



U-Bahnstrecke U5 Verlängerung Frankfurter Berg

**- Baugrund- und Gründungsgutachten /
orientierende abfalltechnische Untersuchung -**

Projekt-Nr.: **77299**

Bericht-Nr.: **02**

Erstellt im Auftrag von:
Verkehrsgesellschaft Frankfurt am Main mbH
Kurt-Schumacher-Str. 10
60311 Frankfurt am Main

Dipl.-Ing. W. Kissel, Dipl.-Ing. R. Plamitzer,
Dipl.-Geol. N. Menke

2010-11-03

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1	ZUSAMMENFASSUNG7
2	VORBEMERKUNG9
3	UNTERLAGEN9
4	BAUMAßNAHMEN 11
4.1	U-Bahnstrecke..... 11
4.2	Fahrbahnen..... 11
4.3	Haltestationen und Stützwand 12
4.4	Fahrleitungsmasten..... 12
5	DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN..... 13
5.1	Felduntersuchungen..... 13
5.2	Bodenmechanische Laboruntersuchungen..... 14
5.3	Chemische Untersuchungen 14
6	BAUGRUND21
6.1	Geologische Übersicht21
6.2	Baugrundaufbau.....21
6.2.1	Schicht 1: Auffüllungen / Oberbau von Straßen und Gehwegen21
6.2.2	Schicht 2: Quartäre Schluffe und Tone.....25
6.2.3	Schicht 3: Tertiäre Schluffe und Tone.....25
6.3	Bodenmechanische Berechnungskennwerte und Bodenklassen.....26
6.4	Erdbeben.....27
7	GRUNDWASSER28
8	GRÜNDUNG28
8.1	Verkehrsflächen28
8.2	Einzel- und Streifenfundamente29
8.3	Maststandorte31
9	ERGEBNISSE DER ORIENTIERENDEN ABFALLTECHNISCHEN UNTERSUCHUNGEN32
9.1	Asphalt- und Schotterprobenuntersuchungen.....32
9.1.1	Bewertungsgrundlagen.....32
9.1.2	Ergebnisse und Bewertung33
9.2	Untersuchung des Oberbodens.....35
9.3	Bauschuttprobenuntersuchungen.....36

9.4	Bodenproben.....	37
9.4.1	Bewertungsgrundlagen.....	37
9.4.2	Ergebnisse und Bewertung	38
10	HINWEISE ZUR PLANUNG, AUSSCHREIBUNG UND BAUAUSFÜHRUNG	47
10.1	Behandlung der Aushubsohlen.....	47
10.2	Pfahlherstellung.....	47
10.3	Versickerung	48
10.4	Geländeaufschüttungen / Stützwand	48
10.5	Abfalltechnische Untersuchungen	48
10.6	Qualitätssicherung.....	49

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 5.5-1: Untersuchungsprogramm mit Darstellung der Mischprobenzusammensetzung.....	15
Tabelle 6-1: Charakteristische bodenmechanische Berechnungskennwerte.....	27
Tabelle 6-2: Bodengruppen (DIN 18196) und Bodenklassen (DIN 18300 und DIN 18301)	27
Tabelle 8-1: Bemessungswerte Grundbruchwiderstand $\sigma_{n,d}$ [kN/m ²] für <u>Streifenfundamente</u>	29
Tabelle 8-2: Bemessungswerte Grundbruchwiderstand $\sigma_{n,d}$ [kN/m ²] für <u>Einzelfundamente</u>	30
Tabelle 8-3: Bohrpfähle: Charakteristische Werte für Spitzendruck und Mantelreibung	31
Tabelle 9-1: Abfalltechnische und entsorgungsrelevante Regelungen in Hessen für Asphalt.....	33
Tabelle 9-2: Analysenergebnisse und Bewertung der Asphalt- und Schotteruntersuchungen	34
Tabelle 9-3: Analysenergebnisse und Bewertung der Oberbodenuntersuchung.....	35
Tabelle 9-4: Analysenergebnisse und Bewertung der Bauschuttuntersuchungen	36
Tabelle 9-5: Anforderungen an die Verwertung/Entsorgung von Boden.....	38
Tabelle 9-6: Analysenergebnisse und Bewertung der Bodenuntersuchungen	38
Tabelle 9-7: Ergebnisse der orientierenden Bodenuntersuchungen nach Schichten und Einbauklassen / Deponieklassen	45

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1 Lagepläne

- Anlage 1.1 Übersichtslageplan
- Anlage 1.2 Geologische Karten
- Anlage 1.2.1 Geologische Karte von Hessen (Ausschnitt)
- Anlage 1.2.2 Liegendes der Quartären Deckschichten, Abgedeckte Karte (Ausschnitt)
- Anlage 1.3 Lagepläne Baugrundaufschlüsse
- Anlage 1.3.1 Lageplan Baugrundaufschlüsse, Teil 1
- Anlage 1.3.2 Lageplan Baugrundaufschlüsse, Teil 2
- Anlage 1.3.3 Lageplan Baugrundaufschlüsse, Teil 3
- Anlage 1.3.4 Lageplan Baugrundaufschlüsse, Teil 4
- Anlage 1.4 Lagepläne Orientierende abfalltechnische Einstufungen
(Asphalt, Oberboden, Schicht 1)
- Anlage 1.4.1 Lageplan Orientierende abfalltechnische Einstufung,
(Asphalt, Oberboden, Schicht 1), Teil 1
- Anlage 1.4.2 Lageplan Orientierende abfalltechnische Einstufung,
(Asphalt, Oberboden, Schicht 1), Teil 2
- Anlage 1.4.3 Lageplan Orientierende abfalltechnische Einstufung,
(Asphalt, Oberboden, Schicht 1), Teil 3
- Anlage 1.4.4 Lageplan Orientierende abfalltechnische Einstufung,
(Asphalt, Oberboden, Schicht 1), Teil 4
- Anlage 1.5 Lagepläne Orientierende abfalltechnische Einstufungen (Schicht 2, Schicht 3)
- Anlage 1.5.1 Lageplan Orientierende abfalltechnische Einstufung, (Schicht 2, Schicht 3), Teil 1
- Anlage 1.5.2 Lageplan Orientierende abfalltechnische Einstufung, (Schicht 2, Schicht 3), Teil 2
- Anlage 1.5.3 Lageplan Orientierende abfalltechnische Einstufung, (Schicht 2, Schicht 3), Teil 3
- Anlage 1.5.4 Lageplan Orientierende abfalltechnische Einstufung, (Schicht 2, Schicht 3), Teil 4

Anlage 2 Baugrundschnitte

- Anlage 2.1.1 Baugrundschnitt, Teil 1
- Anlage 2.1.2 Baugrundschnitt, Teil 2
- Anlage 2.1.3 Baugrundschnitt, Teil 3

Anlage 3 Schürfe / Asphaltbohrungen in Straßen und Gehwegen

- Anlage 3.1 Schurf SCH 1 (Gehweg)
- Anlage 3.2 Schurf SCH 2 (Straße)
- Anlage 3.3 Schurf SCH 4 (Straße)
- Anlage 3.4 Schurf SCH 6 (Gehweg)
- Anlage 3.5 Schurf SCH 7 (Straße)
- Anlage 3.6 Schurf SCH 11 (Gehweg)
- Anlage 3.7 Schurf SCH 29 (Straße)
- Anlage 3.8 Schurf SCH 30 (Gehweg)
- Anlage 3.9 Schurf SCH 38 (Straße)

Anlage 3.10	Schurf SCH 40 (Geh- / Radweg)
Anlage 3.11	Schurf SCH 64 (Gehweg)
Anlage 3.12	Schurf SCH 65 (Straße)
Anlage 3.13	Schurf SCH 71 (Straße)
Anlage 3.14	Schurf SCH 77 (Zufahrt Parkplatz unter Brücke)
Anlage 3.15	Schurf SCH 88 (Busspur Station Preungesheim)

Anlage 4 Schürfe in Grünflächen

Anlage 4.1	Schurf SCH 3
Anlage 4.2	Schurf SCH 3a
Anlage 4.3	Schurf SCH 5
Anlage 4.4	Schurf SCH 15
Anlage 4.5	Schurf SCH 19
Anlage 4.6	Schurf SCH 21
Anlage 4.7	Schurf SCH 23
Anlage 4.8	Schurf SCH 27
Anlage 4.9	Schurf SCH 28
Anlage 4.10	Schurf SCH 32
Anlage 4.11	Schurf SCH 35
Anlage 4.12	Schurf SCH 36
Anlage 4.13	Schurf SCH 39
Anlage 4.14	Schurf SCH 44
Anlage 4.15	Schurf SCH 45
Anlage 4.16	Schurf SCH 49
Anlage 4.17	Schurf SCH 51
Anlage 4.18	Schurf SCH 55
Anlage 4.19	Schurf SCH 63

Anlage 5 Fotodokumentation Asphaltbohrungen

Anlage 6 Bodenmechanische Laborversuche

Anlage 6.1	Zusammenstellung Labor Versuchsergebnisse
Anlage 6.2	Körnungslinien DIN 18123
Anlage 6.3	Plastizität, Zustandsgrenzen DIN 18122

Anlage 7 Chemische Untersuchungen an Asphaltproben

Anlage 8 Chemische Untersuchungen an Oberbodenproben

Anlage 9 Chemische Untersuchungen an Bauschuttproben

Anlage 10 Chemische Untersuchungen an Bodenproben

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die entlang der geplanten Trasse vorhandenen Baugrund- und Grundwasserverhältnisse sowie der vorhandene Oberbau von Straßen, Gehwegen und Parkplatzflächen wurden von CDM mittels Bohr- und Rammsondierungen, sowie Schürfen und Asphaltbohrungen erkundet. Demnach stehen unterhalb von großflächig vorhandenen Auffüllungen (Schicht 1) quartäre Schluffe und Tone (Schicht 2) an, die von tertiären Schluffen und Tonen (Schicht 3) unterlagert werden.

Grundwasser wurde bei keinem Baugrundaufschluss angetroffen.

Aufgrund der im Bereich des voraussichtlichen Erdplanums erkundeten Böden und der Ergebnisse der Laboruntersuchungen wird empfohlen, im gesamten Trassenbereich von Böden auszugehen, die der Frostempfindlichkeitsklasse F3 (sehr frostempfindlich) zuzuordnen sind.

Zur Erhöhung der Tragfähigkeit der im Planum der Verkehrsflächen anstehenden Böden werden Bodenverbesserungsmaßnahmen für erforderlich gehalten, wobei die Ausführung einer qualifizierten Bodenverbesserung empfohlen wird.

Ausgewählte Proben der gewonnenen Asphalt-, Oberboden-, Bauschutt- und Bodenproben wurden für eine orientierende abfalltechnische Einstufung anfallender Ausbausphalte, Bauschuttchargen und Bodenaushubs nach den Vorgaben der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) [U10], des Baumerkblatts [U7], der LAGA-Richtlinie M20 [U8] und der Deponieverordnung [U9] untersucht.

Die untersuchten Asphalt und Schotterproben weisen Gehalte in der Summe der PAK n. EPA zwischen nicht nachweisbaren Gehalten und maximal 11,8 mg/kg auf. Die Asphalte sind als teerfreie Ausbausphalte der Verwertungsklasse A zu klassifizieren und können im klassifizierten Straßenoberbau im Heißmischverfahren verwertet werden.

Bei der Untersuchung der Bauschuttproben wurden Belastungen ermittelt die eine Einstufung in die Einbauklassen Z0 bzw. Z1.2. zur Folge haben. Das entsprechende Bauschuttmaterial kann uneingeschränkt eingebaut (Z0) bzw. eingeschränkt offen in hydrogeologisch günstigen Gebieten eingebaut werden.

Von den untersuchten zehn Oberbodenproben überschreiten sechs die Vorsorgewerte der BBodSchV. Oberbodenmaterial ohne Vorsorgewertüberschreitung kann uneingeschränkt eingebaut oder zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht verwendet werden. Oberböden mit Vorsorgewertüberschreitung sind gemäß der Zugehörigkeit zur LAGA-Einbauklasse zu entsorgen.

Bei den 50 untersuchten Bodenproben weisen die Substrate der Schicht 1 erwartungsgemäß die höchsten Belastungen auf. In dieser Schicht wurden PAK (EPA)-Belastungen ermittelt, die zur Einstufung der entsprechenden Proben in die Einbauklassen Z.1.2 (n=4), Z2 (n=3) und >Z2/DKI

(n=5) führen. Daneben führen vor allem erhöhte Schwermetallgehalte (Arsen, Chrom, Nickel) sowie Chlorid-Gehalte zu einer Einstufung in die Einbauklassen Z1.1 und Z1.2.

In den Schichten 2 und 3 hält die überwiegende Anzahl der untersuchten 20 Proben die Zuordnungswerte Z0 ein. Erhöhte Chrom-, Nickel- und Chloridwerte von fünf Proben führen zur Einstufung in die LAGA-Einbauklasse Z.1.1 bzw. Z.1.2. Zwei Proben weisen Werte > Z2 auf und sind der Deponieklasse I der DepV zuzuordnen. Bei den ermittelten erhöhten Werten für Chrom, Nickel und Chlorid handelt es sich zu mindestens teilweise um geogene Belastungen.

Böden der Einbauklasse Z0 können uneingeschränkt wieder eingebaut werden. Für Böden der Einbauklasse Z 1.1 und Z 1.2 ist ein eingeschränkter offener Einbau möglich. Böden der Einbauklasse Z2 sind eingeschränkt mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen wiedereingebaut. Für Böden der Deponieklasse I ist eine Verwertung in deponiebau-technischen Maßnahmen innerhalb und außerhalb Hessens erforderlich.

Die durchgeführten abfalltechnischen Untersuchungen haben orientierenden Charakter. Zur abfalltechnischen Vorabdeklaration der im Zuge der Baumaßnahme anfallenden Entsorgungsmassen ist eine weitere Untersuchungskampagne mit verdichtetem Probenahmeraster erforderlich. Alternativ sollten im Zuge der Baumaßnahme anfallende Entsorgungsmassen sortenrein getrennt aufgehaldet und anhand von Haldenbeprobungen und entsprechender Analytik deklariert werden.

Zur Sicherstellung der Ausführungsqualität wird eine Fachbauüberwachung für erforderlich gehalten.

2 VORBEMERKUNG

Die Verkehrsgesellschaft Frankfurt am Main mbH (VGF) und die Stadt Frankfurt am Main planen die Verlängerung der U-Bahnstrecke U5 zwischen der U-Bahnstation Preungesheim und den Gleisanlagen der S-Bahnstation Frankfurter Berg in Frankfurt am Main. Der geplante Streckenverlauf soll dabei etwa dem Verlauf der Homburger Landstraße entsprechen.

Die CDM Consult GmbH, Alsbach, wurde von der Verkehrsgesellschaft Frankfurt am Main auf der Grundlage der Honorarangebote A77299 und A77299.N1 beauftragt, die für die Baumaßnahme erforderlichen geotechnischen Feld- und Laborversuche durchzuführen und ein Baugrund- und Gründungsgutachten für den geplanten Neubau auszuarbeiten. Darüber hinaus sollten orientierende abfalltechnische Untersuchungen des Bodens sowie der Asphaltdecken durchgeführt werden.

Das vorliegende Gutachten beschreibt die im Planungsgebiet erkundeten Baugrund- und Grundwasserverhältnisse. Auf der Grundlage der Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse sowie der bei CDM vorliegenden Erfahrungen zum örtlich anstehenden Baugrund werden charakteristische Bodenkennwerte angegeben und erdbau- und gründungstechnische Angaben sowie Hinweise zur Bauausführung mitgeteilt.

In einer weiteren Kampagne sollen ergänzende abfalltechnische Untersuchungen durchgeführt werden.

3 UNTERLAGEN

- [U1] Hessisches Landesamt für Geologie und Umwelt, Wiesbaden:
Geologische Karte von Hessen, Blatt 5818 Frankfurt am Main Ost mit Erläuterungen, 1993
- [U2] Referat Umweltschutz / Stadtvermessungsamt Frankfurt am Main (Herausgeber):
Liegendes der Quartären Deckschichten „Abgedeckte Karte“, M 1 : 30.000, 1985
- [U3] Referat Umweltschutz / Stadtvermessungsamt Frankfurt am Main (Herausgeber):
Mächtigkeit der quartären Deckschichten, M 1 : 30.000, 1987
- [U4] TransTec Bauplanungs- und Managementgesellschaft Hannover mbH, Hannover:
Entwurfsplanung U-Bahnstrecke U5, Verlängerung Frankfurter Berg, Vorabzug vom 20.10.2010, Lagepläne und Querprofile, sowie Grundplan mit Höhenangaben

- [U5] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Planungskarte zur DIN 4149: 2005-04; Erdbebenzonen und geologische Untergrundklassen in Hessen, M1:200.000, Februar 2007
- [U6] Kampfmittelräumdienst des Landes Hessen, Darmstadt: Frankfurt am Main - Frankfurter Berg, Preungesheim, Kampfmittelbelastung und -räumung, Schreiben vom 06.09.2010
- [U7] Regierungspräsidien Darmstadt, Gießen, Kassel; Abteilungen Umwelt: Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“ (Baumerkblatt), Stand 15.05.2009.
- [U8] Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln, Richtlinie 20, 4. erweiterte Auflage, Erich Schmidt Verlag, 6.11.1997
- [U9] Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2009 Teil I Nr. 22, ausgegeben zu Bonn am 29. April 2009: Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts, 27. April 2009.
- [U10] Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), BGBl. I S. 1554, 12. Juli 1999, zuletzt geändert durch Art. 16 G v. 31.7.2009 I 2585.
- [U11] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Asphaltstraßen: Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau, RuVA-StB 01; Ausgabe 2001, Fassung 2005.
- [U12] ZTV E-StB 09, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Fassung 2009
- [U13] Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen; RStO 01, Ausgabe 2001
- [U14] DIN EN 1536:1999-06:
Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau); Bohrpfähle
- [U15] Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2001: Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis- Verordnung - AVV) vom 10. Dezember 2001 (BGBl. I S. 3379), zuletzt geändert durch Artikel 7 des Gesetzes vom 15. Juli 2006 (BGBl. I S. 1619)

4 BAUMAßNAHMEN

4.1 U-Bahnstrecke

Die entlang der Homburger Landstraße in Frankfurt am Main geplante Verlängerung der U-Bahnstrecke U5 hat eine Gesamtlänge von ca. 1,7 km und wird als Lückenschluss zwischen der U-Bahnstation Preungesheim und dem S-Bahnhof Frankfurter Berg dienen (Anlage 1.1).

Die zweigleisige Strecke führt mit Anbindung an die bestehende Station Preungesheim in nördliche Richtung und unterquert im südlichen Trassenbereich die Bundesautobahn A661 (ca. km 0+270). Dort schwenkt die Trasse in nordwestliche Richtung ab und verläuft bis zum Trassenende etwa entlang der Homburger Landstraße.

Die Trasse verläuft im Wesentlichen in vorhandenen Straßen- und Gehwegbereichen, wobei auch vorhandene Grünflächen innerhalb bzw. seitlich der Homburger Landstraße in Anspruch genommen werden [U4]. In die Umgestaltung der Straßenbereiche werden auch die bestehenden Straßeneinmündungen mit einbezogen.

Angaben zur Höhenlage der Gradienten liegen bislang nicht vor. Es wird im Folgenden davon ausgegangen, dass die Gradienten etwa in Höhe der derzeitigen Straßenoberfläche liegen wird.

Gemäß den Angaben der im Bereich der Bahnsteige geführten Regelquerschnitte aus [U4] sollen die Gleise auf Ort betonlängsbalken (Beton C30/37) aufgelagert werden. Unter dem Ort betonlängsbalken wird eine 35 cm dicke Schottertragschicht 0/32 angeordnet, auf der ein Verformungsmodul von $E_{V2} = 120 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen ist.

4.2 Fahrbahnen

In allen anderen Bereichen (Regelquerschnitte C-C bis F-F gemäß [U4]) verläuft die Trasse im Straßenbereich.

Des Weiteren ist der Neubau von Fahrbahnen, Busspuren, Parkstreifen und Gehwegen und Wirtschaftswegen geplant. Zum Ausbau liegen folgende Angaben vor:

Fahrbahn Bauklasse II

4 cm	Splittmastixasphalt SMA 11 S 25/55 – 55 A
8 cm	Asphaltbinderschicht AC 22 BS 25/55 – 55 A
10 cm	Asphalttragschicht AC 32 TS 50/70
30 cm	Schottertragschicht 0 / 45

Busspur und Fahrbahn Bauklasse III (Station Preungesheim)

- 4 cm Splittmastixasphalt mit Aufheller SMA 11 S 25/55 – 55 A
- 4 cm Asphaltbinderschicht AC 16 BS 25/55 – 55 A
- 10 cm Asphalttragschicht AC 32 TS 50/70
- 30 cm Schottertragschicht 0 / 45

Oberbau Gehwege (Stationen)

- 10 cm Gehwegplatten 40x40
- 4 cm Edelbrechsand-Splitt-Gemisch 0/5
- 10 cm Schottertragschicht 0/32

4.3 Haltestationen und Stützwand

Neben der Umgestaltung der Station Preungesheim ist der Neubau von 3 weiteren Haltestationen geplant [U4]. Dies sind die Stationen August-Schanz-Straße, Berkersheimer Weg und der Endpunkt Frankfurter Berg. Die Bahnsteige werden als Hochbahnsteige mit einer Bahnsteiglänge von jeweils 75 m ausgeführt. Die Gründung der Bahnsteige wird voraussichtlich auf Streifenfundamenten erfolgen.

Der Endbahnsteig Frankfurter Berg wird im Bereich einer Kleingartenanlage angeordnet. Aufgrund des dortigen Verlaufs der Geländeoberfläche wird hier eine bis zu etwa 4,5 m hohe Geländeaufschüttung erforderlich, die auf der östlichen Seite geböscht ausgeführt wird. Entlang der Westseite des Bahnsteigs wird die Anordnung einer Stützwand erforderlich.

4.4 Fahrleitungsmasten

Die Fundamente der Fahrleitungsmasten sollen voraussichtlich auf Bohrpfählen gegründet werden. Die Maststandorte stehen derzeit jedoch noch nicht fest, so dass die im vorliegenden Fall gewählten Untersuchungsstellen nicht auf die Lage von Maststandorten abgestimmt werden konnte.

5 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

5.1 Felduntersuchungen

Gemäß [U6] liegt das Projektgebiet in einem Bombenabwurfgebiet. Zur Erkundung von Kampfmitteln wurden vorlaufend zur Baugrunderkundung die Bereiche der Bohr- und Sondieransatzstellen von der Firma KMO Kampfmittelortung Welker GmbH, Kirn, hinsichtlich des Vorhandenseins von Bombenblindgängern untersucht und für die Ausführung der Sondierungen freigegeben.

Die Felduntersuchungen erfolgten im Zeitraum vom 14.09.2010 bis 07.10.2010 zum Teil durch mehrere Sondiertrupps der CDM Consult GmbH. Im Einzelnen wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- 11 Bohrsondierungen (BS) mit Tiefen bis 6 m unter Gelände
(BS 1 bis BS 3, BS 6 bis BS 8, BS 10 bis BS 12, BS 14 und BS 15)
- 11 Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH gemäß DIN EN ISO 22476-2) mit Tiefen von bis zu 6 m unter Gelände
(DPH 1 bis DPH 3, DPH 6 bis DPH 8, DPH 10 bis DPH 12, DPH 14 und DPH 15)
- 19 Schürfe in Grünflächen bis 1,5 m Tiefe unter Gelände
- 15 Schürfe im Straßen- und Gehwegbereich bis 1,5 m Tiefe unter Gelände
- 9 Kernbohrungen im Asphalt (Durchmesser 200 mm)

Die Ansatzpunkte waren einerseits nach Gesichtspunkten der Verkehrssicherheit, als auch im Hinblick auf möglicherweise im Untergrund vorhandene Leitungstrassen lagemäßig auszurichten und den Örtlichkeiten anzupassen. Dementsprechend waren ursprünglich geplante Untersuchungsstellen insbesondere im Bereich vorhandener Leitungstrassen zum Teil zu verlegen. Dementsprechend sind in Auffüllbereichen von Leitungs- und Kabeltrassen Abweichungen im Hinblick auf die erkundeten Baugrundverhältnisse und Ergebnisse der abfalltechnischen Untersuchungen möglich.

An allen Sondieransatzpunkten der Bohr- und Rammsondierungen und vor Ausführung der Kampfmittelsondierungen waren zur Erkundung von vorhandenen Leitungen Suchschürfe auszuführen.

Die Untersuchungsstellen wurden lage- und höhenmäßig eingemessen. Als Höhenbezug dienten die in [U4] angegebenen Vermessungsdaten unmittelbar seitlich der jeweiligen Aufschlusspunkte.

Die Lage der Aufschlüsse ist in den Lageplänen der Anlage 1.3 dargestellt. Die Profile der Bohrsondierungen sind in den Baugrundschnitten in der Anlage 1.5 zeichnerisch dargestellt. In den Baugrundschnitten sind weiterhin die Ergebnisse der Rammsondierungen als Rammdiagramme

aufgetragen. Bei den Rammdiagrammen werden die Schlagzahlen N_{10} über die Tiefenlage der Sondierspitze zeichnerisch aufgetragen. Dabei ist N_{10} die zum Eintreiben der Sonde um jeweils 10 cm erforderliche Anzahl von Schlägen.

Die Ergebnisse der Schürfe und Asphaltbohrungen sind in Anlage 3 und Anlage 4 dargestellt.

Eine Fotodokumentation der mit den aus den Kernbohrungen entnommenen Asphaltkernen enthält die Anlage 5.

Das aus den Bohrsondierungen und Schürfen entnommene Bohrgut wurde von Mitarbeitern der CDM in bergfrischem Zustand geotechnisch aufgenommen und stratigraphisch eingestuft. Zusätzlich wurde das Material hinsichtlich organoleptischer Auffälligkeiten (Farbe/Geruch etc.) angesprochen. Aus dem Bohrgut wurden gestörte Bodenproben für geotechnische und umwelttechnische Untersuchungen entnommen. Eine Dokumentation der Bodeneinstufung, -ansprache und -beprobung ist in Form von Schichtenprofilen bzw. Schnitten in Anlage 2, 3 und 4 enthalten.

5.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Die entnommenen Bodenproben wurden in das Erdbaulabor der CDM Consult GmbH eingeliefert und gemäß DIN EN ISO 14688 und DIN 18 196 bodenmechanisch beurteilt und geotechnisch klassifiziert. An ausgewählten Proben wurden folgende bodenmechanische Laborversuche durchgeführt:

- 22 x Bestimmung der Korngrößenverteilung gemäß DIN 18123
- 8 x Bestimmungen der Zustandsgrenzen gemäß DIN 18122
- 14 x Bestimmungen der Wassergehalte gemäß DIN 18121

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche sind in der Anlage 6.1 dokumentiert. Die an den Bodenproben ermittelten Korngrößenverteilungen sind in der Anlage 6.2 und die Plastizitätsdiagramme in der Anlage 6.3 aufgetragen.

5.3 Chemische Untersuchungen

Die Auswahl der zu untersuchenden Einzelproben und die Zusammenstellung der zu analysierenden Mischproben erfolgte aufgrund eines unterschiedlichen Untergrundaufbaus nach den vorliegenden Nutzungen (Straßen, Gehwege und Grünflächen). Ziel der getroffenen Probenauswahl war es, auf Grundlage der zur Verfügung stehenden Anzahl der Aufschlüsse eine erste abschätzende flächendeckende Aussage über die Belastung des Untergrunds im Bereich der verschiedenen Nutzungen zu treffen.

Von den mit Hilfe der Aufschlüsse gewonnenen Asphaltproben aus den Straßenbereichen wurden alle zur chemischen Untersuchung ausgewählt. Grundsätzlich wurde eine Probe des gesamten Tiefenprofils des Bohrkerns untersucht. Bei Antreffen einer den Asphalt unterlagernden, augenscheinlich angespritzten Schottererschicht wurde diese separat über ihre Gesamtmächtigkeit beprobt. Da unterlagernder Schotter bei gleicher Belastung wie die Asphaltdeckschicht im Entsorgungsvollzug gemeinsam mit dem Asphalt entsorgt wird, wurden die Schotterproben auf die gleichen Parameter wie die Asphaltproben (PAK im Feststoff und Phenolindex im Eluat) untersucht.

Aus den Grünflächen wurden je nach Flächengröße und Aufschlussanzahl Einzel- oder Mischproben jeweils über die gesamte Oberbodenschichtmächtigkeit entnommen und auf den Parameterumfang der BBodSchV [U10], Anhang 2, Tabelle 4.1 und 4.2 sowie TOC analysiert.

In Gehwegen angetroffene Oberflächenbefestigungen aus Beton wurden einzeln über das gesamte Tiefenprofil des Bohrkerns beprobt und gemäß LAGA [U8] Bauschutt, Tabelle II.1.4.-5/6, untersucht.

Da gemäß den vorliegenden Unterlagen für den Straßenbahnneubau [U4] die geplanten Bodeneingriffe hauptsächlich die oberflächennahen Auffüllungen betreffen, wurden für die Untersuchung der Bodenproben schwerpunktmäßig Proben aus den anstehenden Auffüllungen der Schicht 1 ausgewählt. Da gemäß [U4] an einigen Stellen auch Eingriffe in die Schicht 2 und 3 (=natürlich anstehender Boden) vorgesehen sind, wurden auch einige Proben aus diesen Schichten zur Untersuchung ausgewählt. Die Beprobung des Bodens erfolge jeweils schicht- bzw. meterweise sowie bei organoleptischen Auffälligkeiten. Untersucht wurden die Proben gemäß LAGA [U8] Boden, Tabelle II.1.2-2/3, und auftragsgemäß auf die Ergänzungsparameter der Deponieverordnung [U9].

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die aus dem gewonnenen Probenmaterial zur chemischen Untersuchung weitergeleitete Einzel- und Mischproben. Die Asphalt-, Schotter- und Betonproben wurden in PE-Beuteln und die Bodenproben in Braunglas-Weithalsflaschen mit Schraubdeckelverschluss verwahrt.

Tabelle 5.5-1: Untersuchungsprogramm mit Darstellung der Mischprobenzusammensetzung

Aufschluss	Material	Entnahmetiefe [m]		LAGA Boden + DepV	LAGA Bauschutt	BBodSchV , Anhang 2 Nr. 4.1 + 4.2 + TOC	PAK + Phenolindex
		von	bis				
BS 2	A	0,1	1,3	1			
BS 2	G	1,3	4,4	1			
BS 3	O	0	0,6			OMP 1	
BS 3	G	0,6	2	MP 1			

Aufschluss	Material	Entnahmetiefe [m]		LAGA Boden + DepV	LAGA Bau-schutt	BBodSchV , Anhang 2 Nr. 4.1 + 4.2 + TOC	PAK + Phenol-index
		von	bis				
Sch 3 ²	O	0	0,6				
Sch 3	G	0,6	2	MP 1			
Sch 3a ³	O	0	0,6			OMP 1	
Sch 3a	G	0,6	2	MP 1			
Sch 5	O	0	0,15			OMP 2	
Sch 5	A	0,15	0,7	MP 2			
Sch 5	A	0,7	1,1	MP 2			
BS 6	O	0,1	0,4			OMP 2	
BS 6	A	0,4	1,6	1			
BS 6	G	1,6	1,9	MP 3			
BS 6	G	1,9	3	MP 3			
BS 6	G	3	4	MP 3			
Sch 19	A	0	0,2	MP 4			
Sch 19	A	0,2	0,3	MP 4			
Sch 19	A	0,3	0,9	MP 5			
Sch 15	A	0	0,2	MP 4			
Sch 15	A	0,2	0,3	MP 4			
Sch 15	A	0,3	1,5	MP 5			
BS 8	A	0	0,5	MP 6			
BS 8	A	0,5	1,3	MP 6			
BS 8	A	1,3	1,8	MP 6			
BS 8	G	1,8	3	1			
BS 8 ¹	G	3	4				
BS 7	A	0,1	0,6	MP 7			
BS 7	A	0,6	1,7	MP 7			
BS 7	G	1,7	2,2	1			
BS 7	G	2,2	3,5	MP 8			
BS 7	G	3,5	5,5	MP 8			
BS 10neu	O	0	0,1			OMP 3	
BS 10neu	A	0,1	1,2	MP 9			
BS 10neu	G	1,2	2	MP 10			
BS 10neu	G	2	2,8	MP 10			
BS 10neu	G	2,8	4	1			
Sch 39	O	0	0,2			OMP 3	
Sch 39	A	0,2	0,7	MP 9			
Sch 39	G	0,7	0,85	1			

Aufschluss	Material	Entnahmetiefe [m]		LAGA Boden + DepV	LAGA Bau-schutt	BBodSchV , Anhang 2 Nr. 4.1 + 4.2 + TOC	PAK + Phenol-index
		von	bis				
Sch 44	O	0	0,2			OMP 3	
Sch 44	A	0,2	0,6	MP 9			
Sch 44	A	0,6	0,95	MP 9			
Sch 49	O	0	0,05			OMP 3	
Sch 49	A	0,05	0,15	MP 9			
Sch 49	A	0,15	0,5	MP 9			
Sch 49	A	0,5	0,8	MP 9			
Sch 4 ¹	Asph	0	0,33				1
Sch 4	A	0,33	1,05	MP 11			
Sch 7	Asph	0	0,24				1
Sch 7	A	0,24	1,2	MP 11			
Sch 6	A	0,12	0,25	MP 12			
Sch 6	A	0,25	0,8	MP 12			
Sch 6	G	0,8	1,45	1			
Sch 29	Asph	0	0,2				1
Sch 29	A	0,2	0,4	MP 13			
Sch 29	A	0,4	0,5	MP 13			
Sch 30	A	0,12	0,4	MP 14			
Sch 30	A	0,4	0,7	MP 14			
Sch 30	A	0,7	1,2	MP 14			
Sch 45	A	0	0,2			OMP 4	
Sch 45	A	0,2	0,3	MP 15			
Sch 45	A	0,3	0,9	MP 15			
BS 12	O	0	0,3			OMP 4	
BS 12	A	0,3	0,5	MP 15			
BS 12	G	0,5	1	MP 16			
BS 12	G	1	2	MP 16			
BS 12	G	2	3	MP 16A			
BS 12	G	3	4	MP 16A			
Sch 51	O	0,1	0,3			OMP 5	
Sch 51	A	0,3	0,6	MP 17			
Sch 51	A	0,6	0,7	MP 17			
Sch 55	O	0,1	0,3			OMP 5	
Sch 55	A	0,3	0,5	MP 17			
Sch 63	O	0	0,2			1	
Sch 63	A	0,2	0,4	MP 18			

Aufschluss	Material	Entnahmetiefe [m]		LAGA Boden + DepV	LAGA Bau-schutt	BBodSchV , Anhang 2 Nr. 4.1 + 4.2 + TOC	PAK + Phenol-index
		von	bis				
Sch 63	A	0,4	0,7	MP 18			
Sch 63	A	0,7	0,85	MP 18			
BS 14	Asph	0	0,1				1
BS 14	A	0,1	0,8	1			
BS 14	A	0,8	1,3	1			
BS 14	G	1,3	3	1			
Sch 1 (BS 1)	Asph	0,00	0,08				1
Sch 1 (BS 1)	A	0,08	0,15	MP 19			
Sch 1 (BS 1)	A	0,15	0,40	MP 19			
Sch 1 (BS 1)	A	0,40	1,00	MP 20			
Sch 1 (BS 1)	A	1,00	2,00	MP 20			
Sch 1 (BS 1)	A	2,00	3,70	MP 20			
Sch 1 (BS 1) ¹	G	3,70	4,90				
Sch 1 (BS 1) ¹	G	4,90	6,00				
Sch 2	Asph	0,00	0,25				1
Sch 2	A	0,25	0,45				1
Sch 2	A	0,45	0,65	1			
Sch 11 ²	A	0,10	0,13				
Sch 11	A	0,13	0,35	MP 21			
Sch 11 ²	A	0,35	0,60				
Sch 11	G	0,60	1,30	1			
Sch 21	O	0,00	0,10			1	
Sch 21	A	0,10	0,70	MP 22			
Sch 21	G	0,70	1,10	1			
Sch 28	A	0,20	0,60	MP 22			
Sch 28	A	0,60	1,00	MP 22			
Sch 23	O	0,00	0,20			OMP 6	
Sch 23	A	0,20	0,90	MP 24			
Sch 23	G	0,90	1,30	MP 23			
Sch 23	G	1,30	1,50	MP 23			
Sch 27	A	0,20	0,80	MP 24			
Sch 27	G	0,80	1,50	MP 23			
Sch 32	A	0,15	0,60	MP 24			
Sch 32	A	0,60	1,20	MP 24			
Sch 32	G	1,20	1,40	MP 23			
Sch 35	O	0,00	0,30			OMP 6	

Aufschluss	Material	Entnahmetiefe [m]		LAGA Boden + DepV	LAGA Bau-schutt	BBodSchV , Anhang 2 Nr. 4.1 + 4.2 + TOC	PAK + Phenol-index
		von	bis				
Sch 35	A	0,30	0,50	MP 24			
Sch 35	G	0,50	1,50	MP 23			
BS 11	O	0,00	0,20			OMP 6	
BS 11	A	0,20	1,00	MP 24			
BS 11	G	1,00	2,00	MP 23			
BS 11	G	2,00	3,00	MP 23			
BS 11	G	3,00	4,00	MP 25			
BS 11	G	4,00	5,00	MP 25			
BS 11 ²	G	5,00	6,00				
Sch 36	O	0,00	0,35			1	
Sch 36	A	0,35	0,45				1
Sch 36	A	0,45	0,60	1			
Sch 36	G	0,60	1,20	1			
Sch 38	Asph	0,00	0,24				1
Sch 38	A	0,24	0,45				1
Sch 40	A	0,12	0,20	MP 26			
Sch 40	A	0,20	0,60	MP 26			
Sch 40	G	0,60	1,00	MP 27			
Sch 40	G	1,00	1,30	MP 27			
Sch 64	A	0,20	0,40	MP 28			
Sch 64	A	0,40	0,60	MP 28			
Sch 65	Asph	0,00	0,23				1
Sch 65	A	0,23	0,40				1
Sch 65	G	0,40	0,85	1			
Sch 71	Asph	0,00	0,35				1
Sch 71	A	0,35	0,50				1
Sch 71	B	0,50	0,60		1		
Sch 77	B	0,10	0,60		1		
Sch 77	A	0,60	1,00	MP 29			
Sch 77	A	1,00	1,20	MP 29			
Sch 88	Asph	0,15	0,28				1
Sch 88	A	0,28	0,50				1
Sch 88	G	0,50	0,80	1			
BS 15	O	0,00	0,10			1	
BS 15	A	0,10	1,30	1			
BS 15	G	1,30	2,00	1			

Aufschluss	Material	Entnahmetiefe [m]		LAGA Boden + DepV	LAGA Bau-schutt	BBodSchV , Anhang 2 Nr. 4.1 + 4.2 + TOC	PAK + Phenol-index
		von	bis				
BS 15 ¹	G	2,00	3,00				
BS 15 ¹	G	3,00	4,00				
BS 15 ¹	G	4,00	5,40				
BS 15 ¹	G	5,40	6,00				

¹ Proben wurden nicht für Untersuchung ausgewählt, stehen aber als Rückstellprobe zur Verfügung

² ungenügendes Probenmaterial, nicht untersucht

LAGA = Länderarbeitsgemeinschaft Abfall

DepV = Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts

BBodSchV = Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung

PAK = Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe

O = Oberboden

A = Auffüllung

Asph = Asphalt

G = gewachsener Boden

B = Beton

Die Proben wurden in das Labor Chemlab GmbH, Bensheim, eingeliefert. Die Asphalt- und Schotterproben aus den Straßenbereichen wurden auf die 16 PAK-Einzelparameter nach EPA-Liste im Feststoff sowie auf den Phenol-Index im Eluat analysiert. Die aus dem Oberboden von Grünflächen entnommenen Proben wurden hinsichtlich der Vorgaben der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) [U10] untersucht. An den aus den Oberflächenbefestigungen gewonnenen Betonproben wurden die Parameter gemäß LAGA M 20 [U8], Tabelle II.1.4-4/5 bestimmt. Bodenproben wurden gemäß LAGA M 20 [U8], Tabelle II. 1.2-2/3, und auftragsgemäß ergänzend gemäß Anhang 3 Tabelle 2 der Deponieverordnung [U9] untersucht. Die Untersuchungsergebnisse sind in Anlage 7 bis Anlage 10 zusammengestellt.

6 BAUGRUND

6.1 Geologische Übersicht

Im Bereich des Baufeldes sind gemäß den Angaben in den geologischen Karten ([U1], [U2], [U3]) sind oberflächennah neben künstlichen Auffüllungen insbesondere im nördlichen Trassenbereich Löß, Lößlehme zu erwarten (Anlage 1.2). Am nördlichen Trassenende sowie etwa in Streckenmitte sind Basalte ausgewiesen. Im südlichen Bereich sind tertiäre Tone, Schluffe, Sande und Kiese sowie quartäre Sande und Kiese dokumentiert.

Gemäß den Angaben in [U3] ist die Dicke der quartären Deckschichten im nördlichen Bereich zu etwa 5 m bis 10 m und im überwiegenden Teil der Strecke zu etwa 2 m bis 5 m zu erwarten. Im Bereich der Autobahnbrücke im Süden sind Schichtdicken des Quartärs von weniger als 1 m bzw. etwa 1 m bis 2 m ausgewiesen.

6.2 Baugrundaufbau

Die Aufteilung des aufgeschlossenen Baugrundes in Schichten wurde nach bodenmechanischen Gesichtspunkten unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Feld- und Laboruntersuchungen im Hinblick auf die Angabe von Bodenkennwerten vorgenommen. Demzufolge ergibt sich im Projektgelände die nachfolgend beschriebene Schichtengliederung:

6.2.1 Schicht 1: Auffüllungen / Oberbau von Straßen und Gehwegen

Bei den in Grünflächen ausgeführten Bohrsondierungen und Schürfen wurde die Dicke des Oberbodens überwiegend zu etwa 20 cm bis 30 cm festgestellt. Im Bereich der Kleigartenanlage wurden Oberbodendicken von bis zu etwa 60 cm gemessen.

Mit Ausnahme der Bohrsondierung BS 3, die innerhalb der Kleingartenanlage im Norden der Homburger Landstraße ausgeführt wurde, wurden bei allen Bohrsondierungen unter der an den Sondieransatzstellen vorhandenen Oberbodenabdeckung oder der Oberflächenversiegelung Auffüllungen angetroffen. Die Auffüllungen reichen an den Sondieransatzpunkten überwiegend bis in Tiefen zwischen etwa 0,5 m (BS 12) und 1,8 m (BS 8) unter Gelände. Bei der Bohrsondierung BS 1, die im nördlichen Bereich der Homburger Landstraße ausgeführt wurde, wurden die Auffüllungen bis in 3,7 m Tiefe unter Gelände angetroffen. Die bei BS 1 erkundeten Auffüllungen repräsentieren die Dammschüttung der dort in Dammlage verlaufenden Homburger Landstraße.

Die Auffüllungen bestehen bodenmechanisch überwiegend aus Sanden, sandigen, kiesigen Schluffen und schluffigen, kiesigen, sowie teils steinigen Sanden, wobei die Anteile der genannten Kornfraktionen örtlich stark variieren können. Zum Teil (z. B. bei BS 14) sind schwach tonige bzw. organische Beimengungen und Schotter angetroffen worden.

Der Bei BS 1 erkundete Damm ist im Wesentlichen aus sandigen, teils tonig-kiesigen Schluffen steifer Konsistenz aufgebaut. Den Böden der Auffüllungen sind zum Teil Ziegel-, Beton-, Asphalt- oder Schlackereste beigemischt. Die Auffüllungen haben überwiegend eine hell- bis dunkelbraune, graue oder zum Teil eine schwarze Farbe.

Die bindigen Auffüllungen besitzen nach der bodenmechanischen Ansprache des Sondierguts überwiegend eine steife Konsistenz.

An 12 aus den Auffüllungen entnommenen Bodenproben wurden die Korngrößenverteilungen bestimmt. Die Ergebnisse sind in der Anlage 6.2 aufgetragen. Demnach handelt es sich bei den untersuchten Proben nach der Granulometrie um schwach bis stark sandige, tonige Schluffe mit zum Teil kiesigen Bestandteilen, schwach schluffige bis schluffige, kiesige Sande und um tonige, schluffige, sandige Kiese.

Die untersuchten Proben sind gemäß DIN 18196 den Bodengruppen SU, SU* (Sand-Schluff-Gemische), SI (intermittierend gestufter Sand), sowie GU und GU* (Kies-Schluff-Gemische) zuzuordnen.

Die untersuchten Proben sind überwiegend der Frostepfindlichkeitsklasse F3 (sehr frostepfindlich) zu klassifizieren (9 von 12 Proben). Untergeordnet sind die Proben der Frostepfindlichkeitsklasse F1 (nicht frostepfindlich) bzw. F2 (gering bis mittel frostepfindlich) gemäß ZTV E-StB 09 [U12] zuzuordnen.

An insgesamt 15 Stellen wurde der vorhandene Straßen- oder Gehwegoberbau mit Kernbohrungen in bestehenden Asphalt- und Pflasterflächen erkundet. Die diesbezüglichen Untersuchungsergebnisse sind anhand der Fotodokumentation der Anlage 5 und den in der Anlage 3 dargestellten Profilen dokumentiert. Im Einzelnen wurde an den Untersuchungsstellen folgender Aufbau erkundet:

SCH 1	<i>Gehweg</i>
8 cm	Asphalt
7 cm	Kies, sandig
25 cm	Sand, stark kiesig
	darunter folgen Auffüllungen (Schluff, sandig, schwach kiesig)

SCH 2 *Straße*
 24 cm Asphalt
 20 cm Schotter
 20 cm Kies, sandig (alte Tragschicht?)
 darunter folgt feinsandiger, toniger Schluff

SCH 4 *Straße (vor Kleingartenanlage)*
 24 cm Asphalt

SCH 6 *Gehweg*
 8 cm Betonstein
 4 cm Splitt
 13 cm Schotter

SCH 7 *Straße*
 23,5 cm Asphalt

SCH 29 *Straße*
 19,5 cm Asphalt
 7 cm Kies, sandig
 25 cm Sand, stark kiesig

SCH 30 *Gehweg*
 8 cm Betonstein
 4 cm Sand
 28 cm Sand-Schottergemisch
 darunter folgen Auffüllungen (U, s, g')

SCH 38 *Straße*
 21,5 cm Asphalt
 ≥ 21 cm Schotter, verfestigt

SCH 40 *Gehweg*

8 cm Betonstein

4 cm Sand

8 cm Sand-Schottergemisch

darunter folgen Auffüllungen (U, t, ' s, g') mit Schotterresten

SCH 64 *Gehweg*

8 cm Betonstein

4 cm Sand

10 cm Schotter

20 cm Auffüllung: S, g, u

20 cm Auffüllung: Sand-Schottergemisch

SCH 65 *Straße*

19,5 cm Asphalt

17 cm Schotter

darunter folgt Sand, kiesig, schwach schluffig (S, g, u')

SCH 71 *Straße*

30 cm Asphalt

15 cm Schotter

≥ 10 cm Beton (Abbruch)

SCH 77 *Zufahrt Parkplatz unter Brücke*

10 cm Betonstein

50 cm Magerbeton

Auffüllungen (U, s, g mit Schlacke-, Ziegelstein- und Glasresten)

SCH 88 *Busspur Station Preungesheim*

10 cm Betonstein

5 cm Splitt

13 cm Asphalt

22 cm Schotter

≥ 30 cm S, g, u'

6.2.2 Schicht 2: Quartäre Schluffe und Tone

Unterhalb der vorgenannten Böden folgen, sofern sie nicht vollständig durch Auffüllungen ersetzt wurden, quartäre Schluffe und Tone. Dabei handelt es sich bei den im nördlichen Trassenbereich (BS 2 bis BS 7 und BS 10) anstehenden Böden überwiegend um feinsandige, schwach tonige bis tonige Schluffe (Löß, Lößlehm) mit bereichsweise vorhandenen stark schluffigen Feinsandlagen. Bei BS 2 wurde ferner ab 5,4 m bis zur Endteufe von 6 m unter Ansatzpunkt schwach kiesiger, toniger, schluffiger Feinsand erbohrt. Die bindigen Böden weisen nach der bodenmechanischen Ansprache des Sondierguts und der Ergebnisse der Rammsondierungen eine überwiegend steife und zum Teil eine weiche oder halbfeste Konsistenz auf und sind in der Regel kalkhaltig bzw. stark kalkhaltig. Sie haben eine überwiegend hellbraune bis braune Farbe.

Nach Süden hin wurden überwiegend feinsandige, tonige, Schluffe mit zum Teil kiesigen oder schwach organischen Beimengungen (Wurzelreste) und feinsandige, schluffige Tone von überwiegend brauner Farbe erbohrt. Die Konsistenz der Böden ist überwiegend weich bis steif, teils halbfest.

Die Unterfläche des Löß bzw. Lößlehms wurde mit den 4 m bis 6 m tief reichenden Bohrsondierungen BS 2, BS 3 und BS 6 nicht erreicht. In den übrigen Bereichen ist die Schichtunterfläche zwischen etwa 1,3 m und 3 m anzunehmen, wobei die Schichtgrenze zur Schicht 3 (siehe unten) insbesondere im südlichen Trassenbereich nicht immer eindeutig festgestellt werden konnte.

An acht Bodenproben aus der Schicht 2 wurden die Korngrößenverteilungen bestimmt (Anlage 6.2). Demnach handelt es sich bei den untersuchten Proben nach der Granulometrie überwiegend um schwach bis stark tonige, schwach sandige bis sandige Schluffe bzw. bei einer Probe um einen schwach kiesigen, schwach tonigen, schluffigen Sand.

Die Plastizitätsgrenzen wurden an sechs Proben bestimmt (Anlage 6.3). Demnach sind die Proben den Bodengruppen TL (leicht plastischer Ton) und TM (mittelpastischer Ton) zuzuordnen. Die Konsistenzzahlen betragen $I_C = 0,71$ bis 1,09, entsprechend einer bei zwei Proben ermittelten weichen und an drei Proben festgestellten steifen Konsistenz. Eine Probe weist eine halbfeste Konsistenz auf.

Die Böden der Schicht 2 sind der Frostepfindlichkeitsklasse F3 (sehr frostepfindlich) zuzuordnen.

6.2.3 Schicht 3: Tertiäre Schluffe und Tone

Unterhalb der vorgenannten Böden wurden mit den Bohrsondierungen BS 7 bis BS 15 feinsandige, tonige Schluffe, die zum Teil schwach feinkiesige bzw. schwach organische Bestandteile aufweisen, angetroffen. Des Weiteren wurden sandige, bereichsweise schluffige, Tone erbohrt. Verschiedentlich sind Kalkeinlagerungen und Einlagerungen aus Basalttuffen festgestellt worden.

Gemäß der geologischen Karte ist ferner bereichsweise Basalt zu erwarten, der jedoch mit den Baugrundaufschlüssen nicht erkundet wurde. Die Böden haben überwiegend eine graue bzw. eine braune Farbe.

Die Konsistenz der bindigen Böden ist nach der Ansprache des Sondierguts und der Ergebnisse der Rammsondierungen als überwiegend weich bis steif und zum Teil als halbfest zu bezeichnen.

Zwei Proben aus der Schicht 3 wurden hinsichtlich ihrer Korngrößenverteilung und der Plastizitätsgrenzen untersucht. Demnach handelt es sich bei den untersuchten Proben nach der Granulometrie um schwach sandige bis sandige, tonige bis stark tonige Schluffe.

Die Proben sind den Bodengruppen TM (mittelplastischer Ton) und TA (ausgeprägt plastischer Ton) zuzuordnen. Die Konsistenzzahlen betragen $I_C = 0,88$ und $1,04$, entsprechend einer steifen und halbfesten Konsistenz.

Die Böden der Schicht 3 sind der Frostepfindlichkeitsklasse F3 (sehr frostepfindlich) und F2 (gering bis mittel frostepfindlich) zuzuordnen.

6.3 Bodenmechanische Berechnungskennwerte und Bodenklassen

Den Baugrundsichten werden die in Tabelle 6-1 zusammengestellten charakteristischen bodenmechanischen Berechnungskennwerte zugewiesen, sofern sie für die Bemessung der Gründung erforderlich sind. Die Ermittlung der Berechnungskennwerte erfolgt mit Hilfe der Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse, der Laborversuche und der CDM vorliegenden Erfahrungen zum Baugrund im näheren Umfeld des Projektgebietes. Soweit bei den Bodenkennwerten Bereiche angegeben sind, gelten für erdstatische Berechnungen die jeweils ungünstigeren Grenzwerte.

In Tabelle 6-2 erfolgt eine Zuordnung der mit den Bohrsondierungen aufgeschlossenen Bodenschichten zu den Bodengruppen nach DIN 18196 (Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke) und zu den Bodenklassen nach DIN 18300 und DIN 18301 (Boden- und Felsklassifikationen für Erd- und Bohrarbeiten gemäß VOB, Teil C).

Tabelle 6-1: Charakteristische bodenmechanische Berechnungskennwerte

Schicht	Wichte		Scherfestigkeit			Steifemodul	Durchlässigkeit k [m/s]
	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kN/m ²]	$c_u(\varphi_u=0)$ [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	
1 Auffüllungen bindig nichtbindig	19 ÷ 20	10	25 ÷ 27,5	2 ÷ 6	-	-	$5 \times 10^{-5} \div 10^{-6}$
	18 ÷ 19	9 ÷ 10	30 ÷ 32,5	0	-	-	$5 \times 10^{-4} \div 10^{-5}$
2 Quartäre Schluffe und Tone	18 ÷ 20	9 ÷ 10	25 ÷ 27,5	2 ÷ 6	50 ÷ 100	4 ÷ 10	$10^{-5} \div 10^{-7}$
3 Tertiäre Schluffe und Tone	19 ÷ 20	9 ÷ 10	22 ÷ 27,5	2 ÷ 10	20 ÷ 100	4 ÷ 15	$10^{-5} \div 10^{-8}$
Festgestein (Basalt, Kalkstein)	24	14	37,5	0	> 10.000	≥ 200	$10^{-1} \div 10^{-9}$

Tabelle 6-2: Bodengruppen (DIN 18196) und Bodenklassen (DIN 18300 und DIN 18301)

Schicht	Bodengruppe DIN 18196	Bodenklasse DIN 18300	Bodenklasse DIN 18301
1 Auffüllungen	SU, SU*, SE, SI, GI, GU, GU* TM, TL, UL, UM	3, 4 *)	BN1, BN2, BB2, BB3
2 Quartäre Schluffe und Tone	TM, TL, UL, UM	4, (3)	BB2, BB3
3 Tertiäre Schluffe und Tone	TM, TA, UL, UM, TL	4, 5, (3)	BB2, BB3
Festgestein (Basalt, Kalkstein)		6, 7	FV 1 - FV 6 (FD 3 – FD 5)

*) bei steinigen / blockigen Einschaltungen ist Bodenklasse 6 / 7 bzw. BS 1 bis BS 4 möglich

6.4 Erdbeben

In der Erdbebenkarte für die Bundesrepublik Deutschland werden gemäß DIN 4149, Ausgabe April 2005, die von Erdbeben in stärkerem Ausmaß betroffenen Gebiete nach steigendem Gefährdungsgrad in die Erdbebenzonen 0 bis 3 eingeteilt. Das hier betrachtete Baufeld liegt in der Erdbebenzone 0.

Der örtliche Baugrund ist gemäß DIN 4149 bzw. [U5] in die Erdbebenzone 0, die Untergrundklasse T und in die Baugrundklasse C einzustufen.

7 GRUNDWASSER

Grundwasser wurde bei keiner der 4 m bis 6 m tief geführten Sondierungen angetroffen. Das Vorhandensein von Schichtenwässern bzw. von Staunässe in nichtbindigen Einlagerungen innerhalb der bindigen Böden der Schichten 1 bis 3 bzw. in nichtbindigen Auffüllungen (Schicht 1) ist nicht auszuschließen.

8 GRÜNDUNG

8.1 Verkehrsflächen

Das Planum für die Verkehrsflächen wird voraussichtlich überwiegend in den Auffüllungen (Schicht 1), im Übergangsbereich der Auffüllungen zu den Schluffen und Tonen (Schicht 2), bzw. in der Schicht 2 liegen. Dabei handelt es sich nach den Ergebnissen der Bohrsondierungen überwiegend um bindige Böden und zum Teil nichtbindige Auffüllungen mit stark variierendem Feinkornanteil. Dementsprechend sind gemäß ZTVE-StB 09 überwiegend Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 (sehr frostempfindlich) zu erwarten. Dies ist bei der Festlegung der Dicke des frostsicheren Oberbaus zu berücksichtigen.

Das Planum ist hinsichtlich seiner Tragfähigkeit zu prüfen. Hierzu können statische und dynamische Plattendruckversuche durchgeführt werden.

Empfehlungen für den Oberbau von Verkehrsflächen unter Berücksichtigung der im Bereich des Planums vorhandenen Frostempfindlichkeitsklasse gibt die RStO 01. Dementsprechend ist bei frostempfindlichem Untergrund ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erforderlich. Die Planung sieht für die Bahnkörper eine 0,35 m dicke Schottertragschicht 0/32 vor, auf der ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen ist. In den Fahrbahnbereichen (Bauklasse II) ist die Anordnung einer 0,3 m dicken Schottertragschicht vorgesehen. Gemäß RStO 01 ist für die vorgesehene Bauweise auf OK-Schottertragschicht ein Verformungsmodul von $E_{v2} = 150 \text{ MN/m}^2$ und auf der Frostschutzschicht ein Verformungsmodul von $E_{v2} = 120 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Bei den anstehenden bindigen Böden oder Böden mit hohem Feinkornanteil können die o. g. Werte ohne die Durchführung von Sondermaßnahmen voraussichtlich nicht erreicht werden. Zur Verbesserung der Tragfähigkeit kann im Planum eine Stabilisierung bzw. Verfestigung der anstehenden Böden durch Einfräsen von Kalk und Zement vorgenommen werden, wobei nach derzeitigem Kenntnistand eine Dicke von ca. 0,4 m unter Planum voraussichtlich ausreichend ist. Die genaue erforderliche Tiefe der Bodenverbesserungsmaßnahme ist anhand eines Probefeldes festzulegen. Das Mischungsverhältnis Kalk / Zement sowie die Zugabemenge ist anhand einer

Eignungsprüfung und unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus der Herstellung des Probefeldes festzulegen.

Aufgrund der anstehenden Böden und der zu erreichenden Tragfähigkeiten wird, auch zur Vergleichmäßigung der Auflagerbedingungen, die Durchführung einer qualifizierten Bodenverbesserung empfohlen. Bei frostempfindlichem Untergrund bzw. Unterbau ist auf dem Planum nach Durchführung einer qualifizierten Bodenverbesserung ein Verformungsmodul aus statischem Plattendruckversuch von $E_{V2} = 70 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Zum Ausschluss der Staubentwicklung infolge Bodenverbesserungsmaßnahmen können alternativ gering tragfähige Böden ausgeräumt und durch geeignetes Austauschmaterial (z. B. Kiessand, Schotter, Steinerde, Böden der Bodengruppe GW, GI, GU, SW oder SI gemäß DIN 18196) ersetzt werden bzw. die Dicke der ungebundenen Tragschicht vergrößert werden. Im vorliegenden Fall wird empfohlen, dort eine ca. 0,5 m bis 0,6 m dicke Tragschicht zur Verbesserung und Vergleichmäßigung der Tragfähigkeitseigenschaften der anstehenden Böden anzuordnen. Sollten bereichsweise noch weiche oder ggf. breiige bindige Böden anstehen, kann das Planum darüber hinaus durch statisches Eindringen von Grobmaterial stabilisiert werden. Auch bei Ausführung dieser Variante wird ebenfalls die Ausführung eines Probebaus erforderlich und empfohlen.

Der endgültige Umfang bzw. die Ausdehnung der vorgenannten Maßnahmen ist vor Ort vom Baugrundsachverständigen festzulegen.

8.2 Einzel- und Streifenfundamente

Bei Ausführung von Flachgründungen zum Beispiel der Bahnsteigfundamente oder der im nördlichen Bereich geplanten Stützwand werden die Gründungssohlen voraussichtlich in den überwiegend steifen Böden der Schicht 2 (Stützwand und Bahnsteig im Bereich der Kleingartenanlage), bzw. in den übrigen Bereichen in Auffüllungen oder in weichen bis steifen Böden der Schichten 2 und 3 liegen.

Für vertikal belastete Einzel- und Streifenfundamente können bei einer Gründung in frostfreier Tiefe und einer Einbindetiefe der Fundamente von mindestens 0,8 m die in Tabelle 8-1 und Tabelle 8-2 angegebenen Bemessungswerte für den Grundbruchwiderstand angesetzt werden.

Tabelle 8-1: Bemessungswerte Grundbruchwiderstand $\sigma_{n,d}$ [kN/m²] für Streifenfundamente

Fundamentbreite [m]	Bemessungswerte Grundbruchwiderstand $\sigma_{n,d}$ bei 0,8 m Einbindetiefe [kN/m ²]
0,5	170
1,0	145
1,5	115
2,0	100

Tabelle 8-2: Bemessungswerte Grundbruchwiderstand $\sigma_{n,d}$ [kN/m²] für Einzelfundamente

Fundamentbreite [m]	Bemessungswerte Grundbruchwiderstand $\sigma_{n,d}$ bei 0,8 m Einbindetiefe [kN/m ²]
0,5	210
1,0	235
1,5	185
2,0	145

Die angegebenen Werte gelten für die Gründung in mindestens steifen Böden der Schichten 1, 2 und 3 und qualifiziert hergestellten Geländeaufschüttungen, für die die ausreichende Tragfähigkeit zum Beispiel mittels Ausführung von Rammsondierungen nachzuweisen ist.

Für den Nachweis der Fundamente durch den Tragwerksplaner sind die angegebenen Bemessungswerte der Grundbruchwiderstände den unter Berücksichtigung der entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerte aus den charakteristischen Einwirkungen berechneten Bemessungswerten der Beanspruchung gegenüber zu stellen.

Zwischenwerte können interpoliert werden. Die Werte gelten für mittige Belastung. Bei außermittigen Belastungen gelten die vorgenannten zulässigen Sohlnormalspannungen für die mittig belastete Ersatzfläche nach DIN 4017.

Bei Ausnutzung der angegebenen Sohldrücke sind Setzungen in der Größenordnung von etwa 1,5 cm bis 2,0 cm zu erwarten. Die Differenzsetzungen zwischen den einzelnen Fundamenten werden zu ca. 50 % des genannten Wertes abgeschätzt.

Der Ansatz höherer zulässiger Sohldrücke ist prinzipiell möglich. In Abhängigkeit der auftretenden Bauwerkslasten sind dann jedoch höhere Setzungen zu erwarten, die ggf. durch anzuordnende Bodenpolster reduziert werden können.

Stehen in den Gründungssohlen weiche bindige Böden an, sind diese gegen geeignetes Material, wie z.B. Kiessand, unbelastetes Recyclingmaterial oder Magerbeton auszutauschen. Ggf. ist die Aushubsohle durch statisches Eindrücken von Grobmaterial zu stabilisieren. In den Fundamentsohlen anstehende nichtbindige Böden, zum Beispiel Auffüllungen, sind sorgfältig nachzuverdichten.

Die Gründungssohlen sind dem Baugrundsachverständigen zur Abnahme vorzustellen.

8.3 Maststandorte

Die Standorte für die Fahrleitungsmasten stehen bislang noch nicht fest. Die Fundamente der Fahrleitungsmasten können auf Bohrpfählen gegründet werden.

Bei der Bemessung der Pfähle ist die gemäß DIN 1054 erforderliche Sicherheit gegenüber der Grenztragfähigkeit der Pfähle einzuhalten.

Zur Bemessung der Pfahlgründung mit Bohrpfählen nach DIN EN 1536 können für die anstehenden Böden die in der nachfolgenden Tabelle dokumentierten Grenzmantelreibungen (charakteristischer Werte im Grenzzustand der Tragfähigkeit) $q_{s,k}$ und Grenzspitzendrücke $q_{b,k}$ angesetzt werden. Sofern höhere Kennwerte angesetzt werden sollen, sind diese durch Probelastungen nachzuweisen.

Tabelle 8-3: Bohrpfähle: Charakteristische Werte für Spitzendruck und Mantelreibung

Schicht	Pfahlsitzenwiderstand $q_{b,k}$ * [MN/m ²]	Bruchwert $q_{s,k}$ der Pfahlmantelreibung [MN/m ²]
Schicht 1: Auffüllungen	-	0,020
Schicht 2: Quartäre Schluffe und Tone	0,600	0,030
Schicht 3: Tertiäre Schluffe und Tone	0,600	0,030

* Der angegebene Pfahlsitzenwiderstand gilt für bezogene Pfahlkopfsetzungen von $s / D = 0,1$

Für die horizontale Lastabtragung kann für Pfahldurchmesser von rd. 1 m in den Auffüllungen (Schicht 1) der charakteristische Wert des horizontalen Bettungsmoduls zu $k_{s,k} = 2 \text{ MN/m}^3$ und in den Schichten 2 und 3 zu $k_{s,k} = 6 \text{ MN/m}^3$ angesetzt werden. Die Ermittlung des charakteristischen Werts des horizontalen Bettungsmoduls kann für Pfahlschaftdurchmesser von $D_s \geq 0,30 \text{ m}$ mit $k_{s,k} = E_{s,k} / D_s$ ($E_{s,k}$ = charakteristischer Wert des Steifemoduls; D_s = Pfahlschaftdurchmesser) erfolgen. Bei Pfahlschaftdurchmessern $> 1 \text{ m}$ ist rechnerisch $D_s = 1 \text{ m}$ anzusetzen.

Es ist nachzuweisen, dass die charakteristischen Normalspannungen $\sigma_{h,k}$ zwischen Pfahl und Boden die im ebenen Fall berechneten charakteristischen Erdwiderstandsspannungen $e_{ph,k}$ nicht überschreiten.

Die Pfähle sollten mindestens 2,5 m in die Schicht 2 oder die Schicht 3 einbinden.

9 ERGEBNISSE DER ORIENTIERENDEN ABFALLTECHNISCHEN UNTERSUCHUNGEN

Es wurden Asphalt- und Schotterproben, Bauschuttproben, Oberboden- und Bodenproben untersucht. Um eine flächendeckende Aussage zu erhalten, wurden die Untersuchungsergebnisse, wie in Kap. 5.3 beschrieben, unter Berücksichtigung der verschiedenen Nutzungen interpoliert. Eine solche Interpolation beruht auf der Annahme, dass die an den Aufschlüssen gewonnenen Proben charakteristisch für die jeweilige Schicht sind und setzt homogene Untergrundverhältnisse voraus. Sollten im Zuge der Baumaßnahme andere als die hier beschriebenen Bodenschichten angetroffen werden, sind diese durch einen Bodengutachter zu beurteilen und zu untersuchen.

Eine schematische Darstellung der Ergebnisse nach unterschiedlichen Belastungsbereichen ist in Anlage 1.4 und 1.5 beigefügt. Die Darstellung ist nicht als abschließende Abgrenzung der unterschiedlichen Belastungsbereiche zu verstehen. Eine Zuordnung von Entsorgungsmaterialien zu den hier beschriebenen abfalltechnischen Einstufungen muss im Rahmen des Bauablaufs anhand der Untergrundbeschaffenheiten erfolgen.

9.1 Asphalt- und Schotterprobenuntersuchungen

9.1.1 Bewertungsgrundlagen

Regelungen zur abfallrechtlichen Einstufung in Hessen ergeben sich aus dem Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“ vom 15.05.2009 [U7]. Davon unabhängig ist bei einer geplanten Wiederverwertung in Straßenbaumaßnahmen die Klassifizierung in Verwertungsklassen auf der Grundlage von Grenzwerten in der RuVA – StB 01 in der Fassung von 2005 [U11] vorzunehmen. Dabei ist der Hinweis zu beachten, dass bei Antreffen von Schichten mit pechtypischen Bestandteilen anzustreben ist, dass diese Schichten in der Straßenbefestigung verbleiben und überbaut werden. Alternativ bestehen je nach abfalltechnischer Einstufung bzw. nachgewiesenem Schadstoffinventar Verwertungsmöglichkeiten in Asphaltmischwerken oder auf Deponien innerhalb und außerhalb Hessens. Gefährliche Abfälle zur Beseitigung sind in Hessen der HIM GmbH anzudienen. Die entsorgungsrelevanten Sachverhalte sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 9-1: Abfalltechnische und entsorgungsrelevante Regelungen in Hessen für Asphalt

Grenzwert PAK (mg/kg)	Grenzwert Benzo(a)pyren (mg/kg)	AVV-Schlüssel	Bezeichnung nach RuVA – StB 01	Verwertung nach RuVA – StB 01	Alternativer Entsorgungshinweis
≤ 25	-	17 03 02	Ausbau-asphalt	Verwertungs-klasse A Heißmisch-verfahren (zus. Phenolin-dex ≤ 0,1 mg/l)	-
> 25 bis ≤ 150	< 50	17 03 02	Ausbaustoff mit pechtypischen Bestandteilen	Verwertungs-klassen B/C Kaltmisch-verfahren mit Bindemittel (Klasse B zus. Phenolindex ≤ 0,1 mg/l)	Verwertung auf hessischen Deponien
	≥ 50	17 03 01*			Verwertung auf Deponien außerhalb Hessens oder Beseitigung über HIM GmbH
> 150 bis < 400	< 50	17 03 02			Verwertung auf Deponien außerhalb Hessens
	≥ 50	17 03 01*			Verwertung auf Deponien außerhalb Hessens oder Beseitigung über HIM GmbH
≥ 400	-	17 03 01*			Verwertung auf Deponien außerhalb Hessens oder Beseitigung über HIM GmbH

9.1.2 Ergebnisse und Bewertung

Die Ergebnisse der chemischen Analysen an den Asphalt- und Schotterproben sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Die Tabelle enthält eine abfalltechnische Bewertung nach den aktuell gültigen Regelwerken sowie Hinweise zur Entsorgung.

Tabelle 9-2: Analysenergebnisse und Bewertung der Asphalt- und Schotteruntersuchungen

Probenbezeichnung	Summe PAK n. EPA (mg/kg)	Benzo(a)pyren (mg/kg)	Phenol- Index (mg/l)	Entsorgungshinweis (siehe [U11])
Sch 4; 0,00 - 0,23 m	n.n.	n.n.	n.n.	Verwertungsklasse A Heißmischverfahren
Sch 7; 0,0 – 0,24 m	n.n.	n.n.	n.n.	Verwertungsklasse A Heißmischverfahren
Sch 29; 0,0 – 0,20 m	0,1	n.n.	n.n.	Verwertungsklasse A Heißmischverfahren
BS 14; 0,0 – 0,10 m	0,9	n.n.	n.n.	Verwertungsklasse A Heißmischverfahren
BS 1; 0,0 – 0,08 m	0,4	n.n.	n.n.	Verwertungsklasse A Heißmischverfahren
Sch 2; 0,0 – 0,25 m	2,4	n.n.	n.n.	Verwertungsklasse A Heißmischverfahren
Sch 2; 0,25 – 0,45 m (Schotter)	n.n.	n.n.	n.n.	Verwertungsklasse A Heißmischverfahren
Sch 36; 0,35 – 0,45 m (Schotter)	11,8	0,9	n.n.	Verwertungsklasse A Heißmischverfahren
Sch 38; 0,0 – 0,24 m	0,1	n.n.	n.n.	Verwertungsklasse A Heißmischverfahren
Sch 38; 0,24 – 0,45 m (Schotter)	n.n.	n.n.	n.n.	Verwertungsklasse A Heißmischverfahren
Sch 65; 0,0 – 0,23 m	0,2	n.n.	n.n.	Verwertungsklasse A Heißmischverfahren
Sch 65; 0,23 – 0,40 m (Schotter)	1,2	0,3	n.n.	Verwertungsklasse A Heißmischverfahren
Sch 71; 0,0 – 0,35 m	n.n.	n.n.	n.n.	Verwertungsklasse A Heißmischverfahren
Sch 71; 0,35 – 0,50 m (Schotter)	n.n.	n.n.	n.n.	Verwertungsklasse A Heißmischverfahren
Sch 88; 0,15– 0,28 m	n.n.	n.n.	n.n.	Verwertungsklasse A Heißmischverfahren
Sch 88; 0,28 – 0,50 m (Schotter)	n.n.	n.n.	n.n.	Verwertungsklasse A Heißmischverfahren

n.n. = kleiner der Bestimmungsgrenze des Analysenverfahrens

Die Einzelergebnisse sind den Laborprüfberichten in Anlage 7 zu entnehmen.

Die untersuchten Asphalt- und Schotterproben weisen Gehalte an der Summe der PAK n. EPA zwischen nicht nachweisbaren Gehalten und maximal 11,8 mg/kg auf. Der Phenolindex ist unterhalb der Nachweisgrenze.

Die Asphalte, die von den Proben der genannten Aufschlüssen repräsentiert werden, sind als teerfreie Ausbauasphalte der Verwertungsklasse A zu klassifizieren. Der Abfallschlüssel gemäß

Abfallverzeichnisverordnung [U15] für die untersuchten Asphalte lautet 17 03 02. Diese Asphalte können im klassifizierten Straßenoberbau im Heißmischverfahren verwertet werden.

9.2 Untersuchung des Oberbodens

Bei der Verwertung von Oberbodenmaterial sind die Regelungen der BBodSchV [U10] zu beachten. Nach § 12 ist eine Verwendung an anderer Stelle zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht nur zulässig, wenn die jeweiligen Vorsorgewerte nach Anhang 2, Tabellen 4.1 und 4.2 eingehalten werden.

Von den zehn untersuchten Bodenproben überschritten fünf die Vorsorgewerte nach der BBodSchV [U10]. Bei fünf Proben wurde der Vorsorgewert für PAK (EPA) und bei einer für Blei überschritten.

Oberbodenmaterial ohne Vorsorgewertüberschreitung kann zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht verwendet werden. Oberböden mit Vorsorgewertüberschreitung ist gemäß der Zugehörigkeit zur LAGA-Einbauklasse zu entsorgen (s. Tabelle).

Die Ergebnisse der Oberbodenanalysen sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt, die Prüfberichte des chemischen Labors finden sich in Anlage 8.

Tabelle 9-3: Analysenergebnisse und Bewertung der Oberbodenuntersuchung

MP/E	Probenbezeichnung	Vorsorgewertüberschreitungen n. BBodSchV für	Abfalleinstufung nach LAGA 20*	Hinweis zur Entsorgung**
OMP 1	BS 3; 0,00 – 0,60 m Sch 3a; 0,00 – 0,60 m	PAK	Z1.2	eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten
OMP 2	Sch 5; 0,00 – 0,15 m BS 6; 0,10 – 0,40 m	-	(Z0)	(uneingeschränkter Einbau) Verwendung zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht zulässig
OMP 3	Sch 39; 0,00 – 0,20 m Sch 44 0,00 – 0,20 m	PAK	Z1.2	eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten
OMP 4	SCH 45 0,00 – 0,20 m BS 12 0,00 – 0,30 m	-	(Z0)	(uneingeschränkter Einbau) Verwendung zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht zulässig

MP/E	Proben- bezeichnung	Vorsorgewert- überschreitungen n. BBodSchV für	Abfalleinstufung nach LAGA 20*	Hinweis zur Entsorgung**
OMP 5	Sch 51; 0,10 – 0,30 m Sch 55; 0,10 – 0,30 m	Blei	Z1.1	eingeschränkter offener Einbau unter ungünstigen hydrogeologischen Vo- raussetzungen
E	Sch 63; 0,00 – 0,20 m	-	(Z0)	(uneingeschränkter Einbau) Verwendung zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht zu- lässig
E	Sch 21; 0,00 – 0,10 m	PAK	Z1.2	eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten
OMP 6	Sch 23; 0,00 – 0,20 m Sch 35; 0,00 – 0,30 m BS 11; 0,00 – 0,20 m	-	(Z0)	(uneingeschränkter Einbau) Verwendung zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht zu- lässig
E	Sch 36; 0,00 – 0,35 m	PAK	Z1.2	eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten
E	BS 15; 0,00 – 0,10 m	PAK	Z1.2	eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten

* der gemäß BBodSchV, Anhang 2 Tab. 4.1 + 4.2, untersuchten Parameter Cd, Pb, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn, PCB, Bap, PAK, zur vollständigen Einstufung sind weitere Parameter gemäß LAGA nach zu untersuchen

** bodenmechanische Eignung vorausgesetzt

Gemäß Abfallverzeichnisverordnung [U15] sind die untersuchten Böden der Abfallschlüsselnummer 17 05 04 zuzuordnen.

9.3 Bauschuttprobenuntersuchungen

Die abfalltechnische Einstufung der Bauschuttproben erfolgt gemäß Tabelle 2 des Anhang 1 des Baumerkblattes [U7].

Die Ergebnisse der chemischen Analysen der Betonproben sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt, Kopien der chemischen Prüfberichte sind in Anlage 9 dokumentiert.

Tabelle 9-4: Analysergebnisse und Bewertung der Bauschuttuntersuchungen

Proben- bezeichnung	Material	Abfalleinstufung gem. [U7]	Entsorgungshinweis
Sch 71; 0,50 – 0,60 m	Beton	Z0	uneingeschränkter Einbau
Sch 77; 0,10 – 0,60 m	Magerbe- ton	Z1.2 (PAK)	eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten

Eine Betonprobe ist in die Einbauklasse Z0 einzustufen. Die zweite Probe ist aufgrund eines PAK (EPA) –Gehalts von 29,7 mg/kg der Einbauklasse Z1.2 zuzuordnen. Die elektrische Leitfähigkeit dieser Probe im Eluat von 1.690 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ist gemäß Baumerkblatt [U7] nicht zur Einstufung heranzuziehen, da davon ausgegangen werden kann, dass die erhöhte Leitfähigkeit auf den Calciumhydroxidgehalt des Betons, der beim Brechen freigesetzt wird, zurückgeht.

Gemäß Abfallverzeichnisverordnung [U15] sind die untersuchten Bauschuttproben der Abfallschlüsselnummer 17 01 01 zuzuordnen.

9.4 Bodenproben

9.4.1 Bewertungsgrundlagen

Bei der Entsorgung von Bodenaushub sind in Hessen die Regelungen in dem Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“ vom 15.05.2009 [U7] sowie die Regelungen der Deponieverordnung [U9] anzuwenden. In Abhängigkeit von den festgestellten Schadstoffgehalten wird das zu entsorgende Bodenmaterial in Einbauklassen bzw. Deponieklassen eingestuft. Für die Einbauklassen stellen die Zuordnungswerte Z0 bis Z2 der LAGA M20 [U8] die Obergrenzen sowie für die Deponieklassen die Zuordnungswerte für DK 0, I, II und III gem. Deponieverordnung [U9] dar. Dabei werden bei einigen Verwertungsstellen aufgrund der vorhandenen Genehmigungen anstelle der Deponieklassen DK I, II und III die Zuordnungswerte Z3, Z4 und Z5 angegeben. Für alle Bodenmaterialien gilt die Begrenzung für mineralische Fremdbestandteile von 10 Vol%. Die entsorgungsrelevanten Sachverhalte sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 9-5: Anforderungen an die Verwertung/Entsorgung von Boden

Abfalleinstufung gem. [U8] und [U9]	AVV- Schlüssel	Anforderungen an die Verwertung/Entsorgung
Z0	17 05 04	uneingeschränkter Einbau
Z1.1	17 05 04	eingeschränkter offener Einbau unter ungünstigen hydrogeologischen Voraussetzungen (z. B. Straßenbau- und begleitende Baumaßnahmen)
Z1.2	17 05 04	eingeschränkt offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten (z. B. Straßenbau- und begleitende Baumaßnahmen)
Z2	17 05 04	eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen (z. B. in hydrogeologisch günstigen Gebieten als Lärmschutzwall oder Straßendamm mit wasserundurchlässiger Fahrbahndecke oder im Straßenbau als Tragschicht unter wasserundurchlässiger Deckschicht)
Z3 bzw. DK I	17 05 04	Verwertung in deponiebautechnischen Maßnahmen innerhalb und außerhalb Hessens
Z4 bzw. DK II	17 05 04	Verwertung in deponiebautechnischen Maßnahmen innerhalb und außerhalb Hessens
Z5 bzw. DK III	17 05 04	Verwertung/Entsorgung in Bodenaufbereitungsanlagen oder auf Deponien außerhalb Hessens

9.4.2 Ergebnisse und Bewertung

Die Ergebnisse der chemischen Analysen an den Bodenproben sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt. Die Tabelle gibt Auskunft über die Zusammensetzung von Mischproben, die Zuordnung zu den in Kapitel 6.2 beschriebenen Schichten, die Probenbezeichnung und über die jeweilig angetroffenen Bodenarten. Die Tabelle enthält darüber hinaus eine abfalltechnische Bewertung nach den aktuell gültigen Regelwerken sowie Hinweise zur Entsorgung.

Tabelle 9-6: Analysenergebnisse und Bewertung der Bodenuntersuchungen

MP/E Schicht	Proben- bezeichnung Tiefenlage	Bodenart Farbe	Abfalleinstu- fung nach LAGA 20 u. DepV	Entsorgungshinweis siehe [U7]
E Schicht 1	BS 2; 0,10 – 1,30 m	A (S,g,u) dunkelbraun	Z1.2 (PAK) ²	eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten
E Schicht 2	BS 2; 1,30 – 4,40 m	U, t, fs, k+ gelbbraun	Z0	Uneingeschränkter Einbau

MP/E Schicht	Proben- bezeichnung Tiefenlage	Bodenart Farbe	Abfalleinstu- fung nach LAGA 20 u. DepV	Entsorgungshinweis siehe [U7]
MP 1 Schicht 2	BS 3; 0,60 – 2,00 m Sch 3 0,60 – 2,00 m Sch 3a 0,60 – 2,00 m	U, fs', t', k+ gelbbraun U, fs, t' gelbbraun U, fs, t'-t	Z0	Uneingeschränkter Einbau
MP 2 Schicht 1	SCH 5 0,15 – 0,70 m SCH 5 0,70 – 1,10 m	A (U, f-ms, g'-g) braun – dunkelbraun A (U, s*, g) braun	Z0	uneingeschränkter Einbau
E Schicht 1	BS 6; 0,40 – 1,60 m	A, (U, t', s, g) dunkelbraun	Z0	Uneingeschränkter Einbau
MP 3 Schicht 2	BS 6; 1,60 – 1,90 m BS 6 1,90 – 3,00 m BS 6 3,00 – 4,00 m	U, fs', k+ gelbbraun U, fs', t', k+ gelbbraun	Z0	uneingeschränkter Einbau
MP 4 Schicht 1	Sch 19; 0,00 – 0,20 m Sch 19 0,20 – 0,30 m Sch 15 0,00 – 0,20 m Sch15 0,20 – 0,30 m	A (U, x*) A (Schotter, s, fg) grau A (U,x*) braun – schwarz A (Schotter, fg, s) grau	Z1.2 (Nickel, Sulfat), Z2 (pH-Wert)	eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten
MP 5 Schicht 1	Sch 19; 0,30 – 0,90 m Sch 15 0,30 – 1,50 m	A braun – grau A braun – grau	Z1.2 (KW- Index), Z2 (pH-Wert)	eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten
MP 6 Schicht 1	BS 8; 0,00 – 0,50 m BS 8 0,50 – 1,30 m BS 8 1,30 – 1,80 m	A (U, fs, g) braun A (fS, u, g, x) hellbraun – braungrau A (S, g,x,u) dunkelbraun - grau	Z1.2 (PAK)	eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten
E Schicht 2	BS 8; 1,80 – 3,00 m	U, g, s bzw. S, u*, t', g' braun - grau	Z0	uneingeschränkter Einbau

MP/E Schicht	Proben- bezeichnung Tiefenlage	Bodenart Farbe	Abfalleinstu- fung nach LAGA 20 u. DepV	Entsorgungshinweis siehe [U7]
MP 7 Schicht 1	BS 7; 0,10 – 0,60 m BS 7; 0,60 – 1,70 m	A (X,s) grau A (S,g,u') grau	Z0	uneingeschränkter Einbau
E Schicht 1	BS 7 1,70 – 2,20 m	U, fs	Z0	uneingeschränkter Einbau
MP8 Schicht 3	BS 7 2,20 – 3,50 m* BS 7; 3,50 – 5,50 m	T, s braun – oliv T, s' beige	Z0	uneingeschränkter Einbau
E Schicht 2	Sch 39; 0,70 – 0,85 m	S, g, u' braun	Z0 ^{1/2}	uneingeschränkter Einbau
MP 9 Schicht 1	Sch 39; 0,20 – 0,70 m Sch 44; 0,20 – 0,60 m Sch 44; 0,60 – 0,95 m Sch 49 0,05 – 0,15 m Sch 49 0,15 – 0,50 m Sch 49 0,50 – 0,80 m BS 10neu; 0,10 – 1,20m	A (S, g, u, x) A (Schotter, s) dunkelbraun – grau A (U, s, x') hellbraun A (Schotter) grau A (U, fs) braun A (U, fs, g, x) braun A (G, s*, u, t') braun - schwarz	>Z2 (PAK) Z3 bzw. DK I ²	Verwertung in deponiebau- technischen Maßnahmen inner- halb und außerhalb Hessens
E Schicht 3	BS 10neu; 2,80 – 4,00 m	U, t, fs braun - oliv	>Z2 (Chlorid) Z3 bzw. DK I	Verwertung in deponiebau- technischen Maßnahmen inner- halb und außerhalb Hessens
MP 10 Schicht 2	BS 10neu; 1,20 – 2,00 m BS 10neu; 2,00 – 2,80 m	U, t', fs, k+ braun U, fs braun	>Z2 (Chlorid) Z3 bzw. DK I	Verwertung in deponiebau- technischen Maßnahmen inner- halb und außerhalb Hessens
MP 11 Schicht 1	Sch 4 0,23 – 1,05 m Sch 7; 0,24 – 1,20 m	A (S, g, u) braun A (U, t, fs, g') braun - dunkel- braun	>Z2 (PAK) Z3 bzw. DK I (PAK)	Verwertung in deponiebau- technischen Maßnahmen inner- halb und außerhalb Hessens
MP 12 Schicht 1	Sch 6; 0,12 – 0,25 m Sch 6; 0,25 – 0,80 m	A (Schotter) grau A (S, g, u) dunkelgrau - braun	Z1.2 (PAK)	eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten

MP/E Schicht	Proben- bezeichnung Tiefenlage	Bodenart Farbe	Abfalleinstu- fung nach LAGA 20 u. DepV	Entsorgungshinweis siehe [U7]
E Schicht 2	Sch 6; 0,80 – 1,45 m	U, fs* bzw. fS, u* mittelbraun	Z0	uneingeschränkter Einbau
MP 13 Schicht 1	Sch 29; 0,20 – 0,40 m Sch 29; 0,40 – 0,50 m	A (Schotter) grau A (S,g) graubraun	Z1.2 (EOX, Chlorid)	eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten
MP 14 Schicht 1	Sch 30; 0,12 – 0,40 m Sch 30; 0,40 – 0,70 m Sch 30; 0,70 – 1,20 m	A (S) braun A (U, s, g') graubraun A (U, s*,t) braun	Z2 (BaP)	eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Siche- rungsmaßnahmen
MP 15 Schicht 1	Sch 45; 0,20 – 0,30 m Sch 45; 0,30 – 0,90 m BS 12; 0,30 – 0,50 m	A (Schotter, s) Grau A (U, fs*) hellbraun A (G, s, u, t') grau	Z2 (BaP)	eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Siche- rungsmaßnahmen
MP 16 Schicht 2	BS 12; 0,50 – 1,00 m BS 12; 1,00 – 2,00 m	U, fs' U, f*, fs' braun	Z0	uneingeschränkter Einbau
MP 16A Schicht 3	BS 12; 2,00 – 3,00 m BS 12; 3,00 – 4,00 m	T, u, fs' hellbraun U, t, fs hellbraun	Z0	uneingeschränkter Einbau
MP 17 Schicht 1	Sch 51; 0,30 – 0,60 m Sch 51; 0,60 – 0,70 m Sch 55; 0,30 – 0,50 m	A (Schotter) grau Kst gelbbraun A (Schotter) grau	Z1.1 (Nickel)	eingeschränkter offener Einbau unter ungünstigen hydrogeolo- gischen Voraussetzungen
MP 18 Schicht 1	Sch 63; 0,20 – 0,40 m Sch 63; 0,40 – 0,70 m Sch 63; 0,70 – 0,85 m	A (f-mS, x, g') braun A (T, u') hellgrau – grau A (Schlacke, u, s) braun - dunkel- grau	Z0	uneingeschränkter Einbau
E Schicht 1	BS 14; 0,10 – 0,80 m	A grau	Z1.2 (Chrom ges, Nickel)	eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten
E Schicht 1	BS 14; 0,80 – 1,3 m	A (U, s, t', o') braun	Z0	uneingeschränkter Einbau

MP/E Schicht	Proben- bezeichnung Tiefenlage	Bodenart Farbe	Abfalleinstu- fung nach LAGA 20 u. DepV	Entsorgungshinweis siehe [U7]
E Schicht 2	BS 14; 1,30 – 3,00 m	U, t, fs, o' braun - rotbraun	Z0	uneingeschränkter Einbau
MP 19 Schicht 1	BS 1, 0,08 – 0,15 m BS 1, 0,15 – 0,40 m	A (Asphalt) dunkelgrau A (G,s) braun	Z.1.1 (Arsen)	eingeschränkter offener Einbau unter ungünstigen hydrogeolo- gischen Voraussetzungen
MP 20 Schicht 1	BS 1; 0,40 – 1,00 m BS 1; 1,00 – 2,00 m BS 1; 2,00 – 3,70 m	A (U,s) dunkelbraun	>Z2 (Chlorid) Z3 bzw. DK I	Verwertung/Entsorgung in Bo- denaufbereitungsanlagen oder auf Deponien außerhalb Hes- sens
E Schicht 1	Sch 2; 0,45 – 0,65 m	A (G, s) graubraun	Z.1.1 (Nickel)	eingeschränkter offener Einbau unter ungünstigen hydrogeolo- gischen Voraussetzungen
MP 21 Schicht 1	Sch 11; 0,10 – 0,13 m* Sch 11; 0,13 – 0,35 m Sch 11; 0,35 – 0,60 m*	A (Schotter) grau	> Z2 (PAK) DK I ²	Verwertung in deponiebau- technischen Maßnahmen inner- halb und außerhalb Hessens
E Schicht 2	Sch 11; 0,60 – 1,30 m	U, t - t*, s' braun	Z.1.2 (Chlorid)	eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten
E Schicht 2	Sch 21; 0,70 – 1,10 m	S, g, u hellbraun	Z0 ¹	uneingeschränkter Einbau
MP 22 Schicht 1	Sch 21, 0,10 – 0,70 m Sch 28, 0,20 – 0,60 m Sch 28, 0,60 – 1,00 m	A (U, s, g') braun – dunkel- braun A (S, u', g') braun A (S, g*) braun	Z1.1 (Nickel, Chrom ge- samt)	eingeschränkter offener Einbau unter ungünstigen hydrogeolo- gischen Voraussetzungen

MP/E Schicht	Proben- bezeichnung Tiefenlage	Bodenart Farbe	Abfalleinstu- fung nach LAGA 20 u. DepV	Entsorgungshinweis siehe [U7]
MP 23 Schicht 2	Sch 23; 0,90 – 1,30 m Sch 23; 1,30 – 1,50 m Sch 27; 0,80 – 1,50 m Sch 32; 1,20 – 1,40 m Sch 35; 0,50 – 1,50 m BS 11; 1,00 – 2,00 m BS 11; 2,00 – 3,00 m	U, fs, t', x braun – grau U, fs, t hellbraun U, t', fs dunkelbraun U, t*, fs' dunkelbraun U, t* braun - rotbraun U, t*, fs braun U, t*, s' braun	Z1.1 (Chrom ges., Nickel)	eingeschränkter offener Einbau unter ungünstigen hydrogeolo- gischen Voraussetzungen
MP 24 Schicht 1	Sch 23; 0,20 – 0,90 m Sch 27; 0,20 – 0,80 m Sch 32; 0,15 – 0,60 m Sch 32; 0,60 – 1,20 m Sch 35; 0,30 – 0,50 m BS 11; 0,20 – 1,00 m	A (U, s, g') braun – grau A (S, g, u', x') braun A (U, fs, t) dunkelbraun A (U, fs, t) dunkelbraun A (S, x*, u') braun - rotbraun A (U, s, g, t') braun	Z0	uneingeschränkter Einbau
MP 25 Schicht 3	BS 11; 3,00 – 4,00 m BS 11; 4,00 – 5,00 m	U, t, s' fg' grau - braun U, t*, fs' grau - braun	Z1.1 (Chrom ges.)	eingeschränkter offener Einbau unter ungünstigen hydrogeolo- gischen Voraussetzungen
E Schicht 1	Sch 36; 0,45 – 0,60 m	A (fS, u, g') grau	Z1.2 (PAK)	eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten
E Schicht 2	Sch 36; 0,60 – 1,20 m	U, t, fs braun	Z1.2 (Chrom ges.)	eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten
MP 26 Schicht 1	Sch 40; 0,12 – 0,20 m Sch 40; 0,20 – 0,60 m	A (S) grau A (U, t', s, g') graubraun	Z1.1 (Chrom ges., Nickel)	eingeschränkter offener Einbau unter ungünstigen hydrogeolo- gischen Voraussetzungen
MP 27 Schicht 2	Sch 40; 0,60 – 1,00 m Sch 40; 1,00 – 1,30 m	U, t, fs, g braun	Z0 ¹	uneingeschränkter Einbau

MP/E Schicht	Proben- bezeichnung Tiefenlage	Bodenart Farbe	Abfalleinstu- fung nach LAGA 20 u. DepV	Entsorgungshinweis siehe [U7]
MP 28 Schicht 1	Sch 64; 0,20 – 0,40 m Sch 64; 0,40 – 0,60 m	A (S, g, u) braun A (S) grau	>Z2 (PAK) Z3 bzw. DK I	Verwertung in deponiebau- technischen Maßnahmen inner- halb und außerhalb Hessens
E Schicht 2	Sch 65; 0,40 – 0,85 m	S, g*, u' braun	Z1.2 (Chlorid)	eingeschränkter offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten
MP 29 Schicht 1	Sch 77; 0,60 – 1,00 m Sch 77; 1,00 – 1,20 m	A (U, s, g*) dunkelbraun	Z2 (BaP)	eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Siche- rungsmaßnahmen
E Schicht 1	Sch 88; 0,50 - 0,80 m	A (G, s, u) braun	Z2 (Chlorid)	eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Siche- rungsmaßnahmen
E Schicht 1	BS 15; 0,10 – 1,30 m	A (U, fg, x) braun - dunkel- grau	>Z2 (PAK) Z3 bzw. DK I ²	Verwertung in deponiebau- technischen Maßnahmen inner- halb und außerhalb Hessens
E Schicht 2	BS 15; 1,30 – 2,00 m	U, t, fs grau - braun	Z1.1 (Chrom ges.)	eingeschränkter offener Einbau unter ungünstigen hydrogeolo- gischen Voraussetzungen

MP = Mischprobe

E = Einzelprobe

BS = Bohrsondierung

Sch = Schurf

¹ PAK-Wert [U7] unberücksichtigt, da unplausibel

² Glühverlust unberücksichtigt, da TOC-Gehalt niedrig; hoher Wert beim Glühverlust ggfl. auf bei der Bestimmung verdrängtes, in Tonmineralien und Karbonaten gebundenes Wasser zurückzuführen

Die Einzelergebnisse der chemischen Untersuchungen sind in den Laborprüfberichten in Anlage 8 aufgeführt.

Bei den 50 untersuchten Bodenproben weisen die Substrate der Schicht 1 erwartungsgemäß die höchste Belastung auf. Aus der **Schicht 1** (Auffüllungen) wurden insgesamt 30 Bodenproben abfalltechnisch untersucht. Von den 30 Proben sind 7 Proben der Einbauklasse Z0, 14 den Einbauklassen Z1.1 und Z1.2 und 4 der Einbauklasse Z2 zuzuordnen. Bei sechs Proben kommen Überschreitungen des Zuordnungswertes für die LAGA-Einbauklasse Z2 vor. Diese Proben werden der Einbauklasse Z3 bzw. Deponieklasse DK I zugeordnet.

Die Einstufung der Proben zu den Einbauklassen Z2 bzw. Z3/DK I erfolgt fast ausschließlich aufgrund der Belastung der Auffüllungen mit Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK). Vermutlich werden die erhöhten PAK-Werte durch in der Auffüllung befindliche Asphalt- und Schlackebruchstücke verursacht. Dies wird durch entsprechende Funde im Bohrgut bestätigt. Neben der PAK-Belastung sind es vor allem erhöhte Schwermetallgehalte (Arsen, Chrom, Nickel) sowie Chlorid-Gehalte, die zu einer Einstufung in die Einbauklassen Z1.1 und Z1.2 führen.

Bei den Probe MP 5 „Sch 19; 0,30 – 0,90 m“ und „Sch 15; 0,30 – 1,50 m“ wurde ein erhöhter pH-Wert festgestellt. Nach den Ausführungen im Merkblatt [U7] ist bei erhöhten pH-Werten die Ursache zu prüfen. Die Erhöhung des pH-Wertes ist mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die angetroffenen Bauschuttreste (Beton) zurückzuführen. Der pH-Wert wird für die Einstufung der Probe nicht herangezogen.

Insgesamt wurden 16 Proben der unter den Auffüllungen der Schicht 1 anstehenden quartären Schluffe und Tone (**Schicht 2**) abfalltechnisch untersucht. Bei zehn Proben werden die Zuordnungswerte der LAGA-Einbauklasse Z0 eingehalten. Fünf Proben sind wegen ihrer Nickel-, Chrom- bzw. Chlorid-Belastung der Einbauklasse Z1.1 und Z1.2 zugeordnet. Eine Probe ist aufgrund ihrer Chloridbelastung in die Einbauklasse Z3/DK I einzustufen.

Bei drei Proben der Schicht 2 wurden mit Gehalten von 5,86 bis 25,50 mg/kg erhöhte Werte für den Parameter PAK (EPA) bestimmt. Dies ist für einen natürlich anstehenden Boden nicht plausibel und mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Verlagerung von PAK-haltigen Materialien aus der Schicht 1 durch den Aufschlussvorgang zurückzuführen. U.E. sind die Ergebnisse für den Parameter PAK daher von einer abfalltechnischen Bewertung auszunehmen und eine potenzielle PAK-Belastung der Böden der Schicht 2 im Rahmen einer ausstehenden Deklarationsuntersuchung zu verifizieren.

Von den tertiären Schluffen und Tonen der **Schicht 3** wurden 4 Proben untersucht. Eine am Bohransatzpunkt „BS 10neu“ genommene Probe überschreitet den Zuordnungswert Z2 für den Parameter Chlorid. Nach Untersuchung der Zusatzparameter nach Deponieverordnung [U9] ergibt sich eine Einstufung in die LAGA-Einbauklasse Z3 bzw. Deponieklasse DK I. Erhöhte Chloridgehalte sind in den untersuchten tertiären Tonen bekanntermaßen geogenen Ursprungs. Weiterhin wurde eine Probe in die Einbauklasse Z.1.1 eingestuft. Die übrigen zwei Proben erfüllen die Kriterien für die Einstufung Z0.

Nachfolgende Tabelle fasst die Ergebnisse der orientierenden abfalltechnischen Untersuchung der Bodenproben nach Schichten und nach Einbauklassen bzw. Deponieklassen zusammen.

Tabelle 9-7: Ergebnisse der orientierenden Bodenuntersuchungen nach Schichten und Einbauklassen / Deponieklassen

Schicht	Anzahl an Untersuchungsergebnissen je Einbauklasse / Deponieklasse				
	Z0	Z1.1	Z1.2	Z2	Z3/DK I
1	7	5	8	4	6
2	10	2	3	0	1
3	2	1	0	0	1

Gemäß Abfallverzeichnisverordnung [U15] sind sämtliche untersuchten Böden der Abfallschlüsselnummer 17 05 04 zuzuordnen.

10 HINWEISE ZUR PLANUNG, AUSSCHREIBUNG UND BAUAUSFÜHRUNG

10.1 Behandlung der Aushubsohlen

Es wird empfohlen, die Aushubsohlen bzw. das Planum dem Baugrundsachverständigen zur Abnahme vorzustellen.

Im Planum anstehende bindige Böden reagieren empfindlich auf mechanische Beanspruchung und Durchnässung. Dementsprechend sind sie insbesondere vor Witterungseinflüssen (Wasserzutritten) zu schützen, wobei der Aushub nur bei geeigneter Witterung durchzuführen ist. Aufgeweichte oder gestörte Bodenzonen sind auszuräumen und durch geeignetes Material zu ersetzen (s.u.).

Als Austauschmaterial können verdichtungsfähige Böden (z. B. Kiessand, Schotter, Steinerde, Böden der Bodengruppe GW, GI, GU, SW oder SI gemäß DIN 18196) bzw. das zur Verwendung vorgesehene Tragschichtmaterial verwendet werden. Die Schüttungen sind lagenweise ($d \cong 0,3 \text{ m}$) vorzunehmen und jeweils auf $D_{PR} \geq 100\%$ zu verdichten. Stehen in den Aushubsohlen des Polsters dann noch weiche oder breiige bindige Böden an, wird empfohlen, die Aushubsohle durch statisches Eindrücken von Grobmaterial zu stabilisieren.

Rollige Böden sind nachzuverdichten.

In niederschlagsreichen Perioden ist bei in dem Planum anstehenden bindigen Böden mit Erschwernissen bei den Erd- bzw. Gründungsarbeiten zu rechnen. Um den Baubetrieb auf dem Planum zu gewährleisten, kann ggf. eine Abdeckung des Planums mit z. B. einer verdichteten Polsterschicht erforderlich werden.

10.2 Pfahlherstellung

Die Pfähle für die Fahrleitungsmasten müssen von einer sachkundigen Firma hergestellt werden, die nachweislich schon Arbeiten des hier vorliegenden Schwierigkeitsgrades erfolgreich ausgeführt hat. Der Qualitäts- und Leistungsnachweis muss prüfbar vorgelegt werden. Die Pfahlherstellung sollte durch den Baugrundsachverständigen überwacht werden.

Sofern die Bohrungen bis unter den Grundwasserspiegel reichen, ist ein ausreichender Wasser- bzw. Suspensionsüberdruck gegenüber dem Grundwasserspiegel am Pfahlfuß gemäß DIN 4014 bzw. DIN EN 1536 ständig aufrecht zu erhalten und sicherzustellen. Ein hydraulischer Grundbruch des Bodens ist ebenso wie ein Eintreiben von Boden mit nach der Bohrung zusickerndem Grundwasser zu verhindern. Die Pfahlbohrungen sind im Schutze einer dem Aushub vorausseilenden Verrohrung abzuteufen. Ein Leerpumpen der Bohrungen vor dem Betonieren ist nicht zu-

lässig. Der Beton ist mit einem Schüttrohr von der Pfahlsohle aus im Kontraktorverfahren einzubringen.

10.3 Versickerung

Die Böden der Schichten 2 und 3, sowie der überwiegende Teil der Auffüllungen sind aufgrund ihrer geringen Wasserdurchlässigkeit nicht zur Versickerung geeignet. Es wird daher empfohlen, entsprechende Entwässerungseinrichtungen für die Gleisanlagen vorzusehen.

10.4 Geländeaufschüttungen / Stützwand

Geländeaufschüttungen (Dammschüttung im Bereich der Kleingartenanlage) sind möglichst frühzeitig auszuführen. Insbesondere wenn Geländeaufschüttungen im Einflussbereich von Gründungselementen, Kanälen o. ä. erfolgen sollen, ist eine Bewertung des zeitlichen Verlaufs der Setzungen sowie der ggf. zu erwartenden Mitnahmesetzungen erforderlich.

Vor Herstellung der Dammschüttung ist der vorhandene Oberboden abzutragen und ggf. anstehende gering tragfähige Böden gegen geeignetes Material zu ersetzen. Stehen in der Dammaufstandsfläche weiche oder ggf. auch breiige Böden an, wird empfohlen, diese durch statisches Eindrücken von Grobschlag zu stabilisieren.

Für die Herstellung der Damm- bzw. der Geländeaufschüttung sind die Angaben der ZTV E-StB 09 [U12] beachten und bei der Planung, Ausschreibung und Bauausführung zu berücksichtigen.

Die Standsicherheit sowohl der Geländeaufschüttung mit Nachweis der materialabhängig maximal möglichen Böschungsneigungen, sowie die Standsicherheit der Stützwand ist nachzuweisen. Für die Gründung der Stützwand und Herstellung der Gründungssohle sind insbesondere auch die in Abschnitt 8.2 und 10.1 gemachten Angaben zu beachten.

10.5 Abfalltechnische Untersuchungen

Die bislang durchgeführten abfalltechnischen Untersuchungen haben orientierenden Charakter. Zur abfalltechnischen Vorabdeklaration der im Zuge der Baumaßnahme anfallenden Entsorgungsmassen ist eine weitere Untersuchungskampagne mit verdichtetem Probenahmeraster erforderlich. Alternativ sollten im Zuge der Baumaßnahme anfallende Entsorgungsmassen sortenrein getrennt aufgehaldet und anhand von Haldenbeprobungen und entsprechender Analytik deklariert werden.

10.6 Qualitätssicherung

Zusätzlich zur Eigenüberwachung durch die bauausführenden Unternehmen wird zur Sicherstellung der Ausführungsqualität und zur Kontrolle von Nachtragsforderungen empfohlen, die Arbeiten der Pfahlbohrungen sowie die Herstellung des Erdplanums und der Tragschichten durch eine geotechnische und die Erdarbeiten durch eine umwelttechnische Fachbauüberwachung zu begleiten.

CDM Consult GmbH
2010-11-03

erstellt:



Dipl.-Geol. N. Menke



Dipl.-Ing. W. Kissel



Dipl.-Ing. R. Plamitzer