

Gutachten
über
Baugrund und Gründung
(Geotechnischer Bericht)

Hermsdorf
Erschließung Industriegebiet Ost III

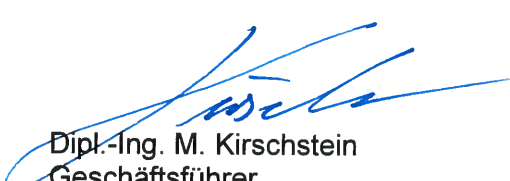
Regenrückhaltebecken RRB A / RRB B
Regenklärbecken RKB RRB A und RKB RRB B
Löschwasserbehälter LW 1 bis LW 5
Durchörterung BAB A4

Auftraggeber: igr AG
Hohenwindenstraße 14
99086 Erfurt

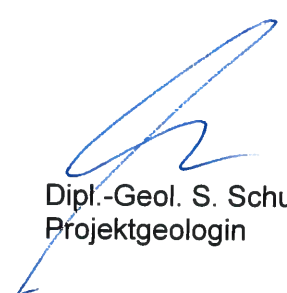
vgs-Projekt-Nr.: 170039

Dieser Bericht umfasst 51 Seiten und 7 Anlagenkomplexe.

Erfurt, den 26.04.2019



Dipl.-Ing. M. Kirschstein
Geschäftsführer



Dipl.-Geol. S. Schulze
Projektgeologin

Die vgs InGeo GmbH besitzt das Urheberrecht an diesem Bericht. Er darf nur im Zusammenhang mit dem behandelten Bauvorhaben verwendet werden. Die, auch auszugsweise, Vervielfältigung und/oder Weitergabe an nicht am Vorhaben Beteiligte ist nur mit Zustimmung der Verfasser zulässig.

INHALTSVERZEICHNIS

1.	ALLGEMEINES	8
1.1	BAUVORHABEN UND GEGENSTAND DES GUTACHTENS	8
1.2	GEOTECHNISCHE KATEGORIE NACH DIN 1054: 2010-12	9
2.	ÖRTLICHE VERHÄLTNISSE	9
3.	BAUGRUNDERKUNDUNG	10
3.1	FELDUNTERSUCHUNGEN	10
3.2	LABORUNTERSUCHUNGEN	12
4.	BAUGRUNDVERHÄLTNISSE	13
4.1	GEOLOGISCHE SITUATION	13
4.2	BAUGRUNDSCHICHTUNG, SCHICHTEIGENSCHAFTEN	13
4.3	KENNWERTE UND EIGENSCHAFTEN GEMÄß VOB, TEIL C - HOMOGENBEREICHE	21
4.4	RECHENWERTE	22
4.5	GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE /-CHEMISMUS	23
5.	GRÜNDUNGSTECHNISCHE SCHLUßFOLGERUNGEN BAUWERKE	25
5.1	ALLGEMEINES	25
5.2	SICHERUNG GEGEN AUFSCHWIMMEN	26
5.3	ERDDRUCKANSATZ	27
5.4	GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG REGENRÜCKHALTEBECKEN RRB A	27
5.5	GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG RKB RRB A	28
5.6	GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG RRB B UND RKB RKB B	28
5.7	GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG LW1	29
5.8	GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG LW2	30
5.9	GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG LW3	30
5.10	GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG LW4	31
5.11	GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG LW5	31
6.	HINWEISE UND EMPFEHLUNGEN ZUR BAUAUSFÜHRUNG	32
6.1	BAUGRUBE	32
6.2	WASSERHALTUNG	36
6.3	BAUWERKSHINTERFÜLLUNG	37
7.	GRÜNDUNGSTECHNISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN QUERUNG AUTOBAHN	38
7.1	ALLGEMEINES	38
7.2	ROHRVORTRIEB	38
7.3	START- UND ZIELGRUBE	40
8.	GRÜNDUNGSTECHNISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN KANALBAU	40
8.1	ALLGEMEINES	40
8.2	GRABENAUSHUB UND VERBAUARTEN	41
8.3	GRABENSOHLE	43
8.4	WASSERHALTUNG	45
8.5	LEITUNGSZONE	46
8.6	HAUPTVERFÜLLUNG (VERFÜLLZONE)	46
8.7	HINWEIS ZUR VERDICHTUNG	48
8.8	FILTERSTABILITÄT	48
8.9	SCHÄCHTE	48
8.10	NACHBARBEBAUUNG	49

9. UMWELTRELEVANTE UNTERSUCHUNGEN	49
9.1 ALLGEMEINES	49
9.2 BODEN/UNTERGRUND.....	49
10. ANMERKUNGEN.....	51

Unterlagen- und Quellenverzeichnis

Projektbezogene Unterlagen und Quellen

- UP 1 Angebotsanfrage igr vom 25.01.2017
- UP 2 Angebote vgs vom 07.02.2017, 180085 vom 19.03.2019 und 180352 vom 19.11.2018
- UP 3 Auftrag H 2017055 von igr vom 31.01.2019
- UP 4 Geoproxy Thüringen (Internet, Stand März 2019)
- UP 5 Kartendienste der TLUBN (Internet, Stand März 2019)
- UP 6 igr: Lageplan (digital, Stand Februar 2019)
- UP 7 igr: Vorplanung Regenwasserbehandlung Industriegebiet Hermsdorf Ost III, Erfurt im Juli 2018
- UP 8 Baugrundvoreinschätzung: Industriegroßflächen im Raum Hermsdorfer Kreuz. – vgs INGENIEURE GmbH, Erfurt, vgs-Nr.: 4411, Berichtsdatum 28.05.2009
- UP 9 Geotechnischer Bericht: Voruntersuchung Stufe 2, Erschließung Industriegebiet Hermsdorf Ost III. – GNW GmbH, Berichtsdatum 10.10.2012
- UP 10 Geoforschungszentrum Potsdam (Internet: Stand März 2019)
- UP 11 Ingenieurgeologische Auskunft hinsichtlich einer möglichen Subrosionsgefährdung des geplanten Industrie- und Gewerbegebietes Hermsdorf Ost III. – TLUG, Weimar, 15.10.2012

Bautechnische Unterlagen und Quellen

- UT 1 Handbuch DIN EN 1997-1:2009-09, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln, einschließlich Nationaler Anhang DIN EN 1997-1/NA:2010-12 und DIN 1054:2010-12, Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
- UT 2 Handbuch DIN EN 1997-1:2010-10, Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds, einschließlich Nationaler Anhang DIN EN 1997-2/NA:2010-12 und DIN 4020:2010-12, Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2
- UT 3 DIN EN ISO 14688-1/-2:2018 Geotechnische Erkundung und Untersuchung –Benennung, Beschreibung und Klassifikation von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung und Teil 2: Grundlagen der Bodenklassifizierungen
- UT 4 DIN EN ISO 14689:2018 - Geotechnische Erkundung und Untersuchung –Benennung, Beschreibung und Klassifikation von Fels
- UT 5 Merkblatt zur Felsbeschreibung für den Straßenbau, FGSV, Ausgabe 2016
- UT 6 Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus (M Geok E), FGSV, Ausgabe 2016
- UT 7 Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln, FGSV, Ausgabe 2004

- UT 8 Merkblatt über geotechnische Untersuchungen und geotechnische Berechnungen im Straßenbau, M GUB, FGSV, Ausgabe 2004
- UT 9 Merkblatt über geotechnische Untersuchungen und geotechnische Berechnungen im Straßenbau, Ergänzung für den Um- und Ausbau von Straßen, M GUB UA, FGSV, Ausgabe 2013
- UT 10 Merkblatt für die Verdichtung des Untergrundes und Unterbaues im Straßenbau, FGSV, Ausgabe 2003
- UT 11 Merkblatt über Straßenbau auf wenig tragfähigem Untergrund, FGSV, Ausgabe 2010
- UT 12 Merkblatt über die Verhütung von Frostschäden an Straßen, FGSV, Ausgabe 2013
- UT 13 Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, RStO 12 einschließlich des allgemeinen Rundschreibens Straßenbau Nr. 30/2012 zur Einführung der RStO 12 des Freistaates Thüringen, Ministerium für Bau, Landesentwicklung und Verkehr vom 08.05.2013
- UT 14 Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Trinkwasserschutzgebieten, RiStWag, Ausgabe 2016
- UT 15 Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung (RAS-Ew), FGSV, Ausgabe 2005
- UT 16 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen, FGSV, ZTV A-StB 12
- UT 17 Arbeitsanleitung für die Bemessung des Bodenaustauschs bei nicht dauerhaft tragfähigem, frostempfindlichem Planum in Thüringen (ABemBo), Thür. Landesamt für Straßenbau, 2004
- UT 18 Dienstanweisung „Straßenbau“ Nr. 02/2014-33/2, Fachgebiet: Straßenbautechnik, Qualitätssicherung, Dimensionierung von Rad- und Gehwegen, die nicht von Kraftfahrzeugen befahren werden, Thür. Landesamt für Straßenbau
- UT 19 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, FGSV, Ausgabe 2017 (ZTV E-StB 17), einschl. allgemeines Rundschreiben des Thüringer Ministeriums für Infrastruktur und Landwirtschaft vom 28.06.2018 zur Einführung des ARS Nr. 17/2017 mit Änderungen und Ergänzungen für Thüringen, Bekanntgabe des Landesamtes für Bau und Verkehr vom 20.07.2018
- UT 20 Gesamtausgabe VOB 2016, Teil C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen
- UT 21 Hettler, Triantafyllidis, Weißenbach: Baugruben, Verlag W. Ernst & Sohn, Berlin, 3. Auflage 2018
- UT 22 ATV-DIN 18 319:2010-0 „Rohrvortriebsarbeiten“
- UT 23 Arbeitsblatt DWA-A 125 „Rohrvortrieb und verwandte Verfahren“, Dezember 2008
- UT 24 Dietrich Stein, Grabenloser Leitungsbau, Verlag Ernst & Sohn, 2003

Umweltrelevante Unterlagen und Quellen

- UU 1 Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau, FGSV, Ausgabe 2001/Fassung 2005 (RuVA-StB 01)
- UU 2 FGSV-Arbeitspapier Nr. 27/2: Prüfung von Straßenausbaumaterial auf carbonstämmige Bindemittel – Schnellverfahren -, Ausgabe 2000
- UU 3 Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (TR LAGA), Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln (Merkblatt M20), Teil I – Allgemeiner Teil, Stand 06.11.2003

- UU 4 Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20, Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln -Stand 06.11.1997
- UU 5 Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (TR LAGA), Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Teil III: Probenahme und Analytik, Stand 05.11.2004
- UU 6 Übergangsempfehlungen zur Anpassung des LAGA M 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen – Technische Regeln – (Stand: 6. November 1997)“ an die diesbezügliche ACK/UMK-Beschlusslage, TMLNU, Stand 11.02.2004
- UU 7 Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27.04.2009, zuletzt geändert am 27.09.2017
- UU 8 Verordnung über das europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV), 10.12.2001, zuletzt geändert am 15.07.2006
- UU 9 Hinweise zur Anwendung der Abfallverzeichnis-Verordnung vom 10. Dezember 2001, BGBl. I S. 3379, BM für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
- UU 10 Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG) vom 17.03.1998, Stand 24.02.2012
- UU 11 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12.07.1999, geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 24.02.2012
- UU 12 Leitfaden für den Umgang mit Boden und ungebundenen/gebundenen Straßenausbaustoffen hinsichtlich Verwertung oder Beseitigung der Thüringer Straßenbauverwaltung, Ausgabe 2008, Stand 24.11. 2008
- UU 13 Ergänzungen und Änderungen zum „Leitfaden für den Umgang mit Boden und ungebundenen/gebundenen Straßenausbaustoffen hinsichtlich Verwertung oder Beseitigung“ der Thüringer Straßenbauverwaltung, Stand März 2012
- UU 14 Dienstanweisung Nr. 12/2015-33/1; Nachweisführung zur Entsorgung von Abfällen für den gemeinsamen Geltungsbereich der Straßenbauverwaltung und des Hochbaues, TLBV, Dezember 2015
- UU 15 Verwertung mineralischer Abfälle in technischen Bauwerken - Vollzugshinweise, TMLFUN, 30.06.2010
- UU 16 Hinweise zur Zuordnung von Abfällen zu den Abfallarten eines Spiegeleintrages, TLBV, 06/2010, eingeführt mit Dienstanweisung Nr. 12/2010-33/3 vom 13.07.2010
- UU 17 Informationsblätter Abfall Nr.1 bis Nr. 9 des TLBV
- UU 18 Hinweise zur Einstufung von Abfällen (TLVwA 430-05-01/10) des TLVwA, Januar 2010
- UU 19 Verwertung von mineralischen Abfällen, Leitfähigkeit von Betonbruch, Vollzugshinweise des TLVwA, 18.07.2016
- UU 20 ARS Nr. 16/2015: Regelungen zur Verwertung von Straßenausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen in Bundesfernstraßen. – TmfIL, Erfurt, 24.03.2017
- UU 21 Nachweisführung bei der Annahme von Fremderdstoffen, Vollständigkeit der Einzelparame-ter bei der Analytik. – Thüringer Landesbergamt, Referat 3, Gera, 16.05.2018

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1:	Kernbohrungen	11
Tab. 2:	Schwere Rammsondierungen	11
Tab. 3:	Laboruntersuchungen	12
Tab. 4:	Verwitterungsstufen der Festgesteine	14
Tab. 5:	Beschreibung Oberboden gemäß DIN 18915	15
Tab. 6:	Eigenschaften Schicht 1.1 – Auffüllung, grob-/gemischtkörnig	16
Tab. 7:	Eigenschaften / Klassifizierungen Schicht 1.2 – Auffüllung, feinkörnig	17
Tab. 8:	Verbreitung Schicht 2	17
Tab. 9:	Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 2 – Lehm	18
Tab. 10:	Verbreitung Schicht 3	18
Tab. 11:	Klassifizierung und Eigenschaften Schicht 3 – Verwitterungssand	19
Tab. 12:	Verbreitung Schicht 4.1	19
Tab. 13:	Eigenschaften Schicht 4.1 – Festgestein, V4 – V3 (smVS)	20
Tab. 14:	Tiefenlage Schicht 4.2	21
Tab. 15:	Rechenwerte	22
Tab. 16:	Grundwasserstände	23
Tab. 17:	Ergebnisse Grundwasseranalysen	25
Tab. 18:	Graben- / Baugrubenböschungen	32
Tab. 19:	Rechenwerte Bohrpfahlbemessung*	34
Tab. 20:	Anforderungen an die Grabenhauptverfüllung entspr. ZTV E-StB 17	46
Tab. 21:	Probenbildung Boden / Auffüllungen < 10 Vol. % Fremdmaterial	49
Tab. 22:	Einstufung Boden	50

ANLAGENVERZEICHNIS

A 1 Lagepläne

A 1.1 Übersichtslageplan M 1:100.000 (Auszug aus UP4)

A 1.2 Lageplan M 1:10.000 (Auszug aus UP4)

A 1.3 Aufschlussplan M 1:2.000

A 2 Ergebnisse der Felduntersuchungen

A 2.1 RRB A: Bodenprofile BS 1/12, KB 10 und KB 11 sowie Diagramme DPH B10 und DPH B11

A 2.2 RRB B: Bodenprofile KB 1, KB 2 und BS 6/12 sowie Diagramme DPH B1 und DPH B2

A 2.3 Durchörterung BAB A4: Bodenprofile KB 7 bis KB 9 sowie Diagramm DPH B7 bis B9

A 2.4 LW 1: Bodenprofil KB 12 sowie Diagramm DPH B12

A 2.5 LW 2: Bodenprofil KB 5 sowie Diagramm DPH B

A 2.6 LW 3: Bodenprofil KB 6 sowie Diagramm DPH B6

A 2.7 LW 4: Bodenprofil KB 3 sowie Diagramm DPH B3

A 2.8 LW 5: Bodenprofil KB 4 sowie Diagramm DPH B4

A 3 Laborergebnisse

A 3.1 Wassergehalte und Glühverluste (2 Blatt)

A 3.2 Kornverteilungskurven (3 Blatt)

A 3.3 Zustandsgrenzenbestimmung (1 Blatt)

A 3.4 Punktlastversuche (2 Blatt)

A 3.5 Einaxiale Druckfestigkeiten (3 Blatt)

A 3.6 Abrasivitätsversuche (5 Blatt)

A 3.7 Grundwasseranalyse auf Betonaggressivität (3 Blatt)

A 3.8 Grundwasseranalyse auf Stahlkorrosivität (3 Blatt)

A 3.9 Auswertung der chemischen Untersuchungen nach LAGA, Boden (1 Blatt)

A 3.10 Prüfbericht der chemischen Untersuchungen nach LAGA, Tragschicht (8 Blatt)

A 4 Ausbaupläne GWM

A 4.1 KB 1

A 4.2 KB 2

A 5 Bohrkernfotos (12 Blatt)

A 6 Interpolation Grundwasserisohypsen

A 7 Kennwerte / Eigenschaften Boden und Fels / Homogenbereiche gemäß VOB-Normen

1. ALLGEMEINES

1.1 Bauvorhaben und Gegenstand des Gutachtens

Das Ingenieurbüro igr AG plant für die LEG Thüringen in

Hermsdorf, Industriegebiet Ost III die Regenrückhaltebecken RRB A und RRB B, die Regenklärbecken RKB RRB A und RRB B, die Löschwasserbehälter LW 1 – 5 und die Querung der BAB A4 durch die Ablaufleitung.

Nachfolgend werden die einzelnen Maßnahmen kurz beschrieben:

RRB A	- Volumen ca. 11.300 m ³ - Breite ca. 46 m, Länge ca. 86 m - Tiefe 4,6 m (339,6 m NHN), Sohldicke 0,5 m - Zufahrtsstraße mit Wendehammer (asphaltiert)
RKB RRB A	- Breite ca. 4 m, Länge ca. 12 m - Tiefe 5,5 m (335,46 m NHN)
RRB B	- Volumen ca. 1.450 m ³ - Breite ca. 27 m, Länge ca. 31m - Tiefe 3,7 m (344,5 m NHN), Sohldicke 0,5 m - Zufahrtsstraße mit Wendehammer (asphaltiert)
RKB RRB B	- Breite ca. 6 m, Länge ca. 24 m - Tiefe 4,85 m (ca. 340,11 m NHN)

Während beim RRB A ein Geländeabtrag von maximal 1 m erforderlich wird, ergibt sich beim RRB B ein Abtrag von ca. 2 m. Zum unmittelbar östlich anschließenden RKB B erfolgt noch einmal eine Abtreppung, so dass der Geländeabtrag hier Werte bis 5 m erreicht.

Bei den Löschwasserbehältern handelt es sich um Typenbauwerke. Die Behälter LW2 und LW4 an der BAB A4 haben ein Volumen von 200 m³ und eine Tiefe von ca. 5,1 m u. GOK, die anderen (LW1, LW3 und LW5) verfügen über ein Volumen von 400 m³ und haben eine Tiefe von ca. 5,15 m u. GOK.

Die Querung der BAB A4 im unterirdischen Rohrvortrieb (DN 1.200 Sb) hat eine Länge von ca. 90 m. Die Sohltiefe schwankt zwischen ca. 2,7 m (340,57 m NHN) südöstlich der A4 und ca. 3,4 m (339,88 m NHN) nordwestlich der A4.

Detailliertere Angaben waren aufgrund des frühen Planungsstandes (Vorplanung) nicht verfügbar.

vgs InGeo GmbH wurde mit der Erarbeitung eines Baugrundgutachtens für das o. g. Bauvorhaben beauftragt, beinhaltend:

- Kurzcharakteristik der Standortverhältnisse, Darstellung der Baugrundverhältnisse,
- die Angaben der bodenmechanischen Eigenschaften und Berechnungswerte der einzelnen Bodenschichten,
- Schlussfolgerungen und Empfehlungen für den Becken / Behälterbau / die A4 Querung,
- umwelttechnische Untersuchungen und Einstufungen der Ausbaustoffe,

- Ableitung der Kennwerte und Eigenschaften und Empfehlungen zur Homogenbereichsbildung gemäß VOB, Teil C: Ergänzungsband 2015 für die Gewerke:
 - Erdarbeiten (DIN 18300), Geotechnische Kategorie GK 2
 - Bohrarbeiten (DIN 18301)
 - Ramm-, Rüttel-, Pressarbeiten (DIN 18324)
 - Rohrvortriebsarbeiten (DIN 18319)
 - Landschaftsbauarbeiten (DIN 18320).

1.2 Geotechnische Kategorie nach DIN 1054: 2010-12

Gemäß DIN 4020 sind die Art und der Umfang geotechnischer Untersuchungen anhand der Schwierigkeit von baulichen Anlagen und dem Baugrund unter Berücksichtigung von bestimmten Randbedingungen festzulegen. Diesbezüglich hat im Vorfeld der Erstellung eines Geotechnischen Untersuchungsberichtes eine Einstufung in Geotechnische Kategorien (GK) zu erfolgen.

Die zu untersuchende Maßnahme ist unter Berücksichtigung der in der DIN 4020 angeführten Klassifizierungsmerkmale in die Geotechnische Kategorie GK 2 (Bauwerke mit mittlerem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf Bauwerke und Baugrund) einzustufen.

Im Ergebnis der Baugrunderkundung ergibt sich keine Änderung der Einstufung.

2. ÖRTLICHE VERHÄLTNISSE

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Freistaat Thüringen im Saale-Holzland-Kreis, ca. 2,5 km östlich des Hermisdorfer Kreuzes (BAB A4 / BAB A9).



Abb. 1: Blick vom BAB parallelen Wirtschaftsweg nach Osten über Industriegebietsfläche



Abb. 2: Blick von der Unterführung L 1070 nach Osten



Abb. 3: Bereich nördlich der A4 (RKB RRB A) Blick nach Westen

Die ca. 56 ha große Erschließungsfläche liegt auf derzeit landwirtschaftlich genutztem Areal. Sie wird im Nordwesten durch die BAB A 4 und ansonsten durch die L1070 begrenzt. Im Norden befindet sich die Autobahnanschlussstelle Hermsdorf-Ost.

Das Baugebiet hat eine Nordwestlich exponierte Lage. Der höchste Punkt liegt im Nordosten mit ca. 354 m NHN, der tiefste im Südwesten mit ca. 343 m NHN. Eine von Nordwest nach Südost verlaufende, oberirdische Starkstromtrasse quert die Fläche im südlichen Drittel.

Es ist zu beachten, dass sich etwa südöstlich der Kreuzung Starkstromtrasse mit der L1070 das Gelände einer ehemaligen ungeordneten Siedlungsabfall-/Klärschlammdeponie befindet.

Westlich der Unterführung der L1070 unter der BAB A4 fließt der Vorfluter Rauda nach Nordosten der Weißen Elster zu.

Das Gelände des geplanten RKB RRB A befindet sich westlich der Autobahn, ebenfalls auf landwirtschaftlich genutzter Fläche. Das Geländeniveau liegt bei ca. 341 m NHN. Das Gelände fällt nach Westen zur Rauda ein.

3. BAUGRUNDERKUNDUNG

3.1 Felduntersuchungen

Im Rahmen der Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden durch die Fa. BOG GmbH aus Caaschwitz 12 gewerbliche Kernbohrungen und durch vgs 12 Schwere Rammsondierungen (DPH) ausgeführt. Außerdem fanden die Altaufschlüsse BS 1/12 und BS 6/12 /UP9/ Verwendung. Sie wurden dazu in das aktuelle Baugrundsichtmodell eingepasst.

Tab. 1: Kernbohrungen

lfd. Nr.	Bezeichnung	Tiefe [m]	Datum
1	KB 1	9,00	18.02.2019
2	KB 2	11,05	19.02.2019
3	KB 3	6,00	19.02.2019
4	KB 4	6,00	20.02.2019
5	KB 5	6,00	20.02.2019
6	KB 6	6,00	27.02.2019
7	KB 7	6,00	26.02.2019
8	KB 8	6,00	26.02.2019
9	KB 9	6,00	20.02.2019
10	KB 10	7,00	21.02.2019
11	KB 11	7,00	25.02.2019
12	KB 12	6,00	21.02.2019
Summe:		82,05	

Tab. 2: Schwere Rammsondierungen

lfd. Nr.	Bezeichnung	Tiefe [m]	DPH N10 > 30	Datum
1	DPH B1	1,60	1	19.02.2019
2	DPH B2	2,30	2	19.02.2019
3	DPH B3	1,30	2	19.02.2019
4	DPH B4	2,40	8	19.02.2019
5	DPH B5	1,70	3	19.02.2019
6	DPH B6	1,50	4	19.02.2019
7	DPH B7	1,40	5	19.02.2019
8	DPH B8	2,10	2	19.02.2019
9	DPH B9	2,20	6	19.02.2019
10	DPH B10	2,00	2	19.02.2019
11	DPH B11	2,20	5	19.02.2019
12	DPH B12	3,30	9	19.02.2019
Summe:		24,00	49	

Zwei der Bohrungen (KB 1, KB 11) wurden zu 4 Zoll Grundwasserbeobachtungspegeln ausgebaut (s. Anlage 4). In diese Pegel wurden für die Zeitdauer von einem Jahr automatische Datenlogger eingebaut, welche mehrmals täglich den Grundwasserspiegel dokumentieren. Die Auswertung der Messdaten erfolgt in einem separaten Bericht 2020.

Nach Abschluss der Erkundungsarbeiten wurde der ursprüngliche Zustand des Geländes weitestgehend wieder hergestellt. Die Kernbohrungen wurden mit einem Ton-/Kiesgemisch verfüllt und der Deckenschluss entsprechend Ausgangszustand geschaffen.

Die Aufschlüsse wurden lage- und höhenmäßig (m NHN) durch vgs mittels GPS System SP 60 S6 GNSS Spektra abgesteckt bzw. eingemessen.

Lage und Höhe der Aufschlussansatzpunkte dienen nur deren räumlicher Einordnung und sind nicht im Sinne einer Ingenieurvermessung etwa für Projektierungszwecke zu verwenden.

Die Lage der Aufschlüsse ist dem Aufschlussplan Anlage 1.3 zu entnehmen.
Anlage 2 enthält die Aufschlussprofile.

3.2 Laboruntersuchungen

Aus den Aufschlüssen wurden insgesamt 12 Becherproben, 4 Eimerproben, 4 Wasserproben und 39 Bohrkernproben entnommen.

An den Aufschlussprofilen sind die Proben entsprechend ihrer Entnahmetiefe (diese ist noch einmal gesondert aufgeführt) angetragen. Die Bezeichnung beginnt entsprechend der Probenart/-menge mit:

- B = Becherprobe bis 1 l (gestört)
- E = Eimerproben bis 10 l (gestört)
- WK = Bohrkernproben (ungestört).

Anschließend folgen die vgs-Projektnummer und z. B. R1 für Rammkernsondierung Nummer 1. Dabei erfolgt die Nummerierung der Proben jeweils von oben/Geländeoberkante nach unten/Endteufe. Bei der Bildung von Mischproben zur Durchführung umwelttechnischer Untersuchungen werden die verwendeten Einzelproben in den Tabellen in Abschnitt 6 aufgeführt.

An ausgewählten Proben wurden im vgs-eigenen boden-/felsmechanischen Labor die in Tabelle 3, Zeilen 1 bis 6 aufgeführten Laborversuche/-untersuchungen vorgenommen.

Die Untersuchungen Zeile 7 führte die IBU Weimar Legefild und die Untersuchungen Zeile 8 die GNW Weimar durch.

Die chemischen Untersuchungen, Zeilen 9 bis 11 führte das Thüringer Umweltinstitut Henterich GmbH & Co. KG durch.

Tab. 3: Laboruntersuchungen

Zeile	Versuchsart	Vorschrift	Anzahl
1	Wassergehalt	DIN 18 121, Teil 1	(9)
2	Glühverlust	DIN 18 128	4
3	Kombinierte Siebung	DIN 18 123	5
4	Siebung	DIN 18 123	7
5	Zustandsgrenzen	DIN 18 122	1
6	Punktlastversuche	DGGT Empfehlung Nr. 5	24
7	Einaxiale Druckfestigkeit	DGGT Empfehlung Nr. 1	11
8	Abrasivität	DGGT Empfehlung Nr. 23	5
9	Grundwasseranalyse auf Beton-aggressivität	DIN EN 206	3
10	Grundwasseranalyse auf Stahlkorrosivität	DIN 50929-3	3
11	chemische Untersuchungen Boden	LAGA, M 20 (1997) TR Boden, Mindestuntersuchung	4

(...) Wassergehalte aus Kornverteilung

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen und die Prüfprotokolle sind in Anlage 3 enthalten.

4. BAUGRUNDVERHÄLTNISSE

4.1 Geologische Situation

Der Standort liegt regionalgeologisch in der südöstlichen Umrandung des Thüringer Beckens, im Bereich der Saale-Sandsteinplatte. Im Untersuchungsgebiet streicht großflächig die Schichtenfolge des Mittleren Buntsandsteins, speziell der Volpriehausen-Folge (smV) aus.

Dabei handelt es sich um den ca. 50 m mächtigen sog. **Basissandstein (smVS)**. Er besteht aus fein- bis mittelkörnigen, selten grobkörnigen, meist bankigen Sandsteinen und einzelnen geringmächtigen Tonsteinlagen. Die Sandsteine sind überwiegend grauweiß, z. T. gelblich gefärbt.

Bei karbonatischem Bindemittel weisen die Sandsteine lagenweise eine hohe Festigkeit auf, überwiegend sind sie jedoch karbonatfrei und demzufolge mürbe und absandend, unter Wasser- und Witterungseinfluss zerfallen sie relativ rasch. Mit zunehmender Tiefe nimmt der Verwitterungsgrad kontinuierlich ab.

Auf der Fläche des geplanten Industriegebietes Hermsdorf Ost III schwankt die Tiefe der Festgesteinsoberfläche zwischen 0,3 und 1,1 m.

Die laminierten bis sehr dünn geschichteten Sandsteine sind oberflächlich mehrere Dezimeter mürbe-kleinstückig verwittert und schließlich quasi zu Lockergesteinen zersetzt (Verwitterungssand = Sandstein V5).

Das Festgestein bzw. der Verwitterungssand werden durch quartäre Lockergesteine in vergleichsweise geringer Mächtigkeit überlagert. Es handelt sich dabei überwiegend um solifluktuiven **Hanglehm** (oder auch Fließerden). Nördlich der Autobahn sind bei Annäherung an den Bach auch fluviatile **Schwemmler**ablagerungen möglich.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass vor allem bei Annäherung an besiedelte Gebiete, Straßen, Kanal- und Leitungstrassen die Möglichkeit des Auftretens lokaler, inhomogener anthropogener Auffüllungen besteht.

Nach DIN 4149:2005-04 bzw. Eurocode 8 liegt das Untersuchungsgebiet innerhalb der Erdbebenzone 1 und gehört zur Untergrundklasse R (Gebiete mit felsartigem Gesteinsuntergrund). Die Erdbebenzone 1 umfasst Gebiete, denen gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveaus ein Intensitätsintervall von 6,5 bis < 7,0 zugeordnet ist. Der zugehörige Bemessungswert der Bodenbeschleunigung a_g beträgt in dieser Erdbebenzone 0,4 m/s².

Auslaugungserscheinungen bzw. allgemein geologischen Untergrundschwächen sind aufgrund der geologischen Situation nicht zu erwarten (Rayon B-a-I gemäß Subrosionskataster der TLUBN, vgl. UP11).

4.2 Baugrundsichtung, Schichteigenschaften

Auf der Grundlage der ingenieurgeologischen Situation, der durchgeführten Baugrundaufschlüsse und ihrer Interpretation werden insgesamt **5 Schichten** mit jeweils ähnlichem bodenmechanisch-/grund-/erdbautechnischen Verhalten unterschieden.

<u>Schicht 0:</u>	Oberboden
<u>Schicht 1:</u>	Auffüllung
<u>Schicht 2:</u>	Lehm
<u>Schicht 3:</u>	Verwitterungssand
<u>Schicht 4.1:</u>	Festgestein V4-V3 (smV)
<u>Schicht 4.2:</u>	Festgestein, <V3 (smV)

Die **Klassifizierung der Lockergesteine** gemäß DIN EN ISO 14688-1 erfolgt bei grob- und gemischtkörnigen Böden (einschl. GU*/GT* bis < 40 % Feinkorn) nach der Korngrößenverteilung und bei feinkörnigen Böden nach den bestimmenden plastischen Eigenschaften. Zusätzlich wird bei gemischtkörnigen Böden die Unterscheidung des Feinkorns nach Ton- und Schluffkorn sowohl nach der Korngröße als auch den plastischen Eigenschaften gewichtet. Hierzu ist anzumerken, dass bereits ab Feinkorngehalten von ca. 15 ... 20 % diese zunehmend die Bodeneigenschaften dominieren.

Die **Klassifizierung der Festgesteine** erfolgt vorrangig nach der Verwitterungsstufe entsprechend DIN EN ISO 14689-1. Vollständig zersetzte Festgesteine werden als Lockergesteine behandelt. In der folgenden Tabelle werden die Verwitterungsstufen nach DIN EN ISO 14689-1 und die bisher gebräuchlichen Bezeichnungen nach dem Merkblatt zur Felsbeschreibung für den Straßenbau (FGSV, Ausgabe 1992) zur Information gegenübergestellt. Die Verwitterungsstufe wird hinter der Schichtbezeichnung der Festgesteine angegeben.

Tab. 4: Verwitterungsstufen der Festgesteine

Verwitterungs- stufe	Bezeichnung	Beschreibung	Kurzbezeichnung nach FGSV - Merkblatt*
0	frisch	Kein sichtbares Zeichen von Verwitterung des Gesteins; möglicherweise leichte Verfärbung an den Hauptoberflächen oder Trennflächen.	VU
1	schwach verwittert	Verfärbung weist auf Verwitterung des Gesteins und der Oberflächen der Trennflächen hin.	VA
2	mäßig verwittert	Weniger als die Hälfte des Gesteins ist verwittert oder zersetzt. Frisches oder verfärbtes Gestein liegt entweder als ein zusammenhängendes Steinskelett oder als Steinkerne vor.	VE – VA
3	stark verwittert	Mehr als die Hälfte des Gesteins ist zersetzt oder zerfallen. Frisches oder verfärbtes Gestein liegt entweder als ein zusammenhängendes Steinskelett oder als Steinkerne vor.	VE
4	vollständig verwittert	Das gesamte Gestein ist zu Boden zersetzt und/oder zerfallen. Die ursprüngliche Gebirgsstruktur ist größtenteils noch unversehrt.	VZ - VE
5	zersetzt	Das gesamte Gestein ist zu Boden umgewandelt. Die Gebirgsstruktur und die Gesteinstextur sind aufgelöst. Das Gesteinsvolumen ist stark verändert, aber der Boden hat sich nicht wesentlich bewegt.	VZ

* Merkblatt zur Felsbeschreibung für den Straßenbau, FGSV, Ausgabe 1992

Der Begriff Festgestein resultiert allein aus der stratigraphischen Einordnung des Untergrundes als geologisch definierter Horizont unterhalb der nach geologischen Zeitmaßstäben vergleichsweise jungen Lockergesteinsschichten des Holozäns und des Pleistozäns. Mit der Begrifflichkeit Festgestein sind keine bestimmten Festigkeiten verbunden, d. h. es muss nicht zwangsläufig „fest“ oder „hart“ im Sinne der landläufigen Vorstellungen von Fels sein.

Den Schichten werden anhand der Ergebnisse der Felduntersuchungen, der bodenmechanischen Laboruntersuchungen sowie aufgrund von Analogie- bzw. Erfahrungswerten die nachfolgend beschriebenen bzw. tabellarisch zusammengefassten bodenmechanischen Eigenschaften und Klassifizierungen zugeordnet. Eingeklammerte Angaben in den Tabellen bedeuten *untergeordnet vorhanden/gegeben oder möglich*, d. h. kalkulatorisch, planerisch und ausführungsseitig zu berücksichtigen.

Hinsichtlich der Schwankungsbreiten der Kennwerte und Eigenschaften nach VOB 2016, Teil C als Grundlage für die Einteilung in Homogenbereiche ist ausschließlich die Tabelle in Anlage 7 maßgeblich.

Die Genauigkeit der anhand des Aufschlussverfahrens mittels Rammkernsondierung festgelegten Schichtgrenzen kann verfahrensbedingt maximal im Dezimeterbereich liegen.

Schicht 0: Oberboden

Oberboden, aufgefüllt bzw. anstehend, wurde in einer Mächtigkeit von 20 bis 40 cm angetroffen. Er steht in Form eines Tons, sandig bis stark sandig, gelegentlich schwach kiesig, schwach humos an und ist nach DIN 18196 als [TL/OU] zu klassifizieren. Lokal wurden Ziegelsplitter nachgewiesen.

Tab. 5: Beschreibung Oberboden gemäß DIN 18915

Boden- gruppe	Benennung	Boden aus	Bearbeit- barkeit	Körnung M %		Ø Größtkorn [mm]
				Ø < 0,02 mm	Ø > 20 mm	
B6	bindiger Bo- den	sandiger Lehm	erst nach Abtrocknung	> 20 - 40	≤ 10	50

Oberboden ist ein schützenwertes Gut, gemäß BauGB in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor der Vernichtung oder Vergeudung zu schützen. Er ist gesondert vor Beginn der Bautätigkeit abzuschieben und fachgerecht zu lagern. Mutterboden/Oberboden ist entsprechend seiner Einstufung zu verwerten.

Schicht 1: Auffüllung

Bei den unter Schicht 1 zusammengefassten Böden handelt es sich um anthropogene, also nicht natürlich abgelagerte Schichten. Diese werden zum Zwecke der detaillierten Beschreibung weiter unterteilt in:

Schicht 1.1: Auffüllung, grob-/gemischtkörnig

Schicht 1.2: Auffüllung, feinkörnig

Insgesamt sind Auffüllungen in Verbreitung, Mächtigkeit und Zusammensetzung oft kleinräumig wechselhaft und nicht hinreichend kalkulierbar einzuschätzen. Mit Auffüllung ist hier grundsätzlich im Bereich der Straßen sowie bei Querung/Berührung bestehender Kabel- und Leitungstrassen zu rechnen.

Schicht 1.1: grob- und gemischtkörnige Auffüllungen

Grob- und gemischtkörnige Auffüllungen wurden im Bereich der Durchörterung der BAB A4 auf der südlichen Seite (KB 9) oberflächlich mit einer Mächtigkeit zwischen 0,9 m erkundet. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass derartige Auffüllungen auch an anderen Stellen, bei Annäherung an Straßen / Wege bzw. Versorgungsleitungen auftreten können.

Anhand der Korngrößenzusammensetzung ist die Schicht 1.2 als stark schluffiger, sandiger Kies bzw. schwach schluffiger, vereinzelt kiesiger Sand anzusprechen.

Die Lagerungsdichte ist mitteldicht, beim Sand auch dicht. Es wird vermutet, dass der Sand mit Bindemittel verbessert wurde. Fremdbestandteile wurden keine festgestellt.

Das farbliche Spektrum reicht von rotbraun bis gelbgrau, lokal schwarzgrau fleckig.

Tab. 6: Eigenschaften Schicht 1.1 – Auffüllung, grob-/gemischtkörnig

Schichtbeschreibung	
Bodenart (Kurzzeichen lt. DIN EN ISO 14688-1)	si* sa Gr / si' gr'' Sa
Lagerungsdichte	mitteldicht, lokal dicht
Bautechnische Eigenschaften	
Scherfestigkeit (DIN 18 196)	mittel bis hoch
Zusammendrückbarkeit (DIN 18 196)	mittel bis gering
Durchlässigkeit (Bereiche nach DIN 18130)	durchlässig
Verdichtbarkeit (DIN 18 196)	mittel bis hoch
Witterungs-, Wasser- und Erosionsempfindlichkeit (DIN 18 196)	mittel bis gering
Erdbautechnische Eignung (DIN 18 196)	geeignet
Bautechnische Klassifizierung	
Bodengruppe (DIN 18 196)	[GU*, SW]
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB 17)	SW = F1 GU* = F3
Bodengruppen (ZTV A-StB 12, Anhang 1)	grob-/gemischtkörnige Böden
Bodenarten (ATV-DVWK-A 127)	G1, G3

Schicht 1.2: Auffüllung, feinkörnig

Die Schicht 1.2 wurde nur in KB 1 im nahen Umfeld der RRB B nachgewiesen. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass derartige Auffüllungen auch an anderen Stellen, bei Annäherung an Straßen / Wege bzw. Versorgungsleitungen auftreten können.

Schicht 1.2 wurde mit einer Mächtigkeit von 0,55 m nachgewiesen. Die Schicht 1.2 steht unterhalb des Oberbodens in einer Tiefe von 0,25 m an.

Dabei handelt es sich hauptsächlich um umgelagerten Hanglehm. Als Fremdmaterialien wurden Ziegelreste in geringer Menge festgestellt.

Die feinkörnige Auffüllung setzt sich aus einem sandigen, kiesigen, leicht- bis mittelplastischen Ton zusammen.

Zum Erkundungszeitpunkt konnte die feinkörnige Auffüllung in halbfester Konsistenz erkundet werden.

Die Färbung ist braun mit roten Flecken.

Der Erdstoff ist generell stark wasserempfindlich und neigt insbesondere bei mechanischer Beanspruchung (z. B. Befahrung oder Verdichtung) in Verbindung mit Wasser zu rascher Konsistenzverschlechterung.

Tab. 7: Eigenschaften / Klassifizierungen Schicht 1.2 – Auffüllung, feinkörnig

Schichtbeschreibung	
Bodenart (Kurzzeichen lt. DIN EN ISO 14688-1)	sa gr Cl, lokal Fremd Beimengungen
Plastizität	leicht- bis mittelplastisch
Konsistenz (zum Erkundungszeitpunkt)	halbfest
Bautechnische Eigenschaften	
Scherfestigkeit (DIN 18 196)	gering
Zusammendrückbarkeit (DIN 18 196)	mittel bis groß
Durchlässigkeit (Bereiche nach DIN 18130)	schwach bis sehr schwach durchlässig
Verdichtbarkeit (DIN 18 196)	schlecht
Witterungs-, Wasser- und Erosionsempfindlichkeit (DIN 18 196)	groß
Erdbautechnische Eignung (DIN 18 196)	bedingt geeignet (sehr wasserempfindlich)
Bautechnische Klassifizierungen	
Bodengruppe (DIN 18 196)	[TL-TM] (A)
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB 17)	F3
Bodengruppen (ZTV A-StB 12, Anhang 1)	feinkörnige Böden
Bodenarten (ATV-DVWK-A 127)	G4

Schicht 2: Lehm

Die als Lehm bezeichnete Schicht 2 umfasst Schichten unterschiedlicher Genese. Angetroffen wurde überwiegend solifluktuiv entstandener Hanglehm, welcher zum Liegenden hin in den ortständigen Verwitterungssand des anstehenden Mittleren Buntsandsteins übergeht. Nördlich der Autobahn kann lokal auch fluviatiler Schwemmlehm auftreten. Für die Zwecke der Baumaßnahme erfolgt keine weitere Differenzierung.

Tab. 8: Verbreitung Schicht 2

Bereich	Tiefenlage [m]	Mächtigkeit [m]
RRB A	0,2	0 – 0,65
RRB B / RKB B	0,25	0 – 0,5
Durchörterung A4 / RKB A	0,2 – 0,3	0,2 – 0,35
LW 1	nicht nachgewiesen	
LW 2	nicht nachgewiesen	
LW 3	nicht nachgewiesen	
LW 4	nicht nachgewiesen	
LW 5	nicht nachgewiesen	

Der Lehm liegt in Form eines sandigen bis stark sandigen, lokal sehr schwach bis schwach kiesigen, gelegentlich schwach organischen, mittel- bis ausgeprägt plastischen Tons vor.

Die zum Zeitpunkt der Erkundung festgestellte Konsistenz lag i. M. im steifen Bereich. Die Färbung umfasst braune, graue, gelbliche und rotbraune Töne meist liegt typische Marmorierung vor.

Der Erdstoff ist generell wasserempfindlich und neigt insbesondere bei mechanischer Beanspruchung in Verbindung mit Wasser zu rascher Konsistenzverschlechterung.

Tab. 9: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 2 – Lehm

Schichtbeschreibung	
Bodenart (Kurzzeichen lt. DIN EN ISO 14688-1)	sa-sa* gr''-gr' (or') Cl
Plastizität	mittel- bis ausgeprägt plastisch
Konsistenz (zum Erkundungszeitpunkt)	steif
Bautechnische Eigenschaften	
Scherfestigkeit (DIN 18 196)	gering bis mittel
Zusammendrückbarkeit (DIN 18 196)	mittel
Durchlässigkeit (Bereiche nach DIN 18130)	schwach durchlässig
Verdichtungsfähigkeit (DIN 18 196)	mäßig bis schlecht
Witterungs-, Wasser- und Erosionsempfindlichkeit (DIN 18 196)	groß
Erdbautechnische Eignung (DIN 18 196)	bedingt geeignet (sehr wasserempfindlich)
Bautechnische Klassifizierungen	
Bodengruppe (DIN 18 196)	TM, TA
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB 17)	F3 (TA = F2)
Bodengruppen (ZTV A-StB 12, Anhang 1)	feinkörnige Böden (TA nicht klassifiziert)
Bodenarten (ATV-DVWK-A 127)	G4

Schicht 3: Verwitterungssand

Die Schicht 3 umfasst sowohl ortsständigen Verwitterungssand des unterlagernden Buntsandsteins als auch sandigen, solifluktuiven Hangschutt, da eine Trennung visuell nicht möglich und für die Zwecke der Erkundungsaufgabe auch nicht erforderlich ist. Die Schicht 3 wurde im Untersuchungsgebiet nahezu flächendeckend angetroffen.

Tab. 10: Verbreitung Schicht 3

Bereich	Tiefenlage [m]	Mächtigkeit [m]
RRB A	0,3 – 0,85	0,95 – 1,5
RRB B/RKB B	0,4 – 0,8	0,7 – 1,35
Durchörterung A4 / RKB A	0,4 – 0,65*	0,4 – 1,25
LW 1	0,25	1,45
LW 2	0,2	0,45
LW 3	0,3	0,6
LW 4	0,25	0,85
LW 5	0,25	0,75

*...in KB 9 anthropogen bedingt fehlend

Es handelt sich dabei um wechselnd schluffige, sehr schwach kiesige bis selten kiesige Sande am Top auch schwach organisch.

Die Lagerungsdichte der Sande ist überwiegend als locker bis mitteldicht mit steigender Tiefe mitteldicht, selten dicht, am Top auch locker zu beschreiben.

Die Färbung schwankt zwischen braun, grau, gelb und ocker, z. T. rostfleckig.
Oft liegt Marmorierung vor.

Tab. 11: Klassifizierung und Eigenschaften Schicht 3 – Verwitterungssand

Schichtbeschreibung	
Bodenart (Kurzzeichen lt. DIN EN ISO 14688-1)	si' – si* gr''-gr (am Top or') Sa
Lagerungsdichte	i. M. locker bis mitteldicht, lokal mitteldicht, selten dicht bzw. locker
Bautechnische Eigenschaften	
Scherfestigkeit (DIN 18 196)	groß bis mittel
Zusammendrückbarkeit (DIN 18 196)	gering
Durchlässigkeit (Bereiche nach DIN 18130)	durchlässig
Verdichtbarkeit (DIN 18 196)	gut bis mittel
Witterungs-, Wasser- und Erosionsempfindlichkeit (DIN 18 196)	gering bis mittel
Erdbautechnische Eignung (DIN 18 196)	geeignet
Bautechnische Klassifizierung	
Bodengruppe (DIN 18 196)	SW, SU, SU*
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB 09)	SW = F1 SU = F2 SU* = F3
Bodengruppen (ZTV A-StB 12, Anhang 1)	grob-/gemischtkörnige Böden
Bodenarten (ATV-DVWK-A 127)	G1 - G3

Schicht 4.1: Festgestein, V4 – V3 (smVS)

Im Bereich des Untersuchungsgebietes stehen überwiegend Sandsteine des Mittleren Buntsandsteins an. Ton-/Schluffsteine wurden nur untergeordnet angetroffen.

Tab. 12: Verbreitung Schicht 4.1

Bereich	Tiefenlage [m]	Mächtigkeit [m]
RRB A	1,75 – 1,8	1,45 – 2,05
RRB B/RKB B	1,2 – 2,1	4,4 – 4,55
Durchörterung A4 / RKB A	0,8 – 1,9	1,8 – 3,0
LW 1	1,7	2,7
LW 2	0,65	4,35
LW 3	0,9	3,2
LW 4	1,1	2,3
LW 5	1,0	2,25

Das Festgestein setzt sich aus fein- bis mittelkörnigen, selten auch grobkörnigen Sandsteinen mit einzelnen dünnen Ton-/Schluffsteinlagen zusammen.

Die Festgesteine sind meist laminiert (0,6 bis 2 cm) selten bis dünn (6 bis 20 cm) geschichtet. Die Schichten fallen meist sählig (0° bis 10°), untergeordnet flach (10° bis 30°) ein. Die Festigkeit ist aufgrund vorliegender Bindemittelarmut meist gering, selten mäßig. Überwiegend sind die Sandsteine un- bis schwach geschichtet. Nur selten liegt Schrägschichtung vor. Stellenweise liegt Eischüssigkeit vor.

Die Buntsandsteinschichten weisen ein breites Farbspektrum von braun, rotbraun, grau, gelb, ocker bis rostig auf.

Tab. 13: Eigenschaften Schicht 4.1 – Festgestein, V4 – V3 (smVS)

Schichtbeschreibung (nach UT4)		
Gesteinsbezeichnung		1.1 Sandstein 1.2 Ton-/Schluffstein
Festigkeit		1.1 gering - mäßig hoch 1.2 sehr gering
Verwitterungsgrad		1.1 V3-V4 1.2 V4
Schichtung		1.1 grob laminiert – sehr dünn geschichtet 1.2 fein laminiert
Klüftung		1.1 engständig 1.2 mittelständig
Bautechnische Eigenschaften		
Scherfestigkeit	(DIN 18 196)	Gebirgsscherfestigkeit groß, Trennflächenscherfestigkeit mittel (bis gering)
Zusammendrückbarkeit	(DIN 18 196)	sehr gering - gering
Durchlässigkeit	(Bereiche nach DIN 18 130)	schwach bis sehr schwach durchlässig
Verdichtungsfähigkeit	(DIN 18 196)	mittel bis gut (mögl. Stein-/Blockanteil beachten)
Witterungs-, Wasser- und Erosionsempfindlichkeit	(DIN 18 196)	1.1 gering 1.2 groß
Erdbautechnische Eignung	(DIN 18 196)	bei Einsatz großer Verdichtungsgeräte geeignet, unter Grabenbedingungen eher ungeeignet
Bautechnische Klassifizierungen		
Bodengruppen	(DIN 18 196)	1.1 SG 1.2 SF

Schicht 4.2: Festgestein, < V3 (smVS)

Das mäßig verwitterte (V2) bis frische (V0) Festgestein steht in größerer Tiefe an. Meist sind die Übergänge fließend.

Weitestgehend sind die Beschreibungen der Schicht 4.1 auf die Schicht 4.2 übertragbar. Allerdings erfolgt mit der Abnahme der Verwitterungsstufe ein gewisser Anstieg der Festigkeit (gering – hoch) und eine Zunahme der Schichtdicke (grob laminiert bis dünn geschichtet). Schluff- und Tonsteine können auch deutlich geringere Festigkeiten aufweisen.

Die Mächtigkeit der Schicht 4.2 reicht bis weit unter Baueinflusstiefe.

Tab. 14: Tiefenlage Schicht 4.2

Bereich	Tiefenlage [m]
RRB A	3,25 – 3,85
RRB B/RKB B	5,9 – 6,65
Durchörterung A4 / RKB A	3,35 – 3,9
LW 1	4,4
LW 2	5,0
LW 3	4,1
LW 4	3,4
LW 5	3,25

4.3 Kennwerte und Eigenschaften gemäß VOB, Teil C - Homogenbereiche

Die einheitliche Beschreibung von Boden und Fels im Sinne der VOB erfolgt mit Angabe der Spannbreiten von Kennwerten und Eigenschaften sowie gewerkweise zu bildenden Homogenbereichen von Boden und Fels. Welche Kennwerte und Eigenschaften anzugeben sind, ist in den ATV'n vorgegeben.

Die erforderlichen Kennwerte und Eigenschaften zur Bildung von gewerkweisen Homogenbereichen sind in Anlage 7 tabellarisch dargestellt. Es werden die auf Erfahrungswerten unter Einbeziehung der Laborversuche abgeleiteten möglichen Spannbreiten für die Eigenschaften/Kennwerte angegeben. Die in Klammern gesetzten Wertepaare beziehen sich auf die mittels Laborversuchen bestimmten Spannbreiten.

Die Angaben in Anlage 7 zu den gewerkweise zu bildenden Homogenbereichen sind als Vorschläge von vgs zu verstehen, welche im weiteren Planungsprozess durch den Planer mit den Erfordernissen der Planung und der Gestaltung der Ausschreibung zu überprüfen und abzugleichen sind.

Für das Gewerk DIN 18300 - Erdarbeiten - ist bei der Bildung von Homogenbereichen neben dem Lösen auch der Einbau zu beachten. In Anlage 7 erfolgt eine Unterteilung in Homogenbereiche für das Lösen (EA-L) und gesondert für den Einbau (EA-E). Die Anwendung der Homogenbereiche für das Lösen empfiehlt sich nur, wenn der Aushub nicht im Rahmen der Baumaßnahme wiederverwendet wird und extern verwertet/beseitigt werden soll. Erfolgt eine Wiederverwertung des Aushubs im Baubereich, ist eine Untergliederung in Lösen und Einbau nicht zielführend. Dann empfiehlt sich allein die Anwendung der in der Regel feiner differenzierten Homogenbereiche für den Einbau (EA-E).

Dabei beziehen sich die Vorschläge der Einteilung in Homogenbereiche für den Einbau ausschließlich für eine planmäßige Verwertung der Erdstoffe innerhalb der Baumaßnahme bzw. des Bauvertrages.

Wie bereits bei Boden- und Felsklassen ist auch bei Homogenbereichen hinsichtlich Erdarbeiten abrechnungstechnisch stets der Ausgangszustand maßgebend.

Weiterhin beinhalten die Einstufungen in Homogenbereiche keinen Straßenaufbruch und keine großvolumigen Bestandteile wie Bauschutt, Beton, Fundamentreste u. ä.

Die Vorschläge für die Einteilung in Homogenbereiche berücksichtigen nicht die umwelttechnischen Einstufungen der Böden.

4.4 Rechenwerte

Den Schichten werden auf der Grundlage der Ergebnisse der Feld- und Laboruntersuchungen, von Erfahrungswerten und/oder anerkannten korrelativen Beziehungen die Berechnungswerte in Tabelle 15 zugeordnet. Diese stellen charakteristische Werte X_k im Sinne der DIN EN 1997-1:2009-09 dar. Der charakteristische Wert einer geotechnischen Kenngröße stellt nach dieser Vorschrift eine vorsichtige Schätzung desjenigen Wertes dar, der im Grenzzustand wirkt. Zur Ermittlung des Bemessungswertes für geotechnische Kenngrößen (X_d) sind die charakteristischen Werte durch die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M nach DIN EN 1997-1:2009-09, NDP, Tabelle A2.2 zu dividieren.

Die charakteristischen Werte beschreiben die mechanischen Eigenschaften der Schichten im erkundeten Zustand.

Nach DIN 1054:2010-12 darf die Steifigkeit von Boden und Fels im Grenzzustand GEO-2 und im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS) durch charakteristische Werte in Form von vorsichtigen Schätzwerten der Mittelwerte von Steifigkeitsparametern bzw. durch obere und untere charakteristische Werte von Steifigkeitsparametern erfasst werden.

In Zweifelsfällen ist (immer unter Berücksichtigung der konkreten Aufgabenstellung und Randbedingungen) mit oberen und unteren charakteristischen Werten zu rechnen.

Der angegebene Steifemodul ist im Sinne des für Setzungsberechnungen repräsentativen mittleren Zusammendrückungsmoduls (hier bestimmt aus Erfahrungswerten) zu verwenden und nicht durch Ansatz von Querdehnungszahlen oder sonstigen Korrekturwerten in andere Steifemoduln zu überführen. In Programmen, welche die Möglichkeit der Eingabe einer Querdehnungszahl bieten, ist die Querdehnungszahl daher auf Null zu setzen.

Tab. 15: Rechenwerte

Schicht Nr.	Bezeichnung	spezifische Eigenschaften bzw. Randbedingungen	wirksamer Reibungswinkel	wirksame Kohäsion	Wichten		Steifemodul
			ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	E_{sk} (Min/Max) [MN/m ²]
1.1	Auffüllung grob-/gemischtkörnig	mitteldicht	30	0	18	11	20 (16 – 30)
1.2	Auffüllung feinkörnig	halbfest	24	4	19	9	8 (4 – 10)
2	Lehm	steif	24	6	19	10	8 (6 – 12)
3	Verwitterungssand	locker-mitteldicht	28	4	20	11	28 (20 – 50)
4.1	Festgestein, V4 – V3	sandsteindominiert	30	12	22	-	40 (30 – 80)
4.2	Festgestein, < V3	Gebirgskennwerte	38	200	24	-	60 (50 – 200)

4.5 Grundwasserverhältnisse /-chemismus

Im Bereich des Hermisdorfer Kreuzes liegt eine Oberflächen- und Grundwasserscheide. Der Abfluss der untersuchten Industriegebietsfläche erfolgt über den Vorfluter Rauda nördlich der Autobahn nach Osten in die Weiße Elster.

Die zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung angetroffen Wasserstände sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. In den Altpiegeln wurde am 28.02.2019 der Wasserstand gemessen.

Tab. 16: Grundwasserstände

Aufschluss	Wasseranschnitt		Ruhewasser		Datum Ruhewasserstand
	[m u. GOK]	[m NHN]	[m u. GOK]	[m NHN]	
RRB A					
BK 1/12 GWM	n.m.	-	1,85 1,68	341,43 341,60	23.08.2012 28.02.2019
KB 11 / GWM	1,9	342,93	3,05*	341,78	25.08.2019
KB 10	2,8	341,49	2,25	342,04	22.02.2019
RRB B / RKB B					
KB 1	n.m.	-	3,9**	345,1	19.02.2019
KB 2	n.m.	-	1,25	348,98	22.02.2019
Durchörterung A4					
KB 9	n.m.	-	2,55	341,11	22.02.2019
KB 8	0,9 1,9	341,16 340,16	0,8	341,26	28.02.2019
RKB A					
KB 7	2,8	338,26	2,1	338,96	28.02.2019
LW 1					
KB 12	2,4	347,82	2,3	347,92	22.02.2019
LW 2					
KB 5	n.m.	-	1,3	345,43	22.02.2019
LW 3					
KB 6	1,5	352,95	1,05	353,4	28.02.2019
BK 3/12 GWM	n.m.	-	3,38 3,25	351,44 352,57	24.08.2012 28.02.2019
LW 4					
KB 3	n.m.	-	1,45	347,19	22.02.2019
LW 5					
KB 4	1,9	351,66	1,0	352,56	22.02.2019
BK 2/12 GWM	n.m.	-	4,65 4,3	349,39 350,74	23.08.2012 28.02.2019

*...Wasserspiegel vor Pegelausbau auf 3,3 m abgesunken

**...Wasserspiegel vor Pegelausbau auf 4,65 m abgesunken

Anlage 6 enthält eine Interpolation der Grundwasseroberfläche. Der Isohypsenverlauf ist abgesehen von einer kleinen Abweichung bei KB 1 (RRB B) sehr gleichmäßig und plausibel. Es verdeutlicht eine Grundwasserfließrichtung nach Westen auf die Vorflut zu. Der Grundwasserflurabstand schwankt zwischen 1 und 4 m. Es ist davon auszugehen, dass es sich bei dem angetroffenen Wasser um sog. schwebendes Grundwasser (Schichtwasser) handelt, welches im oberflächennahen stark verwitterten bzw. zersetzten Festgestein in Abhängigkeit von der Morphologie zirkuliert. Der eigentliche Grundwasserspiegel in den klüftigen Festgesteinen des Buntsandsteins (Kluftgrundwasserleiter) liegt tiefer und ist für die Baumaßnahme nicht relevant.

Bei der Interpolation wurden die aktuellen Messwerte der Altpegel BK2/12 und BK 3/12 nicht berücksichtigt. Die Pegel liegen jeweils nur ca. 50 m nordöstlich von LW3 bzw. LW5 (vgl. Anlage 1.3), weisen jedoch Unterschiede in den Wasserständen von > 2 bzw. > 3 m zu den in den aktuellen Bohrungen gemessenen Wasserständen auf (s. Tabelle 16).

Eine Erklärung dieser Verhältnisse ist nur über die Annahme des Vorhandenseins mehrerer Wasseranschnitte, wie in KB 8 festgestellt, möglich. Wasseranschnitte lassen sich nur in dem Abschnitt der Bohrung ermitteln, der als Trockenbohrung (Festgestein V5 (V4)) ausgeführt wird, sobald das Gestein fester wird und auf Spülbohren umgestellt werden muss, ist das nicht mehr möglich. Da in den Altbohrungen keine Wasseranschnitte dokumentiert sind, kann nur vermutet werden, dass der Bereich des oberen Wasseranschnittes in diesen Pegeln durch die bis 1,5 bzw. 2,0 m u. GOK eingebrachte Tonsperre abgedichtet wurde. Damit verdeutlichen die gemessenen Werte aller Wahrscheinlichkeit nach einen tieferen Schichtwasserhorizont innerhalb der klüftigen Sandsteine über undurchlässigen, lokalen Tonsteinlagen (Flurabstand zwischen 3 und 5 m).

Die oben aufgeführten Messwerte stellen den Wasserstand zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung dar. Typisch für oberflächennahes, schwebendes Grundwasser sind jahreszeitliche und niederschlagsabhängige Spiegelschwankungen, die meist Werte von mehreren Dezimetern aufweisen. So liegen die aktuell in den Altpegeln gemessenen Wasserstände 0,13 bis 0,35 m höher, als die Werte vom August 2012.

Zur Ermittlung von Minimal- bzw. Höchstwasserständen wurden in die neu errichteten Grundwassermessstellen KB 1 und KB 11 an den RRB Standorten Datenlogger eingebaut, welche für die Dauer eines Jahres mehrmals täglich den Wasserstand dokumentieren. Die Auswertung der Datenreihen erfolgt in einem separaten Bericht.

Wenn in ausreichender Mächtigkeit vorhanden, dann stellt der Sandstein bzw. seinen Zersatz überdeckende Lehm einen Hangendstauer dar. Er wird i. allg. als nur schwach durchlässig (wahrscheinliche k_f -Wertspanne von $1,0 \times 10^{-6}$ bis 5×10^{-8} m/s) charakterisiert.

Für die unter Schicht 3 zusammengefassten Hangschutt und Zersatzbildungen des Buntsandsteins wurden in /UP9/ anhand von Feldversuchen Durchlässigkeiten von ca. 1×10^{-5} bis 8×10^{-6} m/s ermittelt. Für den Kluftgrundwasserleiter Sandstein (Schicht 4.2) werden ebenfalls auf der Basis von Feldversuchen Durchlässigkeiten von 5×10^{-5} bis 1×10^{-7} m/s angegeben. Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass die Durchlässigkeit lokal im Bereich stärkerer Klüftung durchaus (deutlich) höher liegen kann. Hinsichtlich der Berechnung von Maßnahmen der Grundwasserhaltung wird zusätzlich auf die Angaben zur Durchlässigkeit in Anlage 7 – Tabelle Schwankungsbreiten der Kennwerte / Eigenschaften und Homogenbereiche verwiesen. Hierbei handelt es sich um mögliche, d. h. quasi extreme Schwankungsbereiche, die der Dimensionierung der Anlagen zugrunde gelegt werden sollten (hohe k_f -Werte für die Ermittlung möglicher Wassermengen / Pumpenleistungen, kleinere k_f -Werte für die Ermittlung Brunnenabstände etc. zur Sicherstellung des Absenkzieles). Im Kluftgrundwasserleiter Sandstein sind die k_f -Werte als „verschmierte Durchlässigkeiten“ zu betrachten. Dementsprechend sind immer Reserven hinsichtlich örtlich höherer Pumpenleistungen bzw. Verdichtung von Brunnenabständen einzuplanen.

Für die kleineren wahrscheinlichen Schwankungsbereiche, welche ausschließlich als Grundlage für die Ermittlung der Fördermengen hinsichtlich Einleitgenehmigungen etc. dienen sollten, ist von k_f -Werten eine halbe Zehnerpotenz kleiner / größer als der angegebene mögliche Schwankungsbereich auszugehen.

Sowohl aktuell, als auch in /UP9/ wurden Wasserproben entnommen und chemisch auf Betonaggressivität und Stahlkorrosivität untersucht. Die Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle gegenübergestellt (BK3/12 Wert aus Altgutachten übernommen). Die Anlagen 3.7 und 3.8 enthalten die aktuellen Analysenprotokolle.

Tab. 17: Ergebnisse Grundwasseranalysen

Aufschluss	Stahlkorrosivität				Betonaggressivität DIN EN 206
	Mulden-/Lochkorrosion		Flächenkorrosion		
	Unterwasser	Wasser/Luft	Unterwasser	Wasser/Luft	
BK 1/12	mittel	mittel	gering	gering	XA2 (71,5 mg/l kalklösende Kohlensäure)
BK 3/12	-	-	-	-	XA2 (56,1 mg/l kalklösende Kohlensäure)
KB 1	hoch	hoch	mittel	mittel	XA2 (59,4 mg/l kalklösende Kohlensäure)
KB 11	mittel	mittel	gering	gering	XA2 (54,3 mg/l kalklösende Kohlensäure)

5. GRÜNDUNGSTECHNISCHE SCHLUßFOLGERUNGEN BAUWERKE

5.1 Allgemeines

Die geplanten Maßnahmen wurden entsprechend des vorliegenden Planungsstandes unter Punkt 1.1 beschrieben. Weitere Angaben oder Pläne sowie Schnitte etc. lagen zum Bearbeitungszeitpunkt nicht vor. Es wird empfohlen, im Zuge des Planungsfortschrittes, bei Vorliegen von Schnittdarstellungen, die Aufschlussprofile zur Visualisierung der Baugrundsichtung "einzuhängen".

Die geplante Sohle der Bauwerke ist zur Orientierung in die Aufschlussprofil Darstellungen in Anlage 2 eingetragen worden.

Die nachfolgenden Gründungsempfehlungen werden objektbezogen gegeben. Hinweise zur Bauausführung erfolgen allgemein für alle Objekte, nur bei lokalen Besonderheiten ebenfalls objektbezogen.

Allgemein sind die Baugrundverhältnisse hinsichtlich der Gründung mit oberflächennah anstehenden Sandsteinschichten als gut bis sehr gut zu bezeichnen. Besonders zu beachten sind Aufwendungen zum Lösen im Fels sowie für Baugrubenherstellung und Wasserhaltung.

5.2 Sicherung gegen Aufschwimmen

Sämtliche Bauwerke befinden sich deutlich unterhalb des erkundeten Grundwasserdruckniveaus. Der dem Nachweis gegen Aufschwimmen zugrunde zu legende Bemessungswasserstand lässt sich aus dem erkundungszeitlich ermittelten Druckniveau nicht unmittelbar ableiten. Die Kernbohrungen KB 1 und KB 11 (RRB A und RRB B) wurden zu Beobachtungspegeln, bestückt mit Datenloggern, ausgebaut. Die Logger messen mehrmals täglich den Grundwasserstand (angesetzter Messzeitraum 12 Monate). Aus diesen Messreihen lassen sich Hinweise zum Schwankungsbereich des Grundwasserdruckniveaus ableiten. Allerdings kann nicht davon ausgegangen werden, dass bei dem vergleichsweise geringen Messzeitraum das Maximum des unbekannten / möglichen Druckniveaus ermittelt wird. Den Erkundungen vorausgegangen ist das extrem trockene Jahr 2018. Damit liegt das während der Erkundung gemessene Druckniveau sehr wahrscheinlich im unteren Bereich des wahrscheinlichen Druckniveaus.

Vorbehaltlich anderer Erkenntnisse empfehlen wir für die Bemessung der Auftriebssicherheit von einem 1,0 m über dem erkundeten Druckniveau liegenden Bemessungsdruckniveau, zuzüglich einer Sicherheitsreserve von 0,5 m = 1,5 m, auszugehen.

Die Auftriebssicherheit (Sicherheit gegen Aufschwimmen der Bauwerke) ist für den Leerzustand der Bauwerke zu gewährleisten. Es ist bis auf die Ausnahme RRB B weitestgehend auszuschließen, dass die Auftriebssicherheit allein durch das Eigengewicht der Bauwerke / Behälter realisierbar ist.

Nach unserer Einschätzung stellt hier die zu bevorzugende Lösung zur Gewährleistung der Auftriebssicherheit der Einbau von Auftriebspfählen in der Sohle dar, welche die Bauwerke in den Untergrund rückverankern.

Dies erfolgt durch rasterförmig angeordnete und mit der Stahlbetonsohle verbundene Mikropfähle. Zur Vorbemessung der Mikropfähle kann auf die Ausführungen im Grundbautaschenbuch, Teil 2, Verlag Ernst & Sohn, 8. Auflage, Kap. 2. Verpressanker, Bodennägel und Zugpfähle, 1.8.3.3. Abschätzung der bodenmechanischen Tragfähigkeit zurückgegriffen werden. In Tab. 6 sind Anhaltswerte für die Gebrauchsmantelreibung $\text{cal } \tau_M$ von Felsankern unter Bezug auf Ostermeyer enthalten. Danach kann für die vorliegenden geologischen Verhältnisse mit Lastabtragung der Mikropfähle im Sandstein <V3 grundsätzlich von $\text{cal } \tau_M = 0,4 \text{ MN/m}^2$ ausgegangen werden. Die Pfahllänge sollte im Allgemeinen 4 bis 5 m nicht unterschreiten und bei Ansatz des zuvor genannten Wertes von $\text{cal } \tau_M = 0,4 \text{ MN/m}^2$ mind. 6,0 m betragen.

Die Sicherheit gegenüber der Bruchlast liegt erfahrungsgemäß zwischen 2 bis 3 und sollte mit 2 angenommen werden.

Hinsichtlich der durchzuführenden Nachweise wird empfohlen, sich an der EAB, 10.5, Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen (EB 62) zu orientieren.

Nachzuweisen ist einerseits die Sicherheit des Herausziehens der Verankerungselemente.

Wenn auch im Fels und angesichts der darüber angeordneten Stahlbetonbodenplatten nur bedingt zutreffend, so ist es dringend anzuraten, auch die Sicherheit gegen Hausziehen des an den einzelnen Verpressanker / Zugpfahl angehängten Bodens (vgl. Bild EB 62-2) nachzuweisen.

Gruppenwirkungen der rasterförmig angeordneten Verankerungselemente sind zu berücksichtigen. Nach EAB (EB62) sollte bei Zugpfählen zur Auftriebssicherung der maximale Abstand nicht über 3,5 m betragen.

5.3 Erddruckansatz

Für den Erddruckansatz auf die Beckenwände empfehlen wir den Ansatz des Erdruhedrucks. Auch wenn im Felshorizont, gerade der Schicht 4.2, die Ausbildung des klassischen Erdruhedrucks nur noch wenig wahrscheinlich ist und es sich hier eher um den „Silodruck“ der Hinterfüllung handelt, so ergibt allein der Ansatz des Erdruhedrucks auf Basis der Rechenwerte in Tab. 15 in Schicht 4.2 so geringe Werte, dass die Standfestigkeit des Felshorizontes im ausreichende Maße abgebildet wird. Zum Vergleich sollte der Erddruck aus der Hinterfüllung gegenübergestellt werden, wobei der höhere Wert für die Beckenbemessung anzusetzen wäre.

5.4 Gründungsempfehlung Regenrückhaltebecken RRB A

Für den Bereich des geplanten Regenrückhaltebeckens RRB A gelten die Aufschlüsse KB 11 (mit Ausbau zur Grundwassermessstelle GWM) und KB 10 mit den zugehörigen schweren Rammsondierungen DPH B11 und DPH B10.

Die im Lageplan auf Basis der zur Verfügung gestellten Pläne am RRB A enthaltene Bezeichnung „Regenklärbecken“ ist fehlerhaft und bezieht sich mit den Maßangaben auf das Regenrückhaltebecken. Das zugehörige Regenklärbecken RRB RKB A befindet sich nördlich der mittels Durchörterung zu querenden Autobahn. Es wird in einem gesonderten Kapitel betrachtet.

Aufschlussprofile und Rammprogramme sind in Anlage 2.1 enthalten. Zusätzlich wurden zur Beurteilung der Untergrundverhältnisse die Altaufschlüsse BS 1/12, BK 1/12, BS 7/12 herangezogen. Die Aufschlussprofile der Altaufschlüsse sind mit Ausnahme von BS 1/12 nicht im gegenständlichen Bericht enthalten. Weiterhin kann der aktuelle Aufschluss KB 9 (Anlage 2.3) herangezogen werden.

Die Beckensohle des 86 m langen und 46 m breiten Stahlbetonbauwerkes soll in einer Tiefe von ca. 4,6 m (Niveau 339,6 m NHN) liegen. Bei einer derzeit geplanten Sohldicke von 0,5 m und Annahme einer 10 cm starken Sauberkeitsschicht liegt die Baugrubensohle bei etwa 5,2 m unter GOK (Niveau 339,0 m NHN). Sie befindet sich damit durchgängig sicher im Festgestein <V3 (Sandstein) und bis zu etwa 3,3 m unter dem erkundeten Grundwasserdruckniveau.

Der Bemessung der Stahlbetonbodenplatte kann ein Bettungsmodul von $k_s = 50 \text{ MN/m}^3$ zugrunde gelegt werden. Die Setzungen werden marginal im Millimeterbereich bleiben und hängen vordergründig von der Qualität der Herrichtung der Baugrubensohle und ggf. Verdichtung einer voraussichtlich erforderlichen Dränschicht in der Sohle ab.

Das Bauwerk muss auftriebssicher gegen Aufschwimmen bemessen werden. Hierzu gelten die Ausführungen unter 5.2.

Bezogen auf die maßgebliche KB 11 (GWM) mit einem erkundeten Grundwasserdruckniveau bei 1,9 m u. GOK (341,9 m NHN) wird ein Bemessungswasserstand für die Berechnung der Auftriebsicherheit (einschließlich 0,5 m Sicherheitsreserve) von 0,4 m unter GOK (344,4 m NHN) abgeleitet. Dieses Niveau liegt 0,2 m über der geplanten OK Becken.

Für das RRB A ist davon auszugehen, dass zur Sicherung gegen Aufschwimmen Maßnahmen zur Rückverankerung entsprechend 5.2 erforderlich werden.

5.5 Gründungsempfehlung RKB RRB A

Für den Bereich des geplanten Regenklärbeckens RKB RRB A nördlich der Autobahn gilt der Aufschluss KB 7.

Das Aufschlussprofil ist in der Anlage 2.3 enthalten.

Die Beckensohle des 12,0 m langen und ca. 4,0 m breiten Stahlbetonbauwerkes RKB RRB A soll in einer Tiefe von ca. 5,5 m (Niveau 335,46 m NHN) liegen. Die Baugrubensohle liegt entsprechend Sohlplattendicke und Sauberkeitsschicht um ca. 0,5 m tiefer.

Die Baugrubensohle befindet sich deutlich in der Schicht 4.2 - Festgestein <V3 (Sandstein) und zudem etwa 4,0 m unter dem erkundeten Grundwasserdruckniveau.

Der Bemessung der Stahlbetonbodenplatte des RKB kann ein Bettungsmodul von $k_s = 50 \text{ MN/m}^3$ zugrunde gelegt werden. Die Setzungen werden marginal im Millimeterbereich bleiben und hängen vordergründig von der Qualität der Herrichtung der Baugrubensohle und ggf. Verdichtung einer voraussichtlich erforderlichen Dränschicht in der Sohle ab.

Das Bauwerk muss auftriebssicher gegen Aufschwimmen bemessen werden. Hierzu gelten die Ausführungen unter 5.2.

Bezogen auf das erkundete Grundwasserdruckniveau bei 2,1 m u. GOK (339,0 m NHN) würde sich ein Bemessungswasserstand für die Berechnung der Auftriebssicherheit einschließlich 0,5 m Sicherheitsreserve von 0,6 m unter GOK (340,5 m NHN) ergeben.

Für das RKB RRB A ist somit davon auszugehen dass zur Sicherung gegen Aufschwimmen Maßnahmen zur Rückverankerung entsprechend 5.2 erforderlich werden.

5.6 Gründungsempfehlung RRB B und RKB RKB B

Für den Bereich des geplanten Regenrückhaltebeckens RRB B und des unmittelbar angrenzenden Regenklärbeckens RKB RRB B gelten die Aufschlüsse KB 1 (mit Ausbau zur Grundwassermessstelle GWM) und KB 2 mit den dazu gehörenden schweren Rammsondierungen DPH B1 und DPH B2. Zusätzlich wurde zur Beurteilung der Untergrundverhältnisse der Altaufschluss BS 6/12 herangezogen.

Aufschlussprofile und Rammdiagramme sind als Anlage 2.1 enthalten.

Die Beckensohle des 30,8 m langen und 26,8 m breiten Stahlbetonbauwerkes RRB B soll in einer Tiefe von ca. 3,7 m (Niveau 344,5 m NHN) liegen. Bei einer derzeit geplanten Sohldicke von 0,5 m und Annahme einer 10 cm starken Sauberkeitsschicht liegt die Baugrubensohle bei etwa 6,0 m unter mittlerem Geländeniveau (Niveau 343,9 m NHN). Sie befindet sich damit durchgängig im Festgestein V4-V3 (Schicht 4.1) ca. 0,3 m bis 0,8 über dem Horizont Festgestein <V3 (Sandstein) und bis zu etwa 5,1 m unter dem erkundeten Grundwasserdruckniveau.

Das Gelände soll im Bereich des RRB B um ca. 2 m abgetragen werden. Dies bedeutet, dass sich das Gelände bereits unterhalb des erkundeten Grundwasserstandes befinden wird und sich damit das sehr wahrscheinlich dauerhafte Erfordernis einer Dränierung von übertretendem Grundwasser ergeben würde.

Für das RKB RRB B mit einer Länge von 24 m und einer Breite von 6 m ist ein Geländeabtrag um ca. 5 m, also noch einmal ca. 3 m tiefer als beim angrenzenden RRB B, geplant. Die Beckensohle wird sich bei etwa 5,8 m unter dem abgetragenen Gelände bzw. etwa 9,8 m unter dem jetzigen Gelände im Niveau 340,11 m NHN und die Sohle je nach Sohlaufbau entsprechend ca. 0,5 – 0,6 m tiefer befinden.

Der Bemessung der Stahlbetonbodenplatte der RRB kann ein Bettungsmodul von $k_s = 40 \text{ MN/m}^3$ und der Platte des RKB von $k_s = 50 \text{ MN/m}^3$ zugrunde gelegt werden. Die Setzungen werden marginal im Millimeterbereich bleiben und hängen vordergründig von der Qualität der Herrichtung der Baugrubensohle und ggf. Verdichtung einer voraussichtlich erforderlichen Dränschicht in der Sohle ab.

Die Bauwerke müssen auftriebssicher gegen Aufschwimmen bemessen werden. Hierzu gelten die Ausführungen unter 5.2.

Bezogen auf die maßgebliche KB 2 mit einem erkundeten Druckniveau bei 1,25 m (349,0 m NHN) würde sich ein Bemessungswasserstand für die Berechnung der Auftriebssicherheit einschließlich 0,5 m Sicherheitsreserve über dem Geländeniveau ergeben. Im Zusammenhang mit dem geplanten Geländeabtrag kann der Bemessungswasserstand für beide Objekte auf das tiefer gelegene Geländeniveau nach dem Abtrag beim RKB auf 344,96 m NHN bezogen werden. Dabei ist für eventuell eingeschüttete Abschnitte des RRB's oberhalb dieses Niveaus, durch eine entsprechende durchlässige Hinterfüllung in Kombination mit einer Dränage sicher zu stellen, dass möglichst kein Wasseranstieg über dieses Niveau erfolgen kann.

Unter diesen Voraussetzungen ist einzuschätzen, dass das RRB allein aufgrund seines Eigengewichtes auch für den Leerzustand auftriebssicher dimensioniert werden kann.

Für das RKB ist davon auszugehen dass zur Sicherung gegen Aufschwimmen Maßnahmen zur Rückverankerung entsprechend 5.2 erforderlich werden.

5.7 Gründungsempfehlung LW1

Für den Bereich des geplanten Löschwasserbehälters LW1 gilt der Aufschluss KB 12. Das Aufschlussprofil ist als Anlage 2.4 enthalten.

Die Beckensohle soll bei ca. 5,15 m unter Gelände liegen und das Beckenvolumen 400 m^3 betragen. Je nach Beckenhöhe würde dies bei einem kreisförmigen Grundriss auf einen Durchmesser um ca. 10,5 m hinauslaufen. Die Baugrubensohle würde entsprechend der Dicke von Sohlplatte und Sauberkeitsschicht um ca. 0,5 m tiefer liegen.

Sie befindet sich damit durchgängig im Festgestein <V3 (Sandstein) der Schicht 4.2 und bis zu etwa 3,4 m unter dem erkundeten Grundwasserdruckniveau.

Der Bemessung der Stahlbetonbodenplatte des Behälters kann ein Bettungsmodul von $k_s = 50 \text{ MN/m}^3$ zugrunde gelegt werden. Die Setzungen werden marginal im Millimeterbereich bleiben und hängen vordergründig von der Qualität der Herrichtung der Baugrubensohle und ggf. Verdichtung einer voraussichtlich erforderlichen Dränschicht in der Sohle ab.

Das Bauwerk muss auftriebssicher gegen Aufschwimmen bemessen werden. Hierzu gelten die Ausführungen unter 5.2.

Bezogen auf den erkundeten Grundwasserstand bei 2,3 m (347,9 m NHN) würde sich der Bemessungswasserstand für die Berechnung der Auftriebssicherheit einschließlich 0,5 m Sicherheitsreserve bei 0,8 m unter Gelände (Niveau 349,4 m NHN) ergeben.

Unter diesen Voraussetzungen ist einzuschätzen, dass für den Behälter LW1 zur Sicherung gegen Aufschwimmen Maßnahmen zur Rückverankerung entsprechend 5.2 erforderlich werden.

5.8 Gründungsempfehlung LW2

Für den Bereich des geplanten Löschwasserbehälters LW2 gilt der Aufschluss KB 5. Das Aufschlussprofil ist als Anlage 2.5 enthalten.

Die Beckensohle soll bei ca. 5,1 m unter Gelände liegen und das Beckenvolumen 200 m³ betragen. Je nach Beckenhöhe würde dies bei einem kreisförmigen Grundriss auf einen Durchmesser um ca. 8 m hinauslaufen. Die Baugrubensohle würde sich entsprechend der Dicke von Sohlplatte und Sauberkeitsschicht um ca. 0,5 m tiefer befinden.

Sie befindet sich damit gemäß Aufschluss KB 5 im Festgestein <V3 (Sandstein) der Schicht 4.2 und bis zu etwa 4,3 m unter dem erkundeten Grundwasserdruckniveau.

Da über den Beckengrundriss hinweg partiell noch Restmächtigkeiten des stärker verwitterten Horizontes der Schicht 4.1 nicht auszuschließen sind, sollte die Schicht 4.1 bemessungswirksam herangezogen werden, so dass zur Bemessung der Stahlbetonbodenplatte des Behälters ein Bettungsmodul von $k_s = 50 \text{ MN/m}^3$ zugrunde gelegt werden sollte. Die Setzungen werden marginal im Millimeterbereich bleiben und hängen vordergründig von der Qualität der Herrichtung der Baugrubensohle und ggf. Verdichtung einer voraussichtlich erforderlichen Dränschicht in der Sohle ab.

Das Bauwerk muss auftriebssicher gegen Aufschwimmen bemessen werden. Hierzu gelten die Ausführungen unter 5.2.

Bezogen auf den erkundeten Grundwasserstand bei 1,3 m (345,4 m NHN) würde sich der Bemessungswasserstand für die Berechnung der Auftriebssicherheit einschließlich 0,5 m Sicherheitsreserve bereits 0,2 m über dem Gelände ergeben, so dass OK Gelände mit 346,7 m NHN das maßgebliche Bemessungsniveau darstellt.

Unter diesen Voraussetzungen ist einzuschätzen, dass für den Behälter LW2 zur Sicherung gegen Aufschwimmen Maßnahmen zur Rückverankerung entsprechend 5.2 erforderlich werden.

5.9 Gründungsempfehlung LW3

Für den Bereich des geplanten Löschwasserbehälters LW3 gilt der Aufschluss KB 6. Das Aufschlussprofil ist als Anlage 2.6 enthalten.

Die Beckensohle soll bei ca. 5,15 m unter Gelände liegen und das Beckenvolumen 400 m³ betragen. Je nach Beckenhöhe würde dies bei einem kreisförmigen Grundriss auf einen Durchmesser um ca. 10,5 m hinauslaufen. Die Baugrubensohle würde entsprechend der Dicke von Sohlplatte und Sauberkeitsschicht um ca. 0,5 m tiefer liegen.

Sie befindet sich damit sicher im Festgestein < V3 (Sandstein) der Schicht 4.2 und bis zu etwa 4,6 m unter dem erkundeten Grundwasserdruckniveau.

Der Bemessung der Stahlbetonbodenplatte der Behälters kann ein Bettungsmodul von $k_s = 50 \text{ MN/m}^3$ zugrunde gelegt werden. Die Setzungen werden marginal im Millimeterbereich bleiben und hängen vordergründig von der Qualität der Herrichtung der Baugrubensohle und ggf. Verdichtung einer voraussichtlich erforderlichen Dränschicht in der Sohle ab.

Das Bauwerk muss auftriebssicher gegen Aufschwimmen bemessen werden. Hierzu gelten die Ausführungen unter 5.2.

Bezogen auf den erkundeten Grundwasserstand bei 1,05 m (353,4 m NHN) würde sich der Bemessungswasserstand für die Berechnung der Auftriebssicherheit einschließlich 0,5 m Sicherheitsreserve bereits ca. 0,5 m über dem Gelände ergeben, so dass OK Gelände mit 354,5 m NHN das maßgebliche Bemessungsniveau darstellt.

Unter diesen Voraussetzungen ist einzuschätzen, dass für den Behälter LW3 zur Sicherung gegen Aufschwimmen Maßnahmen zur Rückverankerung entsprechend 5.2 erforderlich werden.

5.10 Gründungsempfehlung LW4

Für den Bereich des geplanten Löschwasserbehälters LW4 gilt der Aufschluss KB 3. Das Aufschlussprofil ist als Anlage 2.7 enthalten.

Die Beckensohle soll bei ca. 5,1 m unter Gelände liegen und das Beckenvolumen 200 m³ betragen. Je nach Beckenhöhe würde dies bei einem kreisförmigen Grundriss auf einen Durchmesser um ca. 8 m hinauslaufen. Die Baugrubensohle würde sich entsprechend der Dicke von Sohlplatte und Sauberkeitsschicht um ca. 0,5 m tiefer befinden.

Sie befindet sich damit anhand des Aufschlusses KB 3 deutlich im Festgestein < V3 (Sandstein) der Schicht 4.2 und bis zu etwa 4,2 m unter dem erkundeten Grundwasserdruckniveau.

Der Bemessung der Stahlbetonbodenplatte des Behälters kann ein Bettungsmodul von $k_s = 50 \text{ MN/m}^3$ zugrunde gelegt werden. Die Setzungen werden marginal im Millimeterbereich bleiben und hängen vordergründig von der Qualität der Herrichtung der Baugrubensohle und ggf. Verdichtung einer voraussichtlich erforderlichen Dränschicht in der Sohle ab.

Das Bauwerk muss auftriebssicher gegen Aufschwimmen bemessen werden. Hierzu gelten die Ausführungen unter 5.2.

Bezogen auf den erkundeten Grundwasserstand bei 1,45 m (347,2 m NHN) würde sich der Bemessungswasserstand für die Berechnung der Auftriebssicherheit einschließlich 0,5 m Sicherheitsreserve im Niveau OK Gelände ergeben, so dass OK Gelände mit 348,64 m NHN das maßgebliche Bemessungsniveau darstellt.

Unter diesen Voraussetzungen ist einzuschätzen, dass für den Behälter LW4 zur Sicherung gegen Aufschwimmen Maßnahmen zur Rückverankerung entsprechend 5.2 erforderlich werden.

5.11 Gründungsempfehlung LW5

Für den Bereich des geplanten Löschwasserbehälters LW5 gilt der Aufschluss KB 4. Das Aufschlussprofil ist als Anlage 2.8 enthalten.

Die Beckensohle soll bei ca. 5,15 m unter Gelände liegen und das Beckenvolumen 400 m³ betragen. Je nach Beckenhöhe würde dies bei einem kreisförmigen Grundriss auf einen Durchmesser um ca. 10,5 m hinauslaufen. Die Baugrubensohle würde entsprechend der Dicke von Sohlplatte und Sauberkeitsschicht um ca. 0,5 m tiefer liegen.

Sie befindet sich damit sicher im Festgestein < V3 (Sandstein) der Schicht 4.2 und bis zu etwa 4,7 m unter dem erkundeten Grundwasserdruckniveau.

Der Bemessung der Stahlbetonbodenplatte der Behälters kann ein Bettungsmodul von $k_s = 50 \text{ MN/m}^3$ zugrunde gelegt werden. Die Setzungen werden marginal im Millimeterbereich bleiben und hängen vordergründig von der Qualität der Herrichtung der Baugrubensohle und ggf. Verdichtung einer voraussichtlich erforderlichen Dränschicht in der Sohle ab.

Das Bauwerk muss auftriebssicher gegen Aufschwimmen bemessen werden. Hierzu gelten die Ausführungen unter 5.2.

Bezogen auf den erkundeten Grundwasserstand bei 1,0 m (352,6 m NHN) würde sich der Bemessungswasserstand für die Berechnung der Auftriebssicherheit einschließlich 0,5 m Sicherheitsreserve bereits ca. 0,5 m über dem Gelände ergeben, so dass OK Gelände mit 353,6 m NHN das maßgebliche Bemessungsniveau darstellt.

Unter diesen Voraussetzungen ist einzuschätzen, dass für den Behälter LW5 zur Sicherung gegen Aufschwimmen Maßnahmen zur Rückverankerung entsprechend 5.2 erforderlich werden.

6. HINWEISE UND EMPFEHLUNGEN ZUR BAUAUSFÜHRUNG

6.1 Baugrube

Für eine abgeböschte Baugrube werden innerhalb des Gültigkeitsbereiches der DIN 4124 für unbelastete Böschungskanten vorab die Generalneigungen in nachfolgender Tabelle empfohlen.

Tab. 18: Graben- / Baugrubenböschungen

Schicht	zul. Böschungswinkel β
1 – Auffüllung	$\leq 45^\circ$
2 – Lehm	$\leq 60^\circ$
3 - Verwitterungssand	$\leq 45^\circ$
4.1 / 4.2 Festgestein	$\leq 60 (\leq 70-80^\circ) *$

* nach sachkundiger Begutachtung Verteilung bis auf 70° bis maximal 80° in Schicht 4.2 möglich

Unter Wassereinfluss und / oder Konsistenzen kleiner steif (weich / breiig) wären im Lockergestein der Schichten 1 bis 2 Abflachungen um ca. 10 bis 15° vorzunehmen.

Die genaue Festlegung zwischenzeitlicher Baugrubenböschungen (ggf. Abminderungen) hat entsprechend den vorgefundenen Verhältnissen in der Örtlichkeit durch die Verantwortlichen der Baustelle bzw. eine entsprechende sachkundige Begutachtung zu erfolgen.

Arbeitsraumbreiten, belastungsfreie Schutzstreifen sowie Abstände von Baugeräten und -fahrzeugen von der Grabenkante sind in DIN 4124 bzw. DIN EN 1610 geregelt oder statisch vorgegeben und zu beachten.

Der lastfreie Streifen (Sicherheitsabstand) an Böschungen beträgt 1 m bei Fahrzeugen, welche die zul. Achslasten nach StVZO einhalten und für Baugeräte bis 12 to. Fahrzeuge, welche die Achslasten nach StVZO überschreiten und > 12 to. bis 40 to. Gesamtgewicht haben, müssen einen Sicherheitsabstand ≥ 2 m einhalten.

Weitere Randbedingungen und Hinweise sind DIN 4124 zu entnehmen.

Die Ausführung von senkrechten Wänden ist gemäß DIN 4124 ohne besondere Sicherungen und bei Inkaufnahme von Nachbrüchen nur bis zu Graben-/Baugrubentiefen von $\leq 1,25$ m möglich. Bei Graben-/Baugrubentiefen von $\leq 1,75$ m wären nach DIN 4124 auch senkrechte Gräben mit abgeboachten oder ausgesteiften Grabenkanten möglich (Abböschung / Aussteifung oberhalb von 1,25 m).

Erlauben die Platzverhältnisse keine abgeboachten Baugruben wären zunächst grundsätzliche Überlegungen notwendig, z. B. ob Verbaumaßnahmen als wasserdichter Verbau zur Reduzierung der Aufwendungen für die Grundwasserhaltung ausgebildet werden sollen. Da allerdings im Untergrund in erreichbarer Tiefe kein klar definierter wasserundurchlässiger Horizont vorhanden ist, wären Wasserzutritte aus dem Sohlbereich auch mit einer wasserdichten Baugrubenumschließung nicht auszuschließen bzw. eher wahrscheinlich.

Weiterhin sollte dann noch betrachtet werden, ob der Verbau auch für Zwecke der dauerhaften Auftriebssicherung herangezogen werden muss / kann, was dann einen Verbleib im Baugrund nach sich ziehen würde.

Folgende Verbauvarianten wären unter den gegebenen Verhältnissen zunächst grundsätzlich denkbar:

- a) Bohlträgerverbau mit Ausfachung durch Bohlen oder Spritzbeton mit Mattenbewehrung
- b) Bohrpfahlwand

Verbauten können auch mit Abböschungen kombiniert werden.

Die Mindesteinbindung von Verbauteilen ohne Einspannwirkung nach dem statischen Prinzip der freien Auflagerung würde 1,5 m unter Baugrubensohle, zuzüglich 0,5 m Aushubreserve = 2,0 m, betragen. Bei der Festlegung der Baugrubensohle sind Aushubmaßnahmen für die Trag-/Ausgleichs-/Filterschichten, Sauberkeitsschicht und Randdränggräben mit zu berücksichtigen. Unter diesen Aspekten wäre eine Mindesteinbindung von 2,5 m zu empfehlen. Aus statischen Aspekten kann sich eine noch größere Einbindetiefe ergeben.

Es ist davon auszugehen, dass die Einbindung aufgrund der Baugrubentiefen in den Festgesteinsuntergrund deutlich über 1 m beträgt. In dem Fall erübrigen sich Nachweise gegen hydraulischen Grundbruch der Baugrubensohle.

Bei Ausführung eines Bohlträgerverbaus sind Träger in ausgebohrte Löcher in Magerbeton zu stellen. Für die Ausfachung wäre Spritzbeton in Kombination mit eingelegter Mattenbewehrung mit Wölbung der Ausfachung erdseitig vorzusehen. Die Höhe der freigelegten Ausfachungsabschnitte sollte 0,5 m im Lockergestein und 1,0 m im Festgestein nicht überschreiten. Hohlräume jeglicher Art hinter der Ausfachung sind sofort mit kohäsionslosem Material (Kies / Splitt) zu verfüllen.

Ein Bohlträgerverbau erfordert eine vorausseilende Grundwasserabsenkung / -entspannung mit einer geschlossenen Wasserhaltung.

Bei der Dimensionierung der Bohrpfahlwand als Baugrubenumschließung sind zunächst Varianten, wie überschnittene Bohrpfahlwand, tangierende Bohrpfahlwand bzw. aufgelöste Bohrpfahlwand mit bewehrter Spritzbetonausfachung der Zwischenräume zu betrachten. Dabei kann es in den unterschiedlichen Abschnitten der Umschließung auch entsprechend der Anforderungen verschiedene Ausbildungen geben.

Der Vorteil einer überschnittenen Bohrpfahlwand wäre die weitgehende Unterbindung seitlicher Wasserzuflüsse. Eine ähnliche Wirkung ließe sich durch eine aufgelöste Bohrpfahlwand mit Spritzbetonausfachung realisieren. Dabei ist die Spritzbetonausfachung zu bewehren (Mattenbewehrung mit Gewölbestich zum Baugrund). Dies würde aber eine vorausseilende / begleitende Grundwasserentspannung / -absenkung über Bohrbrunnen (geschlossene Grundwasserhaltung) erfordern. Bei tangierenden Bohrpfählen ist eine Wasserdichtigkeit nicht gewährleistet. Das Ausspritzen der Zwickel vom Inneren der Baugrube beim Aushub ist als nicht zielführend anzusehen, da diese Ausfüllung durch den Wasserdruck herausgedrückt werden könnte.

Denkbar, aber aufwendig, wären Verpressungen der Zwickel auf der Erdseite vor dem Aushub.

Tab. 19: Rechenwerte Bohrpfahlbemessung*

Schicht	Pfahlmantel- reibung $q_{s,k}$ in kN/m ²	Pfahlspitzen- druck $q_{b,k}$ in kN/m ²	horizontaler Steifemodul $E_{sh,k}$ MN/m ²
1.1- Auffüllungen, grob- / gemischtkörnig	0↓30	0	0↓16
1.2- Auffüllungen, feinkörnig	0↓55	0	0↓8
2 – Lehm	50	0	10
3 - Verwitterungssand	80	0	20
4.1 Festgestein V4-V3	250	3.000	30
4.2 Festgestein < V3	400	5.000	50

* maßgebliche Baugrundprofil KB1

Der horizontale Bettungsmodul ergibt sich aus $k_{s,h} = D/E_{sk,h}$ mit

$k_{s,h}$ horizontaler Bettungsmodul [MN/m³]

D Pfahldurchmesser [m] (D = 1 m bei Pfahldurchmessern ≥ 1 m bzw. Pfahlwänden)

$E_{sk,h}$ horizontaler Steifemodul lt. Tabelle 18

Eine klare Empfehlung für den zu wählenden Verbau kann nach derzeitiger Kenntnislage noch nicht gegeben werden. Sollte der Verbau gleichzeitig der dauerhaften Auftriebssicherung dienen, so wäre die Ausführung einer überschnittenen Bohrpfahlwand klar zu empfehlen.

Die Bemessungsansätze für den Erddruck müssen die konkreten Randbedingungen wie auch Bauwerkslasten, Verkehrslasten (Straßen-/Baustellenverkehr, Lagerlasten etc.), Wasserdruck (vgl. Pkt. 4.5) und Fragen der zulässigen Verformung besonders beachten.

Bei der statischen Bemessung / Auswahl des Verbaus ist zu prüfen, ob sich dieser außerhalb der Aushubbegrenzung für vorhandene Bauwerke nach DIN 4123 bzw. nicht im Lastausbreitungsbe-
reich von Bauwerksgründungen nach EVB¹ befindet. Ein solcher Einfluss kann nach unserem
Kenntnisstand zunächst nicht abgeleitet werden.

Liegt die Lastausbreitungslinie oberhalb der Baugrubensohle, so tritt eine zusätzliche Belastung
des Verbaus durch Bauwerkslasten auf. Bei den vorliegenden Verhältnissen ist von einer Lastaus-
breitung unter einem Winkel von 30° ab Unterkante Gründung auszugehen.

Wir empfehlen in Anlehnung an EAB², EB 22 die folgenden Erddruckansätze.

Ohne Bauwerkseinfluss kann mit Beschränkung waagerechter Bewegungen der Baugrubenwand
folgender Erddruckansatz verwendet werden:

$$E_{h,k} = 0,25 \times E_{0h,k} + 0,75 \times E_{ah,k}$$

¹ EMPFEHLUNGEN; des Arbeitsausschusses "Verformungen des Baugrunds bei baulichen Anlagen" - EVB; Deutsche
Gesellschaft für Erd- und Grundbau e. V., Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1996

² Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben", EAB. Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau
e. V.. 5. Auflage. Berlin: Verlag Ernst & Sohn, 2012

Mit Bauwerkseinfluss ist von den nachfolgenden Erdruckansätzen auszugehen:

$$E_{h,k} = 0,75 \times (E_{0h,k} + E_{0Bh,k}) + 0,25 \times (E_{ah,k} + E_{aBh,k}) \quad (\text{bei großem Abstand der Bebauung})^*$$

$$E_{h,k} = 0,75 \times E_{0h,k} + 0,25 \times E_{ah,k} + E_{aBh,k} \quad (\text{bei kleinem Abstand der Bebauung})^*$$

* vgl. Empfehlung EAB Nr. 21

Je nach Baugrubentiefe und Möglichkeiten der inneren Aussteifung können auch Rückverankerungen erforderlich werden.

Für die Rückverankerungen ist davon auszugehen, dass die bauzeitliche Rückverankerung einheitlich im Festgestein erfolgen muss, was angesichts der Lage von OK Festgesteinshorizont unproblematisch zu realisieren ist. Für die Bemessung ist einheitlich von einer Rückverankerung im Festgestein der Schicht 4.1 auszugehen, was für längere / tiefere Rückverankerungen mit Lage des Verpresskörpers anteilig oder vollständig in Schicht 4.2 auf der sicheren Seite liegt.

Es ist für die Vorbemessung zu empfehlen, zunächst von Verpressankern ohne Nachverpressung auszugehen. Für Zwecke der Vorbemessung kann von einem Grenzlaster der Mantelreibung von $\tau_{M,f} = 600 \text{ kN/m}^2$ ausgegangen werden. Die Angabe gilt für Krafteintragungslängen von mind. 6 m und Verpresskörperdurchmessern zwischen 100 mm bis 150 mm. Für Krafteintragungslängen von 8 m sind die Werte um 25 % zu reduzieren. Dazwischen kann linear interpoliert werden.

Hinsichtlich der Gebrauchslast der Kurzzeitanker ist von einem Sicherheitsbeiwert von 1,75 auszugehen. Vorteil dieser Herangehensweise wäre, dass noch Reserven durch Nachverpressung (mindestens zweifach) realisierbar wären. Die möglichen Tragfähigkeitssteigerungen wären mit 30 bis 50 % anzunehmen. Unseres Erachtens nach, sollte angesichts der konkreten Baugrundverhältnisse die Vorbemessung ohne Ansatz einer Nachverpressung durchgeführt werden, die Ausschreibung dagegen mit zweifacher Nachverpressung erfolgen. Somit würde mit großer Wahrscheinlichkeit sichergestellt, dass bei den erforderlichen Ankerprüfungen die angesetzten Werte auch tatsächlich nachgewiesen werden können.

Durch den Unternehmer ist im Rahmen seiner technologischen Verantwortung sicherzustellen, dass die Ausführung der Verankerungsarbeiten dem Stand der Technik entspricht und auf die vorliegenden Baugrundverhältnisse abgestimmt ist. So darf es unter anderem keine ungünstige Veränderung der erbohrten Schichten geben. Dies bedeutet, dass keinesfalls mit Wasser gespült werden darf. Bevorzugt ist mit Druckluft oder ggf. mit Dickstoffsuspension zu spülen. Der Bohrdurchmesser der Verpressbohrungen muss die der Statik zugrunde liegenden Verpresskörperdurchmesser sicherstellen.

Die Nachverpressstrecken sind gleichmäßig über die gesamte Verpresskörperlänge zu verteilen, die Anker ordnungsgemäß zu zentrieren etc.

Bei einer überschnittenen Bohrfahlwand im kreisförmigen Grundriss wäre es unter Umständen denkbar, auf eine Verankerung zu verzichten, wenn diese als ein in sich abstützendes „Gewölbe“ gerechnet wird. Auch unter diesen Aspekten ist eine überschnittene Bohrfahlwand als günstig anzusehen.

Die Herstellung der Baugruben erfolgt in allen erkundeten Schichten. Bereits innerhalb der Schicht 4.1, aber insbesondere auch darunter im Schichthorizont 4.2 (zumeist ohne scharfe Grenze zum Horizont Schicht 4.1), besteht das Erfordernis für Meißel-, Fräs- oder Sprengarbeiten in technologischer Verantwortlichkeit des AN. In jedem Fall ist aber ein leistungsfähiger Bagger stärkerer Reißkraft vorzusehen.

Geologisch bedingter Mehraushub in den Böschungen und der Sohle ist nicht auszuschließen.

In jedem Fall muss das Lösen in technologischer Verantwortung des AN unter strikter Berücksichtigung des Trennflächeninventars so erfolgen, dass geologisch bedingter Mehraushub auf das unvermeidbare Minimum reduziert und Auflockerungen in den Böschungen und der Sohle ausgeschlossen werden.

Baugrubensohlen sind schonend unter Vermeidung unnötiger Auflockerungen herzustellen. Lockermaterial in Gründungssohlen ist vollständig, erforderlichenfalls auch mit händischer Unterstützung zu entfernen. Bevorzug ist geologisch bedingter Mehraushub in der Baugrubensohle mit Beton entsprechend der Expositionsklasse XA2 aufzufüllen.

Beim Ziehen von Verbauelementen ist zu beachten, dass es nicht zu Beschädigungen an der vorhanden gewesenen und/oder neu eingebrachten Bausubstanz sowie nicht zu schädlichen, tragfähigkeitsbeeinträchtigenden Auflockerungen im Untergrund kommt.

Bei allen Erd- und Gründungsarbeiten sind die einschlägigen Sicherheitsvorschriften, insbesondere diejenigen der Tiefbauberufsgenossenschaft und die Aufführung der DIN 4124 zu beachten.

6.2 Wasserhaltung

Die Bemessung und Planung einer Wasserhaltungsanlage ist nach VOB-C DIN 18305, Absatz 3.2.1 eine vom AN zu erbringende Nebenleistung. Hierfür sind dem AN die Angaben gemäß DIN 18305:2015-08 zur Verfügung zu stellen.

Der Zustrom von Grundwasser durch die Baugrubenwand hängt von der Art der Baugrubensicherung ab. Die Baugruben binden durchgängig in grundwasserführende Lockergesteine bzw. in den Schicht-/Kluftgrundwasserleiter Festgestein ein.

Für den Fall von abgeboßchten Baugruben bzw. wasserdurchlässigen Verbauten ist generell eine lokale Grundwasserabsenkung in Kombination einer geschlossenen mit einer offenen Restwasserhaltung in den Baugruben erforderlich.

Die Grundwasserabsenkung im Schicht-/Kluftgrundwasserleiter Festgestein entzieht sich einer klar fassbaren Modellbildung als Grundlage für eine Berechnung. Die unter 4.5 genannten k_f -Wertspannen sind als „verschmierte Werte“ zu betrachten, wobei es Horizonte mit geringerer und Klufthorizonte mit stärkerer Durchlässigkeit geben kann.

Insofern empfehlen wir die Grunddimensionierung der erforderlichen Pumpenleistungen mit dem oberen Wert der möglichen k_f -Wert-Spanne.

Dagegen sind die Brunnenabstände, zur Erreichung des Absenkzieles mindestens 0,5 m unter Aushubsohle (an jedem Punkt der Baugrubensohle), mit dem unteren Wert der möglichen k_f -Wert-Spanne durchzuführen. Im Allgemeinen und vorbehaltlich der Planung wird es als vorteilhaft angesehen, Brunnen größeren Durchmessers (ca. 50 cm) in vergleichsweise engen Abständen (8-10) und ausreichender Tiefe (mindestens um das Maß von Breite / Durchmesser der Baugrube tiefer als die Baugrubensohle) auszuführen. Alle rechnerisch ermittelten Konstellationen sind mit einem ausreichenden Maß an Reserven zur Berücksichtigung der Unwägbarkeiten im Schicht-/Kluftgrundwasserleiter Festgestein (z.B. mind. 25% Erhöhung des Umfangs der Wasserhaltungsmaßnahmen im Vergleich zur rechnerischen Ermittlung) zu versehen.

Auf der Baugrubensohle ist, auch bei einer geschlossenen Grundwasserhaltung und erst recht bei einer „wasserdichten Baugrubenumschließung“, eine offene Grundwasserhaltung vorzusehen. Hierzu sind ein umlaufender Randdrängraben mit einer Tiefe von ca. 0,3 bis 0,5 m unter Aushubsohle sowie ggf. Querdränagen zur gezielten Fassung von Wasserzutritten in der Sohle anzuordnen.

Der umlaufende Randdrängraben ist mit Dränrohren DN 150 und Querdränagen mit DN 100 zu bestücken. Die Gräben sind mit Filtervlies der GRK 3 auszukleiden und die Dränrohre sind in Filterkies der Körnung 8/32 mit Zwischenkörnungen einzukieseln. Die Drängräben sind an fachgerecht ausgebaute Pumpensümpfe anzuschließen.

Es wird empfohlen, die Pumpensümpfe jeweils mit einer leistungsfähigen C-Pumpe (theoretische Förderleistung pro Pumpe mind. 25 m³/h bei 8 m Förderhöhe) zu bestücken.

Auf einen Flächenfilter in der Baugrubensohle (Mindeststärke 20 cm, Körnung 8/16 mit Zwischenkörnungen, $D_{Pr} \geq 100\%$) sollte nach Möglichkeit verzichtet werden. Es ist zu empfehlen, eine unverzügliche Plombierung der Baugrubensohle nach sachverständiger Baugrundfreigabe mittels Beton (Expositionsklasse XA 2) in einer Mindeststärke von 10 cm durchzuführen. Dabei sollten auch die Ränder / Böschung der Drängräben gesichert werden, da diese erfahrungsgemäß durch die Herstellung und den Wassereinfluss aufweichen und instabil werden können.

Nur bei eher flächenhaften Wasserzutritten aus der Sohle sollte ein Flächenfilter eingebaut werden. Die Betonsauberkeitsschicht ist dann durch eine starke, deutlich überlappende Baufolie vom Flächenfilter zu trennen.

Die tatsächlich geförderten Wassermengen sind durch den Unternehmer nachzuweisen, wenn das eine Abrechnungsbasis darstellen sollte oder von der Genehmigungsbehörde so gefordert wird.

Es ist zu empfehlen, die Restwasserhaltung als Pauschale in einer gesonderten Position anzufragen.

Alternativ, aber nicht zu empfehlen, kann eine Vergütungsbasis nach Betriebsstunden mit einer Zulage bei nachgewiesener Überschreitung der genannten Wassermengen trotz fachgerechter Wasserhaltung (maßgeblich sind die Wassermengen am Auslauf in die Einleitstelle) vorgesehen werden. Allerdings müssen von der Betriebszeit Stillstände, die auf ein Verschulden der Baufirma zurückzuführen sind, ausgeschlossen werden.

Es ist davon auszugehen, dass vor Einleitung in den Vorfluter ein Sandfang erforderlich ist.

Besonders hinzuweisen ist jedoch auf die erforderlichen Genehmigungen für die Baumaßnahme im Allgemeinen und für eine Grundwasserhaltung im Besonderen. Nachteiligen Auswirkungen der lokalen, temporären Grundwasserabsenkungen auf die Umgebung lassen sich bei fachgerechter Auswirkung nach derzeitigem Kenntnisstand nicht ableiten.

6.3 Bauwerkshinterfüllung

Für die Bauwerkshinterfüllung ist Sand, Kiessand, Kies oder Schotter aus natürlichen Materialien mit einem maximalen Feinkornanteil von 20 Gew.% (Bodengruppen SW, SI, SU, SU*, GW, GI, GT; GU; GU*, GT*) im Kornspektrum 0/32 bis 0/65, Steinanteil bis maximal 100 mm größte Kantenlänge maximal 10 Gew.% mit Zuordnung nach LAGA Z0 zu verwenden.

Das Hinterfüllmaterial ist lagenweise einzubauen und auf 100 % der Proctordichte zu verdichten.

Bei entsprechender Aufbereitung und Zwischenlagerung ist das Aushubmaterial aus den Schichten 3 und dem Festgestein für die Hinterfüllung als geeignet einzuschätzen.

7. GRÜNDUNGSTECHNISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN QUERUNG AUTOBAHN

7.1 Allgemeines

Die Querung der Autobahn BAB A4 soll im unterirdischen Vortrieb mit einem Stahlbetonrohr DN 1.200 erfolgen.

Ein Schnitt liegt hierzu aufgrund des frühen Planungsstandes noch nicht vor.

Die Länge der Vortriebstrasse beträgt ca. 63 m. Die Sohle des Regenwasserkanals (Freispiegelkanal) soll sich im Niveau 340,57 m NHN südlich der Autobahn und 339,88 m NHN nördlich der Autobahn befinden. Die Kanalsohle liegt demnach südlich der Autobahn etwa 3 m und nördlich der Autobahn etwa 2,2 m unter Gelände.

Maßgeblich zur Beurteilung der Baugrundverhältnisse sind die im Bereich der Start- und Zielgrube abgeteufte Kernbohrungen KB 8 und KB 9 mit den zugehörigen schweren Rammsondierungen DPH B8 und DPH B9. Die Aufschlussprofile und Rammprogramme sind in Anlage 2.3 m enthalten. Des Weiteren sind die ausführlichen Beschreibungen zu Geologie, Baugrund und Grundwasser im Gutachten sowie die Anlage 7, Schwankungsbreiten der Kennwerte und Eigenschaften gemäß VOB, Teil C zu beachten.

Anhand der Angaben im Geoproxy Thüringen befindet sich die Autobahn im Bereich der Vortriebstrasse im Niveau um ca. 345,0 m NHN. Dieser Wert ist jedoch nur als Orientierung zu verstehen.

Bei entsprechendem Planungsstand empfehlen wir dringend die Erstellung eines geologischen Längsschnittes entlang der Vortriebsstrecke, aus dem auch das tatsächliche Maß der Überdeckung des Vortriebes bezüglich der Fahrbahn der Autobahn hervorgeht.

7.2 Rohrvortrieb

Der Vortrieb wird von Süden, ausgehend von einer Lage im Festgestein V4-V3 (Sandstein) nach Norden zu in den Horizont der Schicht 3 – Verwitterungssand (vollständig an Ort und Stelle lockergesteinsähnlich zu Sand verwitterter Sandstein V5) wechseln. Im Grunde genommen handelt es sich geologisch / stratigraphisch gesehen um ein und denselben Horizont (Sandstein der Volpriehausen Folge), welcher allerdings als Schicht 4.1 bereits deutlichen Festgesteinscharakter und als Verwitterungssand schon verstärkt Lockergesteinscharakter (schwach schluffiger bis schluffiger Sand, mitteldichter bis dichter Lagerung) aufweist.

Zur detaillierten Schichtbeschreibung wird auf die Angaben weiter oben im Gutachten und in den Anlagen verwiesen.

Der Vortrieb erfolgt innerhalb bzw. unterhalb des geschlossenen Grundwasserspiegels. In Schicht 4.1 erfolgt ein Grundwasserzutritt zur Vortriebsstrecke hauptsächlich über diverse klüftige Bereiche und im Bereich des Verwitterungssandes aus dem vollständig wassererfüllten Porenraum.

Zu beachten ist unter anderem das DWA-Regelwerk mit dem Arbeitsblatt DWA-A 125 Rohrvortrieb und verwandte Verfahren in der aktuellen Ausgabe, derzeit Dezember 2008.

Für den Vortrieb kommen nur entnehmende Verfahren entsprechend DWA-A 125 in Betracht.

Unter Verweis auf Bild 6 der DWA-A 125 ist angesichts der gegebenen Randbedingungen grundsätzlich von einem steuerbaren Verfahren als Mikrotunnelbau (6.1.3.1) auszugehen. Das Erfordernis von bemannten, steuerbaren Verfahren nach 6.2.3 lässt sich nach derzeitigem Kenntnisstand nicht ableiten.

Nach Tab. 9 der ATV-A 125 wäre bei $DN \geq 1400$ bis < 2000 ein Personaleinsatz mit nachfolgendem Hinweis zulässig:

„Hindernisbeseitigung nur eingeschränkt möglich, in Abhängigkeit von Art, Lage und Abmessungen des Hindernisses, vom Maschinentyp und vom Baugrund und der erforderlichen Hilfs- und Sicherungsmaßnahmen“.

Zu beseitigende Hindernisse sind innerhalb der Vortriebsstrecke nach vorhandenem Kenntnisstand allerdings nicht zu erwarten.

Unter Verweis auf den informativen Anhang B der ATV-A 125 gilt beispielhaft unter Zugrundelegung von 6.1.2.1.3 Microtunnelbau mit Suspensionsstützung und Spülförderung, mit und ohne Grundwasser eine Mindestüberdeckung von $1,5 \times D_a$ bzw. mindestens 2,0 m. Angesichts der Dimensionen des Vortriebsrohres wird $1,5 \times D_a$ maßgeblich. Die Wandstärke des Vortriebsrohres ist uns nicht bekannt. Vermutlich wird sie zwischen 15 cm bis 20 cm betragen. Daraus ergibt sich ein D_a um 1,5 m und somit eine erforderliche Mindestüberdeckung von 2,25 m. Damit lässt sich vorbehaltlich der Erkenntnisse aus der Vermessung und einer konkreten Überprüfung im Längsschnitt ausgehend vom Hochpunkt der Leitung im Süden eine ausreichende Mindestüberdeckung zur Autobahn (vorhanden mind. 3,0 m) ableiten.

Ausgehend von der Kanalsohle liegt das Maß der Mindestüberdeckung bei etwa 3,6 m über der Kanalsohle. Damit ist die Mindestüberdeckung zum Gelände südlich der Autobahn um ca. 0,5 m und im Bereich nördlich der Autobahn um ca. 1,4 m nicht erfüllt.

Die Mindestüberdeckung dient insbesondere der Verhinderung von Hebungen im Bereich der Ortsbrust beim Vortrieb.

Zu empfehlen wäre eine bauzeitliche Ballastierung der Vortriebsstrecke durch entsprechende Erdstoffschüttungen mit ausreichender seitlicher Ausdehnung auch seitlich der Vortriebsstrecke (Empfehlung volle Schüttdicke auf jeweils 2 m Breite beiderseits der Vortriebsstrasse).

Die Planung eines unterirdischen Rohrvortriebes, z. B. auch von Durchmesser, Vortriebsverfahren, Vortriebsrohr etc. ist eine fachplanerische Leistung, für die das vorliegende Gutachten entsprechende geotechnische Grundlagen liefert.

Es ist empfehlenswert, die Gerätetechnik zum Rohrvortrieb nicht explizit vorzuschreiben, sondern dem Unternehmer auf der Basis der Informationen des Baugrundgutachtens und seiner eigenen Erfahrungen die Auswahl des für seine Technologie und die vorhandenen Randbedingungen geeigneten Gerätes zu überlassen.

Die Planung / Kalkulation der eigentlichen Technologie des Rohrvortriebes in Verantwortung des Unternehmers muss unter Berücksichtigung der Baugrundbeschreibungen, der Schwankungsbreiten der Kennwerte und Eigenschaften für das Gewerk DIN 18319 – Rohrvortriebsarbeiten, der hydrogeologischen Situation und Umsetzung der ATV-A125 erfolgen.

Die Bohrgerätschaften müssen so ausgelegt werden, dass mit ihnen innerhalb einer Vortriebsstrecke die beschriebenen Verhältnisse beherrscht werden können.

Besonders ist zu beachten, dass Ton- und Schluffsteine als dünne Zwischenlagen im Sandstein, insbesondere in Verbindung mit Wasser stark zum Verkleben und Schmieren neigen.

Die Tragfähigkeit des Untergrundes im Bereich der Sohle des Vortriebes ist im Allgemeinen als gut bis sehr gut einzuschätzen und gewährleistet die Steuerbarkeit des Vortriebes.

Die Standfestigkeit der Ortsbrust ist durch eine entsprechende Stützung (angesichts des Grundwassers voraussichtlich Suspensionsstützung) jederzeit zu gewährleisten.

Der Ringraum des Querschnittes ist ebenfalls zu stützen und im Nachgang zu verdämmen.

Angaben des anbietenden Unternehmers zum Rohrvortriebsverfahren und dessen Grenzen, die den Angaben des Baugrundgutachtens widersprechen, sollten zum Ausschluss des Angebotes führen.

Wir empfehlen für den Rohrvortrieb nur Unternehmen zu beauftragen, die der Gütegemeinschaft „Güteschutz Kanalbau“ angehören.

Durch den Maschinisten ist über einen angepassten Pressendruck und kontinuierliche Vortriebsgeschwindigkeit sowie Stützung der Ortsbrust ein möglichst setzungsarmer Vortrieb sicherzustellen. Alle maßgeblichen Vortriebsparameter sind zu dokumentieren.

Im Fall von Bohrhindernissen oder Erschwernissen beim Bohrfortschritt, die zu einer Herabsetzung der Vortriebsgeschwindigkeit führen, ist sicherzustellen, dass dabei nicht unzulässige Mengen an Bohrgut über die Sollkubatur hinaus gefördert werden. Daher ist während des Vortriebs fortlaufend die Mengen- und Massenbilanz zu überprüfen und beweiskräftig zu dokumentieren, um damit sicherzustellen, dass nicht mehr Material als der Vortriebskubatur entsprechend gefördert wird. Die Massen aus einem entnehmenden Vortrieb sollten bis zur Fertigstellung des Vortriebs nach Möglichkeit separat gelagert werden, um im Sinne der Beweissicherung bedarfsweise eine Überprüfung der Massen vornehmen zu können.

7.3 Start- und Zielgrube

Hinsichtlich der Start- und Zielgruben wird auf die Aussagen im Punkt 6.1 verwiesen.

Die Gruben sind so anzuordnen, dass sie sich außerhalb des Einflusses der Autobahn befinden (Lastausbreitung vom Rand der Fahrbahnbefestigung unter 30° sollte unterhalb der Sohle der Gruben enden). Ansonsten müssen die Lasten aus der Autobahn entsprechend in den Verbau einberechnet und eine entsprechende Verformungsarmut sichergestellt werden.

Es ist zu beachten, dass die Rückwand der Startgrube in der Lage sein muss, Pressenkräfte aus dem Vortrieb aufzunehmen. Für die erdstatischen Nachweise des Verbaus und des Pressenwiderlagers sind die Rechenwerte der Tabelle 15 und die entsprechenden Baugrundprofile aus der Anlage 2.3 zu verwenden. In der Regel sind flächenhafte Pressenwiderlager (z. B. Kombination Stahlplatten mit Betonhinterfüllung oder Lastverteilung über Spundwände) vorzusehen.

8. GRÜNDUNGSTECHNISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN KANALBAU

8.1 Allgemeines

Die nachfolgenden Empfehlungen beziehen sich rein auf Kanal-/Leistungsbaumaßnahmen im unmittelbaren Anschlussbereich der Bauwerke bzw. als Verbindungsleitung zwischen dem RRB A und dem RKB RRB A.

Aufgrund des frühen Planungsstandes werden die Empfehlungen allgemeiner gehalten. Es wird dabei von Kanaltiefen bis maximal ca. 3 m ausgegangen.

Die Baugrundverhältnisse im Detail sind den Aufschlussprofilen in der Anlage 2 zu entnehmen.

Hinsichtlich des Grabenaushubs sind die Beschreibungen zu den einzelnen Schichten in Abschnitt 4.2 zu beachten.

Die Herstellung der Gräben erfolgt in allen erkundeten Schichten. Innerhalb der Schicht 4.1 und darunter besteht mindestens das Erfordernis zur Verwendung eines Baggers stärkerer Reißkraft bzw. unter den beengten Bedingungen des Kanalgrabens auch das Erfordernis von Meißel- / Fräsarbeiten. Dabei kann auch geologisch bedingter Mehraushub nicht ausgeschlossen werden.

Bei der Beurteilung der Tragfähigkeit in der Grabensohle ist zu differenzieren zwischen Abschnitten mit Lage der Kanalsohle im Festgestein guter bis sehr guter Tragfähigkeit und Abschnitten mit Kanalsohle im Verwitterungssand, bei welchem bereits eine deutlichere Wasserempfindlichkeit besteht und somit bauzeitlich unzureichend tragfähige Abschnitte nicht auszuschließen sind.

Damit wird sich ein Bodenaustausch aus Tragfähigkeitsgründen, anteilig z.B. zum Ausgleich von geologisch bedingtem Mehraushub im Festgestein und daneben auch zum Einbau einer Dränschicht zur Wasserhaltung ergeben.

Entsprechend der bauzeitlich zu erwartenden Wasserstände ist generell eine Wasserhaltung einzuplanen, die unter den gegebenen Verhältnissen Absenkbeträge von bis zu ca. 1,0 m im Lockergestein und ca. 2 m im Festgestein als offene Wasserhaltung realisieren kann.

Bei größeren Absenkbeträgen wird eine Kombination aus geschlossener und offener Wasserhaltung erforderlich.

Bei der Entsorgung (der Begriff umfasst das ganze Spektrum von der Verwertung bis hin zur Beseitigung) des Aushubmaterials sind die umwelttechnischen Aspekte zu berücksichtigen, wobei die orientierenden Untersuchungen keine Hinweise auf Belastungen geben.

8.2 Grabenaushub und Verbauarten

Die Baugrundverhältnisse im Detail sind den Aufschlussprofilen in der Anlage 2 zu entnehmen. Hinsichtlich des Grabenaushubs sind die Beschreibungen zu den einzelnen Schichten in Abschnitt 4.2 zu beachten.

Bei Herstellung der Leitungsgräben wird Material aus allen erkundeten Schichten anfallen.

Hinsichtlich des Lösens in technologischer Verantwortung des Unternehmers ist auf die Beschreibungen des Gutachtens (s. unter anderem auch 4.1) und die Tabelle Homogenbereiche in Anlage 7 zu verweisen.

Unter Beachtung von Verlegetiefen bis 3 m und der Ergebnisse der Baugrunderkundung ist es bei Aushubarbeiten im Festgestein unter den beengten Bedingungen des Kanalgrabens teils nicht möglich, den Leitungsgraben bis zur Sohle allein mit einem Bagger ohne Zusatzmaßnahmen herzustellen. Grundsätzlich sollte für alle Aushubmaßnahmen bei denen Festgestein im Aushubbereich erkundet wurde, ein Bagger stärkerer Reißkraft zum Einsatz kommen. Aufgrund der Gesteinhärte und des Trennflächengefüges bedarf es anteilig in technologischer Verantwortung des Unternehmers Meißelarbeiten oder ggf. den Einsatz einer Felsfräse (auch leistungsfähige Anbaufräsen geeignet). Dies betrifft aller Voraussicht nach insbesondere Bereiche, bei denen die Grabensohle unterhalb der mit Sondierungen erreichbaren Erkundungstiefe liegt, kann aber auch darüber nicht generell ausgeschlossen werden.

In diesem Zusammenhang empfehlen wir den Einsatz einer leistungsfähigen Felsfräse, welche auf das anstehende Gestein ausgelegt ist. Gute Erfahrungen wurden bei vergleichbaren geologischen Verhältnissen mit Anbaufräsen an entsprechend leistungsfähige und schwere Bagger als Kombination von Schneidrädern und Fräsketten gemacht, welche je nach Ausführung für Gesteinsfestigkeiten von 60 bis 90 MPa und zudem auch unter Wasser geeignet sind. Generell sind bei Lösen des Fels Fragen der Staubentwicklung bzw. dessen Reduzierung, z.B. im Bereich an Straßen, besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Im Nahbereich vorhandener Bausubstanz / Schächte und Leitungen etc. sind Erschütterungen bei der Grabenherstellung und beim Verdichten durch geeignete Technologie in Verantwortlichkeit des Unternehmers auf das unvermeidbare Minimum zu reduzieren.

Eine Verlegung von Rohrleitungen in offener Bauweise mit senkrechten Wänden ist gemäß DIN 4124 ohne besondere Sicherungen und bei Inkaufnahme von Nachbrüchen (kohäsionslose/-arme Verfüllböden vorhandener Kanäle und Leitungen sind dabei besonders zu beachten) nur bis in Tiefen von $\leq 1,25$ m bzw. mit Abböschung oder Stützung der Grabenkanten bis $\leq 1,75$ m möglich.

Hinsichtlich von Böschungswinkeln und sonstigen Randbedingungen geböschter Gräben wird auf 6.1 verwiesen.

Bei Verlegung im Nahbereich von Bestandsleitungen / Anschlussschächten und Kreuzung vorhandener Medienleitungen ist zumindest anteilig mit vorhandenen Grabenverfüllung im Aushubbereich zu rechnen. Insofern kann in den planmäßigen Grabenwänden/ -böschungen gewachsener und/oder verfüllter Boden auftreten. Seitliche „Restscheiben“ alter Graben-/ Grubenverfüllung können nachbrechen und müssen ggf. zusätzlich entfernt oder abgestützt werden.

Bei Auswahl und Bewertung von Maßnahmen zum Verbau / zur Aussteifung (ggf. mit Verbaustatik) sollten u. a. folgende Randbedingungen beachtet werden:

- Grabentiefe
- Platzbedarf der Baugeräte
- Baugrundsichtung und Anfangsstandsicherheit der Wände
- Wassereinfluss (s. hydrogeologische Verhältnisse)
- tolerierbare Beeinflussung von benachbarten Bauwerken / Leitungen
- Gründungstiefe angrenzender Bauwerke
- Möglichkeit des schadlosen Ziehens / Entfernens von Verbauelementen

Die Gräben können je nach Baugrundverhältnissen sukzessive ausgesteift oder es können (in bis dahin nicht begehbaren Gräben) die Verbaulemente eingestellt / abgesenkt werden. Bei nicht ausreichend standsicheren Grabenwänden und beim Auftreten von Wasser ist grundsätzlich vom Einbringen des Verbaus im Absenkverfahren durch aushubbegleitendes oder vorausseilendes Eindringen auszugehen. Wenn im Festgesteinshorizont der Schicht 4.1/4.2 ein Eindringen nicht mehr möglich ist, genügt es nach sachkundiger Begutachtung ggf. den Verbau möglichst bis ca. 0,5 m unter OK Festgestein einzubauen.

Im Bereich von temporär ausreichend senkrecht standfesten Grabenwänden kann der Grabenverbau eingestellt werden, wobei der Zwischenraum zwischen Verbau und Erdreich unverzüglich hohlraumfrei mit grobkörnigem, ggf. eng gestuftem Material (z. B. Brechkorngemisch 0 – 5 mm) zu verfüllen ist, um Nachbrüche zu vermeiden / zu minimieren. Dabei sind eventuelle Verkehrslasten besonders zu beachten. Wenn Nachbrüche des anstehenden Erdreiches nicht toleriert werden sollen/ können, muss der Verbau im Absenkverfahren eingebaut werden. In den Schichten 1 und 3, ggf. aber auch anteilig in Schicht 4.1 muss anteilig mit Nachbrüchen der Grabenwände gerechnet werden.

Für „flache“ Gräben bis Tiefen um ca. 3,0 m und entsprechender bedarfsweise begleitender Wasserhaltung können faktisch alle Grabenverbaugeräte nach DIN 4124, Abschnitte 5 und DIN EN 13331 eingesetzt werden, soweit die statischen Anforderungen erfüllt werden (Regelstatiken des Herstellers). Für tiefere Gräben bestehen weitergehende statische Einschränkungen und Restriktionen seitens des Arbeitsschutzes. So ist der Einsatz randgestützter Grabenverbaugeräte nur bis Tiefen von max. 6 m zulässig. Möglich ist dann z.B. der Einsatz eines Gleitschienen- bzw. Doppelgleitschienenverbau. Der Grabenverbau und der Verbau von Schachtbaugruben aus Fertigteilen bis 2 m Durchmesser ist mit marktüblichen Verbausystemen möglich, deren Einsatz über eine Regelstatik nachweisbar ist (keine gesonderte Planung bzw. kein statischer Nachweis erforderlich).

Die Wahl eines geeigneten Grabenverbaus kann in diesem Rahmen durch den Auftragnehmer Bau erfolgen. Bei Einsatz von Grabenverbaugeräten unter dem Grundwasserspiegel ist die Absenkung des Grundwasserspiegels sicherzustellen.

Bei der statischen Bemessung / Auswahl des Verbaus ist bei den vorliegenden Verhältnissen zu prüfen, ob sich dieser außerhalb der Aushubbegrenzung für vorhandene Bauwerke nach DIN 4123 bzw. nicht im Lastausbreitungsbereich von Bauwerksgründungen nach EVB³ befindet. Liegt die Lastausbreitungslinie oberhalb der Grabensohle, so tritt eine zusätzliche Belastung des Verbaus durch Bauwerkslasten auf. Im Lockergestein ist von einer Lastausbreitung unter einem Winkel von 30° ab Unterkante Gründung auszugehen.

Wir empfehlen in Anlehnung an EAB⁴, EB 22 die folgenden Erddruckansätze.

Ohne Bauwerkseinfluss kann mit Beschränkung waagerechter Bewegungen der Baugrubenwand folgender Erddruckansatz verwendet werden:

$$E_{h,k} = 0,25 \times E_{0h,k} + 0,75 \times E_{ah,k}$$

Mit derzeit nicht ableitbarem Bauwerkseinfluss wäre von den nachfolgenden Erddruckansätzen auszugehen:

$$E_{h,k} = 0,75 \times (E_{0h,k} + E_{0Bh,k}) + 0,25 \times (E_{ah,k} + E_{aBh,k}) \text{ (bei großem Abstand der Bebauung)*}$$

$$E_{h,k} = 0,75 \times E_{0h,k} + 0,25 \times E_{ah,k} + E_{aBh,k} \text{ (bei kleinem Abstand der Bebauung)*}$$

* vgl. Empfehlung EAB Nr. 21

In einer Arbeitsanweisung zur Verbauherstellung sind die Höhen der Steifen und die aufzubringenden Vorspannungen detailliert vorzuschreiben. Es ist des Weiteren vorzugeben, dass die Verbaulemente dem Aushub maximal 0,50 m naheilen dürfen.

Im Bereich vorhandener Leitungen ist der Verbau erschütterungs- und verformungsarm einzubauen.

Ein Zulaufen von Oberflächenwasser in den Graben ist möglichst zu vermeiden.

Bei allen Erd- und Gründungsarbeiten sind die einschlägigen Sicherheitsvorschriften, insbesondere diejenigen der BG Bau und die Vorgaben der DIN 4124 zu beachten.

8.3 Grabensohle

Voraussetzung zur Herstellung des Rohraufagers ist eine mindestens steife oder mitteldicht gelagerte Rohrgrabsensohle. Hilfsweise kann auch das Kriterium „Trittfest“ angewendet werden.

Sonstige, allgemein verbindliche Prüfungskriterien für die Grabensohle (z. B. für Prüfungen mit dem dynamischen Fallgewichtsgesetz) gibt es nicht. Insbesondere bei bindigen Böden, bei Wassereinflüssen und bei Dränkiesmaterialien muss das Ergebnis des dynamischen Plattendruckversuchs stets kritisch bewertet werden.

³ EMPFEHLUNGEN; des Arbeitsausschusses "Verformungen des Baugrunds bei baulichen Anlagen" - EVB; Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau e. V., Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1996

⁴ Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben", EAB. Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau e. V.. 5. Auflage. Berlin: Verlag Ernst & Sohn, 2012

Es hat sich jedoch allgemein durchgesetzt, und zumeist auch bewährt, die Grabensohle bzw. den Bodenaustausch mittels dynamischen Fallgewichtsgesetz zu überprüfen und hierfür einen Prüfwert von $E_{vd} \geq 25 \text{ MN/m}^2$ zugrunde zu legen, der aber immer in Abhängigkeit von den konkreten Randbedingungen als Orientierungswert zu sehen ist! Nach unserem Dafürhalten sollte Bodenaustausch in der Grabensohle im Zweifelsfall durch rein fachgutachterliche Beurteilung, z. B. unter Zuhilfenahme einer Handschlitzzonde, konstruktiv festgelegt werden und Tragfähigkeitsprüfungen erst ab OK Auflagerschicht bzw. ggf. auf OK Bodenaustausch erfolgen.

Unter Zugrundelegung der erkundeten Verhältnisse ist überwiegend von einer ausreichenden bis deutlich ausreichenden Tragfähigkeit in der Grabensohle und nur anteilig von einer unzureichenden Tragfähigkeit in der Grabensohle (Verwitterungssand bei sehr ungünstigen bauzeitlichen Witterungsbedingungen oder unzureichender Wasserhaltung) auszugehen.

Im Festgestein das Erfordernis des Ausgleichs von geologisch bedingtem Mehraushub in der Sohle nicht völlig auszuschließen bzw. eher wahrscheinlich.

Da eine offene Wasserhaltung den Regelfall bei der Herstellung der Kanalgräben darstellen wird, empfehlen wir durchgängig einen 20 cm starken Austausch zum Einbau einer Drainschicht vorzusehen, die dann auch als Austausch aus Tragfähigkeitsgründen oder zum Ausgleich von geologisch bedingtem Mehraushub dienen kann.

Auf ca. 20 cm der Trassenlängen sollte ein 40 cm starker zweilagiger Bodenaustausch eingeplant werden, der in der untersten Lage als 20 cm starke Dränschicht auszubilden ist.

Für Zwecke des Bodenaustausches rein aus Tragfähigkeitsgründen bzw. zum Ausgleich von geologisch bedingten Mehraushub, empfehlen wir Kies/Schotter im Kornspektrum 0/32 bis 0/56 mit maximal 10 Gew.% Feinkorn (Bodengruppen GW, GI, GU, GT) zu verwenden. Vom Einsatz von RC-Material ist abzusehen, da immer wieder Probleme hinsichtlich der bautechnischen und umwelttechnischen Qualität von RC-Materialien bis hin zu Schadensfällen auftreten.

Zur Realisierung der offenen Wasserhaltung als Regelfall in allen Kanaltrassen empfehlen wir den Einbau einer Dränschicht in einer Stärke von mind. 20 cm aus einem gut abgestuften Kies oder Schotter der Körnung 8/32 bis 8/45 (bevorzugt mit Zwischenkörnungen, d. h. möglichst gut abgestuft/verdichtbar).

Bei stärkerem Bodenaustausch als 20 cm in Kombination mit dem Erfordernis einer Wasserhaltung ist nur die 1. Lage des Bodenaustausches aus dem Dränmaterial herzustellen. Darüber ist dann das Material, welches unter Tragfähigkeitsaspekten beschrieben wurde, einzubauen.

Die Verdichtung von Bodenaustausch hat mit einem Verdichtungsgrad von $\geq 97 \% D_{Pr.}$ zu erfolgen.

Bei Dränkiesmaterialien ist eine Verdichtungsprüfung nicht möglich, wobei bei diesen Schichten davon auszugehen ist, dass sie bereits mit leichter Nachverdichtung praktisch „von allein“ eine dichte Lagerung annehmen.

Zu beachten ist, dass die Gräben für die Zwecke von Bodenaustausch-/ Stabilisierungs- und Dränmaßnahmen entsprechend tiefer auszuheben und zu verbauen sind.

8.4 Wasserhaltung

Unter Bezug auf die erkundeten Wasserverhältnisse ergibt sich voraussichtlich ein generelles Erfordernis einer Wasserhaltung.

Für die offene Wasserhaltung (Absenkung um bis zu 1 m im Lockergestein der Schichten 1 bis 3 und bis zu 2 m im Festgestein der Schichten 4.1 / 4.2) dient der bereits empfohlene Bodenaustausch bzw. die Dränkiesschicht auf Grabensohle als Sohldränage. In filterstabil und entsprechend tief angelegten Pumpensämpfen (Sohltiefe mindestens 0,5 m unter Grabensohle) gesammeltes Grundwasser ist mit Tauchmotorpumpen permanent in die Vorflut abzuleiten. Gegebenenfalls kann zur Ableitung des Wassers auch der bereits hergestellte Kanalabschnitt dienen, wenn gegen das Gefälle gearbeitet wird.

Die Bemessung und Planung einer Wasserhaltungsanlage ist nach VOB-C DIN 18305, Absatz 3.2.1 eine vom AN zu erbringende Nebenleistung. Hierfür sind dem AN die Angaben gemäß DIN 18305:2015-08 zur Verfügung zu stellen (vgl. unter anderem Angaben zur Durchlässigkeit im Kap. 4.5).

Vorbehaltlich einer eventuellen Bemessung bzw. unter Anpassung an die örtlichen Verhältnisse als konstruktive Auslegung durch den Unternehmer ist hierfür zunächst vom Einsatz von zwei C-Pumpen (theoretische Förderleistung pro Pumpe 25 m³/h) pro Grabenabschnitt (maximale Länge 15 m) vorzusehen. Aus Sicherheitsgründen ist eine dritte C-Pumpe vorzuhalten und für Vorbehaltung sowie Betrieb einzukalkulieren. Die effektiv abzuführende Wassermenge schwankt je Wasserstand, nach konkretem Wasserzufluss, Wirksamkeit einer vorausseilenden Entspannung (s.u.) sowie offener Grabenlänge. Vorab empfehlen wir von effektiv ≤ 10 m³/h auszugehen.

Bei größeren Absenkbeträgen reicht die offene Wasserhaltung allein nicht aus. In dem Fall ist eine ergänzende geschlossene Wasserhaltung aus ein- oder wechselnd beidseitig des Kanalgrabens angeordneten Bohrbrunnen (gravitative Flachbrunnenanlage) vorzunehmen.

Die Bohrbrunnen mit Durchmesser ca. 30 bis 50 cm sind i.M. ca. 5 m tief einzuplanen und im Abstand von maximal 10 m anzuordnen.

Über die Bohrbrunnen ist eine Vorentspannung (Absenkung bis 0,5 m unter Grabensohle) mit einem zeitlichen Vorlauf zum Grabenaushub von etwa einer Woche durchzuführen. Die zu fördernde Wassermenge wird pro Brunnen im stationären Zustand (nach Erreichen des Absenkzieles) mit ca. 20 m³/h eingeschätzt. Im instationären Zustand kann die Förderrate bis etwa zum Doppelten betragen. Es ist zu empfehlen, zur Verminderung der Reichweite der Absenkung jeweils nur die Brunnen im unmittelbaren Baubereich + jeweils einem Brunnen davor und danach zu betreiben.

Es wird empfohlen, haltungsweise Dichtriegel gemäß DIN EN 1610 über die volle Höhe des Kanalgrabens anzuordnen.

Die stärker durchlässigen Rohrauflagerungen und die Leitungszone sowie besonders die Sohldränage/Bodenaustausch sind im Falle des Erfordernisses einer Wasserhaltung im engeren Abstand durch Dichtriegel zu unterbrechen, da es sonst aus diesen Schichten zu einem zusätzlichen Wasserandrang und damit zu unnötigen Mehraufwendungen bei der Wasserhaltung kommt.

Vor Einleitung in einen Vorfluter ist in der Regel vom Erfordernis eines Sandfanges auszugehen.

8.5 Leitungszone

Die Grabensohlen auf anstehenden Böden oder Sohldrainage sind entsprechend DIN EN 1610 und ATV A 139 für eine Direktauflagerung der Rohre nicht geeignet. Die Rohre sollten grundsätzlich auf einer Bettungsschicht aus Fremdmaterial nach DIN EN 1610, Abschnitte 5.2.1 und 7.2.1 (Typ 1) mit 20 mm Größtkorn (Fremdmaterial) gebettet werden.

Dabei sollte eine Mindestdicke von 100 mm + DN/10 im Lockergestein / Bodenaustausch bzw. 150 mm + DN/10 im Festgestein vorgesehen werden, sofern lt. Statik keine anderen Forderungen bestehen.

Das Rohraufleger muss entsprechend ATV A 127 statisch bemessen werden. Erfahrungen zeigen, dass in der Vorbereitung zumindest eine Vorbemessung erfolgen sollte, um evtl. Diskrepanzen zwischen Ausschreibung und statischen Erfordernissen zu vermeiden.

Das Material für die übrige Leitungszone (Einbettung der Leitung bis 30 cm über Scheitel) muss den planerischen/statischen Anforderungen sowie der DIN EN 1610, Pkt. 5.2 entsprechen, auf die zu verwendeten Rohre abgestimmt und gut verdichtbar sein.

Die Verdichtung der Leitungszone ist entsprechend den statischen Erfordernissen, jedoch auf mindestens $D_{Pr} = 97\%$ vorzunehmen. Die Seitenverfüllung ist beidseitig gleichmäßig vorzunehmen, um seitliche Verdrückungen der Leitungen zu vermeiden. Besonderer Wert ist auf eine hohlraumfreie Verfüllung und sorgfältige Verdichtung in den Kämpfer- und Muffenbereichen zu legen. In DIN EN 1610 sind 100 mm Mindestabdeckung über den Verbindungen und 150 mm über dem Schaft angegeben. Die Zwickel unter dem Rohr müssen vollständig verfüllt sein. Eine punkt- oder linienförmige Auflagerung ist zu verhindern.

8.6 Hauptverfüllung (Verfüllzone)

Für die Rohrgrabenverfüllung ist im Bereich von Verkehrsflächen zwischen Leitungszone und Straßenplanum von den Verdichtungsvorgaben in den ZTV E-StB 17, Abschnitt 4.3.2, Tab. 4 als 10 % Mindest- bzw. Höchstquantilwerte auszugehen. Zusätzlich ist die ZTV A-StB 12 zu beachten.

Tab. 20: Anforderungen an die Grabenhauptverfüllung entspr. ZTV E-StB 17

	Bereich	Bodengruppen DIN 18196	Verdichtungs- grad D_{Pr} in %	Luftporen- gehalt n_a in Vol.-%
1	Planum bis 0,5 m unter Planum	GW, GI, GE SW, SI, SE GU, GT, SU, ST	≥ 100	/
2	0,5 m unter Planum bis OK Leitungszone	GW, GI, GE SW, SI, SE GU, GT, SU, ST	≥ 98	/
3	Planum bis OK Leitungszone	GU*, GT* SU*, ST* U, T ⁽¹⁾	≥ 97	≤ 12 ⁽²⁾

(1) Die in Tab. 4 der ZTV E-StB 17 aufgeführten Bodengruppen OU und OT sind für den Einbau in Rohrgräben unter Verkehrsträgern nicht geeignet bzw. werden nicht empfohlen.

(2) Lt. „Fußnote“ ⁴⁾ in Tab. 4 der ZTV E-StB 17 in Verbindung mit dem Einführungserlass in Thüringen soll der Luftporengehalt bei nicht qualifiziert verbesserten oder verfestigten wasserempfindlicher Böden $n_a \leq 8$ Vol.-% und veränderlich festen Gesteinen $n_a \leq 6$ Vol.-% betragen. Die Anforderung aus Zeile 3 für den Verdichtungsgrad gilt auch für veränderlich feste Gesteine

Die Erfüllung der Vorgabe an den Luftporengehalt für wasserempfindliche Böden ist unter den Bedingungen des Grabenbaus i. d. R. problematisch.

Zusätzlich ist auf dem Planum von Verkehrsflächen ein E_{v2} -Wert von $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ als 10 % Mindestquantil mit dem statischen Plattendruckversuch nachzuweisen.

Auch für konstruktiv unbelastete Grabenhauptverfüllungen sind nach der ZTVE-StB 17 ein lagenweiser Einbau und ein Mindestverdichtungsgrad von 97 % der Proctordichte vorzugeben, um spätere Einsenkungen auf ein erträgliches Maß zu reduzieren.

Vom Aushubmaterial ist bei entsprechender Zwischenlagerung der Verwitterungssand und aufbereitetes Material des Aushubes aus dem Festgestein geeignet.

Beim Aushub unter dem Grundwasserspiegel, muss das Aushubmaterial durch entsprechende Lagerung und Belüftung entwässert/getrocknet werden. Dies stellt eine gesondert zu kalkulierende Leistung dar. Weiterhin bedarf es entsprechender Lagerflächen.

Wir empfehlen für eine kosten- und mengenmäßig klar kalkulierbare Planung, Ausschreibung und Bauausführung, das gesamte Aushubmaterial durch den AN entsorgen zu lassen und für die Grabenverfüllung Liefermaterial einzuplanen.

Als Liefermaterial wären für die Hauptverfüllung gut verdichtbare, unbelastete (Z0 nach LAGA) Fremdmaterialien aus natürlichen Erdstoffen, im Sinne von Kies oder Schotter der Körnungen 0/45 bis 0/65 mm bevorzugt der Bodengruppen GW bzw. GU/GT und bedingt der Gruppe GU*/GT* vorzusehen.

Das auftretende Größtkorn sollte dabei 2/3 der jeweiligen Schütthöhe nicht überschreiten und vor dem Hintergrund der Prüffähigkeit der Verdichtung auf 65 mm beschränkt werden.

Von einem Einsatz von Recyclingmaterial wird aufgrund immer wieder auftretender Probleme hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung (umwelt- und bautechnisch schädliche Bestandteile) sowie der Qualität und Homogenität abgeraten.

Ggf. kann es dann dem AN freigestellt werden, gegen Nachweis der Eignung im Sinne der Gleichwertigkeit zum ausgeschriebenen Liefermaterial und der Einhaltung der Verdichtungs-/Tragfähigkeitsanforderungen entsprechend separiertes und aufbereitetes Aushubmaterial als Liefermaterial wieder einzubauen. In jedem Fall bedarf der Einbau der entsprechenden Zustimmung des AG (Liefernachweis, Eignungsnachweis - Kornverteilung, Proctordichte). Bei Materialwechsel werden erneute Eignungsuntersuchungen erforderlich.

Zu beachten ist bei der Kanalgrabenverfüllung der Umstand, dass für den Bereich Straßenplanum bis 0,5 m darunter erhöhte Anforderungen bestehen.

Grabenverbaue/ -aussteifungen sind abschnittsweise und schadlos für die Rohrleitung bzw. benachbarte Bebauung / Leitungen wieder zu ziehen / entfernen und ggf. verbleibende Hohlräume setzungsfrei zu verfüllen. Ein Verbau darf bei nicht standfesten Grabenwänden (Regelfall im Lockergestein) bis maximal 0,50 m über das jeweilige Verfüllniveau gezogen werden. Das Verfüllmaterial muss unmittelbar nachfolgend eingebracht und von außen nach innen verdichtet werden. Die Verdichtung muss vor allem an der Grabenwand sorgfältig erfolgen.

Umfang und Verfahren der Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen sind entsprechend den ZTVE-StB 17 auszuführen.

8.7 Hinweis zur Verdichtung

Verdichtungsgeräte, Übergänge und Schichtdicken sind dem geforderten Verdichtungsgrad, den Raumverhältnissen und der "Empfindlichkeit" der Rohre anzupassen (siehe dazu z. B. ATV A 139, Tab. 1). Das Verfüllmaterial darf gemäß den ZTVE-StB 17 /UT19/ im Bereich bis 1 m über Rohrscheitel nur mit leichtem und bis 3 m auch mit mittelschwerem Verdichtungsgerät verdichtet werden. Daran angepasst werden mittlere Schütthöhen von ca. 20 cm bis 30 cm empfohlen. Das auftretende Größtkorn sollte dabei 2/3 der jeweiligen Schütthöhe nicht überschreiten und vor dem Hintergrund der Prüffähigkeit der Verdichtung auf 63 mm beschränkt werden.

Beim Einsatz der Geräte in Verantwortlichkeit des AN ist zwingend zu gewährleisten, dass keine unverträglichen Vibrationen / Erschütterungen auftreten. So kann vorab nicht zwangsläufig davon ausgegangen werden, dass der Einsatz schwerer Verdichtungstechnik wie z. B. von Anbauverdichterplatten möglich ist. Der Einsatz solcher Geräte bedarf einer Überprüfung ihrer Verträglichkeit unter den konkreten Bedingungen der Baustelle.

8.8 Filterstabilität

Vereinfachend können Böden mit einem Feinkorngehalt $\geq$ ca. 10 % untereinander als ausreichend stabil betrachtet werden. Böden mit geringerem Feinkorngehalt und/oder relativ enger / intermittierender Kornabstufung (z. B. Filterschichten) sind ggf. von den vorgenannten Böden durch ein Vlies nach Merkblatt /UT6/ (z. B. mechanisch verfestigt, Robustheitsklasse $\geq$ GRK 3, $0,06 \text{ mm} \leq O_{90,w} \leq 0,2 \text{ mm}$) zu trennen. Erfahrungsgemäß ist die Vliestrennung im Bereich der Grabenwand schwierig herzustellen, insbesondere bei einem Verbau des Grabens, so dass primär auf die Filterstabilität der Böden orientiert werden sollte.

Bevorzugt ist somit die Filterstabilität durch den Einsatz geeigneter, zum anstehenden Baugrund filter- und kontaktstabiler Korngemische zu gewährleisten.

Für Grenzflächen zwischen Hauptverfüllung und Aueton empfehlen wir generell ein Trennelement aus Vlies der GRK 4 vorzusehen.

Bodenaustausch in der Grabensohle bzw. die Rohrbettung / Leitungszone ist vom Baugrund vollständig durch ein Vlies zu trennen. Bei erforderlicher Filterfunktion (z. B. Dränschicht unter der Bettung) sollte für das Vlies ein k_f -Wert $\geq 5 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ vorgegeben werden. Übernimmt das Vlies lediglich eine Trennfunktion brauchen an den k_f -Wert keine konkreten Anforderungen gestellt werden.

Wird Grabenaushub zur Wiederverfüllung verwendet, ist eine ausreichende Filterstabilität in jedem Fall gewährleistet.

8.9 Schächte

Die Aushubentlastung ist bei Schächten größer als der neue Lasteintrag, so dass zulässige Sohlspannungen nicht relevant und Setzungen bei sorgfältiger Ausführung prinzipiell vernachlässigbar sind.

Wir empfehlen im Festgesteinshorizont eine vollflächige Versiegelung der Sohle / Ausgleich von geologisch bedingten Mehraushub mit i.M. 15 cm Beton und ansonsten im Lockergestein die Umsetzung der Maßnahmen, wie sie bereits für die Grabensohlen (Bodenaustausch) beschrieben wurden.

8.10 Nachbarbebauung

Da die Herstellung von Baugruben / Leitungsgräben nicht immer ohne Auswirkungen auf benachbarte bauliche Anlagen bleibt / bleiben kann, ist es vor der Planung von Sicherungs-/ Verbaumaßnahmen besonders wichtig, den Zustand der Nachbarbebauung festzustellen und mittels Beweissicherungsverfahren festzuhalten. Dazu gehören auch Verkehrsflächen, vorhandener Leitungsbestand etc.

Insbesondere ist darauf zu achten, dass die in DIN 4150, T3 „Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ genannten Anhaltswerte für Schwinggeschwindigkeiten nicht überschritten werden. Die jeweiligen Bauverfahren sind darauf abzustimmen.

Im Bereich möglicher höher liegender Versorgungsleitungen, die den neuen Rohrgraben kreuzen, ist darauf zu achten, dass unter diesen Leitungen keine Setzungen entstehen dürfen. Abgesehen von der Schwierigkeit, unmittelbar unter den bestehenden Leitungen eine ordnungsgemäße Verdichtung zu erreichen, führen bereits unvermeidbare (auch bei ausreichender Verdichtung) Setzungen zu Hohllagen dieser Leitungen, die ihrerseits Rohrbrüche herbeiführen können.

Treten solche Kreuzungspunkte auf, wird in diesen Fällen die Auffüllung unter den Leitungen mit Magerbeton empfohlen bzw. ist durch geeignete konstruktive Maßnahmen die Sicherung der Rohrauflagerung zu gewährleisten.

9. UMWELTRELEVANTE UNTERSUCHUNGEN

9.1 Allgemeines

Das Untersuchungsgebiet muss im Sinne der LAGA als hydrogeologisch ungünstig (flurnahes Grundwasser, perforierte Deckschicht) eingestuft werden.

Es ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei den vorgenommenen Untersuchungen um stichpunktartige Beprobungen handelt. Das Auftreten höher bzw. andersartig belasteten Aushubmaterials kann anhand der Untersuchungen nicht zweifelsfrei ausgeschlossen werden. So keine weiteren Erkenntnisse vorliegen, ist allerdings eine Übertragung der Ergebnisse auf definierte, zuordenbare Horizonte im Rahmen der Maßnahme möglich.

9.2 Boden/Untergrund

Aus den natürlich anstehenden und den aufgefüllten Böden (Fremdbestandteile < 10 %) wurden stichpunktartig 4 Einzelproben untersucht.

In der nachstehenden Tabelle sind detaillierte Angaben zur Probenbildung zusammengefasst dargestellt.

Tab. 21: Probenbildung Boden / Auffüllungen < 10 Vol. % Fremdmaterial

Probenbezeichnung	Aufschluss	Tiefenbereich [m u. GOK]	Baugrundsichten	Lage
B1.1	KB 1	0,25 – 0,8	1.2	RRB B
B2.1	KB 2	0,25 – 0,75	2	RRB B
B9.1	KB 9	0,0 – 0,6	1.1	Durchörterung A4
B11.1	KB 11	0,3 – 0,5	3	RRB A

Die Proben wurde nach LAGA Mindestuntersuchungsprogramm Boden bei unspezifischem Verdacht analysiert.

Anlage 3.9 enthält die tabellarische Gegenüberstellung der Zuordnungswerte nach LAGA, TR Boden für die aktuellen Analysen, Anlage 3.10 die zugehörigen Laborprüfberichte.

In der nachstehenden Tabelle ist die Analyse mit der Zuordnung und den Parametern > Z0 noch einmal zusammengefasst dargestellt.

Tab. 22: Einstufung Boden

Probe	LAGA Boden	
	Zuordnung	Parameter
B1.1	Z0	keine Grenzwertüberschreitung
B2.1	Z0	keine Grenzwertüberschreitung
B9.1	Z0	keine Grenzwertüberschreitung
B11.1	Z0	keine Grenzwertüberschreitung

Im Ergebnis der Analysen entsprechen alle untersuchten Einzelproben der Zuordnung **Z0**.

Aushubmaterial der Zuordnung Z0 ist aus umwelttechnischer Sicht uneingeschränkt wieder verwertbar sowohl bei bodenähnlicher Anwendung, als auch beim Einbau in technischen Bauwerken.

Der Bodenaushub ist als **nicht gefährlicher Abfall** mit der **AVV-Schlüssel-Nr. 17 05 04** zu kennzeichnen.

10. ANMERKUNGEN

Die vgs InGeo GmbH führte auftragsgemäß die Erkundung, Untersuchung und Begutachtung des Baugrundes für das Bauvorhaben

**Hermsdorf, Industriegebiet Ost III die Regenrückhaltebecken RRB A und RRB B,
die Regenklärbecken RKB RRB A und RRB B, die Löschwasserbehälter LW 1 – 5 und
die Querung der BAB A4 durch die Ablaufleitung**

durch.

Es wurden die für eine Ausschreibung, Planung und Berechnung der Baumaßnahme sowie zur Baudurchführung nach derzeitigem Kenntnisstand notwendigen Hinweise und bodenmechanischen Kennwerte und Empfehlungen für die geplante Baumaßnahme angegeben. Die jeweiligen Baugrundverhältnisse an den Untersuchungspunkten wurden aufgezeigt. Es empfehlen sich bei der Bauausführung eine sorgfältige Überwachung aller Arbeiten und ein Vergleich zwischen den Untersuchungsergebnissen und den tatsächlich angetroffenen Verhältnissen.

Verfahrensspezifische Hinweise hinsichtlich Bauausführung haben empfehlenden Charakter. Auf die tatsächlichen Verhältnisse (Baugrund, Grundwasser, Jahreszeit, Witterung o. ä.) während der Bauausführung ist entsprechend zu reagieren.

Bei wesentlichen Änderungen der geplanten Baumaßnahme gegenüber den vorliegenden Unterlagen zum Zeitpunkt der Begutachtung (insbesondere andere lage- und höhenmäßige Anordnung und andere konstruktive Details u. ä.) verlieren die entsprechenden Aussagen des Gutachtens ihre Gültigkeit. In solchen Fällen empfehlen wir eine Rücksprache mit unserem Büro, bei der zu klären ist, ob zusätzliche Untersuchungen erforderlich sind bzw. wie weiter zu verfahren ist.

Treten bei den Bauarbeiten grundsätzliche Abweichungen von den im Gutachten gemachten Angaben zur Baugrundsichtung oder sonstige unerwartete Situationen im Untergrund auf, sind wir unverzüglich zu informieren.

<— — —>