 2 (hier: Laserscanning 2010) beträgt etwa:
 - Punkt N: 110,2 m NHN;
 - Punkt P: 108,7 m NHN;
 - Punkt S: 108,9 m NHN.
- Zur Darstellung der langjährigen Grundwasserstands-Schwankungen wurde die Ganglinien-Grafik der Grundwasser-Messstelle (GWM) 46402326 übermittelt, die sich in der Balsac-Straße in nördlicher Nachbarschaft zum Nordplatz befindet. Die Messstelle wird dem GWL-Komplex 1.5/5 zugerechnet, d. h. es besteht hier eine Kopplung des GWL 1.5 mit dem GWL 5 (Oligözän).

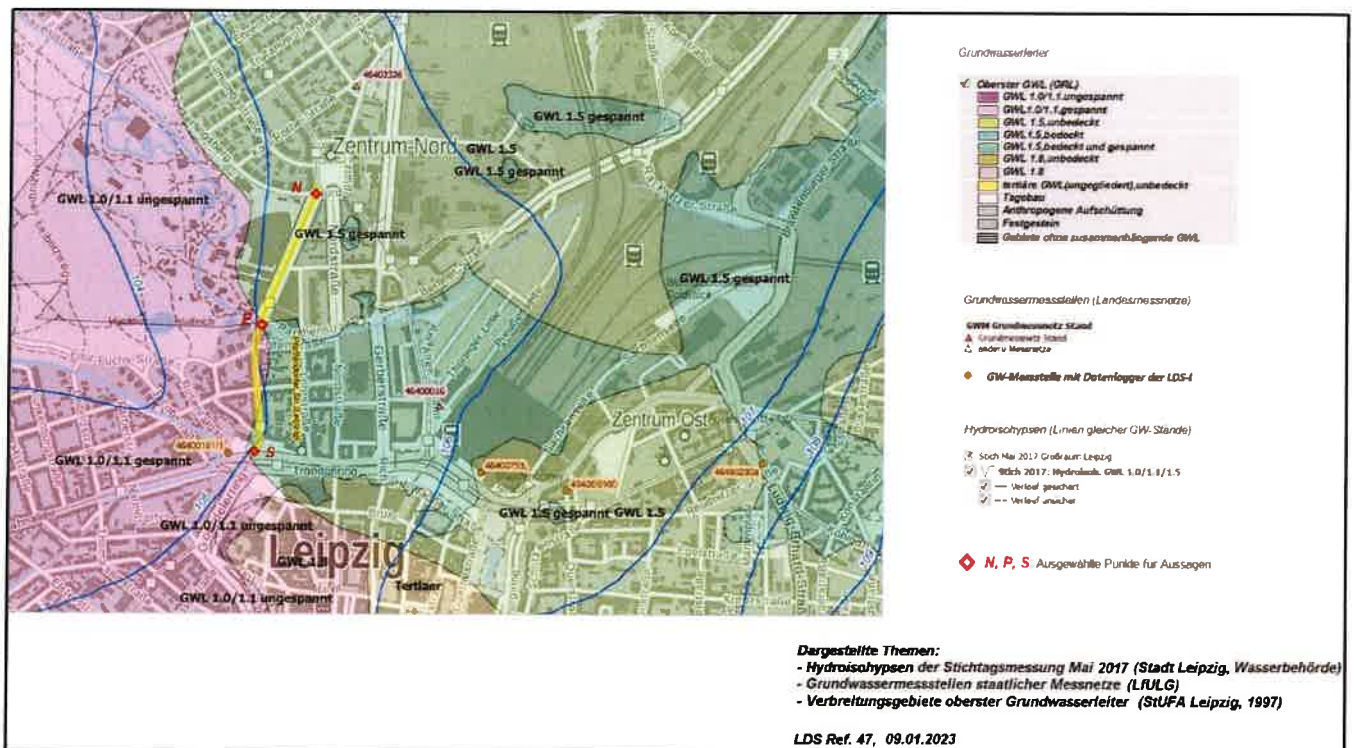


Abb. 3: Karte der Hydroisohypsen, Grundwassermessstellen und der obersten Grundwasserleiter im Bereich des Untersuchungsabschnittes in der Pfaffendorfer Straße zw. Tröndlingring und Nordplatz in Leipzig (LDS | 8 |).

- Im Mai 2017 wurde in Regie der Wasserbehörde der Stadt Leipzig im Großraum Leipzig eine Grundwasserstands-Stichtagsmessung durchgeführt. An der GWM 46402326 entspricht der

im Mai 2017 (Stichtagsmessung) gemessene Grundwasserstand dabei in guter Näherung dem arithmetischen Mittelwert der vorliegenden langjährigen Messreihe von 1985 bis 2022.

- Aus dem Hydroisohypsenplan der Stichtagsmessung Mai 2017 ergeben sich durch Interpolation daher in etwa folgende mittleren Grundwasserstände (MGW) im GWL-Komplex 1.0/1.1/1.5:

Punkt N: ca. 105,3 m NHN, entsprechend 4,9 m unter Gelände;

Punkt P: ca. 105,0 m NHN, entsprechend 3,7 m unter Gelände;

Punkt S: ca. 105,0 m NHN, entsprechend 3,9 m unter Gelände.

- Als Schwankungsbreite zwischen mittlerem (MGW) und höchsten Grundwasserstand (HGW) gibt die Ganglinien-Grafik für GWM 46402326 (die Ganglinien-Grafik wird an dieser Stelle nicht dargestellt) ca. 0,5 m an. Für eine höhere Planungssicherheit wird empfohlen, mindestens 1,0 m anzusetzen (von diesem Ansatz wird auch im Weiteren ausgegangen).
- Ausgehend von den o. g. MGW-Werten und der empfohlenen Schwankungsbreite zwischen MGW und HGW von 1,0 m ergeben sich folgende Schätzwerte für den höchsten Grundwasserstand (HGW):

Punkt N: ca. 106,3 m NHN, entsprechend 3,9 m unter Gelände;

Punkt P: ca. 106,0 m NHN, entsprechend 2,7 m unter Gelände;

Punkt S: ca. 106,0 m NHN, entsprechend 2,9 m unter Gelände.

Die vorgenannten Angaben der Landesdirektion Sachsen beziehen sich auf bisherige Messdaten. Künftige Veränderungen, v. a. durch den Klimawandel, sind nicht Gegenstand dieser Aussagen.

3.3 Altlastenauskunft

Für Aussagen bzw. Hinweise über mögliche Schadstoffbelastungen wurde beim Amt für Umweltschutz, Sachgebiet Abfall-/Bodenschutz-/Naturschutzrecht, der Stadt Leipzig ein Antrag auf Übersendung von Auszügen aus dem Altlastenkataster für die von dem geplanten Bauvorhaben betroffenen bzw. ggf. betroffenen Flurstücke 4377/9, 4281/3, 4281/2 und 4318 der Gemarkung Leipzig gestellt.

Entsprechend den Angaben aus der behördlichen Altlastenauskunft sind die zuvor benannten Flurstücke nicht im Sächsischen Altlastenkataster (SALKA) registriert.

Somit ist nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand davon auszugehen, dass altlastenverdächtige Flächen gemäß § 2 (6) des Gesetzes zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG |34|) vom 17.03.1998 in der zurzeit gültigen Fassung nicht vorliegen (siehe Anlage 20).

3.4 Kampfmittelüberprüfung

Auf Grund des allgemeinen Verdachtes auf eine Kampfmittelgefährdung im Bereich des Bauvorhabens, wurde in Vorbereitung der Baugrunduntersuchungen durch die Institut Dr. Körner & Partner Ingenieurgesellschaft mbH die Abfrage auf Gefahren einschätzung bzw. Kampfmittelbelastung bei den entsprechenden Behörden veranlasst.

Eine Überprüfung des Untersuchungsabschnittes mit der Karte über munitionsverseuchte Gebiete der Stadt Leipzig ergab, dass eine Kampfmittelbelastung für die von den Erkundungsmaßnahmen betroffenen und abgefragten Flurstücke 4377/9, 4281/3, 4281/2 und 4318 der Gemarkung Leipzig nicht ausgeschlossen werden kann (siehe Anlage 21). Bei den zuvor benannten Flächen handelt es sich um ein bekanntes Bombenabwurfgebiet, welches behördlicherseits vom Einwirkungsgrad als gering bis mäßig belastet bewertet wurde. Konkrete Anhaltspunkte für Lagerorte von Kampfmitteln oder militärischen Gegenständen liegen jedoch nicht vor.

Seitens der Behörde wurde empfohlen, bei erdeingreifenden Tätigkeiten, Maßnahmen der Gefahrenvorsorge durch ein gewerbliches Kampfmittelräumunternehmen zu veranlassen.

Zur Kampfmittelüberprüfung vor Ort wurde nach erfolgter Abstimmung unter dem verantwortlichen Projektleiter der LVB eine Spezialfirma (Geotech GmbH) beauftragt [3], die im Vorfeld der Baugrunduntersuchungen im Bereich der einzelnen Aufschlusspunkte die Kampfmittel Sondierungen (Flächensondierungen mittels kombinierter Technik Georadar/ Geomagnetik zur Überprüfung der Bohransatzpunkte) durchführte.

Im Ergebnis der Kampfmittel Sondierung wurden insgesamt 32 Aufschlusspunkte entlang des Untersuchungsabschnittes für die Baugrunduntersuchungen freigegeben (siehe das Protokoll zur Kampfmittel Sondierung in der Anlage 22).

Sollten bei der Untersuchung/ Bauausführung Kampfmittel oder andere Gegenstände militärischer Herkunft gefunden werden, müssen diese Funde entsprechend der Sächsischen Kampfmittelverordnung vom 20.01.2020 [9] angezeigt werden. Dies gilt auch im Zweifelsfall. Es erfolgt dann eine umgehende Beräumung durch den Kampfmittelbeseitigungsdienst Sachsen. Anzeigen über Kampfmittelfunde nimmt jede Polizeidienststelle oder der Kampfmittelbeseitigungsdienst Sachsen direkt entgegen.

4 Untersuchungsprogramm

Entsprechend dem Auftrag bzw. im Nachgang der Festlegungen im Zuge eines gemeinsamen Vor-Ort-Termines am 05.12.2022 unter Beteiligung von Hr. Liebscher (LVB) sowie Fr. Fischer und Hr. Hocks (beide ikp) wurden im Rahmen der Baugrunduntersuchungen folgende Untersuchungen und Prüfungen durchgeführt:

Felduntersuchungen:

- Anlegen von 8 Schürfen (Bohrung/ Handschachtung, Abmessungen ca. 0,50 m × 0,50 m und max. 0,70 m (4 Stück) Tiefe bzw. max. 1,00 m Tiefe (4 Stück)) nach DIN EN ISO 22475-1 |14| im Bereich der Gleistrasse der Pfaffendorfer Straße
 - vorläufige Ansprache der vorgefundenen Konstruktions- und Bodenschichten
 - Messung der Schichtdicken der angetroffenen Schichten
 - Probenahme aus jeder angetroffenen Schicht
 - Durchführung von Tragfähigkeitsuntersuchungen jeweils auf der obersten ungebundenen Tragschicht sowie dem vorhandenen Planum etwa 0,6 m unter OK-Gleis mittels leichtem Fallgewicht nach TP BF-StB Teil B 8.3 |26|
- Anlegen von 9 Schürfen (Bohrung/ Handschachtung, Abmessungen ca. 0,50 m × 0,50 m und max. 1,00 m Tiefe) nach DIN EN ISO 22475-1 im Fahrbahnbereich der Pfaffendorfer Straße sowie den Mündungsbereichen der angrenzenden Nebenstraßen (Humboldtstraße, Emil-Fuchs-Straße, Ernst-Pinkert-Straße und Gneisenaustraße)
 - vorläufige Ansprache der vorgefundenen Konstruktions- und Bodenschichten
 - Messung der Schichtdicken der angetroffenen Schichten
 - Probenahme aus jeder angetroffenen Schicht
 - Durchführung von Tragfähigkeitsuntersuchungen jeweils auf der obersten ungebundenen Tragschicht sowie dem vorhandenen Planum etwa 0,6 m unter OK-Fahrbahn mittels leichtem Fallgewicht nach TP BF-StB Teil B 8.3
- Anlegen von 11 Schürfen (Bohrung/ Handschachtung, Abmessungen ca. 0,50 m × 0,50 m und max. 0,80 m Tiefe) nach DIN EN ISO 22475-1 in den Gehwegbereichen der Pfaffendorfer Straße
 - vorläufige Ansprache der vorgefundenen Konstruktions- und Bodenschichten
 - Messung der Schichtdicken der angetroffenen Schichten
 - Probenahme aus jeder angetroffenen Schicht
 - Durchführung von Tragfähigkeitsuntersuchungen jeweils auf der obersten ungebundenen Tragschicht sowie dem vorhandenen Planum etwa 0,6 m unter OK-Gehweg mittels leichtem Fallgewicht nach TP BF-StB Teil B 8.3
- Anlegen von 2 Schürfen (Bohrung/ Handschachtung, Abmessungen ca. 0,50 m × 0,50 m und max. 0,60 m Tiefe) nach DIN EN ISO 22475-1 in den Radwegbereichen der Pfaffendorfer Straße
 - vorläufige Ansprache der vorgefundenen Konstruktions- und Bodenschichten
 - Messung der Schichtdicken der angetroffenen Schichten
 - Probenahme aus jeder angetroffenen Schicht
 - Durchführung von Tragfähigkeitsuntersuchungen jeweils auf der obersten ungebundenen Tragschicht sowie dem vorhandenen Planum etwa 0,6 m unter OK-Radweg mittels leichtem Fallgewicht nach TP BF-StB Teil B 8.3

- Anlegen von 2 Handschürfen (Handschachtung, Abmessungen ca. 0,50 m × 0,50 m und max. 0,80 m Tiefe) nach DIN EN ISO 22475-1 in den Haltestellenbereichen der Pfaffendorfer Straße
 - vorläufige Ansprache der vorgefundenen Konstruktions- und Bodenschichten
 - Messung der Schichtdicken der angetroffenen Schichten
 - Probenahme aus jeder angetroffenen Schicht
 - Durchführung von Tragfähigkeitsuntersuchungen jeweils auf der obersten ungebundenen Tragschicht sowie dem vorhandenen Planum etwa 0,6 m unter OK-Haltestelle mittels leichtem Fallgewicht nach TP BF-StB Teil B 8.3
- Abteufen von 5 Kleinrammbohrungen (Rammkernsondierungen = RKS) nach DIN EN ISO 22475-1 ausgehend von der Basis ausgewählter Schürfe bis max. 3,00 m unter OK-Bauteil bzw. OK-Gelände
 - vorläufige Ansprache der vorgefundenen Bodenschichten
 - Messung der Schichtdicke der angetroffenen Schichten
 - Probenahme je angetroffene Schicht bzw. je Bohrmeter
 - Grundwasserstandmessung bei relevantem Grundwasserstand
- Aufbruch des gebundenen Fahrbahnoberbaus im Bereich eines Fahrleitungsmast-Standortes durch die Anlage eines Schurfes (Bohrung/ Handschachtung, Abmessungen ca. 0,50 m × 0,50 m und max. 0,60 m Tiefe) und abteufen 1 Kleinrammbohrung (Rammkernsondierungen = RKS) nach DIN EN ISO 22475-1 sowie 1 Rammsondierung (Schwere Rammsondierungen = DPH) nach DIN EN ISO 22476-2 |15| jeweils ausgehend von der Basis des Schurfes bis max. 7,00 m unter OK-Fahrbahn
 - vorläufige Ansprache der vorgefundenen Bodenschichten
 - Messung der Schichtdicke der angetroffenen Schichten
 - Probenahme je angetroffene Schicht bzw. je Bohrmeter
 - Grundwasserstandmessung bei relevantem Grundwasserstand

Laboruntersuchungen:

- Ansprache der Konstruktions- und Bodenschichten nach DIN EN ISO 14688-1/2 |10, 11| und DIN 18196 |18|
- organoleptische Prüfung aller Schichten auf geruchstypische Auffälligkeiten
- Bodenphysikalische Laboruntersuchungen zur Klassifizierung der Böden und Festlegung der Homogenbereiche nach DIN 18300 |19|
 - Bestimmung der Korngrößenverteilung am Bodenmaterial (Nasssiebung) nach DIN EN ISO 17892-4 |12|
 - Bestimmung der Konsistenzgrenzen (Fließ- und Ausrollgrenze) am bindigen Bodenmaterial nach DIN EN ISO 17892-12 |13|

- quantitative Untersuchung von Asphaltausbaustücken auf PAK im Feststoff und Phenolindex im Eluat nach RuVA-StB 01/05 |28|
- Schadstoffuntersuchungen an repräsentativen Probenmaterialien aus den gebundenen (Beton) und ungebundenen Konstruktionsschichten des Gleis-, Fahrbahn- und Geh-/Radwegoberbaus nach Ersatzbaustoffverordnung (EBV) vom 09.07.2021 |29| Materialwerte für Recyclingbaustoffe RC 1-3 gemäß Anlage 1 Tab. 1 inkl. Eluation DIN 19529 |20|
- Schadstoffuntersuchungen an repräsentativen Probenmaterialien aus den Auffüllungshorizonten (Boden-Bauschutt-Gemische mit bis zu 50 Vol.-% mineralischer Fremdbestandteile) nach EBV vom 09.07.2021 Materialwerte für Boden/Baggergut BM/BG-F0*, F1 – F3 gemäß Anlage 1 Tab. 3 (TOC konv.) inkl. Eluation DIN 19529
- Schadstoffuntersuchungen an repräsentativen Bodenproben (Bodenmaterial mit bis zu 10 Vol.-% mineralischer Fremdbestandteile) nach EBV vom 09.07.2021 Materialwerte für Boden/Baggergut BM/BG-0* gemäß Anlage 1 Tab. 3 (TOC konv.) inkl. Eluation DIN 19529

5 Stationierung/ Lage und Durchführung der Aufschlüsse

Die Durchführung der Erkundungsarbeiten erfolgte im Zeitraum vom 17.01. bis 30.01.2023 durch die Mitarbeiter der Institut Dr. Körner & Partner Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig (ikp), Herrn Michel, Herrn Böttcher, Herrn Schmidt und Herrn Maslo unter zeitweiser ingenieurtechnischer Begleitung des verantwortlichen Projektengineurs Herrn Hocks.

Die Stationierung der einzelnen Aufschlusspunkte wurde bereits mit den im Zuge der Angebotsabfrage auftraggeberseitig übermittelten Lageplänen weitestgehend vorgegeben. Im Rahmen von projektvorbereitenden Abstimmungen sowie eines gemeinsamen Besichtigungstermins vor Ort unter den beteiligten Projektverantwortlichen der Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) GmbH und des ikp am 05.12.2022 wurde die Durchführung von jeweils einem ergänzenden Baugrundaufschluss im Fahrbahnbereich der Ernst-Pinkert-Straße und Gneisenaustraße abgestimmt. Im Gegenzug wurde auf die Durchführung zweier Aufschlüsse innerhalb der Gleistrasse in Höhe des Naturkundemuseums sowie in Höhe der Gneisenaustraße verzichtet.

Die präzise Festlegung der einzelnen Aufschlusspunkte vor Ort erfolgte dann im Nachgang des Besichtigungstermins in Abhängigkeit vom örtlichen Leitungsbestand und der erforderlichen Kampfmittelfreigaben durch den unterzeichnenden Bearbeiter.

Die maßbandgenaue Lage der Aufschlusspunkte inkl. der Höhenangaben und dem Aufschlussprogramm der Baugrundaufschlüsse ist in der Anlage 2 enthalten. Die Stationierung/ Lage der einzelnen Aufschlusspunkte kann zudem visuell der Anlage 1 (Lagepläne der Aufschlusspunkte, ohne Maßstab) entnommen werden.

6 Festlegung der geotechnischen Kategorie

Unter Beachtung der Vorschriften DIN EN 1997-1 [16] und DIN 1054 [17] wurde das Bauvorhaben Baumaßnahme Pfaffendorfer Straße zwischen Tröndlinring und Nordplatz in Leipzig (LVB-Projekt-Nr.: 90200) in die Geotechnische Kategorie GK 1 eingestuft.

Diese Einstufung erfolgte aufgrund des Merkmals, dass sich der Baugrund in waagrechttem oder schwach geneigtem Gelände befindet und nach gesicherter örtlicher Erfahrung als tragfähig und setzungsarm bekannt ist. Zudem werden die Erdarbeiten im Zuge des Bauvorhabens voraussichtlich nicht tiefer als 2 m in den örtlichen Baugrund eingreifen.

Ggf., z.B. bei erdeingreifenden Tätigkeiten (Aushub von Leitungsgräben oder Baugruben) bis 5 m Tiefe, erfolgt die Einstufung des Bauvorhabens bzw. von Teilen des Bauvorhabens in die Geotechnische Kategorie GK 2.

Die GK 2 umfasst Baumaßnahmen mit mittlerem Schwierigkeitsgrad in Hinblick auf Bauwerk und Baugrund. Voraussetzung sind durchschnittliche Baugrundverhältnisse, die nicht in die Geotechnische Kategorie GK 1 oder GK 3 fallen. Des Weiteren setzt die GK 2 durchschnittliche Grundwasserverhältnisse voraus, die mit üblichen Wasserhaltungsmaßnahmen beherrschbar sind.

Bauwerke der Geotechnischen Kategorie GK 2 erfordern eine ingenieurmäßige Bearbeitung und einen rechnerischen Nachweis der Standsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit.

7 Untersuchungsergebnisse

7.1 Vorgefundene Schichtenfolgen und Ergebnisse der Bodenansprache

Die im Zuge der Erkundungsarbeiten ermittelten Schichtenfolgen und Schichtdicken bzw. Schichtmächtigkeiten sowie die Ergebnisse der Baustoff- und Bodenansprachen im Boden- und Baustofflabor der Institut Dr. Körner & Partner Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig (ikp) sind in den Anlage 3 (Schichtenverzeichnis) und Anlage 4 (Profildarstellungen der Baugrundaufschlüsse) zusammengefasst.

Die Bodengruppen werden nach DIN 18196 und die Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTV E-StB 17 [23] ausgewiesen.

In der Gesamtbetrachtung des Untersuchungsabschnittes wurde deutlich, dass entlang des Untersuchungsabschnittes der Pfaffendorfer Straße sowohl innerhalb der Gleistrasse, der Fahrbahn- als auch Gehwegbereiche verschiedenartige konstruktive Oberbauten angetroffen worden.

Gleistrasse/ Gleisrandbereich:

Aufschlüsse **Gl 1 bis Gl 8** innerhalb der Gleistrasse der Pfaffendorfer Straße:

Die Gleistrasse innerhalb der Fahrbahnbereiche der Pfaffendorfer zw. Tröndlinring und Ernst-Pinkert-Straße ist durchgehend mit Asphalt befestigt. Ausgehend vom Kreuzungsbereich Pfaffendorfer Straße/Ernst-Pinkert-Straße bis in Höhe Nordplatz ist die Gleistrasse oberflächlich mit Großverbundplatten (GVP, bewährter Beton) befestigt.

Die Aufschlüsse Gl 7 u. Gl 8 wurden in den Stoßnähten der GVP angelegt, da es grundsätzlich galt die GVP im Zuge der Erkundungsarbeiten nicht zu beschädigen (Auflagen aus dem Genehmigungsverfahren der LVB).

Die Dicke der Asphaltbefestigung im Bereich der Gleistrasse abseits der Bereiche mit GVP liegen im Bereich der Aufschlüsse Gl 1 bis Gl 6 bei 4 – 5 cm. Auch im Bereich der Stoßnähte der GVP variiert die Dicke der Asphaltbefestigung zw. 4 cm (Aufschluss Gl 8) und 5 cm (Aufschluss Gl 7).

Entlang des Untersuchungsabschnittes folgt im Bereich der Gleisschürfe unterhalb der oberflächlichen Asphaltbefestigung durchgehend mindestens eine Lage Beton. Im Bereich von Aufschluss Gl 3 wurde ein im Vergleich mit den übrigen Gleisaufschlüssen abweichender Gleisoberbau angetroffen. Hier folgt auf die dünne Asphaltdecke eine Lage Beton, auf die eine dünne Lage (7 cm) Asphalt und wiederum eine Lage Beton folgt. Im Bereich der Aufschlüsse Gl 1 u. Gl 2 wird der Beton von einer hydraulisch gebundenen Tragschicht (HGT) unterlagert. Auch im Bereich von Aufschluss Gl 7 wurde unterhalb der Betonbefestigung eine HGT erkundet.

Die **Dicken des gebundenen Gleisoberbaus** entlang des Untersuchungsabschnittes variieren zw. 29 cm (Aufschluss Gl 8) und max. 48 cm (Aufschluss Gl 5) bzw. mit HGT > 70 cm (Aufschluss Gl 2).

Im Bereich der Aufschlüsse Gl 7 u. Gl 8 wurde unterhalb des gebundenen Gleisoberbaus bis max. etwa 0,60 m uOK-Gleis eine gesetzte Packlage (Grobschlagmaterial mit Gesteinsgemisch) angetroffen.

Unterhalb des gebundenen Gleisoberbaus und der Packlagen im Bereich der Aufschlüsse Gl 7 u. Gl 8 folgen im Bereich der Gleisaufschlüsse Gl 4 – Gl 8 die ungebundenen Trag- bzw. Frostschutzschichten des Gleisoberbaus (Auffüllungen aus Gesteinsgemischen der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 – nicht frostempfindlich). Im Bereich der Aufschlüsse Gl 1 u. Gl 3 wurden ab etwa 0,46 m uOK-Gleis (Aufschluss Gl 1) bzw. etwa 0,55 m uOK-Gleis (Aufschluss Gl 3) bis zur max. Erkundungstiefe von etwa 1,00 m uOK-Gleis bindige Auffüllungen aus Boden-Bauschutt-Gemischen angetroffen.

Die **Dicken des frostsicheren Oberbaus** im Bereich der Gleistrasse variiert zw. etwa 46 cm (Aufschluss Gl 1) und > 90 cm (Aufschluss Gl 5).

Fahrbahnbereiche:

Die Aufschlüsse **FB 1 bis FB 5** sowie **NB 1 bis NB 4** wurden in den Fahrbahnbereichen im Untersuchungsgebiet angelegt. Dabei wurden die Aufschlüsse FB 1, FB 4 u. FB 5 im Fahrbahnbereich der Pfaffendorfer Straße durchgeführt. Der übrigen Fahrbahnaufschlüsse wurden in den Mündungsbereichen der angrenzenden Nebenstraßen angelegt. Der Aufschluss FB 2 an der Ecke Pfaffendorfer Straße/

Humboldtstraße, der Aufschluss FB 3 an der Ecke Pfaffendorfer Straße/ Emil-Fuchs-Straße, die Aufschlüsse NB 1 u. NB2 im Fahrbahnbereich der Ernst-Pinkert-Straße und die Aufschlüsse NB 3 u. NB 4 im Mündungsbereich an der Ecke Pfaffendorfer Straße/ Gneisenaustraße.

Die Fahrbahnbereiche in der Pfaffendorfer Straße sowie der angrenzenden Nebenstraße sind im Untersuchungsabschnitt oberflächlich durchgehend mit Asphalt befestigt. Lediglich im Mündungsbereich der Gneisenaustraße (repräsentiert durch den Aufschluss NB 4) ist eine Fahrbahnquerung mit Schlackepflaster ausgeführt.

Die **Dicken des gebundenen Oberbaus** in der Pfaffendorfer Straße variiert zw. 19 cm (Aufschluss FB 4) und max. 47 cm (Aufschluss FB 1). Im Mündungsbereich der Nebenstraßen beträgt die Dicke des Asphaltoberbaus 15 cm (Aufschluss FB 2, Humboldtstraße) bzw. 32 cm (Aufschluss FB 3, Emil-Fuchs-Straße). Im Neubaubereich der Ernst-Pinkert-Straße, markiert durch den Aufschluss NB 1, beträgt die Dicke des Asphaltoberbaus ca. 34 cm und im Neubaubereich der Gneisenaustraße, markiert durch den Aufschluss NB 3, ca. 33 cm. Im Bereich des Altbestandes der Ernst-Pinkert-Straße, markiert durch den Aufschluss NB 2, wurde nur eine dünne Asphaltdecke von 4 cm angetroffen.

Üblicherweise folgen auf die gebundenen Fahrbahnbefestigungen die ungebundenen Konstruktionschichten des Straßenoberbaus (Trag- u. Frostschutzschichten) vorrangig der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 – nicht frostempfindlich. Entsprechend der Erkundungsergebnisse fehlt der ungebundene konstruktive Straßenoberbau im Bereich von Aufschluss FB 1.

Im Bereich von Aufschluss FB 5 wurde unterhalb der Asphaltbefestigung eine dünne (4 cm) Lage Beton angetroffen. Unterhalb der ungebundenen Konstruktionsschicht ist im Bereich von Aufschluss FB 5 ab etwa 0,5 m uOK-Straße eine hydraulisch gebundene Tragschicht (HGT) verbaut.

Im Bereich des Fahrbahnaltbestandes in der Ernst-Pinkert-Straße, markiert durch den Aufschluss NB 2, wurde unterhalb der dünnen Asphaltdecke bis etwa 0,20 m uOK-Straße ein zweigeteilter Aufbau angetroffen. Richtung Pfaffendorfer Straße wurde eine Lage Beton und Richtung Löhstraße eine Lage Pflaster angetroffen, wobei das Pflaster eventuell die ursprüngliche Fahrbahndecke repräsentiert.

Der Aufschluss NB 4 in der Gneisenaustraße wurde im Bereich eine Pflasterquerung angelegt. Bei dem Pflaster handelt es sich um Schlackepflaster. Das Schlackepflaster wurde auf einem Bettungssplitt verlegt. Auf den Bettungssplitt folgt bis etwa 0,30 m uOK-Pflasterfläche eine ungebundene Tragschicht.

Die **Dicken des frostsicheren Oberbaus** im Fahrbahnbereich der Pfaffendorfer Straße variieren zw. 47 cm (Aufschluss FB 1) und > 80 cm (Aufschluss FB 4). Im Bereich der Nebenstraßen wurden **Dicken des frostsicheren Oberbaus** von z.T. > 100 cm dokumentiert, was zum einen daran lag, dass bereichsweise vermutlich die Verfüllzone von Leitungsgräben (Bereich der Aufschluss FB 3) erkundet wurde sowie zum anderen im Bereich der Ernst-Pinkert-Straße und Gneisenaustraße bereits oberflächennah der gewachsene Baugrund aus grobkörnigen Böden (Flusssedimente, Sande u. Kiese) ansteht.

Unterhalb der konstruktiven Schichtenfolgen der Fahrbahnoberbauten wurden im Bereich der Aufschlüsse FB 3 und NB 4 bis max. etwa 1,80 m uOK-Straße Auffüllungshorizonte aus Boden-Bauschutt-Gemischen der Frostempfindlichkeitsklasse F 2 – gering bis mittel frostempfindlich – bzw. bis max. etwa 2,10 m uOK-Straße im Bereich von Aufschluss FB 2 der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 – stark frostempfindlich – angetroffen.

Der gewachsene Baugrund unterhalb der konstruktiven Einbauten und Auffüllungen wird im Bereich von Aufschluss FB 1 ab etwa 0,47 m uOK-Straße sowie im Bereich von Aufschluss FB 3 ab etwa 1,80 m uOK-Straße aus bindigen, gemischt- bis feinkörnigen Böden (Kies-Ton-Gemisch, Sand-Ton-Gemisch bis Ton, Bodengruppe GT*/ST*, ST*/TL) der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 – stark frostempfindlich – sowie im Bereich der Aufschlüsse NB 1 u. NB 3, wie bereits zuvor beschrieben, aus den in diesen Bereichen ab etwa 0,7 m uOK-Straße natürlich anstehenden nicht bindigen, gemischt- bis grobkörnigen Böden (Sand-Schluff- bis Sand-Kies-Gemische, Kies-Sand-Gemische; Bodengruppe SU/SE, SU/SI, SI, SI/GI) der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 bzw. F 2 – nicht frostempfindlich bzw. gering bis mittel frostempfindlich – gebildet.

Gehwegbereiche:

Die Aufschlüsse **GW 1 bis GW 11** wurden in den Gehwegbereichen entlang der Pfaffendorfer Straße angelegt.

Auch die Gehwegbereiche entlang des Untersuchungsabschnittes besitzen verschiedenartige konstruktive Aufbauten. So wurden die Gehwegaufschlüsse GW 1, GW 4, GW 8, GW 9, GW 10 u. GW 11 in Bereichen mit Mosaiksteinpflaster und die Aufschlüsse GW 6 u. GW 7 in Bereichen mit Granitsteinpflaster angelegt. Im Bereich der Aufschlüsse GW 2 u. GW 3, zwischen Lortzingstraße und Humboldtstraße, ist der Gehweg mit Asphalt (zw. 10 und 13 cm dick) befestigt. Im Bereich von Aufschluss GW 5 an der Ecke Pfaffendorfer Straße/ Humboldtstraße (östlich der Pfaffendorfer Straße) ist der Gehweg über einen kurzen Abschnitt mit Betonsteinplatten befestigt.

Unterhalb der Oberflächenbefestigungen folgen Bettungsmaterialien (im Bereich der Pflasterflächen) bzw. bis max. etwa 0,60 m uOK-Gehweg die ungebundenen Konstruktionsschichten (Trag- u. Frostschutzschichten) des Gehwegoberbaus, die wieder mehrheitlich der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 – nicht frostempfindlich – zugeordnet wurden.

Im Bereich von Aufschluss GW 2 wurde ab etwa 0,60 m unter OK-Gehweg ein Fundament sowie ein Warnband (Leitungszone) angetroffen. Die Erkundungsarbeiten wurden daraufhin in diesem Bereich eingestellt.

Im Bereich von Aufschluss GW 3 wurde zw. 0,23 – 0,31 m unter OK-Gehweg eine Lage Magerbeton/HGT angetroffen. Auch im Bereich von Aufschluss GW 7 wurde zw. 0,12 – 0,30 m unter OK-Gehweg eine Lage Beton angetroffen.

Im Bereich von Aufschluss GW 4 wurde bei etwa 0,60 m unter OK-Gehweg ein Hindernis in Form eines Gesteinsbrockens (Fundament ?) angetroffen. Die Erkundungsarbeiten wurden daraufhin in diesem Bereich eingestellt.

Die **Dicken des frostsicheren Oberbaus** im Bereich der Gehwegbereiche variiert zw. etwa 20 cm (Aufschluss GW 11) und mindestens 60 cm (Aufschluss GW 1, GW 5 u. GW 6). Im Bereich der Gehwegaufschlüsse 8 u. 9 ist unterhalb des Mosaiksteinpflasters kein frostsicherer Oberbau vorhanden.

Unterhalb der konstruktiven Schichtenfolgen der Gehwegoberbauten folgen bereichsweise Auffüllungshorizonte aus Boden-Bauschutt-Gemischen (z.B. im Bereich der Aufschlüsse GW 1 – 4, 7, 9 – 11) sowie im Bereich von Aufschluss GW 8 vermutlich bereits der natürlich gewachsene Baugrund in Form eines gemischtkörnigen Bodens (Sand-Schluff-Gemische, SU*) der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 – stark frostempfindlich.

Im Bereich von Aufschluss GW 1 in Höhe des Naturkundemuseums, wurde als Ersatz für eine ursprünglich im angrenzenden Fahrbahnbereich (Aufschluss FB 1) aufgrund des örtlichen Leitungsbestandes nicht durchführbare Rammkernsondierung, eine Rammkernsondierung bis etwa 3 m uOK-Gehweg angelegt. Unterhalb des Gehwegoberbaus wurden in diesem Bereich bis zur max. Erkundungstiefe Auffüllungshorizonte oder anthropogen überprägte Böden (Boden-Bauschutt-Gemische) vorrangig der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 – stark frostempfindlich – erkundet.

Haltestellenbereiche:

Die untersuchten Haltestellenbereiche im Bereich der HAST Zoo sind oberflächlich ungebunden mit Granitsteinpflaster (Bereich Aufschluss H 1) bzw. Betonsteinpflaster (Bereich Aufschluss H 2) befestigt. Auf die Pflasterbefestigung folgt jeweils eine Lage Bettungssplitt sowie bis etwa 0,34 m uOK-Haltestelle im Bereich von Aufschluss H 1 bzw. mindestens 0,80 m unter OK-Haltestelle im Bereich von Aufschluss H 2 die ungebundenen Konstruktionsschichten des Haltestellenoberbaus, deren Materialien wiederum vorrangig der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 – nicht frostempfindlich – entsprechen. Im Bereich von Aufschluss H 1 wurde unterhalb der ungebundenen Konstruktionsschichten bis mindestens zur max. Erkundungstiefe von etwa 0,60 m uOK-Haltestelle ein Betoneinbau angetroffen.

Radwegbereiche:

Die untersuchten Radwegbereiche vor dem Parkhaus am Zoo sowie der Bereich etwa zw. Gondwanaland und Kickerlingsberg sind oberflächlich mit Asphalt befestigt (Aufschluss RW 1 10 cm Asphalt, Aufschluss RW 2 12 cm Asphalt). Unterhalb der Asphalt oberbaus folgen bis zur max. Erkundungstiefe von etwa 0,60 m uOK-Radweg die ungebundenen Konstruktionsschichten (Trag- bzw. Frostschuttschichten) des Radwegoberbaus, die vorrangig der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 – nicht frostempfindlich – zugeordnet wurden.

Standort Fahrleitungsmast:

Zur Erkundung der Baugrundsituation im Bereich eines geplanten Fahrleitungsmast-Standortes an der Ecke Pfaffendorfer Straße/ Uferstraße wurde im Fahrbahnbereich ein kombinierter Baugrundaufschluss (Bohrkernentnahme/ Schurf, Rammkernsondierung/ Rammsondierung) bis etwa 7,0 m unter OK-Straße angelegt.

Ursprünglich war vorgesehen den Aufschluss im Gehwegbereich an der Ecke Pfaffendorfer Straße/ Uferstraße anzulegen. Die örtliche Leitungssituation und die beengten Platzverhältnisse ließen dies jedoch nicht zu, so dass der Aufschluss in den angrenzenden Fahrbahnbereich verlegt wurde.

Im Bereich von Aufschluss **RKS 1/ DPH 1** musste zunächst der ca. 39 cm dicke Asphaltüberbau im Zuge einer Bohrkernentnahme geöffnet werden. Anschließend wurde die schwere Rammsondierung gefolgt von der Rammkernsondierung angesetzt. Im Zuge der Rammkernsondierung wurden bis etwa 2,0 m uOK-Straße die ungebundenen Konstruktionsschichten des Fahrbahnoberbaus sowie Auffüllungshorizonte (evtl. Grabenverfüllung) erkundet. Diese Materialien wurden der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 – nicht frostempfindlich – zugeordnet. Ab etwa 2,0 m bis 3,0 m uOK-Straße wurde ein anthropogen überprägter Auffüllungs-/Bodenhorizont (Schluff, sandig, kiesig mit Ziegelresten) angetroffen. Hier handelt es sich vermutlich um einen Übergangsbereich zw. den hangenden anthropogenen Auffüllungen und dem im Liegenden anstehenden gewachsenen Baugrund.

Der bis etwa 3 m Tiefe anstehende anthropogen überprägte Horizont wird bis etwa 4,60 m uOK-Straße von bindigen, feinkörnigen Böden (Tone, Bodengruppe TL/TM) der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 – stark frostempfindlich – unterlagert. Ab etwa 4,60 m uOK-Straße gehen die Tone in schwach bindige bis bindige gemischtkörnige Böden (Sand-Ton-Gemische, Bodengruppe ST/ST*, Frostempfindlichkeitsklasse F 2 (ST) bzw. F 3 (ST*)) über. Ab etwa 5,0 m uOK-Straße bis zur max. Erkundungstiefe von etwa 7,0 m uOK-Straße folgen gemischtkörnige Bodenhorizonte aus einem Kies-Ton-Gemischen (Bodengruppe GT/GT*, Frostempfindlichkeitsklasse F 2 (GT) bzw. F 3 (GT*)).

Die bindigen Böden und bindigen Anteile innerhalb der Auffüllungen (Boden-Bauschutt-Gemische) wiesen zum Untersuchungszeitpunkt vorrangig weiche bis steife Zustandsformen (Konsistenzen) auf.

Insgesamt bleibt nach Auswertung der Erkundungsbefunde festzuhalten, dass sich die allgemeine geologische Situation im Untersuchungsgebiet, welche bereits unter Punkt 3.2 beschrieben wurde, bestätigte.

Grundwasser wurde während der Erkundungsarbeiten im Zeitraum vom 17.01. – 30.01.2023 lediglich im Bereich von Aufschluss RKS 1/ DPH 1 in folgenden Tiefen angetroffen (siehe Tab. 1):

Tab. 1: Dokumentation der Grundwasserstände im Erkundungszeitraum vom 17.01. – 30.01.2023

Messstelle	ermittelter Grundwasserstand
Aufschluss RKS 1/ DPH 1	ca. 5,00 m unter OK-Gelände
Aufschluss RKS 1/ DPH 1, Nachmessung in Ruhe	unverändert ca. 5,00 m unter OK-Gelände

In den übrigen Aufschlussbereichen wurden keine wasserführenden Schichten angeschnitten bzw. kein Wasser angetroffen.

Im Rahmen der im Erd- und Baustofflabor der Institut Dr. Körner & Partner Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig durchgeführten **organoleptischen Prüfungen** wurden anhand der entnommenen Materialproben keine geruchstypischen und/oder optischen Auffälligkeiten festgestellt.

7.2 Ergebnisse der Tragfähigkeitsmessungen

Die aus den Untersuchungen abgeleiteten und für eine Bewertung relevanten Kennwerte der im Bereich der in den Tabellen 2 – 6 aufgelisteten Aufschlüsse **gemessenen Tragfähigkeiten** mit dem leichten Fallgewichtsgesetz jeweils auf der obersten ungebundenen Tragschicht sowie etwa auf dem Plannumshorizont (etwa 0,5 – 0,6 m unter OK-Bauteil) der Gleistrasse, der Fahrbahn sowie des Geh-/ Radweges und Haltestellenbereiches sind in den nachfolgenden Tab. 2 – 6 zusammengefasst. In den Tabellen ist zudem die Tiefenlage der Versuchsdurchführung im Bereich der einzelnen Aufschlüsse enthalten.

Die Ermittlung der Tragfähigkeit konnte im Zuge der Baugrunduntersuchungen nur punktuell im Bereich der einzelnen Aufschlussbereiche erfolgen.

Die Umrechnung der ermittelten E_{vd} -Werte in E_{v2} -Werte erfolgte mit folgenden Faktoren auf der Basis langjähriger Erfahrungen:

$E_{v2} = 1,8 E_{vd}$	für bindigen Boden, Untergrund
$E_{v2} = 2,0 E_{vd}$	für ungebundene Schichten, Böden (nicht bindig)

Die Gleistrasse entlang des Untersuchungsabschnittes in der Pfaffendorfer Straße zwischen Tröndlinring und Nordplatz ist oberflächlich mit Asphalt bzw. Großverbundplatten (GVP) befestigt. Somit erfolgt die Bewertung der ermittelten Tragfähigkeiten nachfolgend nach VDV Oberbaurichtlinien und –Zusatzrichtlinien für Bahnen im Geltungsbereich der BOSTrab |25| für den Oberbau mit fester Fahrbahn.

Tab. 2: Ergebnisse der Tragfähigkeitsmessungen innerhalb der Gleistrasse

Aufschluss Nr.	Tiefenlage unter Gleisoberkante	Verformungsmodul E_{vd}	Umrechnung E_{vd} auf E_{v2} (Näherung)	Sollwert für den Planumbereich/ Untergrund in Anlehnung an VDV Oberbau-richtlinien (2018)
	[m]	MN/m ²	MN/m ²	Bauteil: Gleistrasse innerhalb der Fahrbahn
Gl 1	0,28	44,8	90	-
Gl 1	0,60	31,5	57	45 bzw. 100 MN/m ²
Gl 2	Aufgrund des dicken gebundenen Oberbaus (ca. 56 cm) keine Tragfähigkeitsmessung möglich!			-
Gl 2	Aufgrund des dicken gebundenen Oberbaus (ca. 56 cm) keine Tragfähigkeitsmessung möglich!			45 bzw. 100 MN/m ²
Gl 3	0,47	40,3	81	-
Gl 3	0,60	30,4	55	45 bzw. 100 MN/m ²
Gl 4	0,43	31,2	62	-
Gl 4	0,60	32,7	65	45 bzw. 100 MN/m ²
Gl 5	0,48	40,8	82	-
Gl 5	0,60	50,6	101	45 bzw. 100 MN/m ²
Gl 6	0,46	63,2	126	-
Gl 6	0,60	26,8	54	45 bzw. 100 MN/m ²
Gl 7	0,19	75,3*	151	-
Gl 7	0,60	23,5	47	45 bzw. 100 MN/m ²
Gl 8	0,29	30,4	61	-
Gl 8	0,60	28,3	57	45 bzw. 100 MN/m ²

* gesicherte Nachweisgrenze $E_{vd} \leq 75 \text{ MN/m}^2$ ($E_{v2} \leq 150 \text{ MN/m}^2$)

Im Bereich von Aufschluss Gl 2 war die technische Durchführung der Tragfähigkeitsmessung aufgrund des dicken gebundenen Gleisoberbaus (> 0,5 m) nicht möglich.

Die erforderliche Größe des Verformungsmoduls für den Einbau einer Tragschicht ohne Schutzschicht liegt gemäß VDV Oberbau-richtlinien und –Zusatzrichtlinien für Bahnen im Geltungsbereich der BOStrab bei Instandhaltungsmaßnahmen und einem Oberbau mit Fester Fahrbahn bei $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ bzw., wenn die Tragfähigkeit des Unterbaus nicht ausreichend ist und nach VDV Oberbau-richtlinien und –Zusatzrichtlinien der Einbau einer Schutzschicht erforderlich wird, bei Instandhaltungsmaßnahmen und einem Oberbau mit Fester Fahrbahn bei $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$.

Wie der Tab. 2 entnommen werden kann, wurden die Anforderungen an den Verformungsmodul ($E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$) für den Einbau einer Tragschicht ohne Schutzschicht im Bereich der Aufschlüsse innerhalb der Gleistrasse lediglich im Bereich von Aufschluss GI 5 erreicht.

Demgegenüber werden die Anforderungen an den Verformungsmodul ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) gemäß VDV Oberbau Richtlinien und –Zusatzrichtlinien beim Einbau einer Schutzschicht (untere Tragschicht) auf dem Unterbau im Bereich der Gleistrasse zum Untersuchungszeitpunkt durchgehend erreicht.

Tab. 3: Ergebnisse der Tragfähigkeitsmessungen im Fahrbahnbereich

Aufschlusspunkt	Tiefenlage unter Straßenoberkante [m]	Tragfähigkeit (Verformungsmodul)			Bewertung (in Anlehnung an RStO 12)
		E_{vd} Ist [MN/m ²]	E_{v2} Ist [MN/m ²]	E_{v2} Soll [MN/m ²]	
FB 1	0,47	30,3	55	120	nicht ausreichend
FB 1	0,60	20,1	36	45	nicht ausreichend
FB 2	0,15	52,0	104	120	nicht ausreichend
FB 2	0,60	58,4	117	45	ausreichend
FB 3	0,32	74,0	148	120	ausreichend
FB 3	0,60	42,8	86	45	ausreichend
FB 4	0,19	56,5	113	120	nicht ausreichend
FB 4	0,60	35,4	71	45	ausreichend
FB 5	0,26	34,3	69	120	nicht ausreichend
FB 5	0,60	98,3*	197	45	ausreichend
NB 1	0,34	133,1*	266	120	ausreichend
NB 1	0,60	35,6	71	45	ausreichend
NB 2	0,20	66,6	133	120	ausreichend
NB 2	0,60	45,0	90	45	ausreichend
NB 3	0,33	56,8	114	120	nicht ausreichend
NB 3	0,60	39,3	79	45	ausreichend
NB 4	0,15	56,7	113	120	nicht ausreichend
NB 4	0,60	35,4	71	45	ausreichend

* gesicherte Nachweisgrenze $E_{vd} \leq 75 \text{ MN/m}^2$ ($E_{v2} \leq 150 \text{ MN/m}^2$)

Nach Auswertung der Tragfähigkeitsmessungen im Fahrbahnbereich der Pfaffendorfer Straße und der Mündungsbereiche der angrenzenden Nebenstraße ergibt sich ein differenziertes Bild. Wie der Tab. 3 entnommen werden kann, wird der Anforderungswert der RStO 12 |21| an die Tragfähigkeit der

obersten ungebundenen Tragschicht ($E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$) im Bereich der Aufschlüsse FB 1, FB 2, FB 4, FB 5, NB 3 u. NB 4 nicht eingehalten, wohingegen der Anforderungswert auf der Oberkante der obersten ungebundenen Tragschicht im Bereich der Fahrbhauaufschlüsse FB 3, NB 1 u. NB 2 eingehalten wird.

Für den Planumbereich der Fahrbahnen ergibt sich ein einheitlicheres Bild. Wie wiederum der Tab. 3 entnommen werden kann, erreichen die ermittelten Tragfähigkeiten, mit Ausnahme des Bereiches von Aufschluss FB 1, den Anforderungswert der RStO 12 an die Tragfähigkeit des Planums ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$).

Tab. 4: Ergebnisse der Tragfähigkeitsmessungen im Gehwegbereich

Aufschlusspunkt	Tiefenlage unter Gehwegoberkante [m]	Tragfähigkeit (Verformungsmodul)			Bewertung (in Anlehnung an RStO 12)
		E_{vd} Ist [MN/m ²]	E_{v2} Ist [MN/m ²]	E_{v2} Soll [MN/m ²]	
GW 1	0,13	42,1	84	80	ausreichend
GW 1	0,50	21,5	43	45	nicht ausreichend
GW 2	0,10	54,3	109	80	ausreichend
GW 2	Tragfähigkeitsmessung aufgrund der Baugrundsituation (Fundament) nicht möglich!			45	-
GW 3	0,13	36,6	73	80	nicht ausreichend
GW 3	0,50	39,9	72	45	ausreichend
GW 4	0,10	52,4	105	80	ausreichend
GW 4	Tragfähigkeitsmessung aufgrund der Baugrundsituation (Hindernis) nicht möglich!			45	-
GW 5	0,13	39,4	79	80	annähernd ausreichend
GW 5	0,50	43,7	87	45	ausreichend
GW 6	0,19	44,6	89	80	ausreichend
GW 6	0,50	44,5	89	45	ausreichend
GW 7	0,30	33,4	67	80	nicht ausreichend
GW 7	0,50	18,8	34	45	nicht ausreichend
GW 8	0,16	23,7	43	80	nicht ausreichend
GW 8	0,50	23,3	42	45	nicht ausreichend
GW 9	0,15	36,1	72	80	nicht ausreichend
GW 9	0,50	55,2	99	45	ausreichend
GW 10	0,10	25,6	51	80	nicht ausreichend
GW 10	0,50	25,3	46	45	ausreichend

Fortsetzung Tab. 4: Ergebnisse der Tragfähigkeitsmessungen im Gehwegbereich

Aufschlusspunkt	Tiefenlage unter Gehwegoberkante [m]	Tragfähigkeit (Verformungsmodul)			Bewertung (in Anlehnung an RStO 12)
		E_{vd} Ist [MN/m ²]	E_{v2} Ist [MN/m ²]	E_{v2} Soll [MN/m ²]	
GW 11	0,20	49,2	89	80	ausreichend
GW 11	0,50	50,2	90	45	ausreichend

Wie der Tab. 4 entnommen werden kann, liegen die ermittelten Tragfähigkeiten auf der obersten ungebundenen Tragschicht und im Planumbereich der Gehwegaufschlüsse mehrheitlich über den Anforderungswerten der RStO 12 an die Tragfähigkeit der Tragschichten ($E_{v2} \geq 80$ MN/m²) bzw. des Planums ($E_{v2} \geq 45$ MN/m²). Auf der obersten ungebundenen Tragschicht der Gehwegaufschlüsse GW 3, GW 7, GW 9 u. GW 10 sowie im Planumbereich der Aufschlüsse GW 1, GW 7 u. GW 8 werden die Tragfähigkeitsanforderungen nach RStO 12 nicht erreicht.

Tab. 5: Ergebnisse der Tragfähigkeitsmessungen im Radwegbereich

Aufschlusspunkt	Tiefenlage unter Radwegoberkante [m]	Tragfähigkeit (Verformungsmodul)			Bewertung (in Anlehnung an RStO 12)
		E_{vd} Ist [MN/m ²]	E_{v2} Ist [MN/m ²]	E_{v2} Soll [MN/m ²]	
RW 1	0,10	43,0	86	80	ausreichend
RW 1	0,50	19,8	40	45	nicht ausreichend
RW 2	0,12	45,9	92	80	ausreichend
RW 2	0,60	50,6	101	45	ausreichend

Tab. 6: Ergebnisse der Tragfähigkeitsmessungen im Haltestellenbereich

Aufschlusspunkt	Tiefenlage unter Haltestellenoberkante [m]	Tragfähigkeit (Verformungsmodul)			Bewertung (in Anlehnung an RStO 12)
		E_{vd} Ist [MN/m ²]	E_{v2} Ist [MN/m ²]	E_{v2} Soll [MN/m ²]	
H 1	0,14	68,2	136	80	ausreichend
H 1	Tragfähigkeitsmessung aufgrund der Baugrundsituation (Beton) nicht möglich!			45	-
H 2	0,17	52,6	105	80	ausreichend
H 2	0,50	32,9	66	45	ausreichend

Auch in den untersuchten Bereichen der Radwege und der Haltestellen liegen die ermittelten Tragfähigkeiten, wie den Tab. 5 u. 6 entnommen werden kann, auf der obersten ungebundenen Tragschicht und im Planumbereich i.d.R. über den Anforderungswerten der RStO 12 an die Tragfähigkeit der Tragschichten ($E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$) bzw. des Planums ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$).

Auf dem Planumshorizont von Aufschluss H 1 konnte aufgrund der angetroffenen Gründungssituation (Beton/ Betontragschicht) keine Tragfähigkeitsmessung durchgeführt werden.

Die Protokolle mit den Ergebnissen der Tragfähigkeitsmessungen können detailliert der Anlage 9 des Gutachtens entnommen werden.

7.3 Ergebnisse der Rammsondierung

Rammsondierungen (RS) liefern über den Eindringwiderstand N_{10} als Anzahl der Rammschläge für 10 cm Sondeneindringtiefe ein Maß für die Lagerungsdichte der anstehenden Böden. Zu diesem Zweck wurden im Rahmen der Baugrunduntersuchungen im Bereich von Aufschluss RKS 1/ DPH 1 (Standort geplanter Fahrleitungsmast) parallel zu dem in diesem Bereich abgeteufte direkten Baugrundaufschluss (Rammkernsondierung) ein indirekter Baugrundaufschluss – Rammsondierung nach DIN EN ISO 22476-2 – unter Einsatz der schweren Rammsonde (Dynamic Probing Heavy – DPH) ausgeführt.

Die Rammsondierung DPH 1 wurde ausgehend von der Basis des Schurfes durchgeführt. Die ursprünglich vorgesehene Endteufe von max. 7,0 m unter Gelände- bzw. Bauteiloberkante wurde erreicht.

Die ermittelten Schlagzahlen (N_{10}) der Rammsondierung sind in dem Messprotokoll (Anlage 5) erfasst und zeigen die angetroffenen Lagerungsdichten der anstehenden Bodenschichten. Zudem sind die Ergebnisse der Rammsondierung in der Anlage 6 im Bezug zum anstehenden Baugrund grafisch dargestellt.

Mit Hilfe der direkten Baugrundaufschlüsse (Rammkernsondierungen) und der damit erhaltenen Erkenntnisse über die durchörterten Erdstoffe, kann eine qualitative Aussage

- zur Beurteilung der Gleichmäßigkeit bzw. Ungleichmäßigkeit der Baugrundfestigkeit und
- zur Erkundung besonders weicher oder fester Zonen bzw. Schichten

getroffen werden.

In der nachfolgenden Tabelle (Tab. 7) ist auf Grundlage der Ergebnisse der Rammsondierung (DPH) eine zusammenfassende Bewertung/ Interpretation der Lagerungsdichte der angetroffenen Böden bzw. Bodenschichten enthalten.

Tab. 7: Zusammenfassung der Ergebnisse der Rammsondierung (RS) – Bewertung der Lagerungsdichte der anstehenden Böden

Erkundungstiefe	DPH 1 (parallel zu RKS 1)
Beginn	ca. 0,4 m uOK-Straße
0 – 1 m	locker – mitteldicht, vorrangig mitteldicht
1 – 2 m	sehr locker – locker, vorrangig locker
2 – 3 m	sehr locker – mitteldicht, vorrangig locker
3 – 4 m	sehr locker – locker, vorrangig locker
4 – 5 m	locker – mitteldicht, vorrangig mitteldicht
5 – 6 m	locker – dicht, vorrangig mitteldicht
6 – 7 m	mitteldicht – dicht, vorrangig dicht

Nach Auswertung der vorliegenden Ergebnisdokumentation aus der schweren Rammsondierung wird deutlich, dass für die im Bereich von Aufschluss RKS 1/ DPH 1 unterhalb des Straßenoberbaus bis etwa 3,0 m unter OK-Fahrbahn angetroffenen Auffüllungshorizonte vorrangig lockere, z.T. sehr lockere Lagerungsverhältnisse dokumentiert wurden. Auch die ab etwa 3,0 m unter OK-Fahrbahn anstehenden bindigen, feinkörnigen Böden (Schluffe) sind sehr locker bis überwiegend locker gelagert. Ab etwa 4,30 m unter OK-Fahrbahn gehen die bindigen, feinkörnigen Böden in gemischtkörnige Böden mit mehrheitlich mitteldichten Lagerungsverhältnissen über. Der Anschnitt grundwasserführender Schichten etwa 5 m unter OK-Fahrbahn ist deutlich im Rammprofil durch den Rückgang der dokumentierten Schlagzahlen erkennbar. Ab etwa 6,0 m unter OK-Fahrbahn, mit dem Erreichen kiesig-schluffiger Horizonte, wurden vorrangig dichte Lagerungsverhältnisse dokumentiert.

7.4 Ergebnisse der bodenphysikalischen Laboruntersuchungen

Zur erdbautechnischen Charakterisierung und Klassifikation der anstehenden Böden und zuverlässigen Ermittlung der Baugrundeigenschaften in Verbindung mit der Festlegung der Homogenbereiche nach DIN 18300 wurden im Erd- und Baustofflabor der Institut Dr. Körner & Partner Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig an im Zuge der Baugrunduntersuchungen entnommenen, repräsentativen Probenmaterialien bodenphysikalische Laboruntersuchungen durchgeführt (siehe Tab. 8).

Tab. 8: Übersicht Probenauswahl für die bodenphysikalischen Laboruntersuchungen

Probenbezeichnung	Aufschluss	Schicht	Material	Untersuchungsverfahren (Prüfkriterium)	Anlage
Schicht RKS 1.6	RKS 1	RKS 1.6	Bodenmaterial	Bestimmung der Korngrößenverteilung, Nasssiebung nach DIN EN ISO 17892-4	10.1
Schicht RKS 1.9	RKS 1	RKS 1.9			10.2
Schicht NB 1.4	NB 1	NB 1.4			10.3
Schicht FB 1.2	FB 1	FB 1.2			10.4
Schicht RKS 1.6	RKS 1	RKS 1.6	Bodenmaterial	Bestimmung der Konsistenzgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12	11.1
Schicht FB 1.2	FB 1	FB 1.2			11.2

Die Laboruntersuchungen ergänzen und präzisieren die Ergebnisse der Aufschlussarbeiten und Feldversuche und tragen somit zur sicheren Beurteilung der Baugrundverhältnisse bei. Die Ergebnisse der bodenphysikalischen Untersuchungen können den nachstehenden Tabellen 9 – 10 entnommen werden und sind zudem detailliert den Anlagen 10 u. 11 zu entnehmen.

Tab. 9: Bestimmung der Korngrößenverteilung am Bodenmaterial nach DIN EN ISO 17892-4

Aufschluss	Schicht	Material/ DIN 18196	Bodengruppe nach	Feinanteil < 0,063 mm [M%]	Kiesanteil > 2,0 mm [M%]	Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTV E-StB 17
RKS 1	RKS 1.6	Ton, TM		63,8	6,4	F 3
RKS 1	RKS 1.9	Kies-Ton-Gemisch, GT*		19,7	41,9	F 3
NB 1	NB 1.4	Sand-Schluff-Gemisch, SU		7,4	38,5	F 2
FB 1	FB 1.2	Kies-Ton-Gemisch, GT*/(ST*)		20,8	40,1	F 3

Tab. 10: Bestimmung der Konsistenzgrenzen am Bodenmaterial nach DIN EN ISO 17892-12

Aufschluss	Schicht	Bodengruppe nach DIN 18196	Fließgrenze w _L [%]	Ausrollgrenze w _P [%]	Plastizitätszahl I _p [%]
RKS 1	RKS 1.6	Ton, mittel plastisch, TM*	38,9	21,1	17,8
FB 1	FB 1.2	Ton, leicht plastisch, TL*	29,0	15,5	13,5

* Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Feinkornanteile (Feinkornanteil < 0,063 mm) des untersuchten Probenmaterials.

8 Beschreibung und Festlegung der Homogenbereiche

Das Bauvorhaben der Leipziger Verkehrsbetriebe in der Pfaffendorfer Straße zwischen Tröndlinring und Nordplatz in Leipzig (LVB-Projekt-Nr.: 90200) wurde in die Geotechnische Kategorie GK 1 bzw. GK 2 eingestuft (siehe Punkt 6).

Nach DIN 18300 ist der Homogenbereich ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist.

Die **Festlegung der Homogenbereiche** nach DIN 18300 wurde auf Grundlage der Bodenansprache in Verbindung mit den durchgeführten bodenphysikalischen Laboruntersuchungen vorgenommen (siehe Anlage 8 – Beschreibung und Festlegung der Homogenbereiche und deren Baugrundkennwerte u. -eigenschaften, siehe daneben auch das Schichtenverzeichnis der Anlage 3).

Eine vereinfachte Darstellung der Homogenbereiche an den einzelnen Aufschlusspunkten ist zur Übersicht diesem Bericht als Anlage 7 beigelegt.

Im Rahmen der Festlegung der Homogenbereiche wird aus Sicht des Baugrundgutachters, soweit dies auf Grundlage des ermittelten Baugrundbefundes möglich ist, eine maximal vertretbare Minimierung der Anzahl der Homogenbereiche angestrebt.

Auf Grund der heterogenen Zusammensetzung und Eigenschaften der Auffüllungen (Bodenmaterial mit wechselnden Bauschuttanteilen, kein definiertes Bodenmaterial) können für diese keine bodentypischen Kennwerte (z. B. Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion) angegeben werden.

Die konstruktive Schichtenfolge des Gleis-, Fahrbahn-, Geh-/Radwegoberbaus und der Haltestellen (Asphalt, Beton, Pflaster, Pflasterbettung, ungebundene Tragschichten usw.) blieb bei der Festlegung/Einteilung in die Homogenbereiche unberücksichtigt.

9 Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen

9.1 Festlegung des Untersuchungsprogramms

Entsprechend der angetroffenen Konstruktions- und Bodenschichten sowie der organoleptischen Prüfung der Proben im Bereich der durchgeführten Aufschlüsse wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber folgender Untersuchungsumfang für die chemischen Schadstoff- bzw. Deklarationsuntersuchungen festgelegt (Tab. 11). Für die Beurteilung der Umweltverträglichkeit wurden entsprechend der vorgefundenen Schichtenfolgen repräsentative Einzel- sowie Mischproben hergestellt.

Tab. 11: Übersicht Probenauswahl für die chemischen Schadstoff- bzw. Deklarationsuntersuchungen

Probenbezeichnung	Aufschluss	Schicht	Material	Untersuchungsverfahren (Prüfkriterium)
Schicht FB 1.1	FB 1	FB 1.1	Asphalt	gemäß RuVA-StB 01 auf PAK im Feststoff sowie Phenolindex im Eluat
Schicht FB 2.1	FB 2	FB 2.1		
Schicht FB 3.1	FB 3	FB 3.1		
Schicht FB 4.1	FB 4	FB 4.1		
Schicht FB 5.1	FB 5	FB 5.1		
Schicht NB 1.1	NB 1	NB 1.1		
Schicht NB 2.1	NB 2	NB 2.1		
Schicht NB 3.1	NB 3	NB 3.1		
Schicht GI 1.1 + GI 2.1 + GI 3.1	GI 1 + GI 2 + GI 3	GI 1.1 + GI 2.1 + GI 3.1		
Schicht GI 4.1 + GI 5.1 + GI 6.1	GI 4 + GI 5 + GI 6	GI 4.1 + GI 5.1 + GI 6.1		
Schicht GW 2.1	GW 2	GW 2.1		
Schicht GW 3.1	GW 3	GW 3.1		
Schicht RW 1.1	RW 1	RW 1.1		
Schicht RW 2.1	RW 2	RW 2.1		
Schicht NB 2.2	NB 2	NB 2.2	gebundene Konstruktions-schichten (Beton)	EBV vom 09.07.2021 Materialwerte für Recyclingbaustoffe RC 1-3 gemäß Anlage 1 Tab. 1 inkl. Eluation DIN 19529
Schicht GI 1.2	GI 1	GI 1.2		
Schicht GI 2.2 + 2.3	GI 2	GI 2.2 + 2.3		
Schicht GI 3.2 + 3.4	GI 3	GI 3.2 + 3.4		
Schicht GI 4.2 + 4.3	GI 4	GI 4.2 + 4.3		
Schicht GI 5.2	GI 5	GI 5.2		
Schicht GI 6.2 + 6.3	GI 6	GI 6.2 + 6.3		
Schicht GI 7.2	GI 7	GI 7.2		
Schicht GI 8.2	GI 8	GI 8.2		
Schicht GW 7.3	GW 7	GW 7.3		
Schicht H 1.4	H 1	H 1.4		

Fortsetzung Tab. 11: Übersicht Probenauswahl für die chemischen Schadstoff- bzw. Deklarationsuntersuchungen

Probenbezeichnung	Aufschluss	Schicht	Material	Untersuchungsverfahren (Prüfkriterium)
Schicht FB 2.2	FB 2	FB 2.2	ungebundene Konstruktions-schichten (Trag- u. Frostschutz-schichten, Bettungs-materia-lien)	EBV vom 09.07.2021 Materialwerte für Recyclingbaustoffe RC 1-3 gemäß Anlage 1 Tab. 1 inkl. Eluation DIN 19529
Schicht FB 3.2 + 3.3 + 3.4	FB 3	FB 3.2 + 3.3 + 3.4		
Schicht FB 4.2	FB 4	FB 4.2		
Schicht FB 5.3 + 5.4	FB 5	FB 5.3 + 5.4		
Schicht NB 1.2 + 1.3	NB 1	NB 1.2 + 1.3		
Schicht NB 2.3 + 2.4	NB 2	NB 2.3 + 2.4		
Schicht NB 3.2 + 3.3	NB 3	NB 3.2 + 3.3		
Schicht NB 4.2 + 4.3 + 4.4	NB 4	NB 4.2 + 4.3 + 4.4		
Schicht GI 1.3 + 1.4	GI 1	GI 1.3 + 1.4		
Schicht GI 2.4	GI 2	GI 2.4		
Schicht GI 3.5	GI 3	GI 3.5		
Schicht GI 4.4	GI 4	GI 4.4		
Schicht GI 5.3	GI 5	GI 5.3		
Schicht GI 6.4	GI 6	GI 6.4		
Schicht GI 7.3 + 7.4 + 7.5	GI 7	GI 7.3 + 7.4 + 7.5		
Schicht GI 8.3 + 8.4	GI 8	GI 8.3 + 8.4		
Schicht GW 1.2 + 1.3 + 1.4 + 1.5	GW 1	GW 1.2 + 1.3 + 1.4 + 1.5		
Schicht GW 2.2 + 2.3 + 2.4 + 2.5	GW 2	GW 2.2 + 2.3 + 2.4 + 2.5		
Schicht GW 3.2	GW 3	GW 3.2		

Fortsetzung Tab. 11: Übersicht Probenauswahl für die chemischen Schadstoff- bzw. Deklarationsuntersuchungen

Probenbezeichnung	Aufschluss	Schicht	Material	Untersuchungsverfahren (Prüfkriterium)
Schicht GW 4.2 + 4.3 + 4.4	GW 4	GW 4.2 + 4.3 + 4.4	ungebundene Konstruktions-schichten (Trag- u. Frostschutz-schichten, Bettungsmaterialien)	EBV vom 09.07.2021 Materialwerte für Recyclingbaustoffe RC 1-3 gemäß Anlage 1 Tab. 1 inkl. Eluation DIN 19529
Schicht GW 5.2 + 5.3	GW 5	GW 5.2 + 5.3		
Schicht GW 6.2 + 6.3 + 6.4 + 6.5	GW 6	GW 6.2 + 6.3 + 6.4 + 6.5		
Schicht GW 7.2 + 7.4	GW 7	GW 7.2 + 7.4		
Schicht GW 8.2 + 8.3	GW 8	GW 8.2 + 8.3		
Schicht GW 9.2 + 9.3 + 9.4	GW 9	GW 9.2 + 9.3 + 9.4		
Schicht GW 10.2 + 10.3 + 10.4	GW 10	GW 10.2 + 10.3 + 10.4		
Schicht GW 11.2 + 11.3	GW 11	GW 11.2 + 11.3		
Schicht RW 1.2	RW 1	RW 1.2		
Schicht RW 2.2 + 2.3	RW 2	RW 2.2 + 2.3		
Schicht H 1.2 + 1.3	H 1	H 1.2 + 1.3		
Schicht H 2.2 + 2.3	H 2	H 2.2 + 2.3		
Schicht FB 2.3	FB 2	FB 2.3	Auffüllungshorizonte (Boden-Bauschutt-Gemische mit bis zu 50 Vol.-% mineralischer Fremdbestandteile)	EBV vom 09.07.2021 Materialwerte für Boden/Baggergut BM/BG-F0*, F1 – F3 gemäß Anlage 1 Tab. 3 (TOC konv.) inkl. Eluation DIN 19529
Schicht GI 1.5	GI 1	GI 1.5		
Schicht GI 3.6	GI 3	GI 3.6		
Schicht GW 1.6 + 1.7	GW 1	GW 1.6 + 1.7		
Schicht GW 3.4	GW 3	GW 3.4		
Schicht GW 7.5	GW 7	GW 7.5		
Schicht GW 10.5	GW 10	GW 10.5		

Fortsetzung Tab. 11: Übersicht Probenauswahl für die chemischen Schadstoff- bzw. Deklarationsuntersuchungen

Probenbezeichnung	Aufschluss	Schicht	Material	Untersuchungsverfahren (Prüfkriterium)
Schicht FB 1.2	FB 1	FB 1.2	Boden (Bodenmaterial mit bis zu 10 Vol.-% mineralischer Fremdbestandteile)	EBV vom 09.07.2021 Materialwerte für Boden/Baggergut BM/BG-0* gemäß Anlage 1 Tab. 3 (TOC konv.) inkl. Elution DIN 19529
Schicht FB 3.5	FB 3	FB 3.5		
Schicht NB 1.4 + 1.5	NB 1	NB 1.4 + 1.5		
Schicht NB 3.4 + 3.5 + 3.6	NB 3	NB 3.4 + 3.5 + 3.6		
Schicht GW 8.4	GW 8	GW 8.4		

Die Laborproben wurden gemäß der in der Tabelle 11 angegebenen Untersuchungsverfahren im akkreditierten Prüflabor Nr. D-PL-14087-01-00 der AWV Dr. Busse GmbH – AGROLAB GROUP untersucht. Die detaillierten Analyseergebnisse (Prüfberichte des Umweltlabors) sind der Anlage 17 des Gutachtens zu entnehmen.

Die Probenentnahmeprotokolle in Anlehnung an LAGA PN 98 |30| können der Anlage 16 des Gutachtens entnommen werden.

9.2 Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen – Asphalt

Die Ergebnisse der chemischen Analyse wurden der Institut Dr. Körner & Partner Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig (ikp) in den Prüfberichten zum Auftrag 1561598 mit der Analysen-Nr. 712370, 712372, 712374 bis 712376 u. 712378 bis 712386 übergeben (Anlage 17). In der nachfolgenden Tabelle (Tab. 12) sind die Ergebnisse zur Übersicht dargestellt.

Tab. 12: Asphalt – Ergebnisse der Analyse auf teerstämmige Anteile

Bezeichnung (Schicht)	Material	Analysen-Nr.	Besonderheiten	PAK im Feststoff [mg/kg]	Benzo(a)-pyren im Feststoff [mg/kg]	Phenolindex im Eluat [mg/l]	Verwerungsklasse gemäß RuVA-StB
Schicht FB 1.1	Asphalt	712370	-	n.b.	< 0,050	< 0,005	A
Schicht FB 2.1	Asphalt	712372	-	n.b.	< 0,050	< 0,005	A

Fortsetzung Tab. 12: Asphalt – Ergebnisse der Analyse auf teerstämmige Anteile

Bezeichnung (Schicht)	Material	Analysen-Nr.	Besonderheiten	PAK im Feststoff [mg/kg]	Benzo(a)-pyren im Feststoff [mg/kg]	Phenolindex im Eluat [mg/l]	Verwertungs-klasse gemäß RuVA-StB
Schicht FB 3.1	Asphalt	712374	-	n.n.	< 0,050	< 0,005	A
Schicht FB 4.1	Asphalt	712375	-	n.n.	< 0,050	< 0,005	A
Schicht FB 5.1	Asphalt	712376	-	n.n.	< 0,50	< 0,005	A
Schicht NB 1.1	Asphalt	712378	-	0,100	< 0,050	< 0,005	A
Schicht NB 2.1	Asphalt	712379	-	n.n.	< 0,50	< 0,005	A
Schicht NB 3.1	Asphalt	712380	-	n.n.	< 0,50	< 0,005	A
Schicht Gl 1.1 + Gl 2.1 + Gl 3.1	Asphalt	712381	-	n.n.	< 0,50	< 0,005	A
Schicht Gl 4.1 + Gl 5.1 + Gl 6.1	Asphalt	712382	-	n.n.	< 0,50	< 0,005	A
Schicht GW 2.1	Asphalt	712383	-	n.n.	< 0,50	< 0,005	A
Schicht GW 3.1	Asphalt	712384	-	n.n.	< 0,50	< 0,005	A
Schicht RW 1.1	Asphalt	712385	-	n.n.	< 0,50	< 0,005	A
Schicht RW 2.1	Asphalt	712386	-	n.n.	< 0,50	< 0,005	A

Das Kürzel n.b. bedeutet, der betreffende Stoff ist bei der vom Labor gewählten Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Das Kürzel n.n. bedeutet, der betreffende Stoff ist bei der vom Labor gewählten Nachweisgrenze nicht nachzuweisen.

In der RuVA-StB 01/05 werden die Verwertungsverfahren in Abhängigkeit von den Verwertungsklassen A, B oder C geregelt. Die Einordnung in die entsprechenden Verwertungsklassen erfolgt in Abhängigkeit vom Gehalt an PAK (PAK = polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) im Feststoff und vom Phenolindex im Eluat des untersuchten Stoffes.

Entsprechend den Ergebnissen der chemischen Analyse werden, wie der Tab. 12 zu entnehmen ist, alle 14 untersuchten Asphaltproben in die **Verwertungsklasse A** (PAK < 25 mg/kg, Phenolindex ≤ 0,1 mg/l) nach RuVA-StB 01/05 eingeordnet.

Straßenausbaustoffe gemäß **Verwertungsklasse A** sind Ausbauasphalthe, die nach RuVA-StB 01/05 als teer- und pechfrei gelten, und als Asphaltgranulat im Heißmischverfahren wieder eingesetzt werden können. Detaillierte Angaben zu den Verwertungsverfahren sind den Abschnitten 4.1, 4.2 und 4.3 der RuVA-StB 01/05 zu entnehmen.

Sollten beim Rückbau organoleptische Auffälligkeiten (Schadstofflinsen, auffälliger Geruch) auftreten, ist das auffällige Material zu separieren und baubegleitend zu beproben.

9.3 Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen – Gebundenen (Beton) und ungebundenen Konstruktionsschichten des Gleis-, Fahrbahn-, Gehweg- und Radwegoberbaus

Die Ergebnisse der chemischen Analyse wurden der Institut Dr. Körner & Partner Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig (ikp) mit den Prüfberichten Nr. 1561602 – 712397, Nr. 1561602 – 712399, Nr. 1561602 – 712400, Nr. 1561602 – 712403, Nr. 1561602 – 712405 bis 1561602 – 712407 und 1561602 – 712409 bis 1561602 – 712443 übergeben (Anlage 17).

Aufgrund der Übersichtlichkeit wird an dieser Stelle auf eine ausführliche Darstellung der Untersuchungsergebnisse der chemischen Schadstoffuntersuchungen verzichtet. Die detaillierte Auswertung der Schadstoffuntersuchungen mit Gegenüberstellung der für die Bewertung/Zuordnung relevanten Materialwerte für Recyclingbaustoffe nach Ersatzbaustoffverordnung (EBV) vom 09.07.2021 gemäß Anlage 1 Tab. 1 kann der Anlage 12 entnommen werden.

In der nachfolgenden Tab. 13 sind die anhand der Untersuchungsergebnisse ermittelten Materialwerte der untersuchten gebundenen (Beton) und ungebundenen Konstruktionsschichten sowie die für die Bewertung der Proben maßgebend relevanten Parameter zusammengefasst.

Tab. 13: Gebundene (Beton) u. ungebundene Konstruktionsschichten – Ergebniszusammenfassung der Schadstoffuntersuchungen nach EBV vom 09.07.2021 Materialwerte für Recyclingbaustoffe RC 1-3 gemäß Anlage 1 Tab. 1 inkl. Eluation DIN 19529

Probenbezeichnung	Analy- sen-Nr.	Auf- schluss	Schicht	Material	für die Bewertung maßgebende(r) Parameter	Zuord- nungswert
Schicht NB 2.2	712397	NB 2	NB 2.2	Beton	-	RC-1
Schicht GI 1.2	712399	GI 1	GI 1.2	Beton	(elektrische Leitfähigkeit)*	RC-1
Schicht GI 2.2 + 2.3	712400	GI 2	GI 2.2 + 2.3	Beton	(elektrische Leitfähigkeit)*	RC-1
Schicht GI 3.2 + 3.4	712403	GI 3	GI 3.2 + 3.4	Beton	(elektrische Leitfähigkeit)*	RC-1

Fortsetzung Tab. 13: Gebundene (Beton) u. ungebundene Konstruktionsschichten – Ergebniszusammenfassung der Schadstoffuntersuchungen nach EBV vom 09.07.2021 Materialwerte für Recyclingbaustoffe RC 1-3 gemäß Anlage 1 Tab. 1 inkl. Eluation DIN 19529

Probenbezeichnung	Analy- sen-Nr.	Auf- schluss	Schicht	Material	für die Bewertung maßgebende(r) Parameter	Zuord- nungswert
Schicht Gl 4.2 + 4.3	712405	Gl 4	Gl 4.2 + 4.3	Beton	-	RC-1
Schicht Gl 5.2	712406	Gl 5	Gl 5.2	Beton	(elektrische Leitfähigkeit)*	RC-1
Schicht Gl 6.2 + 6.3	712407	Gl 6	Gl 6.2 + 6.3	Beton	(elektrische Leitfähigkeit)*	RC-1
Schicht Gl 7.2	712409	Gl 7	Gl 7.2	Beton	(elektrische Leitfähigkeit)*	RC-1
Schicht Gl 8.2	712410	Gl 8	Gl 8.2	Beton	(elektrische Leitfähigkeit)*	RC-1
Schicht GW 7.3	712411	GW 7	GW 7.3	Beton	-	RC-1
Schicht H 1.4	712412	H 1	H 1.4	Beton	-	RC-1
Schicht FB 2.2	712413	FB 2	FB 2.2	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht FB 3.2 + 3.3 + 3.4	712414	FB 3	FB 3.2 + 3.3 + 3.4	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht FB 4.2	712415	FB 4	FB 4.2	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht FB 5.3 + 5.4	712416	FB 5	FB 5.3 + 5.4	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht NB 1.2 + 1.3	712417	NB 1	NB 1.2 + 1.3	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht NB 2.3 + 2.4	712418	NB 2	NB 2.3 + 2.4	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht NB 3.2 + 3.3	712419	NB 3	NB 3.2 + 3.3	ungebundene Konstruktion	Sulfat im Eluat	> RC-3
Schicht NB 4.2 + 4.3 + 4.4	712420	NB 4	NB 4.2 + 4.3 + 4.4	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht Gl 1.3 + 1.4	712421	Gl 1	Gl 1.3 + 1.4	ungebundene Konstruktion	-	RC-1

Fortsetzung Tab. 13: Gebundene (Beton) u. ungebundene Konstruktionsschichten – Ergebniszusammenfassung der Schadstoffuntersuchungen nach EBV vom 09.07.2021 Materialwerte für Recyclingbaustoffe RC 1-3 gemäß Anlage 1 Tab. 1 inkl. Eluation DIN 19529

Probenbezeichnung	Analy- sen-Nr.	Auf- schluss	Schicht	Material	für die Bewertung maßgebende(r) Parameter	Zuord- nungswert
Schicht GI 2.4	712422	GI 2	GI 2.4	ungebundene Konstruktion	PAK im Eluat	RC-3
Schicht GI 3.5	712423	GI 3	GI 3.5	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht GI 4.4	712424	GI 4	GI 4.4	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht GI 5.3	712425	GI 5	GI 5.3	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht GI 6.4	712426	GI 6	GI 6.4	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht GI 7.3 + 7.4 + 7.5	712427	GI 7	GI 7.3 + 7.4 + 7.5	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht GI 8.3 + 8.4	712428	GI 8	GI 8.3 + 8.4	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht GW 1.2 + 1.3 + 1.4 + 1.5	712429	GW 1	GW 1.2 + 1.3 + 1.4 + 1.5	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht GW 2.2 + 2.3 + 2.4 + 2.5	712430	GW 2	GW 2.2 + 2.3 + 2.4 + 2.5	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht GW 3.2	712431	GW 3	GW 3.2	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht GW 4.2 + 4.3 + 4.4	712432	GW 4	GW 4.2 + 4.3 + 4.4	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht GW 5.2 + 5.3	712433	GW 5	GW 5.2 + 5.3	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht GW 6.2 + 6.3 + 6.4 + 6.5	712434	GW 6	GW 6.2 + 6.3 + 6.4 + 6.5	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht GW 7.2 + 7.4	712435	GW 7	GW 7.2 + 7.4	ungebundene Konstruktion	Kupfer im Eluat	RC-2
Schicht GW 8.2 + 8.3	712436	GW 8	GW 8.2 + 8.3	ungebundene Konstruktion	-	RC-1

Fortsetzung Tab. 13: Gebundene (Beton) u. ungebundene Konstruktionsschichten – Ergebniszusammenfassung der Schadstoffuntersuchungen nach EBV vom 09.07.2021 Materialwerte für Recyclingbaustoffe RC 1-3 gemäß Anlage 1 Tab. 1 inkl. Eluation DIN 19529

Probenbezeichnung	Analy- sen-Nr.	Auf- schluss	Schicht	Material	für die Bewertung maßgebende(r) Parameter	Zuord- nungswert
Schicht GW 9.2 + 9.3 + 9.4	712437	GW 9	GW 9.2 + 9.3 + 9.4	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht GW 10.2 + 10.3 + 10.4	712438	GW 10	GW 10.2 + 10.3 + 10.4	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht GW 11.2 + 11.3	712439	GW 11	GW 11.2 + 11.3	ungebundene Konstruktion	PAK im Feststoff	RC-2
Schicht RW 1.2	712440	RW 1	RW 1.2	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht RW 2.2 + 2.3	712441	RW 2	RW 2.2 + 2.3	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht H 1.2 + 1.3	712442	H 1	H 1.2 + 1.3	ungebundene Konstruktion	-	RC-1
Schicht H 2.2 + 2.3	712443	H 2	H 2.2 + 2.3	ungebundene Konstruktion	-	RC-1

(* Gemäß ErsatzbaustoffV (EBV) § 10 können bei frisch gebrochenem, reinem Betonmaterial die Materialwerte "pH-Wert" und "elektrische Leitfähigkeit" unberücksichtigt bleiben, wenn die Materialwerte für Sulfat und die übrigen Materialwerte für Recycling-Baustoffe der jeweiligen Materialklasse nach Anhang 1 Tabelle 1 der EBV eingehalten werden.)

Gemäß der ermittelten Materialwerte RC-1, RC-2 (Proben: Schicht GW 7.2 + 7.4, Schicht GW 11.2 + 11.3) und RC-3 (Probe: Schicht GI 2.4) ergeben sich für die Ausbaustoffe nach Anlage 2 der ErsatzbaustoffV die Einsatzmöglichkeiten nach Anlage 15.

Ausbaumaterial mit einem Materialwerten > RC-3:

Ausbaumaterial mit einem **Materialwert > RC-3** (Probe: Schicht NB 3.2 + 3.3, siehe Tab. 13 bzw. Anlage 12 sowie dem Prüfbericht Nr. 1561602 – 712419 der Anlage 17) darf entsprechend den Regelungen nach Ersatzbaustoffverordnung nicht wiederverwendet werden und muss ordnungsgemäß auf einer geeigneten Deponie entsorgt werden. In Vorbereitung der Entsorgung/Deponierung der Ausbaumaterialien mit einem **Materialwert > RC-3** wird empfohlen die betreffenden Materialien/ Ausbaustoffe gemäß Deponieverordnung – DepV [35] weiterführend zu untersuchen.

Um die belasteten Bereiche näher einzugrenzen, wird empfohlen, in Bereichen des Untersuchungsabschnittes mit auffälligen Parameterbefunden (Materialwerte > RC-3) ggf. ein **dichteres Beprobungsraster** anzuordnen und **aufschlussbezogen zusätzliche chemische Deklarations- bzw. Schadstoffuntersuchungen** durchzuführen.

Sollten im Rahmen von Tiefbau- bzw. Bodenaushub- und/oder Bodenaustauschmaßnahmen organoleptische Auffälligkeiten (z.B. Schadstofflinsen, organoleptisch auffälliger Geruch) auftreten, ist das auffällige Material zu separieren und baubegleitend zu beproben/ zu untersuchen.

9.4 Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen – Auffüllungen (Boden-Bauschutt-Gemische)

Die Ergebnisse der untersuchten Laborproben wurden der Institut Dr. Körner & Partner Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig (ikp) mit den Prüfberichten Nr. 1561606 – 712446, Nr. 1561606 – 712447, Nr. 1561606 – 712451 bis 1561606 – 712455 übergeben (siehe Anlage 17).

Aufgrund der Übersichtlichkeit wird auf eine ausführliche Darstellung der Untersuchungsergebnisse der chemischen Schadstoffuntersuchungen an dieser Stelle verzichtet. Die detaillierte Auswertung der Schadstoffuntersuchungen mit Gegenüberstellung der für die Bewertung/Zuordnung relevanten Materialwerte nach Ersatzbaustoffverordnung (EBV) vom 09.07.2021 Materialwerte für Boden/Baggergut gemäß Anlage 1 Tab. 3 kann der Anlage 13 entnommen werden.

In der nachfolgenden Tab. 14 sind die anhand der Untersuchungsergebnisse ermittelten Materialwerte der untersuchten Materialproben sowie die für die Bewertung der Proben maßgebend relevanten Parameter zusammengefasst.

Tab. 14: Auffüllungen (Boden-Bauschutt-Gemische) – Ergebniszusammenfassung der Schadstoffuntersuchungen nach EBV vom 09.07.2021 Materialwerte für Boden/Baggergut BM/BG-F0*, F1 – F3 gemäß Anlage 1 Tab. 3

Probenbezeichnung	Analysen-Nr.	Aufschluss	Schicht	Material	für die Bewertung maßgebende(r) Parameter	Materialwert
Schicht FB 2.3	712446	FB 2	FB 2.3	Auffüllungen (Boden-Bauschutt-Gemische mit bis zu 50 Vol.-% mineralischer Fremdbestandteile)	elektr. Leitfähigkeit im Eluat	BM-F3
Schicht GI 1.5	712447	GI 1	GI 1.5		Arsen u. Blei im Eluat	> BM-F3
Schicht GI 3.6	712451	GI 3	GI 3.6		elektr. Leitfähigkeit im Eluat	BM-F3
Schicht GW 1.6 + 1.7	712452	GW 1	GW 1.6 + 1.7		Blei u. Kupfer im Eluat	> BM-F3

Fortsetzung Tab. 14: Auffüllungen (Boden-Bauschutt-Gemische) – Ergebniszusammenfassung der Schadstoffuntersuchungen nach EBV vom 09.07.2021 Materialwerte für Boden/Baggergut BM/BG-F0*, F1 – F3 gemäß Anlage 1 Tab. 3

Probenbezeichnung	Analysen-Nr.	Aufschluss	Schicht	Material	für die Bewertung maßgebende(r) Parameter	Materialwert
Schicht GW 3.4	712453	GW 3	GW 3.4	Auffüllungen (Boden-Bauschutt-Gemische mit bis zu 50 Vol.-% mineralischer Fremdbestandteile)	pH-Wert, elektr. Leitfähigkeit im Eluat	BM-F3
Schicht GW 7.5	712454	GW 7	GW 7.5		pH-Wert im Eluat	BM-F3
Schicht GW 10.5	712455	GW 10	GW 10.5		-	BM-F0*

Gemäß der ermittelten Materialwerte (**BM-F0*** und **BM-F3**) ergeben sich für die Ausbaustoffe nach Anlage 2 der ErsatzbaustoffV die Einsatzmöglichkeiten nach Anlage 15.

Ausbaumaterial mit einem Materialwert > BM-F3:

Ausbaumaterial mit einem **Materialwert > BM-F3** (die betreffenden Proben siehe Tab. 14 bzw. Anlage 13) darf entsprechend den Regelungen nach Ersatzbaustoffverordnung nicht wiederverwendet werden und muss ordnungsgemäß auf einer geeigneten Deponie entsorgt werden. In Vorbereitung der Entsorgung/Deponierung der Ausbaumaterialien mit einem **Materialwert > BM-F3** wird empfohlen die betreffenden Materialien/ Ausbaustoffe gemäß Deponieverordnung – DepV weiterführend zu untersuchen.

Um die belasteten Bereiche näher einzugrenzen, wird empfohlen, in Bereichen des Untersuchungsabschnittes mit auffälligen Parameterbefunden (Materialwerte > BM-F3) ggf. ein **dichteres Beprobungsraster** anzuordnen und **aufschlussbezogen zusätzliche chemische Deklarations- bzw. Schadstoffuntersuchungen** durchzuführen.

Sollten im Rahmen von Tiefbau- bzw. Bodenaushub- und/oder Bodenaustauschmaßnahmen organoleptische Auffälligkeiten (z.B. Schadstofflinsen, organoleptisch auffälliger Geruch) auftreten, ist das auffällige Material zu separieren und baubegleitend zu beproben/ zu untersuchen.

9.5 Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen – Bodenmaterial

Die Ergebnisse der untersuchten Laborproben wurden der Institut Dr. Körner & Partner Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig (ikp) mit den Prüfberichten Nr. 1561606 - 712456 bis 1561606 – 712460 übergeben (siehe Anlage 17).

Aufgrund der Übersichtlichkeit wird auf eine ausführliche Darstellung der Untersuchungsergebnisse der chemischen Schadstoffuntersuchungen an dieser Stelle verzichtet. Die detaillierte Auswertung der Schadstoffuntersuchungen mit Gegenüberstellung der für die Bewertung/Zuordnung relevanten Materialwerte nach Ersatzbaustoffverordnung (EBV) vom 09.07.2021 Materialwerte für Boden/Baggergut gemäß Anlage 1 Tab. 3 kann der Anlage 14 entnommen werden.

In der nachfolgenden Tab. 15 sind die anhand der Untersuchungsergebnisse ermittelten Materialwerte der untersuchten Materialproben sowie die für die Bewertung der Proben maßgebend relevanten Parameter zusammengefasst.

Tab. 15: Bodenmaterial – Ergebniszusammenfassung der Schadstoffuntersuchungen am Bodenmaterial nach EBV vom 09.07.2021 Materialwerte für Boden/Baggergut BM/BG-0* gemäß Anlage 1 Tab. 3

Probenbezeichnung	Analy-sen-Nr.	Auf-schluss	Schicht	Material	für die Bewertung maßgebende(r) Parameter	Material-wert
Schicht FB 1.2	712456	FB 1	FB 1.2	Boden (Bodenmaterial mit bis zu 10 Vol.-% mineralischer Fremdbestandteile)	Quecksilber im Feststoff u. Eluat, Arsen im Eluat	> BM-0*
Schicht FB 3.5	712457	FB 3	FB 3.5		elektr. Leitfähigkeit, Sulfat u. PAK ₁₅ im Eluat	> BM-0*
Schicht NB 1.4 + 1.5	712458	NB 1	NB 1.4 + 1.5		-	BM-0
Schicht NB 3.4 + 3.5 + 3.6	712459	NB 3	NB 3.4 + 3.5 + 3.6		Quecksilber im Eluat	> BM-0*
Schicht GW 8.4	712460	GW 8	GW 8.4		Quecksilber im Feststoff u. Eluat, Arsen, Blei, Kupfer u. Zink im Eluat	> BM-0*

Gemäß der ermittelten Materialwerte (BM 0) ergeben sich für die Ausbaustoffe nach Anlage 2 der ErsatzbaustoffV die Einsatzmöglichkeiten nach Anlage 15.

Ausbaumaterial mit einem Materialwert > BM-0*:

Ausbaumaterial mit einem **Materialwert > BM-0*** (die betreffenden Proben siehe Tab. 15 bzw. Anlage 14) darf entsprechend den Regelungen nach Ersatzbaustoffverordnung nicht wiederverwendet werden und muss ordnungsgemäß auf einer geeigneten Deponie entsorgt werden. In Vorbereitung der Entsorgung/Deponierung der Ausbaumaterialien mit einem **Materialwert > BM-0*** wird empfohlen die betreffenden Materialien/ Ausbaustoffe gemäß Deponieverordnung – DepV weiterführend zu untersuchen.

Um die belasteten Bereiche näher einzugrenzen, wird empfohlen, in Bereichen des Untersuchungsabschnittes mit auffälligen Parameterbefunden (Materialwerte > BM-0*) ggf. ein **dichteres Beprobungsraster** anzuordnen und **aufschlussbezogen zusätzliche chemische Deklarations- bzw. Schadstoffuntersuchungen** durchzuführen.

Sollten im Rahmen von Tiefbau- bzw. Bodenaushub- und/oder Bodenaustauschmaßnahmen organoleptische Auffälligkeiten (z.B. Schadstofflinsen, organoleptisch auffälliger Geruch) auftreten, ist das auffällige Material zu separieren und baubegleitend zu beproben/ zu untersuchen.

10 Entsorgungskonzeption

Gemäß Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) |32| sind die Erzeuger oder Besitzer von Abfällen zur Verwertung ihrer Abfälle verpflichtet. Dabei hat nach KrWG § 7 (2) die Verwertung von Abfällen Vorrang vor deren Beseitigung. Insbesondere für Asphalt der Verwertungsklasse A gilt dieses Verwertungsgebot uneingeschränkt.

Wenn die Rückbaustoffe keine Verwertung im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes erfahren können, müssen sie entsorgt werden. Dazu erfolgt die Zuführung an eine Anlage bzw. Deponie, welche zur Annahme mineralischer Stoffe bzw. Bitumengemischen entsprechend ihrer Einstufung gemäß den gültigen Regelwerken sowie zur Annahme entsprechender Stoffe gemäß dem Abfallschlüssel zugelassen ist. Da jede Deponie spezielle Annahmekriterien hat bzw. die Einhaltung gewisser chemischer Parameter fordert, wird empfohlen im Bedarfsfall weiterführend Untersuchungen gemäß den Erweiterungskriterien der Deponieverordnung – DepV vorzunehmen.

Ist eine Verwertung der Rückbaustoffe nicht möglich, ist das Material unter folgenden Angaben (Tab. 16 bis 19) zu entsorgen. In den folgenden Tabellen ist die Ausweisung von Abfallschlüssel-Nr. und Abfallbezeichnung nach Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) |33| enthalten.

Tab. 16: Entsorgungskonzeption: Asphalt (Verwertungsklasse A)

Abfall-schlüssel-Nr.	Abfallbezeichnung	Einstufung	Genehmi-gung	Entsorgung	Nachweis
17 03 02	Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01* fallen	nicht gefährli-cher Abfall (AVV)	nicht erforder-lich	auf einer Deponie, die zur An-nahme von Bitumengemischen entsprechend der Abfallschlüssel-nummer berechtigt ist	Nachweis über Wie-gescheine

Tab. 17: Entsorgungskonzeption: Bau- und Abbruchabfälle; gebundene, konstruktive Schichten (Beton) des Gleis-, Fahrbahn-, Gehweg- und Haltestellenoberbaus

Abfall-schlüssel-Nr.	Abfallbezeichnung	Einstufung	Genehmi-gung	Entsorgung	Nachweis
17 01 01	Beton	nicht gefährli-cher Abfall (AVV)	nicht erforder-lich	auf einer Deponie, die zur An-nahme mineralischer Stoffe ent-sprechend der Abfallschlüssel-nummer berechtigt ist	Nachweis über Wie-gescheine

Tab. 18: Entsorgungskonzeption: Bau- und Abbruchabfälle; ungebundene, konstruktive Schichten des Gleis-, Fahrbahn-, Geh-/ Radweg- u. Haltestellenoberbaus sowie Auffüllungen (Boden-Bauschutt-Gemische mit bis zu 50 Vol.-% mineralischer Fremdbestandteile)

Abfall-schlüssel-Nr.	Abfallbezeichnung	Einstufung	Genehmi-gung	Entsorgung	Nachweis
17 09 04	Gemischte Bau- und Abbruchabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 09 01*, 17 09 02* und 17 09 03* fallen	nicht gefährli-cher Abfall (AVV)	nicht erforder-lich	auf einer Deponie, die zur An-nahme mineralischer Stoffe ent-sprechend der Abfallschlüssel-nummer berechtigt ist	Nachweis über Wie-gescheine

Tab. 19: Entsorgungskonzeption: Bodenmaterial mit bis zu 10 Vol.-% mineralischer Fremdbestandteile

Abfall-schlüssel-Nr.	Abfallbezeichnung	Einstufung	Genehmi-gung	Entsorgung	Nachweis
17 05 04	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03* fallen	nicht gefährli-cher Abfall (AVV)	nicht erforder-lich	auf einer Deponie, die zur An-nahme mineralischer Stoffe ent-sprechend der Abfallschlüssel-nummer berechtigt ist	Nachweis über Wie-gescheine

Eine detaillierte Zusammenfassung und abfallrechtliche Bewertung der Ergebnisse der chemischen Deklarations- bzw. Schadstoffuntersuchungen gemäß RuVA-StB 01/05 (Asphalt) sowie Ersatzbaustoffverordnung (EBV) (gebundene Konstruktion (Beton), ungebundene Konstruktionsschichten (Trag- u. Frostschuttschichten, Bettungsmaterialien), Auffüllungen (Boden-Bauschutt-Gemische) sowie Bodenmaterial) inkl. Verwertungs- und Entsorgungskonzeption für die untersuchten Materialproben aus den Aufschlüssen der Baugrunduntersuchungen in der Pfaffendorfer Straße in Leipzig ist der Anlage 19 zu entnehmen. Darin enthalten ist die Ausweisung von Abfallschlüssel-Nr. und Abfallbezeichnung nach AVV.

Der Anlage 18 ist die lageplanerische Darstellung der Ergebnisse der Schadstoff- bzw. Deklarationsuntersuchungen zu entnehmen.

10.1 Ausweisung von Leistungspositionen zur Verwertung/ Entsorgung der Ausbaustoffe

Folgende Leistungspositionen können für die Verwertung/Entsorgung der Ausbaustoffe ausgeschrieben werden (Tab. 20):

Tab. 20: Leistungspositionen für die Verwertung/ Entsorgung der Ausbaustoffe

Position	Bezeichnung	Menge [t]	Einzel- preis [€/t]	Gesamt- preis [€]
Asphalt				
X.001	Die Verwertung der Rückbaustoffe ist vor deren Entsorgung nach KrWG § 7 (2) anzustreben. Abfallschlüssel-Nr.: 17 03 02 Entsorgung von Ausbauasphalt als Fräsgut der Verwertungsklasse A – (Deponiekosten)			
X.002	Die Verwertung der Rückbaustoffe ist vor deren Entsorgung nach KrWG § 7 (2) anzustreben. Abfallschlüssel-Nr.: 17 03 02 Entsorgung von Ausbauasphalt als Scholle der Verwertungsklasse A – (Deponiekosten)			
Beton				
X.003	Die Verwertung der Rückbaustoffe ist vor deren Entsorgung nach KrWG § 7 (2) anzustreben. Abfallschlüssel-Nr.: 17 01 01 Beton mit einem Materialwert RC-1 nach ErsatzbaustoffV – (Deponiekosten)			

Fortsetzung Tab. 20: Leistungspositionen für die Verwertung/ Entsorgung der Ausbaustoffe

Position	Bezeichnung	Menge [t]	Einzel- preis [€/t]	Gesamt- preis [€]
Ungebundenen Konstruktionsschichten (Trag- u. Frostschuttschichten, Bettungsmaterialien)				
X.004	Die Verwertung der Rückbaustoffe ist vor deren Entsorgung nach KrWG § 7 (2) anzustreben. Abfallschlüssel-Nr.: 17 09 04 Entsorgung gemischter Bau- und Abbruchabfälle (ungebundene Konstruktionsschichten) mit einem Materialwert RC-1 nach ErsatzbaustoffV – (Deponiekosten)			
X.005	Die Verwertung der Rückbaustoffe ist vor deren Entsorgung nach KrWG § 7 (2) anzustreben. Abfallschlüssel-Nr.: 17 09 04 Entsorgung gemischter Bau- und Abbruchabfälle (ungebundene Konstruktionsschichten) mit einem Materialwert RC-2 nach ErsatzbaustoffV – (Deponiekosten)			
X.006	Die Verwertung der Rückbaustoffe ist vor deren Entsorgung nach KrWG § 7 (2) anzustreben. Abfallschlüssel-Nr.: 17 09 04 Entsorgung gemischter Bau- und Abbruchabfälle (ungebundene Konstruktionsschichten) mit einem Materialwert RC-3 nach ErsatzbaustoffV – (Deponiekosten)			
X.007	Die Verwertung der Rückbaustoffe ist vor deren Entsorgung nach KrWG § 7 (2) anzustreben. Für Rückbaustoffe mit einem Materialwert > RC-3 ist die Verwertung jedoch ausgeschlossen. Abfallschlüssel-Nr.: 17 09 04 Entsorgung gemischter Bau- und Abbruchabfälle (ungebundene Konstruktionsschichten) mit einem Materialwert > RC-3 nach ErsatzbaustoffV – (Deponiekosten)			
Auffüllungen (Boden-Bauschutt-Gemische mit bis zu 50 Vol.-% mineralischer Fremdbestandteile)				
X.008	Die Verwertung der Rückbaustoffe ist vor deren Entsorgung nach KrWG § 7 (2) anzustreben. Abfallschlüssel-Nr.: 17 09 04 Entsorgung gemischter Bau- und Abbruchabfälle (ungebundene Konstruktionsschichten, Auffüllungen [Boden-Bauschutt-Material]) mit einem Materialwert BM-F0* – (Deponiekosten)			
X.009	Die Verwertung der Rückbaustoffe ist vor deren Entsorgung nach KrWG § 7 (2) anzustreben. Abfallschlüssel-Nr.: 17 09 04 Entsorgung gemischter Bau- und Abbruchabfälle (ungebundene Konstruktionsschichten, Auffüllungen [Boden-Bauschutt-Material]) mit einem Materialwert BM-F3 – (Deponiekosten)			

Fortsetzung Tab. 20: Leistungspositionen für die Verwertung/ Entsorgung der Ausbaustoffe

Position	Bezeichnung	Menge [t]	Einzel- preis [€/t]	Gesamt- preis [€]
X.0010	Die Verwertung der Rückbaustoffe ist vor deren Entsorgung nach KrWG § 7 (2) anzustreben. Für Rückbaustoffe mit einem Materialwert > BM-F3 ist die Verwertung jedoch ausgeschlossen. Abfallschlüssel-Nr.: 17 09 04 Entsorgung gemischter Bau- und Abbruchabfälle (ungebundene Konstruktionsschichten, Auffüllungen [Boden-Bauschutt-Material]) mit einem Materialwert > BM-F3 – (Deponiekosten)			
Bodenmaterial / Auffüllungen (Bodenmaterial mit bis zu 10 Vol.-% mineralischer Fremdbestandteile)				
X.011	Die Verwertung der Rückbaustoffe ist vor deren Entsorgung nach KrWG § 7 (2) anzustreben. Abfallschlüssel-Nr.: 17 05 04 Boden und Steine mit Materialwert BM-0 – (Deponiekosten)			
X.012	Die Verwertung der Rückbaustoffe ist vor deren Entsorgung nach KrWG § 7 (2) anzustreben. Für Rückbaustoffe mit einem Materialwert > BM-0* ist die Verwertung jedoch ausgeschlossen. Abfallschlüssel-Nr.: 17 05 04 Boden und Steine mit einem Materialwert > BM-0* – (Deponiekosten)			

Die einzelnen Leistungspositionen enthalten nicht den Rückbau der Baustoffe.

11 Hinweise und Empfehlungen zur Bauausführung (Gleisbau, LVB)

Entsprechend der Angaben des Auftraggebers umfasst die Baumaßnahme in der Pfaffendorfer Straße zwischen Tröndlinring und Nordplatz in Leipzig den Neubau der Gleisanlagen auf einer Länge von ca. 700 m, den barrierefreien Ausbau der Haltestelle Lortzingstraße und den Bau von Bordvorstreckungen an den Einmündungen Humboldtstraße, Ernst-Pinkert-Straße und Gneisenaustraße.

Die derzeitig vorhandenen Gleisanlagen im Bereich der Pfaffendorfer Straße in Leipzig sind straßenbündig. Oberflächlich ist die Gleistrasse zwischen Tröndlinring und Ernst-Pinkert-Straße mit Asphalt befestigt. Zwischen Ernst-Pinkert-Straße und dem Nordplatz ist die Gleistrasse mit Großverbundplatten aus Beton befestigt. Etwa ab der Haltestelle Zoo bis zum Nordplatz ist die Gleistrasse zudem durch Borden von der stadteinwärtigen Fahrbahn getrennt.

Unter Beachtung der derzeitigen konstruktiven Verhältnisse innerhalb der Gleistrasse sind nach VDV Oberbaurichtlinien und –Zusatzrichtlinien für Bahnen im Geltungsbereich der BOStrab im Rahmen der Baumaßnahme die Tragfähigkeitsanforderungen für den Gleisoberbau mit Fester Fahrbahn zu beachten.

11.1 Bodenverbessernde Maßnahmen

Nach VDV Oberbaurichtlinien Abschnitt OR 7.3.2 kann bei einem vorhandenen Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ (Gleistrasse innerhalb der Fahrbahnbereiche, Oberbau mit Fester Fahrbahn) die Tragschicht ohne Zwischenschaltung einer Schutzschicht (untere Tragschicht bzw. Planumsschutzschicht (PSS)) eingebaut werden.

Wie die Tragfähigkeitsmessungen innerhalb der Gleistrasse (Bereiche mit Fester Fahrbahn) im Zuge der Baugrunduntersuchungen gezeigt haben, genügen die ermittelten Tragfähigkeiten zumindest für den Einbau einer Tragschicht ohne Schutzschicht mehrheitlich nicht den geltenden Anforderungen ($E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$) an die Planums- bzw. Untergrundtragfähigkeit (siehe unter Punkt 7.2 Tab. 2 bzw. Anlage 9). Die Anforderungen ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) an die Untergrundtragfähigkeit für den Einbau einer Tragschicht auf einer Schutzschicht wurden demgegenüber durchgehend erreicht.

Ungeachtet der Tatsache, dass zum Untersuchungszeitpunkt für die Untergrundtragfähigkeit entlang des Untersuchungsabschnittes durchgehend Werte von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ ermittelt wurden, ist bei der geplanten grundhaften Erneuerung der Gleis- und Fahrleitungsanlagen erfahrungsgemäß für die Bereiche mit bindigen Böden im Planumbereich davon auszugehen, dass, z. B. in Folge von Wasserzutritt im Zuge der Baumaßnahmen, die zumindest im Abschnitt zwischen Tröndlinring und der Parthe-Querung unterhalb der konstruktiven Einbauten im Planumbereich anstehenden bindige, gemischt- bis feinkörnige Böden (Geschiebelehm: Sand-Ton- bis Kies-Ton-Gemische und Tone) und bindigen Auffüllungen der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 – stark frost- u. witterungsempfindlich – keine dauerhaften Tragfähigkeiten $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ (Gleistrasse innerhalb der Fahrbahnbereiche, Oberbau mit Fester Fahrbahn) erreichen. Daher sollte die Planums- bzw. Untergrundtragfähigkeit im Zuge der grundhaften Erneuerung zwingend verbessert werden.

Im Abschnitt zwischen Parthe-Querung und Nordplatz fehlt der laut dem ausgewerteten geologischen Kartenmaterial im Abschnitt zwischen Tröndlinring und Parthe-Querung ursprünglich oberflächennah anstehende Geschiebelehmhorizont und die pleistozänen Lockergesteine der Mulde, nur bereichsweise überdeckt von einer geringmächtigen Löss- bzw. Geschiebelehmdecke, lagern bereits oberflächennah. Diese fluviatilen Sedimente bestehen i.d.R. aus grobkörnigen Böden (Sande u. Kiese, mitunter schwach schluffig) der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 – nicht frostempfindlich – bzw. F 2 – gering bis mittel frostempfindlich. Die nicht bindigen, gemischt- bis grobkörnigen Böden wurden aber für die Bereich der Gleistrasse im Zuge der Erkundungsarbeiten unter Berücksichtigung der max. Erkundungstiefen im Gleisbereich von 1,00 m nicht angetroffen. Lediglich im Bereich der Aufschlüsse in den angrenzenden Nebenstraßen (Ernst-Pinkert-Straße und Gneisenaustraße, markiert durch die Aufschlüsse NB 1 u. NB 3) wurden die grobkörnigen Böden im Zuge der abgeteufte Rammkernsondierungen nachgewiesen.

Für den Abschnitt zw. Parthe-Querung und Nordplatz mit vermutlich nicht bindigen, gemischt- bis grobkörnigen Böden im Untergrund ist grundsätzlich davon auszugehen, dass insbesondere im Hinblick auf Gründungsarbeiten und vorhandene Tragfähigkeiten günstige Baugrundverhältnisse entwickelt sind, so dass

hier unter der Grundvoraussetzung des Anstehens von nicht bindigen gemischt- bis grobkörnigen Böden im Planumbereich ggf. auf tragfähigkeitsverbessernde Maßnahmen verzichtet werden kann.

Für den Abschnitt zwischen Tröndlinring und Parthe-Querung mit den im Planumbereich anstehenden bindigen Böden und Auffüllungen der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 wird aber grundsätzlich zur Aufnahme der (oberen) Tragschicht der Einbau einer Schutzschicht (untere Tragschicht) auf den Unterbau empfohlen. In diesem Falle ist auf der Oberfläche des Unterbaus nach VDV Oberbaurichtlinien Tab. 7.2 bei einem Oberbau mit Fester Fahrbahn ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ (Gleisrasse innerhalb der Fahrbahnbereiche) nachzuweisen.

Die Planumsschutzschicht, eventuell in Kombination mit einem geeigneten Geotextil, verhindert zudem insbesondere bei wasserempfindlichen, bindigen Böden im Planumbereich, dass das Bodenmaterial in die Bettung aufsteigt oder seitlich ausweicht.

Sollten im Zuge der Baumaßnahme die zuletzt genannten Tragfähigkeitsanforderungen nicht erreicht werden, sollte die obere Schicht des Unterbaus durch Austausch oder Nachbehandlung verbessert werden. Für diesen Fall empfehlen wir aus Sicht des ikp aufgrund vorliegender guter Erfahrungswerte mit Bodenaustauschmaßnahmen die vorhandenen Materialien und Böden bis etwa 0,20 unter Planumsniveau auszubauen und anschließend etwa 20 cm geeignetes verdichtungsfähiges und frostsicheres Material (z.B. gebrochene Gesteinskörnung FSS 0/45) einzubauen.

Der Horizont unterhalb des Bodenaustausches sollte vor dem Einbau des Austauschmaterials entsprechend profiliert werden.

Auf dem im Rahmen der oben beschriebenen Maßnahmen vorbereiteten Planumshorizont kann anschließend der Aufbau der neuen Gleiskonstruktion erfolgen.

11.2 Qualitätsanforderungen bei Eingriffen in Verkehrsflächen

Im Bereich der Straßen- und Verkehrsnebenflächen sind zur Vermeidung von Tragfähigkeitsschäden die Anforderungen der ZTV E-StB 17 zu beachten. Hierbei ist bei eventuellen Verfüllarbeiten (Baugruben) auf die entsprechende Schütthöhe ($\leq 30 \text{ cm}$ je Lage) und die planmäßige Verdichtung (leichtes/mittelschweres Verdichtungsgerät bzw. Verdichtbarkeitsklasse etc.) zu achten.

Im Bereich des Gründungsplanums für den Straßen- bzw. Gleisbau gelten die Anforderungen der ZTV E-StB 17 an die Verfüllung (Verdichtungsgrad in Abhängigkeit der Bodenart von $D_{PR} \geq 97 \%$) zwingend, damit ein Verformungsmodul $E_{v2} > 45 \text{ MN/m}^2$ (nach ZTV E-StB 17) erreicht wird.

Die Qualitätsanforderungen sind durch Verdichtungsgrade im Verfüllbereich bzw. weiterhin durch statische Plattendruckversuche im Planumbereich nachzuweisen.

Während Frost- und Tauperioden sind Abtrags- und Schütтарbeiten nur unter Beachtung der gebotenen Vorsichtsmaßnahmen durchzuführen.

Zur Vermeidung von irreversiblen Schädigungen in der Straßenkonstruktion und speziell im gebundenen Bereich des Asphaltoberbaus sind die Anforderungen der ZTV A – StB 12 |24| vollinhaltlich zu beachten und umzusetzen.

11.3 Wasserhaltungsmaßnahmen

Wie bereits im Abschnitt 7.1 beschrieben, wurde lediglich im Bereich der auf 7 m Tiefe angelegten Rammkernsondierung (Aufschluss RKS 1/ DPH 1) Grundwasser etwa 5 m unter OK-Straße angetroffen. In allen übrigen Aufschlussstationen wurden keine schicht- bzw. grundwasserführenden Schichten angetroffen.

Nach Auswertung der zur Verfügung stehenden Grundwasserdaten (siehe die Angaben unter Punkt 3.2) ist nach Einschätzung des Bearbeiters nicht davon auszugehen, dass unter Berücksichtigung der üblichen Gründungstiefen von 1 bis max. 2 m unter Geländeoberkante im Zuge des geplanten Bauvorhabens Grundwasser/ grundwasserführende Schichten angetroffen bzw. angeschnitten werden.

Dennoch sollten im Rahmen der Ausschreibung nachfolgend aufgeführte Wasserhaltungsmaßnahmen berücksichtigt werden.

Im Bereich von ggf. erforderlichen Baugruben ist für eventuell anfallendes Tag- und/oder Schichtenwasser nach derzeitigem Untersuchungsstand eine offene Wasserhaltung (zum Beispiel durch Anlegen eines Pumpensumpfes mit nachfolgendem kontinuierlichem Abpumpen des Wassers) zum Trockenlegen bzw. -halten der Baugruben als ausreichend anzusehen.

Im Zuge der Planung ist die Notwendigkeit der Beantragung einer wasserrechtlichen Genehmigung zu prüfen.

Zudem gelten folgende Empfehlungen:

1. Im Zuge der Baumaßnahme ist darauf zu achten, dass der Boden (unterhalb des bei Bedarf vorgeschlagenen Bodenaustausches) einen Wassergehalt nahe dem des optimalen Wassergehaltes aufweist. Bei offensichtlichen Schwachstellen (aufgeweichte und damit nicht tragfähige Bereiche) ist grundsätzlich ein Bodenaustausch vorzunehmen und geeignetes verdichtungsfähiges Material einzubauen.
2. Aus geotechnischer Sicht ist während der Baumaßnahme besonders auf die hohe Wasserempfindlichkeit der zumindest im Abschnitt zwischen Tröndlinring und Parthe-Querung im Untergrund anstehenden, bindigen Böden/ Auffüllungen zu achten, da die tonigen und schluffigen Anteile des Bodens bei Durchfeuchtung eine starke Reduzierung der Tragfähigkeit als auch der Verdichtbarkeit bewirken. Das Planum ist daher nach Freilegung gegen Wasserzutritt zu schützen.

Der Abtrag der entsprechenden Schichten hat so zu erfolgen, dass das Planum möglichst kurze Zeit freiliegt, um eine Durchfeuchtung des anstehenden Bodens durch Niederschläge zu vermeiden. Ausbau und Einbau der Konstruktionsschichten sollte deshalb zeitlich unmittelbar hintereinander erfolgen.

3. Da im Planumbereich zumindest im Abschnitt zwischen Tröndlinring und Parthe-Querung vorrangig bindige Böden und Auffüllungen (Bodengruppe GT*/ST*, A[SU*/GU*, ST*/GT*] nach DIN 18196, Frostempfindlichkeitsklasse F 3) mit hohem Feinkornanteil angetroffen wurden, sollte eine Planumsentwässerung eingeplant werden. Dabei ist darauf zu achten, dass bei der eventuellen Notwendigkeit von Bodenaustauschmaßnahmen die Planumsentwässerung auf das Niveau unterhalb des Bodenaustausches abzusenken ist.
4. Die Anforderungen an die Planums- bzw. Untergrundtragfähigkeiten gemäß VDV Oberbaurichtlinien Abschnitt OR 7.3.2 bzw. OR 7.4.1 sollten im Zuge der Anlage eines Probefeldes nachgewiesen werden.
5. Die Materialien aus den ungebundenen Konstruktionsschichten des derzeitigen Gleisoberbaus wurden im Zuge der Bodenansprache und der durchgeführten bodenphysikalischen Laboruntersuchungen mehrheitlich der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 nach ZTV E-StB 17 zugeordnet (siehe das Schichtenverzeichnis der Anlage 3 sowie die Profildarstellungen der Anlage 4). Auf Grund der überwiegend ermittelten Frostunempfindlichkeit innerhalb der ungebundenen Trag- bzw. Frostschutzschichten (STS / FSS, ausschließlich der Packlagen) des Gleisoberbaus ist ein Wiedereinbau der Schichten als ungebundene Konstruktionsschichten des frostsicheren Oberbaus größtenteils möglich. Gegebenenfalls können Baustoffe mit leicht erhöhtem Feinkornanteil durch Aufbereitung (Absiebung des Feinkornanteils oder Zumengung von grobem Material) verbessert werden. In diesem Zusammenhang sind allerdings die Ergebnisse der Deklarations- bzw. Schadstoffuntersuchungen hinsichtlich der Bedingungen der Wiederverwendung zu beachten (siehe unter Punkt 9.3 bzw. Anlage 12). Ist die Wiederverwendung der Materialien aus der ungebundenen Konstruktionsschicht des Gleisoberbaus nicht vorgesehen, sollte in Anlehnung an TL SoB-StB 20 | 27 | frostsicheres und zertifiziertes Material zum Einsatz kommen.
6. Grundsätzlich wird empfohlen die Packlage im Bereich der Aufschlüsse Gl 7 und Gl 8 nicht wieder einzubauen, sondern z.B. durch den Einbau einer Schottertragschicht zu ersetzen.

Weiter Einzelheiten der Bauausführung obliegen der Planung und sind generell durch diese festzulegen.

12 Ausbauempfehlung (Straßenbau, VTA)

Die Stadt Leipzig, Verkehrs- und Tiefbauamt, plant im Zuge der LVB-Baumaßnahme in der Pfaffendorfer Straße den Ausbau/ die Sanierung der Fahrbahnbereiche. Wie der projekteigenen

Aufgabenstellung zu entnehmen war, ist durch das Verkehrs- und Tiefbauamt der Stadt Leipzig der Umbau des stadtauswärtigen Bahnsteiges und des Gehweges der Haltestelle Zoo geplant. Weitere Einzelheiten zur geplanten Verkehrsbaumaßnahme in den Fahrbahnbereichen der Pfaffendorfer Straße war der Aufgabenstellung nicht zu entnehmen.

Durch das mit den Planungsleistungen beauftragte Ingenieur- bzw. Planungsbüro VCDB – VerkehrsConsult Dresden-Berlin GmbH wurden dem ikp folgende Angaben übermittelt:

Insgesamt sind für den Untersuchungsabschnitt der Pfaffendorfer Straße auf Grundlage der übergebenen Prognosedaten 2035 unterschiedliche Belastungsklassen zu berücksichtigen. Für den südlichen Abschnitt ab Bauanfang (etwa in Höhe Naturkundemuseum bzw. Lortzingstraße) bis Emil-Fuchs-Straße ist die Belastungsklasse Bk 1,8 nach RStO 12, für den Abschnitt Emil-Fuchs-Straße bis Ernst-Pinkert-Straße die Belastungsklasse Bk 3,2 und ab Ernst-Pinkert-Straße bis zum Bauende (in Höhe Nordplatz) die Belastungsklasse Bk 10 anzusetzen. Die Ursache für die unterschiedlichen Belastungsklassen liegt in den unterschiedlich prognostizierten Schwerverkehr-Anteilen.

Sollten sich im Zuge der weiteren Planung abweichende Belastungswerte ergeben, ist im Bedarfsfall eine Anpassung nach RStO 12 vorzunehmen.

Nachfolgend werden auf Grundlage der gewonnenen Untersuchungsergebnisse für den betrachteten Streckenabschnitt und für die unterschiedlichen Belastungsklassen zwei Ausbauvarianten präsentiert – Ausbauvariante 1: grundhafter Ausbau, Ausbauvariante 2: vollgebundener Oberbau. Abschließend wurde eine Ausbauempfehlung für die Gehwegbereiche ausgearbeitet.

Die Fahrbahnbereiche entlang des Untersuchungsabschnittes sind derzeit durchgängig mit Asphalt befestigt. Im Bereich der Gehwege sind entlang des Untersuchungsabschnittes verschiedenartige Oberflächenbefestigungen (Asphalt, großformatige Granitsteinplatten eingefasst von Mosaiksteinpflaster, Betonsteinpflaster bzw. -platten, Naturstein- u. Mosaiksteinpflaster) vorhanden.

12.1 Ausbauvariante 1: grundhafter Ausbau

Planumsfläche (etwa 0,60 bis 0,65 m unter derzeitiger OK-Straße) im Falle eines grundhaften Ausbaus der Fahrbahnbereiche in der Pfaffendorfer Straße und den Mündungsbereichen der angrenzenden Nebenstraßen wären die unterhalb des derzeitigen Straßenoberbaus im Bereich von Aufschluss FB 1 (sowie im Bereich von Aufschluss FB 2 ab etwa 0,90 m unter OK-Straße) anstehenden bindigen Böden/Auffüllungen (Sand-Ton- bis Kies-Ton-Gemische (Bodengruppe GT*/ST*, A[ST*/GT*] nach DIN 18196)) der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 – stark frostempfindlich – bzw. die im Bereich der übrigen Fahrbahnaufschlüsse (Aufschlüsse FB 2 – FB 5 sowie NB 1 – NB 4) im Planumsbereich vorhandenen konstruktiven Auffüllungen (vorhandene Trag- u. Frostschutzschichten, Bodengruppe A[GI, SE/SI, SI, SI/GI] nach DIN 1896) des derzeitigen Straßenoberbaus sowie nicht bindigen, gemischt- bis grobkörnigen

Böden (Bodengruppe SE/SU, SU/SI, A[SU/SI] nach DIN 18196) der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 – nicht frostempfindlich – bzw. der Frostempfindlichkeitsklasse F 2 (SU) – gering bis mittel frostempfindlich.

Besteht der Untergrund bzw. Unterbau unmittelbar unter dem Oberbau aus Boden der Frostempfindlichkeitsklasse F 1, kann nach Punkt 3.1.2 RStO 12 die Frostschutzschicht beim Ausbau der Fahrbahn entfallen, wenn die Tiefe 1,3 m (Frosteinwirkungszone II) unter Fahrbahnoberfläche beträgt. Der Boden muss jedoch hinsichtlich des Verdichtungsgrades die Anforderungen der ZTV SoB-StB an Frostschutzschichten erfüllen.

Entsprechend der Erkundungsergebnisse im Bereich der Aufschlüsse NB 1 (Ernst-Pinkert-Straße) u. NB 3 (Gneisenaustraße) in den Nebenstraßen der Pfaffendorfer Straße sowie unter Berücksichtigung der allgemeinen geologischen Verhältnisse im Untersuchungsabschnitt der Pfaffendorfer Straße etwa zw. Parthe-Querung und Nordplatz (dem flurnahen Anstehen von nicht bindigen, grobkörnigen Böden (fluviale Bildungen der Mulde, Kiese u. Sande), siehe unter Punkt 3.2) werden die Bedingungen gegebenenfalls im Bereich des zuvor benannten Teilabschnittes erfüllt, wobei sichere Nachweise im Rahmen der durchgeführten Baugrunduntersuchungen nur für die bereits zuvor benannten Aufschlussbereiche NB 1 u. NB 3 erzielt wurden.

Nach RStO 12 kann der Oberbau ab Oberkante Frostschutzschicht angeordnet werden, wenn auf dem F 1-Boden ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ (Belastungsklasse Bk1,0 bis Bk100) bzw. $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ (Belastungsklasse Bk0,3) erreicht wird. Diese Tragfähigkeitsanforderungen wären im Zuge der Anlage eines Probefeldes nachzuweisen.

Erfüllt der F 1-Boden die zuletzt genannten Anforderungen nicht, ist nach RStO 12 eine Verfestigung nach ZTV Beton-StB oder eine Tragschicht ohne Bindemittel der Dicke entsprechend RStO 12 Tab. 8 auf dem F 1-Boden vorzusehen. Im Falle des Einbaus einer Schotter- oder Kiestragschicht der Bauweisen gemäß RStO 12 Tafel 1, Zeile 5; Tafel 2, Zeile 3.1 und Tafel 3, Zeile 3 kann diese unmittelbar auf dem F 1-Boden angeordnet werden.

Unter Berücksichtigung der ungünstigsten Bedingungen wird im Weiteren für die Planumsfläche entlang des Untersuchungsabschnittes von der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 ausgegangen, wobei Böden/ Auffüllungen (Boden-Bauschutt-Gemische) der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 entsprechend der Erkundungsergebnisse vorrangig im Abschnitt zwischen Tröndlinring und Parthe-Querung anstehen. Gemäß Tab. 6 und 7 RStO 12 ergibt sich für Belastungsklassen Bk 1,8 bzw. Bk 3,2 sowie Bk 10 und Frostempfindlichkeitsklasse F 3 eine erforderliche Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus wie folgt (Tab. 21):

Tab. 21: Mindestdicke bzw. Mehr- oder Minderdicken des frostsicheren Oberbaus infolge der örtlichen Verhältnisse

Örtliche Verhältnisse		Mehr- oder Minderdicken
Frostempfindlichkeits-Belastungsklasse	und F 3 und Bk 1,8 bzw. Bk 3,2	60 cm
Frostempfindlichkeits-Belastungsklasse	und F 3 und Bk 10	65 cm
Frosteinwirkung	Zone II	+ 5 cm
kleinräumige Klimaunterschiede	keine besonderen Klimaeinflüsse	± 0 cm
Wasserhältnisse im Untergrund	Kein Grund- und Schichtenwasser bis in eine Tiefe von 1,5 m unter Planum	± 0 cm
Lage der Gradiente	Geländehöhe bis Damm ≤ 2,0 m	± 0 cm
Entwässerung der Fahrbahn/Ausführung der Randbereiche	Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen	- 5 cm
Erforderliche Dicke des frostsicheren Oberbaus		60 bzw. 65 cm

Für einen grundhaften Ausbau der Fahrbahnbereiche in der Pfaffendorfer Straße ab Lortzingstraße bis Emil-Fuchs-Straße ergibt sich nach RStO 12 für die Belastungsklasse Bk 1,8 aus Tafel 1, Zeile 1 folgender neuer Befestigungsaufbau:

4 cm	Asphaltdecke	
16 cm	Asphalttragschicht	
40 cm	Frostschuttschicht	($E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$)
(60 cm	frostsicherer Oberbau)	
20 cm	Bodenaustausch	($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$)

Für einen grundhaften Ausbau der Fahrbahnbereiche in der Pfaffendorfer Straße ab Emil-Fuchs-Straße bis Ernst-Pinkert-Straße ergibt sich nach RStO 12 für die Belastungsklasse Bk 3,2 aus Tafel 1, Zeile 1 folgender neuer Befestigungsaufbau:

10 cm	Asphaltdecke	
12 cm	Asphalttragschicht	
38 cm	Frostschuttschicht	($E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$)
(60 cm	frostsicherer Oberbau)	
20 cm	Bodenaustausch	($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$)

Für einen grundhaften Ausbau der Fahrbahnbereiche in der Pfaffendorfer Straße ab Ernst-Pinkert-Straße bis zum Nordplatz ergibt sich nach RStO 12 für die Belastungsklasse Bk 10 aus Tafel 1, Zeile 1 folgender neuer Befestigungsaufbau:

12	cm	Asphaltdecke	
14	cm	Asphalttragschicht	
39	cm	Frostschuttschicht	($E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$)
(65	cm	frostsicherer Oberbau)	
20	cm	Bodenaustausch	($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$)

Die im Zuge der Erkundungsarbeiten ermittelten Tragfähigkeiten im Planumsbereich variieren zwischen $20,1 \text{ MN/m}^2$ (E_{vd} -Wert) bzw. 36 MN/m^2 (E_{v2} -Wert, Näherung) im Bereich von Aufschluss FB 1 und $98,3 \text{ MN/m}^2$ (E_{vd} -Wert) bzw. 197 MN/m^2 (E_{v2} -Wert, Näherung) im Bereich von Aufschluss FB 5 (siehe unter Punkt 7.2, Tab. 3 bzw. Anlage 9). Wie nach Auswertung der dynamischen Plattendruckversuche deutlich wurde, liegen die gemessenen Tragfähigkeiten im Bereich der Fahrbhnaufschlüsse mit Ausnahme des Bereiches von Aufschluss FB 1 zum Untersuchungszeitpunkt über dem Anforderungswert an die Planumstragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$.

Im Bereich zw. Parthe-Querung und Nordplatz kann unter Umständen aufgrund der in diesem Abschnitt bereits oberflächennah natürlich anstehenden F 1-Böden (grobkörnige Böden, Sande und Kiese) auf bodenverbessernde Maßnahmen verzichtet werden. Zum sicheren Nachweis von F 1-Böden im Bereich des Gründungshorizontes des Straßenkörpers im zuvor genannten Ausbauabschnitt sollte ggf. ergänzend ein **dichteres Aufschlussraster** angeordnet werden. Bei Abweichungen von den beschriebenen Ansätzen und Annahmen wäre die vorgenommene Empfehlung zumindest für den zuvor genannten Abschnitt an die tatsächlichen Gegebenheiten anzupassen.

Erfahrungsgemäß ist zumindest für die im Planumsniveau des Teilabschnittes zw. Tröndlinring und Parthe-Querung vorhandenen bindigen Auffüllungen bzw. natürlich anstehenden bindigen Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 aufgrund der darin enthaltenen Feinkornanteile in Folge von Wasserzutritt während der Baumaßnahme davon auszugehen, dass im Planumsbereich keine dauerhaften Tragfähigkeiten von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht werden. Daher sollte die Planumstragfähigkeit im Zuge eines grundhaften Ausbaus zumindest bereichsweise (Teilabschnitt ab Bauanfang in Höhe Lortzingstraße bis Parthe-Querung) zwingend z. B. durch eine Bodenverfestigung bzw. -verbesserung oder durch einen Bodenaustausch verbessert werden.

Aufgrund der Lage des Untersuchungsabschnittes im innerstädtischen Bereich wird eine Bodenbehandlung mit Bindemitteln (Bodenverfestigung bzw. -verbesserung) auf Grund der damit verbundenen hohen Staubbelastung vermutlich nicht zur Anwendung kommen. Alternativ müsste das zu

verfestigende Bodenmaterial auswärts in einer zentralen Mischanlage gemischt und antransportiert werden. Dieses Vorgehen wäre jedoch vergleichsweise kostenintensiv.

Auf Grundlage vorliegender guter Erfahrungswerte mit Bodenaustauschmaßnahmen empfehlen wir die zumindest im Teilabschnitt zwischen Tröndlinring und der Parthe-Querung vorhandenen, wenig tragfähigen Böden (Auffüllungen aus Boden-Bauschutt-Gemischen und natürlich anstehenden Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3) bis max. etwa 0,85 m unter derzeitiger Straßen-OK auszubauen und anschließend etwa 20 cm geeignetes verdichtungsfähiges und frostsicheres Material (gebrochene Gesteinskörnung 0/45) einzubauen.

Der Horizont unterhalb des Bodenaustausches sollte vor dem Einbau des Austauschmaterials entsprechend profiliert werden.

Die gemäß RStO 12 im Zuge eines grundhaften Ausbaues geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Planum sollte im Zuge der Anlage eines Probefeldes nachgewiesen werden.

Auf dem im Rahmen der oben beschriebenen Maßnahmen vorbereiteten Planumshorizont kann anschließend der Aufbau der Konstruktion entsprechend Tafel 1, Zeile 1, für die jeweils anzusetzende Belastungsklasse (BK 1,8, BK 3,2 oder Bk 10) gemäß RStO 12 erfolgen.

Bei der angegebenen Ausbauvariante ist die Notwendigkeit zusätzlicher Entwässerungseinrichtungen zu prüfen.

12.2 Ausbauvariante 2: vollgebundener Oberbau

Für einen vollgebundenen Oberbau ergibt sich nach RStO 12 für die Belastungsklasse Bk 1,8 aus Tafel 4, Zeile 1 RStO 12 folgender neuer Befestigungsaufbau:

10	cm	Asphaltdecke	
24	cm	Asphalttragschicht	($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$)
Σ 34	cm	vollgebundener Oberbau	

Für einen vollgebundenen Oberbau ergibt sich nach RStO 12 für die Belastungsklasse Bk 3,2 aus Tafel 4, Zeile 1 RStO 12 folgender neuer Befestigungsaufbau:

10	cm	Asphaltdecke	
26	cm	Asphalttragschicht	($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$)
Σ 36	cm	vollgebundener Oberbau	

Für einen vollgebundenen Oberbau ergibt sich nach RStO 12 für die Belastungsklasse Bk 10 aus Tafel 4, Zeile 1 RStO 12 folgender neuer Befestigungsaufbau:

12	cm	Asphaltdecke	
26	cm	Asphalttragschicht	($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$)
Σ 38	cm	vollgebundener Oberbau	

Im Falle einer Bauweise mit vollgebundenem Oberbau würde der Planumshorizont mehrheitlich im Bereich der vorhandenen ungebundenen Konstruktionsschichten des derzeitigen Straßenoberbaus liegen. Die ungebundenen Konstruktionsschichten (Trag- u. Frostschutzschichten) des derzeitigen Straßenoberbaus wurden im Zuge der Bodenansprache vorrangig der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 – nicht frostempfindlich – zugeordnet. Im Bereich der Aufschlüsse NB 1 (Mündungsbereich Ernst-Pinkert-Straße) und NB 3 (Mündungsbereich Gneisenaustraße) sind entsprechend der Erkundungsergebnisse bereits ausreichend mächtige vollgebundene Oberbauten vorhanden.

Die Gründungsbedingungen unterhalb des vorhandenen Straßenoberbaus wurden bereits zuvor unter Punkt 12.1 beschrieben.

Unter Berücksichtigung der ungünstigsten Bedingungen wird im Weiteren für die Planumsfläche entlang des Untersuchungsabschnittes in der Pfaffendorfer Straße von der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 ausgegangen, auch wenn, wie bereits zuvor beschrieben, für den Abschnitt zwischen Parthe-Querung und Nordplatz auf Grundlage der Erkundungsergebnisse in den Nebenstraßen (Ernst-Pinkert-Straße u. Gneisenaustraße) sowie unter Berücksichtigung der allgemeinen geologischen Situation, davon ausgegangen werden kann, dass oberflächennah, eventuell bereits direkt unterhalb der konstruktiven Einbauten, der gewachsene Baugrund in Form von F 1-Böden (grobkörnige Böden, Sande und Kiese) ansteht.

Nach RStO 12 wird bei Bauweisen im vollgebundenen Oberbau und Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3, bei kritischen Wasserverhältnissen auch bei Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 2, eine Bodenverfestigung des Untergrundes/Unterbaus in einer Mindestdicke von 15 cm gefordert, die nicht auf die Dicke des Oberbaus anrechenbar ist.

Wie bereits im Zuge der Ausführungen zur Ausbauvariante 1 beschrieben, wird nach Einschätzung des ikp aufgrund der Lage des Untersuchungsabschnittes im innerstädtischen Bereich eine Bodenbehandlung mit Bindemitteln (Bodenverfestigung bzw. -verbesserung) auf Grund der damit verbundenen hohen Staubbelastung vermutlich nicht zur Anwendung kommen. Das zu verfestigende Bodenmaterial müsste auswärts in einer zentralen Mischanlage gemischt und antransportiert werden.

Nach Abschnitt 3.1.2 RStO 12 kann eine Frostschutzschicht nur dann entfallen, wenn der Untergrund/Unterbau unmittelbar unter dem Oberbau und bis in eine Tiefe von 1,3 m unter Fahrbahn-OK

(Frosteinwirkungszone II) aus Bodenmaterial der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 besteht. Diese Voraussetzungen sind im vorliegenden Fall, zumindest im Abschnitt zwischen dem Bauanfang (etwa in Höhe Lortzingstraße) bis zur Parthe-Querung nicht gegeben, so dass alternativ zu einer Bodenverfestigung eine Frostschutzschicht einzubringen ist.

Wir empfehlen daher aufgrund vorliegender guter Erfahrungswerte mit Bodenaustauschmaßnahmen die vorhandenen Materialien bis etwa 0,60 m unter derzeitiger Fahrbahnoberkante auszubauen und anschließend etwa 20 cm geeignetes verdichtungsfähiges und frostsicheres Material (gebrochene Gesteinskörnung 0/45) einzubauen. Nach Erfordernis (bei nicht Erreichen der Tragfähigkeitsanforderungen von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberkante des Bodenaustausches) ist die Dicke des Bodenaustausches ggf. um 10 cm zu erhöhen.

Der vorgeschlagene Bodenaustausch würde konstruktiv wie die nach RStO 12 geforderte Verfestigung wirken. Auf der Oberkante des Bodenaustausches ist ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Die Sohle des Bodenaustausches wäre vor dem Einbau des vollgebundenen Oberbaus entsprechend zu ebnen und nachzuverdichten.

Alternativ besteht aus Sicht des ikp die Möglichkeit als Ersatz für den vorgeschlagenen Bodenaustausch eine hydraulisch gebundene Tragschicht (HGT) von etwa 15 cm Dicke im verdichteten Zustand einzubauen, z. B. in Form einer 0/32-Kieskörnung (Liefermaterial). In Vorbereitung des Einbaus der HGT wäre in diesem Zusammenhang die Durchführung einer Eignungsprüfung notwendig, um die erforderlichen Druckfestigkeiten nach ZTV E-StB 17 von 4 N/mm^2 nachzuweisen.

Der Einbau einer HGT ist gemäß Abschnitt 3.3.2 RStO 12 Tragschichten – Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln als Ersatz für die nach Abschnitt 3.1.1 RStO 12 bei Bauweisen mit vollgebundenem Oberbau und Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 im Planumbereich, bzw. unter ungünstigen Bedingungen auch bei Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 2, vorzusehenden Bodenverfestigung des Untergrundes grundsätzlich möglich. In diesem Zusammenhang ist die HGT gegenüber einer Bodenverfestigung zudem als qualitativ hochwertiger anzusehen.

Der ordnungsgemäße Einbau der HGT bedingt allerdings eine gewisse Tragfähigkeit des Untergrundes. Auf dem Planumshorizont unterhalb der HGT sollte eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 30 \text{ MN/m}^2$ erreicht und nachgewiesen werden, da ansonsten die Verdichtung der HGT erschwert wird.

Eine weitere Möglichkeit der Stabilisierung des Unterbaus und zudem eine Möglichkeit der Abfallreduzierung (Ausbaustoffe) bzw. der Wiederverwendung anfallender Ausbaustoffe (Asphalt) besteht darin ersatzweise zu Bodenaustausch und HGT eine 15 – 20 cm dicke Asphaltfundationsschicht (Asphalt mit geringem Anforderungsniveau bzw. einem sehr hohen RC-Anteil) entsprechend des Merkblattes für die Wiederverwendung von Asphalt (M WA) |35| einzubauen.

Auf den im Rahmen der zuletzt beschriebenen Maßnahmen vorbereiteten Planumshorizont kann anschließend der Aufbau der Straßenkonstruktion im vollgebundenen Oberbau entsprechend Tafel 4, Zeile 1, für die jeweilig anzusetzende Belastungsklasse (BK 1,8, BK 3,2 oder Bk 10) gemäß RStO 12 erfolgen.

Abschließend besteht aus Sicht der Institut Dr. Körner & Partner Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig zudem die Möglichkeit, die ungebundenen Schichten der vorhandenen Fahrbahnkonstruktion, die mehrheitlich der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 – nicht frostempfindlich – zugeordnet wurden und bis auf den Bereich von Aufschluss FB 1 durchgehend und in ausreichender Dicke vorhanden sind, im Zuge des Fahrbahnausbaus mit einzubeziehen bzw. auf diesen aufzubauen.

In diesem Fall sollte das Planum bzw. die Oberkante der vorhandenen Tragschichten im Zuge einer Geländeprofilierung vor dem Einbau der Asphaltbefestigung geebnet und ordnungsgemäß nachverdichtet werden. Die gemäß RStO 12 geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberkante der Frostschutz- bzw. Tragschicht sollte im Zuge der Anlage eines Probefeldes nachgewiesen werden.

Die zuvor präsentierten Ausbauvarianten sollten in der Planung auf Machbarkeit, Ökonomie und Technologie (Bauzeit) detailliert untersucht werden.

12.3 Ausbauempfehlung Gehwegbereiche

Exakte Angaben hinsichtlich der zu favorisierenden Bauweise für die Gehwegbereiche entlang des Untersuchungsabschnittes in der Pfaffendorfer Straße waren der projekteigenen Aufgabenstellung nicht zu entnehmen. Im Weiteren wird für die Gehwegbereiche von einer Asphalt- als auch Pflasterbauweise ausgegangen. Bei abweichenden Bauweisen als den nachfolgend präsentierten, ist im Bedarfsfall eine Anpassung nach RStO 12 vorzunehmen.

Im örtlichen Baugrund stehen entsprechend der Erkundungsergebnisse unterhalb der vorhandenen konstruktiven Gehwegoberbauten bereichsweise bindige, gemischtkörnigen Böden (Aufschluss GW 8, Bodengruppen SU* nach DIN 18196) der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 nach ZTV E-StB 17 bzw. Auffüllungen aus Boden-Bauschutt-Gemischen der Frostempfindlichkeitsklasse F 2 bzw. F 3 an. Auch an dieser Stelle wird unter Berücksichtigung der ungünstigsten Bedingungen im Weiteren für die Planumsfläche von der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 ausgegangen. Die RStO 12 empfiehlt für diese Böden eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von 30 cm. Des Weiteren werden gemäß RStO 12 für die Asphalt- bzw. Pflasterbefestigung in Tafel 6 folgende Befestigungsaufbauten vorgegeben:

▪ Tafel 6, Zeile 1 (Asphaltbauweise):

10	cm	Asphaltdecke	
15	cm	Schotter- oder Kiestragschicht	($E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$)
5	cm	Schicht aus frostunempfindlichem Material	
<hr/>			
(30	cm	frostsicherer Oberbau)	
		Planum (F3-Böden)	($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$)

▪ Tafel 6, Zeile 2 (Asphaltbauweise):

10	cm	Asphaltdecke	
20	cm	Schotter-, Kiestragschicht oder Frostschutzschicht	($E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$)
<hr/>			
(30	cm	frostsicherer Oberbau)	
		Planum (F3-Böden)	($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$)

▪ Tafel 6, Zeile 1 (Pflasterbauweise):

8	cm	Pflasterdecke	
4	cm	Bettungsmaterial	
15	cm	Schotter- oder Kiestragschicht	($E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$)
3 - 5	cm	Schicht aus frostunempfindlichem Material	
<hr/>			
(30	cm	frostsicherer Oberbau)	
		Planum (F3-Böden)	($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$)

▪ Tafel 6, Zeile 2 (Pflasterbauweise):

8	cm	Pflasterdecke	
4	cm	Bettungsmaterial	
18	cm	Schotter-, Kiestragschicht oder Frostschutzschicht	($E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$)
<hr/>			
(30	cm	frostsicherer Oberbau)	
		Planum (F3-Böden)	($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$)

Wie die Tragfähigkeitsmessungen im Bereich der Aufschlüsse im Gehwegbereich der Pfaffendorfer Straße gezeigt haben, variieren die ermittelten Tragfähigkeiten im Planumsbereich der vorhandenen Gehwege zwischen $18,8 \text{ MN/m}^2$ (E_{vd} -Wert) bzw. 34 MN/m^2 (E_{v2} -Wert, Näherung) im Bereich von Aufschluss GW 7 und $55,2 \text{ MN/m}^2$ (E_{vd} -Wert) bzw. 99 MN/m^2 (E_{v2} -Wert, Näherung) im Bereich von Aufschluss GW 9 (siehe unter Punkt 7.2, Tab. 4 bzw. Anlage 9). Wie nach Auswertung der dynamischen

Plattendruckversuche deutlich wurde, liegen die gemessenen Tragfähigkeiten in den untersuchten Gehwegbereichen zum Untersuchungszeitpunkt mehrheitlich über dem Anforderungswert an die Planumtragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ (siehe Tab. 4).

Sofern die gemäß RStO 12 geforderten Planumtragfähigkeiten im Zuge des Bauvorhabens nicht erreicht werden, wird bei Bedarf die Erhöhung der Tragschichtdicken um 10 cm empfohlen.

Wie im Zuge der Ortsbesichtigung deutlich wurde, wird die Fahrbahntwässerung im Untersuchungsabschnitt derzeit durch die vorhandenen Entwässerungseinrichtungen und Fahrbahnquerschnitte (Querneigung) gewährleistet. Im Zuge der Baumaßnahme sollte die Oberflächenentwässerung jedoch grundsätzlich auf Funktion überprüft werden.

Für den Fall der Wahl des grundhaften Ausbaus (Ausbauvariante 1) entsprechend Tafel 1 der RStO 12 gelten folgende Empfehlungen:

1. In der Gesamtbetrachtung des Untersuchungsabschnittes wird deutlich, dass nicht mit oberflächennah anstehenden grund- bzw. schichtenwasserführenden Bodenhorizonten zu rechnen ist und unter Berücksichtigung der momentanen baulichen Situation (annähernd geschlossene Bebauung) zudem nicht mit aus den Seitenbereichen zufließendem Wasser gerechnet werden muss und damit eine erhöhte Frostgefährdung in Folge von Wasserzutritt für die Bereiche des Planums nahezu auszuschließen ist.

Die Wasserproblematik stellt sich somit ausschließlich im Rahmen der Bauausführung (z. B. im Zuge von Wasserzutritt im Planumsbereich während der Bauphase). Aus Sicht des ikp sollten die Erdarbeiten daher zwingend überwacht werden. Zudem sollte die bauausführende Firma angehalten werden die Planumsbereiche im Zuge des Bauvorhabens vor Wasserzutritt und Durchfeuchtung zu schützen.

2. Im Zuge der Baumaßnahme ist darauf zu achten, dass der Boden einen Wassergehalt nahe dem des optimalen Wassergehaltes aufweist. Bei Abweichungen von der geforderten Planumtragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ und offensichtlichen Schwachstellen (aufgeweichte und damit nicht tragfähige Bereiche) ist grundsätzlich ein Bodenaustausch vorzunehmen und geeignetes verdichtungsfähiges Material einzubauen. Bei kleineren Schwachstellen empfehlen wir die entsprechenden Bereiche durch eine Lage aus Magerbeton auszugleichen.
3. Aus geotechnischer Sicht ist während des Straßenbaus besonders auf die hohe Wasserempfindlichkeit der zumindest bereichsweise im Untergrund anstehenden, bindigen Böden/ Auffüllungen zu achten, da die tonigen und schluffigen Anteile des Bodens/ der Auffüllungen bei Durchfeuchtung eine starke Reduzierung der Tragfähigkeit als auch der Verdichtbarkeit bewirken. Das Planum ist daher nach Freilegung gegen Wasserzutritt zu schützen.

Das Planum ist zu ebnen sowie einer der Fahrbahnoberfläche entsprechenden Längs- und Querneigung herzustellen.

Der Abtrag der entsprechenden Schichten hat so zu erfolgen, dass das Planum möglichst nur kurze Zeit freiliegt, um eine Durchfeuchtung des anstehenden Bodens durch Niederschläge zu vermeiden. Ausbau und Einbau der Konstruktionsschichten sollte deshalb zeitlich unmittelbar hintereinander erfolgen.

4. Im Zuge eines grundhaften Ausbaus sollte die im Untersuchungsabschnitt vorhandene Straßenentwässerung in ihrer Funktionstüchtigkeit erhalten werden. Da unterhalb der vorhandenen Straßenkonstruktion zumindest bereichsweise bindige Böden (GT*/ST*, SU* nach DIN 18196) mit hohem Feinkornanteil angetroffen wurden, sollte in Anlehnung an die RAS-Ew |22| zudem eine Planumsentwässerung eingeplant werden. Dabei ist darauf zu achten, dass bei Durchführung der vorgeschlagenen Bodenaustauschmaßnahme die Planumsentwässerung auf das Niveau unterhalb des Bodenaustausches (etwa 0,85 m unter derzeitiger Straßen-OK) abzusenken ist.
5. Die gemäß RStO 12 im Zuge eines grundhaften Ausbaus geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ auf der Oberkante der Frostschutzschicht sollte im Zuge der Anlage eines Probefeldes nachgewiesen werden.
6. Der Wiedereinbau der Materialien aus den ungebundenen Konstruktionsschichten (Trag- bzw. Frostschutzschichten) des Fahrbahnoberbaus ist grundsätzlich mehrheitlich möglich, wobei im Zuge Baugrunduntersuchungen relativ heterogene Zusammensetzungen und Materialeigenschaften innerhalb der ungebundenen Konstruktionsschichten des Fahrbahnoberbaus festgestellt wurden. Die Materialien aus den ungebundenen Konstruktionsschichten des derzeitigen Straßenoberbaus wurden im Zuge der Bodenansprache mehrheitlich der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 – nicht frostempfindlich – nach ZTV E-StB 17 zugeordnet (siehe das Schichtenverzeichnis der Anlage 3). Gegebenenfalls können Baustoffe mit leicht erhöhtem Feinkornanteil durch Aufbereitung (Absiebung des Feinkornanteils oder Zumengung von grobem Material) verbessert werden. In diesem Zusammenhang sind allerdings die Ergebnisse der Deklarations- bzw. Schadstoffuntersuchungen hinsichtlich der Bedingungen der Wiederverwendung zu beachten (siehe unter Punkt 9.3 bzw. Anlage 12). Ist die Wiederverwendung der Materialien aus der ungebundenen Konstruktionsschicht des Straßenoberbaus nicht vorgesehen, sollte gemäß TL SoB-StB 20 frostsicheres und zertifiziertes Material zum Einsatz kommen.

Weiter Einzelheiten der Bauausführung obliegen der Planung und sind generell durch diese festzulegen.

13 Schlussbemerkung

Die Institut Dr. Körner & Partner Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig hat im Vorfeld der geplanten Bau-
maßnahme der Leipziger Verkehrsbetriebe: Baumaßnahme Pfaffendorfer Straße zwischen Tröndlinring und
Nordplatz in Leipzig (LVB-Projekt-Nr.: 90200) auftragsgemäß die Baugrunduntersuchung durchgeführt.

Das vorliegende Gutachten beschreibt die durch die Bodenaufschlüsse festgestellten Baugrundverhält-
nisse in geologischer, hydrogeologischer und bodenmechanischer Sicht. Die Ergebnisse der Untersu-
chungen kennzeichnen den unmittelbaren Bereich der Aufschlussstellen. Die bautechnischen Aussa-
gen und Hinweise beziehen sich auf den zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens bekannten Pla-
nungsstand.

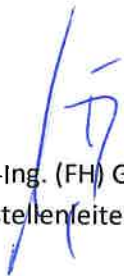
Die anhand der untersuchten Laborproben ermittelten Schadstoffgehalte geben den Durchschnitt der
untersuchten Proben wieder. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass lokal quantitative Varianzen
der untersuchten Parameter auftreten. Bei begründeten Verdachtsfällen sind weiterführende Unter-
suchungen zu veranlassen.

Sollten die Baugrundverhältnisse von den in dem Gutachten geschilderten bzw. vorausgesetzten Be-
dingungen abweichen, bitten wir um Benachrichtigung, um gegebenenfalls die Gültigkeit der getroffe-
nen Aussagen überprüfen zu können.

Das entnommene Probenmaterial wird über eine Dauer von 6 Monaten nach Erstellung des Berichtes
im Bodenarchiv der Institut Dr. Körner & Partner Ingenieurgesellschaft mbH Leipzig gelagert.

Wir empfehlen unsere Ingenieurgesellschaft zur allgemeinen Baubegleitung, wie der Abnahme der
Gründungssohlen und der Bauüberwachung der Erdarbeiten mit einzubeziehen.

Dipl.-Ing. (FH) George
Prüfstellenleiter

A blue ink signature, appearing to be 'George', written in a cursive style over the printed name.

Dipl.-Geol. Hocks
Projektingenieur

A blue ink signature, appearing to be 'Hocks', written in a cursive style over the printed name.