

# Gutachten über Baugrund und Gründung (Geotechnischer Bericht)

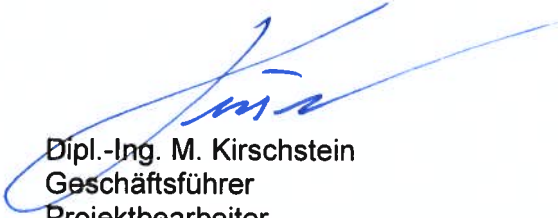
## Pferdingsleben, Pumpwerk und Verbindungssammler nach Friemar

**Auftraggeber:** Planungsbüro Poch+Zänker GmbH  
Nonnenrain 3  
99096 Erfurt


**vgs-Projekt-Nr.:** 220249

Dieser Bericht umfasst 66 Seiten und 6 Anlagenkomplexe.

Erfurt, den 26.04.2023



Dipl.-Ing. M. Kirschstein  
Geschäftsführer  
Projektbearbeiter



Dipl.-Geol. S. Schulze  
Projektgeologin

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1.</b>	<b>ALLGEMEINES</b> .....	<b>8</b>
1.1	BAUVORHABEN UND GEGENSTAND DES GUTACHTENS .....	8
1.2	GEOTECHNISCHE KATEGORIE NACH DIN 1054: 2010-12 .....	9
<b>2.</b>	<b>ÖRTLICHE VERHÄLTNISSE</b> .....	<b>9</b>
<b>3.</b>	<b>BAUGRUNDERKUNDUNG</b> .....	<b>11</b>
3.1	FELDUNTERSUCHUNGEN .....	11
3.2	LABORUNTERSUCHUNGEN .....	12
<b>4.</b>	<b>BAUGRUNDVERHÄLTNISSE</b> .....	<b>14</b>
4.1	GEOLOGISCHE SITUATION .....	14
4.2	BAUGRUNDSCHICHTUNG, SCHICHTEIGENSCHAFTEN .....	15
4.3	KENNWERTE UND EIGENSCHAFTEN GEMÄß VOB, TEIL C - HOMOGENBEREICHE .....	32
4.4	RECHENWERTE .....	33
4.5	GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE .....	35
4.6	BETON- UND STAHLAGGRESSIVITÄT GRUNDWASSER UND BODEN .....	37
<b>5.</b>	<b>GRÜNDUNGSTECHNISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN KANALBAU</b> .....	<b>38</b>
5.1	ALLGEMEINES .....	38
5.2	ROHRGRABEN .....	40
5.2.1	<i>Grabenaushub und Verbauarten</i> .....	40
5.2.2	<i>Grabensohle</i> .....	44
5.2.3	<i>Wasserhaltung</i> .....	46
5.2.4	<i>Leitungszone</i> .....	48
5.2.5	<i>Hauptverfüllung</i> .....	49
5.3	HINWEIS ZUR VERDICHTUNG .....	51
5.4	FILTERSTABILITÄT .....	51
5.5	SCHÄCHTE .....	52
5.6	NACHBARBEBAUUNG .....	52
5.7	EMPFEHLUNGEN ZUM DECKENSCHLUSS .....	53
<b>6.</b>	<b>KANALVERLEGUNGEN IM UNTERIRDISCHEN VORTRIEB / EINFRÄSEN</b> .....	<b>55</b>
6.1	DÜKER NESSEQUERUNG IM UNTERIRDISCHEN VORTRIEB .....	55
6.2	BAUTECHNISCHE HINWEISE .....	56
6.3	START- UND ZIELGRUBE .....	57
6.4	OPTION EINFRÄSEN DRUCKLEITUNG .....	58
6.5	PUMPWERK .....	58
<b>7.</b>	<b>UMWELTRELEVANTE UNTERSUCHUNGEN</b> .....	<b>59</b>
7.1	ALLGEMEINES .....	59
7.2	ASPHALT .....	60
7.3	BETON .....	61
7.4	AUFFÜLLUNGEN >10 VOL.-% FREMDBESTANDTEILE .....	61
7.5	AUFFÜLLUNGEN MIT < 10 VOL. % FREMDBESTANDTEILEN .....	62
7.6	UNTERGRUND .....	63
7.7	HINWEISE ZUM EINBAU BZW. ZUR BODENÄHNLICHEN ANWENDUNG VON AUSBAUSTOFFEN .....	65
<b>8.</b>	<b>ANMERKUNGEN</b> .....	<b>66</b>

## Unterlagen- und Quellenverzeichnis

### Projektbezogene Unterlagen und Quellen

- UP 1 Angebotsanfrage Poch+Zänker vom 08.12.2022
- UP 2 Angebote vgs 220242 (15.12.2022) und 230010 (17.01.2023)
- UP 3 Auftrag Poch+Zänker vom 22.12.2022
- UP 4 Geoproxy Thüringen (Internet, Stand März 2023)
- UP 5 Kartendienste der TLUBN (Internet, Stand März 2023)
- UP 6 Poch+Zänker: Lageplan und Schnitte (digital, Stand 3/2023)
- UP 7 Ingenieurgeologische Karte, M 1:100.000, M 32 – 46 (Gotha)

### Bautechnische Unterlagen und Quellen (Auswahl)

- 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/-11:2020 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, RiSt-Wag, Ausgabe 2016
- UT 15 Richtlinien für die Entwässerung von Straßen, REwS, FGSV, Ausgabe 2021

- 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 2019, Teil C, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen
- UT 21 Hettler, Triantafyllidis, Weißenbach: Baugruben, Verlag W. Ernst & Sohn, Berlin, 3. Auflage 2018
- UT 22 TV-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 (Auswahl)**

- 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 Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27.04.2009, zuletzt geändert am 27.09.2017
- UU 4 Verordnung über das europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV), 10.12.2001, zuletzt geändert am 15.07.2006
- UU 5 Hinweise zur Anwendung der Abfallverzeichnis-Verordnung vom 10. Dezember 2001, BGBl. I S. 3379, BM für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
- UU 6 Informationsblätter Abfall Nr.1 bis Nr. 12 des TLBV
- UU 7 ARS Nr. 16/2015: Regelungen zur Verwertung von Straßenausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen in Bundesfernstraßen. – TMfIL, Erfurt, 24.03.2017
- UU 8 Erlass zu den Anforderungen an die Entsorgung von Ausbauasphalt und Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen (pechhaltiger Straßenaufbruch) des TMUEN vom 17.07.2017
- UU 9 Mantelverordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung (ErsatzbaustoffV), zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) und zur Änderung der Deponieverordnung (DepV) und der Gewerbeabfallverordnung (GewAbfV), BGBl. Nr. 43 vom 16.07.2021

## TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1:	Feldarbeiten	11
Tab. 2:	Laboruntersuchungen	13
Tab. 3:	Verwitterungsstufen der Festgesteine	15
Tab. 4:	Beschreibung Oberboden gemäß DIN 18915:2018-06	16
Tab. 5:	Straßenoberbau	17
Tab. 6:	Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 1.1 – ungebundene Tragschicht	18
Tab. 7:	Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 1.2 – Auffüllung, grob-/ gemischtkörnig	19
Tab. 8:	Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 1.3 – Auffüllung, feinkörnig	20
Tab. 9:	Verbreitung Schicht 2 - Schwarzerde	21
Tab. 10:	Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 2 – Schwarzerde	22
Tab. 11:	Verbreitung Schicht 3 - Lösslehm	22
Tab. 12:	Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 3 – Lösslehm	23
Tab. 13:	Verbreitung Schicht 4 - Lehm	24
Tab. 14:	Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 4 – Lehm	24
Tab. 15:	Verbreitung Schicht 5 - Aueton	25
Tab. 16:	Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 5 – Aueton	26
Tab. 17:	Verbreitung Schicht 6 - Tonmudde	26
Tab. 18:	Eigenschaften / Klassifizierungen Schicht 6 – Tonmudde	27
Tab. 19:	Tiefenlage / Mächtigkeit Schicht 7 - Terrassenschotter	27
Tab. 20:	Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 7 – Terrassenschotter	28
Tab. 21:	Tiefenlage / Mächtigkeit Schicht 8 - Verwitterungslehm	29
Tab. 22:	Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 8 – Verwitterungslehm	30
Tab. 23:	Tiefenlage Schicht 9.1 – Unterer Keuper	31
Tab. 24:	Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 9.1 – Unterer Keuper, V4-V3	32
Tab. 25:	Rechenwerte	34
Tab. 26:	Gemessene Grundwasserstände	35
Tab. 27:	Ergebnisse Grundwasseranalyse	37
Tab. 28:	Ergebnisse Betonaggressivität / Stahlkorrosivität Boden	38
Tab. 29:	Graben-/ Baugrubenböschungen (oberhalb GW-Spiegel)	41
Tab. 30:	Anforderungen an die Grabenhauptverfüllung entspr. ZTV E-StB 17	49
Tab. 31:	Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse (RStO 12, Tab. 7)	53
Tab. 32:	Ergebnisse der quantitativen Asphaltuntersuchungen	60
Tab. 33:	Einstufung Betonrecycling	61
Tab. 34:	Probenbildung Auffüllung > 10 Vol.-% Fremdbestandteile	61
Tab. 35:	Einstufung Bodenmaterial / Baggergut - BM-F	62

Tab. 36:	Probenbildung Auffüllungen < 10 Vol. % Fremdbestandteile	62
Tab. 37:	Einstufung Auffüllungen < 10 Vol. % Fremdbestandteile	63
Tab. 38:	Probenbildung Untergrund	64
Tab. 39:	Einstufung Bodenmaterial / Baggergut (Untergrund)	64
Tab. 40:	Einsatzmöglichkeiten Ersatzbaustoffe nach EBV	65

## ANLAGENVERZEICHNIS

### A 1 Lagepläne

- A 1.1 Übersichtslageplan M 1:100.000 (Auszug aus UP4)
- A 1.2 Lageplan M 1:25.000 (Auszug aus UP4)
- A 1.3 Aufschlussplan M 1:2.500 (gemäß UP6)

### A 2 Ergebnisse der Felduntersuchungen

- A 2.1 Nessequerung: Bodenprofile RKS 1 bis RKS 4 sowie Diagramme DPH R2 bis DPH R4
- A 2.2 K4: Bodenprofile RKS 5 bis RKS 8 sowie Diagramm DPH R8
- A 2.3 An der Mühlstätte Westteil: Bodenprofile RKS 9 bis RKS 12 sowie Diagramm DPH R12
- A 2.4 An der Mühlstätte Ostteil / PW: Bodenprofile RKS 13 und RKS 14, KB 1 sowie Diagramm DPH B1
- A 2.5 Evanders Garten: Bodenprofile RKS 15 und RKS 16
- A 2.6 Teichgraben: Bodenprofile RKS 18 und RKS 19 sowie Diagramm DPH R19
- A 2.7 Anger: Bodenprofile RKS 17, RKS 20 und RKS 21 sowie Diagramme DPH R17 und DPH R21

### A 3 Laborergebnisse

- A 3.1 Wassergehalte, Glühverlust (2 Blatt)
- A 3.2 Kornverteilungskurven (2 Blatt)
- A 3.3 Zustandsgrenzenbestimmung (5 Blatt)
- A 3.4 Punktlastversuche (1 Blatt)
- A 3.5 Einaxiale Druckversuche (1 Blatt)
- A 3.6 Abrasivität (1 Blatt)
- A 3.7 Grundwasseranalyse auf Betonaggressivität und Stahlkorrosivität (8 Blatt)
- A 3.8 Bodenanalyse auf Betonaggressivität und Stahlkorrosivität (8 Blatt)
- A 3.9 Qualitative Voruntersuchung Asphalt (1 Blatt)
- A 3.10 Prüfbericht quantitative Asphaltuntersuchung (6 Blatt)
- A 3.11 Auswertung der chemischen Untersuchungen RC (1 Blatt)
- A 3.12 Prüfberichte der chemischen Untersuchungen RC (2 Blatt)
- A 3.13 Auswertung der chemischen Untersuchungen Auffüllung > 10 Vol. % Fremdmaterial (1 Blatt)

- A 3.14 Prüfberichte der chemischen Untersuchungen Auffüllung > 10 Vol. % Fremdmaterial (3 Blatt)
- A 3.15 Auswertung der chemischen Untersuchungen Auffüllungen (1 Blatt)
- A 3.16 Prüfberichte der chemischen Untersuchungen Auffüllungen (14 Blatt)
- A 3.17 Auswertung der chemischen Untersuchungen Untergrund (1 Blatt)
- A 3.18 Prüfberichte der chemischen Untersuchungen Untergrund (16 Blatt)
- A 4 Geotechnischer Längsschnitt (5 Blatt)
- A 5 Bohrkernfotos (2 Blatt)
- A 6 Kennwerte / Eigenschaften Boden und Fels / Homogenbereiche gemäß VOB-Normen

## 1. ALLGEMEINES

### 1.1 Bauvorhaben und Gegenstand des Gutachtens

Durch den WAZV Gotha und Landkreisingemeinden ist die Maßnahme

#### **Pferdingsleben, Pumpwerk und Verbindungssammler nach Friemar**

vorgesehen.

Als Planer fungiert das Büro Poch + Zänker GmbH aus Erfurt.

Die zu untersuchende Trasse beginnt mit dem Sammler Nord (DN 200) in Pferdingsleben am Teichgraben. Sie verläuft über die Kreuzung mit der Straße Anger und dann nördlich von Evanders Garten nach Westen. Die Länge beträgt ca. 325 m, die Sohliefen schwanken zwischen 2,6 und 4,6 m.

Der Abschnitt Weißtorweg (K4) nach Süden ist nicht Gegenstand des Gutachtens.

Von der Kreuzung Weißtorweg / Lange Straße verläuft der Sammler auf einer Strecke von ca. 70 m, mit einer Sohlentiefe von ca. 5,0 – 6,0 m weiter nach Westen bis zum Pumpwerk.

Die Errichtung des Pumpwerkes ist am westlichen Ortsrand von Pferdingsleben geplant. Die Sohlentiefe des Pumpwerkes beträgt 7,89 m (281,01 m NHN), die des Armaturenschachtes 3,74 m (285,56 m NHN).

Vom Pumpwerk soll ein Verbindungssammler zwischen den Ortslagen Friemar und Pferdingsleben, bestehend aus ca. 1.680 m Druckleitung (DN 110, Sohlentiefe 1,6 – 3,5 m) und ca. 520 m Freispiegelkanal (DN 200, Sohlentiefe 1,2 – 2,5 m), gebaut werden. Im Verlauf dieses Sammlers ergibt sich östlich von Friemar eine Lage innerhalb der Pferdingslebener Landstraße (K4).

Im Querungsbereich des Vorfluters Nesse und eines parallel verlaufenden Nebengrabens wird ein ca. 68 m langer Schmutzwasserdüker (Tiefe ca. 2,8 m) errichtet.

Im Bereich des Verlaufs auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche An der Mühle wird über ein alternatives Einfräsen der Leitung nachgedacht.

Weitere Informationen lassen sich dem jeweilig aktuellen Planungsstand dem Aufschlusslageplan in Anlage 1.3 und den Schnitten in Anlage 4 entnehmen.

Die 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 Neubau des Verbindungssammlers in offener / geschlossener Bauweise und des Pumpwerkes,
- umwelttechnische Untersuchungen und Einstufungen der Ausbaustoffe,
- Ableitung der Kennwerte und Eigenschaften und Empfehlungen zur Homogenbereichsbildung gemäß VOB 2019, Teil C für die Gewerke:
  - Erdarbeiten (DIN 18300), Geotechnische Kategorie GK 2/3
  - Bohrarbeiten (DIN 18301)
  - Ramm-/ Rüttel-/ Pressarbeiten (DIN 18304)
  - Rohrvortriebsarbeiten (DIN 18329)
  - 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 bzw. deren Wechselwirkung) und für die Bereiche mit unterirdischem Vortrieb in die Geotechnische Kategorie GK 3 (Bauwerke mit hohem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf Bauwerke und Baugrund bzw. deren Wechselwirkung) einzustufen.

## 2. ÖRTLICHE VERHÄLTNISSE

Das Untersuchungsgebiet liegt im Landkreis Gotha nordöstlich von Gotha. Die Gemeinde Friemar und Pferdingsleben sind Teil der Verwaltungsgemeinschaft Nesseaue.



**Abb. 1:** Blick von Nesseaue nach Friemar (nach Westen)



**Abb. 2:** Blick zur Nesse nach Osten (Querungsbereich)



**Abb. 3:** Blick entlang der K4 nach Osten



**Abb. 4:** An der Mühlstätte Blick nach Osten



**Abb. 5:** Standort Pumpwerk (Blickrichtung Osten)



**Abb. 6:** Fahrweg am Evanders Garten (Blickrichtung West)



**Abb. 7:** Pferdingsleben Anger (Blickrichtung Südosten)



**Abb. 8:** Fahrweg am Teichgraben (Blickrichtung West)

Der Standort des Pumpwerkes wird derzeit als Wiese genutzt.

Zuläufe zum Pumpwerk kommen aus der asphaltierten, beidseitig über gepflasterte Gehwege verfügenden Straße Anger und aus Richtung Fahrweg parallel zum Teichgraben. Dieser ist im Osten mit Betonplatten belegt und nach Westen unbefestigt.

Nach Zusammenfügung der beiden Kanaläste, verläuft die Trasse nördlich Evanders Garten nach Westen in Richtung Pumpwerk in einem unbefestigten Fahrweg. In Pferdingsleben grenzen ländliche Wohnbebauung bzw. Gartenanlagen an den Trassenverlauf.

Der gegenständliche Trassenabschnitt des Verbindungssammlers beginnt an der westlichen Ortsgrenze von Pferdingsleben am Pumpwerk. Von da verläuft er über landwirtschaftliche genutzte Fläche („An der Mühlstätte“) nach Westen.

Kurz vor Erreichen des Vorfluters Nesse biegt die Trasse nach Norden zur asphaltierten K4 (Pferdingslebener Landstraße) ab. In dieser Straße verläuft sie nach Westen in Richtung Friemar. Kurz vor Erreichen der Ortslage biegt sie wieder nach Norden ab und verläuft unmittelbar westlich des Speichers Friemar bis zur Querungsstelle. Der Speicher Friemar (auch Immertalstausee) wurde zu DDR Zeiten zur Bewässerung landwirtschaftlicher Flächen genutzt. Er staut den Immer- und Lachebach, sein Überlauf geht in die Nesse.

Nach Querung der Nesseaue und eines parallel laufenden Grabens endet der zu untersuchende Verbindungssammler am östlichen Ortsrand von Friemar auf Höhe Stedtenstraße. Die überschwemmungsgefährdete Nesseaue wird als Weideland genutzt. Hier gibt es mehrere Quellen.

Das Geländeniveau ist im Trassenverlauf sehr bewegt, es schwankt zwischen ca. 282,5 m NHN in der Nesseaue im Bereich der Querung und maximal ca. 292 m NHN auf der K4.

### 3. BAUGRUNDERKUNDUNG

#### 3.1 Felduntersuchungen

Zur Baugrunderkundung wurden durch vgs 1 Kernbohrung (KB) und 21 Rammkernsondierungen (RKS) abgeteuft. Ergänzend hierzu erfolgten als Feldversuche das Abteufen von 9 Schweren Rammsondierungen (DPH).

Tab. 1: Feldarbeiten

Ifd. Nr.	Bezeichnung	Tiefe [m]			DPH N10> 30	Datum
		KB	RKS	DPH		
<b>Kernbohrungen</b>						
1	KB 1	12,00		6,80	4	27.-28.02.23
<b>Rammkernsondierungen</b>						
1	RKS 1		5,00			23.02.2023
2	RKS 2		5,00	6,00	6	23.02.2023
3	RKS 3		5,60	6,00	6	23.02.2023
4	RKS 4		5,60	5,90	3	23.02.2023
5	RKS 5		3,30			23.02.2023
6	RKS 6		5,00			24.02.2023
7	RKS 7		5,00			24.02.2023
8	RKS 8		5,00	5,00	4	23.02.2023
9	RKS 9		4,00			22.02.2023
10	RKS 10		4,00			22.02.2023
11	RKS 11		4,00			22.02.2023
12	RKS 12		4,00	5,00	1	22.02.2023
13	RKS 13		4,00			22.02.2023
14	RKS 14		4,00			22.02.2023
15	RKS 15		4,00			22.02.2023
16	RKS 16		4,00			22.02.2023
17	RKS 17		5,00	5,00	1	21.02.2023
18	RKS 18		4,00			22.02.2023
19	RKS 19		4,00	6,00		21.02.2023
20	RKS 20		4,00			21.02.2023
21	RKS 21		2,70	2,70	1	21.02.2023
<b>Summe:</b>		<b>12,00</b>	<b>91,20</b>	<b>48,40</b>	<b>26</b>	

Nach Abschluss der Erkundungsarbeiten wurde der ursprüngliche Zustand des Geländes weitestgehend wiederhergestellt.

Die Bohrung wurden mit Kies-Compactonit verfüllt und der Deckenschluss entsprechend Ausgangszustand vorgenommen.

Die Verfüllung der Sondierungen erfolgte, soweit es deren Durchmesser und die Standsicherheit der verfahrensbedingt unverrohrten Sondierlöcher zuließen, ebenfalls mit Kies-Compactonit.

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 4 enthält geotechnische Längsschnitte und Anlage 5 die Bohrkernfotos.

### **3.2 Laboruntersuchungen**

Aus den Aufschlüssen wurden insgesamt 115 gestörte Becherproben, 3 Eimerproben, 2 Wasserprobe, 5 Gesteinskernproben und 5 Asphaltkerne 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:

- K = Kernprobe (ungestört)
- B = Becherprobe bis 2,5 l (gestört)
- E = Eimerprobe bis 15 l (gestört)
- WK = Gesteinskern (ungestört)

Anschließend folgen die vgs-Projektnummer und z.B. B1 für Kernbohrung 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 7 aufgeführt.

An ausgewählten Proben wurden im vgs-eigenen boden-/ felsmechanischen Labor die in Tabelle 2, Zeilen 1 bis 7 und 9 aufgeführten Laborversuche /-untersuchungen vorgenommen.

Die chemischen Untersuchungen Zeilen 10 bis 18 führte die Thüringer Umweltinstitut Henterich GmbH und die Abrasivitätsuntersuchung Zeile 8 das IB GNW aus Weimar durch.

**Tab. 2: Laboruntersuchungen**

Zeile	Versuchsart	Vorschrift	Anzahl
1	Wassergehalt	DIN 18 121, Teil 1	5 (5)
2	Glühverlust	DIN 18 128	4
3	Kombinierte Siebung	DIN 18 123	4
4	Großsiebung	DIN 18 123	1
5	Zustandsgrenzen	DIN 18 122	5
6	Punktlastversuche	DGGT Empfehlung Nr. 5	3
7	Einaxiale Druckfestigkeit	DGGT Empfehlung Nr. 1	1
8	Abrasivität	DGGT Empfehlung Nr. 23	1
9	qualitative Asphaltuntersuchung	Lacksprühmethode	5
10	quantitative Asphaltuntersuchung	DIN ISO 13877 / DIN EN ISO 14402	3
11	Grundwasseranalyse Betonaggressivität	DIN 4030-1	2
12	Grundwasseranalyse Stahlkorrosivität	DIN 50929-3	2
13	chemische Untersuchungen Bauschutt (RC)	EBV, Anlage 1, Tabelle 1	1
14	chemische Untersuchungen Auffüllung (BM-F)	EBV, Anlage 1, Tabelle 3	1
15	chemische Untersuchungen Boden (BM-0*)	EBV, Anlage 1, Tabelle 3	7
16	Betonaggressivität Boden	DIN 4030-1	2
17	Stahlkorrosivität Boden	DIN 50929-3	2
18	Untersuchung Einzelparameter	KW, PAK, BTEX, LHKW	1

(...) Wassergehalte aus Kornverteilung

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

Hinsichtlich der in Anlage 3.2 dargestellten Kornverteilungskurven ist zu beachten, dass aus den ausgeführten Baugrundaufschlüssen nur Probenmaterial maximal bis zum Innendurchmesser der direkten Baugrundaufschlüsse, d.h. hier der Rammkernsondierungen entnommen werden kann. Dies entspricht für Kernbohrungen – KB einem Innendurchmesser 101 mm und für Rammkernsondierungen – RKS für einen Außendurchmesser 36 mm = 29,1 mm und 36,7 mm für Außendurchmesser RKS 50 mm.

Im Sinne der Entnahme repräsentativer Proben sowie ausreichend Probenmaterial für umwelttechnische Untersuchungen nach Ersatzbaustoffverordnung wurden die Rammkernsondierungen, soweit technisch möglich, mindestens jedoch im oberen Meter mit dem größten möglichen Durchmesser für dieses Verfahren bezogen auf Standardsonden, d.h. mit 80 mm Außendurchmesser (Innendurchmesser 67 mm), ausgeführt.

Somit ist das Korngrößenspektrum (einschließlich der Kornverteilungslinien) von Proben aus Rammkernsondierungen auf den Bereich Ton bis Grobkies und bei Kernbohrungen auf den Bereich bis Steine ca. 100 mm Durchmesser beschränkt. Dies schließt nicht aus, dass gröberes Korn vorhanden sein kann. An den Aufschlussprofilen erfolgt die Schichtbeschreibung entsprechend des gewonnenen Probeninventars in der Regel ohne weitergehende Interpretation.

Maßgeblich sind daher die verbale Schichtbeschreibung, die unter Punkt 4.3 vorgenommenen Einstufungen sowie die Angaben in der Tabelle Homogenbereiche, Anlage 6.

## 4. BAUGRUNDVERHÄLTNISSE

### 4.1 Geologische Situation

Das Untersuchungsgebiet befindet sich regionalgeologisch im Südwesten der mit triassischem Tafeldeckgebirge ausgekleideten Thüringer Mulde, nordöstlich der Eichenberg-Gotha-Arnstadt-Saalfelder Störungszone.

Als oberste Schichtstufe des von der Erosion verschont gebliebenen Tafeldeckgebirges streichen im Untergrund die Schichtenfolgen des Unteren Keupers (ku) aus.

Der *Untere Keuper* in seiner Gesamtheit ist charakterisiert durch eine starke Wechselhaftigkeit, als Ausdruck für ein „unruhiges“ Bildungsmilieu. Die Ablagerungen entstanden in sog. Überflutungsfazies in einem in Rücken und Rinnen gegliederten Sedimentationsraum.

Tonig-schluffige, kalkig-dolomitische und sandige Sedimente, von bläulicher, grauer und rötlicher, bei kohligem Beimengungen auch schwarzgrauer Tönung, liegen in den unterschiedlichsten Mischungsverhältnissen vor. Generell ist für den hangenden Gesteinsbereich eine ausgeprägte Verwitterungszone typisch. Die Festgesteine des Unteren Keupers liegen in dieser Zone vollständig bis stark verwittert (V4-V3) bzw. völlig zu Lockergesteinen zersetzt und evtl. auch geringfügig umgelagert (V5, *Verwitterungslehm*) vor.

Die Festgesteine werden durch quartäre Lockergesteine überlagert. Dabei dominieren weichsel-eiszeitliche *Lössablagerungen*. Basal sind dabei dem i. allg. schichtungslosen Fluglöss oft geschichtete Schwemmlössbildungen eingelagert, die zur Tiefe hin an Bedeutung zunehmen. Sie können dann Gesteinsreste (z. B: aufgearbeitetes Festgestein) bis Feinkiesgröße enthalten. Im ursprünglichen Zustand ist der Löss ein schwach sandiger Staub mit gelber bis ockergelber Farbe und einem CaCO<sub>3</sub>-Gehalt von 10-20 %. Bei den geschichteten Einlagerungen ist der Kalkanteil etwas reduziert, dafür ist der Tonanteil höher. Unter der Einwirkung der rezenten Verwitterung ist der Löss meistens entkalkt und zu Lösslehm umgebildet. Infolge der Abscheidung des gelösten Kalkes in tieferen Teilen des Lössprofils treten dort sogenannte Lösskindel (Kalkkonkretionen) bzw. Kalkäderchen auf. Der oberflächennahe Teil des Lössprofils ist meist tiefgreifend humifiziert und liegt als *Schwarzerde* vor.

Dies ist insbesondere am Bauende in Friemar und dann flächenhaft im Bereich An der Mühlestätte und Evanders Garten der Fall.

Außerhalb der Lössverbreitungsgebiete streicht solifluktuiver *Hanglehm* oberflächlich aus.

Im Bereich der Querung der Nesseaue in Friemar und am Teichgraben in Pferdingsleben wurden *Aueton* und lokal *Tonmudde* angetroffen.

Im Bereich Am Berg, An der Mühlestätte bis zum Standort des geplanten Pumpwerkes liegen saale-eiszeitliche Untere *Mittelterrassenschotter* der Nesse vor.

Das Untersuchungsgebiet ist im Laufe seiner Nutzungsgeschichte innerhalb der Ortslagen anthropogen überprägt worden, d. h. die natürlich anstehenden Erdstoffe sind in ihrer Mächtigkeit teilweise reduziert und durch Auffüllung ersetzt und / oder überschüttet worden (Straßenbau, Grabenverfüllungen, Geländeregulierungen usw.).

Im Untersuchungsraum ist nicht mit geologisch bedingten Untergrundschwächen zu rechnen (lt. /7/ Rayon B-a-l).

Nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01, Erdbebenzonenkarte (ehemals DIN 4149:2005-04), liegt der Standort in keiner Erdbebenzone.

## 4.2 Baugrundsichtung, Schichteigenschaften

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

<u>Schicht 0:</u>	Oberboden
<u>Schicht 1:</u>	Auffüllung
<u>Schicht 2:</u>	Schwarzerde
<u>Schicht 3:</u>	Lösslehm
<u>Schicht 4:</u>	Lehm
<u>Schicht 5:</u>	Aueton
<u>Schicht 6:</u>	Tonmudde
<u>Schicht 7:</u>	Terrassenschotter
<u>Schicht 8:</u>	Verwitterungslehm
<u>Schicht 9.1:</u>	Unterer Keuper V4-V3
<u>Schicht 9.2:</u>	Unterer Keuper < V3

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 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 informativ dargestellt. Die Verwitterungsstufe V wird in den Profildarstellungen ergänzend zur Schichtbezeichnung der Festgesteine angegeben.

**Tab. 3: Verwitterungsstufen der Festgesteine**

Verwitterungsstufe	Bezeichnung	Beschreibung
0	frisch	Kein sichtbares Zeichen von Verwitterung des Gesteins; möglicherweise leichte Verfärbung an den Hauptoberflächen oder Trennflächen.
1	schwach verwittert	Verfärbung weist auf Verwitterung des Gesteins und der Oberflächen der Trennflächen hin.
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.
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.
4	vollständig verwittert	Das gesamte Gestein ist zu Boden zersetzt und/oder zerfallen. Die ursprüngliche Gebirgsstruktur ist größtenteils noch unversehrt.
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.

\* 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.

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

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.

### **Schicht 0: Oberboden**

Oberboden, natürlich anstehend oder aufgefüllt, wurde mit 5 bis 40 cm Stärke erkundet.

Er steht in Form eines Tones, schwach feinsandig bis feinsandig, sehr schwach kiesig bis schwach kiesig, schwach humos bis humos an und ist nach DIN 18196 als TL / OU zu klassifizieren.

Lokal wurden Ziegelsplitter angetroffen.

**Tab. 4: Beschreibung Oberboden gemäß DIN 18915:2018-06**

Boden- gruppe	Benennung	Körnung M %			Kurzzeichen
		≤ 0,063 mm	> 2 bis 63 mm	> 63 bis ≤ 200 mm	DIN 18 196
B5a	stark bindiger (sandig/kiesiger) Boden	> 40	≤ 60	≤ 5	TL / TM

Oberboden ist ein schützenswertes Gut, gemäß BauGB in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor der Vernichtung oder Vergeudung zu schützen.

Er ist gesondert vor Beginn der Bautätigkeit abzuschleppen 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: Straßenoberbau

Schicht 1.2: Auffüllung, grob-/ gemischtkörnig

Schicht 1.3: Auffüllung, feinkörnig

Schicht 1.4: Auffüllung, > 10 Vol. % Fremdmaterial

Mit Auffüllungen ist grundsätzlich im Bereich von Verkehrsflächen, bestehenden Kabel- und Leitungstrassen sowie im Hinterfüllbereich von Bauwerken (alte Baugruben usw.) zu rechnen.

Insbesondere ist auf mögliche unterschiedliche Leitungsgrabenverfüllungen hinzuweisen, die z. B. Hindernisse (Rohre / Leitungen / Kabel, Steine / Blöcke, „sperrige“ Bestandteile) und / oder Stabilitätsprobleme (z. B. Nachbrechen kohäsionsarmer Böden) bei Aushubarbeiten mit sich bringen können.

#### Schicht 1.1: Straßenoberbau

Straßenoberbau bzw. Wegbefestigung wurde nur im Bereich Pferdinglebener Straße zwischen Friemar und Pferdingleben sowie in Pferdingleben auf dem Weg Evanders Garten und der Straße Anger angetroffen.

Die Pferdinglebener Straße besitzt eine zwei- bis dreilagige Asphaltdecke mit 10-30 cm Stärke. Der Weg Evanders Garten besitzt keine gebundene Decke. Die Straße Anger trägt eine einlagige Asphalt- bzw. eine Pflasterdecke.

**Tab. 5: Straßenoberbau**

Bezeichnung	Asphalt (Lagen) / [Pflaster] [cm]	ungebundene Tragschicht [cm]	Packlage [cm]	Gesamtmächtigkeit Oberbau [cm]
Pferdinglebener Straße (K4)				
RKS 6	30 (3)	25	-	55
RKS 7	10 (2)	20	-	30
RKS 8	10 (2)	40	-	50
Evanders Garten				
RKS 15	-	20	-	20
Anger				
RKS 17	4 (1)	16	-	20
RKS 20	3 (1)	27	10	40
RKS 21	[8]	42	-	50

Die Mächtigkeit der ungebundenen Tragschicht schwankt zwischen 16 und 42 cm. Sie wurde in Form eines wechselnd schwach schluffigen bis schluffigen, schwach sandigen bis sandigen, sehr schwach bis schwach steinigen Kiesel in mitteldichter, lokal auch dichter Lagerung angetroffen. Am Anger liegt lokal an der Basis der Tragschicht eine 10 cm starke Packlage vor.

Die genaue Verbreitung lässt sich anhand der Erkundungen nicht hinreichend ableiten. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass solche Verhältnisse auch an anderen Stellen in der Ortslage Pferdingleben vorliegen.

Fremdbestandteile wurden keine festgestellt.

Die Tragschicht ist in unterschiedlichen Grau- und z. T. Brauntönen, selten auch Rottönen gefärbt.

**Tab. 6: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 1.1 – ungebundene Tragschicht**

Schichtbeschreibung	
<b>Bodenart</b> (Kurzzeichen lt. DIN EN ISO 14688-1)	si'-si sa'-sa co''-co' Gr
<b>Lagerungsdichte</b>	mitteldicht, lokal dicht
Bautechnische Eigenschaften	
<b>Scherfestigkeit</b>	groß
<b>Zusammendrückbarkeit</b>	gering
<b>Durchlässigkeit</b> (Bereiche nach DIN 18130)	stark durchlässig bis durchlässig
<b>Verdichtbarkeit</b>	gut bis mittel
<b>Witterungs-, Wasser- und Erosionsempfindlichkeit</b>	gering bis mittel
<b>Erdbautechnische Eignung</b>	geeignet
Bautechnische Klassifizierung	
<b>Bodengruppe</b> (DIN 18 196)	[GW, GU]
<b>Frostempfindlichkeitsklasse</b> (ZTVE-StB)	F1-F2
<b>Bodengruppen</b> (ZTVA-StB)	grob- bis gemischtkörnige Böden
<b>Bodenarten</b> (ATV-DVWK-A 127)	G1-G2

Schicht 1.2: grob- und gemischtkörnige Auffüllungen

Grob- und gemischtkörnige Auffüllung konnte nur in 5 Aufschlüssen in 0,06 bis 0,8 m Tiefe angetroffen werden. Die erkundete Mächtigkeit schwankt zwischen 0,1 und 0,54 m. Die Schichtunterkante bewegt sich bei 0,4 bis 1,1 m. Es ist nicht auszuschließen, dass die Schicht 1.2 auch an anderen Stellen des Untersuchungsgebietes auftreten kann.

Anhand der Korngrößenzusammensetzung ist die Schicht 1.2 als wechselnd schluffiger, sandiger bis stark sandiger, schwach steiniger Kies (meist Sandsteinschutt) anzusprechen.

Fremdbestandteile wurden vereinzelt in Form von Ziegelresten < 10 Vol. % nachgewiesen.

Die Lagerungsdichte ist locker.

Die Schicht 1.2 ist in Grau- und Braun-, selten Olivtönen gefärbt.

**Tab. 7: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 1.2 – Auffüllung, grob-/ gemischtkörnig**

Schichtbeschreibung		
<b>Bodenart</b> (Kurzzeichen lt. DIN EN ISO 14688-1)		si'-si* sa-sa* co' Gr, lokal Fremdbestandteile
<b>Lagerungsdichte</b>		locker
Bautechnische Eigenschaften		
<b>Scherfestigkeit</b> (DIN 18 196)		groß
<b>Zusammendrückbarkeit</b> (DIN 18 196)		gering
<b>Durchlässigkeit</b> (Bereiche nach DIN 18130)		stark durchlässig -durchlässig
<b>Verdichtbarkeit</b> (DIN 18 196)		mittel - gut
<b>Witterungs-, Wasser- und Erosionsempfindlichkeit</b> (DIN 18 196)		groß - mittel
<b>Erdbautechnische Eignung</b> (DIN 18 196)		geeignet
Bautechnische Klassifizierung		
<b>Bodengruppe</b> (DIN 18 196)		[GW, GU, GU*] (A)
<b>Frostempfindlichkeitsklasse</b> (ZTV E-StB)		GW = F1 GU = F2 GU* = F3
<b>Bodengruppen</b> (ZTV A-StB)		grob-/gemischtkörnige Böden
<b>Bodenarten</b> (ATV-DVWK-A 127)		G1-G3

Schicht 1.3: Auffüllung, feinkörnig

Die Schicht 1.3 wurde nur in 4 Aufschlüssen in 0,2 bis 0,5 m Tiefe nachgewiesen. Die Mächtigkeit liegt bei 0,3 bis 0,9 m. Die Schichtunterkante schwankt zwischen 0,8 und 1,3 m. Das Auftreten der Schicht 1.3 auch an anderen Stellen des Untersuchungsgebietes ist nicht auszuschließen.

Die feinkörnige Auffüllung setzt sich aus schwach sandigen, schwach kiesigen, schwach organischen, leicht- bis mittelplastischen Tonen zusammen.

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

Die Färbung ist graubraun, hellbraun und braunoliv.

Fremdbestandteile wurden vereinzelt in Form von Ziegelresten < 10 Vol. % nachgewiesen. In RKS 17 war die Schicht mit Ölschlieren durchzogen.

*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. 8: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 1.3 – Auffüllung, feinkörnig**

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

Schicht 1.4: Auffüllung > 10 Vol. %

Unter der Schicht 1.4 werden Auffüllungen mit mehr als 10 Vol.% Fremdbestandteilen zusammengefasst, die im Sinne der Entsorgung wie Bauschutt bzw. Boden mit Bauschuttbestandteilen o. ä. zu behandeln sind. Derartige Auffüllungen konnten nur in RKS 15 und 16 (Evanders Garten), RKS 17 (Anger) und RKS 19 (Teichgraben) oberflächlich anstehend bis in 1,0 m Tiefe nachgewiesen werden. Die Mächtigkeit schwankt zwischen 0,3 und 0,8 m. Die Schichtunterkante liegt bei 0,4 bis 1,8 m. Das Auftreten der Schicht 1.4 auch an anderen Stellen des Untersuchungsgebietes ist nicht auszuschließen.

Die Schicht 1.4 stellt einen schluffigen, schwach sandigen bis sandigen, schwach steinigen bis steinigen Kies bzw. einen sandigen, kiesigen, schwach steinigen Ton mit höheren Anteilen (> 10 Vol.%) an Beton- und Ziegelresten mit einer lockeren Lagerung bzw. halbfesten Konsistenz dar. In RKS 15 wurde reines Betonrecycling erkundet.

Aufgrund ihrer inhomogenen Zusammensetzung und den damit verbundenen stark schwankenden Eigenschaften sind derartige Schichten nicht hinreichend zuverlässig beschreib-/ kalkulierbar.

Eine Extrapolation der Verhältnisse über den unmittelbaren Aufschlusspunkt hinaus ist praktisch nicht zuverlässig möglich.

Auf eine tabellarische Auflistung der Eigenschaften wird deshalb verzichtet.

## **Schicht 2: Schwarzerde**

Im Untersuchungsgebiet steht über weite Flächen unter natürlichen Verhältnissen Lösslehm (Schicht 3) oberflächlich an. In seinem obersten Abschnitt reichen die an der dunkel- bis schwarzbraunen Färbung erkennbaren organischen Beimengungen i. d. R. noch einige Dezimeter tiefer als der eigentliche Oberboden. Dieser Horizont wird als Schwarzerde bezeichnet.

Erfahrungsgemäß liegt der organische Anteil i. d. R. um die 6 M.-% (Glühverlust), so dass der Boden als organogen zu bezeichnen ist. Der organische Anteil kann zudem in gewisser Weise die erdbau-technischen Eigenschaften des Bodens (z. B. Verdichtungsfähigkeit, Eignung für Bindemittelverbesserungen) verschlechtern, so dass die Schwarzerde als gesonderte Schicht ausgehalten wird.

Dort, wo über dem Lösslehm keine Schwarzerde ausgehalten wurde, reicht die Mächtigkeit des humifizierten Bereiches nicht über den Oberboden (max. Stärke 0,4 m) hinaus. Ursache dafür sind vermutlich nachträgliche Abschwemmungen / Umlagerungen.

Die Verbreitung der Schicht 2 ist in nachfolgender Tabelle zusammengefasst dargestellt.

**Tab. 9: Verbreitung Schicht 2 - Schwarzerde**

Aufschluss	Schichtoberkante [m]	Mächtigkeit [m]	Schichtunterkante [m]	Lage
RKS 1	0,4	0,7	1,1	Friemar
RKS 11	0,3	0,4	0,7	An der Mühlstätte
RKS 12	0,3	0,4	0,7	
RKS 13	0,3	0,3	0,6	
RKS 14	0,3	0,5	0,8	
KB 1	0,6	0,5	1,1	Pumpwerk

Es handelt sich bei der Schwarzerde um schwach feinsandige bis feinsandige, gelegentlich (meist im Basisbereich) sehr schwach bis schwach kiesige, schwach organische, leicht- bis mittelplastische Tone mit hohem Grobschluffanteil.

Zum Erkundungszeitpunkt lag die Schwarzerde im Mittel in steifer Konsistenz vor.

Farblich tritt die Schicht 2 in schwarzbraunen, dunkelbraunen bzw. schwarzgrauen Farbtönen auf.

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

**Tab. 10: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 2 – Schwarzerde**

Schichtbeschreibung		
<b>Bodenart</b>	(Kurzzeichen lt. DIN EN ISO 14688-1)	fsa'-fsa (gr''-gr') or' Cl (Si)
<b>Plastizität</b>		leicht- bis mittelplastisch
<b>Konsistenz</b>	zum Erkundungszeitpunkt	i. M. steif
Bautechnische Eigenschaften		
<b>Scherfestigkeit</b>	(DIN 18 196)	gering
<b>Zusammendrückbarkeit</b>	(DIN 18 196)	groß
<b>Durchlässigkeit</b>	(Bereiche nach DIN 18130)	schwach durchlässig
<b>Verdichtbarkeit</b>	(DIN 18 196)	schlecht
<b>Witterungs-, Wasser- und Erosionsempfindlichkeit</b>	(DIN 18 196)	groß
<b>Erdbautechnische Eignung</b>	(DIN 18 196)	ungeeignet (wasserempfindlich, organischer Anteil)
Bautechnische Klassifikation		
<b>Bodengruppe</b>	(DIN 18 196)	TL-TM (UL-UM)
<b>Frostempfindlichkeitsklasse</b>	(ZTV E-StB)	F3
<b>Bodengruppen</b>	(ZTV A-StB)	feinkörnige Böden
<b>Bodenarten</b>	(ATV-DVWK-A 127)	G4

### Schicht 3: Lösslehm

Unter der Schicht 3 wird überwiegend strukturgestörter / solifluktiv umgelagerter und entkalkter Lösslehm zusammengefasst. Löss ist primär ein äolisches (d. h. vom Wind transportiertes) Sediment, welches sich i. W. auf den vom Wind abgewandten Seiten (Lee) von Hügeln / Geländewellen und in Senken, dann oft auch in größerer Mächtigkeit akkumuliert hat.

Die Verbreitung der Schicht 3 ist in nachfolgender Tabelle zusammengefasst dargestellt.

**Tab. 11: Verbreitung Schicht 3 - Lösslehm**

Aufschluss	Schichtoberkante [m]	Mächtigkeit [m]	Schichtunterkante [m]	Lage
RKS 1	1,1	> 3,9	> 5	Friemar
RKS 10	0,3	1,1	1,4	An der Mühlstätte
RKS 11	0,7	2,4	3,1	
RKS 12	0,7	2,0	2,7	
RKS 13	0,6	2,0	2,6	
RKS 14	0,8	1,6	2,4	
KB 1	1,1	3,0	4,1	Pumpwerk
RKS 15	1,8	1,9	3,7	Evanders Garten
RKS 16	0,6	2,8	3,4	

Lösslehm besteht i. d. R. aus leicht-, im basalen Profilbereich auch mittelplastischem Ton, schwach feinsandig bis feinsandig, gelegentlich basal sehr schwach bis schwach kiesig. Es können organische Schmitzen und Linsen auftreten.

Dabei ist der Kiesanteil i. d. R. auf die Einlagerung von Kalkkonkretionen (sog. Lösskindeln, z. T. auch Kalkäderchen) zurückzuführen bzw. konzentriert sich auf die Schichtbasis. Typisch ist ein hoher Grobschluffanteil.

Zum Erkundungszeitpunkt lag die Schicht 3 i. M. in steifer, z. T. steif bis halbfester, lokal weicher bzw. weich bis steifer Konsistenz bei lockerer Lagerung (hohes Porenvolumen) vor.

*Insbesondere bei größeren Schichtmächtigkeiten kann die ursprüngliche „poröse“ Struktur des Löss anteilig noch vorhanden sein, d. h. der Boden kann bei konzentriertem Wassereintrag ggf. eine gewisse Sackungsneigung aufweisen. Generell ist Löss als (sehr) wasserempfindlich zu bezeichnen und neigt unter Wassereinfluss, insbesondere bei mechanischer Beanspruchung, zur raschen Konsistenzverschlechterung verbunden mit einer deutlichen Verschlechterung seiner bautechnischen Eigenschaften.*

**Tab. 12: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 3 – Lösslehm**

<b>Schichtbeschreibung</b>		
<b>Bodenart</b>	(Kurzzeichen lt. DIN EN ISO 14688-1)	fsa'-fsa (gr''-gr' or'') CI (Si)
<b>Plastizität</b>		leicht- bis mittelplastisch
<b>Konsistenz</b>	(zum Erkundungszeitpunkt)	i. M. steif, z. T. steif-halbfest, selten weich bzw. weich-steif
<b>Bautechnische Eigenschaften</b>		
<b>Scherfestigkeit</b>	(DIN 18 196)	gering
<b>Zusammendrückbarkeit</b>	(DIN 18 196)	groß
<b>Durchlässigkeit</b>	(Bereiche nach DIN 18130)	schwach durchlässig
<b>Verdichtungsfähigkeit</b>	(DIN 18 196)	mäßig bis schlecht
<b>Witterungs-, Wasser- und Erosionsempfindlichkeit</b>	(DIN 18 196)	groß
<b>Erdbautechnische Eignung</b>	(DIN 18 196)	mäßig brauchbar bis weniger geeignet (sehr wasserempfindlich)
<b>Bautechnische Klassifizierungen</b>		
<b>Bodengruppen</b>	(DIN 18 196)	TL – TM (UL-UM)
<b>Frostempfindlichkeitsklasse</b>	(ZTV E-StB)	F3
<b>Bodengruppen</b>	(ZTV A-StB)	feinkörnige Böden
<b>Bodenarten</b>	(ATV-DVWK-A 127)	G4

#### **Schicht 4: Lehm**

Unter der Schicht 4 werden Erdstoffe unterschiedlicher Genese jedoch vergleichbarer bodenmechanischer Eigenschaften zusammengefasst. Dabei handelt es sich hauptsächlich um solifluktuiven Hanglehm, lokal auch fluviatilen Schwemmelem. Für die Bauaufgabe ist eine detailliertere Unterscheidung nach derzeitigem Kenntnisstand nicht erforderlich bzw. bau- und abrechnungstechnisch nicht praktikabel.

Die Verbreitung der Schicht 4 ist in nachfolgender Tabelle zusammengefasst dargestellt.

**Tab. 13: Verbreitung Schicht 4 - Lehm**

Aufschluss	Schichtoberkante [m]	Mächtigkeit [m]	Schichtunterkante [m]	Lage
RKS 5	0,4	1,0	1,4	Nesse bis K4
RKS 6	0,8	1,7	2,5	
RKS 7	0,4	2,0	2,4	
RKS 8	0,5	2,8	3,3	
KB 1	4,1	0,55	4,65	Pumpwerk
RKS 17	2,6	0,6	3,2	Anger
RKS 18	2,5	0,2	2,7	Teichgraben
RKS 19	2,1	0,7	2,8	

Es handelt sich um bindige Ablagerungen in Form eines sandigen, sehr schwach kiesigen bis kiesigen, am Top teilweise schwach organischen, mittel- bis ausgeprägt plastischen Tons.

Es dominieren braune und graue Farbtöne, stellenweise treten auch gelbe und graugrüne Farben auf.

Die zum Zeitpunkt der Erkundung festgestellte Konsistenz lag i. M. im steifen, teilweise im steif-halb festen Bereich.

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

**Tab. 14: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 4 – Lehm**

Schichtbeschreibung	
<b>Bodenart</b> (Kurzzeichen lt. DIN EN ISO 14688-1)	sa gr'-gr (or') Cl
<b>Plastizität</b>	mittel- bis ausgeprägt plastisch
<b>Konsistenz</b> (zum Erkundungszeitpunkt)	i. M. steif, z. T. steif – halbfest
Bautechnische Eigenschaften	
<b>Scherfestigkeit</b> (DIN 18 196)	gering bis mittel
<b>Zusammendrückbarkeit</b> (DIN 18 196)	groß bis mittel
<b>Durchlässigkeit</b> (Bereiche nach DIN 18130)	schwach durchlässig
<b>Verdichtbarkeit</b> (DIN 18 196)	schlecht
<b>Witterungs-, Wasser- und Erosionsempfindlichkeit</b> (DIN 18 196)	groß bis mittel
<b>Erdbautechnische Eignung</b> (DIN 18 196)	wenig geeignet (wasserempfindlich)
Bautechnische Klassifikation	
<b>Bodengruppe</b> (DIN 18 196)	TM-TA
<b>Frostempfindlichkeitsklasse</b> (ZTV E-StB)	F3 (TA = F2)
<b>Bodengruppen</b> (ZTV A-StB)	feinkörnige Böden (TA nicht klassifiziert)
<b>Bodenarten</b> (ATV-DVWK-A 127)	G4

### **Schicht 5: Aueton**

Die Schicht 5 konnte nur eng begrenzt in den Auen von Nesse und Teichgraben nachgewiesen werden.

Es handelt sich um eine fluviatile Ablagerung in Bereichen mit stark verringerter Fließgeschwindigkeit, wie z. B. Altarmen u. ä.

Die Verbreitung der Schicht 5 ist in nachfolgender Tabelle zusammengefasst dargestellt.

**Tab. 15: Verbreitung Schicht 5 - Aueton**

Aufschluss	Schichtoberkante [m]	Mächtigkeit [m]	Schichtunterkante [m]	Lage
RKS 2	0,5	2,2	2,7	Nessequerung
RKS 3	0,3	1,5	1,8	
RKS 4	0,4	1,9	2,3	
RKS 17	1,2	1,4	2,6	Am Teichgraben
RKS 18	0,4	2,1	2,5	
RKS 19	0,4	1,7	2,1	

Die bindigen Ablagerungen in Form eines schwach feinsandigen, lokal schwach kiesigen, schwach organischen bis organischen, ausgeprägt, selten mittelplastischen Tons können lokal Pflanzenreste enthalten.

Die zum Zeitpunkt der Erkundung festgestellte Konsistenz lag i. M. im weich - steifen, z. T. im weichen bzw. steifen Bereich.

Es dominieren dunkelgraue und schwarzgraue Farbtöne.

*Der Erdstoff ist generell wasserempfindlich und neigt insbesondere bei mechanischer Beanspruchung in Verbindung mit Wasser zu rascher Konsistenzverschlechterung. Weiterhin sind die enthalten organischen Bestandteile zu beachten.*

**Tab. 16: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 5 – Aueton**

Schichtbeschreibung	
<b>Bodenart</b> (Kurzzeichen lt. DIN EN ISO 14688-1)	fsa' (fgr') or' (or) Cl
<b>Plastizität</b>	(mittel-), ausgeprägt plastisch
<b>Konsistenz</b> (zum Erkundungszeitpunkt)	weich - steif, z. T. weich bzw. steif
Bautechnische Eigenschaften	
<b>Scherfestigkeit</b> (DIN 18 196)	gering
<b>Zusammendrückbarkeit</b> (DIN 18 196)	groß
<b>Durchlässigkeit</b> (Bereiche nach DIN 18130)	schwach bis sehr schwach durchlässig
<b>Verdichtbarkeit</b> (DIN 18 196)	sehr schlecht
<b>Witterungs-, Wasser- und Erosionsempfindlichkeit</b> (DIN 18 196)	groß bis sehr groß
<b>Erdbautechnische Eignung</b> (DIN 18 196)	ungeeignet (wasserempfindlich, organischer Anteil)
Bautechnische Klassifikation	
<b>Bodengruppe</b> (DIN 18 196)	TA (TM, OT)
<b>Frostempfindlichkeitsklasse</b> (ZTV E-StB)	F2-F3
<b>Bodengruppen</b> (ZTV A-StB)	feinkörnige Böden (TA, OT nicht klassifiziert)
<b>Bodenarten</b> (ATV-DVWK-A 127)	G4

### Schicht 6: Tonmudde

Die Verbreitung der Schicht 6 – Tonmudde ist auf die Nesseaue begrenzt. Es handelt sich dabei genetisch um Stillwasserablagerungen.

**Tab. 17: Verbreitung Schicht 6 - Tonmudde**

Aufschluss	Schichtoberkante [m]	Mächtigkeit [m]	Schichtunterkante [m]	Lage
RKS 3	1,8	1,0	2,8	Nessequerung
RKS 4	2,3	0,9	3,2	

Die Schicht 6 ist charakterisiert durch schwach feinsandige, organische bis stark organische, ausgeprägt plastische Tone.

Typisch ist der Gehalt an weitestgehend zersetzten, torfigen Pflanzenresten (Schmitzen, Linsen, Lagen).

Zum Erkundungszeitpunkt wurde die Schicht 6 überwiegend in weicher, z. T. weich bis steifer Konsistenz angetroffen.

Die Färbung schwankt in Abhängigkeit vom organischen Anteil zwischen schwarzbraun und schwarzgrau.

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

**Tab. 18: Eigenschaften / Klassifizierungen Schicht 6 – Tonmudde**

Schichtbeschreibung		
<b>Bodenart</b> (Kurzzeichen lt. DIN EN ISO 14688-1)		fsa' or-or* CI
<b>Plastizität</b>		ausgeprägt plastisch
<b>Lagerungsdichte</b>		locker (federnd)
<b>Konsistenz</b> zum Erkundungszeitpunkt		i. M. weich, selten weich - steif
Bautechnische Eigenschaften		
<b>Scherfestigkeit</b> (DIN 18 196)		sehr gering
<b>Zusammendrückbarkeit</b> (DIN 18 196)		sehr hoch (konsistenzabhängig)
<b>Durchlässigkeit</b> (Bereiche nach DIN 18130)		schwach bis sehr schwach durchlässig
<b>Verdichtungsfähigkeit</b> (DIN 18 196)		sehr schlecht bis nicht verdichtbar
<b>Witterungs-, Wasser- und Erosionsempfindlichkeit</b> (DIN 18 196)		hoch bis sehr hoch
<b>Erdbautechnische Eignung</b> (DIN 18 196)		ungeeignet
Bautechnische Klassifizierung		
<b>Bodengruppe</b> (DIN 18 196)		OT (HZ)
<b>Frostempfindlichkeitsklasse</b> (ZTV E-StB)		F2 (HZ nicht klassifiziert)
<b>Bodengruppen</b> (ZTV A-StB)		nicht klassifiziert (feinkörnige Böden)
<b>Bodenarten</b> (ATV-DVWK-A 127)		G4 (HZ nicht klassifiziert)

### Schicht 7: Terrassenschotter

Bei der Schicht 7 handelt es sich um saaleeiszeitliche Untere Mittelterrassenschotter der Nesse, hauptsächlich bestehend aus Kalkstein-/ Dolomit-, selten auch Sandsteinschutt, welche im Bereich An der Mühlstätte verbreitet sind.

Eine einem Teil der Aufschlüssen, in denen die Schicht 7 erkundet wurde, konnte sie zur Sondier- endteufe von 4,0 m nicht durchteuft werden.

**Tab. 19: Tiefenlage / Mächtigkeit Schicht 7 - Terrassenschotter**

Aufschluss	Schichtober- kante [m]	Mächtigkeit [m]	Schichtunter- kante [m]	Lage
RKS 9	0,4	3,0	3,4	An der Mühlstätte
RKS 10	1,4	2,2	3,6	
RKS 11	3,1	> 0,9	> 4,0	
RKS 12	2,7	> 1,3	> 4,0	
RKS 13	2,6	> 1,4	> 4,0	
RKS 14	2,4	> 1,6	> 4,0	
KB 1	4,65	0,95	5,6	Pumpwerk

In Anlehnung an die DIN 4022 ist die Schicht 7 aufgrund ihrer Korngrößenverteilung und ihrer Plastizität als ein Kies, stark schluffig, schwach sandig bis sandig, sehr schwach steinig bis steinig zu klassifizieren.

Farblich tritt die Schicht 7 meist in graubrauner, gelbbrauner und selten auch rotbrauner Farbe in Erscheinung.

Die Lagerungsdichte ist überwiegend mitteldicht.

Hinsichtlich des zu erwartenden Größtkorns lässt sich anhand von Erfahrungen ein Wert von ca. 250 mm angeben, wobei nicht ausgeschlossen werden kann, dass in seltenen Fällen auch noch auf größere Gerölle gestoßen wird.

Die Kornform der Gerölle der Schicht 7 kann vorwiegend mit rund bis oval angenommen werden, größere Gerölle besitzen meist eine längliche Form.

**Tab. 20: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 7 – Terrassenschotter**

<b>Schichtbeschreibung</b>		
<b>Bodenart</b>	(Kurzzeichen lt. DIN EN ISO 14688-1)	si* sa'-sa co''-co' Gr (bo'' nicht auszuschließen)
<b>Lagerungsdichte</b>		mitteldicht
<b>Bautechnische Eigenschaften</b>		
<b>Scherfestigkeit</b>	(DIN 18 196)	groß
<b>Zusammendrückbarkeit</b>	(DIN 18 196)	gering
<b>Durchlässigkeit</b>	(Bereiche nach DIN 18130)	durchlässig
<b>Verdichtbarkeit</b>	(DIN 18 196)	gut bis mittel
<b>Witterungs-, Wasser- und Erosionsempfindlichkeit</b>	(DIN 18 196)	gering bis mittel
<b>Erdbautechnische Eignung</b>	(DIN 18 196)	geeignet (Feinkorn-, Steinanteil beachten)
<b>Bautechnische Klassifizierung</b>		
<b>Bodengruppe</b>	(DIN 18 196)	GU*
<b>Frostempfindlichkeitsklasse</b>	(ZTV E-StB)	F3
<b>Bodengruppen</b>	(ZTV A-StB)	gemischtkörnige Böden
<b>Bodenarten</b>	(ATV-DVWK-A 127)	G3

### **Schicht 8: Verwitterungslehm**

Die Schicht 8 umfasst den oberhalb der Festgesteine anstehenden Verwitterungslehm (an Ort und Stelle entstandenen Festgesteinszersatz - V5) bestehend aus Material des Unteren Keupers.

In RKS 19 konnte die Schicht 8 bis zur Sondierendteufe nicht durchteuft werden.

**Tab. 21: Tiefenlage / Mächtigkeit Schicht 8 - Verwitterungslehm**

Aufschluss	Schichtoberkante [m]	Mächtigkeit [m]	Schichtunterkante [m]	Lage
RKS 2	2,7	1,8	4,5	Nessequerung
RKS 3	2,8	1,3	4,1	
RKS 4	3,2	1,2	4,4	
RKS 5	1,4	1,1	2,5	Nesse bis K4
RKS 6	2,5	0,9	3,4	
RKS 7	2,4	2,1	4,5	
RKS 8	3,3	1,4	4,7	
RKS 17	3,2	1,2	4,4	Teichgraben
RKS 18	2,7	0,9	3,6	
RKS 19	2,8	> 1,2	> 4,0	
RKS 20	1,3	1,5	2,8	Anger
RKS 21	1,1	1,3	2,4	

Der Übergang zum vollständig verwitterten Festgestein (V4) erfolgt mit der Tiefe mehr oder weniger allmählich. Eine eindeutige Grenzziehung zum Festgestein ist aufgrund der Gleichartigkeit der Materialien anhand der Baugrundaufschlüsse sehr schwierig und oft nur unter Zuhilfenahme der Schlagzahlen der Schwere Rammsondierungen (Grenze bei etwa  $N_{10} > 10$ ) möglich.

Entsprechend seiner Korngrößenzusammensetzung und plastischen Eigenschaften ist der Verwitterungslehm als wechselnd sandiger, schwach kiesiger bis kiesiger (grusiger), leicht- bis mittelplastischer Ton zu klassifizieren.

Zum Erkundungszeitpunkt lag die Schicht i. M. in steif bis halbfester, z. T. in steifer bzw. halbfester Konsistenz vor.

Die Färbung ist sehr variabel, sie schwankt zwischen grau, braun, gelb und oliv.

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

**Tab. 22: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 8 – Verwitterungslehm**

<b>Schichtbeschreibung</b>		
<b>Bodenart</b>	(DIN 14688-1)	sa'-sa* gr'-gr Cl
<b>Plastizität</b>		leicht- bis mittelplastisch
<b>Konsistenz</b>	zum Erkundungszeitpunkt	i. M. steif-halbfest, z. T. steif bzw. halbfest
<b>Bautechnische Eigenschaften</b>		
<b>Scherfestigkeit</b>	(DIN 18196)	gering
<b>Zusammendrückbarkeit</b>	(DIN 18196)	hoch (mittel)
<b>Durchlässigkeit</b>	(Bereiche nach DIN 18130)	schwach durchlässig
<b>Verdichtbarkeit</b>	(DIN 18196)	schlecht
<b>Witterungs-, Wasser- und Erosionsempfindlichkeit</b>	(DIN 18196)	groß
<b>Erdbautechnische Eignung</b>	(DIN 18196)	bedingt geeignet (sehr wasserempfindlich)
<b>Bautechnische Klassifikation</b>		
<b>Bodengruppe</b>	(DIN 18196)	TL, TM
<b>Frostempfindlichkeitsklasse</b>	(ZTV E-StB)	F3
<b>Bodengruppe</b>	(ZTV A-StB)	feinkörnige Böden
<b>Bodenarten</b>	(ATV-DVWK-A 127)	G4

### **Schicht 9.1: Unterer Keuper, V4-V3**

Im Untergrund der Trasse und des Pumpwerkes wurden stark bis vollständig verwitterte Schichten des Unteren Keupers angetroffen.

Der Untere Keuper (ku) in seiner Gesamtheit ist charakterisiert durch eine starke Wechselhaftigkeit, als Ausdruck für ein „unruhiges“ Bildungsmilieu. Die Ablagerungen entstanden in sog. Überflutungsfazies in einem in Rücken und Rinnen gegliederten Sedimentationsraum.

Tonig-schluffige, kalkig-dolomitische und sandige Sedimente von grauer und rötlicher, bei kohligen Beimengungen auch schwarzgrauer Tönung liegen in den unterschiedlichsten Mischungsverhältnissen vor.

Das Untersuchungsgebiet liegt vermutlich im Ausstrichbereich des Sandsteins S2 (kuS2). Neben gelblichgrauen Ton-/ Schluffsteinlagen wurden gelblichgraue /- braune Sandsteinlagen angetroffen. Lokal sind auch ockerbraune Dolomite möglich.

In 6 Aufschlüssen konnte die Schicht 9.1 bis zur Endteufe von 4 bzw. 5 m nicht erreicht werden.

Demgegenüber liegt das Festgestein am östlichen Rand des Nesseaue und im Bereich Anger in Pferdingsleben in vergleichsweise geringer Tiefe (2,4 – 2,8 m) vor.

**Tab. 23: Tiefenlage Schicht 9.1 – Unterer Keuper**

Aufschluss	Tiefe		Lage
	[m]	[m NHN]	
RKS 1	> 5	< 279,5	Friemar
RKS 2	4,5	278,24	Nessequerung
RKS 3	4,1	278,44	
RKS 4	4,4	278,18	
RKS 5	2,5	283,53	
RKS 6	3,4	283,95	
RKS 7	4,5	285,59	K4
RKS 8	4,7	286,87	
RKS 9	3,4	283,58	
RKS 10	3,6	285,77	An der Mühlestätte
RKS 11	> 4	< 286,07	
RKS 12	> 4	< 285,22	
RKS 13	> 4	< 285,16	
RKS 14	> 4	< 284,04	
KB 1	5,6	283,61	PW
RKS 15	3,7	284,54	Evanders Garten
RKS 16	3,4	284,93	
RKS 17	4,4	283,41	Teichgraben
RKS 18	3,6	283,93	
RKS 19	> 4	< 283, 89	
RKS 20	2,8	287,56	Anger
RKS 21	2,4	288,99	

*In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass Ton- und Schluffsteine zu den sog. veränderlich festen Gesteinen gehören, die bereits im „unverwitterten“ (frischen) Zustand eine Zwischenstellung zwischen Locker- und Festgesteinen einnehmen, so dass sie und ihre Verwitterungsprodukte hinsichtlich Eigenschaften und Berechnungswerten nicht ohne Weiteres in einschlägige Richtlinien, Tabellen o. ä. „eingeordnet“ werden können.*

**Tab. 24: Klassifizierung / Eigenschaften Schicht 9.1 – Unterer Keuper, V4-V3**

<b>Gesteinsbeschreibung</b>		
<b>Gesteinsbezeichnung</b>	(DIN EN ISO 14689-1)	Ton-/ Schluffstein, Sandstein (Dolomit)
<b>Verwitterungsstufe</b>	(DIN EN ISO 14689-1)	V4 - V3
<b>Festigkeit</b>	(DIN EN ISO 14689-1)	sehr gering – gering (mäßig hoch, selten hoch)
<b>Schichtung</b>	(DIN EN ISO 14689-1)	laminiert (sehr dünn bis dünn)
<b>Kluftabstand</b>	(DIN EN ISO 14689-1)	mittelständig (engständig)
<b>Zerfall</b>		bröckelig, grusig (kleinstückig)
<b>Bautechnische Eigenschaften</b>		
<b>Scherfestigkeit</b>	(DIN 18 196)	mittel (groß)
<b>Zusammendrückbarkeit</b>	(DIN 18 196)	gering
<b>Durchlässigkeit</b>	(Bereiche nach DIN 18130)	schwach durchlässig (auf Klüften durchlässig)
<b>Verdichtungsfähigkeit</b>	(DIN 18 196)	mittel
<b>Witterungs-, Wasser- und Erosionsempfindlichkeit</b>	(DIN 18 196)	groß (mittel)
<b>Erdbautechnische Eignung</b>	(DIN 18 196)	bedingt geeignet (wechselhafter Aufbau)
<b>Bautechnische Klassifizierung</b>		
<b>Bodengruppe</b>	(DIN 18 196)	SF, SG (KA)
<b>Frostempfindlichkeitsklasse</b>	(ZTV E-StB)	gelöst: F2-F3
<b>Bodengruppen</b>	(ZTV A-StB)	gelöst: feinkörnige (grob-/gemischtkörnige) Böden

### **Schicht 9.2: Unterer Keuper, < V3**

Die Schicht 9.2 konnte lediglich in KB 1 im Bereich des geplanten Pumpwerkes in 8,6 m (280,61 m NHN) Tiefe aufgeschlossen werden. Ihre Mächtigkeit reicht bis weit unter Baueinflusstiefe.

Auf eine detaillierte Schichtbeschreibung wird verzichtet und auf die Aussagen zu den geologischen Verhältnissen im Kap. 4.1 bzw. Schicht 9.1 verwiesen.

Die im Untergrund anstehenden Keupersedimente (hier Sandsteine und Ton-/ Schluffsteine) weisen im mäßig verwitterten (V2) bis frischen (V0) Zustand tendenziell höhere Gesteinsfestigkeiten (mäßig hoch - hoch) auf. Das Lösen wird bereichsweise beim Auftreten von Sandsteinen und Dolomiten nur mit schwerem Gerät bzw. nach vorheriger Auflockerung (Bohren, Meißeln, Fräsen) möglich sein. Lediglich in tektonisch gestörten Bereichen und bei Einlagerung von Ton-/ Schluffsteinen ist die Gesteinsfestigkeit geringer.

### **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 bildendenden Homogenbereichen von Boden und Fels. Welche Kennwerte und Eigenschaften anzugeben sind, ist in den ATV vorgegeben.

Die erforderlichen Kennwerte und Eigenschaften zur Bildung von gewerkweisen Homogenbereichen sind in Anlage 6 tabellarisch dargestellt.

Es werden die auf Erfahrungswerten unter Einbeziehung der Laborversuche abgeleiteten möglichen Spannbreiten für die Eigenschaften / Kennwerte angegeben. Die in geschweifte Klammern gesetzten Wertepaare beziehen sich auf die mittels Laborversuchen bestimmten Spannbreiten.

Die Angaben in Anlage 6 zu den gewerksweise 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 6 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 25 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  $\gamma_M$  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. 25: Rechenwerte**

Schicht Nr.	Bezeichnung	spezifische Eigenschaften bzw. Randbedingungen	wirksamer Reibungswinkel	wirksame Kohäsion	Wichten		Steifemodul
			$\varphi_k'$ [°]	$c_k'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_k'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$E_{sk}$ (Min/Max) [MN/m <sup>2</sup> ]
1.2	Auffüllung grob-/gemischtkörnig	locker	30	0 (2)	18	11	20 (16 – 26)
1.3	Auffüllung feinkörnig	steif	24	4	19	9	4 (2– 8)
2	Schwarzerde	organogen / steif	24	4	18	10	4 (2 – 6)
3	Lösslehm	steif	26	6	19	10	8 (6 – 12)
4	Lehm	steif	24	6	19	9	6 (4 – 10)
5	Aueton	steif	22	8	19	10	3 (1 - 6)
6	Tonmudde	weich	20	10	20	10	2 (1 – 4)
7	Terrassenschottern	mitteldicht	36	2	19	11	40 (30 - 80)
8	Verwitterungslehm	steif-halbfest	26	8	20	10	8 (6 – 16)
9.1	Unterer Keuper V4-V3	tonsteindominiert	27	12	20	12	25 (20 – 50)
		sandstein-/ dolomitdominiert	27	15	22	12	45 (35 – 80)
9.2	Unterer Keuper < V3	Gebirgsscherfestigkeit	40	30	22	-	50 (30 - ≥ 100)

#### 4.5 Grundwasserverhältnisse

Den standortrelevanten Vorfluter stellt die von Südosten kommende, nach Nordwesten abfließende Nesse dar, welche östlich der Ortslage Friemar durch die Trasse des Verbindungssammlers gequert wird. In Pferdingsleben ist der, der Nesse zufließende, Teichgraben relevant.

Die zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung im Februar 2023 in den Aufschlüssen beobachteten Grundwasserstände sind mit Dreieckssignaturen an den Bohrprofilen in der Anlage 2 gekennzeichnet. Sie sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

**Tab. 26: Gemessene Grundwasserstände**

Aufschluss	Wasseranschnitt		Ruhewasserstand*		Wasserführende Schicht
	[m u. GOK]	[m u. GOK]	[m u. GOK]	[m NHN]	
RKS 1	3,9		1,8	282,7	3
RKS 2	0,47		0,25	282,49	5 / 1.2
<i>Wasserstand Graben 281,85 m NHN</i>					
RKS 3	0,3		0,1	282,44	5
<i>Wasserstand Nesse 281,7 m NHN</i>					
RKS 4	0,2		0,0	282,58	5 (Wasser steht geländegleich!)
RKS 14	3,85		n.m.	(284,19)	7
KB 1	5,6		5,05	284,16	7 / 9.1
RKS 15	Vernässung bei ca. 2,7 m (285,54 m NHN)				
RKS16	Vernässung bei ca. 2,1 m (286,23 m NHN)				
<i>Wasserstand Teichgraben 286,61 m NHN</i>					
RKS 17	1,52		1,45	286,36	5
<i>Wasserstand Teichgraben 286,78 m NHN</i>					
RKS 18	1,3		0,87	286,66	5
<i>Wasserstand Teichgraben 286,93 m NHN</i>					
RKS 19	1,71		1,1	286,79	5

\* Wasserspiegel nach Abschluss der Erkundungen, muss noch nicht dem tatsächlichen Ruhewasserstand entsprechen

Der Wasserspiegel von Nesse und parallelem Graben liegt mehrere Dezimeter unterhalb, der des Teichgrabens wenige Dezimeter oberhalb des Grundwasserspiegels.

Die Bäche wirken unter Normabfluss erfahrungsgemäß eher drainierend auf das Grundwasser (Entlastung in die Bäche). Zu Zeiten stärkerer / höherer Wasserführung der Vorfluter kann es zu einer Aufhöhung des Grundwassers im Nahbereich der Bäche durch Infiltration in den Grundwasserleiter kommen. Allerdings muss beachtet werden, dass die Bäche streckenweise in einem künstlichen Bett fließen und höchstwahrscheinlich außerdem noch eine Kolmation vorliegt.

Im Trassenbereich K4 / An der Mühle (RKS 5 - 13) und Anger (RKS 20 - 21) konnte bis zur Endteufe von ca. 3 – 5 m kein Grundwasser angeschnitten werden.

Den standortrelevanten Grundwasserleiter bildet der Untere Keuper. Darin zirkuliert vor allem innerhalb der klüftigen Sandstein-/ Dolomitlagen Grundwasser, da die wesentlich weniger durchlässigen (stark verwitterten) Ton- /Schluffsteine ein Versinken der Wässer in tiefere Horizonte behindern. Insgesamt ist von einer nach Südwesten / Westen zur Nesseau orientierten Grundwasserfließrichtung auszugehen.

Das Grundwasser im Klufftgrundwasserleiter ist als gespannt anzunehmen, d. h. es „drückt“ in unterschiedlichem Maße in die überlagernden, unterschiedlich durchlässigen Lockergesteine (Lösslehm, Aueton, Terrassenschotter) hinein. Dies hat zur Folge, dass ein Wasseranschnitt entweder gar nicht oder erst verzögert feststellbar ist und das Einpegeln des Ruhewasserspiegels eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt.

Die Grundwasserstände sind aufgrund der komplizierten hydrogeologischen Verhältnisse relativ stark abhängig von den Niederschlagsverhältnissen und können insofern stärker schwanken. Welchem „statistischen“ Niveau die gemessenen Wasserstände entsprechen, kann aus den einmaligen Messungen nicht abgeleitet werden.

Vorbehaltlich anderer Erkenntnisse kann in erster Näherung zur Einschätzung von Maßnahmen der bauzeitlichen Grundwasserhaltung von einem Grundwasserstand im Niveau 0,5 m höher als die erkundeten Wasserstände ausgegangen werden.

Im Extremfall steht es bereichsweise geländegleich (vgl. RKS 4 unmittelbar neben der Nesse). In diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass im Bereich der Nessequerung östlich von Friemar mehrere Quellaustritte zu beobachten sind. Unmittelbar westlich der Staumauer des Speichers Friemar (auch Immertalstausee) entspringt außerdem der gefasste sog. Riethbrunnen. Der Wasserstand des durch die Immer und Lache gespeisten Speichers beträgt im Vollstau ca. 287 m NHN. Zur Abdichtung des Speichers und damit verbunden zu den Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Speicherwasser ist uns nichts konkretes bekannt.

Das Gelände zwischen dem Speicher und der östlichen Ortslage von Friemar ist als Überschwemmungsgebiet ausgewiesen /UP5/.



**Abb. 9:** Als Viehtränke benutzter Quellaustritt zwischen Nesse und parallelem Graben östlich von Friemar

An der Grenze zwischen grob-/ gemischtkörnigen und bindigen Schichten (z. B. an der Grenze kiesige Auffüllung / Lösslehm) muss in Abhängigkeit von der Jahreszeit bzw. der längerfristigen Niederschlagssituation auch oberhalb des Grundwasserspiegels mit lokaler Staunässe gerechnet werden.

Wenn in ausreichender Mächtigkeit vorhanden, dann stellen der den Kluffgrundwasserleiter überdeckende Lösslehm (Schicht 2) und Aueton (Schicht 5) einen Hangendstauer dar. Er wird i. allg. mit Durchlässigkeiten  $k_f$  kleiner  $1 \times 10^{-6}$  m/s als nur schwach durchlässig charakterisiert. Die Durchlässigkeit der Auffüllungsschichten ist aufgrund ihrer Inhomogenität als sehr variabel einzuschätzen.

Für Zwecke der Bemessung einer Grundwasserhaltung ist in der Schicht 7 – Terrassenschotter - von einer wahrscheinlichen Schwankungsbreite des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes zwischen  $k_f = 1 \times 10^{-4}$  m/s bis  $1 \times 10^{-6}$  m/s auszugehen. Die mögliche Schwankungsbreite kann um eine halbe Zehnerpotenz darüber bis 1 Zehnerpotenz darunter liegen.

Das Festgestein – Schicht 9.1 ist hauptsächlich als schwach durchlässig zu klassifizieren, jedoch kann dessen Durchlässigkeit auf Klüften auch als durchlässig bis stark durchlässig beschrieben werden.

#### 4.6 Beton- und Stahlaggressivität Grundwasser und Boden

Es wurden zwei Grundwasserproben auf beton- und stahlangreifende Bestandteile untersucht.

Die Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

**Tab. 27: Ergebnisse Grundwasseranalyse**

Aufschluss	Stahlkorrosivität				Betonaggressivität
	Mulden-/ Lochkorrosion		Flächenkorrosion		
	Unterwasser	Wasser/Luft	Unterwasser	Wasser/Luft	
RKS 2	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering	X0
KB 1	sehr gering	sehr gering	sehr gering	sehr gering	X0

Die Analyseprotokolle sind in den Anlage 3.7 enthalten.

Das angetroffene Grundwasser ist nach DIN EN 206 als nicht betonangreifend (X0) zu charakterisieren.

Die Stahlkorrosivität ist generell sehr gering.

Zur Untersuchung der Beton- und Stahlaggressivität des Bodens wurden stichprobenartig 2 Proben ausgewählt.

**Tab. 28: Ergebnisse Betonaggressivität / Stahlkorrosivität Boden**

Proben	Tiefe [m]	Betonaggressivität	Stahlkorrosivität	Baugrundsicht
B1.4	1,5 – 2,5	X0	mittel	3
B1.8	4,5 – 4,6	X0	mittel	4

Die Baugrundsichten Lösslehm und Lehm sind als nicht betonangreifend mit mittlerer Stahlkorrosivität einzustufen.

Die Protokolle sind in Anlage 3.8 enthalten.

## **5. GRÜNDUNGSTECHNISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN KANALBAU**

### **5.1 Allgemeines**

Die Baumaßnahme wird in Kurzform entsprechend des uns aktuell vorliegenden Planungstandes im Kap. 1 beschrieben.

Zur Lage der Trasse wird zusätzlich auf den Aufschlussplan in Anlage 1.3 mit Darstellung der Schächte, Haltungen und Angabe der (ggf. vorläufigen) Sohliefen verwiesen.

Die Maßnahmenbeschreibungen in Kurzform dienen zur Orientierung bzw. als Übersicht hinsichtlich der geplanten Maßnahmen.

Ausführlichere bzw. die aktuellsten und damit schlussendlich maßgeblichen Angaben gemäß Planungsstand sind der Planung und der Baubeschreibung zu entnehmen.

Bei Erfordernis sind die Empfehlungen des Gutachtens auf den aktuellen Planungsstand zu adaptieren.

Aufschlussprofile und Rammdiagramme sind in Anlage 2 enthalten.

Die Lage der Kanäle / Leitungen in Bezug auf die Baugrundsichtung kann den hydraulischen Längsschnitten mit eingehangenen Aufschlussprofilen und Sondierdiagrammen in Anlage 4 entnommen werden.

Anhand der Baugrundaufschlüsse und unter Zugrundelegung bisher geplanten Kanaltiefen wird deutlich erkennbar, dass die Grabensohlen, d.h. Kanalsohle zuzüglich Auflagerschicht und ggf. Bodenaustausch, ganz überwiegend in Lockergesteinen liegen werden.

Dabei dominiert eine Lage in den feinkörnigen (bindigen) Schichten 3 – Lösslehm, 4 – Lehm und 8 – Verwitterungslehm.

Im Bereich des Dükers der Nessequerung liegt die Kanalsohle anteilig auf Restmächtigkeiten der Schicht 6 – Tonmudde.

Im Bereich RKS 9 und 10 liegt die Sohle der Druckleitung in Schicht 7 – Terrassenschotter.

Lediglich für den Bereich RKS 15 / 16 lässt sich eine Lage der hier vergleichsweise tiefen Grabensohle im Festgestein – Schicht 9.1 / 9.2 ableiten.

Hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit sind die in der Sohle maßgeblichen Baugrundsichten wie folgt einzuschätzen:

Schicht 3 – Lösslehm	gering
Schicht 4 - Lehm	gering
Schicht 5 - Auteon	sehr gering bis unzureichend
Schicht 6 – Tonmudde	unzureichend
Schicht 7 - Terrassenschotte	gut bis sehr gut
Schicht 8 - Verwitterungslehm	ausreichend bis gut tragfähig
Schicht 9 - Unterer Keuper (ku)	gut bis sehr tragfähig

Bei den feinkörnigen Baugrundsichten Schicht 1.3, 2 bis 6 und 8 handelt es sich um wasserempfindliche Böden, bei denen auch bei ggf. ursprünglich gegebener Ausgangstragfähigkeit in Abhängigkeit von bauzeitlich ungünstiger Witterung (erhöhtes Niederschlagsaufkommen) bzw. Grundwassereinflüsse bzw. Einflüsse der Bauausführung generell mit Zusatzaufwendungen in Form von Bodenaustausch zur Gewährleistung der Tragfähigkeit gerechnet werden muss.

Die anstehenden Festgesteine werden vorwiegend aus Ton-, Schluff- und Tonmergelsteinen, sog. veränderlich festen Gesteinen, aufgebaut, die bereits im „unverwitterten“ (frischen) Zustand eine Zwischenstellung zwischen Locker- und Festgesteinen einnehmen. Sie sind grundsätzlich als Halbfestgesteine ebenfalls wasser- und witterungsempfindlich und zerfallen anteilig, wenn sie der Witterung sowie Wassereinfluss ausgesetzt werden, vergleichsweise schnell zu einem Lockergestein. Typisch für den Unteren Keuper sind zudem Lagen von Sandstein und Dolomit, die eine deutlich höhere Festigkeit, verbunden mit höheren Löseaufwendungen aufweisen und in die zuvor beschriebenen Halbfestgesteine eingebettet sind.

In Summe erfolgt die Herstellung des Grabens überwiegend in Lockergesteinen der Schichten 1 bis 8 und nur untergeordnet im Festgestein. Stark erhöhte Gewinnungsaufwendungen, die z.B. schweres Reißen, Meißel- oder Fräsarbeiten erfordern würden, sind hier vordergründig bei Auftreten von Dolomit / Sandsteinen im Unteren Keuper zu erwarten. Insgesamt gesehen hat dies aber nur einen untergeordneten Umfang.

Bei Herstellung der Gräben in Lockergesteinen ist von „normalen“ Gewinnungsaufwendungen auszugehen.

Dagegen können sich im Festgestein anteilig (stark) erhöhte Gewinnungsaufwendungen ergeben. Zudem kann es im Festgestein in Abhängigkeit von der Technologie des Lösens zum Erfordernis des Ausgleichs von geologisch bedingtem Mehraushub kommen.

Dabei ist durch eine geeignete Lösetechnologie in technologischer Verantwortung des Unternehmers geologisch bedingter Mehraushub auf das unvermeidbare Maß zu reduzieren.

Das Bemessungsniveau für Maßnahmen der bauzeitlichen Wasserhaltung ergibt sich anhand der erkundeten Wasserstände (Ruhewasserstand / Wasserstand am Ende der Sondierungen) und einem in erster Näherung vorzunehmenden Zuschlag von 0,5 m.

Daraus abgeleitet liegen die Kanäle im Bereich östlich des Speichers Friemar (RKS 1 bis halbe Strecke RKS 4 – 5) und östlich RKS 16 in Pferdingsleben unter dem Grundwasser.

Dies zieht das Erfordernis von Maßnahmen zur bauzeitlichen Grundwasserabsenkung nach sich.

Grundsätzlich kann angesichts der erwarteten, vergleichsweise geringen Zuflussintensität und der Standfestigkeit der Baugrundsichten die Wasserhaltung als offene Wasserhaltung erfolgen.

Eine geschlossene Wasserhaltung wird nur dann erforderlich, wenn Entspannungsmaßnahmen vorzusehen sind oder beispielsweise Ein – und Ausfahrbereichen von Vortriebsgruben wasserfrei gehalten werden sollen.

Die Empfehlungen für die Hauptverfüllung von Kanalgräben können explizit auch auf die Verfüllung von Baugruben der Schachtbauwerke (einschließlich Start-/ Zielschächte) übertragen werden, wenn es diesbezüglich keine besonderen Anforderungen gibt.

Besonders zu beachten ist das Erfordernis von Beweissicherungsmaßnahmen speziell auch bei angrenzen der Bebauung.

Bei der Entsorgung (der Begriff umfasst das ganze Spektrum von der Verwertung bis hin zur Beseitigung) des Aushubmaterials sind die umwelttechnischen Aspekte besonders zu berücksichtigen.

## **5.2 Rohrgraben**

### **5.2.1 Grabenaushub und Verbauarten**

Die Baugrundverhältnisse im Detail sind den Aufschlussprofilen in der Anlage 2 sowie dem Längsschnitt in Anlage 4 zu entnehmen.

Hinsichtlich des Grabenaushubs sind die Beschreibungen zu den einzelnen Schichten in Abschnitt 4.2 und die Angaben in der Tabelle Schwankungsbreiten der Kennwerte und Eigenschaften sowie Empfehlungen für Homogenbereiche in Anlage 6 zu beachten.

Das Aufbrechen befestigter Oberflächen mit dem beschriebenen Schichtaufbau ist in den Trassenbereichen innerhalb befestigter Verkehrsflächen zu beachten.

Außerhalb befestigter Flächen, ist der vorhandene Oberboden vor Beginn der Aushubarbeiten abzuschleppen und gesondert in unverdichtet hergestellten Oberbodenmieten  $\leq 1,5$  m Höhe fachgerecht zu lagern und vor Verdichtung sowie Vernässung zu schützen.

Bei Herstellung des Kanalgrabens wird hauptsächlich Material aus den Lockergesteinen der Schichten 1 bis 8 anfallen.

Unter Beachtung der geplanten Verlegetiefen und den Ergebnissen der Baugrunderkundung ist es bei den, allerdings nur in untergeordnetem Umfang erforderlichen Aushubarbeiten im Festgestein (Bereich RKS 15 und RKS 16) unter den beengten Bedingungen des Kanalgrabens oder von Baugruben für Schachtbauwerke nicht sichergestellt, den Aushub bis zur Sohle allein mit einem Bagger ohne Zusatzmaßnahmen herstellen zu können.

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 bei Erfordernis zudem auch unter Wasser geeignet sind. Angesichts der möglichen Druckfestigkeiten der Gesteine können Anbaufräsen bei Antreffen von Dolomit / Sandstein bereits an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit kommen.

Zu berücksichtigen ist daher konsequent ein deutlich erhöhter Verschleiß der Fräswerkzeuge (starke Abrasivität) und eine geringe Geschwindigkeit des Fräsfortschrittes. Zudem führen Ton- und Tonmergelsteine zum Verschmieren von Fräswerkzeugen, was wiederum auch die Leistungsfähigkeit herabsetzt.

Generell sind beim Lösen von Fels neben der Vermeidung von unzulässigen Erschütterungen auch Fragen der Staubentwicklung bzw. dessen Reduzierung besondere Aufmerksamkeit zu schenken. 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.

Für eventuelle Abböschungen kann innerhalb des Gültigkeitsbereiches der DIN 4124 für unbelastete Böschungen von folgenden zulässigen Böschungswinkeln ausgegangen werden:

**Tab. 29: Graben-/ Baugrubenböschungen (oberhalb GW-Spiegel)**

Schicht	zul. Böschungswinkel $\beta$
Schicht 1 – Auffüllung	$\leq 45^\circ$ *
Schicht 2 – Schwarzerde	$\leq 60^\circ$
Schicht 3 – Lösslehm	$\leq 60^\circ$
Schicht 4 – Lehm	$\leq 60^\circ$
Schicht 5 - Aueton	$\leq 45^\circ$
Schicht 6 - Tonmudde	$\leq 30^\circ$
Schicht 7 - Terrassenschotter	$\leq 45^\circ$
Schicht 8 - Verwitterungslehm	$\leq 60^\circ$
Schicht 6.1 / 6.2 - Unterer Keuper (ku)	$60^\circ$ ( $70^\circ$ **)

\* Bei kohäsionsarmen / kohäsionslosen Böden (Graben- / Grubenverfüllungen, ungebundene Tragschichten, sandige/ kiesige Einlagerungen) ist mit Böschungsabflachungen bis auf  $\leq 35^\circ$  zu rechnen.

\*\* Die Anwendung des Klammerwertes erfordert eine sachkundige Begutachtung unter besonderer Berücksichtigung des Trennflächeninventars und der Schichtneigung

Unter eventuellem Wassereinfluss (z. B. Grundwasser oder ausfließende Schichtenwässer ohne parallele / vorauseilende Absenkung) sind im Allgemeinen Abflachungen um ca.  $10$  bis  $15^\circ$  vorzunehmen.

Die genaue Festlegung zwischenzeitlicher Baugrubenböschungen (ggf. Abminderungen) hat entsprechend den vorgefundenen Verhältnissen in der Örtlichkeit durch die Verantwortlichen der Baustelle unter Beachtung der vorstehenden Hinweise 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  $12$  t. Fahrzeuge, welche die Achslasten nach StVZO überschreiten und  $> 12$  t bis  $40$  t Gesamtgewicht haben, müssen einen Sicherheitsabstand  $\geq 2$  m einhalten.

Bei Verlegung im Nahbereich von Bestandsleitungen / Anschlusschächten und Kreuzung vorhandener Medienleitungen ist zumindest anteilig mit vorhandener 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.

Unter den konkreten örtlichen Randbedingungen werden mindestens anteilig Verbaumaßnahmen erforderlich.

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 / Entferns von Verbauelementen.

Die Gräben können je nach Baugrundverhältnissen sukzessive ausgesteift oder es können (in bis dahin nicht begehbaren Gräben) die Verbauelemente eingestellt / abgesenkt werden.

Bei nicht ausreichend standsicheren Grabenwänden, was in Auffüllungen (Schicht 1), Aueton- und Tonmudde bei nur weicher Konsistenz (Schichten 5 und 6) und dem Terrassenschotter (Schicht 7) als Regelfall angesehen werden sollte, bei in der Nähe liegenden Gebäuden (Einflussbereich unter einem Winkel von 30° ab UK Gründung) und generell beim Auftreten von Wasser / unterhalb des Grundwasserspiegels, ist grundsätzlich vom Einbringen des Verbaus im Absenkverfahren durch aushubbegleitendes / vorseilendes Eindrücken auszugehen.

Im Bereich von temporär ausreichend senkrecht standfesten Grabenwänden (dies ist anteilig auch in mindestens mitteldicht bis dicht gelagerten Bereichen des Terrassenschotters ohne Grundwassereinfluss kurzzeitig der Fall) 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.

Sollte ein vorseilendes Eindrücken des Verbaus nicht möglich sein, so darf vorseilender Aushub und das Nachdrücken des Verbaus immer nur in geringen Abschnittshöhen von jeweils maximal 0,5 m erfolgen.

Für den Verbau sollten Verbauarten /-systeme gewählt werden, die ggf. auch erhöhte Erddruckanteile aus seitlichen (Baustellen-)Verkehrslasten schadlos aufnehmen können. Daran angepasst und die Wirtschaftlichkeit berücksichtigend, werden folgende Verbauarten /-systeme empfohlen:

- Verbau ohne Belastungen aus Bauwerken: Verbauboxen /-platten, Großtafel-Verbaue,
- Verbau mit Belastung aus Bauwerken: Gleitschienen-Verbaue, Verbau-Platten mit Gleitschienen.

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. Doppelgleitschienenverbaus. 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 tieferen Gräben sollte auf Gleitschienenverbaue orientiert werden, was aber andere, nachgewiesenermaßen geeignete Verbausysteme nicht ausschließt.

Für dem Verbau größerer Schachtbaugruben (hier die Start- und Zielgruben) wäre eine gesonderte Planung nach den Vorgaben der DIN 18303 "Verbauarbeiten" durch den Auftraggeber erstellen zu lassen. Dabei könnte ggf. die Ausführungsplanung ausgeschrieben werden.

Bei der statischen Bemessung / Auswahl des Verbaus ist regelmäßig zu prüfen, ob sich dieser außerhalb der Aushubbegrenzung für vorhandene Bauwerke nach DIN 4123 bzw. nicht im Lastausbreitungsbereich von Bauwerksgründungen nach EVB<sup>1</sup> befindet. Dazu gehören auch Grundstücksmauern usw.

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. Bei nichtunterkellerten Bauwerken, Mauern usw. sollte vorbehaltlich anderer Erkenntnisse eine Gründungstiefe von 50 cm unter Gelände und bei unterkellerten Bauwerken gleich der Kellersohle angenommen werden.

Mit diesen Angaben kann zunächst unter Zugrundelegung der geometrischen Verhältnisse (u.a. erforderliche Kanalgrabenbreite unter Berücksichtigung des Verbaus, Abstand zum Gebäude) rein geometrisch eine mögliche Beeinflussung überprüft werden.

Dies ist bei kritischem Befund im Rahmen der Beweissicherung gesondert zu untersuchen.

Wir empfehlen in Anlehnung an EAB<sup>2</sup>, 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 Bauwerkseinfluss ist von den nachfolgenden Erddruckansätzen auszugehen:

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

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

\* vgl. Empfehlung EAB Nr. 21

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

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

<sup>2</sup> Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben", EAB. Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau e. V. 6. Auflage. Berlin: Verlag Ernst & Sohn, 2021

Insbesondere bei Bauwerkseinfluss müssen Gefügebrauflockerungen während des Aushubes minimiert werden, um Baugrundverformungen im Gründungsbereich der Bauwerke, die zu Bauwerkschäden führen können, zu vermeiden.

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

Hierbei ist die DIN 4150-3 „Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ zu beachten.

Bei Abschachtungen nahe bestehender Bauwerke o. ä. ist ggf. deren ausreichende Grund- (DIN 4017) bzw. Geländebruchsicherheit (DIN 4084) zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang ist DIN 4123 zu beachten.

Ein Zulaufen von Oberflächenwasser in den Gräben / Baugruben ist möglichst zu vermeiden.

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

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

### **5.2.2 Grabensohle**

Voraussetzung zur Herstellung des Rohraufagers ist eine mindestens steife oder mitteldicht gelagerte Rohrabensohle. 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 Drainkiesmaterialien muss das Ergebnis des dynamischen Plattendruckversuches stets kritisch bewertet werden. Es hat sich jedoch allgemein durchgesetzt und zumeist auch bewährt, die Grabensohle bzw. den Bodenaustausch mittels dynamischen Fallgewichtsgesetzes zu überprüfen und hierfür einen Prüfwert von  $E_{vd} \geq 25 \text{ MN/m}^2$  zugrunde zu legen. Dieser ist aber immer in Abhängigkeit von den konkreten Randbedingungen als Orientierungswert zu sehen!

Nach unserem Dafürhalten sollte Bodenaustausch in der Grabensohle im Zweifelsfall durch rein fachgutachterliche Beurteilung, z. B. unter Zuhilfenahme einer Handschlitzsonde, konstruktiv festgelegt werden und Tragfähigkeitsprüfungen erst ab OK Auflagerschicht bzw. ggf. auf OK Bodenaustausch erfolgen.

Angesichts der vorhandenen Baugrundverhältnisse einschließlich dem bereichsweise (hauptsächlich ganz im Osten und ganz im Westen der Maßnahme) einzuplanenden Erfordernis von Wasserhaltungsmaßnahmen, empfehlen wir generell von einem Bodenaustausch aus Tragfähigkeitsgründen bzw. einer Drainschicht in einer mittleren Stärke von 0,3 m auszugehen.

Kalkulatorisch empfehlen wir bei Annahme von 20% der Trasse mit Herstellung im offenen Graben Bodenaustausch zur Wasserhaltung als Drainschicht und 20 % Bodenaustausch rein aus Tragfähigkeitsgründen vorzunehmen.

Für Zwecke des Bodenaustausches rein aus Tragfähigkeitsgründen empfehlen wir weit- und gut abgestuften Kies / Schotter im Kornspektrum 0/32 bis 0/56 mit 5 bis 15 Gew.-% Feinkorn (Bodengruppen GU, GT) zu verwenden.

Für den Zweck der offenen Wasserhaltung mit dem Erfordernis des Einbaus einer mindestens 20 cm starken Drainschicht empfehlen wir einen vliesummantelten Kies oder Schotter der Körnung 8/32 bis 8/45 (möglichst mit Zwischenkörnungen, d. h. möglichst gut abgestuft / verdichtbar).

Bei stärkerem Bodenaustausch als 30 cm (kalkulatorischer Ansatz zunächst 10% der Gesamtrasse der offenen Grabenabschnitte mit 50 cm) und gleichzeitigem Erfordernis einer Wasserhaltung ist nur die 1. Lage des Bodenaustausches aus dem Drainmaterial herzustellen. Darüber hinaus ist dann das Material, welches unter Tragfähigkeitsaspekten beschrieben wurde, einzubauen.

Vom Einsatz von RC-Material empfehlen wir aufgrund immer wieder auftretender Probleme hinsichtlich Qualität, Zusammensetzung, und chemischen Eigenschaften abzusehen.

Sollte unabhängig von der Empfehlung zum Ausschluss von RC-Material solches Material zum Einsatz kommen, so empfehlen wir hierfür nur konsequent güteüberwachtes und als Frost-/Tragschichtmaterial zertifizierten Betonrecycling einzusetzen, der als LAGA Z0 eingestuft ist.

Zudem ist durch den Unternehmer nachzuweisen, dass dieses Material in ausreichender Menge und gleichmäßiger Qualität verfügbar ist.

Sollte örtlich auch mit maximal 60 cm Bodenaustausch keine Tragfähigkeit des Rohraufagers hergestellt werden können, empfehlen wir das Einarbeiten von Grobschlag im Kornspektrum 60 bis 100 mm (ohne jegliche Feinbestandteile) in den Untergrund.

Kalkulatorisch sollte ein Ansatz von 20 cm dieses Materials zusätzlich zum Bodenaustausch für 5 % der Trasse offener Kanalgräben erfolgen.

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

Prüfungen der Tragfähigkeit sollten auf OK Austausch erfolgen. Bei Drainkiesmaterialien ist eine Prüfung nicht möglich, wobei bei diesen Schichten davon auszugehen ist, dass sie bereits mit leichter Nachverdichtung praktisch „von allein“ eine dichte Lagerung annehmen.

Besonderer Wert ist dabei auf die Trennung zum Baugrund durch ein Trenn- und Filtervlies der GRK 4 zu legen, um eine Verdrückung in den Baugrund zu verhindern.

Dies gilt natürlich nicht für das Einarbeiten von Grobschlag.

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.

Solche Maßnahmen können z.B. Trogabdeckung in den Leitungen mit entsprechendem Zwischenraum zur Oberkante der Leitungen sein.

### 5.2.3 Wasserhaltung

Unter Bezug auf die erkundeten Wasserverhältnisse besteht ein planmäßiges Erfordernis für eine Wasserhaltung dann, wenn sich die Grabensohle den erkundeten Wasserständen (Druckniveau) auf 0,5 m oder weniger nähert.

Die hydrogeologischen Verhältnisse wurden im Detail unter 4.5 beschrieben.

Die Intensität des Wasserandrangs wird bei Wasserführung in feinkörnigen Schichten aufgrund deren geringer Durchlässigkeit nach jetzigem Kenntnisstand als tendenziell gering eingeschätzt. Diese Schichten sind allerdings nur schwer entwässerbar.

Bei Anschnitt innerhalb der Schicht Terrassenschotter wird die Intensität des Wasserzutrittes deutlich größer sein. Vorläufig tritt dies im Bereich des Pumpwerkes bei KB 1 am westlichen Rand von Pferdingsleben einschließlich des daran nach Osten anschließenden Kanalstranges (Haltungen A21 und A22) ein.

Die Festgesteine der Schichten 9.1/9.2 sind Klüftgrundwasserleiter, welche keine einheitliche Durchlässigkeit aufweisen, jedoch in Abhängigkeit der Klüftung lokal eine (deutlich) stärkere Durchlässigkeit und Wasserführung aufweisen können, welche dann einen quellartigen Charakter besitzen.

Es wird aufgrund unserer Erfahrungen davon ausgegangen, dass für alle Bereiche mit dem planmäßigen Erfordernis einer Grundwasserabsenkung eine geschlossene Wasserhaltung erforderlich sein wird, wenn der Graben oder die Baugruben nicht wasserdicht verbaut werden.

Ein wasserdichter Verbau (z.B. Spundwände) erfordert eine Einbindung in den Grundwasserstauer/Grundwassergeringleiter Festgestein von mindestens 1,0 m, wobei sich eine Abdichtwirkung auch bereits im Einbindebereich in den Verwitterungslehm der Schicht 8 ergeben wird.

Auch außerhalb der genannten Bereiche mit dem bereits planmäßigen Erfordernis einer Wasserhaltung im Sinne einer Grundwasserabsenkung ist für mindestens 20% der Trassenlänge offener Kanalgräben eine offene Wasserhaltung nach Wahl des Unternehmers vorzusehen.

Besonders wichtig ist generell die Qualität der Verbaumaßnahmen, welche das Nachbrechen und Auskolken von Material aus der Grabenwandung verhindern muss.

Die offene Wasserhaltung ist über Pumpen in fachgerecht ausgebauten und bis mindestens 0,5 m unter Aushubsohle reichenden Pumpensümpfen, mindestens an beiden Enden offener Grabenabschnitte (Vorschlag: Länge dieser  $\leq 15$  m) zu realisieren. Weiterhin ist die Drainschicht, welche bereits bei den Maßnahmen in der Grabensohle unter dem Grundwasserspiegel empfohlen wurde, Bestandteil der offenen Wasserhaltung.

Die Bemessung / Dimensionierung und Planung einer offenen Wasserhaltung ist nach VOB-C DIN 18305, Absatz 3.3.1 eine vom Auftragnehmer zu erbringende Leistung. Hierfür sind dem AN die Angaben gemäß DIN 18305:2019-09 zur Verfügung (Durchlässigkeit, Bemessungswasserstand usw.) zu stellen. In diesem Zusammenhang wird unter anderem auf Punkt 4.5 verwiesen.

Es ist allerdings einzuschätzen, dass eine realitätsnahe regelrechte Bemessung der offenen Wasserhaltung hier nicht möglich sein wird und die Wasserhaltung eher konstruktiv mit ausreichend Reserven anzulegen ist. Vorbehaltlich der Technologie (einschließlich seiner technologischen Verantwortung) ist für eine ausschließlich offene Wasserhaltung außerhalb der genannten Bereiche mit planmäßiger Absenkung eine leistungsfähige C-Pumpe (theoretische Förderleistung pro Pumpe 25 m<sup>3</sup>/h) pro Grabenabschnitt (maximale Länge 15 m) vorzusehen.

Aus Sicherheitsgründen ist eine weitere C-Pumpe vorzuhalten und für den Betrieb einzukalkulieren. Die effektiv abzuführende Wassermenge schwankt je nach konkretem Grundwasserstand und Durchlässigkeit sowie offener Grabenlänge. Für die Genehmigung empfehlen wir im stationären Zustand von effektiv 5 m<sup>3</sup>/h für eine Absenkung um 0,5 m bei 15 m offenem Graben auszugehen.

Im Trassenbereich nördlich / westlich von RKS 5 bzw. vom Schacht ca. SW 340 liegen Bemessungswasserstände bis OK Gelände oder nicht weit darunter vor. Auch wenn die Ausführbarkeit einer Grundwasserabsenkung allein mit offener Wasserhaltung nicht völlig auszuschließen wäre, empfehlen wir eine geschlossene Wasserhaltung mittels ein- oder beidseitig des Grabens angeordneter Lanzengalerien aus Spülfilterlanzen mit Lanzenabständen zwischen 1,5 bis 2,5 und Tiefen von jeweils mindestens 2,0 m unter Grabensohle. Aufgrund der schweren Entwässerbarkeit der gering durchlässigen Böden wird zur Absenkung eine Vakuumunterstützung erforderlich.

Vorteilhaft ist dabei gleichzeitig eine bauzeitliche Stabilisierung weichkonsistenter, nur gering standfester Böden.

In gleicher Art empfehlen wir die Grundwasserhaltung ganz im Osten des Untersuchungsgebietes, d.h. östlich von RKS 16 bzw. östlich SW 20. Hier wird allerdings sehr wahrscheinlich eine einseitig des Kanalgrabens angeordnete Lanzengalerie ausreichen.

Für den Abschnitt im Bereich Pumpwerk westlich von Pferdingsleben nach Osten, d.h. etwa Schacht PW-AS bis A21 mit einer Grabensohle des Schmutzwasserkanals bis ca. 6,5 m Tiefe ergibt sich der Anschnitt des Grundwassers innerhalb des Terrassenschotters, der allerdings anhand der KB 1 nur eine vergleichsweise geringe Mächtigkeit von ca. 1,0 m besitzt und dem Grundwasserstauer /-geringleiter Festgestein der Schicht 9.1 direkt aufsitzt.

Vorsorglich empfehlen wir für diesen Abschnitt die Ausführung einer geschlossenen Wasserhaltung mittels Bohrbrunnen Durchmesser mindestens 0,3 m (besser noch 0,5 m), welche bis ca. 2 m unter Grabensohle zu bohren und wechselseitig des Grabens in Abständen von ca. 10 m angeordnet werden.

Die geschlossene Wasserhaltung ist mit einer offenen Wasserhaltung im Graben als Restwasserhaltung zu kombinieren, da der Kanalgraben die wasserstauende Schicht unterschneidet.

Eine geschlossene Wasserhaltung ist mit mind. 3 Tagen Vorlauf vor dem Aushub unter das Grundwasserniveau zu betreiben.

Die Ausschreibung einer geschlossenen Wasserhaltung bedarf mindestens einer Vordimensionierung der geschlossenen Wasserhaltung im Zuge des Planungsprozesses als besondere Planungsleistung. Die Ausführungsplanung könnte in dem Fall gesondert ausgeschrieben werden.

Die tatsächlich geförderten Wassermengen sind durch den Unternehmer nachzuweisen, wenn das eine Abrechnungsbasis darstellen sollte oder von der Genehmigungsbehörde so gefordert wird. Die Grundwasserhaltung ist für offene Abschnitte kontinuierlich zu betreiben. Es ist zu empfehlen, 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) vorzunehmen. Allerdings müssen von der Betriebszeit Stillstände, die auf ein Verschulden der Baufirma zurückzuführen sind, ausgeschlossen werden.

Es wird hier für Abschnitte mit Herstellung im offenen Graben empfohlen, in maximalen Abständen von 100 m und innerhalb der Ortslage von Pferdingsleben von maximal 50 m Dichtriegel gemäß DIN EN 1610 über die volle Höhe des Leitungsgrabens (einschließlich auch des Bodenaustausches, Drainschichten, Leitungszone usw.) jeweils bis zum Planum der Verkehrsflächen bzw. 0,5 m unter Gelände anzuordnen.

Die stärker durchlässigen Rohrauflagerungen und die Leitungszone sowie besonders die Sohl-  
drainage / Bodenaustausch sind im Falle des Erfordernisses einer Wasserhaltung auch im engeren  
Abstand (ca. 10 bis 25 m) durch Dichtriegel zu unterbrechen, da es sonst aus diesen Schichten zu  
einem zusätzlichen Wasserandrang und damit zu unnötigen Mehraufwendungen bei der Wasser-  
haltung kommt.

Negative Auswirkungen auf die Bebauung der Umgegend sind durch die bauzeitliche Grundwasser-  
haltung nicht völlig auszuschließen. Daher wird auf Beweissicherungsmaßnahmen im Vorfeld  
der Baumaßnahme innerhalb des Einflussbereiches der Grundwasserhaltung verwiesen. Dabei ist  
die Reichweite einer Grundwasserabsenkung einer geschlossenen Wasserhaltung im Vergleich zu  
einer offenen Wasserhaltung deutlich größer

Im Vorfeld muss geklärt werden, wohin abgepumpte Wässer abgeleitet werden können. Besonders  
hinzuweisen ist auf die erforderlichen Genehmigungen für die Baumaßnahme im Allgemeinen und  
in Bezug auf eine Grundwasserhaltung.

Hierzu gehört auch das Einholen der entsprechenden Einleitgenehmigung einschließlich Umsetzung  
damit verbundener Auflagen.

Vor Einleitung in einen Vorfluter ist in der Regel mindestens vom Erfordernis des Einbaus eines  
Sandfangs auszugehen.

#### **5.2.4 Leitungszone**

Die Grabensohlen auf anstehenden Böden oder Sohl drainagen sind entsprechend DIN EN 1610  
und DWA – A 139 für eine Direktauf Lagerung der Rohre nicht geeignet. Die Rohre sollten grundsätz-  
lich auf einer Bettungsschicht aus Fremdmaterial nach DIN EN 1610, Abschnitte 5.2.1 und 7.2.1  
(Typ 1) mit 22 mm Größtkorn (Fremdmaterial) gebettet werden. Dabei sollte eine Mindestdicke  
von 100 mm + DN/10 im Lockergestein / Bodenaustausch bzw. 100 mm + DN/5 im Festgestein  
vorgesehen werden, sofern lt. Statik keine anderen Forderungen bestehen.

Das Rohrauf Lager muss entsprechend DWA 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 den Leitungen müssen vollständig verfüllt sein.

Eine punkt- oder linienförmige Auflagerung ist zu verhindern.

### 5.2.5 Hauptverfüllung

Gemäß der ZTV E-StB 17 unter Einbeziehung des Einführungserlasses ARS 17/2017 für Thüringen ist der Untergrund bzw. Unterbau von Straßen und Wegen so zu verdichten, dass die Anforderungen gemäß nachfolgender Tabelle in Abhängigkeit von den Böden unter dem Planum erreicht werden. Zusätzlich ist die ZTV A-StB 12 zu beachten.

**Tab. 30: Anforderungen an die Grabenhauptverfüllung entspr. ZTV E-StB 17**

	Bereich	Bodengruppen DIN 18196	Verdichtungs- grad D <sub>Pr.</sub> in %	Luftporen- gehalt n <sub>a</sub> 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 Pla- num bis OK Lei- tungszone	GW, GI, GE SW, SI, SE GU, GT, SU, ST	≥ 98	/
3	Planum bis OK Leitungszone	GU*, GT* SU*, ST* U, T <sup>(1)</sup>	≥ 97	≤ 12 <sup>(2)</sup>

- (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“ <sup>4)</sup> 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<sub>a</sub> ≤ 8 Vol.-% und veränderlich festen Gesteinen n<sub>a</sub> ≤ 6 Vol.-% betragen.

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

Der Einbau von veränderlich festem Gestein im Rohrgraben ist unter dem Aspekt der Einhaltung des Luftporengehaltes (im Rohrgraben kaum zu realisieren) auszuschließen.

Zusätzlich ist auf dem Planum von Verkehrsflächen ein E<sub>v2</sub>-Wert von ≥ 45 MN/m<sup>2</sup> 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.

Für die Verfüllzone werden in der Regel grob- bis schwach bindige, gemischtkörnige (bis maximal 15 Gew.% Feinkorn) Böden verwendet, die wegen der geringeren Wasser- und damit Witterungsempfindlichkeit leichter zu verdichten sind, als stärker feinkörnige Böden und zudem bei entsprechender Verdichtung die erforderliche Setzungsarmut der Grabenverfüllung gewährleisten. 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.

Vom Aushubmaterial ist unter konstruktiv belasten Abschnitten (unbefestigte Wirtschaftswege und befestigte Verkehrsflächen) lediglich der Terrassenschotter – Schicht 7 für den Wiedereinbau in Kanalgräben, möglichst nur bis zum Niveau 0,5 m unter Planum, geeignet.

Wird er allerdings unterhalb des Grundwasserspiegels gefördert, muss er vor dem Wiedereinbau durch entsprechende Lagerung und Belüftung entwässert / getrocknet werden. Dies stellt ebenso wie die Separierung und Zwischenlagerung eine gesondert zu kalkulierende und damit separat auszuschreibende Leistung dar. Weiterhin bedarf es entsprechender Lagerflächen.

In Summe ist bei den gegebenen Randbedingungen grundsätzlich einzuschätzen, dass außerhalb von Verkehrsflächen das oberhalb des Grundwasserspiegels gewonnene Aushubmaterial der Schichten 3 / 4 sowie 7 und 8 für den Wiedereinbau unter Einhaltung oben genannter Mindestverdichtungsanforderung von 97 %  $D_{Pr}$  geeignet ist. Vorausgesetzt wird ein sorgfältiger lagenweiser Einbau und Verdichtung mit geeigneten Verdichtungsgeräten in Verantwortlichkeit des Unternehmers. Zudem ist sicherzustellen, dass eine ordnungsgemäße Zwischenlagerung mit Schutz vor witterungsbedingten Durchfeuchtungen erfolgt. Dies bedeutet in der Regel eine Zwischenlagerung auf Halden, lagenweise mit Dachprofil verdichtet, wenn nicht in kurzen Bauabschnitten und unmittelbar folgender Wiederverfüllung gearbeitet wird. Jegliche Verschlechterung von Aushubmaterial gegenüber dem Ausgangszustand bis hin zur Nichteignung für den Wiedereinbau auf Halden ist in konsequenter Verantwortlichkeit des Unternehmers auszuschließen.

Vor einer Verbesserung mit Bindemitteln raten wir bei den gegebenen Verhältnissen ab.

Aushubmaterial aus den Schichten 5 und 6 - Aueton und Tonmudde sind vom Wiedereinbau auszuschließen.

Der Wiedereinbau von Aushub aus den Schichten 9.1 und 9.2 (Festgestein) ist wegen der schwierigen Verdichtbarkeit ebenfalls möglichst auszuschließen.

Für Fehlmengen an Verfüllmaterial sowie unter klassifizierten Verkehrsflächen ist Liefermaterial auszuschreiben.

Als Liefermaterial wären für die Hauptverfüllung gut verdichtbare, unbelastete (Z0 nach LAGA M20 bzw. BM 0 oder BM-F0\* nach Ersatzbaustoffverordnung - EBV) Fremdmaterialien aus natürlichen Erdstoffen, im Sinne von Kies oder Schotter der Körnungen 0/32 bis 0/56 mm (0/65) bevorzugt der Bodengruppen GW/GI 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.

Der Einsatz von Recyclingmaterial ist aufgrund immer wieder auftretender Probleme hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung (umwelt- und bautechnisch schädliche Bestandteile) sowie der Qualität und Homogenität kritisch zu sehen. Hierzu wird auch auf die Ausführungen unter 5.2.2 verwiesen.

Bei gut abgestuften Böden mit einem Feinkornanteil  $\geq 5$  M.-% erübrigen sich gesonderte Maßnahmen zur Gewährleistung der Filterstabilität - Auskleidung des Grabens mit Vlies als Trennung gegenüber fein- und gemischtkörnigen Schichten mindestens steifer Konsistenz.

Wir empfehlen somit zur Ausschreibung Böden der Bodengruppen bedingt (anzustrebender Feinkornanteil tendenziell in Richtung  $\geq 5$  M.-%) noch GW, bevorzugt GU, GT mit 5 bis 15 M.-% Feinkornanteil und einer Begrenzung des Steinanteils bis maximal 100 mm auf maximal 10 M.-%. Zu beachten ist bei der Kanalgrabenverfüllung der Umstand, dass für den Bereich Straßenplanum bis 0,5 m darunter erhöhte Anforderungen bestehen. Betrifft dies angesichts der Tieflage flacherer Leitungen im Wesentlichen die gesamte Hauptverfüllung, ist ein Materialwechsel oder Wechsel der Anforderungen nicht sinnvoll.

Ggf. kann es dem AN auch freigestellt werden, gegen Nachweis der Eignung im Sinne der Gleichwertigkeit zum ausgeschriebenen Liefermaterial und der Einhaltung der Verdichtungs-/ Tragfähigkeitsanforderungen entsprechend separiertes und aufbereitetes Aushubmaterial (z.B. aus Schicht 7) als Liefermaterial mit Nachweis der Eignung wieder einzubauen, auch wenn solches Material nicht von vornherein als Verfüllmaterial ausgeschrieben ist. Erfahrungsgemäß halten wir es aber für alle Beteiligten für praktikabler klar definiertes Liefermaterial ausschreiben, welches von den Anforderungen auch expliziert den Wiedereinbau geeigneter Aushubmaterialien einschließt.

Für den planumsnahen Bereich von Gräben unter klassifizierten Verkehrsflächen (Planum bis 0,5 m darunter) bzw. möglichst auch unter Wirtschaftswegen wäre zur sicheren Einhaltung der Tragfähigkeitsanforderungen an das Planum der Einbau von als Tragschicht- oder Frostschutzmaterial klassifizierten, güteüberwachten Liefermaterials zu bevorzugen bzw. zu empfehlen.

Grundsätzlich bedarf der Einbau aller Materialien der entsprechenden Zustimmung des AG (Liefernachweis, Eignungsnachweis - Kornverteilung, Proctordichte).

Bei Materialwechsel werden erneute Eignungsuntersuchungen erforderlich.

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

Grabenverbaue /-aussteifungen sind abschnittsweise und schadlos für die eingebauten Leitungen 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. Empfohlen wird die Prüfmethode M3 mit der zugehörigen Erstellung von Arbeitsanweisungen und stichprobenartigen Prüfungen im Mindestumfang des Regelwerkes und einer lückenlosen Dokumentation zur Einhaltung der Arbeitsanweisungen und Einhaltung der Prüfanforderungen.

### 5.3 Hinweis zur Verdichtung

Verdichtungsgeräte, Übergänge und Schichtdicken sind dem geforderten Verdichtungsgrad, den Raumverhältnissen und der "Empfindlichkeit" der Rohre anzupassen (siehe dazu z. B. DWA A 139, Tab. 1). Das Verfüllmaterial darf gemäß den ZTVE-StB 17 /UT19/ im Bereich bis 1 m über Rohr-scheitel nur mit leichtem und bis 3 m auch mit mittelschwerem Verdichtungsgerät verdichtet werden. Daran angepasst werden mittlere Schütthöhen von ca. 20 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 Verantwortung 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 Anbauverdichtterplatten möglich ist.

Der Einsatz solcher Geräte bedarf einer Überprüfung ihrer Verträglichkeit unter den konkreten Bedingungen der Baustelle (z. B. unter Beachtung der abgrenzenden Bausubstanz).

### 5.4 Filterstabilität

Vereinfachend können gut abgestufte / weitgestufte Böden mit einem Feinkorngehalt  $\geq$  ca. 5 M.% 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.

Drainschichten in der Grabensohle sind in jedem Fall vollständig in ein geeignetes Trenn-/ Filtervlies einzuhüllen. Weiterhin ist sonstiger Bodenaustausch in der Grabensohle bzw. die Rohrbettung / Leitungszone vom Baugrund vollständig durch ein Vlies zu trennen, wenn diese Materialien nicht die obige Anforderung an ein weitgestuftes Material mit mindestens 5 M.-% Feinkorn erfüllen. Zudem müssen alle Schichten der Grabenverfüllung untereinander filter- und kontaktstabil sein.

Ansonsten müssen auch diese Schichten durch ein Vlies getrennt werden.

Zudem empfehlen wir die Trennung der Grabenverfüllung vom Baugrund mit einem Vlies der GRK in den Kontaktzonen mit Schichten weicher oder noch geringerer Konsistenz. Dies trifft auf die Bereiche ganz im Osten und ganz im Westen mit Grabenwandungen insbesondere im Aueton und in Tonmulde zu.

Bei erforderlicher Filterfunktion (z. B. Drainschicht unter der Bettung) sollte für das Vlies ein  $k_f$ -Wert  $\geq 5 \times 10^{-3}$  m/s vorgegeben werden. Übernimmt das Vlies lediglich eine Trennfunktion brauchen an den  $k_f$ -Wert keine konkreten Anforderungen gestellt werden.

## 5.5 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.

Generell ist bezüglich der Aufstandsflächen, wie bei den Grabensohlen beschrieben, zu verfahren

## 5.6 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 benachbarten baulichen Anlagen festzustellen und mittels Beweissicherungsverfahren festzuhalten.

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.

Treten Annäherungen an Gebäude und sonstige Bauwerke, wie z. B. Rohrgraben im Einflussbereich von Gründungen, oder sonstige Hinweise auf einen kritischen Ausgangsbefund auf, sollte mindestens eine äußere Beweissicherungsmaßnahme erfolgen. In Abhängigkeit vom Befund ist abzuleiten, ob auch eine innere Beweissicherung vorzunehmen ist, was wohl aber eher den Ausnahmefall darstellen dürfte.

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.

## 5.7 Empfehlungen zum Deckenschluss

Eine Wiederherstellung befestigter Oberflächen im Deckenschluss sollte sich in Abstimmung zwischen den Beteiligten entweder an den jeweiligen Bauklassenanforderungen oder unter Anlehnung an die ZTV A-StB 12 /UT 16/ lediglich an der Herstellung der derzeitigen Verhältnisse orientieren.

Für die Bemessung eines frostsicheren Oberbaus nach RStO 12 /UT 13/ gelten folgende Randbedingungen:

### Frostempfindlichkeit:

Aufgrund des im natürlichen Zustand bereichsweise unmittelbar an den Kanalgraben angrenzenden F3-Böden - wird zunächst unabhängig vom Verfüllmaterial der Baugruben empfohlen, von **F3** auszugehen.

Wird seitlich der Baugruben Bodenaustausch aus F1- oder F2-Material in einer Mindeststärke von 30 cm ausgeführt und auch entsprechendes Material für die Baugrubenverfüllung verwendet, so kann der Bemessung des Oberbaus auch die Frostempfindlichkeitsklasse **F2** zugrunde gelegt werden.

**Tab. 31: Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse (RStO 12, Tab. 7)**

Örtliche Verhältnisse		A	B	C	D	E
Frosteinwirkung	Zone I	± 0 cm				+
	Zone II	<b>+ 5 cm</b>				
	Zone III	+15 cm				
kleinräumige Klimaunterschiede	ungünstige Klimaeinflüsse z.B. durch Nordhang oder in Kamm-lagen von Gebirgen		+ 5 cm			
	keine besonderen Klimaeinflüsse		<b>± 0 cm</b>			
	günstige Klimaeinflüsse bei geschlossener seitlicher Bebauung entlang der Straße		- 5 cm			
Wasser- verhältnisse im Un- tergrund	kein Grund- und Schichten-wasser bis in eine Tiefe von 1,5 m unter Planum			<b>± 0 cm*</b>		
	Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum			<b>+ 5 cm</b>		
Lage der Gradienten	Einschnitt, Anschnitt				+ 5 cm	
	Geländehöhe bis Damm ≤ 2,0 m				<b>± 0 cm</b>	
	Damm > 2,0 m				- 5 cm	
Entwässerung der Fahrbahn / Ausführung der Randbereiche	Entwässerung der Fahrbahn über Mulden, Gräben bzw. Böschungen					<b>± 0 cm</b>
	Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen					- 5 cm

\* kann ggf. auf den Abschnitt K4, Bereich RKS 6 bis 8 angewendet werden

Die angegebenen Bemessungskriterien sind vom Planer hinsichtlich konstruktiver Aspekte zu überprüfen und verstehen sich als Vorschlag aus fachtechnischen Erwägungen der vgs auf Basis des vorliegenden Kenntnisstandes.

Ein bloßer Deckenschluss ist nur dann als sinnvoll anzusehen, wenn durch Längsaufgrabung der anstehende Straßenkörper nicht erheblich gestört wird. Eine solche erhebliche Störung kann immer dann angenommen werden, wenn die Aufgrabungsbreite größer als die halbe Fahrbahnbreite ist. In diesen Fällen sollte die Fahrbahndeckschicht – ggf. der gesamte Oberbau – vollständig erneuert werden.

Ein Deckenschluss ist so vorzunehmen, dass nachträglich keine Schäden auftreten (ggf. zwei-stufige Deckenwiederherstellung, Beachtung von ZTVA-StB 12). Aufgelockerte Randbereiche der Grabenkante sind zusätzlich neu aufzubauen. Die Oberbauabtreppungen nach ZTVA-StB 12 sind zu beachten.

Für die Oberflächenbefestigungen ist vorab von 15 cm Nachschnitt für Grabentiefen  $\leq 2,0$  m und von 20 cm Nachschnitt für Grabentiefen  $> 2,0$  m nach vollständiger Grabenverfüllung auszugehen.

Bei Unterhöhungen gilt das Maß des Rückschnittes ab dem Ende der Unterhöhung. Reststreifen kleiner 35 cm bis zur nächsten Fuge bei Asphaltdecken bzw. von 30 cm zum Pflasterrand (Formatbreite bzw. 20 cm bei Geh- und Radwegen) sind ebenfalls rückzubauen. Auch größere Reststreifen sind zu entfernen, wenn diese sichtbar gelockert oder an den Rändern Fugenspalten entstanden sind. Näheres ist der ZTVA-StB 12 zu entnehmen.

Weiterhin werden erfahrungsgemäß schmale verbleibende Randstreifen der gebundenen Decke stark in Mitleidenschaft gezogen, wenn der Leitungsgraben relativ weit randlich der Straße liegt. In diesen Fällen sollte die Decke, ggf. der gesamte Oberbau, vollständig erneuert werden. Das Planum wird sich bei reinem Deckenschluss auf der Grabenverfüllung befinden. Es gelten die Planumsanforderungen (Planum bis 0,5 m darunter) an den Verdichtungsgrad und den Luftporengehalt gemäß Tab. 31. Zusätzlich ist eine Tragfähigkeit von  $E_{V2} \geq 45$  MN/m<sup>2</sup> nachzuweisen.

Vorausgesetzt des Einsatzes der empfohlenen Verfüllmaterialien werden die Planumsanforderungen an den Verdichtungsgrad und die Tragfähigkeit gewährleistet werden können. Es ist zu beachten, dass zum Nachweis des erforderlichen Verdichtungsgrades ggf. auch ein höherer  $E_{V2}$ -Wert erforderlich ist. Dies entspricht der Forderung der ZTV E–StB 17 zum Nachweis des  $E_{V2}$ -Wertes größer gleich 45 MN/m<sup>2</sup>.

Wegen der generell erschwerten Einbaubedingungen ist besonders handwerkliche Sorgfalt beim Einbau aller Baustoffe erforderlich. Die Verdichtung geeigneten Füllbodens ist durch Verdichtungskontrollen nachzuweisen.

Bei der Festlegung der Dicke von ungebundenen Tragschichten ist darauf zu achten, dass mit den vorgesehenen Materialien die erforderlichen Tragfähigkeitssteigerungen erreicht werden können (vgl. dazu RStO 12, Tab. 8).

Sprunghafte Änderungen in den Dicken der frostsicheren Befestigungen sollten in Längs- und Querrichtung, z.B. durch Ausbildung ausreichender Übergangszonen, vermieden werden.

## 6. KANALVERLEGUNGEN IM UNTERIRDISCHEN VORTRIEB / EINFRÄSEN

### 6.1 Düker Nessequerung im Unterirdischen Vortrieb

Im Bereich unmittelbar östlich von Friemar und westlich des Speichers Friemar soll die Nesse und ein Graben mittels unterirdischem Vortrieb mit einem Düker gequert werden.

Es handelt sich um die Haltung FD 06 zwischen Schacht SW 301 und FD 06. Die Länge des Vortriebs beträgt ca. 63 m.

Der Schmutzwasserkanal ist mit der Dimension DN 200 geplant.

Die Tiefenlage der Leitung befindet sich ca. 3,0 m unter Gelände bzw. bei 279,38 m NHN im Westen bis 279,7 m NHN im Osten. Das Gelände liegt bei 282,5 bis 282,7 m NHN.

Den Plänen lässt sich eine Sohle der Nesse bei 280,89 m NHN und des Grabens bei 281,7 m NHN entnehmen. Hieraus ergibt sich eine Überdeckung über dem Scheitel des Vortriebs von ca. 1,0 m zur Nesse und ca. 2,1 m zum Graben.

Ein gesonderter Schnitt für den Querungsbereich liegt uns nicht vor. Näherungsweise kann sich am Schnitt in Anlage 4.1 orientiert werden.

Die Vortriebssohle liegt im Verwitterungslehm der Schicht 8 mit steifer Konsistenz sowie im Osten (RKS 4) auf einer ca. 0,3 m starke Restschicht von Tonmudde weicher bis steifer Konsistenz über steifem bis halbfestem Verwitterungslehm.

Zwischen dem Graben und der Nesse ist von Unterkante der weichen Tonmudde etwa im Niveau OK Medienrohr auszugehen.

Das Bemessungsniveau des Grundwassers ist etwa in Geländehöhe anzusetzen.

Zu beachten sind die ausführlicheren Beschreibungen zur Geologie, Baugrund und Grundwasser im Gutachten sowie die Anlage 6, Schwankungsbreiten der Kennwerte und Eigenschaften gemäß VOB, Teil C.

Es wird empfohlen, speziell für die Vortriebstrasse einen Schnitt zu erarbeiten, der in Länge und Höhe entzerrt ist.

Zudem müssen darin auch die tatsächlichen Dimensionen des Vortriebsrohres einschließlich Wandungsstärke und die Baugruben ableitbar sein.

Wir empfehlen angesichts der erkundeten Baugrundverhältnisse die Sohle des Dükers ca. 0,5 m tiefer anzuordnen.

Dies sollte eine Lage der Vortriebssohle einheitlich im Verwitterungslehm und gleichzeitig eine etwas größere Überdeckung zur Sohle der Nesse gewährleisten. Gleichzeitig ist dann davon auszugehen, dass es innerhalb der Vortriebstrasse nur noch zu einem geringen Wasserandrang kommt.

Für den Vortrieb kommen (teil)verdrängende und entnehmende Verfahren entsprechend DWA-A 125 in Betracht. Angesichts der Länge der Vortriebsstrecke empfehlen wir ein steuerbares Verfahren. Unter Verweis auf Bild 6 der DWA-A 125 empfehlen wir einen Pilotrohrvortrieb (6.1.3.2).

Zu beseitigende Hindernisse sind innerhalb der Vortriebsstrecke nicht zu erwarten.

Unter Verweis auf den informativen Anhang B der DWA-A 125 gilt beispielhaft unter Zugrundelegung von 6.1.3.2.2 Pilotrohrvortrieb mit Bodenverdrängung unter Grundwasser in Verbindung mit einer Wasserschnecke eine Mindestüberdeckung von:

$\geq 10 \times D_a$  (Pilot)  
 $\geq 1,5 \times D_a$   
mind. 1,0 m.

Maßgeblich wird damit bei der Leitung DN 200 die Mindestüberdeckung von 1,0 m, welche bei den gegebenen Verhältnisse unter Ansatz der geplanten Tiefenlage des Dükers und erst recht einer etwas tieferen Trasse auch gegenüber der Sohle der Nesse eingehalten werden kann.

Die Tragfähigkeit des Untergrundes im Bereich der Sohle des Vortriebes ist bei Tieferlegung um ca. 0,5 m als ausreichend bis gut einzuschätzen und gewährleistet die Steuerbarkeit des Vortriebes.

## 6.2 Bautechnische Hinweise

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

Es ist empfehlenswert, die Gerätetechnik / Komponenten zum Rohrvortrieb nicht im Detail 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. Das Vortriebsverfahren an sich, sollte allerdings vorgegeben werden.

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 DWA-A125 erfolgen.

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

Zu beachten ist, dass der Verwitterungslehm in Verbindung mit Flüssigkeiten stark zum Verkleben und Verschmieren neigt, was die Vortriebsgeschwindigkeit erheblich herabsetzen kann. Dies ist bei der Kalkulation und den Leistungsansätzen bereits mit zu berücksichtigen.

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 Vortrieb nur Unternehmen einzusetzen, die eine gültige DVGW-Zulassung nach DVGW-Merkblatt GW 301 besitzen oder die der Gütegemeinschaft „Güteschutz Kanalbau“ angehören.

Empfehlenswert ist im Vorfeld zur Beweissicherung ein exaktes Aufmaß der Geländehöhen über die gesamte Trasse hinweg und zudem vortriebsbegleitende Messungen.

### 6.3 Start- und Zielgrube

Die Gruben müssen mit den entsprechenden Dimensionen für die Bohrgerätschaften ausgebildet werden. Zudem ist für Startgruben im Allgemeinen von einer Sohle um 1,0 bis 1,5 m und für Zielgruben um 0,5 m unter der Vortriebssohle auszugehen.

Die Sohlen der Gruben liegen dann innerhalb der mindestens ausreichend tragfähige Schicht Verwitterungslehm.

Empfehlenswert ist die Herstellung der Gruben als Senkschächte mit entsprechender Wandstärke, Betonqualität, verstärkter Bewehrung und Schneidschuh mit Überstand.

Die Alternative wären Baugrubenverbauten, wobei wir dann einen wasserdichten Verbau als in sich ausgesteifter Spundwandkasten empfehlen würden. Die Spundbohlen sollten für einen ausgesteiften Verbau ohne Einspannwirkung nach dem statischen Prinzip der freien Auflagerung eine Mindesteinbindung 1,5 m unter Baugrubensohle zuzüglich 0,5 m Aushubreserve = 2,0 m Einbindung aufweisen.

Bei der Festlegung der Baugrubensohlen sind Aushubmaßnahmen für Trag-/ Ausgleichs-/ Stabilisierungsschichten und bei Erfordernis für eine Filterschicht / Randraingraben zu berücksichtigen. Eine gewisse Aushubreserve von 0,5 m wird daher immer als vorteilhaft anzusehen sein und sollte für unvorhergesehene Situationen grundsätzlich eingeplant werden. Aus statischen Aspekten kann sich eine noch größere Einbindetiefe ergeben.

Dies könnte aber bereits deutlich Probleme beim Einbringen aufgrund des Einbindens in den Festgesteinshorizont nach sich ziehen, was entsprechende Auflockerungsbohrungen erfordern würde. Mindestens im unteren halben Meter sollten die Bohlen dann „dicht“ im Sohlbereich einbindend angerammt werden.

Da die Schächte mit ihren Sohlen allesamt unter den bauzeitlich anzusetzenden Bemessungsniveau des Grundwasserdruckspiegels reichen würden, empfehlen wir die Herstellung der Schachtbaugrubensohlen mit einer auftriebssicher dimensionierten Unterwasserbetonsohle, was aber nur Sinn ergibt in Verbindung mit Absenkschächten oder wasserdichten Baugrubenumschließungen.

Grundsätzlich besteht aber auch eine begründete Erwartungshaltung, dass durch die Einbindung in den gering durchlässigen Verwitterungslehm schon eine weitestgehende Dichtigkeit gegeben ist.

Da die Vortriebstrasse unter dem bauzeitlichen Grundwasserspiegel liegt, wären druckwasserdichte Schleusen oder beispielsweise Verpressungen des Baugrundes im Ein-/ Austrittsbereich erforderlich.

Aufgrund der Tiefenlage der Schachtbaugruben, den Dimensionen, und den räumlichen Randbedingungen handelt es sich um Baugruben, welche bereits im Vorfeld der Ausschreibung zu planen sind. Im Minimum müsste eine Vorbemessung erfolgen und die Planung des Verbaus als gesonderte Leistung ausgeschrieben werden.

Die Bemessungsansätze für den Erddruck können dem Kap. 5.2.1 entnommen werden.

Die Baugrubensohlen müssen geeignet sein für die Anforderungen der Gerätschaften zum Vortrieb und als Abstandsebene für den nachfolgenden Einbau von Schächten.

Grundsätzlich sind Baugrubensohlen schonend unter Vermeidung von Auflockerungen herzustellen. Zudem hängt deren Ausbildung von der Art der Baugrubenumschließung und den Maßnahmen zur Wasserhaltung oder Gewährleistung der Dichtigkeit ab. Bei allen Erd- und Gründungsarbeiten sind die einschlägigen Sicherheitsvorschriften, insbesondere diejenigen der Tiefbauberufsgenossenschaft und die Aufführung der DIN 4124 zu beachten.

#### 6.4 Option Einfräsen Druckleitung

Für die ca. 1.543 m lange Druckleitung im Bereich der landwirtschaftlichen Fläche südlichen der K4, d.h. im Abschnitt zwischen der RKS 8 im Westen und dem Pumpwerk unmittelbar westlich von Pferdingsleben wird optional zum offenen Graben auch über das Einfräsen der Leitung nachgedacht.

Die Leistungssohle schwankt zwischen ca. 1,7 bis 2,3 m unter Gelände für den Abschnitt SW 400 im Westen bis F140 im Osten (zwischen RKS 14 und KB 1). Östlich von F140 vergrößert sich die Tiefe der Leistungssohle auf bis zu ca. 3,8 m.

Die Lage der Leitung in Bezug auf die Baugrundschichtung kann gut den Längsschnitten in den Anlagen 4.2 bis 4.4 entnommen werden.

Ganz überwiegend, d.h. außer dem Bereich ca. F20 bis F50 (ca. 350 m, RKS 9 / 10) liegt die Leistungssohle in feinkörnigen Schichten steifer bis halbfester Konsistenz. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um die Schicht 3 – Lösslehm und nur in den beiden westlichen Haltungen um die Schicht 4.

Im genannten Bereich ca. F20 bis F50 liegt die Leistungssohle in Schicht 7 – Terrassenschotter mit auflagerndem Lösslehm und ggf. Lehm.

Grundsätzlich liegt die Leistungssohle im entsprechenden Bereich oberhalb des anhand der Erkundungen ableitbaren geschlossenen Grundwasserspiegel, worauf auch die Konsistenz der feinkörnigen Böden hindeutet.

Grundsätzlich wird der Baugrund für das Einbringen von Leitungen mittels Einfräsen als geeignet bis gut geeignet eingeschätzt.

Generell gilt, dass zunächst der Oberboden zur Seite zu schieben wäre, um ihn im Anschluss an das Einbringen der Leitung wieder andecken zu können.

Beim Einfräsen ist davon auszugehen, dass die Verfüllung des nicht zu begehenden Grabens lagenweise mit dem Aushubmaterial unter Einsatz von Anbauverdichtertechnik wie dem Verdichterrad oder Anbauverdichterplatten erfolgt.

#### 6.5 Pumpwerk

Im Bereich des Pumpwerks Pferdingsleben wurde die Kernbohrung KB 1 in Kombination mit der schweren Rammsondierung DPH B1 abgeteuft.

Das Aufschlussprofil und das Rammdiagramm sind als Anlage 2.4 enthalten.

Die Sohlentiefe des Pumpwerkes beträgt 7,89 m (281,01 m NHN) und die des Armaturenschachtes 3,74 m (285,56 m NHN).

Für das Pumpwerk ergibt sich damit eine Lage der Sohle innerhalb des Festgesteins der Schicht 9.1 ca. 2,3 m unter deren Oberkante. Die Tragfähigkeit im Gründungsbereich des Pumpwerkes ist damit als gut bis sehr gut einzuschätzen.

Maßnahmen zur Gründung beschränken sich damit auf den Einbau einer Betonsauberkeitsschicht von mindestens 10 cm Stärke. Mit dem Beton der Sauberkeitsschicht wäre auch geologisch bedingter Mehraushub auszugleichen. Geologisch bedingter Mehraushub ist durch einen schonenden Aushub auf das unvermeidbare Maß zu reduzieren, Kalkulatorisch kann für den Ausgleich zusätzlich ein Maß von im Mittel etwa 15 cm angenommen werden.

Sohlspannungen spielen für die Gründung keine Rolle, da die Aushubentlastung deutlich größer als die Belastung durch den Schacht ist.

In der Gründungssohle kann von einem Bettungsmodul  $k = 30 \text{ MN/m}^3$  ausgegangen werden.

Empfehlenswert ist die Ausbildung des Pumpwerkes als Fertigteilschacht, der im Absenkverfahren eingebaut wird und damit bereits hinsichtlich Wandungsstärke, Bewehrung und Schneidschuh mit Überstand als Absenkschacht zu konzipieren wäre.

Im Sohlbereich des Schachtes empfehlen wir in Verbindung mit entsprechenden Dichtungen und Ankopplung an den Schacht den Einbau einer mindestens 0,5 m starken bewehrten Betonschicht, welche den Schacht als druckwasserdichtes Bauwerk komplettiert. Eine andere Variante wäre es, in den Absenkschacht einen vorgefertigten Pumpschacht einzusetzen und den Ringraum zum Absenkschacht zu verdämmen.

Für den Amateurschacht ergibt sich eine Lage des Gründungsbereiches in der Basis der Schicht 3 – Lösslehm unmittelbar über der hier nur ca. 0,5 m starken Schicht 4 – Lehm. Die Konsistenz beider Schichten wurde als steif mit Tendenz zu halbfest erkundet.

Ca. 0,9 m unter der Sohle des Armaturenschachtes wurde die Schicht 7 – Terrassenschotter erkundet. Der Terrassenschotter ist grundwasserführend, wobei das Grundwasser nicht in die auflagernden Lehmschichten drückt.

Wir empfehlen in der Aufstandsfläche des Armaturenschachtes eine 20 cm starke Betonsauberkeitschicht vorzusehen, im Übrigen aber auf einen tieferen Aushub zu verzichten.

Die Herstellung des Armaturenschachtes kann wiederum als Absenkschacht oder in offener Baugrube hergestellt werden.

Zur Herstellung der Baugrube und Fragen der Baugrubenverfüllung wird auf die Empfehlungen unter 5.2 verwiesen.

Sollte sich im Zug der Planung das Erfordernis einer größeren Baugrube ergeben, stehen wir für Konsultationen zur Ausbildung der Baugrube und Fragen der Wasserhaltung zur Verfügung.

## 7. UMWELTRELEVANTE UNTERSUCHUNGEN

### 7.1 Allgemeines

Ab 1. August 2023 gelten neue abfallrechtliche Regelungen, die sämtliche bisherige länderspezifische Regelungen außer Kraft setzen.

Es handelt sich dabei um die sogenannte Mantelverordnung /UU9/ (Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung), die mit ihrer Veröffentlichung im Bundesgesetzblatt Nr. 43/2021 vom 16. Juli 2021 bekannt gegeben wurde.

Kernstück der Mantelverordnung ist die Ersatzbaustoffverordnung (Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke, kurz *EBV*, die erstmalig bundeseinheitlich und rechtsverbindlich Anforderungen an den Umgang mit mineralischen Ersatzbaustoffen (z.B. RC-Baustoffe aus Bau- und Abbruchabfällen und Bodenaushub) enthält.

Bisherige Länderregelungen treten zum 1. August 2023 außer Kraft. Deshalb empfiehlt es sich bei Maßnahmen, die nach dem 1. August 2023 erst in die Ausführung gehen, gleich von vornherein nach EBV BM0\* (größter Parameterumfang) zu untersuchen.

Das Untersuchungsgebiet liegt außerhalb von Wasserschutzgebieten.

Asphalt ist nicht Thema der EBV, hier gilt weiterhin die RuVA-StB 01/05, damit können die unter Pkt. 7.2 ermittelten Werte Verwendung finden.

Allerdings können Straßenausbaustoffe mit teer-/ pechtypischen Bestandteilen (= Verwertungs-kategorie B / C) nicht mehr nach RuVA-StB verwertet werden und müssen schlussendlich beseitigt werden. Hier empfiehlt sich eine Nachuntersuchung nach Deponieverordnung DK0.

## 7.2 Asphalt

Insgesamt 5 Asphaltkerne wurden gesondert im Vorfeld der Sondier-/ Bohrarbeiten ausgebohrt.

Im vgs-eigenen Labor wurden die Asphaltbohrkerne zunächst einer qualitativen Voruntersuchung hinsichtlich ihrer Pechbelastung unterzogen (Anlage 3.9). Alle Kerne waren unauffällig.

Eine Pechbelastung kann für eine beim Ansprühverfahren unauffällige Probe noch nicht ausgeschlossen werden, da z. B. eine erkennbare Fluoreszenz unter UV-Lichtbestrahlung i. d. R. erst ab etwa 40 ... 50 mg/kg PAK (bezogen auf TS) auftritt, Ausbauasphalt aber bereits ab 25 mg/kg TS als pechbelastet gilt.

Es wurden 3 Asphaltkerne /- abschnitte quantitativ auf PAK und Phenole durch das Thüringer Umweltinstitut Henterich untersucht.

In der nachfolgenden Tabelle sind die maßgebenden Parameter und die Zuordnung in Verwertungs-kategorie nach RuVA-StB 01<sup>3</sup> zusammengestellt (siehe Anlage 3.10).

**Tab. 32: Ergebnisse der quantitativen Asphaltuntersuchungen**

Probe	Beprobungs- abschnitt [cm]	Summe PAK in mg/kg	Phenolindex in mg/l	Verwertungskategorie nach RuVA-StB 01
R6.1-2	20 – 30,5	n.n.	< 0,01	<b>A</b>
R8.1	0 – 10	n.n.	< 0,01	<b>A</b>
R17.1	0 – 4	0,5	< 0,01	<b>A</b>

Der untersuchte Asphalt ist in die Verwertungskategorie A einzustufen.

Ausbauasphalt der Verwertungskategorie A kann als Asphaltgranulat im Heißmischverfahren wiederverwertet werden. Dabei ist ein Einsatz in Asphaltmischanlagen und im Baustellenmischverfahren möglich.

Weiterhin ist eine Wiederverwertung im Kaltmischverfahren mit und ohne Bindemittel möglich.

Die Untersuchungen sind als Stichproben zu betrachten. So keine anderen Erkenntnisse vorliegen, können die Untersuchungsergebnisse auf die zugehörigen Deckenabschnitte übertragen werden.

Bestehen begründete Zweifel, wäre es auch denkbar, eine gewisse Menge an Aushub und Entsorgung der Klassen B/C (ohne dazwischen zu differenzieren) in die Ausschreibung aufzunehmen und z.B. bei Verdacht eine Zwischenlagerung im Container und eine baubegleitende Beprobung auf Pechbestandteile und Deponieverordnung DK0 auszuschreiben.

Im Falle der Beseitigung ist dem Ausbauasphalt anhand der Analyseergebnisse die **AVV-Schlüssel-Nr. 17 03 02 (nicht gefährlich)** zuzuweisen.

<sup>3</sup> FGSV, Arbeitsgruppe Asphaltstraßen: Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen und für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau, RuVA– StB 01 (Fassung 2005)

### 7.3 Beton

Aus dem in RKS 15 in 1,0 m Tiefe angetroffenen, 80 cm starken Betonrecycling wurde eine Probe (**R15.3**) entnommen und nach EBV, Recycling-Baustoffe, Anlage 1, Tabelle 1 untersucht.

Die Analytik führte das Thüringer Umweltinstitut Henterich GmbH durch.

Anlage 3.11 enthält die tabellarische Zusammenfassung der gemäß EBV gültigen Grenzwerte für Recycling-Baustoffe einschließlich der Gegenüberstellung der Laborergebnisse, Anlage 3.12 den zugehörigen Laborprüfbericht.

In der nachstehenden Tabelle ist das Resultat der Analyse und die Zuordnung zusammengefasst dargestellt.

**Tab. 33: Einstufung Betonrecycling**

Probe	Materialwerte gemäß EBV	Parameter
R15.3	RC-1	keine Materialwertüberschreitungen

Die Probe des Betonrecyclings aus RKS 15 wies keine Materialwertüberschreitungen auf (**RC-1**).

Eine Gefährlichkeitseinstufung kann anhand der durchgeführten Untersuchungen nicht abgeleitet werden, da hierfür insbesondere die Schwermetallparameter sowie Mineralölkohlenwasserstoffe im Feststoff bestimmt werden müssten, diese aber im Untersuchungsumfang nach EBV nicht enthalten sind.

Aus diesem Grund kann keine Vergabe einer AVV-Schlüssel-Nr. erfolgen.

### 7.4 Auffüllungen >10 Vol.-% Fremdbestandteile

Aus den Auffüllungen mit einem Anteil an Fremdbestandteilen von 10 - 50 Vol.-% wurde eine Mischprobe (F1) untersucht.

Bei den angetroffenen Fremdbestandteilen handelt es sich hauptsächlich um Ziegel- und Betonreste.

Das Material wird als Bodenmaterial und Baggergut betrachtet und der Parameterumfang gemäß Anlage 1, Tabelle 3 der Ersatzbaustoffverordnung zur Einstufung nach BM-F einschließlich pH-Wert im Eluat untersucht.

**Tab. 34: Probenbildung Auffüllung > 10 Vol.-% Fremdbestandteile**

Probenbezeichnung	Aufschluss	Einzelproben	Tiefenbereich [m u. GOK]	Baugrundsichten
F1	RKS 16, RKS 17, RKS 19	R16.1, R16.2, R17.3, R19.2	0,0 – 0,6	1.4

Die Analytik führte das Thüringer Umweltinstitut aus Krauthausen bei Eisenach durch.

Anlage 3.13 enthält die tabellarische Zusammenfassung der gemäß EBV gültigen Grenzwerte für Bodenmaterial / Baggergut einschließlich der Gegenüberstellung der Laborergebnisse, Anlage 3.14 den zugehörigen Laborprüfbericht.

In der nachstehenden Tabelle ist das Resultat der Analyse und die Zuordnung zusammengefasst dargestellt.

**Tab. 35: Einstufung Bodenmaterial / Baggergut - BM-F**

Probe	Materialklassen gemäß EBV	Parameter
F1	<b>BM-F3</b>	<b>Sulfat (737 mg/l)</b> <i>Leitfähigkeit (1.480 µS/cm)</i>

Das Material der Probe F1 ist aufgrund eines erhöhten Sulfatgehaltes in die Zuordnung **BM-F3** einzustufen. Außerdem ist die Leitfähigkeit erhöht.

Die untersuchten Auffüllungen mit mehr als 10 Vol.-% Fremdbestandteilen sind als **nicht gefährlicher Abfall** mit der **AVV-Schlüssel-Nr. 17 01 07** zu kennzeichnen.

### 7.5 Auffüllungen mit < 10 Vol. % Fremdbestandteilen

Aus den Auffüllungen mit < 10 Vol. % Fremdbestandteilen wurden lagespezifisch 3 Misch-/ Einzelproben (A1-A3) erstellt:

A1 = Friemar + K4

A2 = Pferdingsleben - Anger, Evanders Garten

A3 = Pumpwerk

Angetroffen wurden, wenn überhaupt, Ziegelreste.

**Tab. 36: Probenbildung Auffüllungen < 10 Vol. % Fremdbestandteile**

Probenbezeichnung	Aufschluss	Einzelproben	Tiefenbereich [m u. GOK]	Baugrundsichten
A1	RKS 2, RKS 6-8	R2.2, R6.2, R6.3, R7.2, R7.3, R8.2, R8.3	0,1 – 0,8	1.1, 1.2
A2	RKS 15, RKS 17, RKS 20, RKS 21	R15.1, R15.2, R17.2, R20.2, R20.3, R21.2-21.4	0,0 – 1,3	1.1, 1.2, 1.3
A3	KB 1	B1.1	0,1 – 0,6	1.2

Die Analytik führte das Thüringer Umweltinstitut Henterich GmbH aus Krauthausen bei Eisenach durch.

Anlage 3.15 enthält die tabellarische Zusammenfassung der gemäß EBV gültigen Grenzwerte für Bodenmaterial / Baggergut einschließlich der Gegenüberstellung der Laborergebnisse, Anlage 3.16 den zugehörigen Laborprüfbericht.

In der nachstehenden Tabelle ist das Resultat der Analyse und die Zuordnung zusammengefasst dargestellt.

**Tab. 37: Einstufung Auffüllungen < 10 Vol. % Fremdbestandteile**

Probe	Materialklassen gemäß EBV	Parameter
A1	<b>BM-F3</b> BM-0*	<b>Leitfähigkeit (569 <math>\mu</math>S/cm)</b> Kupfer (45,6 mg/kg TS)
A2	<i>BM-F1</i>	<i>Leitfähigkeit (461 <math>\mu</math>S/cm)</i>
A3	<b>BM-F2</b>	<b>PAK (8,1 mg/kg TS)</b> <b>PAK (1,6 <math>\mu</math>g/l)</b>

Das Material der Mischprobe **A1** ist aufgrund einer erhöhten Leitfähigkeit in die Materialklasse **BM-F3** und das der Mischprobe **A2** in die Materialklasse **BM-F1** einzustufen. Die erhöhte Leitfähigkeit stellt allerdings einen stoffspezifischen Orientierungswert dar. Hier sollte mit dem zuständigen Amt Rücksprache gehalten werden, ob dieser Wert vernachlässigt werden kann.

Das Material der Mischprobe **A3** ist aufgrund eines erhöhten PAK-Gehaltes in die Materialklasse **BM-F2** einzustufen.

Gemäß /UU 8/ sind die Aushubböden als **nicht gefährlicher Abfall (AVV-Schlüssel-Nr. 17 05 04)** zu deklarieren.

Zusätzlich wurden von der Probe **R17.4** aus RKS 17 (Anger / Teichgraben) aufgrund auffälliger Ölschlieren im Probenmaterial noch die Einzelparameter KW, PAK, BTEX und LHKW untersucht.

Es handelt sich dabei augenscheinlich um eine Kohlenwasserstoffverunreinigung. Allerdings liegen die ermittelten Werte unterhalb des Grenzwertes BM-0\* (vgl. Anlage 3.15).

## 7.6 Untergrund

Aus dem gewachsenen Untergrund wurden lagespezifisch 4 Mischproben (U1-U4) erstellt:

U1 = Friemar – K4

U2 = An der Mühlstätte

U3 = Pferdingsleben (Evanders Garten, Teichgraben, Anger)

U4 = Pumpwerk.

**Tab. 38: Probenbildung Untergrund**

Probenbezeichnung	Aufschluss	Einzelproben	Tiefenbereich [m u. GOK]	Baugrundsichten
U1	RKS 1 - 8	R1.2-1.5, R2.3-2.5, R3.2-3.5, R4.2-4.6, R5.2-5.3, R6.4-6.5, R7.4-7.5, R8.4-8.5	0,3 – 5,0	2, 3, 4, 5, 6, 8
U2	RKS 9 - 14	R9.2, R10.2, R10.3, R11.2, R11.3, R12.2, R13.2, R14.2	0,3 – 3,0	3, 7
U3	RKS 15-21	R15.4, R16.3, R17.5, R17.6, R18.2-18.4, R19.3-19.5, R20.4, R21.5	0,4 – 3,0	3, 4, 5, 8
U4	KB 1	B1.2-1.9, B1.12	0,6 – 8,0	2, 3, 4, 7, 9.1

Die Analytik führte das Thüringer Umweltinstitut Henterich GmbH aus Krauthausen bei Eisenach durch.

Anlage 3.17 enthält die tabellarische Zusammenfassung der gemäß EBV gültigen Grenzwerte für Bodenmaterial / Baggergut einschließlich der Gegenüberstellung der Laborergebnisse, Anlage 3.18 den zugehörigen Laborprüfbericht.

In der nachstehenden Tabelle ist das Resultat der Analyse und die Zuordnung zusammengefasst dargestellt.

**Tab. 39: Einstufung Bodenmaterial / Baggergut (Untergrund)**

Probe	Materialklassen gemäß EBV	Parameter
U1	<b>BM-F3</b>	<b>Leitfähigkeit (773 <math>\mu</math>S/cm)</b>
U2	BM-0	keine Materialwertüberschreitung
U3	<b>BM-F3</b> <i>BM-F1</i>	<b>Zink (512 mg/kg TS)</b> <i>Leitfähigkeit (434 <math>\mu</math>S/cm)</i>
U4	BM-0	keine Materialwertüberschreitung

Das Material der Mischproben **U2** und **U4** weist keine Materialwertüberschreitung (**BM-0**) auf.

Das Material der Mischprobe **U1** ist aufgrund einer erhöhten Leitfähigkeit in die Zuordnung **BM-F3** einzustufen. Die erhöhte Leitfähigkeit stellt allerdings einen stoffspezifischen Orientierungswert dar. Hier sollte mit dem zuständigen Amt Rücksprache gehalten werden, ob dieser Wert vernachlässigt werden kann.

Das Material der Mischprobe **U3** aufgrund eines erhöhten Zinkgehaltes im Feststoff in die Zuordnung **BM-F3** einzustufen.

Gemäß /UU 8/ sind die Aushubböden als **nicht gefährlicher Abfall (AVV-Schlüssel-Nr. 17 05 04)** zu deklarieren.

## 7.7 Hinweise zum Einbau bzw. zur bodenähnlichen Anwendung von Ausbaustoffen

Im Rahmen der Analysen zu diesem Gutachten wurden Ausbaustoffe der Zuordnungen BM-0, BM-F1, BM-F2, BM-F3 und RC1 angetroffen.

Aushubmaterial der Zuordnung BM-0 ist aus umwelttechnischer Sicht uneingeschränkt wieder verwertbar, sowohl bei bodenähnlicher Anwendung, als auch beim Einbau in technischen Bauwerken.

Aushubmaterial der Zuordnung RC-1, BM-F3 ist aus umwelttechnischer Sicht eingeschränkt in technischen Bauwerken einbaubar.

Die Einsatzmöglichkeiten von mineralischen Ersatzbaustoffen dieser Zuordnung sind im Detail den nachfolgend aufgeführten Tabellen in Anlage 2 der EBV zu entnehmen.

**Tab. 40: Einsatzmöglichkeiten Ersatzbaustoffe nach EBV**

Zuordnung	Tabelle
RC-1	1
BM-F1	6
BM-F2	7
BM-F3	8

Abschließend muss darauf hingewiesen werden, dass alle im Rahmen der Nacherkundung durchgeführten chemischen Untersuchungen tendenziell als Stichproben im Sinne einer orientierenden Untersuchung zu betrachten sind.

Es wird empfohlen, auch nicht nachgewiesene Materialklassen gemäß EBV in einem prozentual geringen Anteil mit auszusprechen.

## 8. ANMERKUNGEN

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

### **Pferdingsleben, Pumpwerk und Verbindungssammler nach Friemar**

durch.

Es wurden die für eine Ausschreibung, Planung und Berechnung der Baumaßnahme sowie zur Bau-  
durchführung nach derzeitigem Kenntnisstand notwendigen Hinweise und bodenmechanischen  
Kennwerte und Empfehlungen für die geplante Baumaßnahme angegeben. Die jeweiligen Bau-  
grundverhältnisse an den Untersuchungspunkten wurden aufgezeigt. Es empfehlen sich bei der  
Bauausführung eine sorgfältige Überwachung aller Arbeiten und ein Vergleich zwischen den Unter-  
suchungsergebnissen 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 Unterla-  
gen zum Zeitpunkt der Begutachtung (insbesondere andere lage- und höhenmäßige Anordnung und  
andere konstruktive Details u. ä.) verlieren die entsprechenden Aussagen des Gutachtens ihre Gül-  
tigkeit.

In solchen Fällen empfehlen wir eine Rücksprache mit unserem Büro, bei der zu klären ist, ob zu-  
sätzliche 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.

<— — —>