Gutachten Nr.: 21-4728-03

Projekt: **Stadtbahn Linie 4 in Bielefeld**

Untersuchungsauftrag: **Erweiterte Bestandsuntersuchung und Substanzbewertung**

Auftraggeber: **Bielefelder Beteiligungs- und Vermögensverwaltungs-GmbH**
Jahnplatz 5
33602 Bielefeld

Dieses Gutachten enthält 28 Seiten Text und 63 Blatt Anlagen.

Prüfberichte und Gutachten dürfen grundsätzlich nur ungekürzt vervielfältigt werden.
Die auszugsweise Wiedergabe und jede Veröffentlichung bedarf unserer schriftlichen Zustimmung.

Dortmund, 13. Dezember 2021

Sachbearbeiter: Dipl. Lök. N. Kosfeld, I. Stewen, M.Sc.,
Dipl. Ing. B. Dietrich, K. Schauerte, M.Eng.

INGENIEURGRUPPE PTM

- ASPHALTPRÜFSTELLE
- BAUSTOFFPRÜFUNGEN
- BAUGRUND
- GEOTECHNIK
- GEORADAR
- ZERSTÖRUNGSFREIE MESSUNGEN
- ERDBAULABORATORIUM
- ALTLASTEN
- DEPONIEWESEN
- FACHBAULEITUNGEN
- FACHPLANUNGEN
- ROHSTOFFGEOLOGIE
- HYDROGEOLOGIE
- FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG
- SEMINARE UND SCHULUNGEN

INGENIEURGESELLSCHAFT PTM DORTMUND MBH

frische luft 155
44319 dortmund
telefon: 0231/92 71210
fax: 0231/92 712122
e-mail: dortmund@ptm.net
internet: www.ptm.net

geschäftsführung:
sarah mörchen
dr. daniel gogolin

st.-nr. fa unna 316/5741/0813
ust.-id-nr.: de 8147 53 914
hbr 19971 ag dortmund

national bank ag dortmund
BIC: NBAGDE3E
IBAN: DE23 3602 0030 0008 5309 71

sparkasse arnsberg-sundern
BIC: WELADED1ARN
IBAN: DE86 4665 0005 0001 0267 72

prüfstelle nach rap-stra 15
anerkannt für die fachgebiete

- A1 · A3 · A4
- BB3 · BB4
- F2 · F3 · F4
- G3 · G4
- H1 · H3 · H4
- I1 · I2 · I3 · I4

mitglied im bundesverband unabhängiger prüfinstitute bup
ingenieurkammer nrw nr. 102497

WEITERE STANDORTE

- ARNSBERG
- BAUTZEN
- DANZIG
- HAMBURG
- JENA
- RIGA
- STADE
- TOSTEDT

Inhaltsverzeichnis

1 Auftrag, Vorgang und Situationsbeschreibung....4

2 Untersuchungsschritte und -beschreibungen....4

2.1 Probennahme....4

2.2 Rammsondierungen nach EN ISO 22476-2 (2012)....5

2.3 Homogenbereiche nach DIN 18300 (2015)....7

2.4 Chemische Untersuchungen im Labor....8

2.4.1 Untersuchungen zur Wiederverwertung und Deponierung....8

2.4.2 Substanzbewertung der ungebundenen Materialien....10

3 Ergebnisse der Untersuchungen....11

3.1 Vorhandene Schichtdicken und Zusammensetzung der ungebundenen Materialen (Rammkernbohrungen)....11

3.2 Schichtenfolge....12

3.3 Geotechnische Systemschnitte....17

3.4 Grundwasser....17

3.5 Bodenmechanische Kennwerte....18

3.6 Chemische Untersuchungen....20

3.6.1 Chemische Untersuchungen gemäß LAGA und DepV....20

4 Gutachterliche Bewertung....23

4.1 Baugrundbeurteilung....24

4.2 Gründungsempfehlung....25

4.3 Baugruben....27

4.4 Wasserhaltung....27

5 Weitere Hinweise....28

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Zuordnung der Frostempfindlichkeitsklassen [ZTV E-StB 17] 11
Abbildung 2: Beispielhafte Korngrößenverteilung der Lösslehme (Probe 018) 14
Abbildung 3: Spektrum der Korngrößenverteilungen der Geschiebelehme / -mergel 16
Abbildung 4: Schnitt Gabionenwand 23

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Entnahmestellen Rammkernbohrungen, Ansatzpunkte der Rammsondierung und Errichtung der Grundwassermessstelle 5
Tabelle 2: Zuordnungsklassen gemäß den LAGA-Bestimmungen 9
Tabelle 3: Abfallschlüsselnummern gemäß AVV 10
Tabelle 4: Bodenmechanische Laborprogramm (Rammkernbohrungen) 11
Tabelle 5: Grundwasserstände innerhalb der Bohrlöcher 18
Tabelle 6: Charakteristische Bodenkennwerte GK 2/3, Lockergesteine 18
Tabelle 7: Probenzusammenstellung 21
Tabelle 8: Deklarationsanalyse nach LAGA-Bauschutt 21
Tabelle 9: Deklarationsanalyse nach LAGA-Boden (2004) 22
Tabelle 10: Deklarationsanalyse nach DepV 22

Anlagen

Anlage 1:	Lagepläne	(2 Blatt)
Anlage 2:	Rammkernprofile	(1 Blatt)
	Geotechnischer Schnitt	(1 Blatt)
	Grundwassermessstelle	(1 Blatt)
Anlage 3:	Chemische Analyse Boden	(9 Blatt)
Anlage 4:	Analysenprotokolle GBA	(36 Blatt)
Anlage 5:	Probenentnahmeprotokoll	(1 Blatt)
Anlage 6:	Bodenmechanische Laboruntersuchungen	(11 Blatt)
Anlage 7:	Setzungs- und Grundbruchberechnung	(1 Blatt)

1 Auftrag, Vorgang und Situationsbeschreibung

Die Ingenieurgesellschaft PTM Dortmund mbH wurde von der Bielefelder Beteiligungs- und Vermögensverwaltungs-GmbH, beauftragt,

- den vorliegenden Bestand des ungebundenen Oberbaus für die Stadtbahn Linie 4 in Bielefeld zu erfassen,
- die anstehenden Böden in Homogenbereiche einzuteilen,
- eine Grundwassermessstelle in der Grünfläche zu erreichten,
- eine Bewertung der Baugrundverhältnisse, Empfehlungen zur Gründung, zur Baugrube sowie zur Wasserhaltung und
- eine Aussage über eine Wiederverwertung für die ungebundenen Schichten nach LAGA-Bauschutt / LAGA-Boden bzw. über eine Entsorgung gemäß den Vorgaben der Deponieverordnung zu treffen.

Für die Bestandsuntersuchung wurden die nachfolgend aufgeführten Untersuchungsschritte in situ durchgeführt:

- Begutachtung der Flächen und Festlegung der Probeentnahmestellen am 15.07.2021 und 26.07.2021
- Probenahme (Rammkernbohrungen, Rammsondierungen) am 27.07.2021, 28.07.2021 und 14.09.2021

Die gewonnenen Proben wurden labortechnisch für weitere Materialanalysen (chemisch und substantiell) untersucht. Die detaillierten Beschreibungen zu den einzelnen Arbeits- und Untersuchungsschritten werden in dem nachfolgenden Kapitel 2 erläutert.

2 Untersuchungsschritte und -beschreibungen

2.1 Probennahme

Zur Substanzbewertung des vorhandenen ungebundenen Aufbaus wurden an den in der nachfolgenden Tabelle 1**Fehler! Ungültiger Eigenverweis auf Textmarke.** sowie

in den Lageplänen (Anlage 1) aufgeführten Untersuchungspunkten Rammkernbohrungen und Rammsondierungen durchgeführt. Zur Beobachtung von Grundwasserschwankungen wurde die Bohrungen RKB 11 zu einer Grundwassermessstellen ausgebaut.

Tabelle 1: Entnahmestellen Rammkernbohrungen, Ansatzpunkte der Rammsondierung und Errichtung der Grundwassermessstelle

Proben-bezeichnung [RKB / DPH / GWMS] (*)	**Durchmesser RKB / DPH / GWMS** (*) [mm]	**Gewünschte Bohrtiefe** [m]	**Erzielte Bohrtiefe** [m]	**Gewerk**
RKB L1	80	7,00 / 9,00	7,00 / 9,00	Lärmschutz-wand
RKB L2	80	7,00 / 9,00	6,40 / 9,00	
RKB L3	80	7,00 / 9,00	6,30 / 9,00	
GWMS 11	60	6,50	6,00	-

(*) RKB = Rammkernbohrung; DPH = schwere Rammsondierung; GWMS = Grundwassermessstelle

Durch die durchgeführten Rammkernbohrungen werden nur punktuelle Aufschlüsse des ungebundenen Untergrundes dargestellt. Bei inhomogenen Bodenstrukturen können im angrenzenden Bereich der Entnahmestelle deutliche Abweichungen der Materialzusammensetzung und Schichtenfolge auftreten.

Die Einstufung der Materialien in Bodengruppen gemäß DIN EN 18196 erfolgt zunächst nach organoleptischer Analyse der Materialien. Im Anschluss wird eine Verifizierung der qualitativen Bewertung durch Sieb-/Schlämmungen, Erfassung der Zustandsgrenzen (Atterberg), Proctordichte, Glühverlust, Wassergehalte und Wasseraufnahmevermögen (Enslin) im Zuge eines erweiterten Laborprogramms durchgeführt (vgl. Tabelle 4).

2.2 Rammsondierungen nach EN ISO 22476-2 (2012)

Nach EN ISO 22476-2 (März 2012) werden Rammsondierungen als indirekte geotechnische Untersuchung, zur Bestimmung der qualitativen Beurteilung der Bodenschichten hinsichtlich ihrer Lagerungsdichte bzw. ihrer Konsistenz durchgeführt. Für einen

direkten und quantitativen Aufschluss über exakte Parameter wie Bodenzusammensetzungen, Schichtstärken, genaue Lagerungsdichten, Aussagen zur Tragfähigkeit und Frostsicherheit sind weitere in – situ Versuche, wie Plattendruckversuche und Schurfentnahmen / Rammkernbohrungen, aber auch Laborversuche, wie die Bestimmung der Korngrößenverteilung und Proctordichte notwendig.

Rammsondierungen werden allgemein und bis auf ein paar Ausnahmen in leichte (DPL), mittlere (DPM) und schwere (DPH) unterteilt. Die Auswahl der jeweiligen Sondiergeräte richtet sich nach dem jeweiligen zu erwartenden Untergrund sowie der geforderten Eindringtiefe.

Bei der Durchführung einer Rammsondierung erfolgt das definierte Einrammen bzw. Einschlagen der Rammsonde mit definierter Energie und Fallhöhe. Die Sonde wird dabei mittels eines definierten Fallgewichtes (DPL: 10 kg, DPH: 50 kg) in den Boden eingetrieben. Die Anzahl der Schläge pro 10cm Eindringtiefe (N_{10}) werden in einem Rammdiagramm (siehe Anlage 2) dokumentiert. Die Auswertung erfolgt auf Grundlage von Erfahrungswerten.

Bei der leichten Rammsondierung (DPL) werden die jeweiligen Bodenschichten Kies, Sand, Schluff oder Ton unter anderem anhand der Reibung, des Geräusches und des Verhaltens des Sondiergerätes sowie der Betrachtung des Gestänges nach Versuchsdurchführung festgestellt.

Gerade bei den leichten Rammsondierungen (DPL) kann es zu gerätetechnischen und geotechnischen Einflüssen auf den Eindringwiderstand an der Sondierspitze kommen.

1. Gerätetechnische Einflüsse:
    - Spitzendurchmesser
    - Gestängelänge
2. Geotechnische Einflüsse:
    - Mantelreibung am Gestänge
    - Bodenart, Bodengruppe und Bodenbeschaffenheit
    - Schichtenfolge und Grenztiefen

- Sondiertiefe
- des eindringenden Grundwassers, gerade bei grobkörnigen Fraktionen und Sanden

2.3 Homogenbereiche nach DIN 18300 (2015)

Nach VOB/C DIN 18300 (August 2015) werden die Boden- und Felsarten gemäß dem Zustand vor dem Lösen in Homogenbereiche (HB) eingestuft. Der Homogenbereich definiert einen begrenzten Bereich bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für das jeweilige Baugewerk bzw. Bauverfahren vergleichbare Eigenschaften aufzeigt. Diese bodenmechanischen Eigenschaften werden auf der Grundlage von geotechnischen Feld- und Laboruntersuchungen ermittelt und mit Erfahrungswerten ergänzt. Des Weiteren sind die umweltrelevanten Parameter zu beachten.

Folgende bodenmechanische Eigenschaften und Kennwerte sind für Erdarbeiten (Boden) nach DIN 18300 (August 2015) relevant:

- Kornverteilungskurven nach DIN ISO 17892-4 (für Boden) und DIN EN 933-1 (für Baustoffgemische)
- Steine / Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1
- Bodengruppen nach DIN 18196
- Ortsübliche Bezeichnungen
- Dichte nach DIN 18125-2 / DIN EN ISO 17892-2
- Undränierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-9 / DIN 18136 / DIN 18137-2
- Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1
- Plastizitätszahl nach DIN 18122-1
- Konsistenzgrenzen, Konsistenzzahl nach DIN 18122-1 / DIN EN ISO 14688-1
- Lagerungsdichte nach DIN EN ISO 15488-2 / DIN 18126
- Organischer Anteil nach DIN 18128

Folgende bodenmechanische Eigenschaften und Kennwerte sind für Erdarbeiten (Fels) nach DIN 18300 (August 2015) relevant:

- Benennung nach DIN EN ISO 14689-1
- Ortsübliche Bezeichnungen
- Dichte nach DIN 18125-1 oder -2
- Verwitterung, Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689-1
- Druckfestigkeit nach DGGT Nr. 1
- Trennflächen nach DIN EN ISO 14689-1

Zuvor wurde die DIN 18300 (2012) verwendet, die eine Einstufung in 7 Bodenklassen nach dem Schwierigkeitsgrad der Bearbeitung (Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten) zusammenfasst.

2.4 Chemische Untersuchungen im Labor

Mit den chemischen Untersuchungen der Proben gemäß LAGA-Bestimmungen für Bauschutt(1) und Boden(2) sowie DepV(3) wurde die Gesellschaft für Bioanalytik mbH (GBA), Bruchstraße 5c in 45883 Gelsenkirchen beauftragt. Die Ergebnisprotokolle liegen als Anlage 4 bei.

Nach Abgabe des Gutachtens werden die verbliebenen Bodenproben der Laborversuche 24 Monate aufbewahrt und dann, falls vom Auftraggeber nicht anders gewünscht, entsorgt.

2.4.1 Untersuchungen zur Wiederverwertung und Deponierung

Zwecks einer Aussage zur Wiederverwertbarkeit von Untergrundmaterialien / Böden / Bauschutt greifen die Beschlüsse der LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall). Im Jahre 1997 hat die LAGA in der Mitteilung 20 (LAGA M 20) s. g. Zuordnungskriterien (Z 0 bis Z 2) definiert in denen die Wiederverwertbarkeit von Boden und Bauschutt

(1) Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20, 4. erw. Auflage, 6.11.1997.

(2) Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20; überarbeitete Endfassung vom 06.11.2003 (Allgemeiner Teil), Teile II (Boden) und III vom 05.11.2004.

(3) Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung, DepV) vom 16.07.2009, BGBl. I 2009; zuletzt geändert: 03.2016.

geregelt ist. Die Tabelle 2 führt die Zuordnungsklassen gemäß den LAGA-Bestimmungen und die zugehörigen Wiederverwertungen auf.

Tabelle 2: Zuordnungsklassen gemäß den LAGA-Bestimmungen

Z 0	Wiederverwertung im uneingeschränkten, offenen Einbau
Z 1.1	Wiederverwertung im eingeschränkten, offenen Einbau unter ungünstigen hydrologischen Standortbedingungen; z.B. Wegebau, Unterbau von Gebäuden, unterhalb durchwurzelter Bodenschichten
Z 1.2	Wiederverwertung im eingeschränkten, offenen Einbau unter günstigen hydrologischen Standortbedingungen; z.B. Standorte, bei denen der Grundwasserleiter nach oben durch ausreichend mächtige Deckschichten mit hohem Rückhaltevermögen gegenüber Schadstoffen überdeckt ist oder Standorte mit hohem Grundwasserflurabstand.
Z 2	Wiederverwertung im eingeschränkten Einbau definierten technischen Sicherungsmaßnahmen; z.B. bei einer Anlage von befestigten Flächen in Industrie- und Gewerbegebieten sowie sonstige Verkehrsflächen als Tragschicht unter wasserundurchlässiger Deckschicht oder gebundener Tragschicht unter weniger durchlässiger Deckschicht. Der Abstand zwischen Unterkante des Schüttkörpers und maximalem Grundwasserstand sollte mindestens 2 m betragen.
> Z 2	Wiederverwertung nicht zulässig, Material muss Entsorgung zugeführt werden.

Die gewonnenen Materialien aus den Rammkernbohrungen werden zu repräsentative Einzel- und Mischproben zusammengestellt und homogenisiert.

In der Anlage 3.1 sind die Untersuchungsergebnisse den Zuordnungswerten der Einbauklassen Z 0 - Z 2 nach LAGA-Bauschutt (Boden mit einem Fremdanteil ≥ 10 %) gegenübergestellt.

In den Anlagen 3.2 bis 3.4 sind die Untersuchungsergebnisse den Zuordnungswerten der Einbauklassen Z 0 - Z 2 nach LAGA-Boden für die Bodenarten Lehm/Schluff bzw. Ton gegenübergestellt.

Zur Bestimmung der Deponieklasse werden die Proben einer Deklarationsanalyse nach DepV unterzogen. Gemäß § 2 der DepV werden für die Ablagerung folgende Deponieklassen (DK) unterschieden:

- DK 0 - Deponie: Oberirdische Deponie für Inertabfälle (z. B. unbelasteter Boden und unbelasteter Bauschutt)
- DK I bis DK II – Deponie: Oberirdische Deponie für nicht gefährliche Abfälle
- DK III – Deponie: Oberirdische Deponie für nicht gefährliche und gefährliche Abfälle

In der deutschen Abfallverzeichnisverordnung (AVV) sind die Abfallarten nach der Herkunft und dem Entstehungsprozess in 20 Hauptgruppen unterteilt. Jeder Abfallart wird ein sechsstelliger Zahlencode (Abfallschlüsselnummer) zugeordnet. Des Weiteren werden die Abfälle als gefährliche Abfälle (durch einen Stern * gekennzeichnet) und als nicht gefährliche Abfälle klassifiziert. Diese Einstufung erfolgt über den Gehalt an gefährlichen Inhaltsstoffen oder Eigenschaften.

In den Anlagen 3.5 bis 3.7 sind die detektierten Schadstoffgehalte den Zuordnungswerten der Deponieklassen DK 0 – DK III gegenübergestellt und die jeweiligen Abfallschlüssel gemäß der AVV(4) aufgeführt. In der Tabelle 3 sind die relevanten Abfallschlüsselnummern aufgeführt.

Tabelle 3: Abfallschlüsselnummern gemäß AVV

Boden	17 05 04	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03* fallen
	17 05 03*	Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten

2.4.2 Substanzbewertung der ungebundenen Materialien

Die Einstufung der Materialien in Bodengruppen gemäß DIN EN 18196 erfolgt nach organoleptischer Analyse der Materialien. Falls eine eindeutige Feststellung der Bodengruppe nicht möglich ist, wird eine Siebanalyse nach DIN ISO 17892-4 (für Boden) und DIN EN 933-1 (für Baustoffgemische) empfohlen, sodass die Korngrößenanteile verifiziert werden können.

Die folgende Abbildung 1 entsprechend den ZTV E-StB 17 führt die Bewertung der Frostempfindlichkeit in Abhängigkeit der Bodengruppe auf und bilden die Bewertungsgrundlage für die untersuchten Bodenproben.

(4) Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung - AVV) vom 10.12.2001, BGBl. I S. 3379), zuletzt geändert: 22.12.2016

	Frostempfindlichkeit	Bodengruppen (DIN 18196)
F1	nicht frostempfindlich	GW, GI, GE SW, SI, SE
F2	gering bis mittel frostempfindlich	TA OT, OH, OK ST, GT } 1) SU, GU } 1)
F3	sehr frostempfindlich	TL, TM UL, UM, UA OU ST*, GT* SU*, GU*

1) zu F1 gehörig , wenn bei
U ≥ 15,0 der Anteil der abschlämmbaren Bestandteile (d < 0,063 mm) ≤ 5,0 M.-% ist
oder bei
U ≤ 6,0 der Anteil der abschlämmbaren Bestandteile (d < 0,063 mm) ≤ 15,0 M.-% ist
Im Bereich 6,0 < U < 15,0 kann der für die Zuordnung zu F1 zulässige Anteil an Korn unter 0,063 mm linear interpoliert werden (s. Bild)

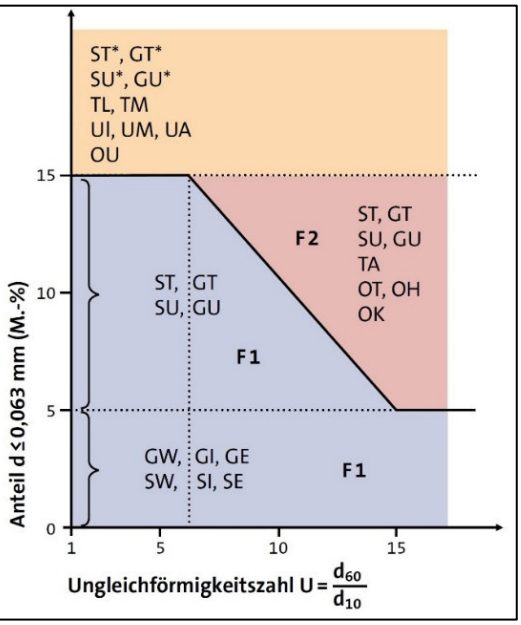


Abbildung 1: Zuordnung der Frostempfindlichkeitsklassen [ZTV E-StB 17]

3 Ergebnisse der Untersuchungen

3.1 Vorhandene Schichtdicken und Zusammensetzung der ungebundenen Materialen (Rammkernbohrungen)

Auf Grundlage von Rammkernbohrungen (RKB) wurde das ungebundene Material des Oberbaus analysiert. Die Schichtdicken und -zusammensetzungen sowie die vorgetroffene Bodengruppe und die entsprechende Einteilung in die Frostempfindlichkeitsklasse jeder Bohrung sind im Detail den Säulenprofilen der Anlage 2 zu entnehmen. Die Bodenansprache der einzelnen Schichten erfolgte organoleptisch. Die Tabelle 4 listet das bodenmechanische Laborprogramm sowie die dafür verwendeten Einzelproben bzw. die hergestellten Mischproben auf.

Tabelle 4: Bodenmechanische Laborprogramm (Rammkernbohrungen)

Labor-Nr. (*)	**Zusammensetzung** (RKB, Einbaulage)	**Teufe** von - bis [m]	**Bodengruppe** DIN 18196	**Untersuchungsumfang**	**Analyse-Methode**
018	L2.6 L3.2	1,00 – 3,20 0,51 – 2,40	UL (Lösslehm)	Wassergehalt Proctorversuch Sieb-/Schlämmung Zustandsgrenzen	DIN 18 121 DIN 18 127 bzw. DIN EN 13286-2 DIN EN ISO 17892-4 DIN 18 122

Labor-Nr. (*)	**Zusammen-setzung** (RKB, Einbaulage)	**Teufe** von - bis [m]	**Bodengruppe** DIN 18196	**Untersuchungs-umfang**	**Analyse-Methode**
022	L1.4	4,00 – 6,00	TM (Geschiebe-Mergel)	Wassergehalt Sieb-/Schlämmung	DIN 18 121 DIN EN ISO 17892-4
023	L2.7 L3.3	3,20 – 4,10 2,40 – 4,30	TM (Geschiebe-mergel)	Wassergehalt Sieb-/Schlämmung Zustandsgrenzen	DIN 18 121 DIN EN ISO 17892-4 DIN 18 122
026	L2.8 – L2.9 L3.4 – L3.5	4,10 – 6,40 4,30 – 6,30	TM (Geschiebe-mergel)	Wassergehalt Sieb-/Schlämmung Zustandsgrenzen Enslin	DIN 18 121 DIN EN ISO 17892-4 DIN 18 122 DIN 18132
055	L2.1 R1.1 R2.1	0,00 – 0,20 0,00 – 0,48 0,00 – 0,32	Oberboden	Glühverlust	DIN 18 128

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen sind in der Anlage 6 dargestellt. Ebenfalls sind die Bohrprofile (RKB) daraufhin angepasst (siehe Anlage 2).

3.2 Schichtenfolge

Allgemein wird in allen Teilgutachten im Rahmen des Bauvorhabens „Stadtbahn Linie 4“ zwischen folgenden Baugrundschichten differenziert und einheitlich unterschieden:

Schicht I: Oberboden
Schicht II: Auffüllungen
Schicht III: fluviatile Talablagerungen
Schicht IV: Lösslehme (Weichsel - Kaltzeit)
Schicht V: Geschiebelehme / -mergel (Saale - Kaltzeit)
Schicht VI: Beckenschluff (Saale - Kaltzeit)
Schicht VII: Tonmergel / Tonstein (Jura, Lias)

Eine ausführliche Beschreibung der regionalen Geologie ist in dem Teilgutachten 21-4728-01 enthalten. Die einheitliche Bodeneinteilung wird in allen Teilgutachten vorgenommen, um Verwechslungen im späteren Bauverlauf auszuschließen.

Im Rahmen des Baus der Lärmschutzwand und des Personal WC - Gebäudes werden im Bereich der relevanten Bohrungen folgende Baugrundschichten angetroffen:

Schicht I: **Oberboden**
Schicht II: **Auffüllungen**
Schicht IV: **Lösslehme (Weichsel - Kaltzeit)**
Schicht V: **Geschiebelehme / -mergel (Saale - Kaltzeit)**
Schicht VI: **Beckenschluff (Saale - Kaltzeit)**

Im Rahmen dieses Gutachtenteils erfolgt daher auch nur die Beschreibung der für diesen Bereich relevanten angetroffenen Böden.

Zu Schicht I: Oberboden

Die Geländeoberfläche ist im Bereich der Untersuchungspunkte Nr. L 1, GWMS 11 und L 2 mit einer rd. 0,17 - 0,2 m dicken Oberbodenschicht abgedeckt. Lediglich im Bereich des Untersuchungspunktes Nr. L 3 wurde zuoberst keine Oberbodendecke angetroffen. Die Oberböden sind in der Regel natürlichen Ursprungs.

Die Oberböden setzen sich aus schluffigen, schwach humosen Sanden sowie aus sehr schwach bis schwach tonigen, sandigen bis stark sandigen, schwach kiesigen, humosen Schluffen zusammen. Gemäß der DIN 18196 sind die Oberböden den Bodengruppen OU (organogene Schluffe) und OH (grob- bis gemischtkörnige Böden mit humosen Beimengungen) zuzurechnen. Der Organikanteil und der Wassergehalt variieren in Abhängigkeit der Jahreszeiten stark.

Zu Schicht II: Auffüllungen

Im Bereich der Untersuchungspunkte Nr. L 2 und L 3 wurden zuoberst bzw. unterhalb der organischen Oberbodendecke anthropogene Auffüllungen bis in variierende Untersuchungstiefen von 0,4 m bis 0,5 m unter GOK (Geländeoberkante) angetroffen. Die Zusammensetzung der Auffüllungen variiert sehr stark und ist als heterogen zu bewerten. Neben Lehmen und Felsbrüchen wurden auch Ziegelbruch, Fliesenbruch, Betonbruch sowie Wurzeln angetroffen.

Die Auffüllungen besitzen die Kornverteilungen von sandigen, sehr schwach schluffigen, sehr schwach bis schwach humosen Kiesen und von sandigen, sehr schwach kiesigen Schluffen.

In Abhängigkeit der Wassergehalte besitzen die Lehmanteile weiche bis steife Konsistenzen. Die Auffüllungen im Bereich des Untersuchungspunktes Nr. L 3 sind entsprechend den Ergebnissen der schweren Rammsondierungen überwiegend mitteldicht gelagert. Gemäß der DIN 18196 sind die Böden den Bodengruppen GW (weitgestufte Kies - Sand Gemische), UL (leichtplastische Schluffe) sowie OH (grob- bis gemischtkörnige Böden mit humosen Beimengungen) zuzurechnen.

Zu Schicht IV: Lösslehme (Weichsel - Kaltzeit)

Unterhalb der Oberbodenauflagen bzw. Auffüllungen folgen dann im Bereich aller Untersuchungspunkte quartäre Lösslehme (Weichsel - Kaltzeit). Die Lösslehme stehen bis in variierende Tiefen zwischen 2,6 m bis 4,1 m unter GOK an.

Neben der organoleptischen Bodenansprache wurde das Spektrum der Korngrößenverteilungen der Lösslehme anhand von kombinierten Sieb-/Schlämmanalysen ermittelt und stellt sich mit Verweis auf nachfolgende Abbildung wie folgt dar:

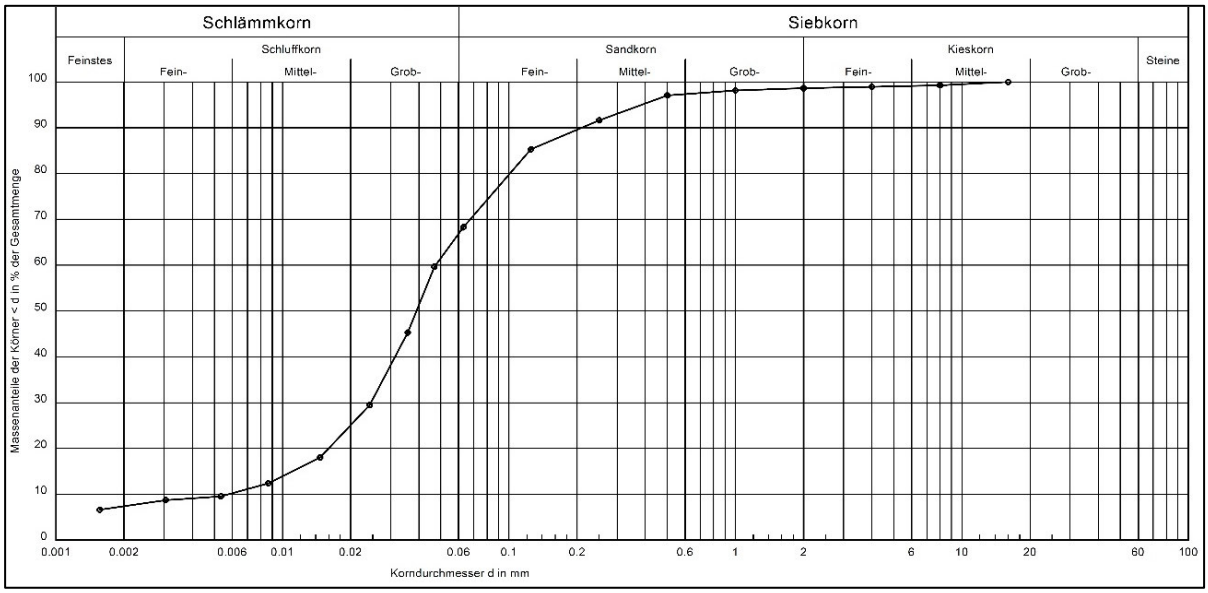


Abbildung 2: Beispielhafte Korngrößenverteilung der Lösslehme (Probe 018)

Die Lehme setzen sich überwiegend aus Schluffen mit schwach bis stark sandigen, schwach tonigen sowie schwach kiesigen Nebenanteilen zusammen. Die Bodengruppe nach DIN 18196 ist UL (leichtplastische Schluffe).

Der natürliche Wassergehalt der untersuchten Probe (018) liegt bei

w = 18,9 Gew.-%.

Das Spektrum der Wassergehalte wird voraussichtlich zwischen rd. 15 - 25 Gew.-% liegen. Die Lösslehme besitzen in der Regel weiche bis überwiegend steife und teils auch steife bis halbfeste Konsistenzen. Unter dem Einfluss von Grundwasser wurden stellenweise auch breiige bis weiche Konsistenzen sowie stark vernässte Böden angetroffen.

Zu Schicht V: Geschiebelehme / -mergel (Saale - Kaltzeit)

Unterhalb der Lösslehme folgen dann im Bereich aller Untersuchungspunkte quartäre (glaziale) Geschiebelehme / Geschiebemergel (Saale - Kaltzeit). Die Geschiebelehme / -mergel werden bis in variierende Tiefen von 6,4 m bis > 9,0 m unter GOK angetroffen. Aufgrund von unüberwindbaren Bohrwiderständen konnten die Bohrungen teilweise nicht weiter abgeteuft werden. Aufgrund der Ergebnisse der schweren Rammsondierungen ist jedoch davon auszugehen, dass sich die Lockergesteine in Form von Geschiebelehmen / -mergel zur Tiefe hin weiter fortsetzen bzw. zur Tiefe hin in die Beckenschluffe (vgl. folgendes Kapitel) übergehen.

Die Geschiebemergel (untergeordnet auch Lehme) sind kalkhaltig. Das Spektrum der Korngrößenverteilungen der Böden stellt sich mit Verweis auf nachfolgende Abbildung wie folgt dar:

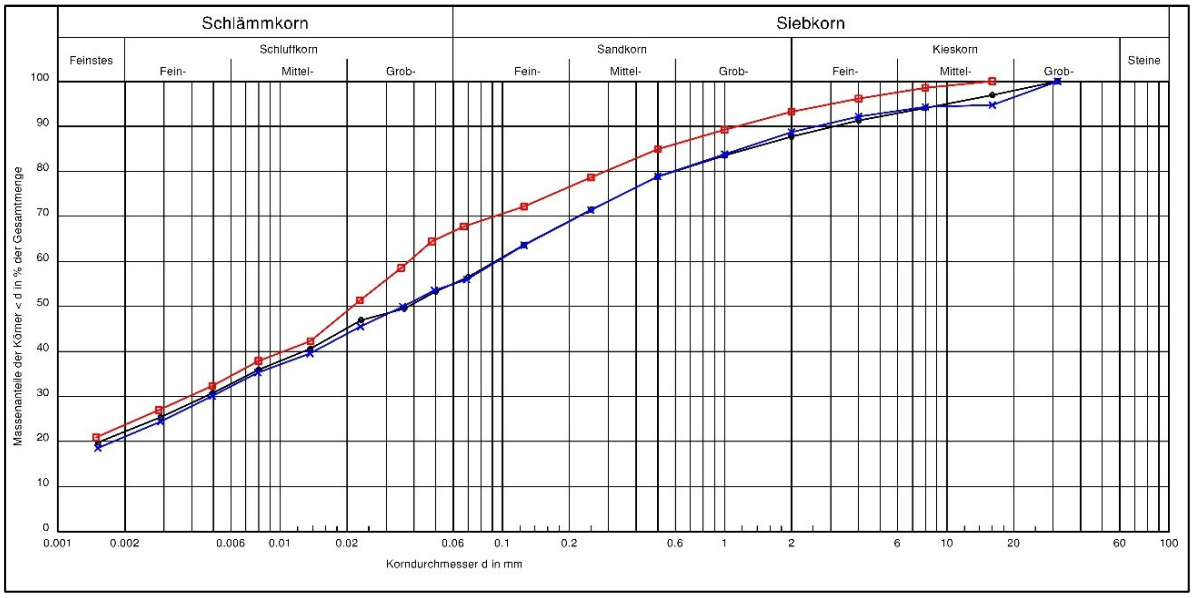


Abbildung 3: Spektrum der Korngrößenverteilungen der Geschiebelehme / -mergel

Anhand der ermittelten Zustandsgrenzen (siehe Anlagenteil 6.4) wird den Tonbestandteilen die prägende Bodeneigenschaft zugewiesen, so dass die Hauptbodenart Ton ist, der von schluffigen, sandigen und kiesigen Nebenanteilen in unterschiedlichen Mengenverhältnisse durchsetzt ist. Die Bodengruppe ist nach DIN 18196 TM (mittelplastische Tone).

Die natürlichen Wassergehalte liegen zwischen

w = 15,7 - 16,2 Gew.-%

und der mittlere Wassergehalt liegt bei

$w_{m,G\text{-}Lehm}$ = 16,0 Gew.-%.

Die Konsistenzen der Geschiebelehme / -mergel variieren zwischen überwiegend steif bis hin zu halbfest.

Das nach DIN 18123 ermittelte Wasseraufnahmevermögen nach Ensslin wurde an einer Probe (siehe Anlagenteil 6.6) ermittelt und liegt bei

w_b = 50,0 Gew.-%.

Das Wasseraufnahmevermögen ist als niedrig einzustufen. Es ist davon auszugehen, dass der untersuchte Boden keine gefährlichen quellfähigen Tonminerale aufweist. Quellfähige Tonböden werden von Schultze/Muhs in „Bodenuntersuchungen für Ingenieurbauten“ aus 1967, Seite 442 als bauwerksgefährdend angesehen, wenn sie ein Wasseraufnahmevermögen von deutlich mehr als 100 Gew.-% aufweisen. Zum Vergleich: Böden mit Montmorilonitteilchen können sogar Aufnahmevermögen von 300 – 700 Gew.-% aufweisen.

Zu Schicht VI: Beckenschluff (Saale - Kaltzeit)

Im Bereich des Untersuchungspunktes Nr. L 1 folgen unterhalb der Geschiebelehme / -mergel glazilimnische Beckenschluffe (Saale - Kaltzeit) (Ablagerung von bspw. (fluvio)glazialen Sedimenten in (glazialen) Seen) bis zu der Bohrendtiefe von 7,0 m unter GOK. Aufgrund der Ergebnisse der schweren Rammsondierungen ist jedoch davon auszugehen, dass sich die Beckenschluffe zur Tiefe hin weiter fortsetzen. Die Böden besitzen die Kornverteilung von schwach tonigen, sandigen Schluffen.

In Abhängigkeit ihrer Wassergehalte besitzen die Böden weiche bis steife Konsistenzen. Gemäß der DIN 18196 sind die Böden der Bodengruppe UL (Leichtplastische Schluffe) zuzurechnen. Die Böden sind kalkhaltig. Vermutlich folgen auch im Bereich der übrigen Bohrungen unterhalb der Geschiebelehme / -mergel die Beckenschluffe.

3.3 Geotechnische Systemschnitte

Die vorstehend erläuterte, wechselnde Schichtenfolge ist in dem geotechnischen Systemschnitt in der Anlage 2.3 zusammengefasst. Der Schichtenaufbau ist schematisch dargestellt, so dass entsprechend der Natur geologischer Körper zwischen den Bohrpunkten mit Abweichungen von den idealisierten Linien zu rechnen ist.

3.4 Grundwasser

Grundwasser wurde im Rahmen der Bohrungen in variierenden Tiefen von etwa 1,3 m bis 2,1 m unter Geländeniveau innerhalb der Lösslehme der Schicht IV erbohrt. Teilweise wurden, sofern der Wasserstand innerhalb des Bohrloches nicht mit Hilfe des

Kabellichtlotes messbar war, die Grundwasserstände auch anhand von „zugefallenen“ Bohrlöchern oder besonders „nassen“ Böden abgeleitet. Die ermittelten Grundwasserstände entsprechen absoluten Grundwasserständen von 102,0 mNN bis 102,6 mNN. Die nachfolgende Tabelle gibt die entsprechenden Grundwasserhöhen für die entsprechenden Bohrungen detailliert an.

Tabelle 5: Grundwasserstände innerhalb der Bohrlöcher

Rammkern-bohrung [n]	**Tiefe GW unter GOK** [m]	**Absolute GW-Höhe** [mNN]	**Besonderheit** (unter GOK / absolute Höhe)	**Baugrundschicht**
L 1	-	-	zugefallen (1,6 m / 102,4 mNN)	Lösslehme
GWMS 11	-	-	feucht (1,5 m / 102,0 mNN)	Lösslehme
L 2	2,1	102,3	-	Lösslehme
L 3	-	-	zugefallen (1,3 m / 102,6 mNN)	Lösslehme

(*) GW = Grundwasser; GOK = Geländeoberkante

Aufgrund der Feinkörnigkeit der überwiegend angetroffenen Lehme (und der damit verbundenen geringen Wasserdurchlässigkeit) ist außerdem jahreszeitlich bedingt mit Schichtenwasser und Staunässe zu rechnen.

3.5 Bodenmechanische Kennwerte

Die charakteristischen Bodenkennwerte sowie die Homogenbereiche werden aufgrund der Bohr- und Sondierergebnisse sowie regionaler Erfahrungen und einschlägiger Tabellenwerke wie folgt abgeschätzt:

Tabelle 6: Charakteristische Bodenkennwerte GK 2/3, Lockergesteine

Parameter		Schicht I:	Schicht II:	Schicht IV:	Schicht V:	Schicht VI:
1	Homogenbereich (DIN 18300 und 18319:2015-08) **Lösbarkeit**	DIN 18320 Landschafts-bauarbeiten	LÖS-A	LÖS-B	LÖS-C	
2	Homogenbereich (DIN 18300 und 18319:2015-08) **Einbaufähigkeit**	DIN 18320 Landschafts-bauarbeiten	EIN-A (Lehme: EIN-B)	EIN-B	EIN-C	EIN-D

Parameter		Schicht I:	Schicht II:	Schicht IV:	Schicht V:	Schicht VI:
4	Ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	Auffüllungen	Lösslehme (Weichsel - Kaltzeit)	Geschiebelehme / -mergel (Saale - Kaltzeit)	Beckenschluff (Saale - Kaltzeit)
5	Bodengruppe (DIN 18196)	OU, OH	UL, GW, OH	UL	TM, (UM)	UL
6	Korngrößenverteilungen/Bodenarten	U, t''- t*, s - s*, g', h bis S, u, h'	U, s, g'' bis G, s, u'', h'' - h'	U, t', s' - s*, g'	T, u, s' - s*, g' - g (T, U, s, g')	U, t', s
7	Anteil Steine und Blöcke [%]	0 - 10	0 - 15	0 - 5	5 - 15	5 - 10
8	Anteil große Blöcke [%]	0 - 1	0 - 2	0 - 1	0 - 10	0 - 5
9	Dichte, feucht [g/cm³]	1,7 - 1,9	1,9 - 2,1	1,9 - 2,0	1,9 - 2,0	1,9 - 2,0
10	Undränierte Scherfestigkeit c_u [kN/m²]	-	20 - 150	10 - 100	60 - 400	15 - 75
11	Wassergehalt [%]	5 - 15	10 - 30	15 - 25	15 - 30	10 - 30
12	Konsistenz	-	Lehmanteile: weich - steif;	steif (breiig - weich; steif - halbfest)	steif (halbfest)	weich - steif
13	Konsistenzzahl I_c [-]	-	Lehmanteile: 0,50 - 1,00	0,75 - 2,28	0,80 - 1,00	0,50 - 1,00
14	Plastizitätszahl I_p [-]	-	Lehmanteile: 0,04 - 0,20	0,02 - 0,10	0,15 - 0,25	0,04 - 0,10
15	Lagerungsdichte bzw. Lagerung	-	mitteldicht	-	-	-
16	Organischer Anteil v_{gl} [%]	3 - 10	0 - 5	0 - 3	0 - 2	0 - 2
17	Kalkgehalt [/]	-	-	-	Geschiebemergel: kalkhaltig	kalkhaltig
18	Wichte γ_k [kN/m³]	15 - 17	18 - 20	18 - 19	18 - 19	18 - 19
19	Reibungswinkel φ'_k [Grad]	-	27,5 - 32,5	27,5 - 30,0	25,0 - 27,5	27,5 - 30,0

Parameter		Schicht I:	Schicht II:	Schicht IV:	Schicht V:	Schicht VI:
20	Kohäsion c'_k [kN/m²]	-	0 - 5	3 - 5	8 - 10	3 - 5
21	Steifeziffer $E_{s,k}$ [MN/m²]	-	5 - 15	3 - 7	10 - 30	15 - 25
21	Probenbezeich-nung chemische Analysen	MP L0	EP L4	MP L1 EP L5 EP L6 EP L7 EP L8	MP L2 MP L3	MP L3
22	Einbauklasse nach LAGA (ungünstigst)	Z 1.1	Z 2	Z 0 Z 2 Z 0 Z 0 Z 1.2	Z 1.1 Z 0	Z 0
23	Deponieklasse nach DepV	DK 0°	DK 0	DK 0 DK 0° DK 0° DK 0 DK 0	DK 0° DK 0	DK 0° DK 0

Zu Parameter: 4 - 6, 12: nach Bodenansprache

Zu Parameter 15: nach Schwerer Rammsondierung (DPH)

Restliche Parameter: Schätzwerte

() = Klammerwerte sind von geringer Bedeutung

3.6 Chemische Untersuchungen

Die ungebundenen Schichten wurden entsprechend der geltenden Vorschriften Deklarationsanalysen unterzogen. Die Ergebnisse werden dabei entsprechend der Art des untersuchten Materials und der Untersuchungsmethode getrennt in den nachfolgenden Unterkapiteln aufgeführt.

3.6.1 Chemische Untersuchungen gemäß LAGA und DepV

Hinsichtlich der Wiederverwertung und Deponierung der Ausbaumaterialien wurden für chemische Untersuchungen repräsentative Einzel- und Mischproben wie folgt zusammengestellt und homogenisiert (vgl. Tabelle 7):

Tabelle 7: Probenzusammenstellung

Proben-bezeichnung (*)	Zusammensetzung (RKB, Einbaulage)	Teufe von - bis [m]	Material	Untersuchungsumfang
MP L0	L1.1 L2.1	0,00 – 0,18 0,00 – 0,20	Oberboden	LAGA-Boden / DepV
MP L1	L1.2 L2.1 L3.2	0,18 – 2,60 1,00 – 3,20 0,51 – 2,40	Schluff	LAGA-Boden / DepV
MP L2	L1.3 – L1.4 L2.8 – L2.9 L3.4 – L3.5	2,60 – 6,00 4,10 – 6,40 4,30 – 6,30	Ton	LAGA-Boden / DepV
MP L3	L1.5 – L1.6 L2.6 L3.3	6,00 – 7,00 3,00 – 4,10 2,40 – 4,30	Schluff Ton	LAGA-Boden / DepV
EP L4	L3.1	0,00 – 0,51	Auffüllung Kies, Felsbruch, Ziegelbruch, Fliesenbruch <10%, Betonbruch <10%	LAGA-Bauschutt / DepV
EP L5	L2.2	0,20 – 0,40	Auffüllung Schluff	LAGA-Boden / DepV
EP L6	L2.3	0,40 – 0,60	Schluff	LAGA-Boden / DepV
EP L7	L2.4	0,60 – 0,80	Schluff	LAGA-Boden / DepV
EP L8	L2.5	0,80 – 1,00	Schluff	LAGA-Boden / DepV

(*) EP = Einzelprobe; MP = Mischprobe

3.6.1.1 LAGA-Bauschutt

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen nach LAGA-Bauschutt sind in der Anlage 3.1 den Zuordnungswerten Z 0 bis Z 2 gegenübergestellt. Daraus lässt sich folgende Zuordnungsklasse (siehe Tabelle 8) gemäß LAGA-Bauschutt ableiten.

Tabelle 8: Deklarationsanalyse nach LAGA-Bauschutt

Proben-bezeichnung	Ursachen für die Zuordnungsklasse		Einbauklasse
	Feststoff	Eluat	
EP L4	$\sum PAK_{16}$	-	**Z 2**

3.6.1.2 LAGA-Boden

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen nach LAGA-Boden sind in den Anlagen 3.2 bis 3.4 den Zuordnungswerten Z 0 bis Z 2 gegenübergestellt. Es lassen

sich folgende Zuordnungsklassen (siehe Tabelle 9) gemäß LAGA-Boden (2004) ableiten.

Tabelle 9: Deklarationsanalyse nach LAGA-Boden (2004)

Proben-bezeichnung	Ursachen für die Zuordnungsklasse		Einbauklasse
	Feststoff	Eluat	
MP L0	TOC	-	**Z 1.1**
MP L1	-	-	**Z 0**
MP L2	TOC	-	**Z 1.1**
MP L3	-	-	**Z 0**
EP L5	$\sum PAK_{16}$	-	**Z 2**
EP L6	-	-	**Z 0**
EP L7	-	-	**Z 0**
EP L8	-	Kupfer	**Z 1.2**

3.6.1.3 Deponieverordnung (DepV)

In den Anlagen 3.5 bis 3.7 sind die jeweils analysierten Schadstoffgehalte den Zuordnungswerten der DK 0 – DK III gegenübergestellt.

Die ableitbaren Deponieklassen - unter Berücksichtigung zulässiger Ausnahmeregelungen gemäß der DepV - für die durch die Proben jeweils repräsentierten Materialien können der nachfolgenden Tabelle 10 entnommen werden.

Tabelle 10: Deklarationsanalyse nach DepV

Proben-bezeichnung	Ursachen für die Deponieklasse		Deponieklasse gem. DepV	Abfallschlüssel gem. AVV
	Feststoff	Eluat		
MP L0	-	-	**DK 0°**	**17 05 04**
MP L1	-	-	**DK 0**	**17 05 04**
MP L2	-	-	**DK 0°**	**17 05 04**
MP L3	-	-	**DK 0**	**17 05 04**
EP L4	-	-	**DK 0**	**17 05 04**
EP L5	-	-	**DK 0°**	**17 05 04**

Proben-bezeichnung	Ursachen für die Deponieklasse		Deponieklasse gem. DepV	Abfallschlüssel gem. AVV
	Feststoff	Eluat		
EP L6	-	-	**DK 0°**	**17 05 04**
EP L7	-	-	**DK 0**	**17 05 04**
EP L8	-	-	**DK 0**	**17 05 04**

° : Zulässige Anpassungen der Deponieklassen, die z. T. einer behördlichen Zustimmung bedürfen, können den Anlagen 3.5 und 3.6 entnommen werden.

4 Gutachterliche Bewertung

Im Bereich der geplanten Haltestelle Schlosshofstraße ist nordwestlich der zukünftigen Dürerstraße die Errichtung einer rd. 90 m langen Lärmschutzwand geplant. Die übergeordnete Lage lässt sich dem Übersichtslageplan der Anlage 1.1 im Maßstab 1 : 2.000 entnehmen.

Gemäß den uns vorliegenden Angaben soll die Lärmschutzwand eine Höhe von rd. 3,5 m über dem zukünftige Schienenniveau besitzen. Die Lärmschutzwand soll voraussichtlich als Gabionenwand ausgebildet werden. Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Schnitt durch die entsprechende Wand. Es ist ein trapezförmiger Wandquerschnitt mit einer Kronenbreite von b_o = 0,8 m sowie einer Fußbreite von b_u = 1,3 m geplant.

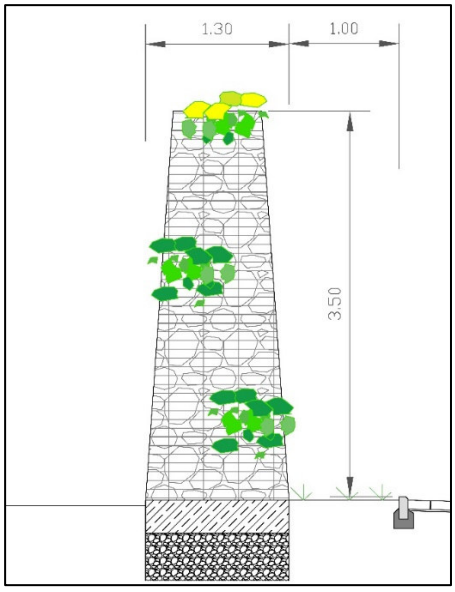


Abbildung 4: Schnitt Gabionenwand

Inwiefern die Lärmschutzwand im Bereich von angrenzenden Böschungen liegt, lässt sich aus der vorliegenden Planung nicht entnehmen. Grundsätzlich lassen sich in den vorliegenden Planungsunterlagen jedoch keine Böschungen erkennen, sodass angenommen wird, dass sich auch die Lärmschutzwand in einem relativ ebenen Gelände ohne sich anschließende Böschungen befindet.

Gemäß dem Geoportal NRW besitzt die vorgesehene Fläche absolute Höhen zwischen rd. 103,5 mNN und 104,5 mNN. Zusätzlich entsteht hinter der Lärmschutzwand ein Personal WC - Gebäude. Das Gebäude wird einen annähernd rechteckigen Grundriss von rd. 3,0 x 5,2 m besitzen. Die Lärmschutzwand sowie das Personal WC - Gebäude sind im Lageplan der Anlage 1.2 (Maßstab 1 : 500) dargestellt. Zusätzlich zeigt die Anlage 2.3 einen skizzierten Längsschnitt durch die geplante Lärmschutzwand. Die Höhenlage der Gleistrasse wurde dabei grob aus dem uns vorliegenden Trassenquerschnitt (Plan Nr. 3) vom 12.08.2014 interpoliert.

Grob geschätzt werden die zu erwartenden Einwirkungen aus der Eigenlast der Gabionenwand (charakteristische Flächenpressungen) im Bereich von

$$\sigma_{E,k} = 70 - 80 \text{ kN/m}^2$$

liegen.

4.1 Baugrundbeurteilung

Die Oberbodenschicht darf aufgrund ihrer organischen und biologischen Bestandteile nicht überbaut werden. Sie muss vor Aufnahme der Tiefbauarbeiten abgeschoben und seitlich zwischengelagert werden, um sie später einer Wiederandeckung zuzuführen.

Nach Abtrag des Oberbodens wird die allgemeine Baugrundsituation im Bereich der geplanten Lärmschutzwand entsprechend der Anlage 2.3 durch die Schichtenfolge Auffüllungen (lediglich Bohrungen RKB L2 und L3) über Lösslehmen über Geschiebelehmen / -mergel über Beckenschluffen charakterisiert. Dabei sind diese Schichten unter bodenmechanischen Aspekten wie folgt zu bewerten:

Die Auffüllungen im Bereich der Bohrung RKB L 3 sind aufgrund ihrer hohen Organikanteile aus dem Baufeld zu entfernen.

Die **Lösslehme** der Schicht IV (sowie die Auffüllungen im Bereich der Bohrung RKB L 2), welche bis in Tiefen von 2,6 m bis 4,1 m unter GOK anstehen, besitzen breiige, weiche, steife und halbfeste Konsistenzen. Sie sind auf Grund ihres hohen Verformungspotenzials sowie ihrer extremen Wasserempfindlichkeit als gering tragfähig einzustufen. Eine unmittelbare Übergründung der Lehme ohne zusätzliche Maßnahmen wird hier zu nicht bauwerksverträglichen Setzungen und Differenzsetzungen führen.

Unterhalb der Lösslehme folgt dann der **Geschiebelehm / -mergel** (Schicht V), welcher bis in variierende Tiefen von 6,4 m bis > 9,0 m unter GOK ansteht. Der Geschiebelehm / -mergel besitzt überwiegend steife und teils auch halbfeste Konsistenzen. Aufgrund der Feinkörnigkeit, der Wasserempfindlichkeit und des hohen Verformungspotenzials sind die Böden als setzungsempfindlich und somit als maximal mäßig gut tragfähig einzustufen.

Unterlagert werden die Geschiebelehme / -mergel dann von den (vermutlich) **Beckenschluffen** (Schicht VI) der Saale -Kaltzeit. Insgesamt ist anzunehmen, dass diese Böden durch die Überlagerung durch das Inlandeis recht gut konsolidiert sind, was sich auch durch die recht hohen Schlagzahlen der Schweren Rammsondierungen widerspiegelt. Die Schluffe besitzen überwiegend weiche bis steife Konsistenzen. Aufgrund der Konsolidierung sind sie als recht gut tragfähig zu bewerten. Nichtsdestotrotz sind sie ebenfalls als extrem wasserempfindlich einzustufen.

4.2 Gründungsempfehlung

Aufgrund der im Bereich der Lärmschutzwand zuoberst anstehenden, gering tragfähigen Lösslehme und zur Gewährleistung einer frostsicheren Gründung empfehlen wir, die geplante Gabionenwand entsprechend der vorliegenden Planung (vgl. Abbildung 4) mit einer rd. 30 cm mächtigen Sauberkeitsschicht aus Beton auszustatten und zusätzlich unterhalb der Sauberkeitsschicht eine

d = 0,5 m mächtige Tragschicht

anzuordnen.

Die Tragschicht muss einen allseitigen Überstand von d = 0,5 m aufweisen. Als geeignetes, tragfähiges Material kommen alle Hartsteinbrüche der Korngrößenverteilungen 0/45 mm oder 0/56 mm mit einem maximal zulässigen Feinteilgehalt (d ≤ 0,063 mm) von 5 Gew.-% in Frage.

Bei fachgerechtem Einbau darf für die Tragschicht mit den folgenden charakteristischen Bodenkennwerten gerechnet werden:

- Wichte: γ_k = 20 kN/m³
- Wichte unter Auftrieb: γ'_k = 11 kN/m³
- Winkel der inneren Reibung: φ_k = 40°
- Kohäsion: c_k = 0 kN/m²
- Steifemodul: $E_{s,k}$ = 40 MN/m²

Auf der Tragschichtoberfläche muss durch Lastplattendruckversuche nach DIN 18134 oder durch dynamische Fallplattenversuche ein Mindestverformungsmodul von

$E_{v2} \geq 80$ MN/m²

nachgewiesen werden.

Die Anlage 7 enthält beispielhaft eine Grundbruch- und Setzungsberechnung für ein b = 1,3 m breites Streifenfundament mit einer Einbindetiefe von t = 0,3 m, welches stellvertretend für die Gabionenwand steht. Demnach wird der Sohlwiderstand (Bemessungswert) zu

$\sigma_{R,d}$ = 160 kN/m²

unter Zugrundelegung einer bauwerksverträglichen Setzung von

s = rd. 2,5 cm

festgelegt. Grundsätzlich sind Gabionenwände statisch hinsichtlich der äußeren Standsicherheit zu bemessen. Es sind die Versagensmechanismen “Lagesicherheit, Gleiten, Kippen und Grundbruch“ sowie ggf. „Geländebruch“ bei sich unmittelbar anschließenden Böschungen zu bemessen.

Gabionenwände auf Böschungskronen sind bei konventioneller Flachgründungsweise böschungsbruchgefährdet. In solchen Fällen sind sie auf Bohr- / Rammpfählen tief zu gründen.

4.3 Baugruben

Für die Gestaltung von flachen Gruben/Gräben gelten die einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften und die DIN 4124. Bei freier Abböschung dürfen diese bis in Tiefen von t = 1,25 m vertikal abgeschachtet werden. Bei Tiefen zwischen 1,25 m und 1,75 m sind die obersten 50 cm unter β = 45° abzuböschen, darunter darf dann wieder vertikal abgeschachtet werden, sofern die Ränder frei von Lasten bleiben und kein Hangwasser auftritt.

Gruben/Gräben mit Tiefen > 1,75 m sind innerhalb der Lockergesteine unter einer maximalen Neigung von β = 45° abzuböschen, sofern die Geometrie dies zulässt und die Baugrubenböschungen nicht im Einflussbereich von Bestandslasten (Nachbargebäude, angrenzende Wege etc.) liegen. Ab einer Böschungshöhe von h > 5,0 m ist die Standsicherheit der Böschungen gesondert nachzuweisen.

4.4 Wasserhaltung

Bei den im Rahmen der Untergrunderkundungen festgestellten Grundwasserverhältnisse ist davon auszugehen, dass sich Gruben- und/oder Grabensohlen oberhalb des Grundwassergeschehens befinden bzw. geringfügig in Schichtenwasser, Hangwasser oder Staunässe einbinden. In diesem Fall ist eine offene Wasserhaltung (Pumpgesenke und Leitungen) vorzusehen, die gleichzeitig die Funktion der Tagwasserhaltung übernimmt.

5 Weitere Hinweise

Sämtliche im Baugrundbericht genannten Höhen und Höhenbezüge sind im Zuge der Maßnahme bauseits zu prüfen. Bei Unstimmigkeiten mit dem Baugrundbericht bitten die Unterzeichner um unverzügliche Benachrichtigung.

Baugrundaufschlussuntersuchungen basieren zwangsläufig auf punktförmigen Aufschlüssen, so dass Abweichungen von den vorstehend beschriebenen Verhältnissen zwischen den Untersuchungsstellen nicht völlig ausgeschlossen werden können. Die Ingenieurgesellschaft PTM Dortmund mbH behält sich daher eine Überprüfung der Situation im Zuge förmlicher Abnahmen der Aushubsohlen, gegebenenfalls auch ergänzende Ausführungshinweise, vor.

Der Baugrundbericht gilt für die in Abschnitt 2 angegebenen Objekte im Zusammenhang mit den Projektdaten. Eine Übertragung der Untersuchungsergebnisse auf andere Projekte ist ohne Zustimmung der Ingenieurgesellschaft PTM Dortmund mbH nicht zulässig.

INGENIEURGESELLSCHAFT **PTM** DORTMUND MBH

.....	.....
Dipl. Lök. Natascha Kosfeld	Kristin Schauerte, M.Eng
.....	.....
Dipl. Ing. Burghard Dietrich	Isabel Stewen, M.Sc.