

Geotechnisches Ingenieurbüro

Dipl.-Ing. A. Pampel GmbH

Verband Beratender Ingenieure
Anerkannte Prüfstelle nach RAP Stra A, H, I Reg.Nr. 63/StB 20.5

Stöhrerstraße 14, 04347 Leipzig
Zulassungsnummer 13 – 3 – 347

Telefon: 0341 / 2 44 35-0
Telefax: 0341 / 2 44 35-40

Internet www.gcepampel.de
E-Mail info@gce-pampel.de

Geotechnischer Bericht zu den Baugrund- und Gründungsverhältnissen

BAUVORHABEN: 2. Nord-Süd-Verbindung Straßenbahn in Magdeburg
BA4-Damaschkeplatz bis Hermann-Bruse-Platz

OBJEKT:

- Oberleitung
- Durchlässe Schrote, Faule Rinne und Trockene Schrote
- Stützwand Fernwärmeleitung Mittagstraße

AUFTRAGGEBER :



Fritz-Vomfelde-Str. 12
D-40547 Düsseldorf

AUFTRAG: 16.01.2017

UNTERSUCHUNGSSTUFE: Hauptuntersuchung

BEARBEITER: Dipl.-Ing. S. Böhm

BEARB.-NR.: 17/LG/456

BERICHTSDATUM: 02.06.2017

Dieser Bericht umfasst 49 Seiten Text einschließlich Deckblatt und 7 Anlagenkomplexe mit insgesamt 114 Seiten. Eine auszugsweise Weitergabe bedarf unserer Zustimmung.

VERTEILER: 3 * AG (2xPapier / 1xDigital)
1 * GCE

INHALTSVERZEICHNIS

TEIL I: GRUNDLAGEN	4
1.1 UNTERLAGEN	4
1.2 VERANLASSUNG	5
1.3 DURCHGEFÜHRTE BAUGRUNDAUFSCHLÜSSE	6
1.4 LABORUNTERSUCHUNGEN	9
1.5 INGENIEURGEOLOGISCHE UND MORPHOLOGISCHE ÜBERSICHT	10
1.5.1 Zum Gelände (Morphologie) und zur geplanten Baumaßnahme	10
1.5.2 Zur Geologie	11
TEIL II: ERGEBNISSE	12
2.1 ERDBEBENWIRKUNG	12
2.2 ERKUNDETE BODENSCHICHTUNG	12
2.2.1 Adelheidring bis Damaschkeplatz	12
2.2.2 Editharing bis Gellertstraße	13
2.2.3 Editharing von Ecke Gellertstraße bis zur Auffahrt Magdeburger Ring	14
2.2.4 Magdeburger Ring	15
2.2.5 Schallschutzwände beidseitig km 1,2+40 bis km 1,3+40	16
2.2.6 Sichtschutzwand rechts km 1,3+40 bis km 1,4+90	17
2.2.7 Querung Schrote (Station 1,4+90 bis 1,5+20)	18
2.2.8 Kleingartenanlage Tillysberge bis An der Steinkuhle (Station 1,5+20 bis 1,7+85)	19
2.2.9 An der Steinkuhle bis Lorenzweg (Station 1,7+85 bis 2,0+15)	20
2.2.10 Kleingartenanlage „Am Lorenzweg“ (Station 2,0+15 bis 2,5+90)	21
2.2.11 Distelweg und Kleingartenanlage „Am Ring“ (Station 2,5+90 bis 2,9+50)	22
2.2.12 Kritzmannstraße (Mittagstraße bis Gleisschleife) (Station 2,9+50 bis 3,6+00)	23
2.3 ZUSAMMENFASSUNG – ERKUNDETE BODENARTEN	24
2.4 ERGEBNISSE DER SCHWEREN RAMMSONDIERUNGEN / RAMMBARKEIT	25
2.5 HYDROLOGISCHE VERHÄLTNISSE	26
2.5 ERGEBNISSE DER BODENMECHANISCHEN LABORUNTERSUCHUNGEN	30
2.6 EINTEILUNG VON BODEN IN HOMOGENBEREICHE	32
2.7 ERGEBNISSE DER CHEMISCHEN UNTERSUCHUNGEN	34
2.7.1 Wasseranalysen	34
2.7.2 Umweltanalytische Untersuchungen	34
TEIL III: EMPFEHLUNGEN	36
3.1 BAUGRUNDMODELL, CHARAKTERISTISCHE BODENKENNWERTE	36
3.2 EMPFEHLUNGEN FÜR DIE GRÜNDUNG DER OBERLEITUNGSMASTEN	36
3.2.1 Möglichkeiten der Gründung von Oberleitungsmasten für Straßenbahnen	36
3.2.2 Empfehlungen für eine Flachgründung	37
3.2.3 Empfehlungen für eine Tiefgründung	38
3.2.3.1 Rammrohrgründung	38
3.2.3.2 Bohrpfahlgründung	39
3.3 EMPFEHLUNGEN FÜR DEN DURCHLASS SCHROTE STATION 1,4+97	41
3.3.1 Baugrundmodell, charakteristische Bodenkennwerte	41
3.3.2 Empfehlungen zur Rohrbettung, Verfüllung und Überschüttung	42
3.3.3 Zur Baugrube	43
3.3.4 Wasserhaltung	43
3.4 EMPFEHLUNGEN FÜR DEN DURCHLASS „FAULE RINNE“ STATION 2,5+93	43
3.4.1 Baugrundmodell, charakteristische Bodenkennwerte	43
3.4.2 Empfehlungen zur Rohrbettung, Verfüllung und Überschüttung	44
3.4.3 Zur Baugrube	45
3.4.4 Wasserhaltung	45
3.5 EMPFEHLUNGEN FÜR DEN DURCHLASS TROCKENE SCHROTE STATION 2,7+32	46
3.5.1 Baugrundmodell, charakteristische Bodenkennwerte	46
3.5.2 Empfehlungen zur Gründung	46
3.5.3 Zur Baugrube	47
3.5.4 Wasserhaltung	47
3.6 EMPFEHLUNGEN FÜR DIE GRÜNDUNG DER STÜTZWAND STATION 2,8+65 BIS 2,8+76	47
3.6.1 Baugrundmodell, charakteristische Bodenkennwerte	47
3.6.2 Empfehlungen zur Gründung	48

Anlagenverzeichnis

	Seitenanzahl (incl. Deckblatt)
A 1 Lagepläne mit Aufschlusssatzpunkten, Maßstab 1 : 500	7
A 2 Profildarstellung der Aufschlüsse, Maßstab 1:50/1:100	19
A 3 Protokolle der bodenmechanischen Laborversuche	43
A 4 Prüfbericht Wasseranalyse auf Beton- und Stahlaggressivität	5
A 5 Analyseberichte der chemischen Laboruntersuchungen Boden	31
A 6 Bilddokumentation	5
A 7 Protokolle der Kampfmitteluntersuchungen	4

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Streckenverlauf der geplanten Straßenbahn.....	5
Tabelle 2: Lage und Tiefe der durchgeführten Bohrungen/Sondierungen.....	7
Tabelle 3: relevante Baugrundaufschlüsse, Landesbohrdatenbank Sachsen Anhalt.....	8
Tabelle 4: Baugrundaufschlüsse – Kanalbau vom Januar 2017 (aus 16/LG/394).....	9
Tabelle 5: Baugrundaufschlüsse – Kritzmannstraße von 2014 (aus 13/LG/927.2)	9
Tabelle 6: durchgeführte Laborversuche.....	10
Tabelle 7: Bewertung der Rammsondiererergebnisse / Rammbarkeit	25
Tabelle 8: erkundete Wasserstände.....	26
Tabelle 9: Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche – Löß - Schluff, hellbraun (Schicht 2)	30
Tabelle 10: Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche – Geschiebemergel - Mg (Schicht 3)	31
Tabelle 11: bodenphysikalische Kennwerte – Kiessand (Schicht 6).....	31
Tabelle 12: bodenphysikalische Kennwerte – Grünsand (Schicht 4).....	31
Tabelle 13: Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche – Ton-/Sandsteinzersatz (Schicht 5)	32
Tabelle 14: natürliche Wassergehalte	32
Tabelle 15: Einteilung der Böden in Homogenbereiche und.....	33
Tabelle 16: Ergebnisse der Analyse nach DIN 4030 (Betonaggressivität)	34
Tabelle 17: Proben für Kontaminationsuntersuchungen des im Untergrund anstehenden Bodens	34
Tabelle 18: Zuordnungswerte des im Untergrund anstehenden Bodens.....	35
Tabelle 19: charakteristische Bodenkennwerte.....	36
Tabelle 20: relevanter Gründungshorizont für Flachgründungen	38
Tabelle 21: empfohlene charakteristische Werte von Rammpfählen nach /29/ - Stahlrohr geschlossen.....	38
Tabelle 22: empfohlene charakteristische Werte von Rammpfählen nach /26/ - Stahlrohr offen.....	39
Tabelle 23: empfohlene charakteristische Werte von Bohrpfählen nach /29/	39
Tabelle 24: empfohlene Werte für den horizontalen Bettungsmodul.....	41
Tabelle 25: Baugrundmodell, charakteristische Bodenkennwerte DL Schrote	42
Tabelle 26: Baugrundmodell, charakteristische Bodenkennwerte DL „Faule Rinne“.....	44
Tabelle 27: Baugrundmodell, charakteristische Bodenkennwerte DL „Trockene Schrote“	46
Tabelle 28: Baugrundmodell, charakteristische Bodenkennwerte Stützwand km 2,8+65 – 2,8+76	48
Tabelle 29: empfohlene charakteristische Werte von Bohrpfählen nach /29/	48
Tabelle 30: empfohlene charakteristische Werte von Spundwänden nach /33/ A 10	49

TEIL I: GRUNDLAGEN

1.1 Unterlagen

- /1/ Auftrag vom 16.01.2017 durch Spiekermann GmbH
- /2/ Ausführungsplanung, Lagepläne 1-6 km 0+292.331 – km 3+599.700, vom 13.12.2016, Maßstab 1 : 500, 2. Nord – Süd Verbindung der Straßenbahn in Magdeburg BA 4 - Damaschkeplatz bis Hermann-Bruse-Platz, Spiekermann GmbH.
- /3/ Ergebnisse der Aufschlussarbeiten mit Aufnahme der Schichtenprofile, Entnahme von Bodenproben aus den Bohrsondierungen vom 23.03. – 09.05.2017
- /4/ Ergebnisse der bodenmechanischen und chemischen Laboruntersuchungen an den entnommenen Proben
- /5/ DIN EN 933-1:2012-03, Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 1: Bestimmung der Korngrößenverteilung - Siebverfahren
- /6/ DIN 1054:2010-12, Baugrund - Sicherheitsnachweis im Erd- und Grundbau
- /7/ DIN EN 1997-1:2014-03, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln
- /8/ DIN EN 1997-2:2010-10, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds
- /9/ DIN 4020:2010-12, Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2
- /10/ DIN 4023:2006-02, Baugrund- und Wasserbohrungen, Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse
- /11/ DIN EN ISO 17892-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts (ISO 17892-1:2014); Deutsche Fassung EN ISO 17892-1:2014
- /12/ DIN 18122-1:1997-07, Baugrund, Untersuchung von Bodenproben; Teil 1: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze
- /13/ DIN 18123: 2011-04, Baugrund, Untersuchung von Bodenproben, Bestimmung der Korngrößenverteilung
- /14/ DIN 18134:2012-08, Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte; Plattendruckversuch
- /15/ DIN 18196:2011-05, Erd- und Grundbau Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
- /16/ DIN 18300:2016-09, VOB, Teil C Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Erdarbeiten
- /17/ DIN EN ISO 22475-1: 2007-01, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung
- /18/ Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, ZTVE-StB 09
- /19/ Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau, ZTV SoB-StB 04 (Fassung 2007)
- /20/ RStO 12, Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, 2012
- /21/ RuVA - StB 01, Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau, Ausgabe 2001, Fassung 2005
- /22/ TL Gestein-StB 04, Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe 2004/Fassung 2007
- /23/ LAGA, Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), vom 05.11.2004.
- /24/ LAGA, Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen: Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, 1.4 Bauschutt (TR Recycling-Baustoffe / nicht aufbereiteter Bauschutt), vom 06.11.1997.
- /25/ Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung – BOStrab).
- /26/ Interaktive Karte Zuordnung von Orten zu Erdbebenzonen nach EN 1998-1:2004 + AC:2009 + NA 2011-01 (ehemals DIN 4149:2004-04), GFZ Helmholtz-Zentrum Potsdam (Deutsches Geoforschungszentrum),

http://www.gfz-potsdam.de/din4149_erdbebenzonenabfrage/

- /27/DIN 22476-2:2012-03, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen – Teil 2: Rammsondierungen.
- /28/DIN EN ISO 14688-1:2013-12, Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung.
- /29/EA-Pfähle, Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, 2. Auflage, hrsg. von der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V., 2012
- /30/A. Hettler: Gründung von Hochbauten, 2000 Ernst & Sohn Verlag Berlin
- /31/DIN 18301:2016-09, Titel (deutsch): VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Bohrarbeiten
- /32/DIN 18304:2016-09, Titel (deutsch): VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten
- /33/EAB, Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, 5. Auflage, hrsg. von der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V., 2012

1.2 Veranlassung

Für den geplanten Neubau der 2. Nord – Süd Verbindung der Straßenbahn in Magdeburg, im BA 4 zwischen Damaschkeplatz und Hermann-Bruse-Platz, wurde das Geotechnische Ingenieurbüro Dipl.-Ing. A. Pampel GmbH von der Spiekermann GmbH mit der Erstellung eines Geotechnischen Berichtes für die Gründung der Oberleitungsmasten beauftragt. Die geplante Straßenbahntrasse weist eine Gesamtlänge von ca. 3,5 km auf.

Folgende Abschnitte sind geplant:

Tabelle 1: Streckenverlauf der geplanten Straßenbahn

von Station	bis Station	Länge [m]	von Straße	über	bis Straße
0,2+92	0,9+00	608	Große Diesdorfer Straße	Damaschkeplatz/Editharing	Magdeburger Ring
0,9+00	1,2+50	350	Magdeburger Ring		
1,2+50	1,6+00	350	Magdeburger Ring	Privatgrundstücke: Schrote (Bach); Kleingartenverein „Tillysberge“	Albert-Vater-Straße
1,6+00	1,7+66	166	Albert-Vater-Straße	„Garagen“	An der Steinkuhle
1,7+66	2,0+00	234	An der Steinkuhle	„Sportplatz“	Lorenzweg
2,0+00	2,6+00	600	Lorenzweg	Kleingartenanlage „Am Lorenzweg“	Am Neustädter Feld
2,6+00	3,0+00	400	Am Neustädter Feld	Kleingartenanlage „Am Ring“	Mittagstraße
3,0+00	3,5+99	600	Mittagstraße	Kritzmannstraße	Gleisschleife
0,0+00	0,1+96	196	Kritzmannstraße	Gleisschleife	Kritzmannstraße

Gesamtlänge: 3504 m

Für den Bau der Straßenbahn und den erforderlichen Straßenausbau liegt das Gutachten vom 16.09.2014/05.11.2014 (Bearb.-Nr. 13/LG/927.1) vor. Weiterhin wurde für die Sanierung der Fernwärmekanäle in der Kritzmannstraße das Gutachten vom 26.09.2014 (Bearb.-Nr. 13/LG/927.2) erstellt. Für den Kanalbau im Bereich des BA 4 wurde mit Datum

vom 30.01.2017 ein weiterer Geotechnischer Bericht erarbeitet (Bearb.-Nr. 16/LG/394). Diese Gutachten wurden durch unser Büro erstellt. Die darin enthaltenen Ergebnisse werden für die Beurteilung der Untergrundverhältnisse für die Gründung der Oberleitungsmasten mit herangezogen. Dieser Bericht beinhaltet die Auswertung der durchgeführten Baugrundaufschlüsse, die Ergebnisse der bodenphysikalischen und der chemischen Laboruntersuchungen sowie charakteristische Bodenkenngößen für die im Untersuchungsbereich vorgefundenen Böden unter dem Gesichtspunkt der Gründung der Oberleitungsmasten, des Durchlasses Schrote, des Durchlasses Faule Rinne, des Durchlasses Trockene Schrote und der Stützwand am Fernwärmekanal Mittagstraße.

1.3 Durchgeführte Baugrundaufschlüsse

In Ergänzung der bereits vorliegenden Baugrundaufschlüsse aus den o.g. Gutachten wurden 30 Kleinrammbohrungen (BS) und 2 Kernbohrungen (BK) sowie 32 Sondierungen mit der Schweren Rammsonde (DPH) durchgeführt. Die Aufschlussarbeiten wurden durch die Baugrunderschließung Nowak GmbH aus Tilleda vom 23.03. bis 09.05.2017 durchgeführt. Die Schichtenverzeichnisse der Kleinrammbohrungen und der Kernbohrungen können in unserem Büro eingesehen werden. Die Lage der Aufschlüsse ist aus den Lageplänen in Anlage 1 ersichtlich.

Für die Aufschlüsse (BS/DPH) 1 bis 4 und 14 bis 32 war eine Tiefe von 6 m geplant. Die BS/DPH 5 bis 8 waren mit 9 m Tiefe vorgesehen, da sie gleichzeitig zur Erkundung für die Schallschutzwände fungieren. Die BS/DPH 9 bis 11 waren mit 7 m Tiefe geplant (für Sichtschutzwand) und die BK/DPH 12/13 mit einer Tiefe von 8 m für die Gründung der EÜ Schrote. Die geplanten Aufschlusstiefe von 6 bis 9 m unter OF Gelände konnten überwiegend auf Grund hoher Eindringwiderstände nicht erreicht werden.

Der Baugrund ist entsprechend unserer kornanalytischen und erdstoffphysikalischen Bewertung, der aus den direkten Aufschlüssen entnommenen gestörten Bodenproben in höhengerecht aufgetragenen Aufschlussprofilen in der Anlage 2 grafisch dargestellt. In Anlage 6 sind die Bereiche der Aufschlussansatzpunkte im Bild dargestellt. Die vorliegenden Baugrundaufschlüsse haben punktförmigen Charakter. Deshalb müssen die gewonnenen Aussagen nicht auf jeden Punkt des betrachteten Bereiches zutreffen. Eventuell auftretende Abweichungen sollten durch die Beteiligten vor Ort beraten werden.

Die Ansatzpunkte, die Ansatzhöhen und die erreichten Aufschlusstiefen der 2017 durchgeführten Aufschlüsse können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden. Die Einmessung ist durch die Firma BGN mittels GPS erfolgt.

Tabelle 2: Lage und Tiefe der durchgeführten Bohrungen/Sondierungen

Pkt.-Nr.	Rechtswert	Hochwert	Ansatz- höhe [m ü NHN]	Erkundungs- teufe [m]	Endteufe [m ü NHN]	Anzahl Boden- proben
BS 1/DPH 1	4474225,97	5777550,56	54,028	5,3 / 6,0	48,73 / 48,03	6
BS 2/DPH 2	4474274,39	5777642,06	53,826	3,4 / 3,9	50,43 / 49,93	5
BS 3/DPH 3	4474272,52	5777784,20	54,167	4,5 / 6,0	49,67 / 48,17	5
BS 4/DPH 4	4474634,62	5778295,76	54,383	4,7 / 5,8	49,68 / 48,58	6
BS 5/DPH 5	4474654,36	5778340,33	54,311	3,5 / 3,7	50,81 / 50,61	4
BS 6/DPH 6	4474658,62	5778367,10	54,230	3,4 / 3,6	50,83 / 50,63	5
BS 7/DPH 7	4474639,75	5778383,89	54,197	2,8 / 2,7	51,40 / 51,50	4
BS 8/DPH 8	4474629,72	5778408,82	54,202	2,7 / 2,9	51,50 / 51,30	3
BS 9/DPH 9	4474592,58	5778435,46	54,065	2,7 / 2,9	51,36 / 51,16	4
BS 10/DPH 10	4474596,07	5778479,85	52,621	1,7 / 1,7	50,92 / 50,92	3
BS 11/DPH 11	4474582,81	5778520,55	49,849	2,3 / 2,6	47,55 / 47,25	4
KB 12/DPH 12	4474564,12	5778544,15	50,214	8,0 / 3,8	42,21 / 46,41	10
KB 13/DPH 13	4474558,21	5778548,86	50,235	8,0 / 3,1	42,23 / 47,13	5
BS 14/DPH 14	4474526,23	5778723,19	53,216	4,7 / 6,0	48,52 / 47,22	5
BS 15/DPH 15	4474500,57	5778866,33	53,639	4,8 / 6,0	48,84 / 47,64	7
BS 16/DPH 16	4474483,63	5778952,77	53,785	3,2 / 6,0	50,58 / 47,78	4
BS 17/DPH 17	4474443,61	5779064,09	54,261	5,2 / 6,0	49,06 / 48,26	6
BS 18/DPH 18	4474444,99	5779130,46	52,654	3,4 / 6,0	49,25 / 46,65	3
BS 19/DPH 19	4474441,20	5779240,32	51,290	2,5 / 6,0	48,79 / 45,29	3
BS 20/DPH 20	4474441,64	5779359,86	51,075	2,7 / 6,0	48,37 / 45,08	3
BS 21/DPH 21	4474441,02	5779477,94	50,296	3,2 / 6,0	47,10 / 44,30	4
BS 22/DPH 22	4474439,74	5779580,40	49,964	2,8 / 6,0	47,16 / 43,96	3
BS 23/DPH 23	4474430,27	5779767,14	50,303	3,5 / 6,0	46,80 / 44,30	4
BS 24/DPH 24	4474384,10	5779795,17	50,078	3,5 / 6,0	46,58 / 44,08	3
BS 25/DPH 25	4474315,59	5779814,17	50,065	3,6 / 6,0	46,47 / 44,06	4
BS 26/DPH 26	4474306,01	5779812,75	50,106	3,4 / 6,0	46,71 / 44,11	4
BS 27/DPH 27	4474257,19	5779811,95	50,311	3,3 / 6,0	47,01 / 44,31	4
BS 28/DPH 28	4474209,95	5779869,74	52,989	4,6 / 6,0	48,39 / 46,99	4
BS 29/DPH 29	4474199,09	5780268,85	52,523	5,1 / 6,0	47,42 / 46,52	6
BS 30/DPH 30	4474202,91	5780395,96	52,712	1,9 / 6,0	50,81 / 46,71	3
BS 31/DPH 31	4474149,92	5780410,35	52,341	3,4 / 3,7	48,94 / 48,64	6
BS 32/DPH 32	4474160,58	5780347,19	52,177	3,6 / 6,0	48,58 / 46,18	6

BK ... Kernbohrung, BS ... Kleinrammbohrung (Bohrsondierung), DPH ... Schwere Rammsondierung

Insgesamt wurden aus den 32 Bohrungen 146 Bodenproben entnommen.

Weiterhin wurden 30 Archivbohrungen, 14 Aufschlüsse aus der Erkundung für den Kanalbau vom Januar 2017 (Bearb.-Nr. 16/LG/394) sowie die Erkundungen für die Straßenbahntrasse von 2014 (Bearb.-Nr. 13/LG/927.1) uns für die bestehenden

Fernwärmekänäle ebenfalls von 2017 (Bearb.-Nr. 13/LG/927.2) in die Auswertungen einbezogen. Die Bohrprofile hierzu sind in der Anlage 2 mit dargestellt.

Tabelle 3: relevante Baugrundaufschlüsse, Landesbohrdatenbank Sachsen Anhalt

Aufschluss	Rechtswert	Hochwert	Ansatzhöhe	Tiefe
			[m ü NHN]	[m]
3835/GL/4215	4474240	5777640	54,0	10,0
3835/GL/2831	4474391	5777961	55,5	7,7
3835/GL/2829	4474477	5777988	56,0	8,2
3835/GL/2827	4474490	5778052	53,7	5,0
3835/GL/3013	4474422	5778110	53,7	6,0
3835/GL/2550	4474665	5778435	54,0	4,4
3835/GL/2551	4474683	5778495	53,5	5,1
3835/GL/2574	4474438	5778500	52,8	4,0
3835/GL/2553	4474700	5778534	53,6	6,0
3835/GL/2554	4474555	5778675	52,0	3,8
3835/GL/1006	4474420	5778935	54,0	9,2
3835/GL/2321	4474569	5779005	53,5	7,0
3835/GL/979	4474380	5779120	54,0	10,0
3835/GL/978	4474300	5779220	52,5	10,0
3835/GL/3100	4474436	5779650	50,0	4,0
3835/GL/1017	4474391	5779772	50,1	10,0
3835/GL/993	4474332	5779815	51,32	3,0
3835/GL/1016	4474311	5779776	50,35	15,0
3835/GL/991	4474193	5779820	51,03	13,0
3835/GL/1013	4474173	5779821	50,9	10,0
3835/GL/1096	4474232	5779934	51,5	10,0
3835/GL/1101	4474241	5780019	51,59	4,0
3835/GL/1630	4474187	5780171	52,65	5,0
3835/GL/1089	4474243	5780189	51,4	10,0
3835/GL/1631	4474193	5780321	52,48	5,0
3835/GL/1086	4474173	5780322	51,1	10,0
3835/GL/1075	4474090	5780480	51,4	10,0
3835/GL/1064	4474060	5780470	51,6	10,0
3835/GL/1080	4474086	5780400	51,1	10,0
3835/GL/1085	4474093	5780325	51,1	10,0

Tabelle 4: Baugrundaufschlüsse – Kanalbau vom Januar 2017 (aus 16/LG/394)

Aufschluss	Rechtswert	Hochwert	Ansatzhöhe	Tiefe
			[m ü NHN]	[m]
BS 5	4474250,195	5777698,823	53.777	5.7
BS 6	4474175,634	5777467,862	53.859	5.3
BS 7	4474236,281	5777837,122	54.032	5.3
BS 8	4474222,810	5777885,355	53.995	7.7
BS 10	4474214,220	5777929,123	53.987	7.8
BS 11	4474235,431	5777949,055	53.828	5.6
BS 12	4474260,385	5777955,676	53.773	6.3
BS 13	4474353,517	5777969,561	53.864	5.9
BS 14	4474433,596	5778015,598	53.486	4.85
BS 15	4474488,486	5778028,481	54.233	6.9
BS 16	4474504,611	5778067,895	53.554	6.5
BS 18	4474530,391	5778116,248	53.588	6.65
BS 19	4474549,988	5778151,140	52.753	5.9
BS 20	4474630,662	5778225,187	54.536	5.8

Tabelle 5: Baugrundaufschlüsse – Kritzmannstraße von 2014 (aus 13/LG/927.2)

Aufschluss	Lage	Ansatzhöhe [m NN]	Erkundungsteufe [m]	Endteufe [m ü NHN]
BS 1	Querung Hermann-Bruse-Platz Westseite neben der Straße / Südseite vom FW-Kanal	52,67	4,1	48,57
BS 2	Querung Hermann-Bruse-Platz Mittelinsel / Nordseite vom FW-Kanal	52,66	6,0	46,66
BS 3	zw. Silberschlagstraße und Rathmannstraße: Höhe Haus Nr. 52 / östliche Straßenseite	53,15	6,3	46,85
DPH 1			7,5	45,65
BS 4	zw. Silberschlagstr. und Rathmannstraße: 25 m von Kreuzung Silberschlagstraße / östliche Straßenseite	53,20	4,3	48,90
DPH 2			7,3	45,90
BS 5	Querung Silberschlagstraße, Gehweg östliche Straßenseite / Südseite vom FW- Kanal	53,20	4,9	48,30
BS 6	Querung Silberschlagstraße, westliche Straßenseite 9 m von Bordsteinkante / Nordseite vom FW-Kanal	53,29	6,0	47,29

Die Aufschlüsse, Schürfe mit Handbohrungen bzw. BS bis 3 m Tiefe aus dem Streckengutachten von 2014 (13/LG/927.1) sind in Anlage 2 mit grafisch dargestellt, werden aber hier nicht gesondert aufgelistet, da die Aufschlusstiefe mit max. 3 m zu gering ist.

1.4 Laboruntersuchungen

Nach einer Bodenansprache gemäß DIN 14688-1 /25/ (Handspezifizierung) wurden an ausgewählten charakteristischen gestörten Bodenproben folgende bodenphysikalische Laborversuche durchgeführt.

Tabelle 6: durchgeführte Laborversuche

Nr.	Versuchsbezeichnung	Norm	Anzahl der durchgeführten Versuche
1	Bestimmung natürlicher Wassergehalt	nach DIN EN ISO 17892	20
2	Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen	nach DIN 18122	6
3	Bestimmung der Korngrößenverteilung durch kombinierte Sieb-Schlämmanalyse	nach DIN 18123	12
4	Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Nasssiebung	nach DIN 18123	5
5	direkter Rahmenscherversuch 10 * 10 cm	Nach DIN 18137	1

Die Protokolle der bodenmechanischen Laborversuche sind in der Anlage 3 enthalten.

An zwei Wasserproben wurden chemische Analysen nach DIN 4030 zur Beurteilung der Betonaggressivität durchgeführt. Weiterhin wurden 6 Mischproben des anstehenden Bodens für Schadstoffuntersuchungen aus den entnommenen Einzelproben hergestellt und hinsichtlich der erforderlichen chemischen Parameter untersucht.

Die chemischen Untersuchungen sind durch die Synlab Umweltinstitut GmbH aus Markkleeberg erfolgt. Die Protokolle und deren Bewertung hierzu sind in den Anlagen 4 und 5 enthalten.

Die chemischen Untersuchungen umfassen:

- Bestimmung der Betonaggressivität nach DIN 4030 und Stahlaggressivität nach DIN 50929 von zwei Wasserproben
- Bewertung des im Untergrund im Bereich der oberen 3 m anstehenden Bodens gemäß LAGA-TR Boden 2004 /21/ und DepV 2009.

1.5 Ingenieurgeologische und morphologische Übersicht

1.5.1 Zum Gelände (Morphologie) und zur geplanten Baumaßnahme

Die geplante Straßenbahntrasse beginnt südlich vom Damaschkeplatz mit einer Anbindung an die bestehende zweigleisige Straßenbahntrasse im Adelheidring. Die Trasse führt von dort aus über den Damaschkeplatz in Richtung Norden, entlang dem Editharing zum Magdeburger Ring. Am Magdeburger Ring soll die zweigleisige Trasse von Station 0,9 bis 1,3 auf der derzeitigen westlichen Fahrbahn angeordnet werden. Aus diesem Grund wird der Magdeburger Ring in diesem Bereich (ca. Herderstraße bis hinter Bruno-Wille-Straße 16) auf der Ostseite verbreitert.

Vom Magdeburger Ring aus quert die geplante Trasse in Richtung Nordwesten Privatgrundstücke und die Viktor-von-Unruh-Straße. Ab Station 1,3+50 führt sie Richtung Norden über eine Kleingartenanlage und quert bei Station 1,5+00 die Schrote. Danach wird weiter Richtung Norden die Kleingartenanlage „Tillysberge“ gequert, anschließend die Albert-Vater-Straße, ein Garagenkomplex und 3 Gärten der Kleingartenanlage „Tillysberge“ bis zur Straße „An der Steinkuhle“, die ebenfalls gequert wird. Von „An der

Steinkuhle“ aus führt die geplante Trasse über einen Sportplatz in einem leichten Bogen Richtung Nordwesten bis zum Lorenzweg. Nach der Querung des Lorenzweges führt die geplante Trasse Richtung Norden durch die östliche Reihe der Kleingärten der Anlage „Am Lorenzweg“ bis zur Straße „Am Neustädter Feld“. Diese wird Richtung Norden gequert. Anschließend werden weitere Gartengrundstücke Richtung Norden bis zum Distelweg gequert. Nach dem Distelweg führt die Trasse Richtung Westen durch die Kleingartenanlage „Am Ring“ und biegt über die Mittagstraße wieder Richtung Norden in die Kritzmannstraße ab. Im Bereich der Kritzmannstraße soll die Trasse in Straßenmitte angeordnet werden und führt bis zur Ecke Mechthildstraße in Richtung Norden. Von der Mechthildstraße aus macht die Kritzmannstraße einen Bogen in Richtung Nordwesten. Die Straßenbahntrasse wird bis zur Einfahrt Parkplatz weiter in der Straßenmitte geführt und biegt dann Richtung Westen in die Gleisschleife ab, die südlich vom Parkplatz wieder in das Gleis auf der Kritzmannstraße einbindet.

Die gesamte Straßenbahntrasse ist zweigleisig geplant. Die Gleisschleife soll eingleisig ausgeführt werden. Im Bauabschnitt BA 5, der hier nicht betrachtet werden soll, wird die Straßenbahntrasse noch weiter nach Norden geführt.

Die Oberleitungsmasten werden bis zur Station 0,6+20 beidseitig angeordnet. Danach bis Station 1,5+00 mittig und anschließend bis Station 1,6+00 nur links, danach wieder mittig bis zur Mittagstraße (Mast 2-28) und anschließend bis zum Bauende der zweigleisigen Strecke wieder beidseitig. Im Bereich der Gleisschleife sollen die Masten 3-31 bis 3-39 außen und die Masten 3-40 / 3-41 innen angeordnet werden.

1.5.2 Zur Geologie

Magdeburg liegt im Bereich der Flechtingen-Roßlau-Scholle, an deren östlichem Rand. Im tieferen Untergrund steht in Magdeburg der sogenannte „Domfelsen“ an, bei dem es sich um sedimentäres Rotliegendes handelt. Weiterhin ist nördlich vom Domfelsen Grauwacke aus dem gefalteten Altpaläozoikum anzutreffen, die nördlich von Magdeburg zu Tage tritt. Das Grundgebirge wird durch die Schichten aus dem Pleistozän überlagert, die sich wie folgt gliedern:

Die geplante Nord-Süd-Verbindung der Straßenbahn quert eine Niederterasse, deren obere Bodenschichten im südlichen Teil der Trasse durch Quartäre Sande und Kiese der Flussauen und Niederungen geprägt sind, die lokal Dünensandbedeckung aufweisen. Im Bereich des Magdeburger Ringes weisen die quartären Sande und Kiese eine Auelehmbdeckung in einer Dicke von in der Regel > 1 m auf. Richtung Norden schließt sich ein Bereich mit z.T. Lößlehmbdeckung über quartären Sanden und Kiesen an, in die linsenartig Geschiebemergel/Beckenschluffe eingelagert sind. Danach stehen Richtung Norden Aueablagerungen über den quartären Sanden und Kiesen an. Am Ende des Baufeldes im Bereich der Kritzmannstraße und des Hermann-Bruse-Platzes sind die oberen Bodenschichten durch quartäre Sande und Kiese der Flussauen und Niederungen geprägt, die lokal Dünensandbedeckung aufweisen.

TEIL II: ERGEBNISSE

2.1 Erdbebenwirkung

Magdeburg (PLZ: 39104) in Sachsen-Anhalt gehört, bezogen auf die Koordinaten der Ortsmitte, zu keiner Erdbebenzone /23/.

Die Koordinaten anhand des o.g. Datensatzes lauten: 52.12°N, 11.63°E.

2.2 Erkundete Bodenschichtung

2.2.1 Adelheidring bis Damaschkeplatz

(BS 1/17 und 2/17; BS 5/16 und 6/16)

Schicht 1b: Auffüllung

Unter der Gehwegbefestigung aus Platten (BS 6/16 Adelheidring) bzw. dem Mutterboden (BS 5/16 Insel Damaschkeplatz) besteht die Auffüllung aus kiesigem Sand bis 0,4 / 0,6 m unter Ansatz. Darunter setzt sich die Auffüllung aus stark sandigem Schluff zusammen.

Bei der BS 1/17 besteht die Auffüllung in ihrer gesamten Mächtigkeit von 1,8 m aus sandigem Schluff. Die Unterkante der Auffüllung liegt zwischen 1,1 bis 1,8 m unter Ansatz (ca. bis 52,2 m ü NHN). Eine Ausnahme bildet BS 2/17. Hier wurde die Auffüllung, bestehend aus kiesigen Sanden bis zur Endteufe von 3,4 m (ca. 50,4 m ü NHN) erkundet.

Schicht 2: Lößlehm/Löß

Unter der Auffüllung steht Lößlehm an, dessen Mächtigkeit 1,1 bis 2,2 m beträgt. Er liegt in weicher bis steifer Konsistenz vor und ist hellbraun gefärbt. Es handelt sich dabei um stark schluffigen, feinsandigen Lehm. Seine Unterkante befindet sich zwischen 2,9 und 3,5 m unter Ansatz (ca. bis 50,35 m ü NHN).

Schicht 3: Schluff (nur BS 5/16 und 6/16)

Hierbei handelt es sich um stark sandigen, schwach fein- bis mittelkiesigen Schluff, weicher bis steifer Konsistenz und mittelbrauner Färbung. Die Schichtbasis liegt zwischen 3,9 und 4,1 m unter Ansatz (ca. 49,8 m ü NHN).

Schicht 4: Grünsand

Ab ca. 2,9 bis 4,1 m Tiefe steht Grünsand an, der aus schluffigem Feinsand besteht. Er ist dicht gelagert und wurde bis zur Endteufe von 48 m ü NHN bzw. 44 m ü NHN (Archivbohrung 4215) nicht durchteuft.

2.2.2 Editharing bis Gellertstraße

(BS 7/16 bis BS 10/16 und BS 3/17)

Schicht 1a: Mutterboden

Die Dicke des Mutterbodens beträgt 0,2 bis 0,5 m. Er besteht aus sandigem, tonigem Schluff dunkelbrauner bis schwarzer Färbung. Seine Konsistenz ist überwiegend weich, teils weich bis steif.

Schicht 1b: Auffüllung

Die Auffüllung besteht aus sandigem Schluff bzw. stark schluffigem Sand. Sie beinhaltet Ziegelreste und weist überwiegend dunkelbraune Färbung auf. Die Unterkante befindet sich zwischen 52,6 und 52 m ü NHN (1,40 bis 1,95 m unter Ansatz).

Schicht 2: Lößlehm

Unter der Auffüllung steht Lößlehm an, dessen Mächtigkeit 1,1 bis 1,8 m beträgt. Er liegt in weicher bis steifer Konsistenz vor und ist hell- bis mittelbraun gefärbt. Es handelt sich dabei um stark schluffigen, feinsandigen Lehm. Teils sind kiesige Bestandteile enthalten. Seine Unterkante befindet sich zwischen 2,8 und 3,45 m unter Ansatz (51,2 m ü NHN bis ca. 50,5 m ü NHN).

Schicht 3: Schluff (nur BS 3/17)

Hierbei handelt es sich um tonigen, stark sandigen Schluff, steifer bis halbfester Konsistenz und brauner Färbung. Die Schichtbasis liegt bei 3,8 m unter Ansatz (ca. 50,4 m ü NHN).

Schicht 4: Grünsand/Sande

In diesem Abschnitt wurden Sande wechselnder Zusammensetzung erkundet. Teils handelt es sich um Grünsand (Feinsand, schwach schluffig), teils um schluffige bzw. schwach schluffige Fein- bis Grobsande, teils um kiesige Sande. Bei BS 8/16 ist stark sandiger Schluff in einer Dicke von 0,5 m zwischengelagert. Diese Schicht wurde bis in Tiefen zwischen 4,9 und 7,7 m unter Ansatz erkundet (49 bis 46,3 m ü NHN). Bei BS 8/16 und bei BS 3/17 wurde sie nicht durchteuft. Ab 47 m ü NHN liegt dichte Lagerung vor (BS 8).

Schicht 5: Verwitterungsmaterial

Bei BS 7/16 wurde ab 4,9 m Tiefe unter Ansatz (ca. 49 m ü NHN) Verwitterungsmaterial erkundet, das aus stark schluffigem Fein- bis Mittelsand besteht und dicht gelagert bzw. halbfest ist. Es weist rotbraune Färbung auf. Bis zur Endteufe von ca. 48,7 m ü NHN wurde es nicht durchteuft.

Schicht 6: Kiessand

Bei der BS 10/16 wird die Schicht 4 durch schwach schluffigen Fein- bis Mittelkies unterlagert, der dichte Lagerung aufweist und grobkiesig ist.

2.2.3 Editharing von Ecke Gellertstraße bis zur Auffahrt Magdeburger Ring

(BS 11/16 bis 15/16)

Schicht 1b: Auffüllung

In den Straßenbereichen befindet sich über der Auffüllung eine Asphaltdecke in einer Dicke von 5 bis 10 cm.

Die Auffüllung besteht überwiegend aus sandigem Schluff bzw. schluffigem Sand. Sie beinhaltet Ziegelreste und weist größtenteils braune Färbung auf. Bereichsweise sind auch schwach schluffige Kiese anzutreffen. Die Unterkante befindet sich zwischen 52,3 und 51 m ü NHN (1,5 bis 3,2 unter Ansatz).

Schicht 2: Lößlehm (BS 11/16 bis 13/16)

Unter der Auffüllung steht Lößlehm an, dessen Mächtigkeit 0,4 bis 1,6 m beträgt. Er liegt in weicher bis steifer, teils steifer bis halbfester Konsistenz vor und ist hell- bis graubraun gefärbt. Es handelt sich dabei um fein- bis mittelsandigen Schluff. Seine Unterkante befindet sich zwischen 2,7 und 3,1 m unter Ansatz (ca. 51 m ü NHN bis 50,7 m ü NHN).

Schicht 3: Schluff (BS 14/16 und 15/16)

Hierbei handelt es sich um stark sandigen, schwach feinkiesigen tonigen Schluff, weicher bis steifer Konsistenz und dunkelbrauner bis braungrüner Färbung, der bei BS 14 und 15 erkundet wurde. Die Schichtbasis liegt zwischen 3,85 und 5,6 m unter Ansatz (ca. 49,6 m ü NHN bis 48,6 m ü NHN).

Schicht 4: Grünsand/Sande

In diesem Abschnitt wurden Sande wechselnder Zusammensetzung erkundet. Teils handelt es sich um Grünsand (Feinsand, schluffig), teils um schwach schluffige Feinsande, teils um kiesige Sande. Diese sind mitteldicht bis dicht, teils jedoch locker bis mitteldicht gelagert. Bei BS 13 ist stark sandiger, schwach kiesiger Schluff in einer Dicke von 0,6 m zwischengelagert.

Diese Schicht wurde bis in Tiefen zwischen 4,1 und 6,3 m unter Ansatz erkundet (ca. 49,7 bis ca. 47,5 m ü NHN). Bei der BS 12 wurde diese Schicht bis zur Endteufe nicht durchteuft.

Bei der BS 15 steht unter der Schicht 6 (Kiessand), ab ca. 47,7 m ü NHN der Grünsand an, der hier ebenfalls bis zur Endteufe von ca. 47,3 m ü NHN nicht durchteuft wurde.

Schicht 5: Verwitterungshorizont (BS 13/16 und 14/16)

Bei den BS 13 und 14 wurde ab ca. 4,8 m Tiefe unter Ansatz (ca. 49 m ü NHN) Verwitterungston/-lehm erkundet, der aus Ton bzw. stark sandigem Schluff besteht und steife bis halbfeste Konsistenz (BS 13/16) bzw. weiche bis steife Konsistenz (BS 14/16) aufweist.

Der Ton ist grau gefärbt, der Lehm rotbraun. Bei BS 13 wird der Ton von Felszersatz (stark schluffiger Feinsand rotbrauner Färbung) unterlagert.

Bis zur Endteufe von 47,8 m ü NHN (Archivbohrung 3835/GL/3831) wurde der Verwitterungshorizont nicht durchteuft. In der Archivbohrung wird stark verwitterter Sandstein (Rotliegendes) angesprochen.

Schicht 6: Kiessand

Bei der BS 11/16 wird die Schicht 4 durch schwach schluffigen Feinkies unterlagert, der schwach mittelkiesig ist und dichte Lagerung aufweist. Er steht bis zur Endteufe von ca. 48,2 m ü NHN an.

Bei der BS 15/16 wird die Schicht 3 durch stark sandigen Kies mitteldichter Lagerung in einer Dicke von 0,9 m (bis ca. 47,7 m ü NHN) unterlagert, unter dem Grünsand (siehe Schicht 4) ansteht.

2.2.4 Magdeburger Ring

(BS 16/16 bis 19/16; BS 4/17)

Schicht 1a: Mutterboden

Die Dicke des Mutterbodens beträgt 0,4 m. Er besteht aus sandigem, tonigem Schluff dunkelbrauner bis schwarzer Färbung. Seine Konsistenz ist weich bis steif. Er wurde in der BS 16/16 erkundet.

Schicht 1b: Auffüllung

Unter dem Mutterboden bzw. direkt ab GOF steht Auffüllung an, die überwiegend aus sandigem Schluff bzw. schluffigem Sand besteht. Sie beinhaltet Ziegelreste und Wurzelreste. Die Auffüllung weist dunkelbraune Färbung auf. Bereichsweise sind auch kiesige Sande oder kiesige Sande anzutreffen. Die Unterkante befindet sich zwischen 54,25 und 50,8 m ü NHN (0,7 bis 2,8 unter Ansatz).

Schicht 2: Lößlehm (BS 19/16 und BS 4/17)

Unter der Auffüllung steht bei BS 19 und BS 4/17 Lößlehm an, dessen Mächtigkeit 1,55 bis 2,8 m beträgt. Er liegt in weicher bis steifer, teils steifer Konsistenz vor und ist hellbraun bis dunkelbraun gefärbt. Es handelt sich dabei um feinsandigen tonigen Schluff,

der teils schwach bis sehr schwach kiesig ist. Seine Unterkante befindet sich zwischen 2,45 und 3,5 m unter Ansatz (50,3 m ü NHN bis 50,9 m ü NHN).

Schicht 3: Geschiebemergel/Schluffe und Sande (BS 16/16 und 19/16)

Der Lößlehm wird durch eine Wechsellagerung aus stark sandigen Schluffen (Geschiebemergel) und kiesigen Sanden unterlagert. Die Dicke der Geschiebezwischenschichten beträgt 0,4 bis 1,6 m.

Die Schichtbasis der Schicht 3 liegt zwischen 2,7 und 5,2 m unter Ansatz (ca. 50,85 m ü NHN bis 47,55 m ü NHN).

Schicht 5: Verwitterungshorizont (BS 19/16 und BS 4/17)

Bei der BS 19/16 wurde ab ca. 5,2 m Tiefe unter Ansatz (ca. 47,55 m ü NHN) Verwitterungsmaterial des Sandsteines erkundet, das aus 20 cm Verwitterungston grauer Färbung und darunter aus schluffigem Fein- bis Mittelsand dichter Lagerung und rotbrauner Färbung besteht. Nach 70 cm Eindringung war kein weiterer Bohrfortschritt möglich (Endteufe: 46,85 m ü NHN). Bei der BS 4/17 steht ab 3,5 m unter Ansatz Verwitterungsmaterial rötlichbrauner Färbung an (bis 3,8 m; 50,6 m ü NHN) und darunter vollständig verwitterter Tonstein bis zur Endteufe von 4,7 m (49,7 m ü NHN).

Schicht 6: Kiessand (BS16/16 und 18/16)

Bei der BS 16/16 wird die Schicht 3 von kiesigem Sand unterlagert, der dichte Lagerung aufweist. Er steht bis zur Endteufe von ca. 47 m ü NHN an.

Bei der BS 18 wird die Schicht 1b durch kiesigen Sand unterlagert. Dieser beinhaltet eine 5 cm mächtige Tonzwischenlage (bei 47,6 m ü NHN). Er wurde bis ca. 46,9 m ü NHN (Endteufe) erkundet.

2.2.5 Schallschutzwände beidseitig km 1,2+40 bis km 1,3+40

(BS 5/17 bis BS 8/17)

Schicht 1a/1b: Mutterboden/Auffüllung

Der Mutterboden bzw. die Auffüllung bestehen überwiegend aus stark sandigem Schluff, beinhalten Ziegelreste sowie Betonbruch und weisen dunkelbraune bis schwarzbraune Färbung auf. Diese Schicht wurde bis in Tiefen zwischen 0,6 m und 1,3 m unter Ansatz erkundet. Die Unterkante liegt zwischen ca. 53,6 m ü NHN und 53 m ü NHN.

Schicht 3: Schluff, dunkel-/schwarzbraun

Unterhalb der Auffüllung bzw. dem Mutterboden wurde bei den BS 6 und 7 stark feinsandiger Schluff dunkelbrauner bis schwarzbrauner Färbung bis in eine Tiefe von 1,1 m unter Ansatz festgestellt, der sich hinsichtlich der Kornzusammensetzung nicht

wesentlich von der Schicht 1 unterscheidet. Er liegt in weicher Konsistenz vor. Seine Unterkante befindet sich bei ca. 53,1 m ü NHN.

Schicht 2: Löß, hellbraun

Unter dem schwarzbraunen Schluff (Schicht 1 und 2) steht Löß an, dessen Mächtigkeit 1,2 m bis 1,8 m beträgt. Es handelt sich dabei um feinsandigen bis schwach mittelsandigen Schluff, der schwach tonig ist. Er liegt in steifer Konsistenz vor und ist hellbraun gefärbt. An der Basis (die unteren 10 bis 40 cm) wurde halbfeste Konsistenz festgestellt. Seine Unterkante befindet sich zwischen 2,3 und 3,1 m unter Ansatz (ca. 51,2 bis 51,9 m ü NHN).

Schicht 5: Felsersatz (Tonstein/Sandstein)

Bis zur Endteufe von 50,8 m ü NHN wurde zersetzter Tonstein bzw. zersetzter Sandstein rotbrauner Färbung erkundet. Der Verwitterungshorizont endet gemäß der Archivbohrung 2550 bei 49,7 m ü NHN.

Schicht 7: Tonstein

Darunter schließt sich verwitterter Tonstein rotbrauner Färbung aus dem Karbon an.

2.2.6 Sichtschutzwand rechts km 1,3+40 bis km 1,4+90

(BS 9/17 bis BS 11/17)

Schicht 1a/1b: Mutterboden/Auffüllung – Schluff, dunkelbraun

Der Mutterboden bzw. die Auffüllung bestehen überwiegend aus tonigem, feinsandigem Schluff, beinhalten teilweise Ziegelreste sowie Betonbruch oder Keramikreste und Wurzelreste. Der Schluff weist dunkelbraune bis graubraune Färbung auf. Er wurde bis in eine Tiefe von 0,6 m bis 1,4 m unter Ansatz erkundet. Die Unterkante liegt zwischen ca. 53,5 m ü NHN und 48,45 m ü NHN.

Schicht 2: Löß, hellbraun

Unter der Auffüllung/dem Mutterboden steht bei BS 9, 10 und Schurf 11/2014 Löß an, der aus stark fein- bis mittelsandigem Schluff bzw. schwach schluffigem Fein- bis Mittelsand hellbrauner Färbung besteht. Er liegt in steifer bis halbfester, an der Oberkante teils in weicher bis steifer Konsistenz bzw. in mitteldichter bis dichter, an der Oberkante teils in lockerer bis mitteldichter Lagerung vor. Seine Mächtigkeit beträgt 0,9 bis 1,8 m. Seine Unterkante befindet sich 1,35 bis 2,4 m unter Ansatz (zwischen 51,65 und 50,65 m ü NHN).

Schicht 5.1: Felszersatz (Sandstein)

Unterhalb vom Löß und bei der BS 11 direkt unterhalb der Auffüllung steht schwach schluffiger Fein- bis Mittelsand grüner und hellbrauner, teils schwarzer, Färbung an, bei dem es sich um verbackenen Grünsand bzw. zersetzten Sandstein handelt.

Diese Schicht wurde bis zur Endteufe der BS 9 und 10, sowie Schurf 11/2014 nicht durchteuft. Diese Aufschlüsse wurden zwischen 51,36 und ca. 50 m ü NHN auf Grund hoher Eindringwiderstände abgebrochen. Bei BS 11 reicht diese Schicht bis 47,95 m ü NHN.

In den Archivbohrungen liegt die Unterkante des Sandsteinzersatzes zwischen 48,9 und 47,7 m ü NHN.

Schicht 5.2: Tonstein/Verwitterungslehm

In der BS 11/17 wurde unter dem Sandsteinzersatz ab 47,95 m ü NHN Verwitterungslehm des Tonsteines in fester Konsistenz erkundet, der vermehrt Felsbruchstücke enthält. Er weist rotbraune Färbung auf. Bei 47,55 m ü NHN war kein weiterer Bohrfortschritt erzielbar. Die DPH 11/17 konnte bis 47,25 m ü NHN geführt werden.

2.2.7 Querung Schrote (Station 1,4+90 bis 1,5+20)

Im Bereich der Schrote ist ein Brückenbauwerk zu gründen. Hier wurden die Schürfe 12/14 und 13/14 angelegt. Auf Grund von Fels im Untergrund wurde bei den Aufschlüssen 2014 jedoch nur eine Tiefe von 2 m erreicht. Daher wurden 2017 zwei Kernbohrungen bis 8 m Tiefe durchgeführt.

Folgende Bodenschichtung wurde erkundet:

Schurf 12/14: Auf der Südseite der Schrote steht Auffüllung an, die aus Bauschutt besteht. Für die Technik der Rammkernsondierung war keine Zuwegung möglich. Mit Handschachtung konnte der Bauschutt (Ziegel und Beton) nicht durchteuft werden. Der Aufschluss erfolgte bis in eine Tiefe von 0,5 m.

Schurf 13/14 und BK 12/17; BK 13/17:

Schicht 1: Mutterboden

Der Mutterboden wurde in einer Dicke von 0,9 bis 1,1 m erkundet. Dabei handelt es sich um stark tonigen bis stark sandigen Schluff, der weiche bis steife Konsistenz aufweist. Er beinhaltet Ziegelreste.

Schicht 2: Auffüllung / Schluff

Unter dem Mutterboden steht in einer Dicke von maximal 0,9 m Schluff an, der sandig und teils stark tonig ist und weiche bis steife Konsistenz aufweist. Bis 1,6 m Tiefe (0,7 m dick) beinhaltet er bei Schurf/BS 13/16 Ziegelreste und Porzellansplitter. Daher handelt es sich hierbei um Auffüllung. Bis max. 1,9 m Tiefe (48,3 m ü NHN) ist der tonige Schluff kiesig, sandig und stark feucht bis naß.

Schicht 5: Verwitterungsmaterial

Der Schluff wird von schluffigem, sandigem Grobkies/-sand unterlagert. Hierbei handelt es sich um den Übergang zum Festgestein (Sandsteinersatz). Diese Schicht weist eine Dicke von 0,2 bis 1,2 m auf und reicht bis max. 2,3 m unter Ansatz (ca. 48 m ü NHN).

Schicht 7: Felsersatz/Tonstein

Unter dem Verwitterungshorizont schließt sich Felsersatz des Tonsteines bzw. Tonstein/Sandstein an. Das Festgestein weist rötlich braune Färbung auf, ist schluffig und tonig sowie naß bis feucht. Es ist überwiegend stark verwittert bis stark zersetzt. Es wurde bis max. 42,2 m ü NHN erkundet.

2.2.8 Kleingartenanlage Tillysberge bis An der Steinkuhle (Station 1,5+20 bis 1,7+85)

Hier wurden die Schürfe 14/14, 14.2/14 und 15/14 sowie BS 14/17 und Schurf 16/14 abgeteuft. Schurf 14/14 wurde vom Gartenweg aus niedergebracht. Schurf 14.2/14 im Garten an der Grenze zur Albert-Vater-Straße. Schurf 15/14 befindet sich nördlich der Albert-Vater-Straße und BS 14/17 sowie Schurf 16/14 im Bereich der Garagen.

Schicht 1a: Mutterboden

Mutterboden wurde in einer Dicke von 40 cm im Schurf 14.2/14 erkundet. Dabei handelt es sich um Schluff, der feinsandig, schwach kiesig und schwach tonig ist. Er weist steife Konsistenz auf, beinhaltet Ziegelreste sowie Hausmüll und ist dunkelbraun gefärbt.

Schicht 1b: Auffüllung

Unter dem Mutterboden bzw. ab GOF steht in einer Dicke von 0,8 m bis 1,8 m Auffüllung an. Diese besteht teils aus feinsandigem, bereichsweise kiesigem Schluff, der steife Konsistenz aufweist und teils aus schwach schluffigem kiesigem Sand. Die Auffüllung beinhaltet Ziegelreste und Schieferstücke. Sie wurde bis max. 50,8 m ü NHN erkundet.

Schicht 2: Löß

Unter der Auffüllung steht überwiegend feinsandig Schluff an, der steife bis weiche Konsistenz aufweist. Er wurde in einer Dicke von 1,3 m bis 1,7 m unter Ansatz (max. bis 49,4 m ü NHN) erkundet.

Bei Schurf 14.2/14 und Schurf 15/14 fehlt diese Schicht.

Schicht 3: Geschiebemergel

Bei BS 14/17 wurde unter dem Löß Geschiebemergel in einer Dicke von 0,9 m (bis 49,6 m ü NHN) erkundet. Es handelt sich dabei um stark sandigen Schluff steifer bis halbfester Konsistenz.

Schicht 4: Grünsand

Der Grünsand wurde hier in Form von stark sandigem Schluff, steifer bis halbfester Konsistenz (BS 14/17) erkundet. Er wurde bis zur Endteufe der BS 14/17 von 48,5 m ü NHN nicht durchteuft. In der Archivbohrung 3835/GL/2554 steht er bis 48,3 m ü NHN als Feinsand an.

Schicht 5: Felszersatz

Ab 2,8 m unter Ansatz bei Schurf 14/14 und ab 1,4 m unter Ansatz bei Schurf 14.2/14 sowie bei Schurf 15/14 ab 1,8 m unter Ansatz steht rötlichbrauner bis dunkelbrauner Felszersatz an, der bei Schurf 14/14 grobkörnig vorliegt sowie bei Schurf 14.2/14 und 15/14 als feinsandiger Schluff mit Felsbruch, mürbe. Der Felszersatz wurde in einer Dicke von 0,1 bis 0,4 erkundet und nicht durchteuft. Der Felszersatz wurde ab 50 bis 48,3 m ü NHN festgestellt. In der Archivbohrung 3835/GL/2554 wurde er bis 48,2 m ü NHN erkundet (Endteufe).

2.2.9 An der Steinkuhle bis Lorenzweg (Station 1,7+85 bis 2,0+15)**Schicht 1b: Auffüllung**

Die Auffüllung besteht überwiegend aus gebrochenem Mineralgemisch in rötlich brauner bis brauner Färbung in einer Dicke von 0,2 m bis 0,9 m an. Bei den Schürfen 18/14 und 21/14 befindet sich darüber noch Natursteinpflaster in einer Dicke von 0,2 m.

Darunter setzt sich die Auffüllung als sandiger Schluff fort. Hierbei handelt es sich vermutlich um älteren überbauten Mutterboden. Er liegt überwiegend in steifer Konsistenz vor und ist dunkelbraun gefärbt.

Die Unterkante der Auffüllungen liegt zwischen 52,7 und 52,3 m ü NHN.

Schicht 2: Löß

Der Löß besteht aus stark feinsandigem Schluff in größtenteils steifer Konsistenz und hellbrauner Färbung. Schichtbasis: 50,9 mNHN bis 50,3 m ü NHN.

Schicht 4: Grünsand

Unter dem Löß schließt sich Grünsand an, der aus stark schluffigem Fein- bis Mittelsand besteht. Seine Unterkante befindet sich bei ca. 44,9 m ü NHN.

Schicht 7: Fels

Der Grünsand wird am 44,9 m ü NHN durch Fels aus dem Karbon unterlagert (Archivbohrung 3835/GL/1006).

2.2.10 Kleingartenanlage „Am Lorenzweg“ (Station 2,0+15 bis 2,5+90)

Zwischen dem Lorenzweg und der Straße „Am Neustädter Feld“ liegt die Oberfläche des Geländes der Kleingartenanlage „Am Lorenzweg“ bei 53,5 mNN im Süden und bei 50,0 mNN im Norden der Anlage. Damit sind die Ansatzhöhen bis zu ca. 4 m unter der Höhe des Lorenzweges. Die Oberfläche der Straße „Am Neustädter Feld“ weist eine Höhe von 51,4 mNN auf. Hier wurden die Schürfe 22/14 bis 25/14 und die BS 17/17 bis BS 22/17 angelegt.

Schicht 1a: Mutterboden

Die oberste Bodenschicht besteht aus Mutterboden. Hierbei handelt es sich überwiegend um tonigen Schluff, teils um schluffigen Ton oder um stark sandigen Schluff. Der Mutterboden weist eine Dicke von 0,1 m bis 0,9 m auf. Er wurde in weicher bis steifer Konsistenz erkundet. Schichtbasis: ca. 54,0 bis 49,3 mNHN.

Schicht 1b: Auffüllung

Bei den Schürfen 22 und 24 steht unter dem Mutterboden Auffüllung in Form von feinsandigem bzw. tonigem Schluff an, die Dicken zwischen 0,15 und 0,55 m aufweist.

Bei Schurf 25 besteht die Auffüllung aus kiesigem, steinigem Sand in einer Dicke von 0,6 m und beinhaltet Ziegelreste. Bei den BS 2017 wurde Auffüllung bis in Tiefen von 0,9 m bis 1,3 m in Form von tonigem Schluff dunkelbrauner Färbung und weicher bis steifer Konsistenz festgestellt. Schichtbasis: ca. 53,1 bis 50,0m ü NHN.

Schicht 2: Löß

Unter der Auffüllung wurde bereichsweise bis max. 50,45 m ü NHN bzw. 48,7 mNHN Löß erkundet, der aus schwach bis stark schluffigem Feinsand hellbrauner Färbung besteht.

Schicht 3: Schluff/Geschiebemergel

Bereichsweise steht unter der Auffüllung steht toniger, sandiger Schluff bzw. stark schluffiger bis schluffiger Sand an, der weiche bis steife Konsistenz bzw. mitteldichte Lagerung aufweist. Schichtbasis: ca. 49 m ü NHN bis ca. 47 m ü NHN.

Schicht 6: Kiessand

Teilweise wird der Schluff durch kiesige Sande unterlagert, die wasserführend sind. Sie weisen hellbraune Färbung auf. Sie wurden bis in Tiefen zwischen 48,8 und 47,1 m ü NHN erkundet. Archivbohrung 3835/GL/979 weist eine Erkundung dieser Schicht bis 44 m ü NHN aus.

2.2.11 Distelweg und Kleingartenanlage „Am Ring“ (Station 2,5+90 bis 2,9+50)

Auf dem Distelweg wurde der Schurf 26/14 niedergebracht. Im Bereich der Gartenanlage „Am Ring“ die Schürfe 27/14 bis 29/14. Weiterhin wurden in diesem Bereich die BS 23/17 bis 27/17 niedergebracht.

Die Geländehöhe beträgt hier zwischen 50 mNN und 50,5 m NHN.

Schicht 1a/1b: Mutterboden / Auffüllung / Mineralgemsich

Die obere Schicht besteht bei Schurf 26/14 aus Kiessand (gebrochenes Mineralgemisch im Bereich Diestelweg) in einer Dicke von 0,3 m. Bei den übrigen Aufschlüssen steht als oberste Schicht Mutterboden an, der eine Dicke von 0,3 bis 1,1 m aufweist. Dieser besteht aus sandigem, tonigem Schluff mit überwiegend weicher bis steifer Konsistenz. Bei Schurf 29/14 steht unter dem Mutterboden schwach schluffiger Feinsand graubrauner Färbung als Auffüllung in einer Dicke von 0,6 m an. Die anthropogen beeinflussten Schichten reichen bis in Tiefen von ca. 49 bis 50 m ü NHN.

Schicht 2/3: Löß/Geschiebemergel

Unter der Auffüllung steht feinsandiger, toniger Schluff mit steifer, teils weicher bis steifer Konsistenz in einer Dicke von 0,3 bis 1,6 m an. Schichtbasis: 49,8 bis 48,4 m ü NHN.

Schicht 6: Kiessand

Bei den Schürfen 26 und 27 wird der Schluff durch kiesigen Sand unterlagert, der bis 3 m unter Ansatz erkundet wurde. Bei Schurf 29 steht der Kiessand direkt unter der Auffüllung ebenfalls bis 3 m unter Ansatz an. Bei den BS 23/17 bis 27/17 wurde er bis max. 46,5 m ü NHN erkundet. Ab 48,4 bis 49,6 m ü NHN (0,7 bis 1,9 m unter Ansatz) ist er wasserführend.

Schicht 4: Grünsand

Nach den in diesem Abschnitt vorliegenden Archivbohrungen schließt sich darunter Grünsand an, der aus Feinsand besteht. Bei Archivbohrung 3835/GL/1017 wurde er bis zur Endteufe von 40,1 m ü NHN nicht durchteuft.

2.2.12 Kritzmannstraße (Mittagstraße bis Gleisschleife) (Station 2,9+50 bis 3,6+00)

Von der Mittagstraße bis zur Gleisschleife wurden 2014 die Schürfe 30 bis 38 angelegt. Die Schürfe 32, 33 und 38 befinden sich im Straßenbereich der Kritzmannstraße. Die Schürfe 30, 31, 34, 35 und 37 wurden in Randbereichen bzw. auf den Mittelinseln im Bereich der geplanten Straßenbahngleise angelegt. Schurf 36 befindet sich auf dem derzeitigen Parkplatz, auf dem die Wendeschleife angeordnet werden soll.

Im Bereich der Kritzmannstraße wurden 2014 außerdem 6 BS für die Erkundung bestehender Fernwärmekanäle niedergebracht. Weiterhin wurden 2017 die BS 28 bis 32 abgeteuft.

Schicht 1a: Mutterboden / Straßenaufbau / Parkplatzbefestigung

Mutterboden wurde in einer Dicke von 0,15 m bis 0,6 m erkundet. Er besteht überwiegend aus sandigem Schluff, teils aus kiesigem Sand mit organischen Bestandteilen.

Im Straßen- sowie im Parkplatzbereich befinden sich Stahlbetonplatten, die eine Dicke von 0,18 bis 0,31 m aufweisen. Im Straßenbereich wurde darüber Asphalt in einer Dicke von 9 bis 10 cm festgestellt.

Schicht 1b: Auffüllung

Die Auffüllungen bestehen bis in Tiefen zwischen 0,9 und 2,7 m überwiegend aus sandigem Kies und kiesigen Sanden.

Bei den Schürfen 35 bis 38 weist die Auffüllung aus kiesigen Sanden Dicken von 0,1 bis 0,2 m auf.

Unter der grobkörnigen Auffüllung steht bis in Tiefen zwischen 1,8 und 3,7 m unter Ansatz Schluff an, der ebenfalls aufgefüllt ist. Er weist größtenteils steife Konsistenz, teils steife bis halbfeste Konsistenz auf.

Schicht 2: Löß

Löß wurde in diesem Abschnitt nur in folgenden Aufschlüssen festgestellt: BS 28/17, BS 1/14, BS 2/14. Die Unterkante liegt zwischen 50,3 und 49 m ü NHN.

Schicht 3: Geschiebemergel

Überwiegend steht unter den Auffüllungen Geschiebemergel an, der bis max. 48,4 m ü NHN erkundet wurde. Die Archivbohrung 3835/GL/1096 weist Geschiebemergel bis 41,5 m ü NHN aus.

Schicht 6: Kiessand

Unter den bindigen Böden befinden sich bereichsweise kiesige Sande, die bis max. 44,6 m ü NHN anstehen. In diesem Horizont sind zum Teil Gerölllagen eingelagert, die eine Dicke von 0,5 bis 1,4 m aufweisen.

Schicht 4: Grünsand

Die Schluffe und kiesigen Sande werden in diesem Abschnitt ca. ab nördlich der Rathmannstraße durch Grünsand unterlagert. Der Grünsand wurde in den Archivbohrungen bis in tiefen zwischen 41,6 und 36,1 m ü NHN erkundet.

2.3 Zusammenfassung – erkundete Bodenarten

Insgesamt stehen im Untersuchungsbereich zwischen Adelheidring und Herrmann-Bruse-Platz entlang der vorgesehenen Straßenbahntrasse folgende Bodenarten an:

Schicht 1a: Mutterboden, überwiegend toniger Schluff

Schicht 1b: Auffüllungen, sandige, tonige Schluffe oder Sande und Kiese

Schicht 2: Löß, hellbraun – feinsandiger Schluff bis schluffiger Feinsand

Schicht 3: Geschiebemergel/Schluffe und Geschiebesande – stark sandiger Schluff bis stark schluffiger Sand, der kiesige Bestandteile enthält und Gerölle bis Findlinge beinhaltet.

Schicht 4: Grünsand – schwach schluffiger Feinsand bis schluffiger Fein- bis Mittelsand

Schicht 5: Verwitterungsmaterial/Felszersatz (Tonstein/Sandstein) mit Felsbruchstücken in wechselnder Körnung bis teils zu stark tonigem Verwitterungslehm

Schicht 6: Kiessand – Mittel- bis Grobsand, schwach kiesig, teils schluffig

Schicht 7: Tonstein/Sandstein überwiegend rotbrauner Färbung

Die Einzelwerte sind der Anlage 2, Blatt 1 bis 18 zu entnehmen.

2.4 Ergebnisse der Schweren Rammsondierungen / Rammbarkeit

Ergänzend zu den Bohrsondierungen BS 5/16 bis 20/16 wurde mit Ausnahme der BS 18/16 je eine Sondierung mit der Schweren Rammsonde (DPH) durchgeführt. Weiterhin wurde zu den BS/BK von 2017 je eine DPH niedergebracht. Aus den dabei ermittelten Schlagzahlen für jeweils 10 cm Sondeneindringung N_{10} lassen sich Rückschlüsse auf die Lagerungsdichte nichtbindiger bzw. die Konsistenz bindiger Böden ziehen.

Die Sondierdiagramme sind in der Anlage 2 enthalten.

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Grenzwerte bezüglich der Rammbarkeit. Die Bewertung der Lagerungsdichten und der Konsistenz im Detail können der Anlage 2 entnommen werden.

Tabelle 7: Bewertung der Rammsondierergebnisse / Rammbarkeit

Abschnitt	m u. Ansatz / m ü. NHN	maßgebende Schlagzahlen N_{10}	Bewertung (nach Placzek)	Bewertung Rammbarkeit
Adelheidring bis Damaschkeplatz (Anlage 2.1)	3,3 / 50,5	1 bis 15 (29)	weich bis halbfest	rammbar bis schwer rammbar
	6,5 / 47,4	9 bis 68	dicht	sehr schwer rammbar/ Zusatzmaßnahmen erforderlich
Editharing bis Gellertstraße (Anlage 2.2)	5,0 / 49,1	1 bis 11 (27)	weich bis halbfest mitteldicht/dicht bis sehr dicht	rammbar bis schwer rammbar
	7,7 / 46,3	5 bis 67	mitteldicht-dicht / steif bis fest	rammbar bis sehr schwer rammbar/ Zusatzmaßnahmen erforderlich
Editharing Gellertstraße bis Magdeburger Ring (anlage 2.3)	4,0 / 49,8	3 bis 34	weich / steif bis halbfest / mitteldicht bis dicht	rammbar bis schwer rammbar
	7,0 / 46,8	2 bis 100	weich/locker bis dicht	rammbar bis sehr schwer rammbar/ Zusatzmaßnahmen erforderlich
Magdeburger Ring (Anlage 2.4)	5,0 / 49,4-47,6	1 bis 32	weich/weich bis steif / mitteldicht bis dicht	rammbar bis schwer rammbar
	6,6 / 46,95	3 bis 100	weich bis steif / mitteldicht bis dicht	rammbar bis sehr schwer rammbar/ Zusatzmaßnahmen erforderlich
Schallschutz-wände (Anlage 2.5)	2,3 / 51,9	1 bis 36	weich bis fest	rammbar bis schwer rammbar
	3,7 / 50,6	3 bis 100	steif bis fest	rammbar bis sehr schwer rammbar/ Zusatzmaßnahmen erforderlich
Sichtschutzwände (Anlage 2.6)	1,1 bis 2,0 / 51,5 bis 47,9	1 bis 9	weich bis steif	rammbar
	darunter	18 bis 100	halbfest bis fest / dicht bis sehr dicht	sehr schwer rammbar/ Zusatzmaßnahmen erforderlich
EÜ Schrote (Anlage 2.7)	2,0 / 48,2	1 bis 16	weich bis halbfest	rammbar bis schwer rammbar
	darunter	10 bis 100	fest	sehr schwer rammbar/ Zusatzmaßnahmen erforderlich
km 1,5+20 bis 3,0+00 (Anlagen 2.8 bis 2.15)	2,4 bis 5,3 / 49,9 bis 44,7	1 bis 15	locker/weich – mitteldicht/steif	rammbar
	bis 6,0 / 48,3 bis 44,1	5-30 (45)	mitteldicht/steif bis dicht/halbfest-fest	schwer rammbar bis sehr schwer rammbar

Fortsetzung Tabelle 7: Bewertung der Rammsondierergebnisse /Rammbarkeit

Abschnitt	m u. Ansatz / m ü. NHN	maßgebende Schlagzahlen N ₁₀	Bewertung (nach Placzek)	Bewertung Rammbarkeit
km 3,0+00 bis 3,2+80 (Anlage 2.16)	3,7 / 49,5	0 - 5	weich / locker	rammbar
	6,6 / 46,6	4 - 21	steif bis fest	schwer rammbar bis sehr schwer rammbar
	7,5 / 45,7	20-71	fest	Zusatzmaßnahmen erforderlich
km 3,2+80 bis 3,5+50 (Anlage 2.17)	6,0 / 46,5	1 – 20	locker/weich bis mitteldicht/steif bis halbfest	rammbar bis schwer rammbar
km 3,5+50 bis 3,6+00 (DPH 31)	3,5 / 48,8	1 bis 6	weich bis steif	rammbar
	3,7 / 48,6	56 / 100 auf 3 cm	sehr dicht	Zusatzmaßnahmen erforderlich (Geröllhorizont)
Gleisschleife (DPH 32)	6,0 / 46,2	3 bis 21	steif bis halbfest	rammbar bis schwer rammbar

2.5 Hydrologische Verhältnisse

In den Aufschlüssen wurden nachfolgende Wasserstände erkundet.

Tabelle 8: erkundete Wasserstände

Aufschluss	erkundeter Wasserstand		Wasserleiter
	[m unter Ansatz]	[m ü NHN]	
BS 6 (28.11.2016) Station 0+280; 15 m sw von Mast 99-22	bis zur Endteufe von 48,56 m ü NHN kein Wasser erkundet		
BS 1 (23.03.2017) Station 0+185 Mast 99-18	bis zur Endteufe von 48,73 m ü NHN kein Wasser erkundet		
Archiv 3835/GL/4215 (01.07.1947)	6,00	48,00	≥ 5,4 m Grünsand
BS 2 (23.03.2017) Station 0+373 Mast 99-14	bis zur Endteufe von 50,43 m ü NHN kein Wasser erkundet		
BS 5 (28.11.2016) Station 0+400 Mast 99-6	4,90	48,88	≥ 1,8 m Grünsand
BS 3 (23.03.2017) Station 0+450 Mast 0-6	bis zur Endteufe von 49,67 m ü NHN kein Wasser erkundet		
BS 7 (28.11.2016) Station 0+550 zw. Mast 0-7 und 0-9	4,00	50,03	1,7 m Grünsand über Verwitterungsmaterial Sandstein
BS 8 (17.11.2016) Station 0+617 Mast 0-13	4,19	49,80	≥ 3,6 m Grünsand über Schluff
BS 10 (16.11.2016) Station 0+643 Mast 0-15	4,15	49,84	≥ 4,35 m kiesige Sande/schwach schluffiger Kies
BS 11 (25.11.2016) Station 0+645 Mast 0-17	4,10	49,73	≥ 2,5 m Sand und Kies, schwach schluffig
BS 12 (25.11.2016) Station 0+666 Mast 0-18	4,00	49,77	≥ 3,6 m Grünsand/Feinsand schluffig
BS 13 (25.11.2016) Station 0+753 zw. Mast 0-19 und 0-20 rechts	4,50	49,36	0,2 m Sandzwischenlage (Schichtenwasser)
Archiv 3835/GL/2831 Stat. 0+815 (15.04.1970) zw. Mast 0-20 und 0-21 rechts	6,40	49,10	0,5 m Sandzwischenlage, schwach schluffig (Schichtenwasser)
BS 14 (16.11.2016) Station 0+855 zw. Mast 0-21 und 0-22 links	4,38	49,11	0,95 m Sand über Verwitterungslehm
Archiv 3835/GL/2829 Stat. 0+885 (20.04.1970) Mast 0-22 rechts	6,70	49,30	3,8 m Sande Pleistozän und Grünsand über Sandstein
BS 15 (16.11.2016) Station 0+920 zu Mast 0-24	4,65	49,58	≥ 1,3 m Kies / Grünsand
Archiv 3835/GL/2827 Stat. 0+930 (08.04.1969) zu Mast 0-24	4,90	48,80	≥ 0,5 Feinsand, schluffig

Fortsetzung 1 Tabelle 8: erkundete Wasserstände

Aufschluss	erkundeter Wasserstand		Wasserleiter
	[m unter Ansatz]	[m ü NHN]	
BS 16 (28.11.2016) Station 0+950 zu Mast 0-25	3,90	49,65	≥ 3,8 Sande überwiegend kiesig
BS 18 (17.11.2016) Station 1+002 zw. Mast 0-26 und 1-1 links	4,35	49,24	≥ 3,8 Sand, kiesig
BS 19 (17.11.2016) Station 1+041 zw. Mast 1-1 und 1-2 links	3,60	49,15	3,35 m Sande / Kies über Sandstein
BS 20 (15.11.2016) Station 1+140 zw. Mast 1-3 und 1-4 rechts	bis zur Endteufe von 48,74 m ü NHN kein Wasser erkundet		
BS 4 (23.03.2017) Station 1+207 zw. Mast 0-26 und 1-1 links	bis zur Endteufe von 49,68 m ü NHN kein Wasser erkundet		
BS 5 bis 10 (24.-27.03.2017) Station 1+270 bis 1+415 Mast 1-8 bis 1-15	bis zur Endteufe von max. 50,8 m ü NHN kein Wasser erkundet		
Archiv 3835/GL/2574 (03.01.1966) Station 1+440 (westl. Schrote) zw. Mast 1-15 und 1-16	3,90	48,90	Sandsteinersatz
Archiv 3835/GL/2553 (23.10.1968) Station 1+450	5,40 (5,80)	48,20 (47,80)	1,8 m Sande/Grünsand
BS 11 (27.03.2017) Station 1+462 Mast 1-16 rechts	1,10 (0,90)	48,75 (48,95)	0,5 m Sandsteinersatz
BK 12 (13.04.2017) Station 1+495 zw. Mast 1-16 und 1-17 rechts	1,90 (1,50)	48,31 (48,71)	Tonsteinersatz/Tonstein
BK 13 (28.04.2017) Station 1+500 zw. Mast 1-16 und 1-17 links	1,20 (1,40)	49,03 (48,83)	Sandsteinersatz
Schurf/BS 13 (12.08.2014) Station 0+504, zu Mast 1-17	1,60	50,60	0,2 m Felsersatz / Wasserspiegel Schrote
BS 14 (27.03.2017) Station 1+673 Mast 1-20 BA	bis zur Endteufe von 48,5 m ü NHN kein Wasser erkundet		
BS 15 (23.03.2017) Station 1+805 Mast 1-24	2,60	51,04	Grünsand
Archiv 3835/GL/1006 (04.10.1976) Station 1+900, Mast 1-27 30 m westlich Bahnachse	4,60 (4,40)	49,40 (49,60)	Grünsand
BS 16 (23.03.2017) Station 1+910 Mast 1-28	2,60	51,18	Kiessand
Archiv 3835/GL/2321 (16.09.1977) Station 1+980, Östlich der Trasse zu Mast 1-30	4,30 (4,30)	49,20 (49,20)	Kiessand
BS 17 (28.03.2017) Station 2+030 Mast 2-2	4,30	49,96	Grünsand
Archiv 3835/GL/979 (12.09.1985) Station 2+045, zu Mast 2-3 6 m links der BA	2,30 (1,70)	51,70 (52,30)	Mittelsand bis 50,7 m ü NHN über 1,8 m Geschiebemergel, darunter Grobsande
BS 18 (28.03.2017) Station 2+095 Mast 2-4 BA	bis zur Endteufe von 49,25 m ü NHN kein Wasser erkundet		
BS 19 (10.04.2017) Station 2+204 Mast 2-6	1,90	49,39	Kiessand
Schurf/BS 22 (12.08.2014) Station 2+233 links, zw. Mast 2-6 und 2-7	1,90	49,50	≥ 2,1 m Sand, kiesig
BS 20 (10.04.2017) Station 2+324 Mast 2-8	1,80	49,28	Mittel- bis Grobsand
Schurf 23 (12.08.2014) Station 2+377, Mast 2-9	1,30	49,40	≥ 0,2 m Sand, kiesig
BS 21 (10.04.2017) Station 2+432 Mast 2-10	0,90 (0,90)	49,40 (49,40)	Mittel- bis Grobsand unter Löß
Schurf 24 (12.08.2014), Station 2+520, zw. Mast 2-11 und 2-12	0,75	49,35	wasserführende Sandlagen im Geschiebemergel

Fortsetzung 2 Tabelle 8: erkundete Wasserstände

Aufschluss	erkundeter Wasserstand		Wasserleiter
	[m unter Ansatz]	[m ü NHN]	
BS 22 (10.04.2017) Station 2+545 Mast 2-12	0,90 (1,10)	49,06 (48,86)	Mittel- bis Grobsand unter Löß
Schurf 24.2 (12.08.2014) Station 2+575, zw. Mast 2-12 und 2-13	1,05	48,95	wasserführende Sandlagen im Geschiebemergel
Schurf/BS 25 (13.08.2014) Station 2+603, Mast 2-13	2,60	48,80	wasserführende Sandlagen im Geschiebemergel
Archiv 3835/GL/3100 (15.05.1995) Station 2+610, zu Mast 2-13	4,30 (4,30)	49,20 (49,20)	Kiessand
Schurf 26 (13.08.2014) Station 2,5+97, zw. Mast 2-15 und 2-16	1,40	48,80	≥ 0,5 m Sand, kiesig
Archiv 3835/GL/1017 (01.03.1973) Station 2+720, zu Mast 2-17	(0,80)	(49,30)	2,4 m Mittelsand unter Löß, darunter Grünsand
Schurf 27 (11.08.2014) Station 2+730, vor Mast 2-18 links	1,10	48,90	≥ 1,8 m Sand, kiesig unter Schluff, tonig
BS 23 (28.03.2017) Station 2+735 Mast 2-18 rechts	1,90 (1,80)	48,40 (48,50)	Grobsand unter Geschiebemergel
BS 24 (27.03.2017) Station 2+800 Mast 2-22	1,20 (1,00)	48,88 (49,08)	Kiessand unter Mutterboden
Archiv 3835/GL/993 (28.06.1978) Station 2+833, zu Mast 2-23	(1,70)	(49,62)	Kiessand unter Mutterboden
BS 25 (27.03.2017) Station 2+864 rechts, zu Mast 2-24	1,00 (0,90)	49,06 (49,16)	Kiessand unter Löß
BS 26 (27.03.2017) Station 2+879 zw. Mast 2-24 und Mast 2-25 rechts	0,90 (0,80)	49,21 (49,31)	Kiessand unter Löß
Archiv 3835/GL/1016 (28.02.1973) Station 2+880, zw. Mast 2-24 und Mast 2-25 links der Trasse	(1,00)	(49,35)	Kiessand unter Löß
Schurf/BS 29 (11.08.2014) Station 2+907 links, zw. Mast 2-25 und Mast 2-26	1,50	48,60	≥ 2,1 m Sand, kiesig unter Auffüllung
BS 27 (27.03.2017) Station 2+925 zu Mast 2-26	0,90 (0,70)	49,41 (49,61)	Kiessand unter Löß
Archiv 3835/GL/991 (18.06.1978) Station 2+945, zu Mast 2-29 ca. 35 m links der Trasse	(1,60)	(49,43)	4,1 Kiessand unter Löß, über 4,3 m Geschiebemergel, darunter Grünsand
Archiv 3835/GL/1013 (07.03.1973) Station 2+950, zu Mast 2-29 ca. 50 m links der Trasse	(1,60)	(49,30)	4,2 Kiessand unter Löß, darunter Grünsand
Schurf 30 (11.08.2014) Station 2+954, zu Mast 2-28	2,70	50,60	Wasserführung über tonigem Schluff
BS 28 (27.03.2017) Station 2+925 zu Mast 2-31	3,30	49,69	Mittel- bis Grobsand unter Löß
Archiv 3835/GL/1096 (19.10.1972) Station 3+060, zw. Mast 3-3 u. 3-4 ca. 20 m rechts der Trasse	(1,90)	(49,60)	1,5 Kiessand unter Löß, darunter Geschiebemergel
BS 6 (14.08.2014) Station 3+109, zu Mast 3-5 ca. 17 m links der Trasse	5,10	48,19	Kiessand unter Geschiebemergel
Archiv 3835/GL/1101 (06.10.1972) Station 3+143, zu Mast 3-6 ca. 25 m rechts der Trasse	(2,50)	(49,09)	1,7 Kiessand unter Löß, darunter Geschiebemergel
BS 3 (14.08.2014) Station 3+230, zw. Mast 3-8 u. 3-10	3,90	49,25	wasserführende Sandeinlagerung im Geschiebemergel (ca. 0,8 m mächtig)

Fortsetzung 3 Tabelle 8: erkundete Wasserstände

Aufschluss	erkundeter Wasserstand		Wasserleiter
	[m unter Ansatz]	[m ü NHN]	
Archiv 3835/GL/1630 (28.05.1996) Station 3+290, zu Mast 3-11 ca. 30 m links der Trasse	(4,00)	(48,65)	Kiessand unter Geschiebemergel
Archiv 3835/GL/1089 (05.12.1972) Station 3+310, zu Mast 3-12 ca. 25 m rechts der Trasse	kein freier Wasserspiegel gemessen		ab 1,40 m / 50,00 m ü NHN nass 5,4 m Mittelsand über Grünsand
BS 2 (11.08.2014) Station 3+347 BA zw. Mast 3-13 u. 3-14	3,70	48,96	Kiessand unter Geschiebemergel
BS 29 (10.04.2017) Station 3+393 Mast 3-15	3,20	49,32	Mittelsand unter Auffüllung
Archiv 3835/GL/1631 (28.05.1996) Station 3+432, zu Mast 3-17 ca. 6 m links der Trasse	(3,90)	(48,58)	Mittelsand unter Löß
Archiv 3835/GL/1086 (14.12.1972) Station 3+452, zu Mast 3-19 ca. 7 m links der Trasse	kein freier Wasserspiegel gemessen		ab 2,70 m / 48,40 m ü NHN nass 0,9 m Gerölle über Grünsand
BS 30 (10.04.2017) Station 3+520 Mast 3-24, 9 m rechts der BA	bis zur Endteufe von 50,81 m ü NHN kein Wasser erkundet		
BS 31 (10.04.2017) Station 3+565 Mast 3-31	bis zur Endteufe von 48,94 m ü NHN kein Wasser erkundet		
Archiv 3835/GL/1075 (18.01.1973) Station 3+587, zu Mast 3-32 ca. 8 m links der Trasse	(2,30)	(49,10)	2,3 m Gerölle unter Löß, über Grünsand
Archiv 3835/GL/1064 (19.01.1973) Station 3+600, zu Mast 3-32 ca. 14 m links der Trasse	(1,80)	(49,80)	2,2 m Feinsand unter Löß, darunter 1,1 m Gerölle über Grünsand
Archiv 3835/GL/1080 (10.01.1973) Gleisschleife, zw. Mast 3-34 u. 3-35 ca. 15 m westlich der Trasse	(2,30)	(48,80)	1,7 m Gerölle unter Löß, über Feinsand/Grünsand
Archiv 3835/GL/1085 (15.12.1972) Gleisschleife, ca. 39 m von BA zw. Mast 3-37 u. 3-38,	2,30	49,10	2,9 m Gerölle unter Löß, über Grünsand
BS 32 (10.04.2017) Gleisschleife Mast 3-39	bis zur Endteufe von 48,58 m ü NHN kein Wasser erkundet		

Werte in Klammern ... Wasserstand nach Bohrende/Ruhewasserstand
 Werte ohne Klammern...Wasseranschnitt

Entsprechend den Angaben des Landesamt für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt liegt das Untersuchungsgebiet nicht im Überflutungsbereich der Elbe.

Bei den erkundeten Wasserständen handelt es sich durchgehend um mittlere Wasserstände. Es handelt sich überwiegend um Grundwasser innerhalb der Schmelzwassersande. Bereichsweise wurden auch wasserführende Sandschichten innerhalb des Geschiebemergelkomplexes festgestellt.

Die erkundeten Wasserstände liegen zwischen 48,0 und 51,7 m ü NHN. Einzelwerte sind aus obiger Tabelle bzw. aus Anlage 2 ersichtlich. Jahreszeitlich bedingt ist mit Wasserstandsschwankungen von bis zu $\pm 1,5$ m zu rechnen.

Bei der BS 3 (zwischen Silberschlag- und Rathmannstraße) wurde in einer Tiefe von 3,9 m (49,25 m HN) in einem 0,8 m mächtigen Sandhorizont im Geschiebemergel Schichtenwasser angeschnitten. Darunter setzt sich der tonige, stark sandige Schluff des Geschiebemergelkomplexes fort.

Die geologisch als Schmelzwassersande einzuordnenden schluffigen, schwach kiesigen Sande stellen einen Grundwasserleiter dar, der teils mehrere Meter mächtig ist.

Mit einer mittleren Durchlässigkeit von ca. $3 \cdot 10^{-4}$ bis $3 \cdot 10^{-5}$ m/s sind die Sande nach DIN 18130 als stark durchlässig bis durchlässig einzuordnen (Grenzen nach DIN 18130 siehe unten).

Definition Durchlässigkeit nach DIN 18130:

$k_f > 1 \cdot 10^{-2}$ m/s	\Rightarrow	sehr stark durchlässig
10^{-2} m/s $\geq k_f > 10^{-4}$ m/s	\Rightarrow	stark durchlässig
10^{-4} m/s $\geq k_f > 10^{-6}$ m/s	\Rightarrow	durchlässig
10^{-6} m/s $\geq k_f > 10^{-8}$ m/s	\Rightarrow	schwach durchlässig
$k_f < 1 \cdot 10^{-8}$ m/s	\Rightarrow	sehr schwach durchlässig

Nach Bohrende war in den Bohrsondierungen überwiegend kein Ruhewasserspiegel messbar, da die unverrohrten Rammkernbohrlöcher zufließen.

2.5 Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen

In den nachfolgenden Tabellen sind die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche erfasst, die an charakteristischen Bodenproben durchgeführt wurden.

Tabelle 9: Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche – **Löß - Schluff, hellbraun (Schicht 2)**

Probe	BS 5 / Pr. 3	BS 9 / Pr. 2	S 11 / Pr. 2	BS 16/Pr. 3	BS 26/Pr. 2
Entnahmetiefe [m unter Ansatzpunkt]	2,3 - 3,1	0,9 - 1,6	0,95 - 1,35	1,3-2,8	0,5-0,8
Entnahmedatum	24.03.2017	27.03.2017	05.08.2014	23.03.17	27.03.2017
Bodenart	U, fs, t', ms'	U, fs*, ms	U, ms*, fs', gs'	U, fs, ms', t'	U, fs, ms', t'
Anteil d < 2,000 mm [%]	100	100	100	99	99
Anteil d < 0,063 mm [%]	72	48	46	69,5	72,5
Anteil d < 0,002 mm [%]	6	4	4	6	12,2
natürlicher Wassergehalt w_n [%]	14,9	13,2	11,8	18,0	19,7
Ausrollgrenze w_P [%]	15,9	n.b.	n.b.	n.b.	18,9
Fließgrenze w_L [%]	22,2	n.b.	n.b.	n.b.	25,5
Plastizitätszahl I_P [%]	6,2	n.b.	n.b.	n.b.	6,57
Konsistenzzahl (Zustand) I_c	1,15 (halbfest)	n.b. (w-steif)	n.b. (steif)	n.b. (steif)	0,79 (steif)
Durchlässigkeitsbeiwert nach USBR/Bialas k_f [m/s]	$2,5 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$4,9 \cdot 10^{-7}$	$2,5 \cdot 10^{-7}$	$8,2 \cdot 10^{-8}$
Bodengruppe nach DIN 18196	UL	UL/TL – SU*	UL/TL	UL	UL
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 09, Tab. 1 / Bild 2	F3 (sehr frostempfindlich)				
Verdichtbarkeitsklasse nach ZTVA-StB97/06, Tab. 1 ¹²⁾	V3				

¹²⁾ V3...Verdichtbarkeit abhängig vom Einbauwassergehalt; V2...gewisse Witterungsabhängigkeit; V1... leicht verdichtbar

Tabelle 10: Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche – Geschiebemergel - Mg (Schicht 3)

Probe	BS 3 /Pr.4	BS 14 /Pr.4	BS 18 /Pr.3	BS 23/Pr.3	BS 32/Pr. 5
Entnahmetiefe [m unter Ansatzpunkt]	2,9 - 3,8	2,7 - 3,6	2,2 - 3,4	1,4-1,9	2,2-3,2
Entnahmedatum	23.03.2017	27.03.2017	28.03.2017	28.03.17	10.04.2017
Bodenart	U, t, f-ms	U, t, s*, g'	mS, u, f-mg'	U, t', s, g'	U, t', f-ms
Anteil d < 2,000 mm [%]	97,5	93	77,5	90	98
Anteil d < 0,063 mm [%]	51,5	48	19,5	72	62
Anteil d < 0,002 mm [%]	24	11,5	n.b.	11	29
natürlicher Wassergehalt w_n [%]	11,9	13,2	n.b.	17,5	14,7
Ausrollgrenze w_P [%]	12,0	n.b.	n.b.	18,2	14,9
Fließgrenze w_L [%]	28,9	n.b.	n.b.	28,5	36,1
Plastizitätszahl I_P [%]	16,9	n.b.	n.b.	10,3	21,2
Konsistenzzahl (Zustand) I_c	0,93 (steif)	n.b. (st-hf)	-	0,9 (steif)	0,97 (steif)
Lagerungsdichte	-	-	mitteldicht	-	-
Durchlässigkeitsbeiwert nach USBR/Bialas k_f [m/s]	ca. 10^{-9}	$1,3 \cdot 10^{-9}$	$4,9 \cdot 10^{-7}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$	ca. 10^{-10}
Bodengruppe nach DIN 18196	TL	TL – ST*	SU*/ST*	TL	TM
Frostempf. nach ZTVE-StB 09, Tab. 1 / Bild 2	F3 (sehr frostempfindlich)				
Verdichtbarkeitskl. nach ZTVA-StB97/06 ¹²	V3	V3	V2	V3	V3

Tabelle 11: bodenphysikalische Kennwerte – Kiessand (Schicht 6)

Probe	BS 25 / Pr. 4	MP BS 20,21,28,29
Entnahmetiefe [m unter Ansatzpunkt]	1,1 – 3,6 m	1,1 – 4,6 m
Entnahmedatum	27.03.2017	10.04.2017
Genese / Bodenart	m-gS, f-mg'	m-gS, fs', u'
Kornanteil d < 2,0 mm [%]	76,8	94,7
Kornanteil d < 0,063 mm [%]	4,2	5,96
Ungleichförmigkeitszahl C_u	3,98	2,63
Bodengruppe nach DIN 18 196	SE	SU/ST
Durchlässigkeitsbeiwert nach Beyer k_f [m/s]	$3,1 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-4}$
wirksamer Reibungswinkel φ' [°]	n.b.	34,5
wirksame Kohäsion c' [kN/m ²]	n.b.	5,9
Frostempfindlichkeitskl. nach ZTVE-StB 09, Tab. 1	F 1 (nicht frostempfindlich)	
Verdichtbarkeitsklasse ¹²	V 1 (gut verdichtbar)	

Tabelle 12: bodenphysikalische Kennwerte – Grünsand (Schicht 4)

Probe	BS 1 / Pr. 6	BS 15/Pr.6	BS 17/Pr.6
Entnahmetiefe [m unter Ansatzpunkt]	4,6 – 5,3 m	2,7 – 3,7 m	3,8 – 5,2 m
Entnahmedatum	23.03.2017	23.03.2017	28.03.2017
Genese / Bodenart	fS, u'	f-mS, gs', u	f-mS, u, t'
Kornanteil d < 2,0 mm [%]	100	95,8	98,5
Kornanteil d < 0,063 mm [%]	10,98	19,9	26,8
Kornanteil d < 0,002 mm [%]	n.b.	n.b.	8
natürlicher Wassergehalt w_n [%]	n.b.	n.b.	21,5
Ungleichförmigkeitszahl C_u	1,65	n.b.	53,1
Bodengruppe nach DIN 18 196	SU/ST	SU*/ST*	SU*/ST*
Durchlässigkeitsbeiwert nach USBR/Bialas k_f [m/s]	$7,4 \cdot 10^{-6}$	$6,3 \cdot 10^{-6}$	$7,6 \cdot 10^{-7}$
Frostempfindlichkeitskl. nach ZTVE-StB 09, Tab. 1	F 1	F 3	F 3
Verdichtbarkeitsklasse ¹²	V 1	V 2	V 2

¹² V3... Verdichtbarkeit abhängig vom Einbauwassergehalt; V2... gewisse Witterungsabhängigkeit; V1... leicht verdichtbar

Tabelle 13: Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche – Ton-/Sandsteinersatz (Schicht 5)

Probe		BS 4/Pr.6	BS 7/Pr.4	BK 13/Pr.3
Entnahmetiefe [m unter Ansatzpunkt]		3,8-4,7	2,3 - 2,8	2,2
Entnahmedatum		23.03.2017	24.03.2017	28.04.2017
Bodenart		U, t*, fs'	U, t, m-gs, fs', f-mg'	m-gS, u, t'
Anteil d < 2,000	[%]	98,5	78,5	75,5
Anteil d < 0,063	[%]	88	45,0	33
Anteil d < 0,002	[%]	30,8	16	9,8
natürlicher Wassergehalt	w _n [%]	17,3	n.b.	12,4
Ausrollgrenze	w _P [%]	21,4	n.b.	n.b.
Fließgrenze	w _L [%]	35,8	n.b.	n.b.
Plastizitätszahl	I _P [%]	14,4	n.b.	n.b.
Konsistenzzahl (Zustand)	I _c	1,26 (halbfest)	n.b. (fest)	-
Lagerungsdichte		-	-	mitteldicht
Durchlässigkeitsbeiwert nach USBR/Bialas	k _f [m/s]	ca. 10 ⁻¹⁰	1 * 10 ⁻⁸	7,3 * 10 ⁻⁸
Bodengruppe nach DIN 18196		TM	TL/ST*	SU*/ST*
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 09, Tab. 1 / Bild 2		F 3	F 3	F 3
Verdichtbarkeitsklasse nach ZTVA-StB97/06, Tab. 1 ²		V 3	V 3	V 2

² V3...Verdichtbarkeit abhängig vom Einbauwassergehalt; V2...gewisse Witterungsabhängigkeit; V1... leicht verdichtbar

Tabelle 14: natürliche Wassergehalte

Entnahmestelle	Entnahmetiefe [m u. Ansatz]	nat. Wassergehalt w _n [%]	Bodenart	Konsistenz
BS 4 / Pr. 3	1,5 – 2,5	18,7	Schluff, tonig, braun	steif
BS 6 / Pr. 3	1,1 – 2,1	14,4	Löß	steif
BS 19 / Pr. 2	0,8 – 1,1	21,2	A, Schluff, feinsandig, dbr.	steif
BS 21 / Pr. 2	0,6 – 1,1	20,7	Löß, Schluff, tonig, hgrau	weich bis steif
BS 28 / Pr. 3	1,3 – 2,7	23,1	Löß, Schluff, tonig, graubr	weich bis steif
BS 29 / Pr. 4	1,6 – 2,5	19,7	A, Schluff, tonig	weich bis steif
BS 30 / Pr. 3	0,7 – 1,9	12,2	Mg, Schluff, s*, braun	steif bis halbfest
BS 31 / Pr. 5	2,1 – 3,3	10,3	Mg, Schluff, s*, braun	weich bis steif
BS 32 / Pr. 3	0,3 – 1,3	16,1	Mg, Schluff, s*, braun	weich bis steif

2.6 Einteilung von Boden in Homogenbereiche

Der Homogenbereich ist nach DIN 18300 „ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- bzw. Felsschichten, der für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist“. Grundlage für die Einteilung der Böden sind die Ergebnisse der Aufschlussarbeiten sowie der durchgeführten bodenphysikalischen Laborversuche. Auf Grundlage dieser Angaben ist die vorgenommene Festlegung von Homogenbereichen und zugeordneten Kennwerten / Eigenschaften nach DIN 18300 /16/ - Erdarbeiten **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, DIN 18301 /31/ Bohrarbeiten und DIN 18304 /32/ Ramm-, Rüttel- oder Pressarbeiten möglich. Abweichungen von den beschriebenen Verhältnissen und den angegebenen Bodenkennwerten und –eigenschaften sind möglich. Werden bei den Tiefbauarbeiten relevante Abweichungen von den beschriebenen Verhältnissen festgestellt, ist der geotechnische Sachverständige zu einer erneuten Bewertung hinzuzuziehen.

Tabelle 15: Einteilung der Böden in Homogenbereiche

Gewerk	Homogenbereich				
Gewerk I - Erdarbeiten	I.A				I.B
Gewerk II – Bohrarbeiten	II.A		II.B		II.C
Gewerk III – Ramm-, Rüttel- oder Pressarbeiten	III.A		III.B		III.C
Ortsübliche Benennung	Auffüllungen	Lößlehm, Geschiebelehm/-mergel, Verwitterungslehm/-ton	Kiesande/ Sande und Kiese, Grünsand	Felszersatz	Tonstein/ Sandstein
Benennung nach DIN 14688-1/ 4022	Sand, schluffig, kiesig/ Kies, sandig, schluffig / Schluff, sandig, kiesig	Schluff, sandig, teils sehr schwach - schwach kiesig;	Sand, schwach schluffig, schwach kiesig / Kies, sandig, Feinsand, schluffig	Sand, schluffig, Sandsteinstücke / Schluff-/ Tonsteinstücke	-
Bodengruppen n. DIN 18 196	SU/ST, SU*/ST*, TL/TM	UL, TL/TM-SU*/ST – SU/ST	GU-GT, SU-ST, GW, SW/SE (teils SU*/ST*)	GU/GT, GU*/GT* (TM, TL/ST* - SE,)	-
Korngrößenverteilung/ Körnungsband - Schicht	Schicht 1a, 1b	Schicht 2,3	Schicht 4, 6	Schicht 5	Schicht 7
Anteil Steine und Blöcke ¹ [%]	0 - 30	0 – 30	0 – 10	0 - 60	n.r.
Anteil große Blöcke ² [%]	0 - 5	0 - 5	0 – 5	0 - 5	n.r.
Dichte feucht [g/cm ³]	1,9 – 2,1	1,9 – 2,1	1,9 – 2,2	2,2 – 2,4	1,95 – 2,7
undrain. Scherfestigkeit [kN/m ²]	0 – 30	15 – 100	0 – 5	0 - 150	n.r.
Wassergehalt [%]	15 - 25	5 – 30	3 – 15	10 -25	n.r.
Plastizität	leicht – mittel ³	leicht bis mittel	keine	leicht – mittel ³	n.r.
Konsistenz	weich-steif (z.T. breiig) ³	weich-halbfest (örtlich weich bis breiig)	n.r.	halbfest-fest ³	n.r.
Konsistenzzahl I _c [%]	0,4 – 0,95	0,4 bis >1,0	n.r.	> 1,0 ³	n.r.
Plastizitätszahl I _p [%]	5 – 20	5 - 22	n.r.	10 - 20	n.r.
Lagerungsdichte D [-] ⁴	-	> 0,65	0,45 – > 0,65	> 0,5	n.r.
organischer Anteil [%]	3 – 10	0 – 5	0 – 3	0 - 3	n.r.
Frostempfindlichkeit ⁵	F 2 - F 3	F 3 – F 2	F 1 – F 2 (F3)	F 1 – F 3	n.r.
Wasserdurchlässigkeit ⁶	schwach bis sehr schwach durchlässig	schwach bis sehr schwach durchlässig	stark bis schwach durchlässig	durchlässig bis schwach – sehr schwach durchlässig	schwach durchlässig
Abrasivitäts-Klassifikation	nicht bis extrem abrasiv ⁷	nicht bis extrem abrasiv ⁷	abrasiv bis extrem abrasiv ⁷	abrasiv	abrasiv
Verwitterung	n.r.	n.r.	n.r.	stark verwittert bis zersetzt	verwittert bis stark verwittert
Druckfestigkeit [MN/m ²]	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	10 – 30
Trennflächenabstand	n.r.	n.r.	n.r.	n.r.	gering bis mittel

n.r. ... nicht relevant

¹ Korndurchmesser 63 bis 630 mm,

² Korndurchmesser > 630 mm (nicht erkundet)

³ nur bindige Bereiche

⁴ nur nichtbindige Bereiche

⁵ Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 09: F1-nicht frostempfindlich, F2-gering bis mäßig frostempfindlich, F3-sehr frostempfindlich

⁶ Definition Durchlässigkeit nach DIN 18130: $k_f > 1 \cdot 10^{-2}$ m/s = sehr stark durchlässig; 10^{-2} m/s $\geq k_f > 10^{-4}$ m/s = stark durchlässig; 10^{-4} m/s $\geq k_f > 10^{-6}$ m/s = durchlässig; 10^{-6} m/s $\geq k_f > 10^{-8}$ m/s = schwach durchlässig; $k_f < 1 \cdot 10^{-8}$ m/s = sehr schwach durchlässig

⁷ bei vorhandenen Steineinlagerungen (Gerölle, Geschiebe, Findlinge) je nach Größe stark bis extrem abrasiv, Gerölllagen bzw. –nester extrem abrasiv

Der Oberboden stellt einen gesonderten Homogenbereich dar, da dieser unter „Aushub und Entsorgung“ fällt. Die Eigenschaften entsprechen etwa denen des Schluffes, jedoch mit organischen Anteilen von bis zu 30 %.

2.7 Ergebnisse der chemischen Untersuchungen

2.7.1 Wasseranalysen

Aus den BS 11 und BS 27 wurde je eine Wasserprobe entnommen und bezüglich Betonaggressivität nach DIN 4030 sowie auf Stahlaggressivität nach DIN 50929 untersucht. Die zugehörigen Prüfberichte der Synlab GmbH sind als Anlage 4 Bestandteil dieses Berichtes.

Ergebnis der Wasseranalyse auf Betonaggressivität

Tabelle 16: Ergebnisse der Analyse nach DIN 4030 (Betonaggressivität)

Probe-Nr.	Entnahmestelle / -tiefe [m unter OF Gelände]	Bewertung n. DIN 4030-1	verursachender Parameter
WP 1	BS 11 / 1,1 m	schwach betonangreifend XA1	Sulfat = 377 mg/l
WP 2	BS 27 / 0,9 m	nicht betonangreifend	-

Bei chemischem Angriff durch Sulfat muss oberhalb der Expositionsklasse XA1 Zement mit hohem Sulfatwiderstand (HS-Zement) verwendet werden. Dies ist hier nicht der Fall.

Ergebnis der Wasseranalyse auf Stahlaggressivität

Für unlegierte und niedriglegierte Eisenwerkstoffe wurde die Korrosionswahrscheinlichkeit für Mulden- und Lochkorrosion als gering (WP 1) bis sehr gering (WP 2) und für Flächenkorrosion als sehr gering festgestellt.

2.7.2 Umweltanalytische Untersuchungen

Der im Untergrund anstehende Boden wurde nach LAGA TR Boden 2004, Tab.II.1.2-2 und II.1.2-3 /21/ an Hand von 3 Mischproben, die wie folgt gebildet wurden, untersucht:

Tabelle 17: Proben für Kontaminationsuntersuchungen des im Untergrund anstehenden Bodens

MP Nr.	Entnahme- datum:	Bereich	Entnahmestellen der Teilproben
MP 1	24/27.03.2017	Mutterboden und Auffüllung	BS 5 bis 11, 0 bis 0,6/1,3 m; 0 bis 0,9 m
MP 2	24.03.2017	Untergrund Schallschutzwände (Löß)	BS 5 bis 8, 0,6/1,3 bis 3 m
MP 3	24./27.03.2017	Untergrund Sichtschutzwand (Löß/S/VI)	BS 9 bis 11, 0,9 bis 3 m
MP 4	27.03.2017	gewachsener Boden (Schluffe und Sande) Bereich Stützwand Fernwärme Kanal	BS 25, 0,3-3m; BS 26, 0,8-3m
MP 5	28.03.2017	gewachsener Boden (Schluffe und Sande) Bereich Trockene Schrote	BS 23, 0,3 bis 3 m
MP 8	10.04.2017	gewachsener Boden (Schluffe und Sande)	BS 19, 0,8-2,5m; BS 20, 0,9-2,7m; BS 21, 0,6-3,2m; BS 22, 0,7-2,8m

Folgende Zuordnungen wurden festgestellt:

Tabelle 18: Zuordnungswerte des im Untergrund anstehenden Bodens

MP Nr.	Bereich	Verursachende Parameter	Wert	Zuordnung nach	
				LAGA TR Boden /21/	DepV
MP 1	Mutterboden und Auffüllung	TOC	1,5 %	Z 1	DK II
		Glühverlust	4,7 %		DK II
		PAK	3,8 mg/kg	Z 2	DK 0
MP 2	Untergrund Schallschutzwände (Löß)	Leitfähigkeit Sulfat	300 µS/cm 92 mg/l	Z 1.2 Z 2	DK 0
MP 3	Untergrund Sichtschutzwand (Löß/S/VI)	-	-	Z 0	DK 0
MP 4	Untergrund Stützwand Fernwärmekanal	Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen Fluorid	460 mg/l 1,33 mg/l	Z 0	DK I
MP 5	Untergrund Trocken Schrote	Fluorid	1,18 mg/l	Z 0	DK I
MP 8	Untergrund BS 19 - 22	-	-	Z 0	DK 0

Die Prüfberichte hierzu befinden sich in der Anlage 5 zu diesem Bericht.

Bedeutung der Zuordnungswerte nach LAGA TR Boden:

Die Zuordnungswerte stellen jeweils Obergrenzen der Einbauklassen dar. Stoffe mit Zuordnungswerten **Z 0 bis Z 2** gelten als **nicht überwachungsbedürftiger Abfall zur Verwertung**.

- Z 0:** uneingeschränkter Einbau
- Z 1.1:** eingeschränkt offener Einbau auch in hydrologisch ungünstigen Gebieten
- Z 1.2:** eingeschränkt offener Einbau, nur in hydrologisch günstigen Gebieten
- Z 2:** eingeschränkter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen
- > Z 2:** keine Verwertung möglich, Überwachungsbedürftiger Abfall zur Deponierung evtl. Sanierung möglich

Abfallschlüsselnummer: Mutterboden und Untergrund 170504 / 170506.

Bei der Deponieklasse DK 0 darf TOC eine Überschreitung von bis zu 5 % aufweisen. Diese beträgt hier nur 0,5 %. Die Überschreitung beim Glühverlust beträgt beim Mutterboden 1,5 %. D.h. der Mutterboden kann noch in DK 0 eingeordnet werden, wenn die Zustimmung der zuständigen Behörde vorliegt.

TEIL III: EMPFEHLUNGEN**3.1 Baugrundmodell, charakteristische Bodenkennwerte**

Im Ergebnis der durchgeführten Baugrunduntersuchungen werden für notwendige erdstatische Berechnungen die in den nachfolgenden Tabellen angegebenen idealisierten Baugrundmodelle einschließlich der charakteristischen Bodenkennwerte empfohlen.

Tabelle 19: charakteristische Bodenkennwerte

Schicht	Bodenart	Wichte γ_n / γ' [kN/m ³]	Winkel innere Reibung $\phi_{\kappa'}$ [°]	wirksame Kohäsion $c_{\kappa'}$ [kN/m ²]	undrai- nierte Kohäsion $c_{u,k}$ [kN/m ²]	Steifezahl $E_{s,k}$ [MN/m ²]	
						statisch $E_{stat.}$	dynamisch E_{dyn}
Schicht 1a	Mutterboden	20 / 10	22,5	0	10	4	60
Schicht 1b	Auffüllung, Schluff, tonig, sandig	20 / 10	30	0-5	10-25	4	60
Schicht 2	Löß, hellbraun, weich bis steif steif bis halbfest, UL	18 / 8	30	4	15	4	60
		19 / 9	30	8	40	10	120
Schicht 3	Geschiebemergel/ Schluff, TL/TM – SU*/ST* weich steif steif bis halbfest	19 / 9	27,5	5	15	5	70
		20/10	27,5	8	60	20	90
		20 / 10	27,5	12	80	30	150
Schicht 4	Grünsand, SU/ST – SU*/ST*, mitteldicht dicht	19 / 10	30	2	8	60	180
		20 / 11	32,5	5	10	100	300
Schicht 5.1	Felszersatz, rotbraun, fest, TM, TL-ST*/SU*	21,5/11,5	30	30	200	100	300
Schicht 5.2	Felszersatz, GT* - SU*/ST*	22 / 13	35	20	150	150	300
Schicht 6	Kiesige Sande SU/ST - SE	20 / 11	32,5-35	0 – 5	0 – 10	80-100	300
Schicht 7	Tonstein/Sandstein	22 / 12	Scherfestigkeit: ca. 15 MN/m ²			> 200	6000

3.2 Empfehlungen für die Gründung der Oberleitungsmasten**3.2.1 Möglichkeiten der Gründung von Oberleitungsmasten für Straßenbahnen**

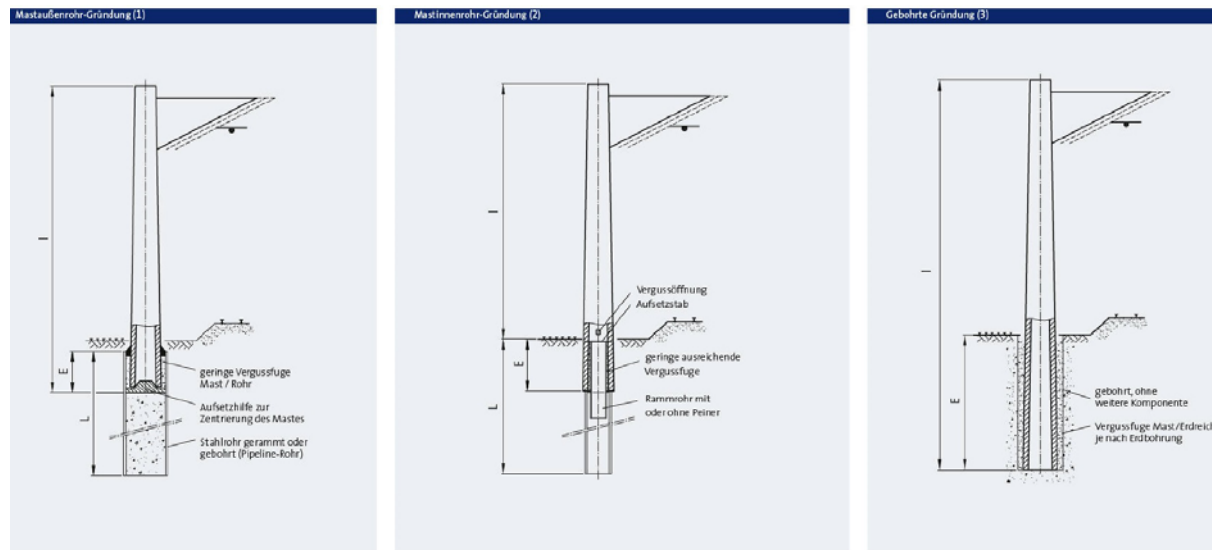
Die Gründung der Oberleitungsmasten kann als Flachgründung auf Blockfundamenten oder als Tiefgründung erfolgen.

Die Größe der Blockfundamente richtet sich nach den einzutragenden Lasten (vertikal, horizontal) und nach den Untergrundverhältnissen.

Als Tiefgründung kommen Rammrohrgründungen oder Bohrpfehlgründungen in Frage. Dabei kann eine Mastaußenrohr-Gründung oder eine Mastinnenrohr-Gründung erfolgen.

Bei der Mastaußenrohr-Gründung wird ein Stahlrohr eingerammt oder gebohrt. Die Gründung des Mastes erfolgt dann auf der Rohrverfüllung. Bei der Mastinnenrohr-Gründung befindet sich das Rammrohr im Inneren des Mastes. D.h. der Mast wird auf das Rammrohr aufgesetzt. Diese Variante eignet sich besonders für gering tragfähigen Boden.

Weiterhin ist eine „Gebohrte Gründung“ möglich. Hierbei wird der Mast in ein Bohrloch eingestellt und der Ringraum verfüllt. Für die Ringraumverfüllung ist Beton zu empfehlen. Die Varianten der Tiefgründung sind aus der nachfolgenden Abbildung ersichtlich.



Eine solide Basis für höchste Anforderungen

Je nach Anforderung an die örtlichen Gegebenheiten – z. B. Bodenbeschaffenheit und Platzbedarf – bietet Euro poles die passende Mastgründung für Ihre Oberleitung. Wir haben für Sie die gängigsten Gründungsvarianten für den Nah- und Fernverkehr im Überblick zusammengestellt. (Übersicht Eigenschaften siehe Seite 12)

Mastaußenrohr-Gründung (1)	Mastinnenrohr-Gründung (2)	Gebohrte Gründung (3)
<ul style="list-style-type: none"> kein Erdaushub erforderlich geringe Mastinspamlänge möglich gut geeignet bei schlecht tragfähigem Boden schnelle und einfache Montage 	<ul style="list-style-type: none"> kein Erdaushub erforderlich geringer Platzbedarf gut geeignet bei schlecht tragfähigem Boden 	<ul style="list-style-type: none"> schnelle und leichte Montage einfache Ausführung mit geringem maschinellen Aufwand Erdaushub erforderlich

Abb. 1: Varianten der Tiefgründung von Oberleitungsmasten für Straßenbahnen aus: „Trägersysteme für den Nah- und Fernverkehr“ (Euro poles GmbH & Co.KG, 500 DE frd 09.10)

3.2.2 Empfehlungen für eine Flachgründung

Sollte eine Flachgründung vorgesehen werden, kann diese unter Ausführung von Zusatzmaßnahmen frostfrei, d.h. ca. 1 m unter OF Gelände, erfolgen. In diesem Horizont steht größtenteils Löss, Schluff oder Geschiebelehm/-mergel an. Diese Böden wurden in überwiegend in weicher bis steifer, Konsistenz erkundet. Bereichsweise liegt der Gründungshorizont in der Auffüllung.

Für die Gründung der Oberleitungsmasten ist die Horizontalbelastung entscheidend. D.h. für die Aufnahme der Kantenpressungen ist in Abhängigkeit vom statischen Nachweis u.U. ein Bodenaustausch in einer Dicke von ca. 0,5 m notwendig, der in Beton ausgeführt werden sollte. Für die Einschätzung der Notwendigkeit eines Bodenaustausches empfehlen wir eine Abnahme der Aushubsohlen vornehmen zu lassen, im Ergebnis dieser erfolgt vor Ort eine Festlegung der Dicke des Bodenaustausches.

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die in Höhe von 1 m unter OF Gelände und darunter anstehenden Böden.

Tabelle 20: relevanter Gründungshorizont für Flachgründungen

Bereich	OF Gelände [m ü NHN]	Ab 1 m unter OF Gelände erkundete Bodenart	UK dieser Bodenart [m ü NHN]
Adelheidring	ca. 54	Auffüllung oder Löß	ca. 50
Editharing	ca. 54	Auffüllung oder Löß	ca. 50,5 – 50,0
Magdeburger Ring	54 bis 52,75	Auffüllung / Schluff, Löß	bis max. 48,6
Station 1+240 bis 1+450	ca. 54	Auffüllung oder Löß	ca. 51 - 52
1+450 bis 1+520	ca. 50,50	Auffüllung, Schluff	ca. 49
1+520 bis 2+200	ca. 54 bis 51	Auffüllung, Löß, Schluff	ca. 50
2+200 bis 2+600	ca. 50 bis 51,5	Auffüllung/Löß, Geschiebemergel (überwiegend Sande ab etwa 0,9 bis 1,3 m Tiefe)	ca. 49 bis 50
2+600 bis 2+930	ca. 50	Auffüllung/Löß, Geschiebemergel (überwiegend Sande ab etwa 0,5 bis 1,9 m Tiefe)	max.ca. 48,4
2+930 bis 3+600	ca. 52 bis 53	Auffüllung, Schluff, Geschiebemergel	< 50,5

3.2.3 Empfehlungen für eine Tiefgründung

3.2.3.1 Rammrohrgründung

Die in nachfolgender Tabelle angegebenen Werte für die charakteristische Mantelreibung $q_{s,k}$ und den charakteristischen Pfahlsitzendruck können der Bemessung von Rammpfählen zu Grunde gelegt werden. Die Angaben erfolgen in Anlehnung an die EA Pfähle /29/, Tab. 5.1 bis 5.5. Für den Ansatz der angegebenen Spitzendruckwerte ist es erforderlich, dass die Pfähle auf den letzten 8 x D (D= Pfahldurchmesser) ohne Vorbohren gerammt werden. Anderenfalls sind im Einvernehmen mit dem geotechnischen Sachverständigen Abminderungen vorzunehmen, deren Größe von der Art der Einbringung und ggf. ausgeführten Hilfsmaßnahmen abhängig ist.

Tabelle 21: empfohlene charakteristische Werte von Rammpfählen nach /29/ - Stahlrohr geschlossen

Nr. d. Bodenschicht / Bodenart	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²] für Stahlrohre	Pfahlsitzendruck $q_{b,k}$ [kN/m ²]
		Stahlrohr geschlossen
Schicht 1a/1b: Auffüllung, Mutterboden	5	-
Schicht 2: Löß, hellbraun, UL weich bis steif steif bis halbfest	10	-
	15	-
Schicht 3: Geschiebemergel, Schluff, TL/TM – SU*/ST* weich steif steif bis halbfest	10	-
	12	-
	18	-
Schicht 4: Grünsand SU/ST-SU*/ST*, mitteldicht dicht	18	s/D = 0,035: 1500
	40	s/D = 0,1: 3200
Schicht 5: Felszersatz, rotbraun, fest, TM, TL/ST*	30	s/D = 0,035: 560
		s/D = 0,1: 880
Schicht 6: Kiessand, SE – SU/ST, md	18	s/D = 0,035: 1500
		s/D = 0,1: 3200
Schicht 7: Tonstein/Sandstein	40	s/D = 0,035: 3200
		s/D = 0,1: 6800

Tabelle 22: empfohlene charakteristische Werte von Rammpfählen nach /29/ - Stahlrohr offen

Nr. d. Bodenschicht / Bodenart	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²] für Stahlrohre		Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ [kN/m ²]	
	Ø D _b = 0,5 m	Ø D _b = 1,0 m	Ø D _b = 0,5 m	Ø D _b = 1,0 m
Schicht 1a/1b: Auffüllung, Mutterboden (Schluff, sandig)	7	5	-	-
Schicht 2: Löß, hellbraun, UL weich bis steif steif bis halbfest	13 10	10 15	-	-
Schicht 3: Geschiebemergel, Schluff, TL/TM – SU*/ST* weich steif steif bis halbfest	13 16 24	10 12 18	-	-
Schicht 4.1: Grünsand SU/ST-SU*/ST*, mitteldicht	24	18	-	-
Schicht 4.2: Grünsand SU/ST-SU*/ST*, dicht	50	40	s/D = 0,035: 975 s/D = 0,1: 2050	s/D = 0,035: 525 s/D = 0,1: 1100
Schicht 5: Felszersatz, rotbraun, fest, TM, TL/ST*	40	30	s/D = 0,035: 360 s/D = 0,1: 570	s/D = 0,035: 200 s/D = 0,1: 300
Schicht 6: Kiessand, SE – SU/ST, mitteldicht	24	18	s/D = 0,035: 975 s/D = 0,1: 2050	s/D = 0,035: 525 s/D = 0,1: 1100
Schicht 7: Tonstein/Sandstein	50	40	s/D = 0,035: 2050 s/D = 0,1: 4400	s/D = 0,035: 1100 s/D = 0,1: 2350

Die Einbindung der Pfähle in die tragfähige Schicht (Schicht 4.2 bzw. Schichten 5 bis 7) soll mindestens 2,5 m betragen. Als tragfähige Schicht gilt diese, wenn unterhalb der Einbindung von 2,5 m keine weniger tragfähige Schicht ansteht.

3.2.3.2 Bohrpfahlgründung

3.2.3.2.1 Mantelreibung und Spitzendruck

Für die Bemessung von Ort betonbohrpfählen können nach EA Pfähle (Tabellen 5.12 bis 5.16) folgende charakteristischen Werte für Mantelreibung und Spitzendruck angegeben werden, wenn mit voller Einspannung gerechnet wird:

Tabelle 23: empfohlene charakteristische Werte von Bohrpfählen nach /29/

Nr. d. Bodenschicht / Bodenart	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]	Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ [kN/m ²]
Schicht 1a/1b: Auffüllung, Mutterboden (Schluff, sandig)	5	-
Schicht 2: Löß, hellbraun, UL weich bis steif steif bis halbfest	10 15	- -
Schicht 3: Geschiebemergel, Schluff, TL/TM – SU*/ST* weich steif steif bis halbfest	10 30 35	- - -

Fortsetzung Tabelle 23: empfohlene charakteristische Werte von Bohrpfählen nach /29/

Nr. d. Bodenschicht / Bodenart	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]	Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ [kN/m ²]
Schicht 4: Grünsand SU/ST-SU*/ST*, mitteldicht	55	s/D = 0,02: 750 s/D = 0,03: 900 s/D = 0,1: 1500
Schicht 4: Grünsand SU/ST-SU*/ST*, dicht	100	s/D = 0,02: 1000 s/D = 0,03: 1350 s/D = 0,1: 3000
Schicht 5: Felsersatz, rotbraun, fest, TM, TL/ST*	70	s/D = 0,02: 750 s/D = 0,03: 900 s/D = 0,1: 1500
Schicht 6: Kiessand, SE – SU/ST, mitteldicht	55	s/D = 0,02: 750 s/D = 0,03: 900 s/D = 0,1: 1500
Schicht 7: Tonstein/Sandstein	500	5000

Die angegebenen Tabellenwerte gelten für Bohrpfähle mit Durchmessern $D \geq 0,30$ m bis 3,0 m. Die Einbindung der Pfähle in die tragfähige Schicht soll mindestens 2,5 m betragen. Die weiteren Nebenbedingungen der DIN 1997-1/1054 sind zu beachten (s.a. EA Pfähle /29/). Die Herstellung von Bohrpfählen regelt DIN EN 1536. Die Pfahlbohrungen sind in der Regel verrohrt, mit vorausseilender Verrohrung auszuführen. Unterhalb des Grundwasserspiegels ist mit Wasserauflast zu bohren.

In der Regel sind für den Abtrag von Querkräften Pfahldurchmesser $d \geq 0,3$ m erforderlich, so dass der Einsatz von Mikropfählen nur in Ausnahmefällen in Erwägung zu ziehen ist. Bei Einsatz von Mikropfählen sind ergänzend Schrägpfähle für den horizontalen Lastabtrag herzustellen. Die Angabe von Kennwerten für die Mantelreibung zur Vorbemessung von Mikropfählen ist auf Anfrage möglich. In der Regel sind im Vorfeld Zugversuche durchzuführen, in deren Ergebnis die bei der Vorbemessung in Ansatz gebrachten Mantelreibungswerte zu bestätigen sind. Der Ansatz von Spitzendruck ist bei Mikropfählen nicht zulässig.

3.2.3.2.2 Horizontaler Bettungsmodul

Nach DIN 1054 kann der horizontale Bettungsmodul für die Ermittlung der Schnittgrößen aus dem Steifemodul nach folgender Beziehung abgeschätzt werden:

$$k_{s,k} = E_{s,k} / D_s$$

$k_{s,k}$ charakteristischer Wert des Bettungsmoduls

$E_{s,k}$ charakteristischer Wert des Steifemoduls

D_s Pfahlschaftdurchmesser, bei $D_s > 1,0$ m ist rechnerisch $D_s = 1,0$ m anzusetzen

In Abhängigkeit vom Pfahldurchmesser ergeben sich daraus folgende Werte für den horizontalen Bettungsmodul $k_{s,k}$.

Tabelle 24: empfohlene Werte für den horizontalen Bettungsmodul

Bodenart / Nr. d. Bodenschicht	horizontaler Bettungsmodul $k_{s,k}$ [MN/m ³] für Pfahldurchmesser		Bettungsmodulverteilung
	D = 0,5 m	D = 0,7 m	
Schicht 1a/1b: Auffüllung, Mutterboden (Schluff, sandig)	8	6	linear bis zur Schichtunterkante auf Maximalwert zunehmend
Schicht 2: Löß, hellbraun, UL weich bis steif steif bis halbfest	8 20	6 15	linear bis zur Schichtunterkante auf Maximalwert zunehmend
Schicht 3: Geschiebemergel, Schluff, TL/TM – SU*/ST* weich steif steif bis halbfest	10 40 60	7 25 40	linear bis zur Schichtunterkante auf Maximalwert zunehmend
Schicht 4: Grünsand, mitteldicht	120	85	linear bis zur Schichtunterkante auf Maximalwert zunehmend
Schicht 4: Grünsand, dicht	200	150	konstant
Schicht 5: Felszersatz, rotbraun, fest, TL/ST*	200	150	linear bis zur Schichtunterkante auf Maximalwert zunehmend
Schicht 6: Kiessand, mitteldicht	200	150	konstant
Schicht 7: Tonstein/Sandstein	200	150	konstant

Der Anwendungsbereich ist auf eine horizontale Verschiebung von maximal 3 % des Pfahldurchmessers bzw. ≤ 2 cm begrenzt. Die horizontale Bettungsspannung darf an keiner Stelle den in dieser Tiefe ansetzbaren Erdwiderstand überschreiten. Bei der Ermittlung des Erdwiderstandes soll in der Regel mit einem Erdwiderstandsbeiwert k_p gerechnet werden, der gegenüber dem sich nach DIN 4085 ergebenden Wert um 50 % abgemindert ist /30/.

3.3 Empfehlungen für den Durchlass Schrote Station 1,4+97

Die hier gegebenen Empfehlungen ersetzen den Pkt. 3.4 aus dem Gutachten 13/LG/927.1 vom 16.09.2014/05.11.2014 vollumfänglich.

3.3.1 Baugrundmodell, charakteristische Bodenkennwerte

Im Ergebnis der Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen kann für notwendige erdstatische Berechnungen das in nachfolgender Tabelle angegebene Baugrundmodell, einschließlich der charakteristischen Bodenkennwerte empfohlen werden. Die exakte Lage der Schichtgrenzen kann den grafischen Darstellungen in der Anlage 2.7 entnommen

werden. Für die Querung der Schrote wurden der Schurf 12/14 und der Schurf/BS 13/14 sowie die Kernbohrungen BK 12/17 und BK 13/17 niedergebracht, die durch je eine Sondierung mit der Schweren Rammsonde ergänzt wurden.

Tabelle 25: Baugrundmodell, charakteristische Bodenkennwerte DL Schrote

Schichtunterkante [m ü NHN]	Schicht - Bodenart	Wichte γ_n / γ' [kN/m ³]	Winkel der inneren Reibung ϕ_k' [°]	wirksame Kohäsion c_k' [kN/m ²]	undrainierte Kohäsion $c_{u,k}$ [kN/m ²]	Steifemodul Erstbelastung $E_{s,k}$ [MN/m ²]
49,1	1a – Mutterboden, weich bis steif	20 / 10	22,5	5	25	4
48,3	1b/3 – Auffüllung/Schluff, t, s, fg', Ziegelreste), weich bis steif	19 / 9	27,5	5	25	4
47,9	5.1 – Sandsteinzersatz, SU*/ST*	21,5 / 11	30	30	200	100
47,0	5.2 – Felsersatz, u, t, rbr.	22 / 13	35	20	150	150
42,2	7 – Tonstein/Sandstein	22 / 12	Scherfestigkeit: ca. 15 MN/m ²			> 200

3.3.2 Empfehlungen zur Rohrbettung, Verfüllung und Überschüttung

Die Auflagerung des geplanten Wellstahlrohres kann im Felsersatz (Schicht 5.1) erfolgen. Da in Anlehnung an Ril 836.4503 die Bettung nicht in Boden mit $E_s < 5 \text{ MN/m}^2$ (Schichten 1a, 1b und 3) vorgenommen werden sollte, wird empfohlen, die Aushubsohle von einem Baugrundsachverständigen abnehmen zu lassen.

Die Rohrbettung sollte aus gut verdichtbarem Kiessand in einer Dicke von 20 bis 30 cm hergestellt werden. Hierfür eignen sich Körnungen 0/32 bzw. 0/45 (unklassifiziert). Die Bettung ist anforderungsgerecht auf $D_{Pr} \geq 100 \%$ zu verdichten. Für eine schnelle Aussage vor Ort kann zusätzlich eine Kalibrierung mit dem dynamischen Plattendruckversuch erfolgen. Als Anhaltswert gilt $E_{vd} \geq 40 \text{ MN/m}^2$. Die seitliche Einbettung muss jeweils mindestens die Breite des verlegten Rohres betragen. Sie kann analog der Rohrbettung in Lagen à 30 cm Dicke aufgebaut und mit leichtem Gerät verdichtet werden. Grobkörniges Bettungsmaterial größer als 60 mm darf nicht direkt an der Rohrwand zu liegen kommen. Die Anschüttungshöhen dürfen auf beiden Seiten nicht mehr als 50 cm voneinander abweichen.

Die Mindestüberdeckung sollte in Anlehnung an Ril 836.4503 mindestens $h_{ü,min} = 1,5 \text{ m}$ (vom Rohrscheitel bis Oberkante Schwelle) betragen. Weiterhin sind die Angaben des Rohrherstellers und der Rohrstatik zu beachten.

3.3.3 Zur Baugrube

In der Auffüllung können Baugrubenböschungen außerhalb des Einwirkungsbereiches von Lasten maximal 45° steil geneigt werden. Im tonigen Schluff von überwiegend steifer Konsistenz kann eine Böschungsneigung bis maximal 60° ausgeführt werden. In Teilbereichen mit weicher Konsistenz des bindigen Bodens ist die Böschungsneigung auf max. 45° zu reduzieren. Die Nebenbedingungen der DIN 4124 sind zu beachten.

Rammarbeiten sind aufgrund des bei ca. 2 m unter OF Gelände beginnenden Felshorizontes nur eingeschränkt möglich. Im Fels ist überwiegend mit sehr schwerer Rammung zu rechnen. Rammarbeiten werden ohne Zusatzmaßnahmen kaum möglich sein.

3.3.4 Wasserhaltung

Der Bach ist für den Bauzeitraum umzuleiten (Verrohrung). Der erkundete Wasserstand beträgt 49 m ü NHN. Hierbei handelt es sich um einen mittleren Wasserstand, der als bauzeitlicher Wasserstand angenommen werden kann. Der Wasserstand korrespondiert mit dem Wasserstand der Schrote. Für die Bemessung des Bauwerkes ist von einem Wasserstand in Höhe Geländeoberfläche auszugehen.

Das Bachbett ist derzeit mit einer Betonsohle ausgekleidet. Die Bachsohle liegt ca. 1,3 bis 1,5 m unter der OF der Uferböschungen.

Der Wasserstand im Bach betrug am 12.08.2014 ca. 0,2 m.

Eine geschlossene Wasserhaltung sollte eingeplant werden. U.U. ist für die Verlegung des Wellstahlrohres eine offene Wasserhaltung ausreichend.

3.4 Empfehlungen für den Durchlass „Faule Rinne“ Station 2,5+93

Der Durchlass „Faule Rinne“ bei Station 2,5+93 soll als Rohrdurchlass DN 1000 ausgeführt werden.

3.4.1 Baugrundmodell, charakteristische Bodenkennwerte

Im Ergebnis der Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen kann für notwendige erdstatische Berechnungen das in nachfolgender Tabelle angegebene Baugrundmodell, einschließlich der charakteristischen Bodenkennwerte empfohlen werden. Die exakte Lage der Schichtgrenzen kann den grafischen Darstellungen in der Anlage 2.11 entnommen werden. Grundlage hierfür sind die BS/DPH 22/17 (Station 2,5+45), der Schurf 24.2/14 (Garten 22, Station 2,5+75) sowie der Schurf/BS 25/14 (Am Neustädter Feld, Station 2,6+03).

Tabelle 26: Baugrundmodell, charakteristische Bodenkennwerte DL „Faule Rinne“

Schichtunter- kante [m ü NHN]	Schicht - Bodenart	Wichte γ_n / γ' [kN/m ³]	Winkel der inneren Reibung ϕ_k' [°]	wirksame Kohäsion c_k' [kN/m ²]	undrainierte Kohäsion $c_{u,k}$ [kN/m ²]	Steifemodul Erstbelastung $E_{s,k}$ [MN/m ²]
49,3	1a–Mutterboden, weich bis steif	20 / 10	22,5	5	25	4
48,75	3.1–Schluff, sandig, weich	19 / 9	27,5	5	15	5
48,4	3.2–Schluff, stark sandig, steif	20 / 10	27,5	8	35	20
47,0	6–Mittel- bis Grobsand, md	20 / 11	32,5	0	0	80

3.4.2 Empfehlungen zur Rohrbettung, Verfüllung und Überschüttung

Die Auflagerung des geplanten Durchlasses DN 1000 kann im sandigen Schluff mit steifer Konsistenz (Schicht 3.2) erfolgen. Es wird empfohlen, die Aushubsohle von einem Baugrundsachverständigen abnehmen zu lassen.

Die Rohrbettung sollte aus gut verdichtbarem Kiessand in einer Dicke von 20 bis 30 cm hergestellt werden. Hierfür eignen sich Körnungen 0/32 bzw. 0/45 (unklassifiziert). Die Bettung ist auf $D_{Pr} \geq 100 \%$ zu verdichten. Für eine schnelle Aussage vor Ort kann zusätzlich eine Kalibrierung mit dem dynamischen Plattendruckversuch erfolgen. Als Anhaltswert gilt $E_{vd} \geq 40 \text{ MN/m}^2$.

Da die Verdichtung auf Grund des anstehenden Schluffes möglichst nicht mit Vibration erfolgen sollte, ist eine gebundene Rohrbettung hier ggfls. vorteilhafter. Diese kann z.B. aus Ortbeton (Beton geringer Güte C 8/10) oder aus verbessertem Boden hergestellt werden. Die Entscheidung über die Rohrbettung muss jedoch im Ergebnis der Rohrstatik erfolgen. Soll eine ungebundene Rohrbettung hergestellt werden, ist die Verdichtung mit einer leichten Verdichterplatte vorzunehmen, damit im darunter anstehenden bindigen Boden kein Porenwasserüberdruck erzeugt wird, der zu einem Tragfähigkeitsverlust führt.

Die Herstellung des Rohraufagers aus verbessertem Boden (mit 2,5 bis 3 Gew.-% hydraulisches Bindemittel (vorzugsweise ein Mischbindemittel aus Kalk und Zement)) ist nur im Zusammenhang mit einer Bodenverbesserung im Horizont Planum der Straßenbahn wirtschaftlich. Für die Herstellung des Rohraufagers sollte das Material auf Halde vorgefräst und dann eingebaut und verdichtet werden.

Für die Herstellung eines tragfähigen Untergrundes (falls die Aushubsohle aufgeweicht ist) können zusätzlich in den anstehenden Schluff 2,5 bis 3 Gew.-% hydraulisches Bindemittel

(vorzugsweise ein Mischbindemittel aus Kalk und Zement) mit einer leistungsfähigen Bodenfräse eingefräst werden.

Alternativ kann in den Untergrund (oberhalb des erkundeten Wasserstandes) auch Grobschlag (z.B. 0/56 oder 0/63) eingewalzt werden, wenn die Aushubsohle aufgeweicht sein sollte. Darüber kann dann die Rohrbettung aus Kiessand, wie oben beschrieben, aufgebaut werden.

Die seitliche Einbettung muss jeweils mindestens die Breite des verlegten Rohres betragen. Sie kann aus gut verdichtbarem Kiessand in Lagen à 30 cm Dicke aufgebaut werden. Die Kornzusammensetzung des Kiessandes richtet sich nach dem Material des Rohres. Hierzu gelten die Angaben des Rohrherstellers bis 30 cm über Rohrscheitel. Die Anschüttungshöhen sollten auf beiden Seiten nicht mehr als 50 cm voneinander abweichen.

Die Mindestüberdeckung sollte in Anlehnung an Ril 836.4502 mindestens $h_{ü,min} = 1,5 \text{ m}$ (vom Rohrscheitel bis Oberkante Schwelle) betragen. Weiterhin sind die Angaben des Rohrherstellers und der Rohrstatik für die Belastbarkeit des gewählten Rohres zu beachten.

3.4.3 Zur Baugrube

Im Mutterboden bzw. in der Auffüllung können Baugrubenböschungen außerhalb des Einwirkungsbereiches von Lasten maximal 45° steil geneigt werden. Im tonigen Schluff von überwiegend steifer Konsistenz kann eine Böschungsneigung bis maximal 60° ausgeführt werden. In Teilbereichen mit weicher Konsistenz des bindigen Bodens ist die Böschungsneigung auf max. 45° zu reduzieren. Die Nebenbedingungen der DIN 4124 sind zu beachten.

Rammarbeiten sind nach den Ergebnissen der DPH 22 ($N_{10} \leq 17$) bis mindestens 6 m Tiefe unter OF Gelände (bis mindestens ca. 44 m ü NHN) möglich.

3.4.4 Wasserhaltung

Die „Faule Rinne“ führte zum Zeitpunkt der Aufschlussarbeiten im März/April 2017 kein Wasser. Der erkundete Wasserstand beträgt 49 m ü NHN. Hierbei handelt es sich um einen mittleren Wasserstand, der als bauzeitlicher Wasserstand angenommen werden kann.

Für die Bemessung des Rohrdurchlasses ist jedoch von einem Wasserstand in Höhe Geländeoberfläche (ca. 50 m ü NHN) im Bereich der ehemaligen Kleingartenanlage „Am Lorenzweg“ auszugehen.

U.U. ist für die Verlegung des Rohrdurchlasses eine offene Wasserhaltung ausreichend. Eine geschlossene Wasserhaltung in Form einer Wellpointanlage sollte jedoch eingeplant werden.

3.5 Empfehlungen für den Durchlass Trockene Schrote Station 2,7+32

Für die Querung der Trockenen Schrote ist der Bau eines Durchlasses in Form eines Rechteckprofils $B = 1,3 \text{ m}$, $H_{\text{ges.}} = 0,8 \text{ m}$ mit einer Länge von 21 m vorgesehen.

3.5.1 Baugrundmodell, charakteristische Bodenkennwerte

Im Ergebnis der Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen kann für notwendige erdstatische Berechnungen das in nachfolgender Tabelle angegebene Baugrundmodell, einschließlich der charakteristischen Bodenkennwerte empfohlen werden. Die exakte Lage der Schichtgrenzen kann den grafischen Darstellungen in der Anlage 2.12 entnommen werden. Grundlage hierfür sind der Schurf/BS 27/14 (Station 2,7+30) und die BS/DPH 23/17 (Station 2,7+35).

Tabelle 27: Baugrundmodell, charakteristische Bodenkennwerte DL „Trockene Schrote“

Schichtunterkante [m ü NHN]	Schicht - Bodenart	Wichte γ_n / γ' [kN/m ³]	Winkel der inneren Reibung ϕ_k' [°]	wirksame Kohäsion c_k' [kN/m ²]	undrainierte Kohäsion $c_{u,k}$ [kN/m ²]	Steifemodul Erstbelastung $E_{s,k}$ [MN/m ²]
49,7	1a–Mutterboden, weich bis steif	20 / 10	22,5	5	25	4
48,9	3.1–Schluff, tonig, weich-st.	19 / 9	22,5	5	15	5
48,4	3.2–Schluff, stark sandig, steif	20 / 10	27,5	8	35	20
46,8	6–Kiessand, mitteldicht	20 / 11	32,5	0	0	80

3.5.2 Empfehlungen zur Gründung

Die Gründung des geplanten Rahmendurchlasses kann im sandigen Schluff mit steifer Konsistenz (Schicht 3.2) erfolgen.

Die Gründungssohle sollte möglichst oberhalb des erkundeten Wasserstandes liegen, damit eine Wasserhaltung entfallen kann. Sollte ein Bodenaustausch erforderlich werden, empfehlen wir diesen vorzugsweise in Beton geringer Güte auszuführen, damit die Aushubsohle sofort nach Freilegen wieder versiegelt wird, womit eine etwaige Vernässung und damit ein Tragfähigkeitsverlust unterbunden wird. Es wird empfohlen, die Aushubsohle von einem Baugrundsachverständigen abnehmen zu lassen. Nach Vorliegen der Lasten kann hierzu eine Grundbruch- und Setzungsabschätzung vorgenommen werden.

Die Mindestüberdeckung sollte in Anlehnung an Ril 836.4502 mindestens $h_{ü,min} = 1,5 \text{ m}$ (von Oberkante Bauwerk bis Oberkante Schwelle) betragen.

3.5.3 Zur Baugrube

Im Mutterboden bzw. im Schluff können Baugrubenböschungen außerhalb des Einwirkungsbereiches von Lasten maximal 45° steil geneigt werden. Im tonigen Schluff von überwiegend steifer Konsistenz kann eine Böschungsneigung bis maximal 60° ausgeführt werden. In Teilbereichen mit weicher Konsistenz des bindigen Bodens ist die Böschungsneigung auf max. 45° zu reduzieren. Die Nebenbedingungen der DIN 4124 sind zu beachten.

Rammarbeiten sind nach den Ergebnissen der DPH 23 ($N_{10} \leq 25$) bis mindestens 6 m Tiefe unter OF Gelände (bis mindestens ca. 44 m ü NHN) möglich. Ab 3 m Tiefe unter OF Gelände ist von schwerer Rammpbarkeit auszugehen.

3.5.4 Wasserhaltung

Die „Trockene Schrote“ führte zum Zeitpunkt der Aufschlussarbeiten im August 2014 und Ende März 2017 kein Wasser. Der erkundete Wasserstand liegt zwischen ca. 48,5 bis 49 m ü NHN. Der Wasserleiter ist der unter den bindigen Schichten anstehende Kiessand. Das Grundwasser ist leicht gespannt. Bei den erkundeten Wasserständen handelt es sich um einen mittleren Wasserstand, der als bauzeitlicher Wasserstand angenommen werden kann.

Für die Bemessung des Rahmendurchlasses ist jedoch von einem Wasserstand in Höhe Geländeoberfläche (ca. 50 m ü NHN) im Bereich der ehemaligen Kleingartenanlage „Am Ring“ auszugehen.

U.U. ist für die Verlegung des Rahmendurchlasses eine offene Wasserhaltung ausreichend. Eine geschlossene Wasserhaltung in Form einer Wellpointanlage sollte jedoch eingeplant werden.

3.6 Empfehlungen für die Gründung der Stützwand Station 2,8+65 bis 2,8+76

3.6.1 Baugrundmodell, charakteristische Bodenkennwerte

Im Ergebnis der Aufschlussarbeiten und Laboruntersuchungen kann für notwendige erdstatische Berechnungen das in nachfolgender Tabelle angegebene Baugrundmodell, einschließlich der charakteristischen Bodenkennwerte empfohlen werden. Die exakte Lage der Schichtgrenzen kann den grafischen Darstellungen in der Anlage 2.14 entnommen

werden. Grundlage hierfür sind die BS/DPH 25/17 (Station 2,8+64) und die BS/DPH 26/17 (Station 2,8+79).

Tabelle 28: Baugrundmodell, charakteristische Bodenkennwerte Stützwand km 2,8+65 – 2,8+76

Schichtunter- kante [m ü NHN]	Schicht - Bodenart	Wichte γ_n / γ' [kN/m ³]	Winkel der inneren Reibung ϕ_k' [°]	wirksame Kohäsion c_k' [kN/m ²]	undrainierte Kohäsion $c_{u,k}$ [kN/m ²]	Steifemodul Erstbelastung $E_{s,k}$ [MN/m ²]
49,6	1a–Mutterboden, weich bis steif	20 / 10	22,5	5	25	4
48,95	2–Löß, Schluff, stark feinsandig, steif UL	19 / 9	30	8	20	10
44,15	6–Kiessand, mitteldicht	20 / 11	32,5	0	0	80
35,35	4–Grünsand, dicht	20 / 11	32,5	5	10	100

3.6.2 Empfehlungen zur Gründung

Die Stützwand soll von km 2,8+65 bis 2,8+76 zur Sicherung der Böschung des geplanten Dammes der Straßenbahntrasse gegenüber dem Dehnungsausgleicher der bestehenden Fernwärmeleitung errichtet werden.

Mögliche Ausführungen sind:

- Winkelstützwand
- Bohrpfahlwand mit Kopfbalken
- Spundwand mit Kopfbalken

Die Gründung einer Winkelstützwand kann frostfrei auf dem unterhalb des Lößlehmes anstehenden Kiessand erfolgen. Dieser ist jedoch der wasserführende Horizont. Daher wird für diese Variante eine Wasserhaltung erforderlich.

Für die Herstellung einer Bohrpfahlwand in Ortbeton mit voller Einspannung können die nachfolgenden Werte für Mantelreibung und Spitzendruck verwendet werden.

Tabelle 29: empfohlene charakteristische Werte von Bohrpfählen nach /29/

Nr. d. Bodenschicht / Bodenart	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]	Pfahlsitzendruck $q_{b,k}$ [kN/m ²]
Schicht 1a: Mutterboden, weich bis steif	5	-
Schicht 2: Löß, hellbraun, UL, weich bis steif	10	-
Schicht 6: Kiessand, SE – SU/ST, mitteldicht	55	s/D = 0,02: 750 s/D = 0,03: 900 s/D = 0,1: 1500
Schicht 4: Grünsand SU/ST- SU*/ST*, dicht	100	s/D = 0,02: 1000 s/D = 0,03: 1350 s/D = 0,1: 3000

Sollte eine Spundwand mit Kopfbalken favorisiert werden, ist zu berücksichtigen, dass bei einer Rammung ab ca. 6 m unter OF Gelände im Grünsand ggfls. Zusatzmaßnahmen in Form von Lockerungsbohrungen oder Vorbohren erforderlich werden.

Für die Bemessung einer Spundwand werden nachfolgende charakteristische Bodenkenngößen angegeben:

Tabelle 30: empfohlene charakteristische Werte von Spundwänden nach /29/ A 10

Nr. d. Bodenschicht / Bodenart	Mantelreibung im Bruchzustand $q_{s,k}$ [kN/m ²]	Spitzendruck im Bruchzustand $q_{b,k}$ [MN/m ²]
Schicht 1a: Mutterboden, weich bis steif	10	-
Schicht 2: Löß, hellbraun, UL, weich bis steif	20	-
Schicht 6: Kiessand, SE – SU/ST, mitteldicht	40	15
Schicht 4: Grünsand SU/ST-SU*/ST*, dicht	50	20

Die maßgebende Fuß- bzw. Aufstandsfläche der Spundwand ergibt sich aus der vorhandenen Stahlquerschnittsfläche (/33/, Bild EB 85-1).

GCE:



Dipl.-Ing. (FH) Stefan Pampel
Geschäftsführer




Dipl.-Ing. Sabine Böhm
Gutachter

BAUVORHABEN: Nord – Süd – Verbindung Straßenbahn in Magdeburg, BA 4
(Vom Damaschkeplatz bis zum Hermann-Bruse-Platz)

OBJEKTE:

- Oberleitung
- Durchlässe Schrote, Faule Rinne und Trockene Schrote
- Stützwand Fernwärmeleitung Mittagstraße

AUFTRAGGEBER:



Fritz-Vomfelde-Str. 12
D-40547 Düsseldorf

Geotechnischer Bericht zu den Baugrund- und Gründungsverhältnissen

Anlage 1: Lagepläne mit Aufschlussansatzpunkten, Maßstab 1 : 500

(6 Blätter)