



Baugrunderkundung HRB Straußfurt

Geotechnischer Bericht

Geotechnische Erkundung 2023

Geotechnischer Bericht

Objekt:	Baugrunderkundung HRB Straußfurt Geotechnische Erkundung 2023	
Auftraggeber:	Thüringer Fernwasserversorgung Anstalt des öffentlichen Rechts Haarbergstraße 37 99097 Erfurt	
Auftrags-Nr.:	2301655 GGL 23-028 (intern)	
Topographische Karte: (TK 25)	4831, Gebesee	
Bearbeiter:	Sachverständiger für Baugrund, Dipl.-Geophys. Th. Hohlfeld Geotechnischer Mitarbeiter N. Fischer	
Ort und Datum:	Leipzig, 26.01.2024	
Inhalt:	95	Seiten Text incl. 19 Tabellen
	19	Abbildung
	8	Anlagen

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Ausgangssituation.....	5
2	Allgemeine Angaben zur vorliegenden Situation	7
2.1	Topographische und örtliche Gegebenheiten	7
2.2	Geologische und hydrogeologische Situation im Bereich des Absperrdammes.....	8
2.3	Altlastenrecherche	9
3	Durchführung der Messungen, Aufschlüsse und Laborversuche	11
3.1	Geotechnische Untersuchungen	11
3.1.1	Rammkernsondierungen (RKS)	11
3.1.2	Schwere Rammsondierungen (DPH)	11
3.1.3	Schürfe (S).....	11
3.1.4	Dynamischer Plattendruckversuch (LfP).....	11
3.1.5	Versickerungsversuche (V)	12
3.2	Laboruntersuchungen	12
3.2.1	Bodenphysikalische Laboruntersuchungen	12
3.2.2	Analytische Laboruntersuchungen	12
4	Ergebnisse	15
4.1	Vermessungsergebnisse	15
4.2	Laborergebnisse	18
4.2.1	Ergebnisse der bodenphysikalischen Laboruntersuchungen	18
4.2.2	Kornverteilung und Plastizität	23
4.2.3	Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte	27
4.2.4	Ergebnisse der Untersuchungen zur Scherfestigkeit	28
4.2.5	Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen	28
4.2.5.1	Untersuchungen nach Ersatzbaustoffverordnung und Deponieverordnung.	28
4.2.5.2	Untersuchungen zur Betonaggressivität und Stahlkorrosivität des Grund- bzw. Oberflächenwassers	33
4.2.5.3	Untersuchungen nach BBodSchV	34
4.2.5.4	Untersuchungen zur Verwertung von Straßenausbaustoffen (RuVA)	37
4.2.5.5	Abfallverzeichnisverordnung	39
4.3	Beschreibung und Bewertung der Baugrundverhältnisse	40
4.3.1	Vorbemerkungen.....	40
4.3.2	Aussagen zu den Baugrundverhältnissen sowie Baugrundsichtung	41
4.3.3	hydrogeologische Verhältnisse im Baubereich	46
4.3.4	Abschnittsbezogene Aussagen zu den Baugrundverhältnissen.....	48
4.3.4.1	Baugrundverhältnisse in den Teilobjekten am Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt	48

4.4	Bodenkenngrößen.....	60
5	Homogenbereiche	64
5.1	Kornverteilungsbänder der Homogenbereiche	67
6	Allgemeine Empfehlungen zur Bauausführung.....	70
6.1	Aktuelle Situation, Gründung	70
6.2	Befahrbarkeit und Wegebau.....	70
6.3	Verwendung von Böden für Erdarbeiten.....	71
6.4	Lösbarkeit und Rammbarkeit von Böden.....	73
6.5	Grundwasser und Wasserhaltung	77
6.6	Gründung	78
6.7	Allgemeine Hinweise	79
7	Erweiterung und Sanierung	79
7.1	Sanierungsvarianten	79
7.1.1	Teilobjekt 12 – Hauptdamm (Nord- und Süddamm)	79
7.1.2	Teilobjekt 14 – Hochwasserentlastungsanlage.....	80
7.1.3	Teilobjekt 15 – Verlängerung Hauptdamm	81
7.1.4	Teilobjekt 16 – Verlängerung Hauptdamm	81
7.1.5	Teilobjekt 17 – Schutzdamm Straußfurt	82
7.1.6	Teilobjekt 18 – Schutzdamm Gebesee.....	83
7.2	Geotechnische Beurteilung der gewählten Varianten, Empfehlungen	83
7.2.1	Teilobjekt 12 – Hauptdamm (Nord- und Süddamm)	83
7.2.2	Teilobjekt 14 – Hochwasserentlastungsanlage.....	84
7.2.3	Teilobjekt 15 – Verlängerung Hauptdamm	84
7.2.4	Teilobjekt 16 – Schutzdamm Schwerstedt.....	85
7.2.5	Teilobjekt 17 – Schutzdamm Straußfurt	85
7.2.6	Teilobjekt 18 – Schutzdamm Gebesee.....	86
8	Zusammenfassung.....	87
9	Abschlussbemerkung	88
10	Literaturverzeichnis	89
11	Anlagenverzeichnis	94

1 Veranlassung und Ausgangssituation

Das Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Straußfurt soll auf Grund einer weiteren Nutzungsdauer von 50 Jahren sowie durch die Anhebung des ursprünglichen Vollstauzieles um 1,0 m auf 150,81 m NHN₁₆ [U1] (Instandsetzung und Erweiterung Hochwasserschutzraum) einer umfassenden Instandsetzung unterzogen werden. Die GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH (GGL) wurde von der Thüringer Fernwasserversorgung, Anstalt des öffentlichen Rechts (TFW) beauftragt in Bereichen des nördlichen und südlichen Hauptdammes (Teilobjekt 12), sowie in den folgenden Bereichen des erweiterten Hochwasserschutzraumes (Teilobjekte 14 bis 18):

- TO 14: Hochwasserentlastungsanlage (HWE) - Instandsetzung
- TO 15: Verlängerung Hauptdamm Süd - Neubau
- TO 16: Schutzdamm Schwerstedt - Neubau
- TO 17: Schutzdamm Straußfurt - Neubau
- TO 18: Schutzdamm Gebesee - Erweiterung/ Neubau

ergänzende geotechnische und analytische Untersuchungen zur Erkundung der Baugrundsituation sowie der geologischen und hydraulischen Verhältnisse als Baugrundhauptuntersuchung nach DIN EN 1997-2:2010-10 (EC 7) als Grundlage für die Entwurfs- und Genehmigungsplanung durchzuführen.

Gegenstand der ausgeschriebenen Leistungen in 2023 sind die Erkundungen mit den Schwerpunkten:

- Geologie im Bereich der Teilobjekte (12 und 14 bis 18)
- Grundlagen für die Zuverlässigkeitsnachweise unter Berücksichtigung der vorhandenen Unterlagen
- Ermittlung und Anpassung von Bodenparametern, Festgesteinsparametern und hydraulischen Parametern
- Beurteilung des Schwankungsbereiches des Grundwasserspiegels

Folgender Leistungsumfang wurde im Einzelnen durch den Planer (Tractebel Hydroprojekt GmbH) mit dem AG (TFW) in Anlehnung an das Erkundungskonzept [U2] abgestimmt und in 2023 durchgeführt:

1. Aufschlussleistungen in den Untersuchungsabschnitten TO 12 und TO 14 bis TO 18

Rammkernsondierungen (RKS):

- 5 RKS bis ca. 8,00 m Tiefe (TO 12)
- 17 RKS bis ca. 7,00 m Tiefe (TO 14)
- 4 RKS bis ca. 3,00 m Tiefe (TO 15)
- 12 RKS bis ca. 5,00 m Tiefe (TO 16)
- 12 RKS bis ca. 5,00 m Tiefe (TO 17)
- 9 RKS bis ca. 7,00 m Tiefe (TO 18)

Schwere Rammsondierungen (DPH):

- 15 DPH bis ca. 11,00 m Tiefe (TO 14)
- 3 DPH bis ca. 5,00 m Tiefe (TO 15)
- 8 DPH bis ca. 8,00 m Tiefe (TO 16)
- 9 DPH bis ca. 8,00 m Tiefe (TO 17)

- 6 DPH bis ca. 8,00 m Tiefe (TO 18)

Schürfe:

- 3 Schürfe bis ca. 0,80 m Tiefe im Bereich des Norddammes (TO 12)
- 2 Schürfe bis ca. 0,60 m Tiefe im Bereich der L2165 (TO 18)

hydraulische Feldversuche:

- 15 Versickerungsversuche (je 3 Stck. TO 14 bis TO 18)

bodenmechanischen Feldversuche:

- 12 Dynamische Plattendruckversuche (TO 15 bis TO 18)

2. Proben- und Bohrkernentnahmen für bodenmechanische/ analytische Laboruntersuchungen

bodenmechanische Laborversuche:

- Kornverteilungsanalysen, Naßsiegung – 10 Stck.
- Kornverteilungsanalysen, Sieb- und Schlämmanalyse – 18 Stck.
- Konsistenzgrenzenbestimmung – 13 Stck.
- Wassergehaltsbestimmung – 22 Stck.
- Scherfestigkeitsbestimmung – 2 Stck.
- Wasserdurchlässigkeitsbestimmung – 2 Stck.
- Glühverlustbestimmung – 9 Stck.
- Bestimmung der Proctordichte – 2 Stck.
- Abrasivität – 2 Stck.
- Suffosion – 2 Stck.

analytische Laborversuche:

- RuVA – 5 Stck.
- EBV-A1-Tab-3 – 2 Stck.
- EBV-A1-Tab-1 – 4 Stck
- DepV zu EBV-A1-Tab-3 – 2 Stck.
- DepV zu EBV-A1-Tab-1 – 2 Stck
- BBodSchV – 6 Stck.
- Betonaggressivität von Wasser – 3 Stck.
- Stahlkorrosivität von Wasser – 3 Stck.

3. Geotechnischer Bericht:

- Feststellung der Bodenschichten, Lagerungsdichte
- Feststellung der Festgesteinsschichten
- Angabe Bodenkennwerte (2021 + 2023) der angetroffenen Schichten für erdstatische und geohydraulische Berechnungen
- Beurteilung der Feldversuche
- Auswertung der Untersuchungsergebnisse (2023) und Beantwortung der anstehenden geotechnischen Fragestellungen im Geotechnischen Bericht

2 Allgemeine Angaben zur vorliegenden Situation

2.1 Topographische und örtliche Gegebenheiten

Das Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Straußfurt befindet sich im Bundesland Thüringen, westsüdwestlich der Ortslage Straußfurt im Landkreis Sömmerda.

Das HRB Straußfurt wurde im Zeitraum 1952 bis 1960 erbaut und dämpft abfließende Hochwasserwellen, indem es überschüssige Wassermengen aus dem Einzugsgebiet von Unstrut und Gera zwischenspeichert. Die Anlage besteht aus einem circa neun Meter hohen Staudamm mit einer Länge von rund 1850 Meter, der auf halber Länge durch das Gewässer der Unstrut in einem Betonbauwerk gequert wird. Der Hauptdamm (TO 12) grenzt mehr oder weniger direkt an die Bundesstraße B4. Die linksseitige Hochwasserentlastungsanlage (TO 14) grenzt an die Ortslage Straußfurt. Die rechtsseitige Verlängerung des Hauptdammes (TO 15) befindet sich etwa in der Mitte zwischen den Ortslagen Vehra und Henschleben. Die Maßnahme Schwerstedt (TO 16) befindet sich südöstlich der Ortslage Schwerstedt. Der Schutzdamm Straußfurt (TO 17) bildet die Fortsetzung der HWE in westnordwestlicher Richtung. Der Schutzdamm Gebesee (TO 18) liegt nordnordwestlich von Gebesee am rechten Ufer der Unstrut unmittelbar vor der Einmündung der Gera.

Die Lage dieser Teilobjekte ist in der Abbildung 1 ersichtlich.

Abb. 1: Übersichtslageplan HRB Straußfurt mit Teilobjekten (Kartendienst des Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz; Digitale Karte von Thüringen 07/2023)



Mit einem Beckenvolumen bei Vollstau von 18,64 Mio. m³ und einer Höhe des Absperrbauwerkes von maximal 8,65 m ist die Anlage als Talsperre der Klasse 1 entsprechend DIN

19700-11:2004 und als großes Becken nach DIN 19700-12:2004 einzuordnen. Das Gesamteinzugsgebiet hat eine Fläche von 2049 km².

Am Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt gilt gemäß [U12]:

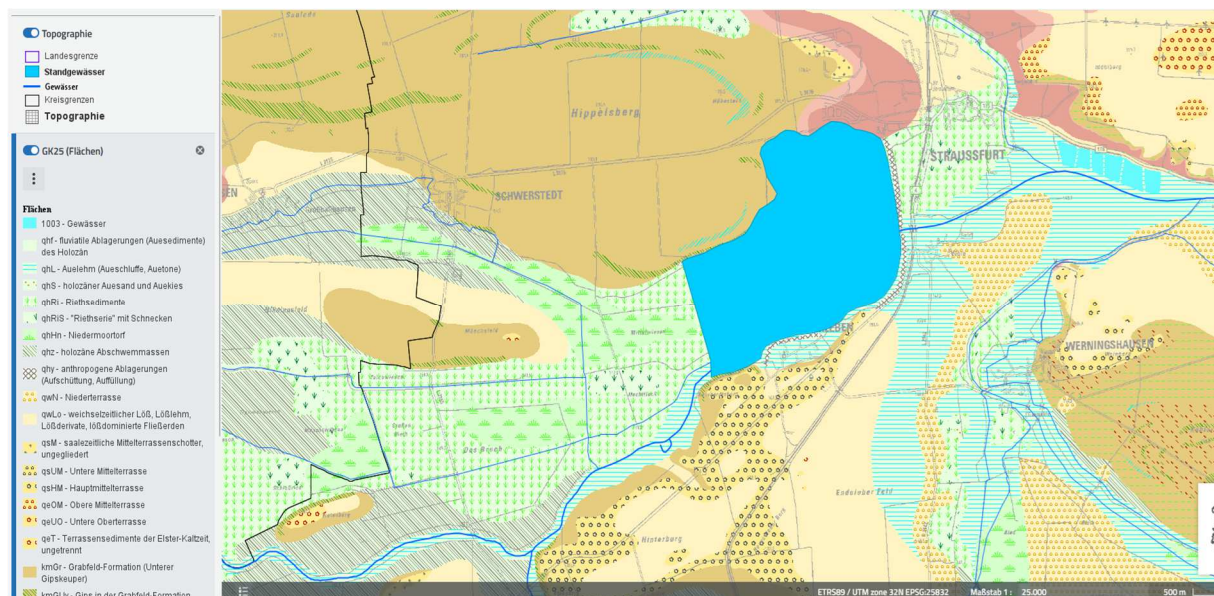
- DHHN 2016 (m NHN) = Höhe lokal (m NN) – 0,028 m
- DHHN 92 (m NHN) = Höhe lokal (m NN) – 0,035 m

Die in diesem Geotechnischen Bericht dargestellten Höhen in m NHN, wenn nicht anders angegeben, beziehen sich auf das Deutsche Haupthöhennetz 2016 (DHHN 2016).

2.2 Geologische und hydrogeologische Situation im Bereich des Absperrdammes

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Zentralbereich des Thüringer Beckens. Folgende allgemeine Angaben [U1] zum geologischen Untergrund sind vorhanden:

Abb. 2: Geologische Verhältnisse (Kartendienst des Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz; Digitale Geologische Karte von Thüringen 09/2023 [W1])



Der tiefere Untergrund der Sperrstelle bzw. des gesamten Untersuchungsgebietes wird vom Unteren und Mittleren Keuper (Gipskeuper km 1) gebildet. Die Ton- bzw. Mergelsteine sind tiefgründig verwittert, feinbröckelig bis bröckelig zerfallen. Die erdig mürbe Matrix, in die die Ton-/ Mergelsteinbröckchen eingebettet sind, tritt mit zunehmender Teufe zurück.

Gipse treten am nördlichen Beckenrand (TO 14 und TO 17) sowie östlich der Ortslage Henschleben (TO 15) an der Oberfläche zu Tage. Die einige Zentimeter bis wenige Dezimeter mächtigen Gipschichten, die in den Ton- und Mergelschichten des Keupers eingelagert sind, zeigen keinerlei Anzeichen von Verkarstung.

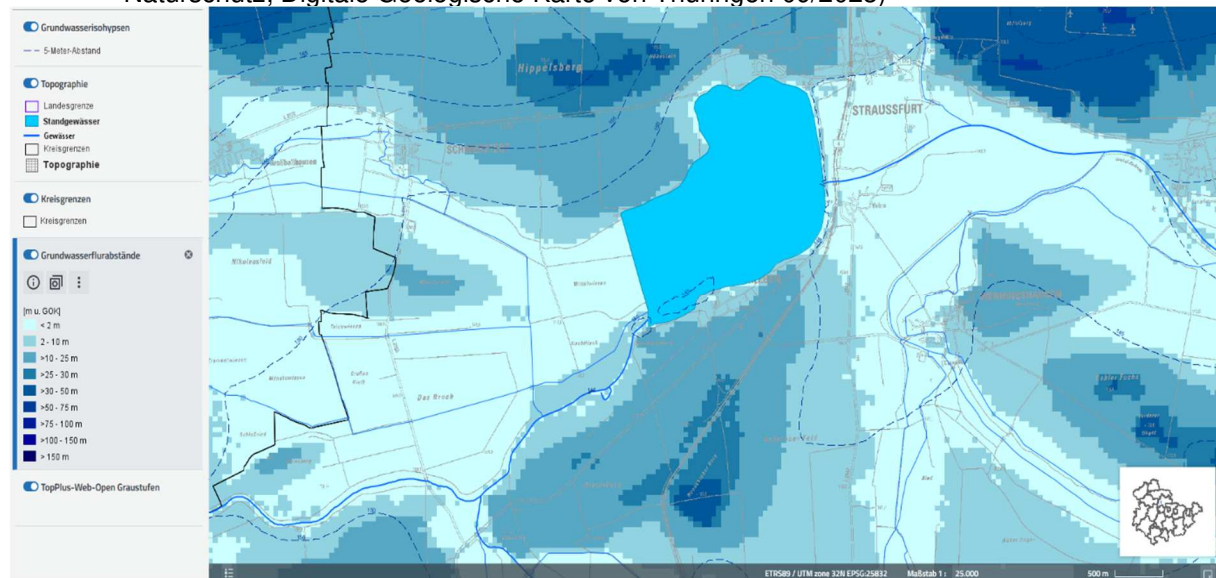
Nach Stellungnahmen (TLUBN) aus dem Jahr 2018 zu Subrosionsauswirkungen besteht im Untersuchungsgebiet keine Subrosionsgefährdung [U11].

Über dem Keuper sind im Untergrund bis maximal 8 m mächtige Lockersedimente, aus anstehendem Auelehm und dem überwiegend unterlagernden Unstrut-Schotter, ausgebildet. Innerhalb der Auelehmschichten, insbesondere im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes (TO 16), können 1 m bis 2 m mächtige, kalkhaltige Niedermoortorfe angetroffen werden.

Entsprechend den von der Thüringer Landesanstalt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz zur Verfügung gestellten Grundwasserdaten bzw. je nach Niederschlagsintensität ist mit oberflächennahem Grundwasseranschnitt im Untersuchungsgebiet ab etwa +140,00 m NHN₁₆ zu rechnen, was ca. < 1,00 m unter der Geländeoberkante im Bereich des Rückhalterumes der Anlage entspricht. Dieser steigt entsprechend örtlicher topografischer Verhältnisse zu den Hängen im Norden (Hippelsberg) sowie im Süden (Henschleber Berg) des Hochwasserrückhaltebeckens auf ca. +160,00 m NHN₁₆ an (Abbildung 3).

Hydrogeologisch wird das Gebiet im Bereich des Hauptdammes in einen Lockergesteinsgrundwasserleiter (Porengrundwasserleiter, Unstrut-Schotter) und einen mit/ohne zwischenstauende Schichten darunterliegenden Festgesteinsgrundwasserleiter (Schicht-/Kluftgrundwasserleiter Keuper) unterteilt.

Abb. 3: Hydrologische Verhältnisse (Kartendienst des Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz; Digitale Geologische Karte von Thüringen 09/2023)



Auf Grundlage der erdbebengerechten Baunorm DIN EN 1998-1/NA:2011-01 [W3] ist das Untersuchungsgebiet keiner Erdbebenzone zuzuordnen.

2.3 Altlastenrecherche

Die Altlastenabfrage [U3 bis U7] zum HRB Straußfurt hat folgendes ergeben:

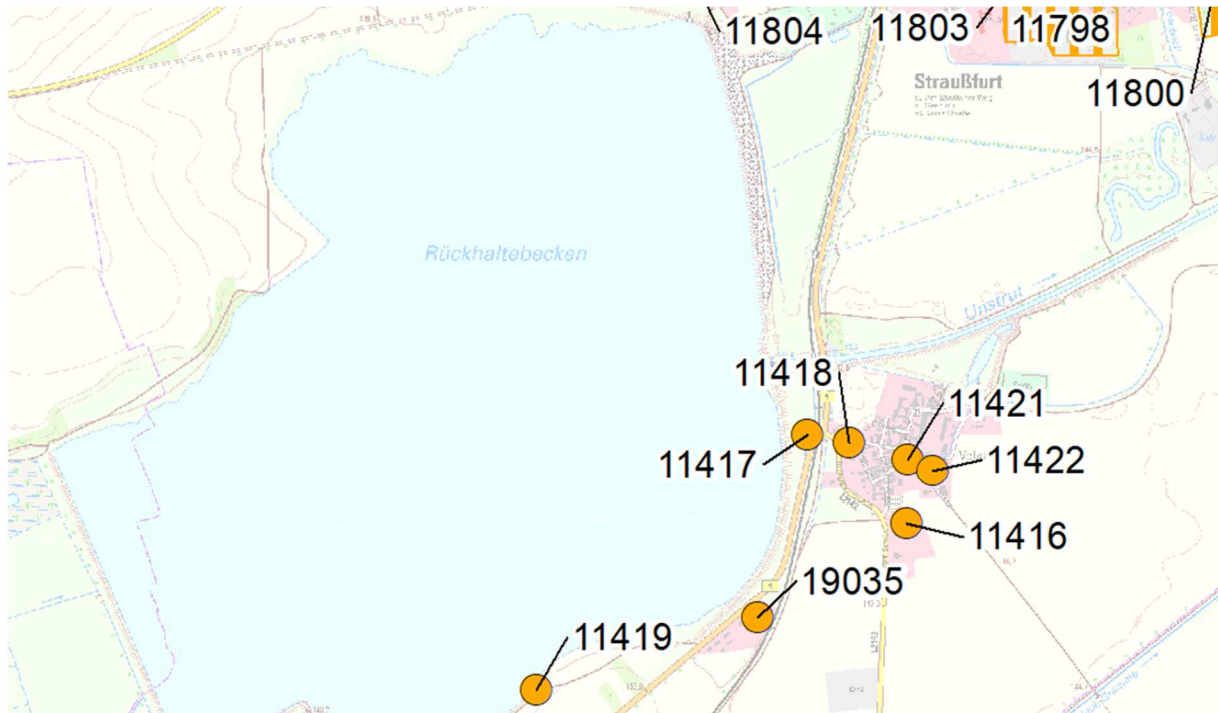
TO 12: luftseitiges Vorland des südlichen Hauptdammes, ehemalige Lagerhalle der Talsperre (THALIS-Kennziffer 11417)

Für die Altlast liegen folgende Angaben vor:

Ort:	Henschleben und Vehra
Punkt-Nr.:	11
THALIS-Kennziffer:	11417
Art:	Altstandsort
Ortsüblicher Name:	ehemalige Lagerhalle der Talsperre
Derzeitige Nutzung:	Grasland, Grünland
Status:	aktiv

Der genaue Standort lässt sich aus den bereitgestellten Unterlagen nicht identifizieren.

Abb. 4: Lageplan Altlastenstandorte mit THALIS-Kennziffern (Teilausschnitt), [W5]



Nach derzeitigem Planungsstand sind keine baulichen Maßnahmen auf der Fläche der rückgebauten Lagerhalle vorgesehen.

TO 14: keine Altlasten
TO 15: keine Altlasten
TO 16: keine Altlasten
TO 17: keine Altlasten
TO 18: keine Altlasten

3 Durchführung der Messungen, Aufschlüsse und Laborversuche

3.1 Geotechnische Untersuchungen

3.1.1 Rammkernsondierungen (RKS)

Um Aussagen zur Baugrundsichtung in Art und Dimension in den jeweiligen Teilobjekten treffen zu können, wurden 59 Rammkernsondierungen mit einem Durchmesser von 50-80 mm abgeteuft.

Es wurden dabei Rammkernsondierungen (RKS) gemäß DIN EN ISO 22475-1 [T23] bis ca. 8,00 m Tiefe ausgeführt.

Die Lage der Rammkernsondierungen und die Dokumentation der Bohrerergebnisse enthalten die Anlagen 2 und 4.

Angaben zu ihrer Lage und Höhe sind ebenfalls der Tabelle 2, Kap. 4.1. zu entnehmen.

3.1.2 Schwere Rammsondierungen (DPH)

Um Angaben zur Lagerungsdichte nichtbindiger Böden und zur Festigkeit bzw. Konsistenz der bindigen Böden zu erhalten, wurde an 41 ausgewählten Rammkernsondierungen jeweils eine Sondierung mit der Schweren Rammsonde (DPH) nach DIN EN ISO 22476-2 [T24] bis 11,00 m Tiefe ausgeführt.

Die Lage der Schweren Rammsondierungen und die Dokumentation der Bohrerergebnisse enthalten die Anlagen 2, 3 und 4.

Angaben zu ihrer Lage und Höhe sind ebenfalls der Tabelle 2, Kap. 4.1. zu entnehmen.

3.1.3 Schürfe (S)

Zur zusätzlichen Probengewinnung, zur Charakterisierung vorhandener Tragschichtmaterialien im Bereich TO 12 bzw. zur Versuchsvorbereitung der Versickerungsversuche und Dynamischen Plattendruckversuche sowie zur Durchörterung der gebundenen Asphaltschicht (max. 30 cm) im Bereich der L2165 (TO 18) wurden Schürfe ausgeführt.

Die nachträgliche Einordnung der Lockergesteine in die Klassifikation nach der DIN 18196 basiert auf den Ergebnissen der Laboruntersuchungen. Die Lage der Schürfe und die Dokumentation enthalten die Anlagen 2 und 4.

Angaben zu ihrer Lage und Höhe sind ebenfalls der Tabelle 2, Kap. 4.1. zu entnehmen.

3.1.4 Dynamischer Plattendruckversuch (LfP)

Innerhalb der Teilobjekte TO 15 bis TO 18 wurden im Bereich von ausgewählten Bohransatzpunkten [U1/ Planer] Tragfähigkeitsmessungen gemäß TP BF-StB Teil 8.3 zur Ermittlung des dynamischen Verformungsmoduls E_{VD} mittels „Leichter Fallplatte“ ausgeführt. Dabei wurde der anstehende Oberboden bzw. die Grasnarbe abgetragen und ein Planum mittels Ausgleichsand hergestellt. Zusätzlich wurde innerhalb des Straßenschurfes BS 48 zur Ermittlung der Tragfähigkeit auf der Planumshöhe eine Leichte Fallplatte ausgeführt.

Die Lage der Dynamischen Plattendruckversuche und die Dokumentation enthalten die Anlagen 2 und 5.

Angaben zu ihrer Lage und Höhe sind ebenfalls der Tabelle 2, Kap. 4.1. zu entnehmen.

3.1.5 Versickerungsversuche (V)

Zur Ermittlung der Versickerungsfähigkeit bzw. der Infiltrationsrate der unter dem Oberboden anstehenden Bodenschichten wurden in den Untersuchungsabschnitten TO 14 bis TO 18 je drei Versickerungsversuche in Anlehnung an die DIN 19682-7 (Doppelring-Infiltrometer) durchgeführt. Dafür wurde eine Versuchsgrube von etwa 0,30 m Tiefe ausgehoben. Die Versuchsgrube wurde mit Wasser aufgefüllt und ein möglichst konstanter Wasserstand hergestellt.

Die Lage der Versickerungsversuche und die Dokumentation enthalten die Anlagen 2 und 5. Angaben zu ihrer Lage und Höhe sind ebenfalls der Tabelle 2, Kap. 4.1. zu entnehmen

3.2 Laboruntersuchungen

3.2.1 Bodenphysikalische Laboruntersuchungen

Ziel der bodenphysikalischen Untersuchungen ist die Beschreibung der beprobten Erdstoffe nach DIN EN ISO 14688 [U26] und DIN 18196 [U28].

Die dafür notwendigen Kennwerte

- Kornverteilung mit Ungleichförmigkeitszahl
- Konsistenz, Plastizität, Wassergehalt
- Wasserdurchlässigkeitsbeiwert
- Scherfestigkeitsparameter
- Wichte, Proctordichte
- Glühversuch und Kalkgehaltsbestimmung
- Steifemodul

wurden auf der Grundlage des Angebotes an insgesamt 34 durch den Baugrundgutachter ausgewählten Proben (teilweise Mischproben) bestimmt.

Dabei wurde besonderer Wert auf die Auswahl repräsentativer Proben gelegt, um aussagekräftige Laborergebnisse und damit gesicherte Bodenkennwerte zu erhalten.

Alle Ergebnisse der bodenphysikalischen Laboruntersuchungen sind in der Anlage 6 zusammenfassend dokumentiert, die wesentlichen Kennzahlen wurden in Tabelle 3, Kap. 4.2.1, zusammengestellt. Ort und Entnahmetiefe der Proben gehen aus der Anlage 2, Anlage 3 sowie Anlage 4 hervor.

3.2.2 Analytische Laboruntersuchungen

Ziel der analytischen Untersuchungen ist zum einen die Klassifizierung des Grund- und Oberflächenwassers hinsichtlich seiner Betonaggressivität und Stahlkorrosivität und zum anderen den beprobten Ausbaumaterialien (einheitliche Schichten – nach olfaktorischer und bodenmechanischer Ansprache) je nach Ergebnis der Abfallrechtlichen Untersuchungen einem möglichen Verwendungs- bzw. Verwertungszweck zuordnen zu können.

Die dafür notwendigen Kennwerte

- Bestimmung der Deponieklasse nach Anhang 3/4 Deponieverordnung, DK I-III,
- Untersuchung gemäß Vorsorgewerten für Metalle und organische Inhaltsstoffe im Unterboden nach Anlage 1, Tabellen 1 und 2, BBodSchV, zzgl. TOC und pH-Wert, Maßnahmenwerte Boden-Mensch mit Auswertung/ Gegenüberstellung Grenzwerte Kinderspielflächen/ Wohngebiete/ Park- und Freizeitanlagen und Gewerbe sowie Maßnahmenwerte Boden-Nutzpflanzen mit Auswertung /Gegenüberstellung Grenzwerte Grünland/ Ackerbau/ Nutzgarten
- Untersuchung Böden gemäß Ersatzbaustoffverordnung (07-2021) Anlage 1 Tab. 3: BM/BG-0 BM/BG-0*, BM/BG-F0*bis F3 mit <10% Fremdbestandteilen
- Untersuchung Böden mit Fremdstoffanteilen bis 50 % gemäß Ersatzbaustoffverordnung (07-2021) Anlage 1 Tab. 3: BM/BG-F0*bis F3
- Bestimmung der Betonaggressivität und Stahlkorrosivität von Wasser nach DIN 4030 / DIN 50929,
- Bestimmung der Verwertungsklasse für bituminöse bzw. teerhaltige Straßenausbau-
stoffe nach RuVA-StB.

wurden auf der Grundlage des Angebotes an insgesamt 24 ausgewählten Proben (teilweise Mischproben) bestimmt.

Aus Tabelle 1 ist die Zusammensetzung und Zuordnung zu Bereichen und Tiefen der untersuchten Proben zu entnehmen.

Tabelle 1: Probenzusammenstellung der Untersuchungen nach LAGA, EBV, RuVA, BBodSchV, DepV sowie auf Betonaggressivität und Stahlkorrosivität von Wasser

Nr.	Aufschluss	Probe	Tiefe [m]	Ansprache	Teilobjekt	Untersuchung
Betonaggressivität und Stahlkorrosivität von Wasser						
1	BS 12	1	~ 0,86	Wasser	14	Beton/ Stahl
2	Mittelgraben	1	0,00	Wasser	16	Beton/ Stahl
3	Unstrut	1	0,00	Wasser	ohne	Beton/ Stahl
RuVA						
4	Hauptdamm Nord (links)	MP 1-5	0,00-0,10	Asphaltdecke	12	RuVA
5	Hauptdamm Süd (rechts)	MP 1-5	0,00-0,10	Asphaltdecke	12	RuVA
6	Hauptdamm Nord-Süd	MP	0,00-0,10	Betriebsweg	12	RuVA
7	Hauptdamm Nord-Süd	MP	0,00-0,05	Fugenverguss	12	RuVA
8	BS 48 BS 49	MP	0,00-0,30 0,00-0,24	Asphalt (3-lagig) Asphalt (1-lagig)	18	RuVA
BBodSchV						
9	BS 1-1 BS 2 BS 5	1	0,00-0,40 0,00-0,20 0,00-0,60	A[OH] A[OH] A[GU]	14	BBodSchV
10	BS 16 BS 17 BS 18 BS 18-1	1	0,00-0,12 0,00-0,10 0,00-0,10 0,00-0,15	A[SU*] A[SU*] A[OH] A[OU]	15	BBodSchV

Nr.	Aufschluss	Probe	Tiefe [m]	Ansprache	Teilobjekt	Untersuchung
11	BS 20-1 BS 23 BS 26-1 BS 28	1	0,00-0,50 0,00-0,50 0,00-0,40 0,00-0,40	A[OU] A[OU] A[OH] A[OU]	16	BBodSchV
12	BS 33 BS 34 BS 37 BS 39	1	0,00-0,20 0,00-0,10 0,00-0,10 0,00-0,10	A[SU*] A[OH] A[OH] A[OU]	17	BBodSchV
13	BS 29 BS 29-1 BS 30 BS 31	1	0,00-0,30 0,00-0,20 0,00-0,10 0,00-0,30	A[OU] A[OU] A[OU] A[OH]	17	BBodSchV
14	BS 46 BS 47 BS 48-1 BS 50	1	0,00-0,30 0,00-0,40 0,00-0,40 0,00-0,15	A[OU] A[OU] A[OU] A[OU]	18	BBodSchV
Ersatzbaustoffverordnung Boden/ Bauschutt - EBV						
15	BS 48 BS 48 BS 49 BS 49	4 5 2 3	0,30-0,42 0,42-0,58 0,24-0,38 0,38-0,48	A[GW/GU] A[GW/GU] A[GU/GU*] A[GU/GU*]	18	EBV-A1-Tab.1
16	BS 16 BS 17 BS 18 BS 18-1	3 2 3 2	0,30-0,80 0,10-0,50 0,70-1,60 0,15-0,90	A[SU*/UL] A[SU] A[GU/Ziegel] A[SU*/GU*]	15	EBV-A1-Tab.1
17	BS 20-1 BS 26 BS 27-1 BS 28	2 2 2 2	0,50-1,00 0,50-1,30 0,50-0,80 0,40-0,80	TM TM TL/TM TL/TM	16	EBV-A1-Tab.3
18	BS 29 BS 30 BS 34 BS 37	2 2 2 2	0,30-0,90 0,10-0,80 0,10-0,50 0,10-0,40	A[SU*] A[SU*/UL] A[GU*] A[SU*/GU*]	17	EBV-A1-Tab.1 EBV-A1-Tab.3
19	BS 44 BS 45 BS 46-1	2 2 2	0,25-1,00 0,20-1,50 0,20-1,50	A[SU*] A[SU*] A[UL]	18	EBV-A1-Tab.1 EBV-A1-Tab.3
20	BS 50 BS 48-1 BS 47 BS 46	2 2 2 3	0,15-0,50 0,40-1,80 0,40-1,80 1,80-3,20	TL TL/TM UL/UM TM	18	EBV-A1-Tab.3
LAGA Boden/ Bauschutt - DepV						
21	BS 16 BS 17 BS 18 BS 18-1	3 2 3 2	0,30-0,80 0,10-0,50 0,70-1,60 0,15-0,90	A[SU*/UL] A[SU] A[GU/Ziegel] A[SU*/GU*]	15	DepV
22	BS 20-1 BS 26 BS 27-1 BS 28	2 2 2 2	0,50-1,00 0,50-1,30 0,50-0,80 0,40-0,80	TM TM TL/TM TL/TM	16	DepV
23	BS 44 BS 45 BS 46-1	2 2 2	0,25-1,00 0,20-1,50 0,20-1,50	A[SU*] A[SU*] A[UL]	18	DepV
24	BS 50 BS 48-1 BS 47 BS 46	2 2 2 3	0,15-0,50 0,40-1,80 0,40-1,80 1,80-3,20	TL TL/TM UL/UM TM	18	DepV

Die Analyseergebnisse der chemischen Untersuchungen nach LAGA, RuVA, BBodSchV, DepV, EBV sowie Beton- und Stahlaggressivität sind in der Anlage 7 dokumentiert.

4 Ergebnisse

4.1 Vermessungsergebnisse

In der Tabelle 2 sind die Vermessungsdaten der gesamten Untersuchung aus 2023 aufgelistet.

Tabelle 2: Stationierung, m NHN-Höhen [DHHN2016/ETRS 89/ Z32] der Bohraufschluss- bzw. Sondierpunkte und Feldversuche

Aufschluss	Teilobjekt	Lage der Bohraufschlusspunkte	Ostwert E-UTM	Nordwert N-UTM	Höhe m NHN ₁₆ GOK
	[TO]		[m]	[m]	[m]
BS 1-1	14	Hochwasserentlastungsanlage	638220,986	5669585,001	151,905
BS 1 DPH 1	14	Hochwasserentlastungsanlage	638332,993	5669565,974	145,928
BS 2 DPH 2	14	Hochwasserentlastungsanlage	638335,757	5669582,676	151,506
BS 3 DPH 3	14	Hochwasserentlastungsanlage	638330,002	5669549,007	149,494
BS 4 DPH 4	14	Hochwasserentlastungsanlage	638460,480	5669541,272	144,871
BS 5 DPH 5 V	14	Hochwasserentlastungsanlage	638464,927	5669557,071	150,584
BS 6 DPH 6	14	Hochwasserentlastungsanlage	638420,201	5669525,986	148,359
BS 7 DPH 7	14	Hochwasserentlastungsanlage	638584,591	5669491,824	144,396
BS 8 DPH 8	14	Hochwasserentlastungsanlage	638602,150	5669512,076	148,598
BS 9 DPH 9 V	14	Hochwasserentlastungsanlage	638574,026	5669479,022	148,494
BS 10 DPH 10 V	14	Tosbecken	638653,965	5669426,994	144,569
BS 11 DPH 11	14	Tosbecken	638700,769	5669439,522	146,869
BS 12 DPH 12	14	Tosbecken	638617,398	5669417,447	144,538
BS 12-1	14	Tosbecken	638657,612	5669478,235	147,782
BS 13 DPH 13	14	Brücke	638532,473	5669495,176	152,990
BS 14 DPH 14	14	Brücke	638534,968	5669538,054	149,585
BS 15 DPH 15	14	Brücke	638543,131	5669534,953	149,428
BS 16 DPH 16 LFP	15	Verlängerung Hauptdamm Süd	638493,057	5667915,985	151,686
BS 17 DPH 17 LFP V	15	Verlängerung Hauptdamm Süd	638454,052	5667878,634	151,485
BS 18 DPH 18 LFP V	15	Verlängerung Hauptdamm Süd	638405,999	5667838,833	153,251
BS 18-1 V	15	Verlängerung Hauptdamm Süd	638368,939	5667829,943	153,303

Aufschluss	Teilobjekt	Lage der Bohraufschlusspunkte	Ostwert E-UTM	Nordwert N-UTM	Höhe m NHN ₁₆ GOK
BS 20 DPH 20	16	Schutzdamm Schwerstedt	634767,013	5668497,000	150,998
BS 20-1 V	16	Schutzdamm Schwerstedt	634760,992	5668423,022	149,904
BS 21 DPH 21 LFP	16	Schutzdamm Schwerstedt	634795,923	5668485,853	151,229
BS 22 DPH 22	16	Schutzdamm Schwerstedt	634721,389	5668357,865	149,994
BS 23 DPH 23	16	Schutzdamm Schwerstedt	634761,907	5668346,998	149,852
BS 24 DPH 24	16	Schutzdamm Schwerstedt	634710,044	5668327,471	150,170
BS 25 DPH 25	16	Schutzdamm Schwerstedt	634750,982	5668312,023	150,279
BS 26 DPH 26 V	16	Schutzdamm Schwerstedt	634688,964	5668185,074	150,262
BS 26-1	16	Schutzdamm Schwerstedt	634708,990	5668252,976	150,065
BS 27 DPH 27	16	Schutzdamm Schwerstedt	634645,993	5668045,958	151,409
BS 27-1	16	Schutzdamm Schwerstedt	634668,972	5668121,023	150,344
BS 28 V	16	Schutzdamm Schwerstedt	634613,916	5667940,941	153,524
BS 29 DPH 29	17	Schutzdamm Straußfurt/ Nordva- riante	638144,090	5669630,051	150,796
BS 29-1	17	Schutzdamm Straußfurt/ Nordva- riante	638091,907	5669630,130	150,612
BS 30 DPH 30	17	Schutzdamm Straußfurt/ Nordva- riante	638036,839	5669626,223	150,730
BS 30-1	17	Schutzdamm Straußfurt/ Nordva- riante	637955,054	5669620,010	151,141
BS 31 DPH 31 V	17	Schutzdamm Straußfurt/ Nordva- riante	637918,605	5669619,319	150,773
BS 32 DPH 32	17	Schutzdamm Straußfurt/ Südva- riante	638176,192	5669589,171	149,833
BS 33 DPH 33	17	Schutzdamm Straußfurt/ Südva- riante	638190,436	5669554,739	149,093
BS 34 DPH 34 LFP V	17	Schutzdamm Straußfurt/ Südva- riante	638074,427	5669571,043	148,187
BS 37 DPH 37 LFP	17	Schutzdamm Straußfurt/ Südva- riante	637961,058	5669549,144	148,345
BS 39 DPH 39 LFP	17	Schutzdamm Straußfurt/ Südva- riante	637866,040	5669531,322	149,857
BS 40 DPH 40 V	17	Schutzdamm Straußfurt/ Südva- riante	637851,048	5669501,946	150,162
BS 41	17	Schutzdamm Straußfurt/ Südva- riante	637814,990	5669632,864	152,260
BS 44 DPH 44	18	Schutzdamm Gebesee	634523,979	5665814,987	151,327
BS 45 DPH 45 LFP	18	Schutzdamm Gebesee	635045,954	5665649,020	150,940

Aufschluss	Teilobjekt	Lage der Bohraufschlusspunkte	Ostwert E-UTM	Nordwert N-UTM	Höhe m NHN ₁₆ GOK
BS 46 DPH 46 V	18	Schutzdamm Gebesee	635001,054	5665427,951	149,267
BS 46-1	18	Schutzdamm Gebesee	635037,793	5665455,419	150,877
BS 47 DPH 47 V	18	Schutzdamm Gebesee	635004,009	5665401,022	149,347
BS 48 DPH 48 LFP	18	Schutzdamm Gebesee	634882,815	5665339,420	150,413
BS 48-1 V	18	Schutzdamm Gebesee	634953,937	5665370,973	149,599
BS 49 DPH 49	18	Schutzdamm Gebesee	634910,922	5665296,026	150,762
BS 50	18	Schutzdamm Gebesee	634816,083	5665249,012	152,124
BS 51	12	Hauptdamm HRB Straußfurt	638643,587	5668056,458	149,282
BS 52	12	Hauptdamm HRB Straußfurt	638608,183	5668020,580	150,302
BS 53	12	Hauptdamm HRB Straußfurt	638611,849	5668017,644	148,254
BS 54	12	Hauptdamm HRB Straußfurt	638671,998	5668098,418	149,976
BS 55	12	Hauptdamm HRB Straußfurt	638674,891	5668096,176	148,209
Schurf 1	12	Hauptdamm HRB Straußfurt	638598,626	5669309,139	152,959
Schurf 2	12	Hauptdamm HRB Straußfurt	638662,933	5668952,304	152,924
Schurf 3	12	Hauptdamm HRB Straußfurt	638596,564	5669308,674	152,867

Legende zu Tabelle 2:

- BS - Rammkernsondierung
- DPH - Schwere Rammsonde
- LFP - Leichtes Fallgewicht
- V - Versickerungsversuch

Die Aufschlusspunkte wurden im Rahmen der Aufschlussarbeiten in Bezug auf ihre Lage, Höhe und Koordinaten eingemessen. Die Bearbeitung der Vermessungsdaten erfolgte mit der Software AUTOCAD 2023 der Firma Autodesk, Inc.

4.2 Laborergebnisse

4.2.1 Ergebnisse der bodenphysikalischen Laboruntersuchungen

Für eine zusammenfassende Bewertung der Bodenschichten werden die durchgeführten Laboruntersuchungen betrachtet. In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der bei den Untersuchungen 2023 gewonnenen bodenphysikalischen Laborergebnisse zusammengefasst.

Tabelle 3: Zusammenstellung der Laborergebnisse

Aufschluss	Probe	Teufe [m]	DIN 18196	DIN EN ISO 14688/ 4022	Ton [%]	Schluff [%]	Sand [%]	Kies [%]	W _N [%]	W _L [%]	W _P [%]	I _P [-]	I _c [-]	U [-]	V _{gl} [%]	V _{ca} [%]	φ´ [°]	c´ [kN/m²]	LCPC [g/t]	E _s [MN/m²]	k _f -Wert [ms ⁻¹]
TO 14																					
BS 2	3	0,60-1,40	Mst/Tst	U,t*,s´	41	52	5	2	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,9E-10
BS 5	4	1,60-2,00	TL	U,t	26	68	2	4	18	33	22	11	1,25	-	-	-	-	-	-	-	6,1E-11
BS 6	3	1,80-4,50	TL/TM	U,t,fs´	26	63	11	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,0E-10
BS 7	7	3,40-4,00	Mst/Tst	U,t*	45	50	3	2	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,2E-11
BS 7	8	4,00-5,00	Mst/Tst	U,t*,s´	-	-	-	-	11	35	24	11	2,01	-	-	-	-	-	-	-	-
BS 9	3	0,90-2,00	OU/UA	U,t*,s´	41	52	6	1	23	50	30	21	1,27	-	6	-	-	-	-	-	2,9E-10
BS 10	2	0,50-0,90																			
BS 10	5	2,60-2,90	GU	G,s*,u´	-	13	38	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,7E-04
BS 12	5	2,40-3,20																			
TO 15																					
BS 17	5	2,30-3,00	TL	U,s*,t	19	42	36	3	15	30	20	10	1,29	-	-	-	-	-	-	-	3,4E-09
BS 18	5	2,40-3,00	TM	U,t*,s´	33	54	10	3	19	45	27	19	1,34	-	5	-	-	-	-	-	6,8E-10
TO 16																					
BS 21	4	1,40-2,00	UA	U,t*	34	62	4	-	28	55	34	21	1,31	-	5	-	-	-	-	-	2,8E-10
BS 24	3	0,60-0,80	UA	U,t,s´	30	64	6	-	19	51	34	17	1,91	-	5	-	-	-	-	-	3,7E-10
BS 26-1	3	0,60-1,10	UM/TM	U,t*,fs´	31	63	6	-	22	46	27	19	1,26	-	-	-	-	-	-	-	6,8E-10
BS 26-1	4	1,10-2,20																			

Aufschluss	Probe	Teufe [m]	DIN 18196	DIN EN ISO 14688/ 4022	Ton [%]	Schluff [%]	Sand [%]	Kies [%]	W _N [%]	W _L [%]	W _P [%]	I _P [-]	I _c [-]	U [-]	V _{gl} [%]	V _{ca} [%]	Φ' [°]	c' [kN/m²]	LCPC [g/t]	E _s [MN/m²]	k _f -Wert [ms ⁻¹]
BS 24 BS 26 BS 27	6 4 5	1,80-3,30 2,40-3,20 1,80-3,20	TL/TM	U,t,fs,g	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29,0	2	-	-	6,5E-11*
TO 17																					
BS 29	3	0,90-2,20	OU/UA	U,t*,s'	44	49	5	2	20	55	31	24	1,42	-	6	-	-	-	-	-	1,7E-10
BS 29	5	2,70-4,10	UM/TM	U,t*,s'	41	50	7	2	20	48	28	20	1,36	-	-	-	-	-	-	-	1,7E-10
BS 29-1 BS 30-1 BS 32	3 3 2	0,80-2,20 0,85-2,40 0,55-1,10	OU/UA	U,t,fs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,7	16	-	-	2,7E-11*
BS 30	4	2,80-3,90	UA	U,t*,fs'	46	49	5	-	19	54	29	25	1,41	-	-	-	-	-	-	-	1,2E-10
BS 34	3	0,50-1,15	UA	U,t*	49	49	2	-	30	52	30	22	1,03	-	4	-	-	-	-	-	1,0E-10
BS 37	5 6	1,60-2,00 2,00-4,40	Mst/Tst[TL]	U,t,fs'	28	66	6	-	14	31	22	9	1,89	-	-	-	-	-	-	-	2,3E-10
BS 40 BS 37 BS 32	3 6 6	1,60-2,50 2,00-4,40 3,50-5,00	Tst[SU*] Mst/Tst[TL/TM] Tst[TL/TM]	S,u*,t U,t*,s' U,t*,s'	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-
TO 18																					
BS 44	3	1,00-3,10	UA	U,t*	34	62	4	-	23	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	2,8E-10
BS 44	5	4,00-6,00	GU	G,gs,u'	-	5	25	70	-	-	-	-	-	12,2	-	-	-	-	-	-	2,3E-03
BS 45	3	1,50-2,30	TL/TM	U,t,fs'	26	60	14	-	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6E-09
BS 46-1 BS 46	5 4	6,30-7,00 3,70-6,00	SU/SU* GU*	S,u,g,t' G,s,u'	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	912	-	-
BS 47	5	3,80-6,00	GU	G,s*,u'	-	9	40	51	-	-	-	-	-	45	-	-	-	-	-	-	4,1E-04
BS 49	4	0,48-0,62	A[GU]	gG,mg,s,u',fg'	-	10	15	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,4E-03
BS 49	3	1,65-3,50	TL/TM	U,t,fs'	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
BS 49	7	3,50-5,70	OU/UA	U,t,fs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-

Aufschluss	Probe	Teufe [m]	DIN 18196	DIN EN ISO 14688/ 4022	Ton [%]	Schluff [%]	Sand [%]	Kies [%]	W _N [%]	W _L [%]	W _P [%]	I _P [-]	I _C [-]	U [-]	V _{gl} [%]	V _{ca} [%]	φ' [°]	c' [kN/m²]	LCPC [g/t]	E _s [MN/m²]	k _f -Wert [ms ⁻¹]
BS 49	8	5,70-6,00	SU*	S,u,g	-	25	53	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3E-06
TO 12																					
BS 52	3	1,80-3,80	A[UL]	U,g,s	-	47	23	30	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8E-08
BS 53	4	2,50-3,70																			
BS 54	3	1,40-3,70	A[ST*/SU*]	S,u*,g*	-	38	27	35	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2E-07
BS 55	4	1,90-3,30																			
Schurf 1	2	0,12-0,38	A[GU*]	G,s,u	-	19	22	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0E-05
Schurf 2	2	0,12-0,62																			
Schurf 1	3	0,38-0,80	A[GU]	G,s,u'	-	14	28	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,3E-04
Schurf 2	3	0,62-0,80																			
Schurf 3	2	0,11-0,60	A[GW]	mG,fg,s,gg'	-	2	22	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2E-03

Legende zu Tabelle 3:

W _N	- natürlicher Wassergehalt
W _L	- Fließgrenze
W _P	- Plastizitätsgrenze
k _f -Wert	- Wasserdurchlässigkeitsbeiwert, aus Kornverteilungskurve bestimmt
k _f -Wert *	- Wasserdurchlässigkeitsbeiwert, nach DIN EN ISO 17892-11
c'	- effektive Kohäsion (drainiert)
φ'	- effektiver Reibungswinkel (drainiert)
I _C	- Konsistenzindex
I _P	- Plastizitätszahl
ρ	- Dichte
E _s	- Steifemodul σ ₂ bei Erstbelastung von 200 kN/m²
U	- Ungleichförmigkeitszahl
LCPC	- Abrasivitätskoeffizient

– Ermittlung der Tragfähigkeiten

Um Aussagen zum Straßenaufbau sowie zur Tragfähigkeit der zukünftigen Planumbereiche der Neubaudämme sowie die der L2165 treffen zu können, wurden Schürfe im Bereich der Erkundungsbohrungen angelegt.

An deren Endteufen wurden unter anderem Leichte Fallplatten gemäß TP BF-StB Teil B 8.3 [T42] durchgeführt.

Tabelle 4: Zusammenstellung der Feldversuche – Ermittlung der Tragfähigkeit gemäß TP BF-StB Teil B8.3

Aufschluss/ Schicht	Teil- objekt	Tiefe	DIN 4022/ 18196	s1	s2	s3	Mittelwert s	E _{vd}
		[m]		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[MN/m ²]
BS 16	15	0,30	A(U,s,fg,mg + Schotter)/ A[GU*]	3,09	3,08	3,05	3,07	7,3
BS 17	15	0,10	A(S,u,g,Ziegel- u. Gesteinsbruch)/ A[SU]	1,31	1,30	1,27	1,29	17,4
BS 18	15	0,10	A(G,s,u', Beton- und Schlackereste)/ A[GU]	1,33	1,32	1,31	1,32	17,1
BS 21	16	0,15	A(U,s,t', Ziegelreste) A[SU*-UL]	2,00	1,98	1,98	1,98	11,3
BS 23	16	0,20	U,t,s'/ A[OU]	2,03	2,16	2,11	2,10	10,7
BS 26	16	0,20	U,t,fs"/ A[OU]	3,90	2,89	3,11	3,30	6,8
BS 34	17	0,10	A(Schotter + U,t,s,fg')/ A[GU*]	1,65	1,65	1,64	1,65	13,7
BS 37	17	0,10	A(U,s,g,t', Gesteinsbruch)/ A[SU*-GU*]	0,76	0,76	0,75	0,75	29,8
BS 39	17	0,10	U,s,t', Wurzelreste/ UL	1,5	1,49	1,48	1,49	15,1
BS 45	18	0,20	A(U,s*,g,t')/ A[SU*]	2,19	2,19	2,15	2,18	10,3
BS 46	18	0,30	U,t*/ TM	2,67	2,66	2,65	2,66	8,5
BS 48	18	0,60	U,t,fs/ TL-TM	1,84	1,83	1,82	1,83	12,3

Erläuterungen zur Tabelle 4:

s - Setzung in mm

E_{vd} - dynamisches Verformungsmodul MN/m²

Die ermittelten Ergebnisse zeigen voneinander abweichende Ergebnisse, die auf ihre unterschiedliche Lage (Straßenplanum, Feldweg, Acker) und Material zurückzuführen sind. Außer im Bereich des Schurfes am Aufschlusspunkt der BS 37 müssen die ermittelten Tragfähigkeiten der angetroffenen Bodenschichten als nicht ausreichend bezeichnet werden.

Demnach sollten vor Errichtung der neuen Dämme deren Dammaufstandsflächen sowie die Planumbereiche der neu geplanten Zuwegungen und Dammbewirtschaftungswege eine Mindesttragfähigkeit von E_{v2} = 30 MN/m gemäß Richtlinie für ländlichen Wegebau [T47] aufweisen, damit insbesondere der geplante ungebundene Oberbau (Frostschuttschicht bzw. Schottertragschicht) eine geforderte Tragfähigkeit von mind. E_{v2} ≥ 80 MN/m² erreicht. Somit ist vor der Bebauung eine Verdichtung, ggf. auch Verbesserung bzw. ein Bodenaustausch des Untergrundes durchzuführen.

Bei Verdichtungsmaßnahmen kann es zu möglichen Auftriebserscheinungen durch das Grundwasser im Bereich der geplanten Dammaufstandsflächen kommen. Hier sollten bodenstabilisierende Maßnahmen bzw. ein Bodenaustausch oder eine Erhöhung des Regelaufbaus

in Betracht gezogen werden, um die notwendigen Tragfähigkeiten für die Dammaufstandsflächen bzw. einen eventuell geplanten Dammverteidigungsweg zu erzielen.

– Ermittlung der Versickerungsfähigkeit

Die direkte Messung der Wasserdurchlässigkeit der unterhalb des Oberbodens angetroffenen Bodenschichten erfolgte über die Bestimmung der Infiltrationsrate im stationären Verfahren in Anlehnung der DIN 19682-7 [T43].

Tabelle 5: Zusammenstellung der Feldversuche – Ermittlung der Infiltrationsrate in Anlehnung an die DIN 19682-7 Doppelring-Infiltrometer

Aufschluss/ Schicht	Teil- objekt	Tiefe Sohle	DIN 4022/ 18196	Entwässerbarer Poren- raum n_{wv}	Durchlässigkeit k_u	Bemerkung
		[m]		[m]	[m/s]	
BS 5	14	0,30	A[U,s,fg,t' + Bauchutt]/ A[GU]	0,10	6,7E-05	Einfluss 0,2 m Kiesschicht
BS 9	14	0,30	U,s,g,t' / A[GU]	0,25	5,0E-05	Einfluss 0,4 m Kiesschicht
BS 10	14	0,25	A(G,s,u', Beton- und Schlackereste) / A[GU]	0,08	6,1E-05	Einfluss 0,2 m Kiesschicht
BS 17	15	0,25	A(S,u,g, Ziegel) / A[SU*]	0,12	2,6E-05	Einfluss 0,3 m Kiesschicht
BS 18	15	0,25	G,s,u' / A[GU]	0,15	2,6E-05	-
BS 18-1	15	0,26	U,s,t',g / A[SU*-GU*]	0,10	1,68E-05	-
BS 20-1	16	0,30	U,t / OU	0,03	8,38E-05	-
BS 26	16	0,30	U,t,fs"-g' / A[OU]	0,04	3,55E-04	Einfluss gepflügtes Feld
BS 28	16	0,30	U,t,fs'-fs / OU	0,03	1,82E-04	Einfluss gepflügtes Feld
BS 31	17	0,30	U,s,g,t', Wurzeln / UL-SU*	0,50	1,2E-02	Einfluss von Wurzeln
BS 34	17	0,25	A(Schotter+U,t,s,fg') / A[GU*]	0,05	2,1E-06	-
BS 40	17	0,30	S,u*,t' / Tst[SU*]	0,08	5,6E-05	-
BS 46	18	0,30	U,t' / TM	0,03	5,4E-04	Einfluss gepflügtes Feld
BS 47	18	0,30	U,t' / UM-TM	0,03	3,4E-04	Einfluss gepflügtes Feld
BS 48-1	18	0,30	U,t*-U,t,s / TL-TM	0,03	3,7E-04	Einfluss gepflügtes Feld

Erläuterungen zur Tabelle 5:

- k_u - Durchlässigkeit im ungesättigten Bereich
- n_w - entwässerbarer Porenraum

Entsprechend den Grundlagen nach DWA-A 138 [T48] sind Böden im Rahmen einer k_f -Werte-Spanne von $k_f = 10^{-3} \dots 10^{-6}$ m/s als stark durchlässig bis durchlässig definiert. Die Untersuchungsgebiete stellen dabei den angetroffenen, unveränderten und unverdichteten Bodenabschnitt dar. Ursachen für die hohe Durchlässigkeit in den teils stark feinkörnigen Böden sind unter anderem der Einfluss von Wurzelwerk, der Einfluss angrenzender Bodenschichten größerer Wasserdurchlässigkeiten sowie der anthropogene Einfluss (Furchen) bewirtschafteter Flächen.

Die Protokolle der Feldversuche sind in Anlage 5 dokumentiert.

4.2.2 Kornverteilung und Plastizität

Auf Grundlage der durchgeführten petrophysikalischen Laboruntersuchungen wurden die nachfolgend in den Abbildungen 5 bis 11 dargestellten Kornverteilungsbänder und -kurven erstellt. Die Darstellungen erfolgen entsprechend der vorgefundenen Baugrundsichtung differenziert.

In den Abbildungen 5 bis 7 sind die Kornverteilungsbänder für den feinkörnigen Auehlm in seinen Variationen dargestellt. In der Abbildung 8 wird das Kornverteilungsbänder für den Verwitterungshorizont bzw. Zersatz des Keupers im Untersuchungsgebiet anschaulich wiedergegeben. Das Kornverteilungsbänder der quartären Kiessande ist in der Abbildung 9 dargestellt. Zusätzlich wurden in Abbildung 10 das Kornverteilungsbänder des angetroffenen Stützkörpermateri als und in Abbildung 11 die ungebundenen Tragschichten dargestellt. Die Verteilung der verschiedenen feinkörnigen Varianten von Bodentypen im Plastizitätsdiagramm nach CASAGRANDE (W_L - I_P -Diagramm) zeigt die Abbildung 12.

Abbildung 5: Kornverteilungsbänder des leicht- bis mittelplastischen Auelehms

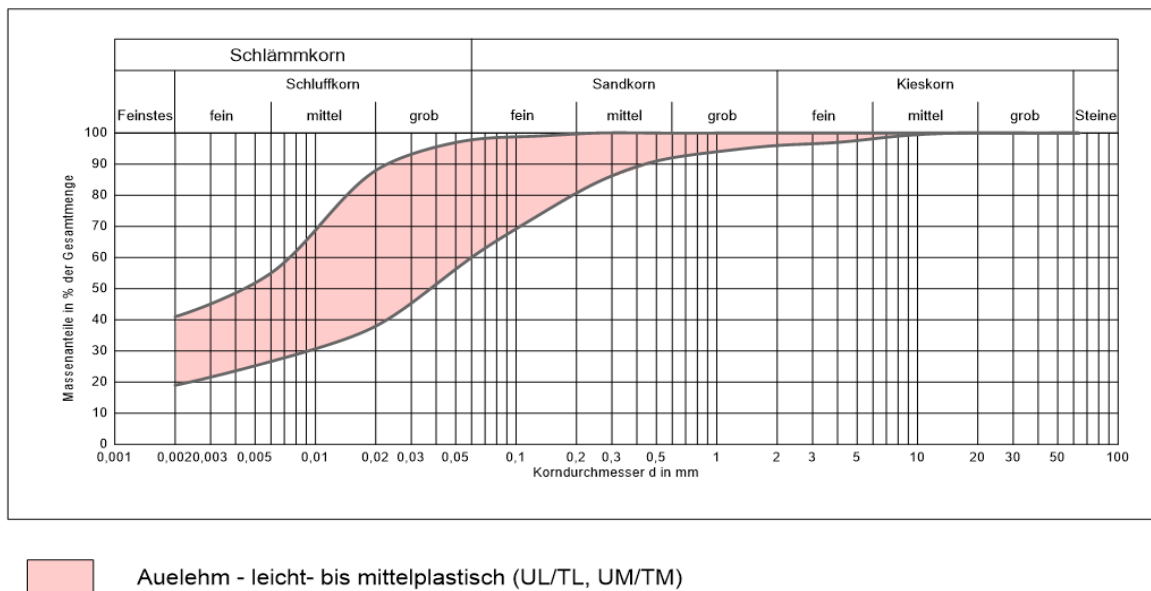


Abbildung 6: Kornverteilungsbänder für den ausgeprägt plastischen Auehlm

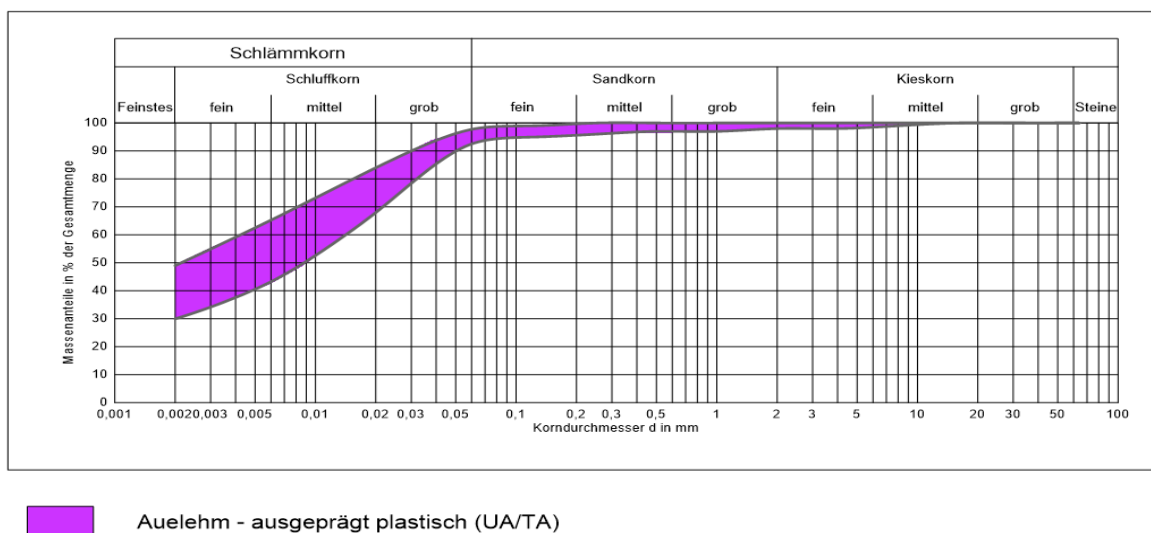
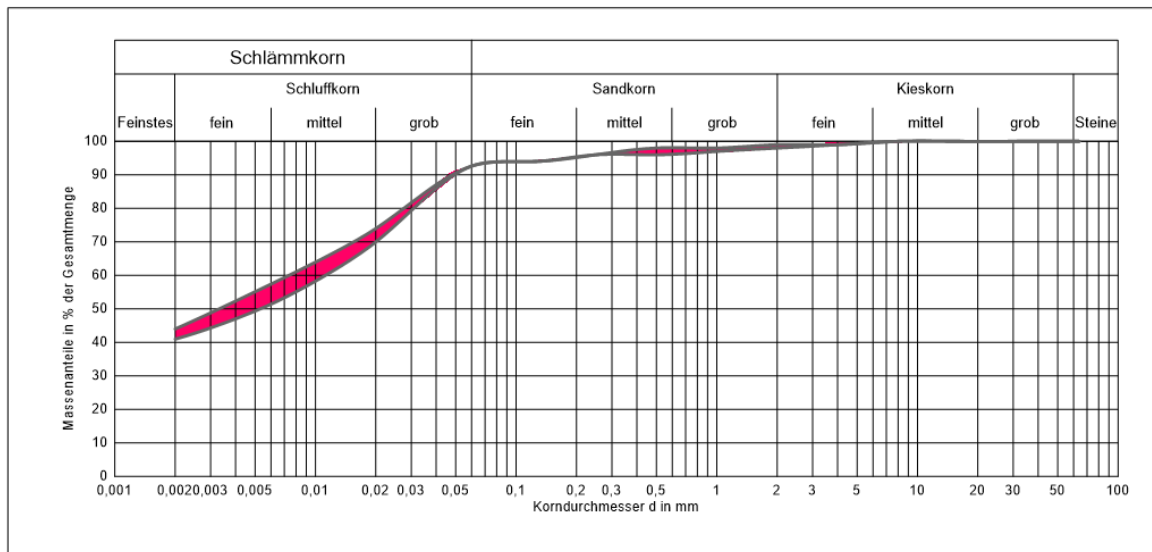


Abbildung 7: Kornverteilungsband für den organischen Auehlm




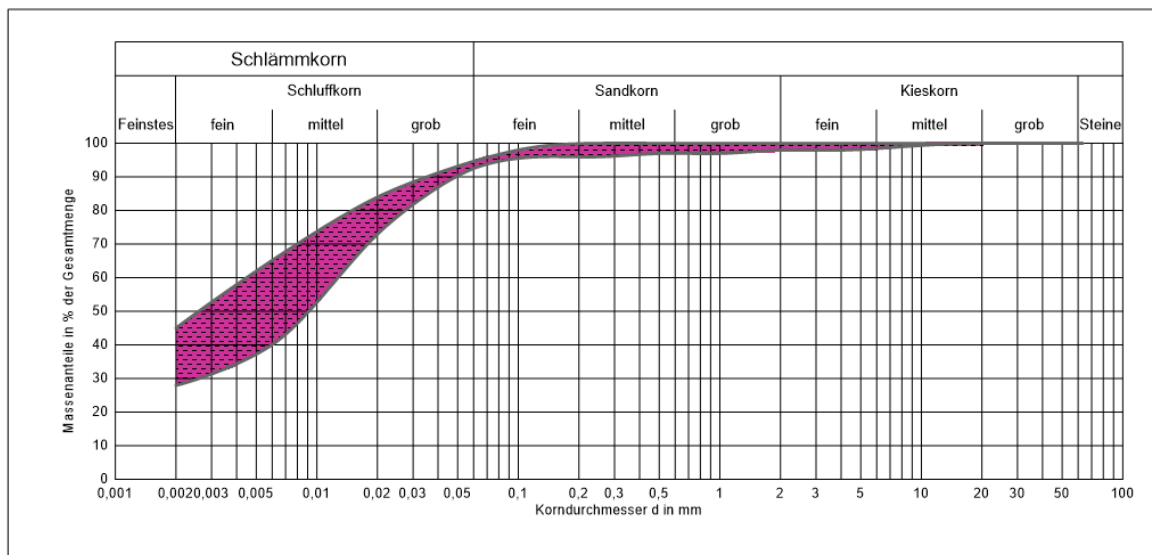
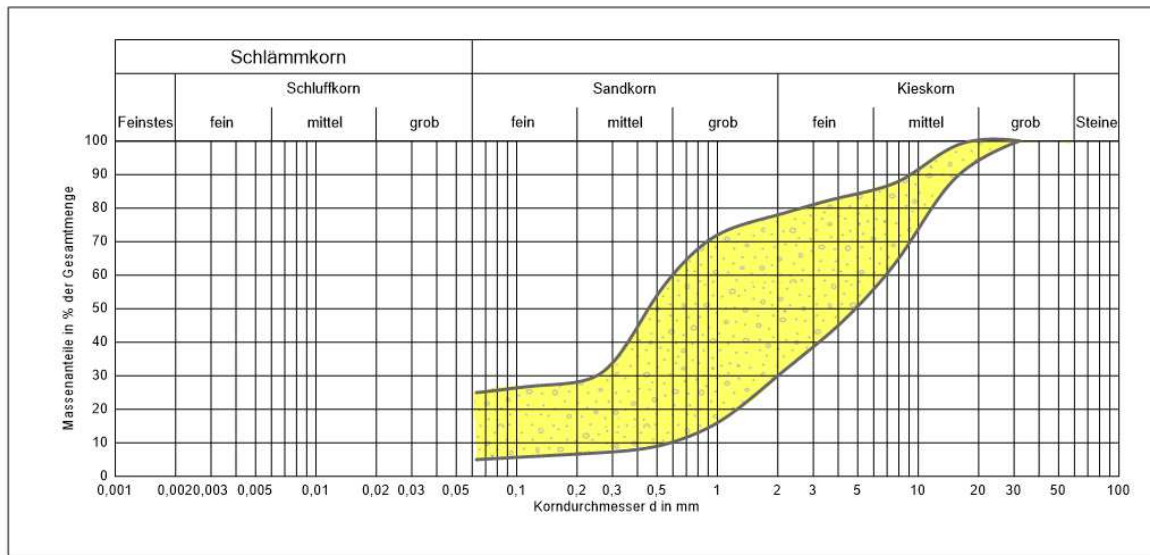
 Auehlm - organisch (OU/OT)

Abbildung 8: Kornverteilungsband für den Verwitterungshorizont/Zersatz



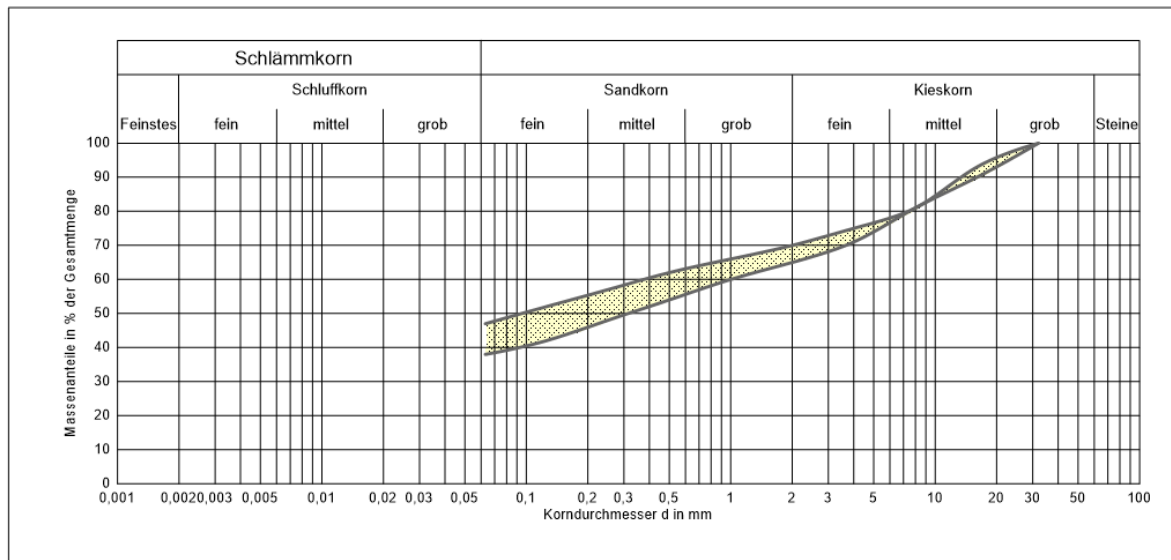
 Verwitterungshorizont/Zersatz - Mst/Tst(UL/TL-UM/TM)

Abbildung 9: Kornverteilungsband für die quartären Kiessande



Kiese und Sande (Unstrutschotter) - SW-SU*/ST*,GW-GU*/GT*

Abbildung 10: Kornverteilungsband für das Stützkörpermaterial



Dammkörper/ Stützkörper - A(SU*-UL/UM, ST*-TL/TM)

Abbildung 11: Kornverteilungsband für die ungebundenen Tragschichten

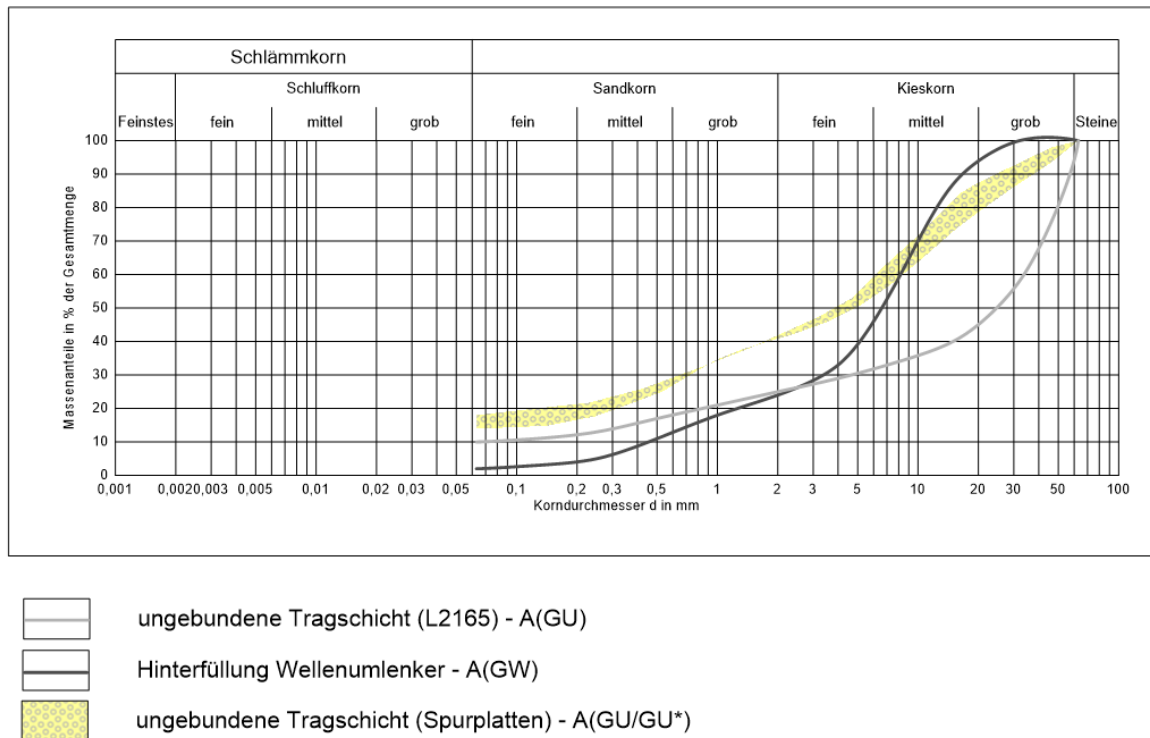
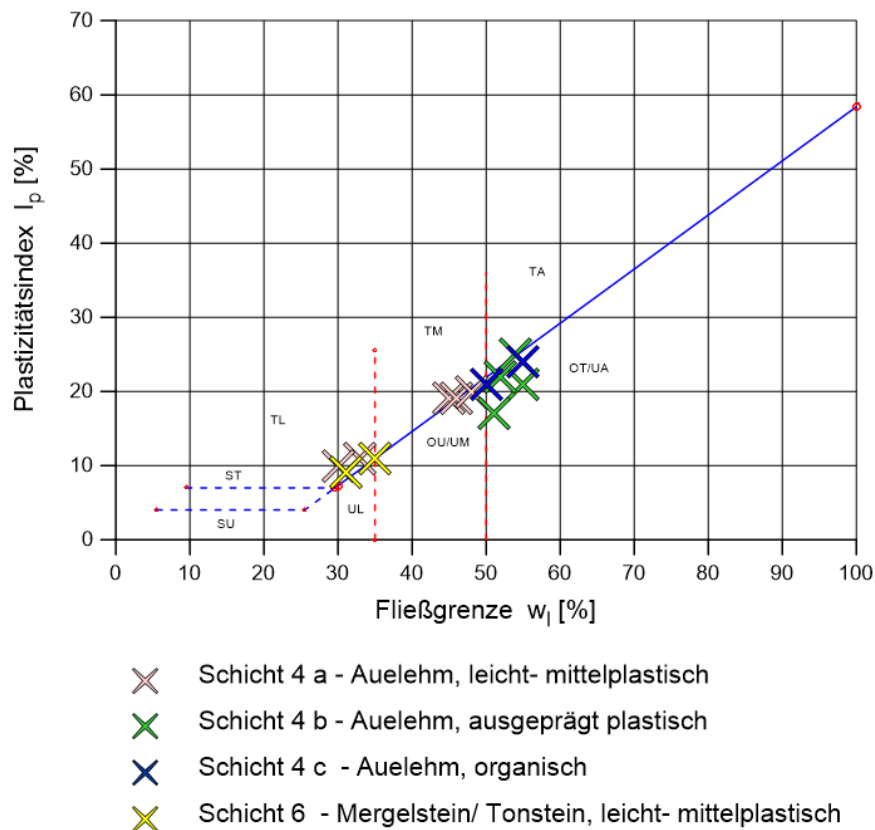


Abbildung 12: Plastizitätsdiagramm nach Casagrande für die feinkörnigen Böden/ Materialien



4.2.3 Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte

Die Berechnung der Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) erfolgte anhand der aus den Kornverteilungskurven abgelesenen d_{10} -, d_{20} - und d_{60} Werte nach Formeln von BEYER bzw. MALLET/PACQUANT. Des Weiteren wurden Versuche zur Ermittlung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes nach DIN EN ISO 17892-11 durchgeführt (vgl. Tabelle 6). Nach DIN 18130, Teil 1 – Tabelle 1 kann gemäß DIN EN 1997-2 eine Klassifizierung der Sedimente bezüglich der Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte in folgender Art und Weise vorgenommen:

Für die im Labor untersuchten Bodenproben ergeben sich je nach ermitteltem Feinkornanteil bestimmte Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte. Den einzelnen Lockergesteinsarten können dabei verschiedene Bereiche der k_f -Werte, wie folgt, zugeordnet werden:

Tabelle 6: Bereiche der Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte für Bodengruppen

Bodengruppe [DIN 18196]	k_f -Wertebereich [m/s] Kornverteilung	k_f -Wertebereich [m/s] Baugrundmodell	Klassifizierung
Oberboden (0a), A[OH, OU] bzw. OH,OU	$\varnothing 1,0 \cdot 10^{-6}$	$10^{-5} \dots 10^{-7}$	durchlässig bis schwach durchlässig
Wegbefestigung (0b), A [GW-GU*]	$2,4 \cdot 10^{-3} \dots 3,0 \cdot 10^{-5}$ $\varnothing 7,2 \cdot 10^{-4}$	$10^{-2} \dots 10^{-5}$	stark durchlässig bis durchlässig
Stützkörper (2), gemischtkörnig, feinkörnig A[SU*-UL, ST*-TL]	$1,7 \cdot 10^{-7} \dots 2,8 \cdot 10^{-8}$ $\varnothing 7,4 \cdot 10^{-8}$	$10^{-6} \dots 10^{-8}$ interpoliert $d < 0,02 \text{ mm} > 10\%$	schwach durchlässig
Auelehm (4a), leicht- bis mittelpastisch (UL/TL, UM/TM)	$1,6 \cdot 10^{-9} \dots 6,1 \cdot 10^{-11}$ $\varnothing 6,0 \cdot 10^{-10}$	$10^{-9} \dots 10^{-11}$	schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig
Auelehm (4b), ausgeprägt plastisch (UA/TA)	$3,7 \cdot 10^{-10} \dots 1,0 \cdot 10^{-10}$ $\varnothing 2,8 \cdot 10^{-10}$	$10^{-9} \dots 10^{-11}$	sehr schwach durchlässig
Auelehm (4c), organisch (OU/OT)	$2,9 \cdot 10^{-10} \dots 2,7 \cdot 10^{-11}$ $\varnothing 1,7 \cdot 10^{-10}$	$10^{-9} \dots 10^{-11}$	sehr schwach durchlässig
Kiessande / Unstrutschotter (5), grobkörnig - gemischtkörnig (SW-SU*-ST*, GW-GU*-GT*)	$2,3 \cdot 10^{-3} \dots 1,3 \cdot 10^{-6}$ $\varnothing 2,9 \cdot 10^{-4}$	$10^{-3} \dots 10^{-6}$	stark durchlässig bis durchlässig
Festgesteinszersatz, Verwitterungshorizont (6), gemischt - feinkörnig Mst/ Tst(SU*/ST*-UM/TM)	$2,3 \cdot 10^{-10} \dots 7,2 \cdot 10^{-11}$ $\varnothing 1,9 \cdot 10^{-10}$	10^{-6} bis 10^{-8} Erfahrung	schwach durchlässig

Die für die Schicht 6 (Festgesteinszersatz) im Labor ermittelten Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte repräsentieren nur den angetroffenen feinkörnigen Bereich. Aufgrund von Erfahrungswerten wurde der k_f -Wertebereich im Baugrundmodell entsprechend angepasst.

4.2.4 Ergebnisse der Untersuchungen zur Scherfestigkeit

Zur Feststellung der oberflächennahen Baugrundverhältnisse im Bereich der einzelnen Bauwerke wurden Bodenproben entnommen. Das entnommene Material konnte zum einen als leicht bis mittel plastischer Ton/ Schluff bzw. als ausgeprägt plastischer, organischer Ton/ Schluff angesprochen werden.

An den unten aufgeführten Bodenproben wurden Scherfestigkeitsuntersuchungen für die Ermittlung der Bodenkenngößen Reibungswinkel und Kohäsion durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7 zusammengefasst:

Tabelle 7: Zusammenstellung zur Bestimmung der Scherfestigkeit

Aufschluss	Probe	Teufe [m]	DIN 18196	DIN 14688	Reibungswinkel (°)	Kohäsion (kN/m²)
BS 29-1 BS 30-1 BS 32	gestört	0,80-2,20 0,85-2,40 0,55-1,10	OU/UA	U,t,fs	26,7	16
BS 24 BS 26 BS 27	gestört	1,80-3,30 2,40-3,20 1,80-3,20	TL/TM	U,t,fs,g	29,0	2

Die Analyseergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen sind in der Anlage 6 dokumentiert und werden im Kapitel 4.3 und 4.4 entsprechend einbezogen und bewertet.

4.2.5 Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen

4.2.5.1 Untersuchungen nach Ersatzbaustoffverordnung und Deponieverordnung

Folgende Aussagen können nach den Untersuchungen gemäß Ersatzbaustoffverordnung (EBV) und Deponieverordnung für die ungebundenen Auffüllungen sowie die natürlichen grobkörnigen bis feinkörnigen Böden getroffen werden. Die Zusammensetzung der untersuchten Proben ist der Tabelle 1 zu entnehmen, die Ergebnisse sind in Tabelle 8 dargestellt. Die Analyseergebnisse der chemischen Untersuchungen nach ErsatzbaustoffV und DepV sind in der Anlage 7 dokumentiert.

Teilobjekt 15:

Tabelle 1: Probe Nr. 16: Teilobjekt 15 (Verlängerung Hauptdamm)

EBV Anlage 1, Tabelle 1 (ohne Gleisschotter, Bodenmaterial und Baggergut)

- Bei den Untersuchungen im Eluat wurden erhöhte Konzentrationen bei dem folgenden Parameter bestimmt, aus denen sich die folgende abfallrechtliche Zuordnung ergibt:

Sulfat: (1400 mg/l \triangleq RC-3)

Aufgrund des erhöhten Sulfatgehaltes im Eluat ergibt sich für das anthropogene Schüttgut im Bereich der südlichen Verlängerung des Hauptdammes ein Zuordnungswert gemäß EBV der Materialklasse RC-3. Demnach kann das Material entsprechend der Tabelle 3, Anlage 2 (Recycling-Baustoff der Klasse 3, RC-3) der EBV eingesetzt werden.

Tabelle 1: Probe Nr. 21: Teilobjekt 15 (Verlängerung südlicher Hauptdamm)

DepV

gelöster Feststoff: (1800 mg/l \triangleq DK I)
 Glühverlust: (7,7 M% \triangleq DK III)
 TOC, org.: (2,43 M% \triangleq DK II)
 Sulfat: (1100 mg/l \triangleq DK I)

Teilobjekt 16:

Tabelle 1: Probe Nr. 17: Teilobjekt 16 (Schuttdamm Schwerstedt)

EBV Anlage 1, Tabelle 3 (Bodenmaterial und Baggergut)

- Bei den Untersuchungen im Eluat wurden erhöhte Konzentrationen bei dem folgenden Parameter bestimmt, aus denen sich die folgende abfallrechtliche Zuordnung ergibt:

Sulfat: (1400 mg/l \triangleq > BM-F3)

Aufgrund des erhöhten Sulfatgehaltes, geogenen Ursprungs, im Eluat ergibt sich für den natürlichen Boden im Bereich des geplanten Schuttdammes Schwerstedt ein Zuordnungswert gemäß EBV der Materialklasse > BM-F3. Demnach kann das Material nicht gemäß EBV eingesetzt werden. Eine Deponierung des Materials wird bei einer geplanten Entsorgung erforderlich. Die Verwertung auf einer Deponie unterliegt den Regelungen der Deponieverordnung (DepV).

Auf Basis der zusätzlich durchgeführten Parameterbestimmungen nach Deponieverordnung ist das Material in die Deponieklasse DKIII einzuordnen.

Tabelle 1: Probe Nr. 22: Teilobjekt 16 (Schuttdamm Schwerstedt)

DepV

gelöster Feststoff:	(2200 mg/l \triangleq DK I)
Glühverlust:	(8,2 M% \triangleq DK III)
TOC, org.:	(2,16 M% \triangleq DK II)
Sulfat:	(1400 mg/l \triangleq DK I)

Teilobjekt 17:

Tabelle 1: Probe Nr. 18: Teilobjekt 17 (Schuttdamm Straußfurt)

EBV Anlage 1, Tabelle 1 (ohne Gleisschotter, Bodenmaterial und Baggergut)

- keine Überschreitungen der Parameter des Mineralischen Ersatzbaustoffes der Klasse RC-1

Für das anthropogene Schüttgut im Bereich des geplanten Schuttdammes Straußfurt entlang des aktuellen Wirtschaftsweges wurden keine Überschreitungen der Materialklasse RC-1 festgestellt. Demnach kann das Material entsprechend der Tabelle 1, Anlage 2 (Recycling-Baustoff der Klasse 1, RC-1) der EBV eingesetzt werden.

EBV Anlage 1, Tabelle 3 (Bodenmaterial und Baggergut)

- Bei den Untersuchungen im Feststoff wurden erhöhte Konzentrationen bei dem folgenden Parameter bestimmt, aus denen sich die folgende abfallrechtliche Zuordnung ergibt:

Nickel: (35 µg/l \triangleq BM-F2/BG-F2)

Aufgrund des erhöhten Nickelgehaltes im Eluat ergibt sich für das Boden-Bauschutt-Gemisch im Bereich des geplanten Schuttdammes Straußfurt ein Zuordnungswert gemäß EBV der Materialklasse BM-F2/BG-F2. Demnach kann das Material entsprechend der Tabelle 7, Anlage 2 (Bodenmaterial und Baggergut der Klasse F2, BM-F2/BG-F2) der EBV eingesetzt werden.

Teilobjekt 18:

Tabelle 1: Probe Nr. 15: Teilobjekt 18 (Straßenschurf)

EBV Anlage 1, Tabelle 1 (ohne Gleisschotter, Bodenmaterial und Baggergut)

- keine Überschreitungen der Parameter des Mineralischen Ersatzbaustoffes der Klasse RC-1

Für das ungebundene Tragschichtmaterial im Bereich der Straße L2165 wurden keine Überschreitungen der Materialklasse RC-1 festgestellt. Demnach kann das Material entsprechend der Tabelle 1, Anlage 2 (Recycling-Baustoff der Klasse 1, RC-1) der EBV eingesetzt werden.

Tabelle 1: Probe Nr. 19: Teilobjekt 18 (Schuttdamm Gebesee)

EBV Anlage 1, Tabelle 1 (ohne Gleisschotter, Bodenmaterial und Baggergut)

- Bei den Untersuchungen im Eluat wurden erhöhte Konzentrationen bei dem folgenden Parameter bestimmt, aus denen sich die folgende abfallrechtliche Zuordnung ergibt:

Sulfat: (1400 mg/l \triangleq RC-3)

Aufgrund des erhöhten Sulfatgehaltes, geogenen Ursprungs, im Eluat ergibt sich für das anthropogene Schüttgut im Bereich des Schuttdammes Gebesee ein Zuordnungswert gemäß EBV der Materialklasse RC-3. Demnach kann das Material entsprechend der Tabelle 3, Anlage 2 (Recycling-Baustoff der Klasse 3, RC-3) der EBV eingesetzt werden.

EBV Anlage 1, Tabelle 3 (Bodenmaterial und Baggergut)

- Bei den Untersuchungen im Eluat wurden erhöhte Konzentrationen bei den folgenden Parametern bestimmt, aus denen sich die folgende abfallrechtliche Zuordnung ergibt:

Sulfat: (1400 mg/l \triangleq > BM-F3)
Elektr. Leitfähigkeit: (2430 μ S/cm \triangleq > BM-F3)

Aufgrund des erhöhten Sulfatgehaltes (geogen) sowie der Elektr. Leitfähigkeit im Eluat ergibt sich für den natürlichen Boden im Bereich des geplanten Schuttdammes Gebesee ein Zuordnungswert gemäß EBV der Materialklasse > BM-F3. Demnach kann das Material nicht gemäß EBV eingesetzt werden. Eine Deponierung des Materials wird bei einer geplanten Entsorgung erforderlich. Die Verwertung auf einer Deponie unterliegt den Regelungen der Deponieverordnung (DepV).

Auf Basis der zusätzlich durchgeführten Parameterbestimmungen nach Deponieverordnung ist das Material in die Deponieklasse DKIII einzuordnen.

Tabelle 1: Probe Nr. 20: Teilobjekt 18 (Schuttdamm Gebesee)

EBV Anlage 1, Tabelle 3 (Bodenmaterial und Baggergut)

- Bei den Untersuchungen im Feststoff wurden erhöhte Konzentrationen bei dem folgenden Parameter bestimmt, aus denen sich die folgende abfallrechtliche Zuordnung ergibt:

TOC: (1,1 M% \triangleq BM-F0*/BG-F0*)

Aufgrund des erhöhten TOC-Gehaltes im Feststoff ergibt sich für den natürlichen Boden im Bereich des geplanten Schuttdammes Gebesee ein Zuordnungswert gemäß EBV der

Materialklasse BM-F0*/BG-F0*. Demnach kann das Material entsprechend der Tabelle 5, Anlage 2 (Bodenmaterial und Baggergut der Klasse 0, BM-F0*/BG-F0*) der EBV eingesetzt werden.

Tabelle 1: Probe Nr. 23: Teilobjekt 18 (Schutzdamm Gebesee)

DepV

gelöster Feststoff:	(1400 mg/l \triangleq DK I)
Glühverlust:	(5,9 M% \triangleq DK III)
TOC, org.:	(1,59 M% \triangleq DK II)
Sulfat:	(800 mg/l \triangleq DK I)

Tabelle 1: Probe Nr. 24: Teilobjekt 18 (Schutzdamm Gebesee)

DepV

Glühverlust:	(6,1 M% \triangleq DK III)
TOC, org.:	(1,07 M% \triangleq DK II)

Zur Abschätzung möglicher Deponierungsoptionen wurden an Proben deren Deklarationsergebnisse die Materialklassen 0 überschreiten, zusätzliche Parameterbestimmungen gemäß Deponieverordnung DepV durchgeführt. Zwingend zu deponieren wäre auf Grund der ermittelten Kennwerte nur das Material der Proben 17 bzw. 19.

Eine Beseitigung von humosem Bodenmaterial auf Deponien kann gemäß DepV unter bestimmten Voraussetzungen im Einzelfall mit Zustimmung der zuständigen Behörde erfolgen. Bei Deponien der Klasse 0 kann dies beispielsweise bis zu einem Gehalt an TOC von max. 6 Masse-% möglich sein (siehe Anhang 3 Nr. 2 Satz 11 der DepV). Die Beseitigung natürlichen Bodenmaterials auf höheren Deponieklassen und damit die Nutzung dieses wertvollen Deponeivolumens ist aus umweltfachlicher Sicht nicht sinnvoll.

Der extrem hohe Kohlenstoffanteil unterliegt der Einzelprüfung. Für die Verwertung von Bodenmaterial, das den TOC-Wert > 6% überschreitet, ist in Zweifelsfällen die Wasserbehörde einzuschalten. Die Verwertung von solchem Material ist in Wasserschutzgebieten nicht möglich.

Tabelle 8: Zusammenfassende Ergebnisse der Untersuchungen nach der ErsatzbaustoffV und DeponieV

Probe	Teilob- jekt	EBV-Recycling-Baustoff, Bodenmaterial und Baggergut sowie DepV															problemati- scher Para- meter > 0
		RC-1	RC-2	RC-3	BM-0 BG-0 Sand	BM-0 BG-0 Lehm/ Schluff	BM-0 BG-0 Ton	BM-0 BG-0	BM-F0 BG-F0	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3	DK 0	DK I	DK II	DK III	
15	18	x															-
16	15			x													Sulfat
17	16											> x					Sulfat
18	17	x									x*						Nickel
19	18			x								> x*					Sulfat, LF
20	18								x								TOC
21	15															x	org. Be- standteile
22	16															x	org. Be- standteile
23	18															x	org. Be- standteile
24	18															x	org. Be- standteile

*) Die Proben 18 und 19 wurden sowohl als Boden als auch als Bauschutt untersucht. Nach nachträglicher Beschreibung und Klassifizierung der Aushubmassen sind die untersuchten Proben nach Bodenmaterial und Baggergut (Anlage 1, Tabelle 3) zu bewerten.

4.2.5.2 Untersuchungen zur Betonaggressivität und Stahlkorrosivität des Grund- bzw. Oberflächenwassers

Es wurden im Zeitraum der Baugrunderkundung Grund- und Oberflächenwasserproben in folgenden Bereichen der Untersuchungsgebietes gemäß DIN EN ISO 22475-1 [T23] entnommen:

- Bohransatzpunkt 12, Grundwasser
- Mittelgraben, Oberflächenwasser
- Unstrut, Oberflächenwasser

um es auf seine Betonaggressivität und Stahlkorrosivität hinzu untersuchen.

Tabelle 1: Probe Nr. 1, Teilobjekt 14

Das beprobte Grundwasser aus der Rammkernsondierung BS 12 ist nach DIN 4030 als **nicht betonangreifend** einzustufen.

Die Stahlaggressivität des Wassers kann nach den Laborergebnissen unter Verwendung der DIN 50929, Teil 3 - Tab. 6 und 7 wie folgt beurteilt werden:

Im Unterwasserbereich liegt bei der Verwendung von unlegierten und niedrig legierten Stählen aufgrund von $W_0 = 4,6$ ($\omega_{[100/a]} = 0,01$ mm/a; $\omega_{L, \max [30a]} = 0,05$ mm/a) eine **sehr geringe Wahrscheinlichkeit der Mulden- und Lochkorrosion** sowie eine **sehr geringe Wahrscheinlichkeit der Flächenkorrosion** und im Wasser/Luft-Bereich mit $W_1 = 2,6$ ($\omega_{[100/a]} = 0,01$ mm/a; $\omega_{L, \max [30a]} = 0,05$ mm/a) eine **sehr geringe Wahrscheinlichkeit der Mulden- und Lochkorrosion** und eine **sehr geringe Wahrscheinlichkeit der Flächenkorrosion** vor. Bei feuerverzinkten Stählen mit $W_D = 1$ und $W_L = -5$ ist eine **sehr gute Güte der Deckschichten im Unterwasserbereich** und eine **befriedigende Güte der Deckschichten im Wasser/ Luft- und Spritzwasserbereich** vorhanden.

Tabelle 1: Probe Nr. 2, Teilobjekt 16

Das beprobte Oberflächenwasser aus dem Mittelgraben ist nach DIN 4030 als **schwach betonangreifend** einzustufen.

Die Stahlaggressivität des Wassers kann nach den Laborergebnissen unter Verwendung der DIN 50929, Teil 3 - Tab. 6 und 7 wie folgt beurteilt werden:

Im Unterwasserbereich liegt bei der Verwendung von unlegierten und niedrig legierten Stählen aufgrund von $W_0 = 2$ ($\omega_{[100/a]} = 0,01$ mm/a; $\omega_{L, \max [30a]} = 0,05$ mm/a) eine **sehr geringe Wahrscheinlichkeit der Mulden- und Lochkorrosion** sowie eine **sehr geringe Wahrscheinlichkeit der Flächenkorrosion** und im Wasser/Luft-Bereich mit $W_1 = -3$ ($\omega_{[100/a]} = 0,02$ mm/a; $\omega_{L, \max [30a]} = 0,1$ mm/a) eine **geringe Wahrscheinlichkeit der Mulden- und Lochkorrosion** und eine **sehr geringe Wahrscheinlichkeit der Flächenkorrosion** vor.

Bei feuerverzinkten Stählen mit $W_D = 2$ und $W_L = -5$ ist eine **sehr gute Güte der Deckschichten im Unterwasserbereich** und eine **befriedigende Güte der Deckschichten im Wasser/ Luft- und Spritzwasserbereich** vorhanden.

Tabelle 1: Probe Nr. 3, ohne Teilobjekt, nach Ödemündung

Das beprobte Oberflächenwasser aus der Unstrut ist nach DIN 4030 als **schwach betonangreifend** einzustufen.

Die Stahlaggressivität des Wassers kann nach den Laborergebnissen unter Verwendung der DIN 50929, Teil 3 - Tab. 6 und 7 wie folgt beurteilt werden:

Im Unterwasserbereich liegt bei der Verwendung von unlegierten und niedrig legierten Stählen aufgrund von $W_0 = 1$ ($\omega_{[100/a]} = 0,01$ mm/a; $\omega_{L, \max [30a]} = 0,05$ mm/a) eine **sehr geringe Wahrscheinlichkeit der Mulden- und Lochkorrosion** sowie eine **sehr geringe Wahrscheinlichkeit der Flächenkorrosion** und im Wasser/Luft-Bereich mit $W_1 = -3$ ($\omega_{[100/a]} = 0,02$ mm/a; $\omega_{L, \max [30a]} = 0,1$ mm/a) eine **geringe Wahrscheinlichkeit der Mulden- und Lochkorrosion** und eine **sehr geringe Wahrscheinlichkeit der Flächenkorrosion** vor.

Bei feuerverzinkten Stählen mit $W_D = 1$ und $W_L = -5$ ist eine **sehr gute Güte der Deckschichten im Unterwasserbereich** und eine **befriedigende Güte der Deckschichten im Wasser/ Luft- und Spritzwasserbereich** vorhanden.

Zusätzlich können die in Abbildung 13 [T31, Tabelle 8] dargestellten Richtwerte zur Abschätzung der mittleren Korrosionsgeschwindigkeit hinzugezogen werden.

Abbildung 13: Abschätzung der mittleren Korrosionsgeschwindigkeit

Bewertungszahlsummen	Abtragungsrate ω (100a) mm/a	Max. Eindringrate $\omega_{L, \max}$ (30 a) mm/a	Bemerkung
B_0 - und B_1 -Werte (Siehe Tabelle 2) ≥ 0 -1 bis -4 -5 bis -10 <-10	0,005 0,01 0,02 0,06	0,03 0,05 0,2 0,4	zeitlich abnehmend zeitlich abnehmend zeitlich abnehmend zeitlich konstant
B_E - und W_E -Werte (Siehe Tabelle 4) ≥ 0 -1 bis -4 -5 bis -8 <-8	0,01 0,02 0,05 0,2	0,05 0,1 0,3 1	örtlicher Korrosionsangriff überwiegt
W_0 - und W_1 -Werte (Siehe Tabelle 7) ≥ 0 -1 bis -4 -5 bis -8 <-8	0,01 0,02 0,05 0,1	0,05 0,1 0,2 0,5	örtliche Korrosion überwiegt im Wasser-/ Luft-Wechselbereich, die $\omega_{L, \max}$ -Werte nehmen zeitlich ab

Die Analyseergebnisse der Wasseruntersuchungen sind in den Prüfberichten der Analytik- und Umweltdienstleistungs GmbH in der Anlage 7 dokumentiert.

4.2.5.3 Untersuchungen nach BBodSchV

Mit der Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung [T12] werden die Anforderungen an die nachhaltige Sicherung und Wiederherstellung der Funktionen des Bodens im Sinne des § 1 Bundes-Bodenschutzgesetz näher bestimmt und an den gegenwärtigen Stand der wissenschaftlichen und vollzugspraktischen Erkenntnisse angepasst.

Im folgenden Abschnitt wurden an 6 ausgewählten Proben (Tabelle 1) Untersuchungen gemäß den Vorsorgewerten für Metalle und organische Inhaltsstoffe im Unterboden nach Anlage 1,

Tabellen 1 und 2, BBodSchV, zzgl. TOC und pH-Wert, Maßnahmenwerte Boden-Mensch mit Auswertung/ Gegenüberstellung Grenzwerte Kinderspielflächen/ Wohngebiete/ Park- und Freizeitanlagen und Gewerbe sowie Maßnahmenwerte Boden-Nutzpflanzen mit Auswertung /Gegenüberstellung Grenzwerte Grünland/ Ackerbau/ Nutzgarten durchgeführt. Dabei sind die Ergebnisse (Kreuz) in den Tabellen 9 a - 9 c durch den charakteristischen Wert (Spalte 4) definiert.

In der Tabelle 9 a wurden alle Bodenproben entsprechend des maßgebenden Parameters für Vorsorgewerte von Metallen sowie organischen Stoffen nach Anlage 1, Tabellen 1 und 2 der Bundesbodenschutzverordnung zusammengefasst.

Tabelle 9a: Zusammenstellung aller Bodenproben entsprechend Anlage 1 der BBodSchV, Tabelle 1 und 2

Nr.	Teilob- jekt	Gegenüberstellung Analysenwerte						
		Parameter	charakteristi- scher Wert	Vorsorgewerte BBodSchV Anl. 1, Tabelle 1 und 2				
				Vorsorgewerte für Metalle			Vorsorgewerte für organ. Stoffe	
				Sand	Lehm/Schluff	Ton	TOC≤4%	TOC≥4% bis 9%
9	14	Nickel	63	-	-	x	x	-
10	15	Kupfer PCB	50 0,94	-	-	x	-	überschritten für PCB
11	16	Zink Nickel Kupfer	62 29 24	-	x	-	x	-
12	17	Zink Nickel Kupfer	64 38 36	-	x	-	x	-
13	17	Nickel Kupfer Arsen	20 22 12	-	x	-	x	-
14	18	Zink Nickel Kupfer Cadmium	63 29 34 0,43	-	x	-	x	-

In der Tabelle 9 b wurden alle Bodenproben entsprechend der Maßnahmenwerte für Wirkungspfad Boden-Mensch der Bundesbodenschutzverordnung zusammengefasst.

Tabelle 9b: Zusammenstellung aller Bodenproben entsprechend Anlage 2 der BBodSchV, Tabelle 5

Nr.	Teilob- jekt	Gegenüberstellung Analysenwerte					
		Parameter	charakteristi- scher Wert	BBodSchV Anl. 2, Tabelle 5 – Maßnahmenwerte Wirkungspfad Boden-Mensch			
				Kinderspielflächen	Wohngebiete	Park- und Freizeitanlagen	Industrie- und Gewerbe- grundstücke
9	14	PCDD/F und dl-PCB	< 3	x	-	-	-
10	15		< 3	x	-	-	-
11	16		< 3	x	-	-	-
12	17		< 3	x	-	-	-
13	17		< 3	x	-	-	-
14	18		< 3	x	-	-	-

In der Tabelle 9 c wurden alle Bodenproben entsprechend der Maßnahmenwerte für Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze auf Ackerflächen und in Nutzgärten der Bundesbodenschutzverordnung zusammengefasst.

Tabelle 9c: Zusammenstellung aller Bodenproben entsprechend Anlage 2 der BBodSchV, Tabelle 6

Nr.	Teilobjekt	Gegenüberstellung Analysenwerte		
		Parameter	charakteristischer Wert	BBodSchV Anl. 2, Tabelle 6 – Maßnahmenwerte Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze auf Ackerflächen und in Nutzgärten
				Maßnahmenwert 0,04/ 0,1 ²
	TO		[mg/kg TM]	
9	14	Cadmium	< 0,04	eingehalten
10	15		< 0,04	eingehalten
11	16		< 0,04	eingehalten
12	17		< 0,04	eingehalten
13	17		0,24	überschritten
14	18		0,36	überschritten

In der Tabelle 9 d wurden alle Bodenproben entsprechend der Maßnahmenwerte für Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze auf Grünlandflächen der Bundesbodenschutzverordnung zusammengefasst.

Tabelle 9d: Zusammenstellung aller Bodenproben entsprechend Anlage 2 der BBodSchV, Tabelle 7

Nr.	Teilobjekt	Gegenüberstellung Analysenwerte								
		Parameter	charakteristischer Wert	BBodSchV Anl. 2, Tabelle 7 – Maßnahmenwerte Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze auf Grünlandflächen						
				Blei	Cadmium	Kupfer	Nickel	Quecksilber	Thallium	PCB
	TO		[mg/kg TM]							
9	14	diverse	diverse	eingehalten						
10	15	PCB	0,94	-						überschritten
11	16	diverse	diverse	eingehalten						
12	17	diverse	diverse	eingehalten						
13	17	diverse	diverse	eingehalten						
14	18	diverse	diverse	eingehalten						

Aus den Tabellen 9 a bis 9 d ist ersichtlich, dass sich die Überschreitungen der Vorsorgewerte für organische Stoffe im Teilobjekt 15, Maßnahmenwerte vorrangig für PCB auf Grünlandflächen im Teilobjekt 15 sowie Maßnahmenwerte von Cadmium für den Wirkungspfad Boden Nutzpflanze auf Ackerflächen und Nutzgärten der Teilobjekte 17 und 18 beschränkt. Die ermittelten Belastungsbereiche (für Vorsorgewert und Maßnahmenwert) betreffen in allen Fällen den humosen Oberboden. Es liegt hiermit für die genannten Erkundungsbereiche ein Anhaltspunkt für eine ungünstige Bodenveränderung im Sinne des BBodSchG § 3 (1-4) bzw. BBodSchG § 15 [T12] vor.

Die Analyseergebnisse der Untersuchungen sind in den Prüfberichten der Analytik- und Umweltdienstleistungs GmbH in der Anlage 7, Blatt dokumentiert.

4.2.5.4 Untersuchungen zur Verwertung von Straßenausbaustoffen (RuVA)

Im Bereich des Hauptdammes Nord und Süd (Teilobjekt 12) wurde an 3 Bauwerksbereichen (Asphaltdeckschicht, Betriebsweg und Fugenverguss) auf Basis von jeweils bis zu 5 Einzelproben die asphaltgebundene Deckschicht, hinsichtlich ihrer teerstämmigen Anteile hin untersucht. Dabei wurde noch der Bereich der Deckschicht in einen Nord- und Südbereich unterteilt. Zusätzlich wurden im Bereich des geplanten Schutzdammes Gebesee auf der L2165 zwei Schürfe mit Rammkernsondierungen (BS 48 und BS 49) ausgeführt, um den Straßenaufbau zu ermitteln. Dabei wurde festgestellt, dass der asphaltgebundene Oberbau an den Aufschlusspunkten teilweise einen unterschiedlichen Aufbau aufweist (Tabelle 11). Daraufhin wurde auch der entnommene asphalthaltige Straßenaufbruch (in 2 ausgewählten Bereichen) gemäß RuVA-StB 01/05 auf teerstämmige Anteile hin untersucht.

In der RuVA-StB 01/05 werden die Verwertungsverfahren in Abhängigkeit von den Verwertungsklassen A, B oder C geregelt. Die Einordnung in die entsprechenden Verwertungsklassen erfolgt in Abhängigkeit vom Gehalt an PAK im Feststoff und vom Phenolindex im Eluat des untersuchten Stoffes.

Tabelle 10: Verwertungsverfahren für Straßenausbaustoffe

Verwertungs- klasse	Art der Straßen- ausbau- stoffe	PAK nach EPA im Feststoff	B[a]P im Feststoff	Phenol- index im Eluat	Verwertungsverfahren
		[mg/kg]/ [ppm]	[mg/kg]/ [ppm]	mg/l	RuVA
A	Ausbauas- phalt	≤ 25	≤ 25	≤ 0,1	Heißmischverfahren gem. RuVA 4.1 oder Kaltverarbeitung mit oder ohne Bindemittel unter wasserundurchlässiger Schicht gem. RuVA 4.2/4.3
B	Ausbaustoffe mit teer-/ pechtypi- schen Be- standteilen	> 25 bis ≤ 100	≤ 50	≤ 0,1	Kaltmischverfahren mit Bindemittel gem. RuVA 4.2 oder unter Einhaltung der Anforderungen der Einbauklasse 2 gem. LAGA 1997, Straßenaufbruch, Pkt. 1.3.3 auch ungebundene Verwertung möglich mit folgenden Einschränkungen: - Einsatz nur in Großbaumaßnahmen - vollflächige Überbauung durch wasserundurchlässige Schicht - in Erddämmen mit technischen Sicherungsmaßnahmen
C		> 100	≤ 50	> 0,1	Kaltmischverfahren mit Bindemittel gem. RuVA 4.2

Tabelle 11: Ergebnisse der Schichtenaufnahme und der Analyse auf teerstämmige Anteile

Entnahme- stelle	Schicht	Dicke	Beschreibung	PAK im Feststoff	Phenol- index im Eluat	Verwer- tungs- klasse
		[cm]		mg/kg	mg/l	RuVA
Tabelle 1, Probe Nr. 4: Hauptdamm Nord (links), MP 1-5, Asphaltdecke						
MP 1-5	1	0,15	0/11 Körnung, Gefüge dicht, kein phenoltypischer Geruch	< 0,01	< 0,005	A
Tabelle 1, Probe Nr. 5: Hauptdamm Süd (rechts), MP 1-5, Asphaltdecke						
MP 1-5	2+3	9,0	0/11 Körnung, Gefüge dicht, kein phenoltypischer Geruch	< 0,01	0,043	A
Tabelle 1, Probe Nr. 6: Hauptdamm Nord-Süd, MP, Betriebsweg						
MP 1-7	2+3	9,0	0/11 Körnung, Gefüge dicht, kein phenoltypischer Geruch	0,168	0,10	A
Tabelle 1, Probe Nr. 7: Hauptdamm Nord-Süd, MP, Fugenverguss						
MP 1-7	2+3	9,0	0/11 Körnung, Gefüge dicht, kein phenoltypischer Geruch	< 0,01	0,094	A
Tabelle 1, Probe Nr. 8: Teilobjekt 18, BS 48 und BS 49, L2165						
BS 48 BS 49	1-3 1	30,0 24,0	0/11 – 0/16 Körnung, Gefüge dicht, kein phenoltypischer Geruch	< 0,01	0,018	A

Die abfallrechtliche Beurteilung von Straßenbaustoffen ist nach den Festlegungen des KrW-/AbfG [T17] sowie untergesetzlicher Regelwerke vorzunehmen.

Die vorliegende Richtlinie RuVA-StB 01/05 behandelt Straßenausbaustoffe, für die zum Teil auch die Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) Anforderungen erarbeitet hat und somit die Schadlosigkeit der Verwertung sowie keine Schadstoffanreicherung im Stoffkreislauf gewährleistet. Wenn die Rückbaustoffe keiner Verwertung im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes erfahren können, müssen sie entsorgt werden.

Dazu erfolgt die Zuführung an eine Anlage bzw. Deponie welche zur Annahme mineralischer Stoffe oder Ausbaumasphalt entsprechend ihrer Einstufung gemäß LAGA bzw. der „Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechtes vom 27. April 2009“ sowie zur Annahme entsprechender Stoffe gemäß dem Abfallschlüssel zugelassen ist.

Zur Identifizierung der Abfälle werden diese im Abfallverzeichnis mit einem sechsstelligen Abfallschlüssel gekennzeichneten Abfallart zugeordnet.

Die Einstufung, ob es sich im Sinne der Abfallverzeichnisverordnung um einen gefährlichen mit „g“ bzw. „*“ versehenen Abfall handelt, richtet sich danach, ob der Abfall gefahrenrelevante Eigenschaften aufweist.

Auf Grund des organischen Inhaltsstoffes Teer und des damit verbundenen PAK-Gehaltes als krebserzeugender Stoff (H7), wird teer-/pechhaltiges Material als gefährlicher Abfall eingestuft. Da jedoch abfallanalytisch die Ermittlung des Teergehalts unüblich ist, wird der Anteil des Einzelparameter PAK nach EPA von Benzo(a)pyren (> 50 mg/kg) als ausschlaggebend betrachtet.

Damit sind nur Ausbaustoffe mit einem Anteil von > 50 mg/kg Benzo(a)pyren als gefährlicher Abfall (Abfallschlüsselnummer 17 03 01* oder 17 03 03*) zu bewerten.

Für die Entsorgung von **Ausbauasphalt der Verwertungsklasse A** gilt:

Abfallschlüsselnummer:	17 03 02
Abfallbezeichnung:	Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01* fallen
Einstufung:	Nicht gefährlicher Abfall
Entsorgung:	Die Entsorgung kann auf einer Deponie, die zur Annahme von mineralischen Stoffen nach LAGA-TR Bauschutt bis Z 2 berechtigt ist, erfolgen.
Verwertung:	Verwertungsverfahren 4.1 und 4.2 nach RuVA-StB 01/05 bzw. Verwertung in einer Recyclinganlage mit entsprechender Zulassung nach Vorlage einer Eignungsprüfung
Nachweis:	Nachweis über Liefer- und Wiegescheine

Die Analyseergebnisse der Asphaltuntersuchungen sind in den Prüfberichten der Analytik- und Umweltdienstleistungs GmbH in der Anlage 7, Blatt dokumentiert.

4.2.5.5 Abfallverzeichnisverordnung

Unter der Abfalleinstufung wird die Zuordnung eines Abfalls zu einer Abfallart mit einer sechsstelligen Abfallschlüsselnummer verstanden. Neben einer europaweiten einheitlichen Abfallbezeichnung ist das Ziel der Abfalleinstufung die Bestimmung der Gefährlichkeit, aus denen sich Register- und Nachweispflichten für alle an der Entsorgung Beteiligten ergeben. Die Abfalleinstufung erfolgt unabhängig vom vorgesehenen Entsorgungsweg.

Auf Basis der chemischen Untersuchungen aus Kapitel 4.2.5.1 bis 4.2.5.5 können den untersuchten Materialien entsprechende AVV-Abfallschlüsselnummern (Tabelle 12) zugeordnet werden.

Tabelle 12: Beurteilung nach AVV [T18]

La- bor Nr.	Aufschluss	Probe	Tiefe [m]	Ansprache	Teilob- jekt	AVV- Nummer
4	Hauptdamm Nord (links)	MP 1-5	0,00-0,10	Asphaltdecke	12	170302
5	Hauptdamm Süd (rechts)	MP 1-5	0,00-0,10	Asphaltdecke	12	
6	Hauptdamm Nord-Süd	MP	0,00-0,10	Betriebsweg/ Asphalt	12	
7	Hauptdamm Nord-Süd	MP	0,00-0,05	Fugenverguss	12	
8	BS 48 BS 49	MP	0,00-0,30 0,00-0,24	Asphalt (3-lagig) Asphalt (1-lagig)	18	
15	BS 48 BS 48 BS 49 BS 49	4 5 2 3	0,30-0,42 0,42-0,58 0,24-0,38 0,38-0,48	A[GW/GU] A[GW/GU] A[GU/GU*] A[GU/GU*]	18	170107
16	BS 16 BS 17 BS 18 BS 18-1	3 2 3 2	0,30-0,80 0,10-0,50 0,70-1,60 0,15-0,90	A[SU*/UL] A[SU] A[GU/Ziegel] A[SU*/GU*]	15	170107

La- bor Nr.	Aufschluss	Probe	Tiefe [m]	Ansprache	Teilob- jekt	AVV- Nummer
17	BS 20-1	2	0,50-1,00	TM	16	170504
	BS 26	2	0,50-1,30	TM		
	BS 27-1	2	0,50-0,80	TL/TM		
	BS 28	2	0,40-0,80	TL/TM		
18	BS 29	2	0,30-0,90	A[SU*]	17	170504
	BS 30	2	0,10-0,80	A[SU*/UL]		
	BS 34	2	0,10-0,50	A[GU*]		
	BS 37	2	0,10-0,40	A[SU*/GU*]		
19	BS 44	2	0,25-1,00	A[SU*]	18	170504
	BS 45	2	0,20-1,50	A[SU*]		
	BS 46-1	2	0,20-1,50	A[UL]		
20	BS 50	2	0,15-0,50	TL	18	170504
	BS 48-1	2	0,40-1,80	TL/TM		
	BS 47	2	0,40-1,80	UL/UM		
	BS 46	3	1,80-3,20	TM		

Mit den entnommenen Proben wurde das mögliche künftige Aushubmaterial durch die Entnahme von Bodenproben aus Bohrungen bzw. Schürfen („orientierende Untersuchung“) untersucht. Die punktuellen Aufschlusspunkte und die Bereiche der Probenahme wurden so ausgewählt, dass in Abwägung des Kosten- Nutzenverhältnisses eine möglichst große Repräsentanz des Untersuchungsergebnisses erreicht werden konnte. Bei den geplanten Aushubarbeiten wird das gesamte Material aufgenommen und durchmischt. Es ist nicht auszuschließen, dass in diesem Material auch geringer belastete Bereiche vorhanden sind. Diese können ggf. einen Einfluss auf die Konzentrationen problematischer Stoffe im gesamten Haufwerk haben. Auf Grundlage der entnommenen Haufwerksproben muss bei deutlichen Unterschieden zu den vorliegenden Messergebnissen eine Neuordnung des Materials in die Entsorgungsgruppen bzw. -klassen erfolgen. Die Einstufung, ob es sich im Sinne der Abfallverzeichnisverordnung um einen gefährlichen mit „g“ bzw. „*“ versehenen Abfall handelt, richtet sich danach, ob der Abfall gefahrenrelevante Eigenschaften aufweist. Bei keinem der in Tabelle 12 untersuchten Proben wurden Parameter zur Einstufung hin auf „gefährlichen Abfall“ überschritten.

Die hier dargestellten Entsorgungs- und Verwertungswege sind durch einen akkreditierten Sachverständigen zu prüfen und ggf. auf zusätzliche lokale Empfehlungen hin neu zu beurteilen. Die während der Ausführungsarbeiten notwendigen Analysen zur Feststellung umweltbelastender Inhaltsstoffe können von Prüfstellen durchgeführt werden, die eine Bescheinigung über eine erfolgreiche Teilnahme an der analytischen Qualitätssicherung (AQS) der chemischen Laboratorien vorlegen.

4.3 Beschreibung und Bewertung der Baugrundverhältnisse

4.3.1 Vorbemerkungen

Um die Aufschlussergebnisse nach den aktuellen Untersuchungen grafisch darzustellen und bewerten zu können, wurden die Baugrundverhältnisse entlang der einzelnen Varianten innerhalb der Teilobjekte an 9 Baugrundlängs- und insgesamt 17 Querschnitten dargestellt. Unter zusätzlicher Verwendung von Altdaten konnten die Schichtgrenzen an einzelnen Bereichen sicher dargestellt werden.

Es wird aber ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die im geotechnischen Bericht beinhaltete Darstellung der Bodeneigenschaften auf stichpunktartiger Baugrunderkundung beruht und lokale Abweichungen nicht erfasst sind.

4.3.2 Aussagen zu den Baugrundverhältnissen sowie Baugrundsichtung

In der Tabelle 15 wird das vollständige Baugrundmodell mit Bodenkennwerten aus den aktuell gewonnenen Untersuchungen sowie dem Sicherheitsbericht der Vertieften Überprüfung aus dem Jahr 2021 [U9] aufgeführt.

In diesem Kapitel werden nur die durch das Erkundungsprogramm aus dem Jahr 2023 angetroffenen Bodenschichten beschrieben. Die diskontinuierliche Bezeichnung der einzelnen Schichten resultiert aus der bestehenden Schichtbezeichnung des aktuellen Baugrundmodells (Tabelle 15), in denen sich die neuen bzw. angepassten Bodenschichten mit seinen ggf. angetroffenen Variationen einfügen.

Nach den Ergebnissen der direkten Aufschlüsse kann die oberflächennahe Schichtenfolge für das Untersuchungsgebiet bis 8,0 m unter GOK folgendermaßen gegliedert werden:

■ Oberboden [Schicht 0a]

Als Oberboden [Schicht 0a] wurden die im gesamten Untersuchungsgebiet vorhandenen durchwurzelter Bereiche ausgehalten. Nach den Laborergebnissen setzt sich der Oberboden aus einem tonigen und sandigen, schwach kiesigen Schluff zusammen (OH, OU oder A[OH, OU] nach DIN 18196 - Schicht 0a). Im Mittel ist diese Schicht ca. 0,10 bis 0,50 m mächtig. Nach Erfahrungswerten und Literaturangaben wird aufgrund von Durchwurzelung sowie Wühltiereinwirkung ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $1,0 \cdot 10^{-6}$ m/s festgelegt. (Berechnungsansatz Baugrundmodell ($10^{-5} \dots 10^{-7}$ m/s).

■ Wegbefestigung (Kies-/Schottererschicht), grobkörnig - gemischtkörnig [Schicht 0b]

Die ungebundenen Gemische unterhalb der Asphalt-/Betonschichten im Bereich der Landesstraße L 2165, unter der gebundenen Dammkrone (Wellenumlenker und Spurplattenweg) und den Betonplatten der Hochwasserentlastungsanlage wurden aus grobkörnigem bis gemischtkörnigen Kies- bzw. Schottermaterial (A[GW-GU*] nach DIN 18196) hergestellt. Ihre Mächtigkeit konnte bis zu $> \sim 0,80$ m ausgehalten werden.

Für die ungebundenen Schichten kann eine mitteldichte bis dichte Lagerung angenommen werden.

Das grobkörnige Material der Schicht 0b ist mit einem mittleren Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $7,2 \cdot 10^{-4}$ m/s als stark durchlässig bis durchlässig ($1,0 \cdot 10^{-2}$ m/s und $1,0 \cdot 10^{-5}$ m/s im Einzelfall) einzuschätzen.

Zu den vorgefundenen Kiesschichten unterhalb der Dammkrone, im Bereich des Wellenumlenkers bzw. unterhalb des Spurplattenweges, können folgende differenzierte Angaben getroffen werden:

- Im Bereich des Spurplattenweges konnten 2 gemischtkörnige Kiesschichten ausgehalten werden.
Schicht 1: 0,12 m - 0,62 m, stark schluffiger Kies (GU*), kf-Wert = $3,0 \cdot 10^{-5}$ m/s
Schicht 2: 0,38 m - $> 0,80$ m, schwach schluffiger Kies (GU), kf-Wert = $2,3 \cdot 10^{-4}$ m/s
- Im Bereich des Wellenumlenkers konnte 1 grobkörnige Kiesschicht ausgehalten werden.
Schicht 1: 0,11 m - 0,60 m, weitgestufter Kies (GW), kf-Wert = $1,2 \cdot 10^{-3}$ m/s

Keines der vorgefundenen Materialien ist geometrisch suffosionssicher gemäß MMB, Kap 4.2.4 [T51] (Merkblatt Materialtransport im Boden).

■ Stützkörper, feinkörnig - gemischtkörnig [Schicht 2]

Der Stützkörper liegt als anthropogen umgelagerter feinkörniger – gemischtkörniger, grau-brauner, mit größerem Kiessand (diluvialen Schotterterrassen bei Henschleben) versetzter Mischboden vor. Dieser Mischboden tritt meist in überwiegend halbfester – steifer Konsistenz bzw. dichter Lagerung (A[TL/TM, UL/UM, SU*/ST*, GU*/GT*] nach DIN 18196) auf.

Der Stützkörper zeichnet sich durch eine mittlere bis große Wasser- und Frostepfindlichkeit aus. Die Konsistenz des Stützkörpers hängt von der Durchfeuchtung ab. Dieser feinkörnige – gemischtkörnige Boden kann in den weichen bis breiigen Zustand übergehen, was bei der Festlegung der Bodenkennwerte für die Tragwiderstandsbedingungen berücksichtigt wurde.

Die im Labor rechnerisch ermittelten Wasserdurchlässigkeiten des feinkörnigen – gemischtkörnigen Stützkörpers sind mit einem k_f -Wert von $1,7 \cdot 10^{-7}$ m/s bis $2,8 \cdot 10^{-8}$ m/s als schwach durchlässig zu bezeichnen.

Für die Angabe eines charakteristischen Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes für den Stützkörper ist sowohl dessen heterogener Aufbau als auch die Einbeziehung der natürlichen Lagerung sowie der hydraulischen Einflüsse von großer Bedeutung. Daher wird als charakteristischer Wert für die Wasserdurchlässigkeit ein k_f -Wert von $1 \cdot 10^{-7}$ m/s festgelegt.

Grundsätzlich wurde bei den aktuellen Untersuchungen festgestellt, dass das verwendete Material für den Stützkörper [U10]: verlehnte Schotterterrasse, auf Grund der aktuellen Laborergebnisse und Bohrungen in Art und Genese bestätigt werden kann, aber hinsichtlich seiner bestehenden Boden- und Materialkennwerte in Teilen (Wasserdurchlässigkeit) angepasst werden muss.

Die bestehenden Boden- und Materialkennwerte der vertieften Untersuchung für den Stützkörper: Reibungswinkel = $30,0^\circ$, Kohäsion = $1,5 \text{ kN/m}^2$, Wichte = $20,0 \text{ kN/m}^3$, k_f -Wert = $2,0 \cdot 10^{-5}$ m/s wurden unter Berücksichtigung der der aktuellen bodenphysikalischen und bodenmechanischen Untersuchungen und Empfehlungen der EAU, für die Tragwiderstandsbedingung A (TWB A) wie folgt aktualisiert:

Reibungswinkel = $30,0^\circ$, Kohäsion = $2,0 \text{ kN/m}^2$, Wichte = $20,0 \text{ kN/m}^3$, k_f -Wert = $1,0 \cdot 10^{-7}$ m/s.

■ Auffüllungen grob- bis gemischtkörnig [Schicht 3a, 3b]

Im Bereich der Ingenieurbauwerke sowie in Teilen entlang der einzelnen geplanten Verlaufsvarianten in den Teilobjekten TO 14 bis TO 18 kann nach den Aufschlussarbeiten eine überwiegend gemischtkörnige Auffüllung ausgehalten werden. Sie besteht aus einem Gemisch aus umgelagertem Mergelstein/ Tonstein, mineralischen Abfällen sowie Auelehm, welcher mit Sand und Kies vermischt ist. Der Boden kann als schluffiger und toniger Sand und Kies (A[SU/ST-SU*/ST*, GU/GT-GU*/GT*] nach DIN 18196 - Schicht 3b) angesprochen werden. Die Auffüllung der Schicht 3b weist einen Bereich der Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von 10^{-5} bis 10^{-7} m/s auf, wodurch sie als durchlässig bis schwach durchlässig zu werten ist. Untergeordnet treten auch feinkörnige, schwach sandige, kiesige Tone und Schluffe (A[UL/TL, UM/TM] nach DIN 18196 – Schicht 3a) auf, deren Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte erfahrungsgemäß von 10^{-8} bis 10^{-10} m/s einzuordnen sind. Dadurch sind sie als schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig zu werten.

Die Mächtigkeit der angetroffenen Auffüllungen außerhalb des Dammkörpers variiert von ca. 0,20 m – 3,70 m (Bereich des Brückenwiderlagers im TO 14).

■ Auelehm, feinkörnig und leicht- bis mittelplastisch, ausgeprägt plastisch sowie organisch [Schicht 4a, 4b und 4c]

Die jüngsten Ablagerungen im Untersuchungsgebiet bestehen überwiegend aus feinkörnigem Auelehm. Dabei handelt es sich überwiegend um stark schluffige, fein- bis schwach grobsandige, mitunter schwach kiesige, leicht- bis mittelplastische Tone bzw. Schluffe (TL, TM, UL, UM nach DIN 18196 - Schicht 3a) mit einem Feinkornanteil zw. 61 % und 98 %. Untergeordnet liegt der Auelehm in ausgeprägt plastischer Form vor und ist als schwach

sandiger Schluff oder Ton (TA, UA nach DIN 18196 - Schicht 4b) mit einem Feinkornanteil zw. 94 % und 98 % ausgebildet. Lokal müssen diese überwiegend ausgeprägt plastischen Tone und Schluffe auf Grund von organischen Beimengungen (nach DIN 1054, [T22]) als organische Schluffe bzw. organische Tone (OU/OT nach DIN 18196 – Schicht 4c) klassifiziert werden.

Das Korngrößenverteilungsband bzw. die Summenkurve für die Auelehme sind in den Abbildungen 4 bis 6 dargestellt.

Das feinkörnige, leicht- bis mittelpastische Material in überwiegend steifer bis halbfester Konsistenz (Schicht 4a) ist bei Wasserdurchlässigkeitsbeiwerten von $1,6 \cdot 10^{-9}$ bis $6,1 \cdot 10^{-11}$ m/s (im Mittel $6,0 \cdot 10^{-10}$ m/s) als sehr schwach durchlässig zu bewerten (Berechnungsansatz Baugrundmodell $10^{-9} \dots 10^{-11}$ m/s). Der lokal auftretende ausgeprägt plastische Ton bzw. Schluff (Schicht 4b) ist bei Wasserdurchlässigkeitsbeiwerten von $3,7 \cdot 10^{-10}$ bis $1,0 \cdot 10^{-10}$ m/s (im Mittel $2,8 \cdot 10^{-10}$ m/s) als sehr schwach durchlässig zu bewerten (Berechnungsansatz Baugrundmodell $10^{-9} \dots 10^{-11}$ m/s). Der organische Ton bzw. Schluff (Schicht 4c) ist mit Wasserdurchlässigkeitsbeiwerten von $2,9 \cdot 10^{-10}$ bis $2,7 \cdot 10^{-11}$ m/s (im Mittel $1,7 \cdot 10^{-10}$ m/s) als sehr schwach durchlässig zu bewerten (Berechnungsansatz Baugrundmodell $10^{-9} \dots 10^{-11}$ m/s).

Für den Auelehm der Schichten 4a, 4b und 4c wurden entsprechend des lokal angetroffenen Grund- oder Schichtenwassers mittlere Wassergehalte von $W_N = 15,0$ % bis 30,0 % (unter der Schrumpfgrenze) ermittelt. Der ermittelte Glühverlust V_{gl} liegt zwischen 4 und 7%.

Die gesamten feinkörnigen Auelehmböden zeichnen sich durch eine große Wasser- und Frostempfindlichkeit aus.

Die Mächtigkeit der angetroffenen Auelehmschicht variiert von ca. 1,50 m – 3,20 m. Der Auelehm variiert in seiner Konsistenz bzw. Lagerungsdichte entsprechend seiner Lage zum Grundwasser zwischen steifer und halbfester Konsistenz, wie die Feldversuche gemäß DIN EN ISO 22476-2 (Schwere Rammsonde [DPH] $N_{10} = 1 - 25$), die Ansprache vor Ort sowie die bodenphysikalischen Laboruntersuchungen belegten. Folgende Kenngrößen aus den bodenphysikalischen und bodenmechanischen Untersuchungen, unter Berücksichtigung der Empfehlung der EAU, wurden für die Tragwiderstandsbedingung A (TWB A) abgeleitet:

- Schicht 4a: Reibungswinkel = $27,5^\circ$, Kohäsion = $5,0 \text{ kN/m}^2$, Wichte = $19,5 \text{ kN/m}^3$.
- Schicht 4b: Reibungswinkel = $22,5^\circ$, Kohäsion = $15,0 \text{ kN/m}^2$, Wichte = $19,5 \text{ kN/m}^3$.
- Schicht 4c: Reibungswinkel = $20,0^\circ$, Kohäsion = $10,0 \text{ kN/m}^2$, Wichte = $17,0 \text{ kN/m}^3$.

■ Sande und Kiese (Unstrutschotter), i.W. grobkörnig, gemischtkörnig [Schicht 5]

Innerhalb der ehemaligen Talauen im Bereich der Untersuchungsgebiete, insbesondere im Bereich der aktuellen Flussläufe von Gera, Unstrut und Mittelgraben lagern über dem Keuper als quartäre Flussablagerungen die Unstrutschotter.

Nach den Laborergebnissen handelt es sich dabei zum einen um grob- bis gemischtkörnige, schwach schluffige und sandige Kiese bzw. grob- bis gemischtkörnige, schwach schluffige kiesige Sande (GW-GU*/GT*, SW-SU*/ST* nach DIN 18196 - Schicht 5) mit einem Feinkornanteil von 5 % bis 25 %.

Der mit den Schweren Rammsonden erfasste Ablagerungsbereich zeigt überwiegend eine mitteldichte Lagerung ($N_{10} = 2 - 34$). Die durch Kornverteilungen ermittelten k_f -Werte von $2,3 \cdot 10^{-3} - 1,3 \cdot 10^{-6}$ m/s können als charakteristisch angesehen werden.

Der Unstrutschotter ist als Lockergesteinsgrundwasserleiter (Porengrundwasserleiter) im Untersuchungsgebiet anzusehen.

Der Schotter wird aufgrund seiner Kornverteilung bei einem mittleren k_f -Wert von $2,9 \cdot 10^{-4}$ m/s als stark durchlässig bis durchlässig eingestuft (Ansatz Baugrundmodell $10^{-4} \dots 10^{-6}$ m/s).

Aus den Erfahrungswerten und bodenmechanischen Untersuchungen wurden folgende Kenngrößen, unter Berücksichtigung der Empfehlungen der EAU, für die Tragwiderstandsbedingung A (TWB A) abgeleitet:

Reibungswinkel = $35,0^\circ$, Kohäsion = $2,0 \text{ kN/m}^2$, Wichte = $21,0 \text{ kN/m}^3$.

■ **Festgesteinszersatz bzw. Verwitterungshorizont, gemischtkörnig – feinkörnig [Schicht 6]**

Der im Liegenden der quartären Ablagerung angetroffene braungraue (lokal auch graugrün) bis rotbraune Festgesteinszersatz bzw. Verwitterungshorizont (Keuper) liegt als stark brüchiger, kalkhaltiger Mergelstein bzw. kalkloser Tonstein in einer überwiegend leicht- bis mittelplastischen feinkörnigen Matrix Mst/Tst(SU*/ST*-UM/TM) nach DIN 18196 und DIN 4023) vor. Der überwiegend zu Ton/ Schluff verwitterte bzw. bröckelige, vereinzelt fein laminierte bis grob laminierte Festgesteinszersatz, dessen Klüftung nicht erkennbar ist, besitzt teilweise grauweiße Residualbildungen bis hin zu Gipsresten in pulverförmiger bzw. knolliger Form.

Der mit den Schweren Rammsonden erfasste Zersatzbereich ($N_{10} = 2$ bis >70) zeigt vom Hangenden zum Liegenden eine weiche (locker) bis halbfeste/feste (dichte) Konsistenz (Lagerung). Der Verwitterungshorizont ist als Festgesteinsgrundwasserleiter (Porengrundwasserleiter) im Bereich des Untersuchungsgebietes anzusehen. Der Zersatzbereich als eigenständiger Komplex kann auf Grund der Wasserwegsamkeiten innerhalb der Schichtflächen und auf möglichen Klüften als Festgesteinsgrundwasserleiter (Schicht-/Kluftgrundwasserleiter) angesprochen werden. Die durch Kornverteilungen ermittelten kf-Werte von $2,3 \cdot 10^{-10}$ – $7,2 \cdot 10^{-11}$ m/s können als charakteristisch für das zersetzte feinkörnige Material angesehen werden.

Für den Zersatzbereich wird aufgrund seiner Kornverteilung und basierend auf Erfahrungswerten ein k_f -Wert von $1,0 \cdot 10^{-7}$ m/s für weitere Berechnungen angesetzt. Er ist demzufolge als durchlässig bis schwach durchlässig zu bezeichnen.

Die vorliegenden Boden- und Materialkennwerte der vertieften Untersuchung für den Keuper mit Felsersatz: Reibungswinkel = $26,5^\circ$, Kohäsion = $21,0 \text{ kN/m}^2$, Wichte = $19,0 \text{ kN/m}^3$, kf-Wert = $1,0 \cdot 10^{-5}$ m/s wurden unter Berücksichtigung der aktuellen bodenphysikalischen und bodenmechanischen Untersuchungen und den Empfehlungen der EAU für die Tragwiderstandsbedingung A (TWB A) wie folgt aktualisiert:

Reibungswinkel = $25,0^\circ$, Kohäsion = $10,0 \text{ kN/m}^2$, Wichte = $20,0 \text{ kN/m}^3$, kf-Wert = $1,0 \cdot 10^{-7}$ m/s.

■ **Gebundene Deck- bzw. Tragschichten [Schicht 9]**

Die gebundenen Deck- und Tragschichten der Schicht 9 werden nur der Vollständigkeit halber erwähnt. Dabei handelt es sich überwiegend im Bereich der wasserseitigen Dammkrone um eine bis 11 cm mächtige 1-lagige Asphaltbetonschicht bzw. luftseitig um eine bis zu 25 cm mächtige Betonschicht (Fahrplattenweg). Im Bereich der Hochwasserentlastungsanlage wurden Betonplatten und Pflastersteine bis 35 cm Mächtigkeit erschlossen.

■ **Zusammenfassung der Rammpbarkeit und Lagerungsdichte**

Um Aussagen zur Lagerungsdichte und Rammpbarkeit der Böden zu treffen wurden die durchgeführten schweren Rammsonden ausgewertet. Die hier dargestellten Ergebnisse zeigen den Beginn für Bereiche mit dichter Lagerung an. Die Ergebnisse der Rammsondierungen und der Auswertung der Schlagzahlen sind in Tabelle 13 zusammengefasst und in Anlage 4 neben der entsprechenden RKS dargestellt.

Tabelle 13: Ergebnisse nach Auswertung der schweren Rammsondierungen

DPH	Teil- objekt	Höhe [m NHN]	Auswertung DPH erstmalig dicht/ halbfest ab		Auswertung DPH durchgängig dicht/ halbfest ab	
			[m u. GOK]	[m NHN]	[m u. GOK]	[m NHN]
Hochwasserentlastungsanlage						
01	14	+145,97	0,70	+145,27	0,70	+145,27
02	14	+151,51	0,80	+150,71	0,80	+150,71
03	14	+149,49	2,80	+146,69	2,80	+146,69
04	14	+144,87	1,20	+143,67	1,20	+143,67
05	14	+150,58	1,50	+149,08	1,50	+149,08
06	14	+148,36	2,80	+145,56	4,60	+143,76
07	14	+144,40	1,90	+142,50	4,00	+140,40
08	14	+148,60	1,80	+146,80	6,10	+142,50
09	14	+148,49	2,20	+146,29	7,70	+140,79
Tosbecken						
10	14	+144,57	4,70	+139,87	4,70	+139,87
11	14	+146,87	4,10	+142,77	4,10	+142,77
12	14	+144,54	2,50	+142,04	4,70	+139,73
Brücke						
13	14	+152,99	4,40	+148,59	6,30	+146,69
14	14	+149,59	1,60	+147,99	6,30	+143,29
15	14	+149,43	2,50	+146,93	6,30	+143,13
Verlängerung Hauptdamm Süd						
16	15	+151,69	0,60	+151,09	-	-
Im Bereich der DPH 16 liegen überwiegend locker bis mitteldichte Lagerungen vor						
17	15	+151,49	-	-	-	-
Im Bereich der DPH 17 liegen überwiegend lockere Lagerungen vor						
18	15	+153,25	1,40	+151,85	-	-
Im Bereich der DPH 18 liegen überwiegend lockere Lagerungen vor						
Schutzdamm Schwerstedt						
20	16	+151,00	2,20	+148,80	2,20	+148,80
21	16	+151,23	3,50	+147,73	3,50	+147,73
22	16	+149,99	6,10	+143,89	6,10	+143,89
23	16	+149,85	4,80	+145,05	5,90	+143,95
24	16	+150,17	4,40	+145,77	5,40	+144,77
25	16	+150,28	4,60	+145,68	4,60	+145,68
26	16	+150,26	3,70	+146,56	6,90	+143,36
27	16	+151,41	5,50	+145,91	7,90	+143,51
Schutzdamm Straußfurt/ Nordvariante						
29	17	+150,80	1,50	+149,30	3,90	+146,90
30	17	+150,73	0,90	+149,83	4,00	+146,73
31	17	+150,77	1,80	+149,97	2,70	+148,07
Schutzdamm Straußfurt/ Südvariante						
32	17	+149,83	1,60	+148,23	1,60	+148,23

DPH	Teil- objekt	Höhe [m NHN]	Auswertung DPH erstmalig dicht/ halbfest ab		Auswertung DPH durchgängig dicht/ halbfest ab	
			[m u. GOK]	[m NHN]	[m u. GOK]	[m NHN]
33	17	+149,09	3,40	+145,69	3,40	+145,69
34	17	+148,19	2,70	+145,49	2,70	+145,49
37	17	+148,35	1,90	+146,45	4,30	+144,05
39	17	+149,86	0,50	+149,36	2,10	+147,76
40	17	+150,16	0,80	+149,36	2,10	+148,06
Schutzdamm Gebesee						
44	18	+151,33	5,90	+145,43	5,90	+145,43
45	18	+150,94	7,20	+143,74	7,20	+143,74
46	18	+149,27	4,70	+144,57	7,40	+141,87
47	18	+149,35	5,80	+143,55	7,00	+142,35
48	18	+150,41	6,00	+144,41	-	-
bei 6,00 m dichte Lagerungsverhältnisse, darunter immer im Grenzbereich mitteldicht bis dicht						
49	18	+150,76	6,20	+144,56	-	-
Bei 6,20 m dichte Lagerungsverhältnisse, darunter immer im Grenzbereich mitteldicht bis dicht						

Grundsätzlich liegt die Grenze zwischen lockerer und mitteldichter Lagerung bei $D = 0,35$ und zwischen mitteldichter und dichter Lagerung bei $D = 0,65$ für grobkörnige Böden. Nach DIN EN ISO 22476-2 (DIN 4094-3 alt) kann für die anstehenden Sande und Kiese die Grenze zwischen locker und mitteldicht bei einer Schlagzahl im Grundwasser von $N_{10} = 3$ (über Grundwasser $N_{10} = 7$) und zwischen mitteldicht und dicht bei $N_{10} = 11$ (über Grundwasser $N_{10} = 19$) angesetzt werden. Die Rammbarkeit für feinkörnige Böden wird über deren Konsistenz I_c beschrieben. Bei feinkörnigen Böden mit steifer Konsistenz ($I_c = 0,75 - 1,00$) wird von einer mittelschweren Rammbarkeit einer Spundwand ausgegangen. Die Grenze zwischen weicher und steifer Konsistenz kann bei einer Schlagzahl $N_{10} = 5$ angesetzt werden.

Eine schwere Rammbarkeit von feinkörnigen Böden liegt bei deren halbfester bis fester Konsistenz ($I_c = > 1,00$) vor. Die Grenze zwischen steifer und halbfester Konsistenz kann ab einer Schlagzahl $N_{10} = 9$ angesetzt werden.

Die in Tabelle 13 ausgewerteten Rammsondierungen wurden im Verlauf der Varianten des Hochwasserrückhaltebeckens Straußfurt durchgeführt und geben punktuell Auskunft über die Lagerungsdichte, Rammbarkeit und Lösbarkeit der anstehenden Böden. Eine auf die einzelnen 5 Teilobjekte bezogene Bewertung der Lagerungsdichten erfolgt in Kapitel 4.3.4.

4.3.3 hydrogeologische Verhältnisse im Baubereich

Die quartären Sande und Kiese (s. g. Unstrut-Schotter) können im Untersuchungsgebiet die obersten Grundwasserleiter ausbilden. Je nach Mächtigkeit der umgebenen bindigen Deckschichten sowie des Füllgrades des HRB-Straußfurt können gespannte oder nicht gespannte Grundwasserverhältnisse vorliegen.

In Tabelle 14 sind die Ergebnisse der Grundwasserlotung nach Beenden der Sondierungen zusammengefasst. Die Grundwasserstände sind den Anlagen 3 und 4 zu entnehmen.

Tabelle 14: Zusammenstellung der ermittelten Grundwasserstände

Aufschluss	Teilobjekt	Höhe	Wasser- anschnitt m u GOK	Ruhewasser m u GOK	Wasser- anschnitt m NHN	Ruhewasser m NHN
Hauptdamm Süd						
BS 51	12	+149,28	4,75	3,45	+144,53	+145,83
BS 52	12	+150,30	-	6,07	-	+144,23
BS 53	12	+148,25	-	3,80	-	+144,45
BS 54	12	+149,98	-	5,65	-	+144,33
BS 55	12	+148,21	-	3,75	-	+144,46
Hochwasserentlastungsanlage						
BS 7	14	+144,40	1,90	0,24	+142,50	+144,16
BS 9	14	+148,49	-	5,80	-	+142,69
Tosbecken						
BS 10	14	+144,57	2,60	0,92	+141,97	+143,65
BS 11	14	+146,87	4,00	3,31	+142,87	+143,56
BS 12	14	+144,54	2,40	0,86	+142,14	+143,68
BS 12-1	14	+147,78	5,80	3,95	+141,98	+143,83
Schuttdamm Schwerstedt						
BS 20	16	+151,00	-	1,69	-	+149,31
BS 20-1	16	+149,90	1,60	0,75	148,30	+149,15
BS 21	16	+151,23	3,40	2,73	147,83	+148,50
BS 22	16	+149,99	-	2,67	-	+147,32
BS 23	16	+149,85	1,20	0,75	148,65	+149,10
BS 24	16	+150,70	3,30	2,00	147,40	+148,70
BS 25	16	+150,28	3,30	2,15	146,98	+148,13
BS 26	16	+150,26	5,00	1,95	145,26	+148,31
BS 26-1	16	+150,07	4,30	1,75	145,77	+148,32
BS 27	16	+151,41	5,00	3,25	146,41	+148,16
BS 27-1	16	+150,34	3,80	2,23	146,54	+148,11
Schuttdamm Straußfurt/ Südvariante						
BS 29	17	+150,80	-	4,40	-	+146,40
BS 32	17	+149,83	2,00	1,87	147,83	+147,96
BS 34	17	+148,19	-	0,48	-	+147,71
BS 37	17	+148,35	-	4,40	-	+143,95
Schuttdamm Gebesee						
BS 44	18	+151,33	4,00	3,63	147,33	+147,70
BS 45	18	+150,94	4,50	3,10	146,54	+147,84
BS 46	18	+149,27	3,20	1,74	146,07	+147,53
BS 46-1	18	+150,88	6,30	3,40	144,58	+147,48
BS 47	18	+149,35	2,80	1,74	146,55	+147,61
BS 48	18	+150,41	5,50	2,72	144,91	+147,69
BS 48-1	18	+149,60	3,40	2,05	146,20	+147,55
BS 49	18	+150,76	5,70	2,84	145,06	+147,92
BS 50	18	+152,12	2,70	2,41	149,58	+149,71

Während der Aufschlussarbeiten von Juli bis November 2023 konnten an insgesamt 35 der 59 Aufschlussunkte Wasserstände ermittelt werden. Nach Beenden der jeweiligen Aufschlussarbeiten entlang der einzelnen Teilobjekte wurde der Grundwasserflurabstand (in Ruhe) zwischen 0,24 m und 6,07 m unter Geländeoberkante gelotet. Die Grundwasseroberfläche (in Ruhe) bewegte sich damit zwischen +142,69 m NHN₁₆ und +149,71 m NHN₁₆.

4.3.4 Abschnittsbezogene Aussagen zu den Baugrundverhältnissen

4.3.4.1 Baugrundverhältnisse in den Teilobjekten am Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt

Die lithologische Gliederung des Baugrundes am HRB Straußfurt in seinen jeweiligen Teilobjekten 12 bis 18 basiert auf den Ergebnissen der aktuellen Einzelaufschlüsse unter teilweiser Verwendung von Altbohrungen [U9], wodurch die Schichtgrenzen dargestellt werden konnten. Die sich daraus ergebenden Baugrundverhältnisse sind innerhalb der Teilobjekte ab Geländeoberkante in den Baugrundlängsschnitten und -querschnitten der Anlage 3 dargestellt.

Die Anlagen 3.1.1 bis 3.10.1 zeigen die Baugrundverhältnisse in den Planungsabschnitten unter der Berücksichtigung der jeweils darin beabsichtigten Varianten.

Teilobjekt 12 - Hauptdamm

Ziel der Untersuchung mittels Rammkernsondierungen im Bereich des südlichen Hauptdammes war die Zusammensetzung des Stützkörpers sowie die Ausbildung des Anstehenden bzw. die Dammaufstandsfläche im Bereich des Dammuntergrundes zu erkunden.

Als Basis für die Konstruktion der Regelquerschnitte der Anlagen 3.1.1 bis 3.1.3 wurde der Regel- bzw. Bemessungsquerschnitt 8 bei Station 1+525,9 der vertieften Überprüfung Teil A6 (2019) genutzt.

Teilobjekt 12 - Hauptdamm – Querprofil 1 (Station 1+650, Anlage 3.1.1)

Für die Konstruktion des geotechnischen Regelquerschnittes (Anlage 3.1.1) konnten insgesamt eine aktuelle Rammkernsondierung (bis 5,0 m) sowie zwei Rammkernsondierungen) aus dem Jahr 2015 (bis 3,00 m) einbezogen werden.

Der geotechnische Schnitt verläuft senkrecht zur Dammachse. Folgende Aussagen können bzgl. Zusammensetzung des Stützkörpers und des Dammuntergrundes getroffen werden:

Nach den Ergebnissen der direkten Aufschlüsse steht im Bereich der luftseitigen Dammböschung, unterhalb des ca. 0,40 m mächtigen Oberbodens die ursprüngliche Böschungsabdeckung, ein 0,90 m mächtiger „sandiger Lehm“ bzw. ein stark schluffiger, mit Beton- und Schotterresten versetzter Sand der **Schicht 3b** an. Im Liegenden der Böschungsabdeckung konnte bis ~4,50 m unter GOK ein stark schluffiger, toniger Sand bzw. leicht bis mittelplastischer Ton der **Schicht 2** (Stützkörper) ausgehalten werden. Unterhalb des Stützkörpermaterials wurde ein geringmächtiger (0,25 cm) ausgeprägt plastischer Schuff der **Schicht 4b** ausgehalten, der wiederum vom Unstrutschotter (**Schicht 5**) unterlagert wird. Die beiden Rammkernsondierungen aus dem Jahr 2015 zeigen für diesen Regelquerschnitt auch Abweichungen. Wasser- sowie luftseitig folgte unter dem Oberboden ein schwach schluffiger Kies der **Schicht 11**, der unterlagert wird von mittel- bis ausgeprägt plastischen Tonen/ Schluffen (**Schicht 4a, 4b**). An deren Basis lagern wiederum quartäre Flussschotter der **Schicht 5**.

Der Wasseranschnitt bei der BS 51 erfolgte im Bereich des Dammkörpers am Übergang vom ausgeprägt plastischen Auelehm zum Unstrutschotter +144,53 m NHN₁₆. Der Wasserspiegel stieg anschließend um 1,30 m auf +145,83 m NHN₁₆ (Ruhewasserspiegel) an. Die aus dem Jahr 2015 ermittelten Wasserangaben spiegeln den aktuellen Ruhewasserstand wieder.

Teilobjekt 12 - Hauptdamm – Querprofil 2 (Station 1+690, Anlage 3.1.2)

Für die Konstruktion des geotechnischen Regelquerschnittes (Anlage 3.1.2) konnten insgesamt zwei aktuelle Rammkernsondierungen (bis 8,0 m) einbezogen werden.

Der geotechnische Schnitt verläuft senkrecht zur Dammachse. Folgende Aussagen können bzgl. Zusammensetzung des Stützkörpers und des Dammuntergrundes getroffen werden:

Nach den Ergebnissen der direkten Aufschlüsse steht im Bereich der luftseitigen Dammböschung, unterhalb des ca. 0,25 m mächtigen Oberbodens die ursprüngliche Böschungsabdeckung, ein 1,55 m mächtiger schluffiger, mit Beton- und Schotterresten versetzter Kies der **Schicht 3b** an. Im Liegenden der Böschungsabdeckung konnte bis ~144,40 m NHN₁₆ ein stark schluffiger, toniger Sand bzw. leicht bis mittelplastischer Ton/ Schluff der **Schicht 2** (Stützkörper) ausgehalten werden. Das Stützkörpermaterial wird vom bis > 2,30 m mächtigen Unstrutschotter der **Schicht 5** unterlagert.

Der Wasseranschnitt entspricht dem Ruhewasserspiegel und liegt im Bereich des Dammkörpers am Übergang vom Stützkörper zum Unstrutschotter von +144,23 m NHN₁₆ bis +144,45 m NHN₁₆.

Teilobjekt 12 - Hauptdamm – Querprofil 3 (Station 1+597, Anlage 3.1.3)

Für die Konstruktion des geotechnischen Regelquerschnittes (Anlage 3.1.3) konnten insgesamt zwei aktuelle Rammkernsondierungen (bis 8,0 m) einbezogen werden.

Der geotechnische Schnitt verläuft senkrecht zur Dammachse. Folgende Aussagen können bzgl. Zusammensetzung des Stützkörpers und des Dammuntergrundes getroffen werden:

Nach den Ergebnissen der direkten Aufschlüsse steht im Bereich der luftseitigen Dammböschung, unterhalb des ca. 0,25 m mächtigen Oberbodens die ursprüngliche Böschungsabdeckung, ein 1,15 m starker schluffiger, mit Beton- und Schotterresten versetzter Kies der **Schicht 3b** an. Im Liegenden konnte bis ~144,03 m NHN₁₆ ein schluffiger, toniger Sand/ Kies bzw. leicht bis mittelplastischer Ton/ Schluff der **Schicht 2** (Stützkörper) ausgehalten werden. Unterhalb des Stützkörpermaterials wurde ein geringmächtiger (~0,80 cm) leicht- bis mittelplastischer plastischer Ton/ Schluff der **Schicht 4a** ausgehalten, der wiederum vom > 3,90 m mächtigen Unstrutschotter **Schicht 5** unterlagert wird.

Der Wasseranschnitt entspricht dem Ruhewasserspiegel und liegt im Bereich des Dammkörpers am Übergang vom Stützkörper zum Unstrutschotter von +144,33 m NHN₁₆ bis +144,46 m NHN₁₆.

Teilobjekt 14 - Hochwasserentlastungsanlage

Gegenstand der Untersuchung mittels Rammkernsondierungen im Bereich der Hochwasserentlastungsanlage war die Zusammensetzung des Brückenwiderlagers sowie die Ausbildung des Anstehenden im Bereich Sammel- und Schussrinne zu erkunden.

Auf Basis der Aufschlüsse konnten drei Längsschnitte (Anlage 3.3.1) sowie fünf Querschnitte (Anlagen 3.2.1 – 3.2.5) im Bereich der Hochwasserentlastungsanlage erstellt werden.

Teilobjekt 14 - Hochwasserentlastungsanlage – Längsprofil 1 (nördliche HWE, Anlage 3.3.1)

Für die Konstruktion des geotechnischen Längsschnittes - 1 (Anlage 3.3.1) konnten insgesamt acht Rammkernsondierungen (bis 7,0 m) sowie sechs Schwere Rammsondierungen (bis 8,00 m) einbezogen werden.

Der geotechnische Schnitt verläuft horizontal zur Achse am nördlichen Rand der Hochwasserentlastungsanlage. Folgende Aussagen können zur Geologie im Bereich der HWE getroffen werden:

Nach den direkten Aufschlüssen ist in diesem Abschnitt zwischen 0+000 bis 0+520 ab GOK überwiegend mit gemischtkörnigen, bis ca. 1,30 m mächtigen Auffüllungen (**Schicht 0b**) zu rechnen. Untergeordnet treten am östlichen Ende (BS 11), im Bereich Tosbecken, gepflasterte Bereiche der **Schicht 9** auf.

Zwischen Station 0+000 bis 0+120 schließt direkt unterhalb der grobkörnigen Auffüllungen der Keuper mit Felszersatz an (**Schicht 6**), der bis Station 0+440 mit Mächtigkeiten von > 4,70 m den Basishorizont des Erkundungsbereiches bildet.

Ab Station 0+120 wird der Keuper überlagert von leicht- bis mittelplastischen Tonen und Schluffen der **Schicht 4a**, die insbesondere im Bereich des Brückenbauwerkes und dessen Widerlager über die Hochwasserentlastungsanlage (BS 14 bis BS 15) mit feinkörnigen (**Schicht 3a**) und grobkörnigen (**Schicht 3b**) Auffüllungen überlagert werden. Zwischen Station 0+400 bis 0+520 bilden bis zu 4,40 m mächtige, feinkörnige (**Schicht 4a**) bzw. bis zu 2,00 m mächtige grobkörnige (**Schicht 5**) quartäre Ablagerungen die Basis der Aufschlüsse. Im Bereich der Rammkernsondierung BS 12-1 konnte eine bis 1,65 m mächtige organische Auelehmschicht (**Schicht 4c**) ausgehalten werden.

Grundwasser wurde entlang des gesamten Abschnittes nur im östlichen Bereich der Hochwasserentlastungsanlage angetroffen werden. Dabei herrschen zwischen Station 0+450 und 0+520 bei einem Flurabstand von 3,31 m bis 3,95 m durchgängig gespannte hydraulische Verhältnisse. Der Grundwasserspiegel in Ruhe liegt zwischen +143,56 m NHN₁₆ bis +143,83 m NHN₁₆.

Teilobjekt 14 - Hochwasserentlastungsanlage – Längsprofil 2 (mittig HWE, Anlage 3.3.1)

Für die Konstruktion des geotechnischen Längsschnittes - 2 (Anlage 3.3.1) konnten insgesamt fünf Rammkernsondierungen (bis 5,0 m) sowie vier Schwere Rammsondierungen (bis 5,50 m) einbezogen werden.

Der geotechnische Schnitt verläuft horizontal zur Achse mittig der Hochwasserentlastungsanlage. Folgende Aussagen können zur Geologie im Bereich der HWE getroffen werden:

Die komplette Beckensohle der Hochwasserentlastungsanlage ist mit bis zu 0,35 m mächtigen Betonplatten (**Schicht 9**) verkleidet. Am östlichen Ende, dem Tosbecken treten bei BS 10 wieder 0,20 m mächtige, in Beton gegossene Pflasterdecken (**Schicht 9**) auf.

Nach den direkten Aufschlüssen ist in diesem Abschnitt zwischen 0+000 bis 0+470 unterhalb der Betonplatten mit grobkörnigen, bis ca. 0,40 m mächtigen Auffüllungen (**Schicht 0b**) zu rechnen.

Zwischen Station 0+000 bis 0+240 schließt direkt unterhalb der grobkörnigen Auffüllungen der Keuper mit Felszersatz an (**Schicht 6**), der bis Station 0+470 mit Mächtigkeiten von > 4,70 m den Basishorizont des Erkundungsbereiches bildet.

Ab Station 0+240 wird der Keuper überlagert von leicht- bis mittelplastischen Tonen und Schluffen der **Schicht 4a**, und im Bereich des Tosbeckens (0+380 bis 0+470) zusätzlich noch von grobkörnigen, bis zu 0,90 m mächtigen Kiesen (**Schicht 5**).

Wasser innerhalb des Erkundungsbereiches wurde wiederum nur im östlichen Bereich der Hochwasserentlastungsanlage angetroffen werden. Dabei herrschen zwischen Station 0+380 und 0+470 bei einem Flurabstand von 0,24 m bis 0,92 m durchgängig gespannte hydraulische Verhältnisse. Der Grundwasserspiegel in Ruhe liegt zwischen +143,65 m NHN₁₆ bis +144,16 m NHN₁₆.

Teilobjekt 14 - Hochwasserentlastungsanlage – Längsprofil 3 (südliche HWE, Anlage 3.3.1)

Für die Konstruktion des geotechnischen Längsschnittes - 3 (Anlage 3.3.1) konnten insgesamt sechs Rammkernsondierungen (bis 7,0 m) sowie fünf Schwere Rammsondierungen (bis 11,00 m) einbezogen werden.

Der geotechnische Schnitt verläuft horizontal zur Achse am südlichen Rand der Hochwasserentlastungsanlage. Folgende Aussagen können zur Geologie im Bereich der HWE getroffen werden:

Nach den direkten Aufschlüssen ist in diesem Abschnitt zwischen 0+000 bis 0+440 ab GOK überwiegend mit grobkörnigen bis gemischtkörnigen, bis ca. 1,30 m mächtigen Auffüllungen

(**Schicht 0b**) zu rechnen. Untergeordnet treten am östlichen Ende (BS 12), im Bereich Tosbecken, gepflasterte Bereiche der **Schicht 9** auf.

Zwischen Station 0+000 bis 0+120 schließt direkt unterhalb der grobkörnigen Auffüllungen der Keuper mit Felszersatz an (**Schicht 6**), der bis Station 0+440 mit Mächtigkeiten von > 4,70 m den Basishorizont des Erkundungsbereiches bildet.

Ab Station 0+120 wird der Keuper überlagert von leicht- bis mittelplastischen Tonen und Schluffen der **Schicht 4a**, die insbesondere im Bereich des Hauptdammes und dessen Böschungen (BS 13) mit feinkörnigen (**Schicht 3a**) und grobkörnigen (**Schicht 3b**) Auffüllungen (Sickerfuß) überlagert werden.

Zwischen Station 0+340 bis 0+400 bilden bis zu 1,10 m mächtige, feinkörnige, organische Schluffe und Tone (**Schicht 4c**) die Basis der anthropogenen Auffüllungen im oberflächennahen Bereich.

Im Bereich des Aufschlusses 12 wurden zwischen Auelehm und Keuper grobkörnige, quartäre Flussablagerungen (**Schicht 5**) angetroffen.

Grundwasser wurde entlang des gesamten Abschnittes nur im östlichen Bereich der Hochwasserentlastungsanlage angetroffen werden. Dabei herrschen zwischen Station 0+360 und 0+440 bei einem Flurabstand von 0,86 m bis 5,80 m teils gespannte hydraulische Verhältnisse. Der Grundwasserspiegel in Ruhe liegt zwischen +142,69 m NHN₁₆ bis +143,68 m NHN₁₆.

Im Bereich des Teilobjektes 14 sind zusätzlich die Baugrundverhältnisse an der Hochwasserentlastungsanlage an 5 Querprofilen in den Anlagen 3.2.1 und 3.2.5 dargestellt und nachfolgend einzeln beschrieben.

Querprofil 1 – BS 1 bis BS 3 (Anlage 3.2.1)

- Nach den direkten Aufschlüssen der BS 1 bis BS 3 besteht der Baugrund am Querprofil 1 bis in Tiefen von 0,30 bis 4,50 m, je nach Lage von ca. +144,37 m NHN₁₆ bis +150,91 m NHN₁₆, aus fein- bis lokal gemischtkörnigem Keuperzersatz (**Schicht 6**), welcher eine mittlere bis feste Konsistenz (Festigkeit) besitzt.
- Über diesem Festgesteinshorizont ist bis auf lokale Stellen eine bis zu 0,40 m mächtige, überwiegend grobkörnige, gut durchlässige Kiesschicht (**Schicht 0b**) auszuhalten.
- Die Oberfläche der Schussrinne der Hochwasserentlastungsanlage ist mit bis zu 0,35 m mächtigen Betonplatten (Schicht 9) verkleidet.
- Innerhalb des Keupers mit Felszersatz ist ab einer Tiefe von ca. 1,00 m unter Geländeoberkante mit dichten Lagerungsverhältnissen zu rechnen.
- Grundwasser wurde nicht angetroffen.

Querprofil 2 – BS 4 bis BS 6 (Anlage 3.2.2)

- Nach den direkten Aufschlüssen der BS 4 bis BS 6 besteht der Basishorizont am Querprofil 2 bis in Tiefen von 0,60 bis 6,00 m, je nach Lage von ca. +142,27 m NHN₁₆ bis +147,58 m NHN₁₆, aus fein- bis lokal gemischtkörnigem Keuperzersatz (**Schicht 6**), welcher eine mittlere bis feste Konsistenz (Festigkeit) besitzt.
- Über diesem Festgesteinshorizont ist bis auf lokale Stellen eine bis zu 0,40 m mächtige überwiegend grobkörnige, gut durchlässige Kiesschicht (**Schicht 0b**) auszuhalten.
- Die Oberfläche der Schussrinne der Hochwasserentlastungsanlage ist mit bis zu 0,35 m mächtigen Betonplatten (**Schicht 9**) verkleidet.

- Zum südlichen bzw. nördlichen Rand der HWE hin sind bis zu 3,10 m mächtige feinkörnige, leicht bis mittelplastische Tone/ Schluffe (**Schicht 4a**) ausgebildet, die im Bereich des nördlichen Randes von anthropogenen Auffüllungen [Schicht 3a, 3b) überlagert werden.
- Innerhalb des Keupers mit Felszersatz ist ab einer Tiefe von ca. 1,00 m unter Geländeoberkante im Bereich der Achse mit dichten Lagerungsverhältnissen zu rechnen. Die überlagernden feinkörnigen Böden der **Schicht 4a** (überwiegend halbfest) zeichnen sich durch eine mittlere Rammbarkeit aus.
- Grundwasser wurde nicht angetroffen.

Querprofil 3 – BS 13 und BS 15 (Anlage 3.2.3)

- Nach den direkten Aufschlüssen der BS 13 und BS 15 besteht der angetroffene Basishorizont am Querprofil 3 bis in Tiefen von 4,50 bis 7,00 m, je Lage von ca. +142,43 m NHN₁₆ bis +144,93 m NHN₁₆, aus feinkörnigen quartären Ablagerungen (**Schicht 4a**), welche eine mittlere bis feste Konsistenz (steif bis halbfest) besitzen.
- Über diesem Horizont lagern am südsüdwestlichen Widerlager zum Einbindebereich des nördlichen Hauptdammes anthropogene, überwiegend feinkörnige Auffüllungen (**Schicht 3a**), die bis auf eine lokale Stelle (**Schicht 3b**) Mächtigkeiten von bis zu 5,00 m erreichen.
- Auch der nordnordöstliche Widerlagerbereich der Brücke über die Hochwasserentlastungsanlage ist mit anthropogenen, gemischt- bis feinkörnigen Auffüllungen (Schicht 3a, 3b) aufgefüllt.
- Oberflächennah bis ca. 1,80 m wurden grob- bis gemischtkörnige Auffüllungen (Schottermaterial) der **Schicht 0b** angetroffen.
- Mit dichten Lagerungsverhältnissen bzw. mit einer schweren Rammbarkeit ist ab etwa 145,49 m NHN₁₆ zu rechnen.
- Grundwasser wurde nicht erschlossen.

Querprofil 4 – BS 7 bis BS 9 (Anlage 3.2.4)

- Nach den direkten Aufschlüssen der BS 7 bis BS 9 besteht der Basishorizont am Querprofil 4 ab Tiefen von 1,80 bis 6,00 m, je nach Lage von ca. +141,60 m NHN₁₆ bis +146,80 m NHN₁₆, aus fein- bis lokal gemischtkörnigem Keuperzersatz (**Schicht 6**), welcher eine mittlere bis feste Konsistenz (Festigkeit) besitzt.
- Über diesem Festgesteinshorizont ist bis auf lokale Stellen (nördlicher Rand) eine bis zu 0,90 m mächtige überwiegend grobkörnige, gut durchlässige Kiesschicht (**Schicht 5**) auszuhalten.
- Die Oberfläche der Schussrinne der Hochwasserentlastungsanlage ist mit bis zu 0,35 m mächtigen Betonplatten (**Schicht 9**) verkleidet.
- Zum südlichen bzw. nördlichen Rand der HWE hin sind bis zu 4,00 m mächtige, feinkörnige, leicht bis mittelplastische Tone/ Schluffe (**Schicht 4a**) ausgebildet, die im Bereich des nördlichen Randes von anthropogenen Auffüllungen (**Schicht 3a, 3b**) überlagert werden
- Im Bereich der BS 9 (südlicher Rand) wurde unterhalb einer Schotterschicht (**Schicht 0b**), die mit Oberboden (**Schicht 0a**) überbaut wurde, ein bis 1,10 m mächtiger Bereich von organischen Tonen/ Schluffen (**Schicht 4c**) ausgehalten.

- Innerhalb des Keupers mit Felszersatz ist prinzipiell mit dichten Lagerungsverhältnissen zu rechnen. Im Bereich der BS 7 (mittig HWE) traten bereits im quartären Kies sehr dichte Lagerungsverhältnisse (Schlagzahlen u. Wasser: $DPH_{10} \sim 20-33$) auf.
- Grundwasser wurde im südwestlichen Bereich sowie im Schussgerinne der Hochwasserentlastungsanlage angetroffen. Dabei herrschen bei einem Flurabstand von 0,24 m bis 5,80 m teils gespannte hydraulische Verhältnisse. Der Grundwasserspiegel in Ruhe liegt zwischen +142,69 m NHN_{16} bis +144,16 m NHN_{16} .

Querprofil 5 – BS 10 bis BS 12 (Anlage 3.2.5)

- Nach den direkten Aufschlüssen der BS 10 bis BS 12 besteht der Basishorizont am Querprofil 5 bis in Tiefen von 2,90 bis 6,00 m, je nach Lage von ca. +138,54 m NHN_{16} bis +141,67 m NHN_{16} , aus fein- bis lokal gemischtkörnigem Keuperzersatz (**Schicht 6**), welcher eine mittlere bis feste Konsistenz (Festigkeit) besitzt.
- Über diesem Festgesteinshorizont ist eine 0,80 m – 2,00 m mächtige, überwiegend grobkörnige, gut durchlässige Kiesschicht (**Schicht 5**) auszuhalten.
- Überlagert werden die Kiese im gesamten Querschnitt von überwiegend leicht- bis mittelplastischem Ton/ Schluff (**Schicht 4a**), dem nur in den Aufschlüssen BS 10 und 12 ein 0,40 m starker organischer Ton/ Schluff (**Schicht 4c**) aufliegt.
- Die Oberfläche der Schussrinne der Hochwasserentlastungsanlage ist mit bis zu 0,35 m mächtigen Betonplatten (**Schicht 9**) verkleidet, die einer Kiesdrainage (**Schicht 0b**) aufliegen.
- Mit dichten Lagerungsverhältnissen ist im quartären Kies (Schlagzahlen u. Wasser: $DPH_{10} \sim 12-29$) zu rechnen.
- Grundwasser wurde im südwestlichen Bereich sowie im Schussgerinne der Hochwasserentlastungsanlage angetroffen werden. Dabei herrschen bei einem Flurabstand von 0,86 m bis 3,31 m teils gespannte hydraulische Verhältnisse. Der Grundwasserspiegel in Ruhe liegt zwischen +143,56 m NHN_{16} bis +143,68 m NHN_{16} .

Teilobjekt 15 – Verlängerung des Hauptdammes Süd

Gegenstand der Untersuchung mittels Rammkernsondierungen ist die geplante Verlängerung des südlichen Hauptdammes.

Auf Basis der Aufschlüsse konnte ein Längsschnitt (Anlage 3.4.1) erstellt werden.

Teilobjekt 15 – Verlängerung des Hauptdammes Süd – Längsprofil 1 (Anlage 3.4.1)

Für die Konstruktion des geotechnischen Längsschnittes - 1 (Anlage 3.4.1) konnten insgesamt vier Rammkernsondierungen (bis 3,0 m) sowie drei Schwere Rammsondierungen (bis 5,00 m) einbezogen werden.

Der geotechnische Schnitt verläuft entlang der geplanten Dammachse der südlichen Verlängerung des Hauptdammes. Als Basis für die Stationierung wurde der aktuelle Lageplan mit entsprechender Dammkilometrierung verwendet [W4]. Folgende Aussagen können zur Geologie im Bereich des Teilobjektes 15 getroffen werden:

Nach den direkten Aufschlüssen ist in diesem Abschnitt zwischen 1+850 bis 2+010 ab GOK mit grob- bis gemischtkörnigen, bis ca. 2,40 m mächtigen mit Bauschutt versetzten Auffüllungen (**Schicht 3b**) zu rechnen. Oberhalb wurde bis zu 0,15 m mächtiger Oberboden angetroffen (**Schicht 0a**).

Im Liegenden treten überwiegen gemischt- bis feinkörnige quartäre Ablagerungen (**Schicht 4a**) auf, die im Bereich zwischen 1+870 bis 1+960 anthropogener Natur (**Schicht 3a**) sind.

Die Lagerungsdichte der Auffüllungen variiert entsprechend ihrer Zusammensetzung. Es ist aber mit überwiegend mitteldichter bis dichter Lagerung (Schlagzahlen ü. Wasser: $DPH_{10} \sim 5-22$) zu rechnen. Die darunter liegen feinkörnigen Böden zeigen eine überwiegende steife Konsistenz (Schlagzahlen ü. Wasser: $DPH_{10} \sim 1-5$). Grundwasser wurde nicht angetroffen.

Teilobjekt 16 – Schutzdamm Schwerstedt

Gegenstand der Untersuchung mittels Rammkernsondierungen im Bereich der Ortslage Schwerstedt ist die Erkundung eines Gründungsbereiches eines neuen Schutzdammes mit Wirtschaftswegen und Schöpfwerk im Bereich von Ackerflächen unter der Berücksichtigung des Verlaufs zweier Gewässer II. Ordnung im Untersuchungsgebiet, die Öde und der Mittelgraben.

Auf Basis der Aufschlüsse konnten ein Längsschnitt (Anlage 3.6.1) sowie drei Querschnitte (Anlagen 3.5.1 – 3.5.3) im Bereich des Teilobjektes 16 erstellt werden.

Teilobjekt 16 – Schutzdamm Schwerstedt – Längsprofil 1 (Anlage 3.6.1)

Für die Konstruktion des geotechnischen Längsschnittes - 1 (Anlage 3.6.1) konnten insgesamt neun Rammkernsondierungen (bis 5,0 m) sowie fünf Schwere Rammsondierungen (bis 8,00 m) einbezogen werden.

Der geotechnische Schnitt verläuft entlang der geplanten Achse des neuen Schutzdammes Schwerstedt. Folgende Aussagen können zur Geologie im Bereich des Untersuchungsgebietes getroffen werden:

Zwischen Station 0+000 bis 0+580 schließen überwiegend unterhalb des Oberbodens (**Schicht 0a**) die leicht- bis mittelplastischen Tone- und Schluffe (**Schicht 4a**) an, die insbesondere im Bereich zwischen 0+000 bis 0+200 von einem bis zu 1,80 m mächtigen organischen Ton/ Schluff (**Schicht 4c**) unterlagert werden. Zwischen Station 0+080 bis 0+180 wird der organische Ton noch von grob- bis gemischtkörnigen Sanden (**Schicht 5**) der Öde und des Mittelgrabens unterlagert.

Im Bereich zwischen 0+000 bis 0+400 konnte in Teilen der Keuper mit Felszersatz (**Schicht 6**) aufgeschlossen werden.

Der Auswertung der Schlagzahlen zufolge haben die feinkörnigen Böden eine überwiegend steife Konsistenz und sind leicht rammbär. Erst ab Erreichen des Keupers $\sim 3,30$ m unter GOK ist ein Anstieg der Schlagzahlen zu verzeichnen.

Grundwasser wurde entlang des gesamten Abschnittes angetroffen. Dabei herrschen im Untersuchungsgebiet bei einem Flurabstand von 0,75 m bis 3,25 m überwiegend gespannte hydraulische Verhältnisse. Der Grundwasserspiegel in Ruhe liegt zwischen +147,32 m NHN_{16} bis +149,31 m NHN_{16} .

Im Bereich des Teilobjektes 16 sind zusätzlich die Baugrundverhältnisse im Bereich eines geplanten Schöpfwerkes bzw. Durchlasses an 3 Querprofilen in den Anlagen 3.5.1 und 3.5.3 dargestellt und nachfolgend einzeln beschrieben.

Querprofil 1 – BS 24 und BS 25 (Anlage 3.5.1)

- Nach den direkten Aufschlüssen der BS 24 und BS 25 entlang des bestehenden Wirtschaftsweges im Bereich des Mittelgrabens besteht der Baugrund am Querprofil 1 ab Tiefen von 3,30 bis 5,00 m, je nach Lage von ca. +144,37 m NHN_{16} bis +150,91 m NHN_{16} , aus feinkörnigem Auelehm (**Schicht 4a**), welcher eine weiche bis steife Konsistenz (Festigkeit) besitzt.
- Im Bereich der BS 24 wurde unterhalb des Auelehms noch der Keuper in feinkörniger Zusammensetzung angetroffen (**Schicht 6**).

- Über- bzw. zwischengelagert wird der Auelehm bis in einer Tiefe von ~1,10 m unter GOK von organischem Auelehm (**Schicht 4c**), der wiederum bis zur Geländeoberkante von anthropogenen Auffüllungen (**Schicht 3b**) überlagert wird.
- Aufgrund der Auswertung der Schweren Rammsondierungen ist bis in eine Tiefenlage von 5,00 m mit geringen Lagerungsdichten bzw. Böden mit einer weichen bis steifen Konsistenz (Schlagzahlen u. Wasser: $DPH_{10} \sim 1-5$) zu rechnen.
- Grundwasser wurde in beiden Aufschlüssen aufgeschlossen. Dabei herrschen bei einem Flurabstand von 2,00 m bis 2,15 m teils gespannte hydraulische Verhältnisse. Der Grundwasserspiegel in Ruhe liegt zwischen +148,13 m NHN₁₆ bis +148,70 m NHN₁₆.

Querprofil 2 – BS 22 und BS 23 (Anlage 3.5.2)

- Nach den direkten Aufschlüssen der BS 22 und BS 23, welche den bestehenden Wirtschaftsweg queren, besteht der Baugrund am Querprofil 2 ab Tiefen von 2,20 bis 5,00 m, je nach Lage von ca. +144,99 m NHN₁₆ bis +147,65 m NHN₁₆, aus feinkörnigem Auelehm (**Schicht 4a**), welcher eine weiche bis steife Konsistenz (Festigkeit) besitzt.
- Im Bereich des Ödegrabens (BS 22) wurde in einer Tiefe von 2,80 m bis 4,40 m sandiger Flussschotter (**Schicht 5**) angetroffen der wiederum im gesamten Querschnitt von bis zu 1,80 m mächtigem organischen Ton / Schluff (**Schicht 4c**) überlagert wurde.
- Oberflächennah treten anthropogene, grob- bis gemischtkörnige Auffüllungen (**Schicht 3b**) sowie leicht- bis mittelpastische Tone und Schluffe (**Schicht 4a**) auf.
- Aufgrund der Auswertung der Schweren Rammsondierungen ist bis in eine Tiefenlage von 5,00 m mit geringen Lagerungsdichten bzw. Böden mit einer weichen bis steifen Konsistenz (Schlagzahlen u. Wasser: $DPH_{10} \sim 1-5$) zu rechnen.
- Grundwasser wurde in beiden Aufschlüssen aufgeschlossen. Dabei herrschen bei einem Flurabstand von 0,75 m bis 2,67 m teils gespannte hydraulische Verhältnisse. Der Grundwasserspiegel in Ruhe liegt zwischen +147,32 m NHN₁₆ bis +148,65 m NHN₁₆.

Querprofil 3 – BS 20 und BS 21 (Anlage 3.5.3)

- Nach den direkten Aufschlüssen der BS 20 und BS 21 entlang eines bestehenden Wirtschaftsweges besteht die Basis des Baugrundes am Querprofil 3 ab Tiefen von 0,90 bis 4,50 m, je nach Lage von ca. +150,10 m NHN₁₆ bis +146,73 m NHN₁₆, aus Festgesteinsersatz des Keupers (**Schicht 6**), welcher eine steife bis halbfeste Konsistenz (Festigkeit) besitzt.
- Darüber lagern feinkörnige, leicht bis mittelpastische Schluffe (**Schicht 4a**), die in einem Tiefenbereich von 0,50 bis 2,00 m unter GOK von einer 0,40 m bis 0,60 m mächtigen, organischen Ton- / Schluffschicht (**Schicht 4c**) durchzogen werden.
- Oberflächennah stehen anthropogene Auffüllungen (**Schicht 3b**) an.
- Aufgrund der Auswertung der Schweren Rammsondierungen ist bis in eine Tiefenlage von 2,00 m mit geringen Lagerungsdichten bzw. Böden mit einer weichen bis steifen Konsistenz (Schlagzahlen u. Wasser: $DPH_{10} \sim 1-5$) zu rechnen.
- Grundwasser wurde in beiden Aufschlüssen aufgeschlossen. Dabei herrschen bei einem Flurabstand von 1,69 m bis 2,73 m teils gespannte hydraulische Verhältnisse. Der Grundwasserspiegel in Ruhe liegt zwischen +148,50 m NHN₁₆ bis +149,31 m NHN₁₆.

Teilobjekt 17 – Schutzdamm Straußfurt

Gegenstand der Untersuchung mittels Rammkernsondierungen im Bereich der Ortslage Straußfurt, nordwestlich der Hochwasserentlastungsanlage TO 14, ist die Erkundung eines Gründungsbereiches eines neuen Schutzdammes mit Wirtschaftswegen im Bereich von Acker- und Grünlandflächen.

Auf Basis der Aufschlüsse konnten zwei Längsschnitte (Anlage 3.8.1) sowie vier Querschnitte (Anlagen 3.7.1 – 3.7.4) im Teilobjekt 17 erstellt werden.

Teilobjekt 17 – Schutzdamm Straußfurt – Längsprofil 1 (Variante 1, Anlage 3.8.1)

Für die Konstruktion des geotechnischen Längsschnittes - 1 (Anlage 3.8.1) konnten insgesamt sechs Rammkernsondierungen (bis 5,0 m) sowie fünf Schwere Rammsondierungen (bis 5,00 m) einbezogen werden.

Der geotechnische Schnitt verläuft entlang der geplanten Achse des neuen Schutzdammes Straußfurt (Variante 1). Folgende Aussagen können zur Geologie im Bereich des Untersuchungsgebietes getroffen werden:

Nach den direkten Aufschlüssen ist in diesem Abschnitt zwischen 0+000 bis 0+220 ab GOK (im Bereich des Ackers) überwiegend mit Oberboden (**Schicht 0a**), ab 0+220 bis 0+520 mit gemischtkörnigen, bis ca. 2,30 m mächtigen Auffüllungen (**Schicht 3b**) zu rechnen.

Diese Auffüllungen werden im Bereich bei Aufschluss 37 durch feinkörnige Auffüllungen (**Schicht 3a**) bzw. bei Aufschluss 34 von ausgeprägt plastischen Tonen und Schluffen (**Schicht 4b**) geringmächtig unterlagert.

Im gesamten Untersuchungsgebiet wurde bis zu 2,50 m mächtiger, leicht- bis mittelplastischer Ton /Schluff (**Schicht 4a**) angetroffen, der an seiner Basis vom feinkörnigen, bis zu > 3,00 m mächtigen Keuper unterlagert wird.

Eine Verallgemeinerung der Lagerungsdichten, bezogen auf die jeweiligen Baugrundsichten kann nicht vorgenommen werden, da die Schlagzahlen innerhalb der gleichen Bodengruppen stark variieren. Prinzipiell sind die Bereiche des Keupers ab ca. 1,50 m unter GOK dicht gelagert bzw. von halbfester Konsistenz.

Grundwasser wurde nur im Abschnitt BS 37 und BS 34 (Schichtwasser) angetroffen. Dabei herrschen zwischen Station 0+260 und 0+400 bei einem Flurabstand von 0,48 m bis 4,40 m durchgängig vermeintlich ungespannte hydraulische Verhältnisse. Der Grundwasserspiegel in Ruhe liegt zwischen +143,95 m NHN₁₆ bis +147,71 m NHN₁₆.

Teilobjekt 17 – Schutzdamm Straußfurt – Längsprofil 2 (Variante 2, Anlage 3.8.1)

Für die Konstruktion des geotechnischen Längsschnittes - 2 (Anlage 3.8.1) konnten insgesamt sechs Rammkernsondierungen (bis 5,0 m) sowie vier Schwere Rammsondierungen (bis 5,00 m) einbezogen werden.

Der geotechnische Schnitt verläuft entlang der geplanten Achse des neuen Schutzdammes Straußfurt (Variante 2). Folgende Aussagen können zur Geologie im Bereich des Untersuchungsgebietes getroffen werden:

Nach den direkten Aufschlüssen ist in diesem Abschnitt zwischen 0+000 bis 0+040 ab GOK (im Bereich des Ackers) überwiegend mit Oberboden (**Schicht 0a**), ab 0+040 bis 0+280 mit gemischtkörnigen, bis ca. 0,60 m mächtigen Auffüllungen (**Schicht 3b**) zu rechnen.

Diese Auffüllungen gründen im gesamten Untersuchungsgebiet auf organischen, ausgeprägt plastischen Tonen und Schluffen (**Schicht 4c**) mit Mächtigkeiten von 0,55 m bis 2,00m. Der organische Auelehm wird wiederum zum einen von ausgeprägt plastischen Tonen (**Schicht 4b**) zwischen Station 0+040 bis 0+120 und zum anderen von leicht bis mittelplastischen Tonen und Schluffen (**Schicht 4a**) im Bereich von 0+120 bis 0+280 unterlagert.

Die Basis der angetroffenen Baugrundsichten bildet der Keuper mit Felszersatz (**Schicht 6**).

Dichte Lagerungen, außerhalb der grobkörnigen Auffüllungen, werden erst im Bereich des Keupers (**Schicht 6**) angetroffen.

Grundwasser wurde nur im Abschnitt der BS 29 und BS 32 angetroffen. Dabei herrschen bei einem Flurabstand von 1,87 m bis 4,40 m durchgängig vermeintlich ungespannte hydraulische Verhältnisse. Der Grundwasserspiegel in Ruhe liegt zwischen +143,95 m NHN₁₆ bis +147,96 m NHN₁₆.

Im Bereich des Teilobjektes 17 sind zusätzlich die Baugrundverhältnisse zwischen den beiden Varianten an vier Querprofilen in den Anlagen 3.7.1 bis 3.7.4 dargestellt und nachfolgend einzeln beschrieben.

Querprofil 1 – BS 29, BS 32 und BS 33 (Anlage 3.7.1)

- Nach den direkten Aufschlüssen der BS 29, BS 32 und BS 33 entlang der Straße am Staudamm in Richtung Hochwasserentlastungsanlage, besteht die Basis des Baugrundes am Querprofil 1 ab Tiefen von 1,10 bis 4,00 m, je nach Lage von ca. +146,69 m NHN₁₆ bis +148,73 m NHN₁₆, aus Festgesteinszersatz des Keupers (**Schicht 6**), welcher eine steife bis halbfeste Konsistenz (Festigkeit) besitzt.
- Darüber lagern im Bereich zwischen 0+000 bis 0+070 zum einen feinkörnige, leicht bis mittelplastische, bis 1,90 m mächtige Schluffe (**Schicht 4a**) und in deren Hangenden 1,30 m mächtige organische, ausgeprägt plastische Schluffe und Tone (**Schicht 4c**).
- Ab dem im Querschnitt kreuzenden Wirtschaftsweg (Station 0+065) bis hin zum Bereich der Hochwasserentlastungsanlage wird der Keuper von 2,50 m mächtigen anthropogenen gemischtkörnigen Auffüllungen (**Schicht 3b**) überlagert.
- Generell stehen im Querschnitt 1 oberflächennah anthropogene Auffüllungen (**Schicht 3b**) an.
- Auf Grund der Auswertung der Schweren Rammsondierungen ist bis in eine Tiefenlage von 1,50 m mit mittleren Lagerungsdichten bzw. Böden mit überwiegend steifer Konsistenz (Schlagzahlen u. Wasser: DPH₁₀ ~1- 10) zu rechnen.
- Grundwasser wurde in den Aufschlüssen BS 29 und BS 32 aufgeschlossen. Dabei herrschen bei einem Flurabstand von 1,87 m bis 4,40 m leicht gespannte hydraulische Verhältnisse. Der Grundwasserspiegel in Ruhe liegt zwischen +146,39 m NHN₁₆ bis +147,96 m NHN₁₆.

Querprofil 2 – BS 30 und BS 34 (Anlage 3.7.2)

- Nach den direkten Aufschlüssen der BS 30 und BS 34 besteht der Basishorizont am Querprofil 2 bis in Tiefen von 2,60 bis 4,00 m, je nach Lage von ca. +145,59 m NHN₁₆ bis +146,73 m NHN₁₆, aus fein- bis lokal gemischtkörnigem Keuperzersatz (**Schicht 6**), welcher eine feste Konsistenz (hohe Festigkeit) besitzt.
- Über diesem Festgesteinshorizont treten alle drei Variationen der im Untersuchungsgebiet angetroffenen Auelehmvariationen (**Schicht 4a, 4b, 4c**) auf. Insbesondere sind die im Bereich der Grünlandfläche (BS 30) bis 2,00 m mächtigen organischen Schluffe/ Tone (**Schicht 4c**) zu erwähnen.
- Oberflächennah bis ~0,80 m unter GOK treten überwiegend gemischtkörnige Auffüllungen auf (**Schicht 3b**).
- Auf Grund der Auswertung der Schweren Rammsondierungen ist bis in eine Tiefenlage von 2,60 m mit lockeren bis mittleren Lagerungsdichten bzw. Böden mit überwiegend weicher bis steifer Konsistenz (Schlagzahlen u. Wasser: DPH₁₀ ~1- 5) zu rechnen.
- Grundwasser wurde nicht angetroffen.

Querprofil 3 – BS 31 und BS 37 (Anlage 3.7.3)

- Nach den direkten Aufschlüssen der BS 31 und BS 37 besteht der angetroffene Basishorizont am Querprofil 3 in Tiefen von 1,00 bis 5,00 m, je nach Lage von ca. +143,35 m NHN₁₆ bis +149,77 m NHN₁₆, aus feinkörnigem Festgesteinszersatz (**Schicht 6**), welcher eine mittlere bis feste Konsistenz (steif bis halbfest) besitzt.
- Über diesem Horizont lagert eine bis 0,70 m mächtige, leicht- bis mittelplastische Auelehmschicht (**Schicht 4a**), die im Bereich des Wirtschaftsweges (BS 37) von feinkörnigen (**Schicht 3a**) bzw. gemischtkörnigen Auffüllungen (**Schicht 3b**) überlagert wird.
- Mit dichten Lagerungsverhältnissen bzw. mit einer schweren Rammbarkeit ist ab etwa 3,00 m unter GOK im Bereich des Festgesteinsersatzes zu rechnen.
- Der Grundwasserspiegel in Ruhe liegt bei +143,95 m NHN₁₆.

Querprofil 4 – BS 39 bis BS 41 (Anlage 3.7.4)

- Nach den direkten Aufschlüssen befindet sich überwiegend (Ackerfläche) unterhalb des Oberbodens (**Schicht 0a**) bis zu 2,50 m mächtiger, leicht- bis mittelplastischer Auelehm (**Schicht 4a**), der ab dem Wirtschaftsweg (Station 0+100) bis hin zum Rand des Hochwasserrückhaltebeckens vom Festgesteinsersatz des Keupers (**Schicht 6**) unterlagert wird.
- Innerhalb des Keupers mit Felsersatz ist prinzipiell mit dichten Lagerungsverhältnissen zu rechnen.
- Grundwasser wurde nicht angetroffen.

Teilobjekt 18 – Schutzdamm Gebesee

Gegenstand der Untersuchung mittels Rammkernsondierungen im Bereich der Ortslage Gebesee, südwestlich des Einzugsgebietes des Hochwasserrückhaltebeckens, war die Erkundung eines Gründungsbereiches eines neuen Schutzdammes mit Wirtschaftswegen im Bereich von Landstraßen, Acker- und Grünlandflächen unter Einbeziehung eines bestehenden Hochwasserdeiches entlang des Gera.

Auf Basis der Aufschlüsse konnten zwei Längsschnitte (Anlage 3.10.1) sowie zwei Querschnitte (Anlagen 3.9.1 – 3.9.2) im Teilobjekt 18 erstellt werden.

Teilobjekt 18 – Schutzdamm Gebesee – Längsprofil 1 (Variante 1, Anlage 3.10.1)

Für die Konstruktion des geotechnischen Längsschnittes - 1 (Anlage 3.10.1) konnten insgesamt fünf Rammkernsondierungen (bis 6,0 m) sowie drei Schwere Rammsondierungen (bis 8,00 m) einbezogen werden.

Der geotechnische Schnitt verläuft entlang der geplanten Achse des neuen Schutzdammes Gebesee (Variante 1) mit Querung der Landstraße L 2165. Folgende Aussagen können zur Geologie im Bereich des Untersuchungsgebietes getroffen werden:

Nach den direkten Aufschlüssen ist in diesem Abschnitt zwischen 0+000 bis 0+300 ab GOK (im Bereich des Ackers) überwiegend mit Oberboden (**Schicht 0a**), mit Ausnahme des Bereiches der Landstraße, zu rechnen. Diese besitzt eine gebundene Decke aus bis zu 0,30 m mächtigem 3-lagigen Asphalt (**Schicht 9**). Unterlagert wird diese bis in eine Tiefe von 0,62 m unter GOK von grob- bis gemischtkörnigen Auffüllungen (Frostschuttschichtmaterial – **Schicht 0b**). Die Basis des Straßenaufbaues bilden bis 1,00 m mächtige feinkörnige Auffüllungen (**Schicht 3a**).

Im Liegenden des Oberbodens bzw. des Straßenunterbaus lagern fein- bis mittelplastische Schluffe und Tone (**Schicht 4a**) mit Mächtigkeiten von bis zu 3,00 m. Zusätzlich wurden im

Bereich der Landstraße organische Schluffe und Tone (**Schicht 4c**) angetroffen. Die Basis im Untersuchungsabschnitt bilden aber überwiegend die grob- bis gemischtkörnigen quartären Flussablagerungen (**Schicht 5**).

Der meiste Bereich des Baugrundes zeigt eine lockere bis mittlere Lagerung bzw. eine weiche bis steife Konsistenz.

Erst ab einer Tiefe von ca. 6,00 m ist mit mittleren bis dichten Lagerungsverhältnissen in den quartären Ablagerungen zu rechnen.

Grundwasser wurde im überwiegenden Teil angetroffen. Dabei herrschen zwischen Station 0+120 und 0+300 bei einem Flurabstand von 1,74 m bis 2,84 m durchgängig gespannte hydraulische Verhältnisse. Der Grundwasserspiegel in Ruhe liegt zwischen +147,92 m NHN₁₆ bis +149,71 m NHN₁₆.

Teilobjekt 18 – Schutzdamm Gebesee – Längsprofil 2 (Variante 2, Anlage 3.10.1)

Für die Konstruktion des geotechnischen Längsschnittes - 2 (Anlage 3.10.1) konnten insgesamt drei Rammkernsondierungen (bis 7,0 m) sowie zwei Schwere Rammsondierungen (bis 8,00 m) einbezogen werden.

Der geotechnische Schnitt verläuft entlang der geplanten Achse des neuen Schutzdammes Gebesee (Variante 2). Folgende Aussagen können zur Geologie im Bereich des Untersuchungsgebietes getroffen werden:

Nach den direkten Aufschlüssen ist in diesem Abschnitt zwischen 0+000 bis 0+580 ab GOK (im Bereich des Bestandsdeiches) unterhalb des Oberbodens (**Schicht 0a**) mit gemischtkörnigen, bis ca. 1,30 m mächtigen Auffüllungen (**Schicht 3b**) zu rechnen. Ab Station 0+580 bis 0+770 ist der Deichkörper aus feinkörnigen Auffüllungen (**Schicht 3a**) ausgebildet. Diese Auffüllungen gründen im gesamten Untersuchungsgebiet auf leicht- bis mittelplastischen Tonen und Schluffen (**Schicht 4a**) mit Mächtigkeiten von 3,00 m bis 4,80m. Der organische Auelehm wird im Bereich bei BS 45 von ausgeprägt plastischen Tonen (**Schicht 4b**) unterlagert.

Die Basis der angetroffenen Baugrundsichten bilden die grob- bis gemischtkörnigen quartären Ablagerungen (**Schicht 5**).

Erst ab einer Tiefe von ca. 6,00 m ist mit mittleren bis dichten Lagerungsverhältnissen in den quartären Ablagerungen zu rechnen.

Grundwasser wurde im gesamten Abschnitt angetroffen. Dabei herrschen bei einem Flurabstand von 3,10 m bis 3,63 m durchgängig gespannte hydraulische Verhältnisse. Der Grundwasserspiegel in Ruhe liegt zwischen +147,48 m NHN₁₆ bis +147,70 m NHN₁₆.

Im Bereich des Teilobjektes 18 sind zusätzlich die Baugrundverhältnisse im Bereich der Landstraße L 2165 und innerhalb der Variante 1, an 2 Querprofilen in den Anlagen 3.9.1 bis 3.9.2 dargestellt und nachfolgend einzeln beschrieben.

Querprofil 1 – BS 46 und BS 47 (Anlage 3.9.1)

- Nach den direkten Aufschlüssen der BS 46 und BS 47, im Bereich der Ackerfläche, besteht die Basis des Baugrundes am Querprofil 1 ab Tiefen von 2,80 bis 3,20 m, je nach Lage von ca. +146,07 m NHN₁₆ bis +146,55 m NHN₁₆, aus quartären Ablagerungen (**Schicht 5**), welche eine lockere bis mittlere Lagerung besitzen.
- Darüber lagern bis zur Geländeoberkante unterhalb des Oberbodens (**Schicht 0a**) bis 2,90 m mächtige, leicht- bis mittelplastische Schluffe und Tone (**Schicht 4a**).
- Grundwasser wurde in den Aufschlüssen BS 46 und BS 47 aufgeschlossen. Dabei herrschen bei einem Flurabstand von 1,74 m gespannte hydraulische Verhältnisse. Der Grundwasserspiegel in Ruhe liegt zwischen +147,53 m NHN₁₆ bis +147,61 m NHN₁₆.

Querprofil 2 – BS 48 und BS 49 (Anlage 3.9.2)

- Nach den direkten Aufschlüssen der BS 48 und BS 49, entlang der Straße L 2165, besteht die Basis des Baugrundes am Querprofil 2 ab Tiefen von 5,50 bis 5,70 m, je nach Lage von ca. +144,91 m NHN₁₆ bis +145,06 m NHN₁₆, aus quartären Ablagerungen (**Schicht 5**), welche eine mittlere bis dichte Lagerung besitzen.
- Darüber lagern bis 2,30 m mächtige organische, ausgeprägt plastische Schluffe und Tone (**Schicht 4c**).
- Diese werden im Bereich der BS 48 und BS 49 von leicht- bis mittelplastischen schluffen und Tonen (**Schicht 4a**) sowie im Bereich der BS 49 zusätzlich von feinkörnigen Auffüllungen (**Schicht 3a**) überlagert.
- Oberflächennah stehen entsprechender gängiger Straßenbauweise ungebundene Trag-schichten (**Schicht 0b**) mit einer überlagernden gebundenen Deckschicht aus Asphalt an (**Schicht 9**).
- Aufgrund der Auswertung der Schweren Rammsondierungen ist ab einer Tiefenlage von 5,50 m mit mittleren bis dichten Lagerungsdichten (Schlagzahlen u. Wasser: DPH₁₀ ~5-17) der natürlich gelagerten Bodenschichten zu rechnen.
- Grundwasser wurde in den Aufschlüssen BS 48 und BS 49 aufgeschlossen. Dabei herrschen bei einem Flurabstand von 2,72 m bis 2,84 m gespannte hydraulische Verhältnisse. Der Grundwasserspiegel in Ruhe liegt zwischen +147,69 m NHN₁₆ bis +147,92 m NHN₁₆.

4.4 Bodenkenngrößen

Die nachfolgend angegebenen Bodenkenngrößen (Tabelle 15) resultieren aus den Ergebnissen des Sicherheitsberichtes der vertieften Überprüfung [U10] und den neu ermittelten Bodenkennwerten der Baugrunduntersuchung aus dem Jahr 2023 [U16] sowie Erfahrungs- und Tabellenwerten, die für die im Ergebnis der Schichtansprachen und Laboruntersuchungen beschriebenen Erdstoffe in den bodenmechanischen Berechnungen angewendet werden können. Dabei wurden folgende Regelwerke und Vorschriften verwendet:

- | | |
|------------------------------|---|
| ■ Bodenart | DIN EN ISO 14688/ DIN4020 |
| ■ Steifemodul E_s | nach Tafelwerten bei TÜRKE, H
(„Statik im Erdbau“, Verlag Ernst und Sohn,
1999) |
| ■ Bodengruppe | DIN 18196 |
| ■ Bodenklasse (alt) | DIN 18300 |
| ■ Frostepfindlichkeit | ZTVE-StB 17 |
| ■ Bodenkenngrößen | DIN 1054 |
| ■ Tragwiderstandsbedingungen | DIN 19700-11 |

Gemäß DIN 19700-11 [T6] erfolgt die Zuordnung zu den Tragwiderstandsbedingungen mit folgenden Maßgaben:

Tragwiderstandsbedingung A (wahrscheinliche Bedingung)

- für gesicherte oder allgemein anerkannte Kennwerte (genormt oder durch Versuchsergebnisse belegt oder aus Erfahrung sicher abgeschätzt) und
- für voll wirksame bauliche Einrichtungen

Tragwiderstandsbedingung B (wenig wahrscheinliche Bedingung)

- für ungünstige Kennwerte innerhalb gesicherter Streubereiche oder
- bei eingeschränkter Wirkung einer maßgeblichen baulichen Einrichtung

Tragwiderstandsbedingung C (unwahrscheinliche Bedingung)

- für ungünstige Kennwerte in Grenzbereichen oder
- bei Ausfall einer maßgeblich baulichen Einrichtung

hydromechanische Kennwerte

Als hydromechanische Kennwerte werden die Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte k_f (m/s) angegeben. Diese Angaben basieren auf den Ergebnissen der Laboruntersuchungen, von Felduntersuchungen sowie Erfahrungswerten, die an gleichartigen Böden gewonnen wurden.

Für die Zuordnung der Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte zu der Tragwiderstandsbedingung B und C erfolgt die Angabe eines oberen und unteren Grenzwertes, da je nach dem betrachteten Lastfall in der Standsicherheitsberechnung sich eine höhere oder geringere Durchlässigkeit ungünstig auswirken kann.

Hinweis für die Anwendung der Kennwerte gemäß Teilsicherheitskonzept:

Für eine Anwendung der Kennwerte gemäß Tabelle 15 in Standsicherheitsberechnungen nach Teilsicherheitskonzept gilt folgender Hinweis:

Der Wert für die Tragwiderstandsbedingung A ist als charakteristischer Wert nach DIN 4020 [T4] zu bezeichnen. Er kann damit auch für die Standsicherheitsberechnungen nach Teilsicherheitskonzept gemäß DIN 1054 [T22] verwendet werden.

Dort sind gemäß den jeweiligen Bemessungssituationen die entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerte zu verwenden.

Die in der Tabelle 15 kursiv dargestellten Bodenkenngrößen sind dem Sicherheitsbericht der Vertieften Überprüfung aus dem Jahr 2021 [U10] entnommen und nur der Vollständigkeit halber dargestellt. Eine entsprechende Untersuchung und Anpassung der Bodenkennwerte auf Grund der Laborergebnisse aus dem Jahr 2023, insbesondere für die Bauteile des Absperrdammes, war nicht Bestandteil der geforderten Untersuchung aus dem Jahr 2023 [U1].

Tabelle 15: Bodenkenngrößen (vertiefte Überprüfung 2021 + Erkundung 2023)

Bodengruppe DIN 18196 Lagerungs- dichte / Konsi- stenz	Wichte γ	Wichte unter Auftrieb γ'	Reibungs- winkel φ'	Kohäsion c'	Boden- klasse (alt) DIN 18300	Emp- findlich- keit ge- gen Frost ZTVE	Empfind- lichkeit gegen Wasser	Durchlässig- keitsbeiwert k_f	Steife- modul E_s
	[kN/m³]	[kN/m³]	[°]	[kN/m²]				[m/s]	[MN/m²]
Schicht 0a Oberboden A(OU/OH), OU/OH, steif-halbfest	18,0 TWB A:18,0 TWB B:17,5 TWB C:17,0	8,0 TWB A:8,0 TWB B:7,5 TWB C:7,0	25,0 TWB A:25 TWB B:24 TWB C:23	2,0 TWB A:2,0 TWB B:1,5 TWB C:1,0	1	F3	hoch	1*10⁻⁶ TWB A:1*10 ⁻⁶ TWB B:5*10 ⁻⁶ / 5*10 ⁻⁷ TWB C:1*10 ⁻⁵ / 1*10 ⁻⁷	3
Schicht 0b Wegbefesti- gung A(GW-GU*)	20,0 TWB A:20,0 TWB B:19,5 TWB C:19,0	12,0 TWB A:12,0 TWB B:11,5 TWB C:11,0	35,0 TWB A:35 TWB B:34 TWB C:33	0,0 TWB A:0 TWB B:0 TWB C:0	3/4	F1/ F3	gering - hoch	1*10⁻³ TWB A:1*10 ⁻³ TWB B:5*10 ⁻³ / 5*10 ⁻⁴ TWB C:1*10 ⁻² / 1*10 ⁻⁵	100
<i>Schicht 1</i> <i>Dammschüt- tung</i> <i>(Dichtungskör- per)</i>	<i>19,0</i>	<i>11,0</i>	<i>TWB A:28,0</i> <i>TWB B:25,0</i> <i>TWB C:15,0</i>	<i>TWB A:11,0</i> <i>TWB B:20,0</i> <i>TWB C:20,0</i>	-	-	-	<i>1,0*10⁻⁷</i> <i>TWB A:1,0*10⁻⁷</i> <i>TWB B:1,0*10⁻¹⁰</i> <i>TWB C:entfällt</i>	-
<i>Schicht 1a</i> <i>Schotter/ Filter- kies (Wasser- seite, d = 400 mm)</i>	<i>24,2</i>	<i>14,2</i>	<i>34,0</i>	<i>0,0</i>	-	-	-	<i>8,0*10⁻⁴</i>	-
Schicht 2 Stützkörper A(SU*UL/UM, ST*-TL/TM)	20,0 TWB A:20,0 TWB B:19,5 TWB C:19,0	11,0 TWB A:11,0 TWB B:10,5 TWB C:10,0	30,0 TWB A:30,0 TWB B:28,0 TWB C:25,0	5,0 TWB A:5,0 TWB B:2,0 TWB C:0,0	4	F3	hoch	1*10⁻⁷ TWB A:1*10 ⁻⁷ TWB B:5*10 ⁻⁶ / 5*10 ⁻⁸ TWB C:1*10 ⁻⁶ / 1*10 ⁻⁸	25
<i>Schicht 3</i> <i>Auffüllung</i> <i>(ehem.</i> <i>Gewässer)</i>	<i>19,0</i>	<i>11,0</i>	<i>TWB A:30,0</i> <i>TWB B:25,0</i> <i>TWB C:20,0</i>	<i>TWB A:10,0</i> <i>TWB B:10,0</i> <i>TWB C:10,0</i>	-	-	-	<i>6,0*10⁻¹¹</i>	-
Schicht 3a Auffüllung leicht-/ mittel- plastisch A(UL/TL, UM/TM)	19,5 TWB A:19,5 TWB B:19,0 TWB C:18,5	10,0 TWB A:10,0 TWB B:9,5 TWB C:9,0	27,5 TWB A:27,5 TWB B:25,0 TWB C:22,5	5,0 TWB A:5,0 TWB B:2,5 TWB C:0,0	4	F3	hoch	1*10⁻⁹ TWB A:1*10 ⁻⁹ TWB B:5*10 ⁻⁹ / 5*10 ⁻¹⁰ TWB C:1*10 ⁻⁸ / 1*10 ⁻¹⁰	20
Schicht 3b Auffüllung grob-/ge- misch- körnig A(SU - SU*/ST*,GU - GU*/GT*)	21,0 TWB A:21,0 TWB B:20,5 TWB C:20,0	11,0 TWB A:11,0 TWB B:10,5 TWB C:10,0	32,0 TWB A:32,0 TWB B:30,0 TWB C:27,5	2,0 TWB A:2,0 TWB B:1,0 TWB C:0,0	3/4	F1/ F3	gering - hoch	1*10⁻⁶ TWB A:1*10 ⁻⁶ TWB B:5*10 ⁻⁶ / 5*10 ⁻⁷ TWB C:1*10 ⁻⁵ / 1*10 ⁻⁷	50
<i>Schicht 4</i> <i>Auelehme (un- differenziert)</i>	<i>19,5</i> TWB A:19,5 TWB B:19,0 TWB C:18,5	<i>10,0</i> TWB A:10,0 TWB B:9,5 TWB C:9,0	<i>24,0</i> TWB A:24,0 TWB B:21,0 TWB C:17,0	<i>15,0</i> TWB A:15,0 TWB B:7,5 TWB C:0	<i>4</i>	<i>F3</i>	<i>hoch</i>	<i>1*10⁻¹⁰</i> <i>TWB A:1*10⁻¹⁰</i> <i>TWB B:5*10⁻¹⁰ /</i> <i>5*10⁻¹¹</i> <i>TWB C:1*10⁻⁹ /</i> <i>1*10⁻¹¹</i>	<i>5</i>
Schicht 4a Auelehme (leicht- mittel- plastisch)	19,5 TWB A:19,5 TWB B:19,0 TWB C:18,5	10,0 TWB A:10,0 TWB B:9,5 TWB C:9,0	27,5 TWB A:27,5 TWB B:25,0 TWB C:22,5	5,0 TWB A:5,0 TWB B:2,5 TWB C:0,0	4	F3	hoch	1*10⁻¹⁰ TWB A:1*10 ⁻¹⁰ TWB B:5*10 ⁻¹⁰ / 5*10 ⁻¹¹	20

Bodengruppe DIN 18196 Lagerungs- dichte / Konsi- stenz	Wichte γ	Wichte unter Auftrieb γ'	Reibungs- winkel φ'	Kohäsion c'	Boden- klasse (alt) DIN 18300	Emp- findlich- keit ge- gen Frost ZTVE	Empfind- lichkeit gegen Wasser	Durchlässig- keitsbeiwert k_f	Steife- modul E_s
	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]				[m/s]	[MN/m ²]
steif-halbfest TL/TM, UL/UM								TWB C: $1 \cdot 10^{-9}$ / $1 \cdot 10^{-11}$	
Schicht 4b Auelehme (ausgeprägt plastisch) steif-halbfest UA/TA	19,5 TWB A: 19,5 TWB B: 19,0 TWB C: 18,5	9,5 TWB A: 9,5 TWB B: 9,0 TWB C: 8,5	22,5 TWB A: 22,5 TWB B: 21,0 TWB C: 17,0	15,0 TWB A: 15,0 TWB B: 10,0 TWB C: 5,0	5	F3	hoch	$1 \cdot 10^{-10}$ TWB A: $1 \cdot 10^{-10}$ TWB B: $5 \cdot 10^{-10}$ / $5 \cdot 10^{-11}$ TWB C: $1 \cdot 10^{-9}$ / $1 \cdot 10^{-11}$	10
Schicht 4c Auelehme (ausgeprägt plastisch/ stark orga- nisch) steif-halbfest	17,0 TWB A: 17,0 TWB B: 16,5 TWB C: 16,0	7,0 TWB A: 7,0 TWB B: 6,5 TWB C: 6,0	20,0 TWB A: 20,0 TWB B: 17,5 TWB C: 15,0	10,0 TWB A: 10,0 TWB B: 5,0 TWB C: 0	3(4/5)	F3	hoch	$1 \cdot 10^{-10}$ TWB A: $1 \cdot 10^{-10}$ TWB B: $5 \cdot 10^{-10}$ / $5 \cdot 10^{-11}$ TWB C: $1 \cdot 10^{-9}$ / $1 \cdot 10^{-11}$	10
Schicht 5 Kiessande (Unstrutschot- ter) grob-/ gemischtkör- nig (SW-SU*/ST- ST*, GW- GU*/GT-GT*), mitteldicht- dicht	21,0 TWB A: 21,0 TWB B: 20,0 TWB C: 19,0	12,0 TWB A: 12,0 TWB B: 11,5 TWB C: 11,0	35,0 TWB A: 35,0 TWB B: 32,5 TWB C: 30,0	2,0 TWB A: 2,0 TWB B: 0,5 TWB C: 0	3/4	F1/F3	gering - hoch	$1 \cdot 10^{-5}$ TWB A: $1 \cdot 10^{-5}$ TWB B: $5 \cdot 10^{-5}$ / $5 \cdot 10^{-6}$ TWB C: $1 \cdot 10^{-4}$ / $1 \cdot 10^{-6}$	100
Schicht 6 Keuper mit Felsersatz Mst/Tst(SU*/ST *-UM/TM)	20,0 TWB A: 20,0 TWB B: 19,0 TWB C: 18,0	11,0 TWB A: 11,0 TWB B: 10,5 TWB C: 10,0	25,0 TWB A: 25,0 TWB B: 22,5 TWB C: 20,0	10,0 TWB A: 10,0 TWB B: 5,0 TWB C: 0,0	5/6	F3	hoch	$1 \cdot 10^{-7}$ TWB A: $1 \cdot 10^{-7}$ TWB B: $5 \cdot 10^{-7}$ / $5 \cdot 10^{-9}$ TWB C: $1 \cdot 10^{-7}$ / $1 \cdot 10^{-9}$	25
Schicht 7 <i>Filterkies (Drainage- prisma Luft- seite)</i>	21,0	11,0	30,0	0,0	3/4	F2/F3	mittel - hoch	$1,0 \cdot 10^{-3}$ TWB A: $1,0 \cdot 10^{-3}$ TWB B: $1,0 \cdot 10^{-4}$ TWB C: $2,0 \cdot 10^{-5}$	-
Schicht 8 <i>Wasserseitige Anschüttung</i>	18,0	8,0	25,0	0,0	-	-	-	$1,0 \cdot 10^{-4}$	-
Schicht 9 <i>Asphaltschutz- schicht + Pflas- ter + Beton</i>	25,0	15,0	„Die Schutzschicht hat auf Grund ihrer geringen Mächtigkeit keinen Einfluss auf die Tragsicherheit und wird deshalb nur linear gerechnet.“			-	-	$1 \cdot 10^{-10}$ TWB A: $1 \cdot 10^{-10}$ TWB B: $1,0 \cdot 10^{-7}$ TWB C: $2,0 \cdot 10^{-4}$	-
Schicht 10 <i>Dichtungstep- pich</i>	15,0	8,0	22,0	10,0	-	-	-	$1 \cdot 10^{-10}$ TWB A: $1 \cdot 10^{-10}$ TWB B: $1,0 \cdot 10^{-7}$ TWB C: $2,0 \cdot 10^{-4}$	-
Schicht 11 <i>Auflastschüt- tung</i>	21,0	11,0	30,0	0,0	-	-	-	$1,0 \cdot 10^{-3}$	-

Bodengruppe DIN 18196 Lagerungs- dichte / Konsis- tenz	Wichte γ	Wichte unter Auftrieb γ'	Reibungs- winkel φ'	Kohäsion c'	Boden- klasse (alt) DIN 18300	Emp- findlich- keit ge- gen Frost ZTVE	Empfind- lichkeit gegen Wasser	Durchlässig- keitsbeiwert k_f	Steife- modul E_s
	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]				[m/s]	[MN/m ²]
<i>Schicht 12</i> <i>Tonige Ablage- rungen Wasser- seite</i>	15,0	8,0	22,0	10,0	-	-	-	5,0*10 ⁻¹⁰	-
<i>Schicht 13</i> <i>Schlitzwand</i>	25,0	15,0	35,0	350,0	-	-	-	TWB A:1*10 ⁻¹⁰ TWB B:1,0*10 ⁻⁷ TWB C:2,0*10 ⁻⁴	-

kursiv: aus vertiefter Überprüfung 2021 ohne Anpassung übernommen [U10]

fett + farblich hinterlegt: angepasst bzw. ergänzt auf Grund der aktuellen Baugrunduntersuchung 2023

5 Homogenbereiche

Mit Überarbeitung der Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen - Erdarbeiten (VOB/C) haben sich die Anforderungen an die Beschreibung der Böden geändert. Demnach sind Böden nicht mehr in Bodenklassen, sondern in Homogenbereiche einzuteilen. Der Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für das jeweilige Gewerk vergleichbare Eigenschaften aufweist. Für die Erstellung ihrer Bandbreiten (geotechnische Kennwerte) wurden sowohl direkte Laborversuche als auch Erfahrungswerte zur Beschreibung herangezogen. Die Ergebnisse der bodenphysikalischen Laboruntersuchungen dienen somit nur als Grundlage und werden für die einzelnen Homogenbereiche durch überarbeitete Kornverteilungsbänder in den Abbildungen 12 bis 17 graphisch dargestellt.

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Informationen zum Baugrund und zur Art der geplanten Baumaßnahme erfolgt die Bewertung auf Grundlage der Einstufung in die geotechnische Kategorie GK3. Nach derzeitigem Kenntnisstand sind folgende Gewerke bei der Einteilung in Homogenbereiche zu berücksichtigen:

- Erdarbeiten (DIN 18300, für GK 3),
- Bohrarbeiten (DIN 18301),
- Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten (DIN 18304),
- Rohrvortriebsarbeiten (DIN 18319).

Aufbauend auf den vorliegenden Baugrundinformationen können die angetroffenen Böden den folgenden Homogenbereichen zugeordnet werden. Für Böden die nicht erkundet wurden, sind Erfahrungswerte angegeben worden.

Tabelle 16: Kennwerte der Homogenbereiche

relevante DIN, Homogenbereich übliche Bezeichnung	Schlag- zahl (DPH) N ₁₀ [1]	Anteile Steine + Blöcke [%]	Dichte [feucht] σ [g/cm³]	Bodengruppe DIN 18196 [-]	Wasser- gehalt w _n [%]	Plasti- zitäts- zahl I _p [%]	Konsis- tenz- zahl I _c [1]	Lagerungs- - dichte [-]	Anteil Organik V _{GL} [%]	Kohäsion c' _k [kN/m²]	Kohäsion undrain- iert c _{u,k} [kN/m²]	Verklebe- - potenzial [MPa]	Ver- witter- ung [MPa]	Einaxiale Druck- festigkeit (MPa)	LCPC: Abrasivitäts- koeffizient (LAK)	Kalk- gehalt DIN 18129 [%]	K _f -Wert DIN 17892- 11 [m/s]
Angabe nach DIN 18300/ Erdarbeiten		x	x	x	x	x	x	x	x		x						
Angabe nach DIN 18301/ Bohrarbeiten		x		x	x	x	x	x		x	x				x		
Angabe nach DIN 18304/ Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten		x		x	x	x	x	x									
Angabe nach DIN 18319/ Rohrvortriebs- arbeiten		x	x	x	x		x	x	x			x			x		x
A Oberboden	0-2	< 5 %	1,4-1,7	OH, OU,	0-20	0-10	0,5-1,5	weich bis halbfest	2->20	0-2	0-5	mittel	-	-	0-100 nicht – gering abrasiv	< 10	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁷
B Auffüllung, feinkörnig (leicht- bis mittelplastisch) Schicht 3a	0-15	< 10 %	1,7-2,2	A(UL/TL, UM/TM)	0-20	10-20	0,5-1,5	weich bis fest	2-10	5-15	10-30	hoch	-	-	10-250 gering – mittel abrasiv	< 10	10 ⁻⁹ -10 ⁻¹¹
C Auffüllung, grobkörnig- gemischtkörnig Schicht 3b	1-45	< 35 %	1,8-2,3	A(SU- SU*/ST*,GU- GU*/GT*, Schotter]	0-10	-	-	locker bis dicht	0-5	0-5	0-10	gering	-	-	100-1000 mittel abrasiv – stark abrasiv	< 10	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁷
D Auelehm Feinkörnig, leicht bis ausgeprägt plastisch Schicht 4a, 4b	1-25	< 5 %	1,7-2,2	UL/TL, UM/TM, UATA	5-30	15-35	0,5-2,0	weich bis fest	2-10	5-20	10-50	sehr hoch	-	-	10-250 gering – mittel abrasiv	< 10	10 ⁻⁹ -10 ⁻¹¹

relevante DIN, Homogenbereich übliche Bezeichnung	Schlag- zahl (DPH)	Anteile Steine + Blöcke	Dichte [feucht]	Bodengruppe DIN 18196	Wasser- gehalt	Plasti- zitäts- zahl	Konsis- tenz- zahl	Lagerungs- - dichte	Anteil Organik	Kohäsion	Kohäsion undrai- niert	Verklebe- - potenzial	Ver- witter- ung	Einaxiale Druck- festigkeit	LCPC: Abrasivitäts- koeffizient	Kalk- gehalt DIN 18129	K _r -Wert DIN 17892- 11
	N ₁₀ [1]	[%]	σ [g/cm³]	[-]	w _n [%]	I _p [%]	I _c [1]	[-]	V _{GL} [%]	c' _k [kN/m²]	c _{u,k} [kN/m²]			(MPa)	(LAK)	[%]	[m/s]
E Auelehm Feinkörnig, organisch Schicht 4c	0-5	< 5 %	1,5-1,8	OU/OT	15-100	15-40	0,5-2,0	weich bis fest	5->20	0-20	5-35	sehr hoch	-	-	0-100 nicht – gering abrasiv	< 10	10 ⁻⁹ -10 ⁻¹¹
F Unstrutschotter und Kiese, Kiese und Sande, ge- mischt- bis grob- körnig Schicht 5	2-35	< 10 %	1,8-2,3	SW-SU*/ST*, GW-GU*/GT*	5-25	-	-	mitteldicht bis dicht	0-5	0-5	0-10	gering	-	-	500-1500 abrasiv – stark abrasiv	< 5	10 ⁻⁴ -10 ⁻⁶
G Keuper mit Felszersatz Gemischt- bis feinkörnig Schicht 6	2->70	< 35 %	1,9-2,4	Mst/Tst(SU*/ ST*-UM/TM)	0-25	5-15	-	mitteldicht bis dicht/ weich bis fest	0-5	0-5	0-20	sehr hoch	V4- V5	<1 - 5	250-1500 mittel abrasiv – stark abrasiv	< 20	10 ⁻⁷ -10 ⁻⁹

Im Gegensatz zur vorsichtigen Definition charakteristischer Kennwerte für eine Statik sind bei der Beurteilung der Homogenbereiche hier im Gegensatz die Widerstände gegen das Lösen (Schürfwiderstand w_s)/Bearbeiten/Einbauen zu berücksichtigen. Deshalb können sich die Wertebereiche ein und desselben Parameters wie z.B. c_u deutlich unterscheiden.

Erläuterungen zu Tabelle 16:

- In der Spalte Lagerungsdichte wird für feinkörnige Böden die Konsistenz angegeben
- Die undrained Kohäsion ist gutachterlich abgeschätzt.

() - Vorkommen von untergeordneter Bedeutung

n.n. - nicht nachweisbar

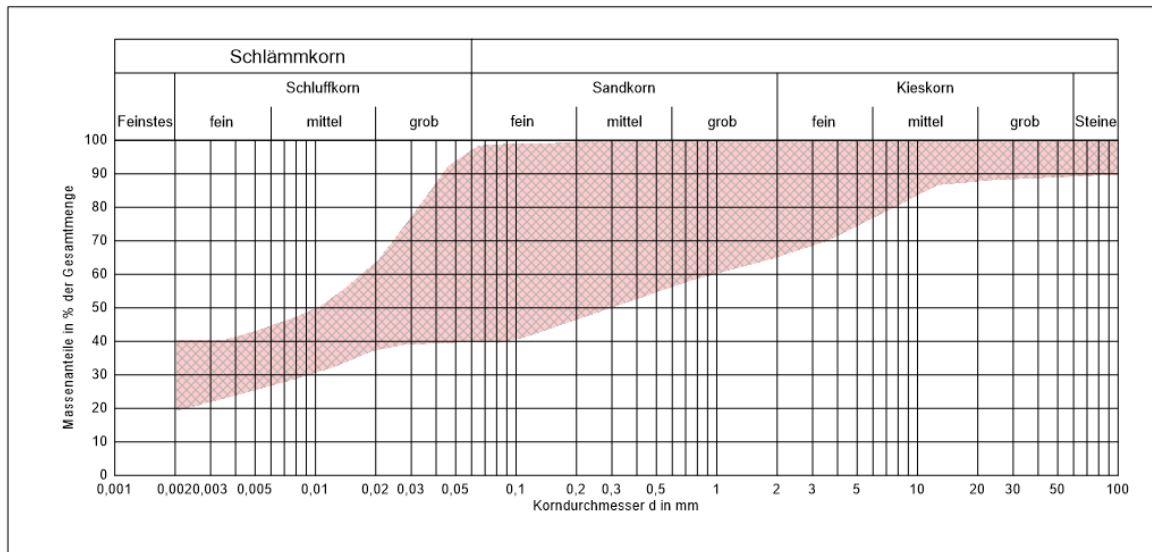
n.b. - nicht bestimmt


5.1 Kornverteilungsbänder der Homogenbereiche

Homogenbereich A: ohne Abbildung (Oberboden allg. ohne Siebung)

Homogenbereich B: Abbildung 14

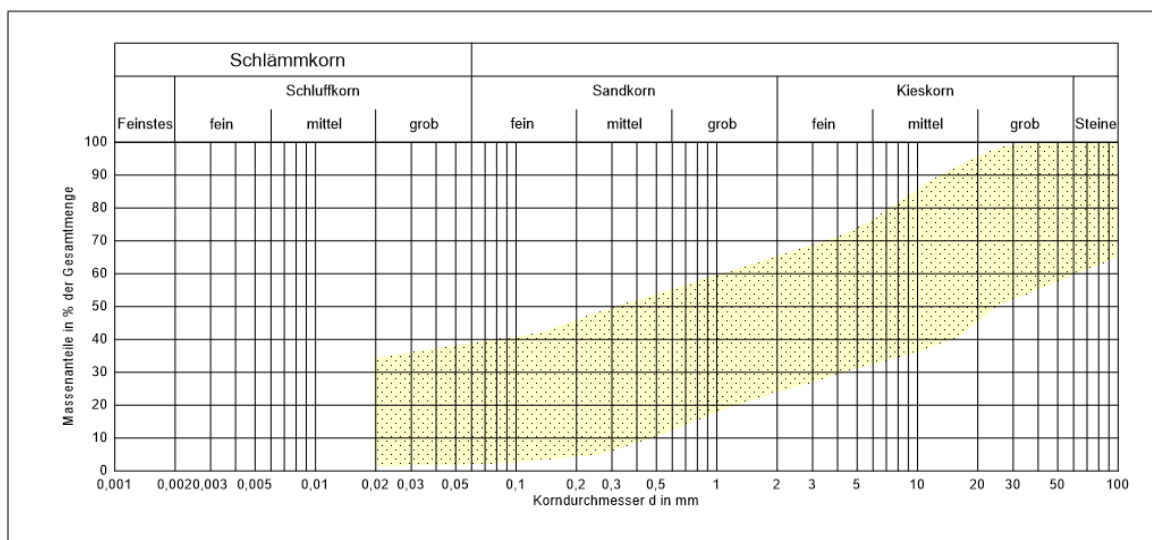
Abbildung 14: Kornverteilungsband Homogenbereich B



 Auffüllung - leicht- bis mittelplastisch A[UL/TL, UM/TM]

Homogenbereich C: Abbildung 15

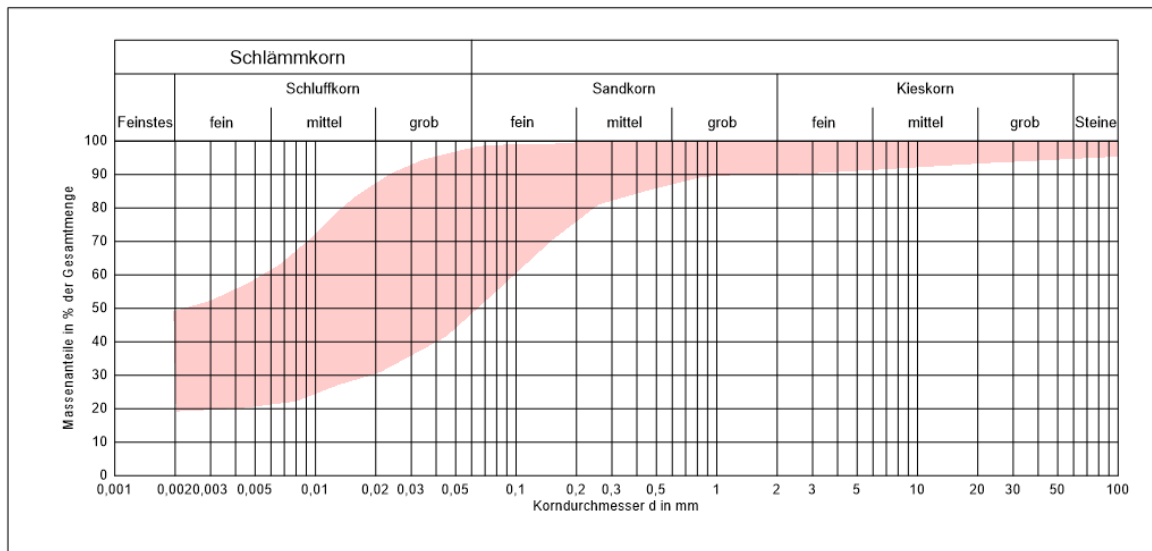
Abbildung 15: Kornverteilungsband Homogenbereich C



 Auffüllung - grob- bis gemischtkörnig A[SU-SU*/ST*, GU-GU*/GT*]

Homogenbereich D: Abbildung 16

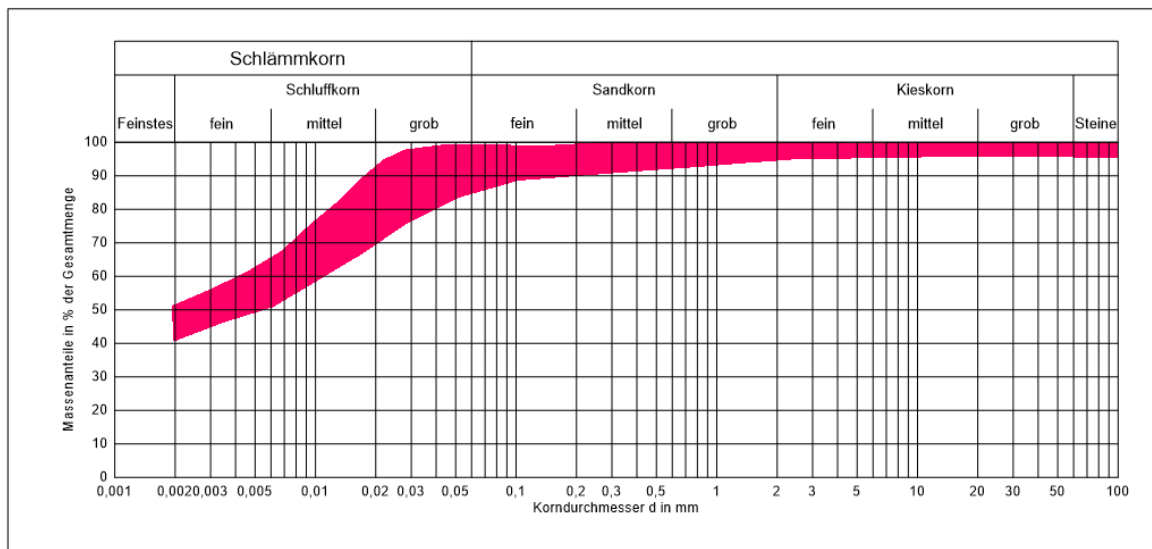
Abbildung 16: Kornverteilungsband Homogenbereich D




 Auehlm - leicht- bis ausgeprägt plastisch (UL/TL, UM/TM, UA/TA)

Homogenbereich E: Abbildung 17

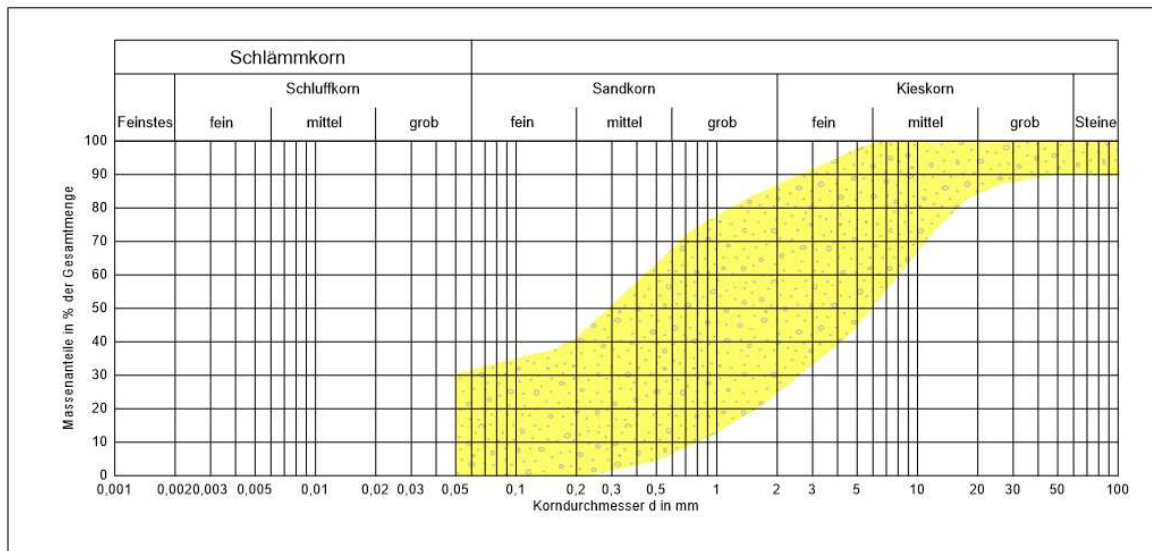
Abbildung 17: Kornverteilungsband Homogenbereich E



 Auehlm - organisch (OU, OT)

Homogenbereich F: Abbildung 18

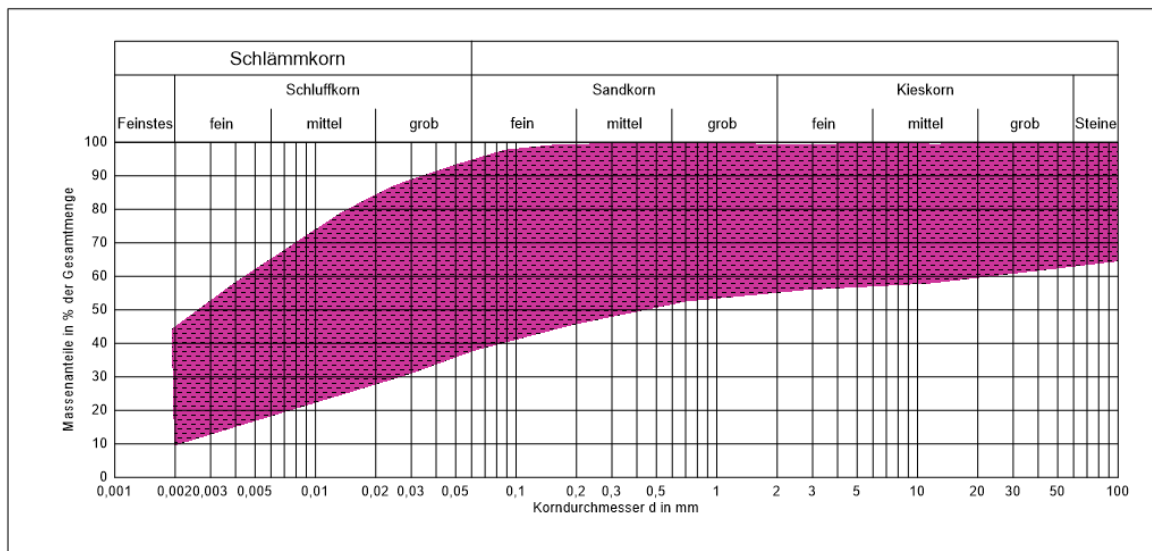
Abbildung 18: Kornverteilungsband Homogenbereich F



Flussschotter - grob- bis gemischtkörnig (SW-SU*/ST*, GW-GU*/GT*)

Homogenbereich G: Abbildung 19

Abbildung 19: Kornverteilungsband Homogenbereich G



Keuper mit Felsersatz - gemischt- bis feinkörnig (SU*-ST*-UM/TM)

6 Allgemeine Empfehlungen zur Bauausführung

6.1 Aktuelle Situation, Gründung

Für alle Teilobjekte sind die Baugrundsichtungen im Kapitel 4.3.4 aufgeführt. Dabei sind Dammgründungen im Auelehm der Schichten **4a** und **4b** bzw. im verwitterten Festgesteinszersatz **Schicht 6** vorgesehen, wobei unbedingt beachtet werden muss, dass diese Böden mittel bis sehr frostempfindlich sind. Des Weiteren neigen sie zu mittleren bis starken Setzungen, was bei den statischen Nachweisen zu berücksichtigen ist.

Für einige Bauwerke kann zur Baugrubensicherung das Einbringen von Spundwänden entsprechend statischem Erfordernis notwendig sein. Aufgrund der mitteldichten bis dichten Lagerung und mittleren bis schweren Rammbarkeit ist ein Einbringen von Spundwänden in die mitteldicht bis dicht gelagerten Bereichen des Grundwasserleiters bzw. des Festgesteinszersatzes ohne gesonderte Maßnahmen nicht möglich oder erheblich erschwert. Für das Einbringen einer Spundwand sind deshalb geeignete Maßnahmen wie z.B. Austauschbohrungen, in den Ausschreibungen vorzusehen, um einen geeigneten, rambaren Baugrund herzustellen. Bedingt durch seine Genese ist der anstehende Auelehm und Festgesteinszersatz im Baufeld vor Feuchtigkeit zu schützen. Dabei sind die Regelungen der ZTV-W LB 205 [T53] bzw. der ZTVE-StB [T29] zum Schutz eines möglichen Planums (z.B. Opferschicht) zu beachten. Daneben ändern auch die feinkörnigen Böden bei Durchfeuchtung ihre Konsistenz in den steifen bis weichen Bereich, womit sie geringer belastbar und ggf. nicht verdichtbar sind. Die Sande und Kiese der **Schicht 5** sind stark belastbar und wenig zusammendrückbar.

Für die Standsicherheitsuntersuchungen sind die Bodenkennwerte aus Tabelle 15, Kap. 4.4 maßgebend.

6.2 Befahrbarkeit und Wegebau

Der Mutterboden sowie die darunterliegende Baugrundsicht 4 (Auelehm) sind feuchte- und frostempfindlich. Das Gelände im geplanten Dammbereich kann in Zeiträumen mit geringen Niederschlägen mit leichten Radfahrzeugen befahren werden. Das Befahren bei ungünstigen Witterungsverhältnissen ist ohne zusätzliche tragfähigkeitsverbessernde Maßnahmen nicht zu empfehlen. Zum Andienen der Baustelle ist planmäßig eine Baustraße vorzusehen, welche der Spezifika der geplanten Dammmerrichtung bzw. -ertüchtigung entspricht.

Detaillierte Planungen zu Straßen / Wegen und dessen Aufbau liegen bislang nicht vor, so dass vorerst nur allgemeingültige Empfehlungen getroffen werden können. Bei der Planung sind die einschlägigen Normen und Regelwerke, insbesondere die Angaben der DWA-A 904 [T47] und der ZTV E-StB 17 [T29] zu berücksichtigen. Es wird empfohlen die Bemessung der Dicke des frostsicheren Oberbaus vorerst mit folgenden Eingangswerten durchzuführen:

Frosteinwirkungszone: II

Frostempfindlichkeit des Untergrundes: überwiegend F3

Wasserverhältnisse: Grund- bzw. Schichtwasser kommt im Tiefenbereich bis 2,0 m unter Planum temporär vor. Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse sind zu berücksichtigen.

In der ZTV E-StB 17 [T29] werden für Straßen und Wege in der Regel Tragfähigkeiten von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ für das Planum gefordert. Gemäß dem Merkblatt DWA-A 904 [T47] ist für Wirtschaftswege eine Mindesttragfähigkeit des Untergrundes von $E_{v2} = 30 \text{ MN/m}^2$ erforderlich. Erfahrungsgemäß liegt die Tragfähigkeit der bindigen Böden bei den steifen bis halbfesten Konsistenzen im Bereich von $E_{v2} < 10 - 15 \text{ MN/m}^2$. Das Planum lässt sich bei den erkundeten steifen bis halbfesten Konsistenzen noch ausreichend nachverdichten. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die erforderlichen Anforderungen an die Planums-Tragfähigkeit ohne zusätzliche Maßnahmen nicht erreichbar sind.

Dabei ist planungsseitig zu prüfen, ob die Teilleistung „Baustraße“ in die Gesamtkonstruktion integriert werden kann. Hierbei kann z.B. nach Abtrag des Oberbodens eine Bodenverbesserung von 40 cm Mächtigkeit durch Einbringen von hydraulischen Bindemitteln erfolgen. Die Art und die Dosierung sind im Zuge einer Eignungsprüfung zu ermitteln. Auf diese mit ca. 3 % Querneigung profilierte Schicht ist eine ungebundene Tragschicht von mindestens 40 cm vorzusehen. Alternativ ist der Einbau eines Geoverbundstoffes oder ein ca. 40 cm mächtiger Bodenaustausch, durch Einarbeitung von Grobmaterial, möglich. Die Gesamtdicke wird auf ca. 80 cm geschätzt, für genauere Angaben wären ergänzende Untersuchungen im Bereich der geplanten Baustraße erforderlich.

6.3 Verwendung von Böden für Erdarbeiten

Im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sollten die anfallenden Böden im Rahmen der Baumaßnahme wiederverwendet werden.

Sofern die aus dem Untersuchungsbereich entnommenen Böden nicht am Herkunftsort wieder eingebaut werden können oder sollen, unterliegen diese dem Geltungsbereich des Abfallrechts (KrWG) und den Regelungen der LAGA TR Boden (2004) bzw. der Ersatzbaustoffverordnung (2023). Der Umfang dieser Verwertung ergibt sich letztlich erst aus der Massenbilanz im Rahmen der weiteren Planung. Für die standortfremde Verwertung der anfallenden Böden und Materialien wird die Erstellung eines Entsorgungskonzeptes, welches den fachgerechten Umgang mit nicht wiederverwendbaren Böden und Materialien beschreibt, empfohlen. Im Rahmen der Bauausführung sollten zusätzliche Maßnahmen zur ordnungsgemäßen und schadlosen Verwertung der Böden eingeplant werden (fachtechnische Begleitung, Abfalldeklaration, Entsorgungsnachweise, Nachweisdokumentation etc.). Nach gegenwärtigem Kenntnisstand können die untersuchten Böden folgenden AVV-Abfallschlüsseln zugeordnet werden:

– Oberboden: ASN 170506 - Baggergut mit Ausnahme desjenigen, das unter 17 05 05 fällt (gilt für Baggergut im Sinne von DIN 19731 [T54] aus dem Überschwemmungsbereich des Gewässers)

– Abtragsböden: ASN 170504 - Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen

Abbruch: ASN 170107 – Beton-, Ziegel, Fliesen mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen

Dementsprechend können die anstehenden Böden gemäß Tabelle 17 wieder verwendet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der natürliche Wassergehalt der oberflächennahen Schichten im Wesentlichen von Tagwässern beeinflusst wird, so dass Verdichtbarkeit und Konsistenz unter diesem Aspekt angepasst zu bewerten sind.

Tabelle 17: Verwendung für gewachsene Böden

	Mutterboden	Auelehm		Schmelzwassersande und Kiese,	
		feinkörnig	gemischtkörnig	grobkörnig	gemischtkörnig
Böschungswinkel ¹⁾	≤ 45°	≤ 60°	≤ 60°	≤ 45°	≤ 60°
Verwendung als: Dichtung	nein	ja ²⁾³⁾	ja ²⁾³⁾	nein	nein
Stützkörper	nein	nein	ja ²⁾³⁾	ja	ja
Dränkörper	nein	nein	nein	ja ²⁾	ja ²⁾
Auffüllung	nein	ja	ja	ja	ja
Kulturboden	ja	nein	nein	nein	nein

Erläuterungen zu Tabelle 17

- 1) Ist nur für Böden oberhalb des Grundwasserspiegels gültig, in Anlehnung DIN 4124
- 2) sofern die Anforderungen an die Durchlässigkeit sowie weiterer Kriterien im QSP erfüllt werden
- 3) mindestens steife Konsistenz für feinkörnige Böden

Nachfolgend werden für die nach derzeitigem Kenntnisstand anfallenden Böden / Materialien die Wiederverwendungsmöglichkeiten aus geotechnischer Sicht aufgezeigt.

Oberboden Schicht 0a

Vor Beginn der Arbeiten ist der Oberboden im gesamten Baufeld abzutragen und separat von den übrigen Abtragsmaterialien zu lagern. Der Oberboden ist in Trapezmieten locker aufzusetzen und ggf. mit einer Rasenansaat für eine spätere Wiederverwendung zu sichern. Er ist nicht zu überschütten oder zu überfahren. Es wird empfohlen den Oberboden im Rahmen der Baumaßnahme wieder zu verwenden. Die geplante Aufstandsfläche für den neuen Dammkörper ist vor Beginn der Arbeiten nachzuverdichten, um einen Verdichtungsgrad der einzubauenden Böden von mindestens $D_{Pr} \geq 95 \%$ bzw. eine Tragfähigkeit von $E_{v2} = 30$ MN/m² (feinkörniges - grobkörniges Material) zu erreichen. Das technologische Regime ist im Rahmen von Probefeldern zu ermitteln und mittels baubegleitender Verdichtungsprüfungen gemäß Qualitätssicherungsplan zu bestätigen.

Gewässersediment

Vor der Neuprofilierung des Gewässers sollte das vorhandene Sediment in der Gewässersohle abgetragen werden. Dabei sind die breiige Konsistenz und der sehr hohe Wassergehalt zu beachten. Diesbezüglich sollte vor der weiteren Verwendung eine Zwischenlagerung und Austrocknung vorgesehen werden. Im Rahmen der Baumaßnahme ist eine Wiederverwendung in Verbindung mit der Oberbodenandeckung oder als Sohlsubstrat denkbar. Dies sollte ggf. mit der zuständigen Abfallbehörde geklärt werden. Aus bodenmechanischer / geotechnischer Sicht ist das Material für den Wiedereinbau ungeeignet.

grob- und gemischtkörnige, bindige Auffüllungen (Schicht 3a-b)

Die an den geplanten Bauwerksstandorten, überwiegend oberflächlich, meist im Bereich der Wegbefestigungen angetroffenen Auffüllungen mit unterschiedlichen mineralischen Fremdbestandteilen sollten im Bereich der bisherigen Wegebefestigungen wieder eingebaut werden.

Auelehm (Schicht 4a-b)

Die anstehenden feinkörnigen, bindigen Auelehme (Homogenbereich D) weisen überwiegend steife bis halbfeste Konsistenzen auf. Sie sind bei diesen Konsistenzen für den Wiedereinbau als Dichtungsmaterial in der Gewässersohle, zur Gewässerprofilierung, Dammaufbau oder im Hinterfüllbereich der Durchlässe gut geeignet. Sollten die Auelehme aufgeweicht sein, sind sie im Allgemeinen aufgrund zu hoher Wassergehalte für den unmittelbaren Wiedereinbau nicht geeignet. In diesem Fall wären zur Erzielung von mindestens steifen Konsistenzen eine Zwischenlagerung und Austrocknung, eine Behandlung mit Bindemitteln oder das Zumischen von bindigem / grobkörnigen Material mit geringen Wassergehalten denkbar.

Auelehm (Schicht 4c)

Die anstehenden feinkörnigen, bindigen, Auelehme (Homogenbereich E) sind organisch und weisen überwiegend steife bis halbfeste Konsistenzen auf. Diese Böden sind sehr stark

wasserempfindlich, stark frostempfindlich, gering durchlässig, schlecht verdichtbar und zeichnen sich durch ein sehr ungünstiges Trag-/Setzungsverhalten aus. Sie sind für jede Art Baugrund und als Planum ungeeignet.

Gemischtkörnige, grobkörnige quartäre Flussablagerungen (Schicht 5)

Die unterhalb der holozänen Auelehme anstehenden Sande und Kiese (Homogenbereich F) sind grundwasserführend. Sie sind gut bis sehr gut durchlässig, nicht bis gering frostempfindlich, gut verdichtbar und sehr gut tragfähig sowie gering setzungsempfindlich. Für Tiefengründungen sind sie gleichfalls geeignet.

Keuper mit Felszersatz (Schicht 6)

Ausgehend von den derzeit geplanten Maßnahmen dürften nur geringe Mengen dieser Böden anfallen. Sie sind bei diesen Konsistenzen für den Wiedereinbau zur Gewässerprofilierung, Dammaufbau gut geeignet. Sollten die gemischt- bis feinkörnigen Böden aufgeweicht sein, sind sie im Allgemeinen aufgrund zu hoher Wassergehalte für den unmittelbaren Wiedereinbau nicht geeignet. In diesem Fall wären zur Erzielung von mindestens steifen Konsistenzen eine Zwischenlagerung und Austrocknung, eine Behandlung mit Bindemitteln oder das Zumischen von bindigem / grobkörnigen Material mit geringen Wassergehalten denkbar.

6.4 Lösbarkeit und Rammbarkeit von Böden

Die Auswertung der schweren Rammsondierungen (DPH) erfolgte unter Einbeziehung der Ergebnisse der Schlüsselbohrungen. Die Angaben zur bezogenen Lagerungsdichte (I_D nach DIN 14688-2) für Sande, Kiessande und Kiese wurden aus den Korrelationen der DIN EN 1997-2 abgeleitet. Dabei ist jeweils ein Mittelwert für N_{10} über mindestens 1 m Eindringtiefe herangezogen worden. Schichten, die eine Mächtigkeit von weniger als 1 m aufweisen, wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Des Weiteren sind nur Tiefenbereiche unterhalb der Oberflächeneinflusstiefe von 1 m betrachtet worden.

Als Grundlage für die Beurteilung der Lagerungsverhältnisse dient die Klassifizierung in DIN EN ISO 14688-2, Tabelle 5, anhand der bezogenen Lagerungsdichte I_D .

Tabelle 18: Klassifizierung mithilfe der bezogenen Lagerungsdichte

Bezeichnung relative Dichte	Bezogene Lagerungsdichte I_D
sehr locker	0 – 0,15
locker	0,15 – 0,35
mitteldicht	0,35 – 0,65
dicht	0,65 – 0,85
sehr dicht	0,85 – 1,00

Aus den Schlagzahlen der DPH können so die jeweiligen Lagerungsverhältnisse abgeleitet werden. Diese sind in den Schichtenprofilen der Anlage 4 jeweils schichtbezogen vermerkt. Aus den ermittelten Schlagzahlen können für Sande und Kiese (Schicht 5) folgende Lagerungsverhältnisse bzw. für Auelehme und Zersatzbereiche des Festgesteines folgende Konsistenzen abgeleitet werden.

Tabelle 19: Auswertung der DPH, abgeleitete Kennwerte

Schicht	Bodengruppe	Lagerung/ Konsistenz	N_{10}	I_D
3a	A[SU-SU*/ST*, GU-GU*/GT*]	lo - md	1 - 15	0,15-0,60

Schicht	Bodengruppe	Lagerung/ Konsistenz	N ₁₀	I _D
3b	A[UL/TL,UM/TM]	st - hf	1 - 15	-
4a-4b	TL-TA, UL-UA	st - hf	1 - 25	-
4c	OU, OT	w - st	0 - 5	-
5	SW-SU*/ST*,GW-GU*/GT*	lo - d	2 - 35	0,20 – 0,85
6	Mst/Tst[SU*/ST*-UM/TM]	st - f md - sd	2 - 70	-

Lagerung: sehr locker (s.lo), locker (lo), mitteldicht (md), dicht (d), sehr dicht (sd)

Konsistenz: weich (w), Steif (st), halbfest (hf), fest (f)

TO 12:

- keine Rammsondierung

TO 14 - HWE:

- oberflächennah ab – 0,70 m u. GOK (+145,27 m NHN₁₆) im Bereich des Keupermergel/-zersatzes dicht gelagert und demnach schwer lösbar

TO 14 - Tosbecken:

- ab – 2,50 m u. GOK (+145,27 m NHN₁₆) im Bereich des Keupermergel/-zersatzes dicht gelagert und demnach schwer lösbar

TO 14 - Brücke:

- ab – 1,60 m u. GOK (+147,99 m NHN₁₆, Widerlager) im Bereich der feinkörnigen Auffüllung dicht gelagert und demnach schwer lösbar

TO 15 – Verlängerung Hauptdamm Süd:

- ab – 0,60 m u. GOK bzw. +151,85 m NHN₁₆ im Bereich der grobkörnigen Auffüllung dicht gelagert
- danach locker- mitteldicht gelagert

TO 16 – Schutzdamm Schwerstedt:

- ab – 2,20 m u. GOK (+148,80 m NHN₁₆) im Bereich des Keupermergel/-zersatzes dicht gelagert und demnach schwer lösbar
- die Bereiche des Auelehmes und des Unstrut-Schotters sind überwiegend locker gelagert

TO 17 – Schutzdamm Straußfurt/ Nordvariante:

- oberflächennah ab – 0,90 m u. GOK (+149,83 m NHN₁₆) unterhalb der mineralischen Auffüllung im Bereich der Auelehme dicht gelagert und demnach schwer lösbar
- die Bereiche des Keupermergel/-zersatzes sind dicht gelagert

TO 17 – Schutzdamm Straußfurt/ Südvariante:

- oberflächennah ab – 0,50 m u. GOK (+149,36 m NHN₁₆) im Bereich der Auelehme dicht gelagert und demnach schwer lösbar
- die Bereiche des Keupermergel/-zersatzes sind überwiegend dicht gelagert

TO 18 – Schutzdamm Gebesee:

- ab – 4,70 m u. GOK bzw. ab +145,43 m NHN₁₆ im Bereich des Unstrut-Schotters dicht gelagert und demnach schwer lösbar

Lokal kann bei gröberen Kiesen/Steinen bzw. bei Konsistenzänderungen der feinkörnigen Böden auch eine schwere Rammbarkeit oberhalb der ausgewiesenen Geländehöhe anzutreffen sein, so dass für die Rammtechnik entsprechende Einbringtechniken vorzusehen sind.

Prinzipiell können Spundwände/Stahlträger mittels schlagender Rammung, erschütterungsarmer Vibration/Rütteln oder erschütterungsfreiem Pressen eingebracht werden. Bei der Wahl des Rammgutes (Profile und Material) und des Einbringverfahrens sind die statisch erforderlichen Einbringtiefen, die örtlichen innerstädtischen Verhältnisse, die Nähe zu Verkehrsanlagen sowie wirtschaftliche Aspekte planerisch zu beachten. Die Wahl der Gerätetechnik für das Einbringen und Ziehen ist auf die beschriebenen Baugrundverhältnisse und die Einbringtiefe abzustellen. Für das Einbringen sind die Hinweise und Empfehlungen in der EAU (u.a. E154) [T49] zu beachten.

Ausgehend vom bisherigen Kenntnisstand kommt i.d.R. das Einbringen mittels Vibration/Rütteln und ggf. Einpressen in Betracht. Das Einbringen mittels schlagender Rammung wäre nur bei sehr großen Einbringtiefen erforderlich.

Das Vibrieren / Rütteln ist im Allgemeinen eine lärmarme und erschütterungsarme Einbringmethode. Stand der Technik sind Mäklär geführte oder auch freireitende Hochfrequenzvibratoren. Grundsätzlich werden Bauwerke im Einflussbereich der Rüttler durch Schwingungen z.B. der Fundamente und Geschossdecken beeinflusst. Die DIN 4150 (Teil 3) [T55] enthält Anhaltswerte für zulässige Schwinggeschwindigkeiten.

Bei Böden mit halbfesten Konsistenzen und dichten Lagerungen können nur mit Einbringhilfen (Vorbohren) die erforderlichen Einbringtiefen erzielt werden. Zusätzlich sollten weitere Maßnahmen (z.B. Austauschbohrungen) vorgesehen werden. Durch die Vibration, vor allem bei hohen Drehzahlen/Frequenzen, ist bei locker bis mitteldicht gelagerten Sanden und Kiesen eine zunehmende Verdichtung zu erwarten, so dass mit dem Einbringen nachfolgender Bohlen größere Einbringwiderstände auftreten. Daher sollte mehrfaches Vorbohren eingeplant werden.

Ohne Einbringhilfen ist das Pressen nur in den steifen bindigen Auelehmen zu empfehlen. Bei halbfesten Konsistenzen und in den mitteldicht bis dicht gelagerten Sanden und Kiesen ist das Einpressen nur mit Einbringhilfen (i.d.R. Vorbohren) noch sehr eingeschränkt bzw. nicht geeignet.

Abhängig von den tatsächlich statisch erforderlichen Tiefen, sind für alle Verfahren aufgrund der Bodenverhältnisse in jedem Fall Einbringhilfen vorzusehen. In erster Linie kommen hierfür Lockerungsbohrungen in Frage, die den Bohlen/Trägern unmittelbar vorausseilen müssen. Aufgrund der teils mit zunehmenden Tiefen schwierigen Verhältnisse muss von mehrfachem Vorbohren ausgegangen werden. Sind durch das Vorbohren keine ausreichenden Tiefen erzielbar, kommen zusätzliche Maßnahmen wie Spülhilfen (siehe EAU, E203) im Niederdruckspülverfahren und Austauschbohrungen mit rambbarem Material in Betracht. Alle Einbringverfahren setzen grundsätzlich voraus, dass keine Hindernisse im Boden vorhanden sind. Hohe Stein-/Blockanteile oder sehr grobe Auffüllungen stellen die Anwendbarkeit der Verfahren in Frage. Derartige Hindernisse wurden zwar nicht erkundet, können geologisch bedingt und aufgrund der Lage nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Daher sollten neben den empfohlenen Einbringhilfen auch Maßnahmen zur Hindernisbeseitigung durch Austauschbohrungen vorgesehen werden.

Gemäß dem derzeitigen Planungsstand sind explizit keine pfahlartigen Tragglieder vorgesehen, kommen jedoch grundsätzlich in Betracht. Sofern entsprechende Tiefgründungen in der weiteren Planung geplant sind, kann eine entsprechende Präzisierung der Kennwerte erfolgen. Die zur Bemessung von Bohrpfählen erforderlichen Kennwerte für den Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ und die Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ können anhand von Erfahrungswerten gemäß der EA-Pfähle, Tabellen 5.12 bis 5.14 [T56] abgeschätzt werden.

Maßgebend für die Einschätzung ist bei nicht bindigen Böden der mittlere Spitzenwiderstand q_c der Drucksonde (CPT) und bei bindigen Böden die Scherfestigkeit $c_{u,k}$ des undränierten Bodens. Die entsprechenden Angaben sind in Kap. 7.2 enthalten bzw. können aus den Schlagzahlen abgeleitet werden. Die Anwendung der Tab. 5.12 - 5.14 in der EA-Pfähle /42/ gilt unter folgenden Voraussetzungen:

- Bohrpfähle mit $d = 0,3$ bis $3,0$ m,
- Mindesteinbindung von $2,5$ m in eine tragfähige Schicht,
- Mächtigkeit der tragfähigen Schicht unterhalb der Pfahlfußfläche nicht weniger als drei Pfahlfußdurchmesser, mindestens aber $1,5$ m beträgt und in diesem Bereich $q_c > 7,5$ MN/m² bzw. $c_{u,k} \geq 100$ kN/m² nachgewiesen ist.

Die horizontalen Bettungsmodule können näherungsweise nach DIN 1054 [T22] über die Formel:

$$k_s = \frac{E_s}{D}$$

mit:

k_s ... horizontaler Bettungsmodul in MN/m³

E_s ... Steifemodul in MN/m²

D ... Pfahldurchmesser in m ansetzen solange $D \leq 1,0$ m, sonst $D = 1,0$ m

ermittelt werden. Der Anwendungsbereich der Gleichung ist durch eine rechnerische maximale charakteristische Horizontalverschiebung von ca. $2,0$ cm oder $0,03 D$ begrenzt, wobei der kleinere Wert maßgebend ist. Es wird empfohlen, die Pfahlfüße in Bereichen mit $q_c \geq 7,5$ MN/m² abzusetzen. Dies sind in der Regel die Sande und Kiese (S5) bei mittleren Schlagzahlen der DPH von min. $N_{10} = 8 - 10$.

Für die Herstellung von Mikropfählen ist die DIN EN 14199 in Verbindung mit DIN SPEC 18539 maßgebend.

Nach derzeitigem Kenntnisstand sind bislang keine Bohrarbeiten für Pfahlgründungen vorgesehen, kommen jedoch grundsätzlich in Betracht. Im Allgemeinen ist bei den anstehenden Böden bis zu einem Spitzendruck $q_c < 25$ MPa und bei weichen bis halbfesten Konsistenzen (Homogenbereich B, D, E) sowie mitteldichter Lagerung (Homogenbereich C) von einer leichten bis mittelschweren Bohrbarkeit auszugehen. Für die teils dicht gelagerten Sande und Kiese sowie Festgesteinsbereiche (Homogenbereich F und G) muss lokal von $q_c > 25$ MPa ausgegangen werden, so dass von einer schweren bis sehr schweren Bohrbarkeit auszugehen ist. Weiterhin kann der Steinanteil schwanken. Hindernisse in Form von Blöcken wurden nicht erkundet, können jedoch nicht ausgeschlossen werden. Daher sind entsprechende Maßnahmen zu deren Beseitigung vorzusehen (z.B. Meißelarbeiten).

Bei der Herstellung von Bohrpfählen muss dafür gesorgt werden, dass Wasser und /oder Boden nicht unkontrolliert in das Bohrloch eindringen. Dies ist insbesondere im Bereich der locker gelagerten, heterogenen Auffüllungen und die bereichsweisen weichen bindigen Böden zu erwarten. Die Stützung des gesamten Bohrloches ist mittels Verrohrung sicher zu stellen. Die Verrohrung sollte immer dem Aushub vorausseilen. Bei der Herstellung sind die maßgebenden Grundwasserstände in den jeweiligen Planungsabschnitten zu beachten.

Entsprechend sind die Bohrpfähle mit Wasserauflast (min. $1,0$ m über maßgebenden Grundwasserstand) herzustellen. Die Art der Bohrwerkzeuge muss den jeweiligen Bodenarten angepasst werden. Im Bereich der Sande und Kiese bzw. des Festgesteinszersatzes (Homogenbereich F und G) muss von einem hohen Verschleiß der Bohrwerkzeuge ausgegangen werden. Vor dem Betonieren ist die Bohrlochsohle zu reinigen. Im Bereich der Auffüllung und der weichen, bindigen Böden ist die Betonzufuhr und Ziehgeschwindigkeit der Verrohrung so abzustimmen, dass kein Boden und Wasser in den Beton eindringt.

Gegebenenfalls muss eine bleibende Verrohrung oder Hülse vorgesehen werden, um den Frischbeton im Bohrloch zu halten. Es wird empfohlen an den fertigen Pfählen zum Nachweis der Mängelfreiheit Integritätsprüfungen durchzuführen.

Für die Aufstandsfläche der Bohr- und Rammtechnik ist eine ausreichend breite und tragfähige Arbeitsebene vorzusehen.

Eine konkrete Auswertung der Rammsondierungen mit Bezug zu den Böden ist dem Kapitel 4.3.4 zu entnehmen.

6.5 Grundwasser und Wasserhaltung

Die Sande und Kiese des Quartärs (Unstrut-Schotter) bilden den obersten Grundwasserleiter. Die Grundwasseroberfläche wurde während der diesjährigen Erkundungsphase (19.07.2023 bis 09.11.2023) zwischen +142,69 m NHN₁₆ und + 149,71 m NHN₁₆ gelotet.

Nach den Ergebnissen der Sondierungen ist je nach Mächtigkeit der bindigen Bedeckung aus Auelehm von keinem bzw. einem gespannten Grundwasserleiter auszugehen. Die Grundwasserstände sind aus den Baugrundlängsschnitten und den Querschnitten (Anlage 3) zu entnehmen.

Die klimatischen Bedingungen während der Erkundungsphase waren durch gemäßigte Niederschläge bei milden Temperaturen geprägt.

Der Beckenpegel am HRB Straußfurt variierte während dieser Zeit um 321 cm und fiel kontrolliert von +148,02 m NHN₁₆ auf +144,81 m NHN₁₆.

In Abhängigkeit vom Wasserstand des HRB Straußfurt und von der Mächtigkeit des über den wasserführenden, grobkörnigen Böden anstehenden Auelehms ist überwiegend von gespannten Grundwasserverhältnissen auszugehen. Daher sind nachfolgende Empfehlungen zu beachten:

- Nachverdichtung der Dammaufstandsfläche unter Berücksichtigung der Anmerkung unter Pkt. 6.2, ggf. ist zur Verhinderung des Aufsteigens von Bodenwasser statisch zu verdichten.
- Bei ggf. geplanten Bauwerken im Damm bzw. Dammvor- und Hinterland mit tieferliegender Gründungssohle sind gesonderte Betrachtungen bezüglich einer eventuellen Wasserhaltung erforderlich.

Zu Tage tretendes Grundwasser lässt sich erfahrungsgemäß bis max. 0,3 m über Gründungssohle, abhängig von der Baugrubengröße bzw. der Haltungsängen, noch mit einer ausreichend leistungsfähigen, offenen Wasserhaltung bestehend aus Sickergräben / -leitungen an den Böschungsfüßen und Pumpensämpfen in den Ecken der Baugruben, beherrschen. Sofern die geplante Gründungssohle / Baugrubensohle tiefer im Grundwasser liegt als angenommen, muss eine geschlossene Wasserhaltung vorgesehen werden. Aufgrund der guten bis sehr guten Durchlässigkeit des Grundwasserleiters kommen bei geringen Absenkbeträgen und abhängig von der Größe und Tiefe der Baugrube Spülfilteranlagen (Lanzen) in Betracht.

Spülfilteranlagen haben jedoch vordergründig in Sanden ihr optimales Einsatzspektrum. In den Kiesen kann die Leistungsfähigkeit dieser Anlagen, immer abhängig von den Absenkbeträgen und der Baugrubengröße, möglicherweise nicht ausreichen. Ggf. sind gestaffelte Anlagen vorzusehen. Bei größeren Baugruben und hohen Absenkbeträgen kommen erfahrungsgemäß nur Schwerkraftentwässerungsverfahren mittels Tiefbrunnen in Betracht. Diese sind bei entsprechender Dimensionierung sowohl in Sanden als auch in Kiesen geeignet. Grundsätzlich sind auch wasserdichte Baugrubenumschließungen (z.B. Spundwände) mit einer wasserdruckhaltenden und dichten Unterwasserbetonsohle in Verbindung mit einer offenen Restwasserhaltung denkbar.

Der Zutritt von Oberflächenwasser aus den Gewässerläufen in die Baugruben ist durch geeignete bauzeitliche Maßnahmen (z.B. ober- u. unterstromige Fangedämme oder Gewässerverlegung) zu verhindern.

Prinzipiell ist für den Betrieb einer bauzeitlichen Grundwasserhaltung (Fördern von Grundwasser und Einleiten des Grundwassers in ein Oberflächengewässer) ein Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis bei der zuständigen Behörde einzuholen. Als Grundlage für das wasserrechtliche Erlaubnisverfahren sollte eine technische Konzeption und Dimensionierung der Wasserhaltung erfolgen, um die anfallenden Wassermengen und die Reichweite abschätzen zu können sowie die technischen Grundlagen (Anzahl, Tiefe, Dimension der Brunnen etc.) für die Planung und Ausschreibung zu schaffen.

6.6 Gründung

Aufgrund unterschiedlicher Tragfähigkeitseigenschaften zwischen bindigen, kohäsiven Auelehmen/ Auffüllungen/ Festgesteinsersatz (**Schichten 4a-b, 3a-b und 6**) und quartären Sanden / Kiesen (**Schicht 5**) wird empfohlen, geplante Flachgründungen einheitlich in den gut tragfähigen, setzungsunempfindlichen, mitteldicht bis dicht gelagerten Sanden und Kiesen zu gründen.

Für das Bauwerk und die Gründung sind die entsprechenden Nachweise zur Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit gemäß DIN EN 1997-1 [T2] und DIN 1054:2010-12 [T22] zu führen. Gegebenenfalls kann bei dem Nachweis der Tragfähigkeit der „Vereinfachte Nachweis in Regelfällen“ gemäß DIN 1054:2010-12 angewendet werden, sofern folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- Die Fundamentsohle ist waagrecht und Geländeoberfläche und Schichtgrenze verlaufen annähernd waagrecht.
- Der Baugrund weist bis in eine Tiefe unter der Gründungssohle, die der zweifachen Fundamentbreite entspricht, mindestens jedoch bis 2,0 m Tiefe eine ausreichende Festigkeit auf (bei nicht bindigen Böden mit $U > 3$: mittlere Lagerungsdichte $D \geq 0,45$ und bei bindigen Böden eine mindestens steife Konsistenz oder eine einaxiale Druckfestigkeit von mindestens $q_{u,k} = 120 \text{ kN/m}^2$).
- Das Fundament wird nicht regelmäßig oder überwiegend dynamisch beansprucht. In bindigen Böden entsteht kein nennenswerter Porenwasserüberdruck.
- Die Neigung der resultierenden charakteristischen Beanspruchung in der Sohlfläche hält die Bedingung $\tan \delta_E = H_k/V_k \leq 0,2$ ein.
- Die zulässige Lage der Sohldruckresultierenden ist eingehalten (keine klaffende Fuge).

Die Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstandes können den Tabellen A 6.1 bzw. A 6.2 in DIN 1054:2010-12 [T22] für die maßgebende Fundamenteinbindetiefe entnommen werden. Ob eine Anwendung hinsichtlich der weiteren Bedingungen tatsächlich möglich ist, ist durch den Planer zu prüfen.

Für Bauwerke ohne großen Lasteintrag (z.B. kleine und mittlere Durchlässe) ist auch eine Gründung in den bindigen Auelehmen/ Auffüllungen/ Zersatzbereichen (**Schichten 4a-b, 3b und 6**) möglich. Die Gründungssohlen sind statisch nachzuverdichten und ggf. sind entsprechend der planerischen Vorgabe / der Bauaufgabe ausreichend dimensionierte Bodenaustauschschichten (z.B. Mineralgemisch) vorzusehen. Flachgründungen müssen frostfrei erfolgen. Für Dammgründungen ist alternativ zur Ertüchtigung durch das Einwalzen von Grobmaterial auch das Einarbeiten von Bindemittel möglich.

Bei der Planung und Ausführung sind u.a. die Anforderungen aus der DIN 19712 [T8] und ZTV-W LB 205 [T53] zu berücksichtigen. Die Regelungen der ZTV-E StB 17 [T29] für das Hinterfüllen und Überschütten von Bauwerken sowie die Bauwerksentwässerung sind zu beachten.

Sofern möglich, sollten alle Gründungssohlen bzw. die Bodenaustauschsohlen durch einen Baugrundsachverständigen begutachtet, dokumentiert und abgenommen werden.

Sofern Tiefgründungen, wie z.B. Bohrpfahlgründungen oder Kleinverpresspfähle geplant sind, stellen die o.g. Sande und Kiese (**Schicht 5**) bzw. der halbfeste Festgesteinszersatz (nach Bemessung) einen gut tragfähigen und geeigneten Baugrund dar. In diese sollten die Pfahlfüße abgesetzt werden. Die steifen bis halbfesten, kohäsiven, bindigen Auelehme stellen einen ausreichend tragfähigen Baugrund zur Aufnahme von begrenzten Mantelreibungsanteilen dar.

6.7 Allgemeine Hinweise

Projekträger und Planer werden ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die im geotechnischen Bericht beinhalten Darstellung der Bodeneigenschaften auf stichpunktartiger Baugrunderkundung beruht und lokale Abweichungen nicht erfasst sind.

Dies beinhaltet auch die Aussagegültigkeit der durchgeführten chemischen Untersuchungen bzgl. einer abfallrelevanten Betrachtung.

Mit dem konkreten Eingriff in den Baugrund im Zuge der Bauausführung können sich Detailerkennnisse ergeben, die zu Planungsanpassungen führen. Aus vorgenanntem Aspekt wird empfohlen, die Bearbeiter dieses geotechnischen Berichtes in den weiteren Ablauf des Vorhabens einzubinden. Die Aussagen in 6 basieren auf den örtlichen Gegebenheiten, den technischen Regeln sowie den Erfahrungen der Baugrundgutachter. Über die konkrete Umsetzung dieser Empfehlungen entscheiden das Planungsbüro sowie die bauausführende Firma. Zur Sicherung einer normgerechten Bauausführung sollten die Maßnahmen zur Qualitätssicherung vorgegeben und baubegleitend umgesetzt werden.

7 Erweiterung und Sanierung

Gemäß Aufgabenstellung der Thüringer Fernwasserversorgung, Anstalt des öffentlichen Rechts (TFW) besteht das Primärziel der Maßnahmen darin die notwendigen Anlagenobjekte in den Teilobjekten TO 12 und TO 14 bis TO18, so instand zu setzen, dass die regelwerkskonforme Nutzungsdauer des HRB insgesamt für weitere 50 Jahre gegeben ist. Dabei ist das Vollstauziel um 1,00 m auf 150,81 m NHN₁₆ zu erhöhen.

7.1 Sanierungsvarianten

Im Zuge der Vorplanungen aus dem Jahre 2023 wurden für das Teilobjekt 12 sowie die Teilobjekte 14 bis 18 durch die Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH Lösungsvarianten für die Erweiterung und Instandsetzung entwickelt. Ausgehend von den jeweiligen Vorplanungen [U3-U7] wurden in mehreren Phasen unter Berücksichtigung wasserwirtschaftlicher Belange und ökonomisch-sachlicher Belange sowie Vorgaben der Umwelt-Gesetzgebung die Varianten verglichen, um im Ergebnis eine Vorzugsvariante zu erhalten. Die konkreten Abläufe zur Ermittlung der Vorzugsvariante sind in den Vorplanungen [U3-U7] erläutert und dargestellt.

7.1.1 Teilobjekt 12 – Hauptdamm (Nord- und Süddamm)

Vorzugsvariante TO 12 – Hauptdamm Nord

Es ist nicht notwendig, den Dammabschnitt zu erhöhen. Im Ergebnis der Variantenuntersuchung werden folgende Maßnahmen vorgesehen:

Dammkrone:	Spurplatten bleiben erhalten, Anpassung des Be- und Entlüftungssystems der Asphaltbetonschutzschicht luftseitig des WUL für den Druckausgleich in der Dränschicht, Partielle Sondermaßnahmen gegen Wellenüberlauf, Wendestelle auf der Dammkrone vor der HWE
------------	--

- WUL: Austausch beschädigter WUL (ca. 15 Stck.), Übergang auf TO11: Rückbau und Montage vorhandener WUL nach lokaler Anpassung der Dammkontur im Rahmen TO11
- Böschungsschutzschicht: Ersatzneubau Asphaltbetonschutzschicht
- Betriebsweg: Ersatzneubau wasserseitiger Betriebsweg in Asphaltbauweise, Verlängerung des Betriebsweges bis an TO11

Vorzugsvariante TO 12 – Hauptdamm Süd

Im Ergebnis der Variantenuntersuchung ist vorgesehen, die OK des Hauptdamms um ca. 1,2 m auf 153,0 m NHN zu erhöhen und an den nördlichen Abschnitt anzugleichen.

- Dammkrone: Abbruch/Rückbau WUL, Ersatzneubau des Dammkronenweges mit 4,0 m Breite, Befestigung mit Spurplatten, Erhalt der vorhandenen Sicherlinien- und Grundwassermessstellen und der bestehenden Höhenfestpunkte,
- WUL auf Kopfbalken: Erhöhung der Dammdichtung durch komplexes, gedichtetes Bauwerk, bestehend aus Fundamentbalken und WUL, das dicht an den vorhandenen Dichtkörper mit einem Dichtkeil anschließt, Einbau von Be- und Entlüftungseinrichtungen bis ca. OK WUL, Übergang auf TO11: Rückbau und Montage vorhandener WUL nach lokaler Anpassung der Dammkontur im Rahmen TO11,
- Böschungsschutzschicht: Anpassen der wasserseitigen Böschungsneigungen vor den neuen WUL auf 1:2, Ersatzneubau der Asphaltbetonschutzschicht,
- Betriebsweg: Ersatzneubau wasserseitiger Betriebsweg in Asphaltbauweise, Verlängerung des Betriebsweges bis an TO11

Darüber hinaus sind weitere Sicherungs- und Ausrüstungsmaßnahmen durchzuführen, siehe Kap. 5.8. der Vorplanung [U3].

Im Zuge der Maßnahmen am südlichen Hauptdamm ist die Instandsetzung der befestigten Fläche auf dem luftseitigen Vorland vorgesehen.

7.1.2 Teilobjekt 14 – Hochwasserentlastungsanlage

Technische Vorzugsvariante TO 14 – Hochwasserentlastungsanlage

Es wird eine Verstärkung/Überbauung als Umbaukonzept für die HWE vorgesehen. Ein Komplettneubau ist nicht notwendig.

- HWE-Rinne: Überbauung des Bestandes mit Vorsatzschale aus bewehrtem und rückverankertem Spritzbeton an den Schrägen sowie Asphaltbeton im Sohlbereich der HWE-Rinne
- Überlaufschwelle: Erhöhung Überfallschwelle um 1 m sowie Erweiterung um ca. 30 m entlang der Schwergewichtsmauer (Teiltrückbau oberer Teil) in Stahlbetonbauweise Rückbau Ödeturm und vollständige Verdämmung Ödedüker

Gesims/ Rand-Mauer Nord:	Abbruch Gesims, Neubau Winkelstützwand mit Verbindung zum TO17
Tosbecken:	Umbau von Tosbecken: Erweiterung des Tosbeckens auf der linken Seite einschließlich Rückbau der bestehenden linken Begrenzungsmauer Erweiterung des Tosbeckens unterstromseitig bis zum Betriebsweg Umbau der Tosbeckenfelder: Rückbau der Sohlschwellen, Einbau einer zentralen Leitwand, Einbau von Störkörpern Sohlsicherung Unterstrom einschließlich Ausbau/Befestigung Betriebsweg
HWE-Brücke:	Flächige Betoninstandsetzung der Brückenuntersicht

7.1.3 Teilobjekt 15 – Verlängerung Hauptdamm

Vorzugsvariante TO 15 – Verlängerung Hauptdamm

Für die Erhöhung des Stauzieles ist der Hauptdamm zu verlängern. Im Ergebnis der Variantenuntersuchung wurde nachfolgende Vorzugsvariante für die bauliche Lösung TO15 ermittelt.

Absperrbauwerk:	homogener Erddamm mit aufgesetztem WUL und luftseitigem Damm-Kronenweg (4,00 m)
-----------------	---

7.1.4 Teilobjekt 16 – Verlängerung Hauptdamm

Vorzugsvariante TO 16 – Maßnahmen Schwerstedt

Im Planungsgebiet des TO16 befinden sich derzeit keine Schutzbauwerk des HRB Straußfurt. Es handelt sich um eine Neubaumaßnahme im Bereich von Ackerflächen und dazugehörigen Wirtschaftswegen. Im Planungsgebiet verlaufen zwei Gewässer II. Ordnung, die Öde und der Mittelgraben.

Die Maßnahmen dienen dem Schutz der Ortslage Schwerstedt bei Einstau des Beckens im Hochwasserfall. Aufgrund der geringen Dammhöhe wird ein homogener Damm vorgesehen. Der Schutzdamm kreuzt die Öde nach Einmündung des Mittelgrabens. Hierzu ist ein Durchlassbauwerk vorgesehen, damit die Öde im Normalfall ungestört passieren kann. Im Einstaufall wird das Durchlassbauwerk verschlossen. Für diesen Zustand ist zur Binnenentwässerung von Öde und Mittelgraben ein Schöpfwerk vorgesehen.

Allgemeine Festlegungen:

- Das Vollstauziel Z_V liegt bei 150,81 m NHN.
- Das Hochwasserstauziel Z_H liegt bei 151,85 m NHN und 1,40 m Freibord werden angesetzt
- Die Dammkronenhöhe liegt damit bei 153,25 m NHN (bezogen auf Dammkronenmitte).
- Dammlänge ca. 700 m
- Dammhöhe max. ca. 5,00 m über Gewässersohle Öde
- Dammkronenbreite 3,50 m
- Dammneigungen 1:3 beidseitig
- Dammschüttvolumen ca. 21.000 m³ (ohne Überfahrt und Betriebswege)
- Die Gründung des Dammes wird auf der erwarteten Aue- und Lößlehmschicht in einer Tiefe von ca. 0,6 m vorgesehen.

Im Ergebnis der Variantenuntersuchung steht als Vorzugsvariante für die bauliche Lösung des TO16 – Maßnahmen Schwerstedt:

Neubau Absperrbauwerk:	Staudamm aus homogenem Dammmaterial
Wege:	Dammkronenweg und luft-/wasserseitige Betriebswege in ungebundener Bauweise, mit Unterbrechung auf Wasserseite und eingeschränkter Nutzbarkeit für Öffentlichkeit, Brücke auf Dammkronenhöhe zur Überbrückung Durchlassbauwerk nur für Betreiber
Neubau Durchlassbauwerk:	Massivbauwerk (offen), Grundablass als ökologischer Durchlass, Gleitschutz mit Elektro-Spindel-Antrieb (B x H = 3,50 x 1,80 m)
Neubau Schöpfwerk:	Q P _{gesamt} = 5.010 l/s (3 x 1.670 l/s), nass aufgestellte Rohrschachtpumpen ohne Frequenzumformer, Zwischenspeicher zur Stabilisierung der Förderhöhe, Zufahrt (luftseitiger Betriebsweg) für Havariefall erhöht

7.1.5 Teilobjekt 17 – Schutzdamm Straußfurt

Vorzugsvariante TO 17 – Schutzdamm Straußfurt

Bei TO17 – Schutzdamm Straußfurt handelt es sich um eine Neubaumaßnahme größtenteils im Bereich von Acker- und Grünlandflächen und einem dazugehörigen Wirtschaftsweg („alte Schwerstedter Straße“). Im Planungsgebiet des TO17 befinden sich bis auf die Hochwasserentlastungsanlage (TO14), an welche der Schutzdamm anschließen muss, derzeit keine Schutzbauwerk des HRB Straußfurt.

Allgemeine Festlegungen:

- Das Vollstauziel Z_V liegt bei 150,81 m NHN.
- Das Hochwasserstauziel Z_H liegt bei 151,85 m NHN und 2,00 m Freibord werden angesetzt
- Die Dammkronenhöhe liegt damit bei 153,25 m NHN (bezogen auf Dammkronenmitte).
- Dammlänge ca. 450 m
- Dammhöhe max. ca. 4,00 m über Gründungssohle
- Dammkronenbreite 3,50 m
- Dammneigungen 1:3 beidseitig
- Dammschüttvolumen ca. 22.500 m³ (ohne Überfahrt und Betriebswege)
- Die Gründung des Dammes wird auf der erwarteten Aue- und Lößlehmschicht in einer Tiefe von ca. 0,6 m vorgesehen.

Absperrbauwerk:	homogener Damm aus nur einem geeigneten bindigen Boden, Standortvariante 2 (nah „Am Staudamm“)
Wege:	Dammkronenweg und luft-/wasserseitige Betriebswege in ungebundener Bauweise Anrampung für Überfahrt des öffentlichen Verkehrs
Binnenentwässerung:	Zusammenführung der Regenwasserrohre Kanalanschluss an HWE für Entwässerung im Einstaufall (Notüberlauf)

7.1.6 Teilobjekt 18 – Schutzdamm Gebesee

Technische Vorzugsvariante TO 18 – Schutzdamm Gebesee

Im Ergebnis der Variantenuntersuchung steht als Vorzugsvariante für die bauliche Lösung des TO18 – Schutzdamm Gebesee:

Allgemeine Festlegungen:

- Das Vollstauziel Z_v liegt bei 150,81 m NHN.
- Das Hochwasserstauziel Z_H liegt bei 151,85 m NHN und 1,45 m Freibord werden angesetzt
- Die Dammkronenhöhe liegt damit bei 153,30 m NHN (bezogen auf Dammkronenmitte).
- Dammlänge ca. 330 m zzgl. ca. 150 m Ausbau Geraeindeichung
- Dammhöhe max. ca. 4,00 m über Gründungssohle
- Dammkronenbreite 3,50 m
- Dammneigungen 1:3 beidseitig
- Dammschüttvolumen ca. 18.000 m³ (ohne Überfahrt und Betriebswege)
- Die Gründung des Dammes wird auf der erwarteten Aue- und Lößlehmschicht in einer Tiefe von ca. 0,6 m vorgesehen.

Absperrbauwerk: homogener Damm aus nur einem geeigneten bindigen Boden, Standortvariante 1 (parallel zur B4),
Ausbau der Geraeindeichung als Anschlussstück bis zur B4 (Lückenschluss mit HWS-Planung nördliche Gera)

Wege: Dammkronenweg und luft-/wasserseitige Betriebswege in ungebundener Bauweise Anrampung für Überfahrt der L2165

7.2 Geotechnische Beurteilung der gewählten Varianten, Empfehlungen

Aus geotechnischer Sicht ist das Bauvorhaben bei den vorhandenen Baugrundverhältnissen realisierbar. Für die Planungen sowie die Baumaßnahme sind die allgemeinen Empfehlungen aus Punkt 6, sowie die Baugrundverhältnisse im Abschnitt Punkt 4.3.4 zu berücksichtigen. Im Folgenden werden noch zusätzlich Anmerkungen des Baugrundgutachters aufgeführt, die seitens der Vorplanungen aus 2023 keine Berücksichtigung fanden:

7.2.1 Teilobjekt 12 – Hauptdamm (Nord- und Süddamm)

Vorzugsvariante TO 12 – Hauptdamm Nord

- nach Ergebnissen der Rammkernsondierungen (Südbereich) ist von einer mittleren Rammbarkeit im Bereich der Dichtungsschicht und von einer schweren Rammbarkeit des Stützkörpers auszugehen
- das Gründungsmaterial des asphaltierten Dammkronenweges bzw. des Spurplattenweges ist nicht geometrisch suffosionssicher (MMB)

Vorzugsvariante TO 12 – Hauptdamm Süd

- nach Ergebnissen der Rammkernsondierungen (Südbereich) ist von einer mittleren Rammbarkeit im Bereich der Dichtungsschicht und von einer schweren Rammbarkeit des Stützkörpers auszugehen
- die Ergebnisse der Rammkernsondierungen im Stützkörperbereich zeigen einen deutlich feinkörnigeren Aufbau als der in der „Vertieften Untersuchung 2021“ dargestellt
- die luftseitige Auflastschüttung ist unter Berücksichtigung der Erkundungsbohrungen 2015 differenzierter zu betrachten

- die Untergrunddichtung fällt deutlich geringer aus
- die Lage der Baugrundsichten im Dammkörper weichen deutlich vom Bemessungsquerschnitt für den Dammbereich ab

7.2.2 Teilobjekt 14 – Hochwasserentlastungsanlage

Technische Vorzugsvariante TO 14 – Hochwasserentlastungsanlage

- Nach Ergebnissen der direkten Aufschlüsse besteht der Untergrund der Hochwasserentlastungsanlage überwiegend aus Mergel und Tonmergel (Festgesteinszersatz). Im Bereich des Tosbeckens sind aber auch quartäre feinkörnige Auelehme bzw. grobkörnige Flussschotter angetroffen worden. Dabei wurden auch die weniger tragfähigen organischen Böden (im Bereich der Absturzsicherungen), entgegen der bestehenden Beschreibung, im Untersuchungsgebiet erkundet.
- Prinzipiell ist festzuhalten, dass der sog. Keuper mit Felszersatz aus Nordwest in Richtung Tosbecken ausläuft und von den weniger tragfähigen Auelehmen überlagert wird.
- Es ist darauf zu achten, dass gespannte Grundwasserverhältnisse (insbesondere in der Beckenachse, oberflächennah) am Tosbecken herrschen.
- Die geplante Winkelstützwand kann in dem anstehenden Festgesteinszersatz bzw. der gemischtkörnigen Auffüllung, nach entsprechender Vorverdichtung flach gegründet werden.

7.2.3 Teilobjekt 15 – Verlängerung Hauptdamm

Vorzugsvariante TO 15 – Verlängerung Hauptdamm

- Unter der Oberbodenandeckung sollte ein Wühltierschutz aus einem gebrochenen Gesteinskörnungsgemisch 0/56 angeordnet werden.
- Das angetroffene oberflächennahe Material unterhalb des Oberbodens (**Schicht 0a**) eignet sich nur bedingt als Dammaufstandsfläche und ist ungeeignet als Dammbaumaterial.
- Um ein vermeintliches Unterströmen des geplanten Dammes ausschließen zu können, sind Dichtungsmaßnahmen zu empfehlen (z.B. wasserseitiger Dichtungssporn) die in den bestehenden Auelehm einbinden. Prinzipiell können die gemischtkörnigen Auffüllungen, zur Schaffung einer Dammaufstandsfläche im Auelehm bei entsprechender Aufarbeitung, wiederverwendet werden.
- Überschreitung des Maßnahmenwertes (Oberboden) vorrangig PCB, für den Wirkungspfad Grünlandfläche. Es ist unter Einbindung der zuständigen Behörden anzustreben, dass der Oberboden im Rahmen der Maßnahme verwendet wird.
- Die Materialanforderungen sind gleich zu setzen mit den Anforderungen an den Hauptdamm.
- Die Eigensetzung des Dammkörpers ist bei ausreichender Verdichtung des Dammbaumaterials mit ca. 0,5 % - 1,0 % der Dammhöhe abzuschätzen.
- Für den lagenweisen Einbau des Dammbaumaterials bei einem homogenen Damm bzw. für die dichtende Schicht bei Zonendamm, ist ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 100 \%$ anzustreben. Die Mindesteinbaudichte von $D_{Pr} = 97 \%$ sollte nicht unterschritten werden. Der zulässige Luftporengehalt wird auf $n_a \leq 12 \%$ beschränkt. Für etwaige grob- bis gemischtkörnige Stützkörpermaterialien ist ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100 \%$ einzuhalten.

7.2.4 Teilobjekt 16 – Maßnahmen Schwerstedt

Vorzugsvariante TO 16 – Maßnahmen Schwerstedt

- Nach Ergebnissen der direkten Aufschlüsse besteht der Untergrund im Bereich der geplanten Dammaufstandsfläche aus leicht- bis mittelplastischen Auelehm (**Schicht 4a**) mit überwiegend steifer Konsistenz, die vor Wasser und Frost zu schützen ist.
- Für den lagenweisen Einbau des Dammbaumaterials bei einem homogenen Damm bzw. für die dichtende Schicht bei einem Zonendamm, ist ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 100 \%$ anzustreben. Die Mindesteinbaudichte von $D_{Pr} = 97 \%$ sollte nicht unterschritten werden. Der zulässige Luftporengehalt wird auf $n_a \leq 12 \%$ beschränkt. Für etwaige grob- bis gemischtkörnige Stützkörpermaterialien ist ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100 \%$ einzuhalten.
- Die Materialanforderungen sind gleich zu setzen mit den Anforderungen an den Hauptdamm.
- Die Eigensetzung des Dammkörpers ist bei ausreichender Verdichtung des Dammbaumaterials mit ca. 0,5 % - 1,0 % der Dammhöhe abzuschätzen.
- Die Dammaufstandsfläche ist auf mindestens $D_{Pr} \geq 95 \%$ zu verdichten. Dabei ist im Bereich des Öde-/ Mittelgrabens mit oberflächennahem Wasser (- 0,75 m GOK) zu rechnen.
- Für die Zuwegungen zur Baumaßnahme sowie die in das Bauwerk zu integrierenden Wirtschafts- und Unterhaltungswege sind die unter Kapitel 6.2 beschriebenen Empfehlungen zu beachten.
- Das Durchlassbauwerk in offener Bauweise gründet in etwa bei 147,30 m NHN₁₆ und liegt damit ca. 3,00 m unter Geländeoberkante. In diesem Bereich ist mit grob-gemischtkörnigen Sanden (**Schicht 5**) bzw. weichen bis steifen Auelehmen (**Schicht 4a**) zu rechnen.
- Das geplante Schöpfwerk gründet bei ca. 146,00 m NHN₁₆ im Bereich der Kiese, Auelehme und des Festgesteinzersatzes (**Schicht 5, 4a, 6**).
- Für den Bau der Bauwerke sind auf Grund der Baugrundverhältnisse Verbaumaßnahmen erforderlich. Mit dem Anschnitt der wassergesättigten Sande und Kiese bzw. des Festgesteinzersatzes innerhalb der möglichen Baugruben, sind Wasserhaltungen erforderlich.
- Die Empfehlungen aus Kapitel 6.6 sind zu beachten.
- Die Setzungsdifferenzen zwischen Durchlassbauwerk/ Schöpfwerk und Dammbauwerk sind zu beachten und die Gefahr der Fugenerosion an den Kontaktflächen durch konstruktive Maßnahmen zu minimieren.
- Als Trennung zwischen dem Dammschütt- und dem Filtermaterial sollte vorsorglich ein Vlies der Geotextilrobustheitsklasse GRK = 4 angeordnet werden. Ferner sind die Filterregeln entsprechend den BAW-Merkblättern MAK/MMB zu berücksichtigen.

7.2.5 Teilobjekt 17 – Schutzdamm Straußfurt

Vorzugsvariante TO 17 – Schutzdamm Straußfurt-V2

- Nach Ergebnissen der direkten Aufschlüsse besteht der Untergrund im Bereich der geplanten Dammaufstandsfläche aus überwiegend organischen Schluffen und Tonen (**Schicht 4c**) mit überwiegend halbfester Konsistenz, die ungeeignet als Dammaufstandsfläche sind.
- Es wird empfohlen den Oberboden im Bereich der Aufstandsfläche abzutragen, verbesserungsfähiges Material zu liefern, einzubauen und zu verbessern.
- Für den lagenweisen Einbau des Dammbaumaterials bei einem homogenen Damm bzw. für die dichtende Schicht bei einem Zonendamm, ist ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 100 \%$ anzustreben. Die Mindesteinbaudichte von $D_{Pr} = 97 \%$ sollte nicht

unterschritten werden. Der zulässige Luftporengehalt wird auf $n_a \leq 12\%$ beschränkt. Für etwaige grob- bis gemischtkörnige Stützkörpermateriale ist ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100\%$ einzuhalten.

- Die Materialanforderungen sind gleich zu setzen mit den Anforderungen an den Hauptdamm.
- Die Eigensetzung des Dammkörpers ist bei ausreichender Verdichtung des Dammbaumaterials mit ca. 0,5 % - 1,0 % der Dammhöhe abzuschätzen.
- Die Dammaufstandsfläche ist auf mindestens $D_{Pr} \geq 95\%$ zu verdichten. Dabei ist nur zum Stauraum des HRB Straußfurt (BS 32) mit oberflächennahem Wasser (- 1,87 m GOK) zu rechnen.
- Überschreitung des Maßnahmenwertes (Oberboden) vorrangig Cadmium, für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze auf Ackerflächen und in Nutzgärten. Es ist unter Einbindung der zuständigen Behörden anzustreben, dass der Oberboden im Rahmen der Maßnahme verwendet wird.
- Für die Zuwegungen zur Baumaßnahme sowie die in das Bauwerk zu integrierenden Wirtschafts- und Unterhaltungswege sind die unter Kapitel 6.2 beschriebenen Empfehlungen zu beachten.
- Als Filtermaterial sollte vorsorglich ein Vlies der Geotextilrobustheitsklasse GRK = 4 angeordnet werden. Ferner sind die Filterregeln entsprechend den BAW-Merkblättern MAK/MMB zu berücksichtigen.

7.2.6 Teilobjekt 18 – Schutzdamm Gebesee

Technische Vorzugsvariante TO 18 – Schutzdamm Gebesee

- Nach Ergebnissen der direkten Aufschlüsse besteht der Untergrund im Bereich der geplanten Dammaufstandsfläche aus leicht- bis mittelplastischen Auelehm (**Schicht 4a**) mit überwiegend halbfester Konsistenz, die vor Wasser und Frost zu schützen ist.
- Für den lagenweisen Einbau des Dammbaumaterials bei einem homogenen Damm bzw. für die dichtende Schicht bei einem Zonendamm, ist ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 100\%$ anzustreben. Die Mindesteinbaudichte von $D_{Pr} = 97\%$ sollte nicht unterschritten werden. Der zulässige Luftporengehalt wird auf $n_a \leq 12\%$ beschränkt. Für etwaige grob- bis gemischtkörnige Stützkörpermateriale ist ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 100\%$ einzuhalten.
- Die Materialanforderungen sind gleich zu setzen mit den Anforderungen an den Hauptdamm.
- Die Eigensetzung des Dammkörpers ist bei ausreichender Verdichtung des Dammbaumaterials mit ca. 0,5 % - 1,0 % der Dammhöhe abzuschätzen.
- Die Dammaufstandsfläche ist auf mindestens $D_{Pr} \geq 95\%$ zu verdichten. Dabei ist bei Grundwasseranschnitt mit oberflächennahem Wasser (- 1,74 m GOK) zu rechnen.
- Überschreitung des Maßnahmenwertes (Oberboden) vorrangig Cadmium, für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze auf Ackerflächen und in Nutzgärten. Es ist unter Einbindung der zuständigen Behörden anzustreben, dass der Oberboden im Rahmen der Maßnahme verwendet wird.
- Für die Zuwegungen zur Baumaßnahme sowie die in das Bauwerk zu integrierenden Wirtschafts- und Unterhaltungswege sind die unter Kapitel 6.2 beschriebenen Empfehlungen zu beachten. Der Anschlussdeich der Gera ist entsprechend den Anforderungen an den neu zu errichtenden Damm des HRB nachzuverdichten.
- Als Trennung zwischen dem Dammschütt- und dem Filtermaterial sollte vorsorglich ein Vlies der Geotextilrobustheitsklasse GRK = 4 angeordnet werden. Ferner sind die Filterregeln entsprechend den BAW-Merkblättern MAK/MMB zu berücksichtigen.

8 Zusammenfassung

Das Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Straußfurt soll auf Grund einer weiteren Nutzungsdauer von 50 Jahren sowie durch die Anhebung des ursprünglichen Vollstauzieles um 1,0 m auf 150,81 m NHN₁₆ [U1] (Erweiterung Hochwasserschutzraum) einer umfassenden Instandsetzung unterzogen werden. Die GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH (GGL) wurde von der Thüringer Fernwasserversorgung, Anstalt des öffentlichen Rechts (TFW) beauftragt in Bereichen des nördlichen und südlichen Hauptdammes (Teilobjekt 12), sowie in den folgenden Bereichen des erweiterten Hochwasserschutzraumes (Teilobjekte 14 bis 18):

- TO 14: Hochwasserentlastungsanlage (HWE) - Instandsetzung
- TO 15: Verlängerung Hauptdamm Süd - Neubau
- TO 16: Schutzdamm Schwerstedt - Neubau
- TO 17: Schutzdamm Straußfurt - Neubau
- TO 18: Schutzdamm Gebesee - Instandsetzung/ Neubau

ergänzende geotechnische und analytische Untersuchungen zur Erkundung der Baugrundsituation sowie der geologischen und hydraulischen Verhältnisse als Baugrundhauptuntersuchung nach DIN EN 1997-2:2010-10 (EC 7) als Grundlage für die Entwurfs- und Genehmigungsplanung durchzuführen.

Dazu wurde der in Auftragsleistungsbeschreibung der Erkundung [U1] abgestimmte Untersuchungsumfang entsprechend der örtlichen Gegebenheiten realisiert und in diesem Bericht zusammen mit den Ergebnissen beschrieben. Des Weiteren wurden die erkundeten Bodengruppen zu Homogenbereichen zusammengefasst.

Danach sind folgende Aussagen für die weiteren Planungen möglich:

- Aus den Ergebnissen der Baugrund- und Laboruntersuchungen konnte ein detailliertes Baugrundmodell entwickelt werden. Dieses Modell wird in Kapitel 4.3.2 ausführlich beschrieben und ist in Tabelle 15 mit den Bodenkennwerten für die hydraulischen und Stand sicherheitsberechnungen zusammengestellt.
- Das erarbeitete aktuelle Baugrundmodell bestätigt, ergänzt und präzisiert das Baugrundmodell aus Altuntersuchungen.
- Für jedes Teilobjekt sind die Baugrund-, hydraulischen und Gründungsverhältnisse in Kapitel 4.3.4.1 detailliert beschrieben und in Anlage 3 entsprechend grafisch dargestellt.
- Aussagen zu den chemischen Untersuchungen nach EBV, DepV, BBodSchV, RuVA und zur Betonaggressivität und Stahlkorrosivität sind ausführlich in Kapitel 4.2.5 dargestellt.
- Für statische Bemessungen und Berechnungen sind die Bodenkennwerte aus Kapitel 4.4 maßgebend.
- Im Zuge der weiteren Arbeiten, Planungen und der Bauausführung sind die Bearbeiter dieses geotechnischen Berichtes einzubinden.

9 Abschlussbemerkung

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass mit den geotechnischen Untersuchungen 2023 ein belastbares Baugrundmodell für die Teilobjekte erstellt werden konnte und damit jetzt eine solide Grundlage für die nachfolgend geplanten Zuverlässigkeitsnachweise und Planungen vorliegt.

Dem Projektträger und dem Planer wird aufgrund der geologisch-/ geotechnisch komplexen und schwierigen Verhältnisse am Hochwasserrückhaltebecken empfohlen, auch im Sinne der geltenden Normen und Richtlinien, die Bearbeiter des geotechnischen Berichtes in die fortführenden Planungsphasen und bei der Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen mit einzubeziehen.



Th. Hohlfeld



N. Fischer

10 Literaturverzeichnis

Vertragsunterlagen (V1 ... V_N)

- [V1] Angebot der GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH vom 30.05.2023
- [V2] Anpassung zum Angebot der GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH (30.05.2023) vom 18.06.2023
- [V3] Auftrag der Thüringer Fernwasserversorgung vom 15.06.2023

Vorliegende Unterlagen (U1 ... U_N)

- [U1] Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt - Leistungsbeschreibung Baugrunderkundung, Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH, 05.05.2023
- [U2] Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt - Geotechnisches Erkundungskonzept und Erkundungsprogramm, Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH, 13.02.2023
- [U3] Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt – Teilobjekt 12 + 15 – Hauptdamm (HD) mit Verlängerung – Vorplanung - Erläuterungsbericht, Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH, 29.09.2023
- [U4] Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt – Teilobjekt 14 – Hochwasserentlastungsanlage – Vorplanung - Erläuterungsbericht, Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH, 28.06.2023
- [U5] Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt – Teilobjekt 16 – Maßnahmen Schwerstedt – Vorplanung - Erläuterungsbericht, Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH, 18.07.2023
- [U6] Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt – Teilobjekt 17 – Schutzdamm Straußfurt – Vorplanung - Erläuterungsbericht, Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH, 18.07.2023
- [U7] Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt – Teilobjekt 18 – Schutzdamm Gebesee – Vorplanung - Erläuterungsbericht, Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH, 18.07.2023
- [U8] Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt – Talsperrenbuch – 030 – Thüringer Talsperrenverwaltung, 1998-08
- [U9] Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt, vertiefte Überprüfung – Teil A1 – Abschlussbauwerk, Geotechnische Untersuchungen 2014 mit geotechnischem Bericht, Geotechnik-Umweltschutz Hauck, 30.06.2015
- [U10] Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt, vertiefte Überprüfung – Absperrbauwerk und Untergrund, Grundlagen Absperrbauwerk und Untergrund, m4 Ingenieure GmbH, 2016-02

- [U11] Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt, Ingenieurgeologische Stellungnahme bzgl. einer möglichen Subrosionsgefährdung der Staubauwerke des Hochwasserrückhaltebeckens Straußfurt, Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, 21.03.2018
- [U12] Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt, vertiefte Überprüfung – Teil B1 – Hochwasserentlastungsanlage, Grundlagen Hochwasserentlastungsanlage, m4 Ingenieure GmbH, 2018-04
- [U13] Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt, vertiefte Überprüfung – Teil C1 – Brücken, Grundlagen und Bericht, m4 Ingenieure GmbH, 09/2018
- [U14] Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt, Sicherheitsbericht mit umfangreichen Anlagen, m4 Ingenieure GmbH, 2021-03
- [U15] Ergebnisse der Aufschlussarbeiten, FCB GmbH, Juli bis November 2023
- [U16] Ergebnisse der bodenphysikalischen Laboruntersuchungen, FCB GmbH, Juli bis Dezember 2023
- [U17] Ergebnisse der chemischen Laboruntersuchungen, AUD GmbH, November bis Dezember 2023

Technische Richtlinien (T1 ... T_N)

- [T1] DIN EN 1991-1-1: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke - Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau, Beuth Verlag GmbH, 2010-12
- [T2] DIN EN 1997-1 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009 + A1:2013
- [T3] DIN EN 1997-2 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung des Baugrundes, 2010-10
- [T4] DIN 4020: Geotechnische Untersuchungen für Bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2, 2010-12
- [T5] DIN 19700-10: Stauanlagen – Teil 10: Gemeinsame Festlegungen, 2004-07
- [T6] DIN 19700-11: Stauanlagen – Teil 11: Talsperren, 2004-07
- [T7] DIN 19700-12: Stauanlagen – Teil 12: Hochwasserrückhaltebecken, 2004-07
- [T8] DIN 19712: Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern, 2013-01
- [T9] DIN 18299: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) und die folgenden entsprechend ihrer Relevanz, 2019
- [T10] Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken (Ersatzbaustoffverordnung – ErsatzbaustoffV), 2021-07
- [T11] RuVA-StB 01, Fassung 05 – Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/ pechtypischen Bestandteilen sowie der Verwertung von Ausbauphosphat im Straßenbau

- [T12] Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 16.07.2021
- [T13] LAGA PN 98 Richtlinie für das Vorgehen bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/ Beseitigung von Abfällen, 2019-05
- [T14] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/ Abfällen - Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), vom 11/2004
- [T15] Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/ Abfällen - Technische Regeln (TR LAGA 20), Allgemeiner Teil vom 11/2003
- [T16] Deponieverordnung vom 27.04.2009
- [T17] Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen - KrWG, 2019
- [T18] Abfallverzeichnis-Verordnung vom 10.12.2001
- [T19] DIN EN ISO/IEC 17025: Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien, 2018-05
- [T20] DVGW W 120-1: Qualitätsanforderungen für die Bereiche Bohrtechnik, Brunnenbau und Brunnenregenerierung, -sanierung und -rückbau, 2012-08
- [T21] Abfallverzeichnis-Verordnung vom 10.12.2001
- [T22] DIN 1054: Baugrund- und Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1, 04/2021
- [T23] DIN EN ISO 22475-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung, 2006
- [T24] DIN EN ISO 22476-2: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen – Teil 2: Rammsondierungen, Beuth Verlag GmbH, 2012-03
- [T25] DIN EN ISO 14688/NA: Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden, Beuth Verlag GmbH, 2020-11
- [T26] DIN EN ISO 14689/NA: Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels, Beuth Verlag GmbH, 2018-05
- [T27] DIN 4023: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – zeichnerische Darstellung der Ergebnisse, DIN-Taschenbuch 113, Beuth Verlag GmbH, 2006
- [T28] DIN 18196: Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke, DIN-Taschenbuch 113, Beuth Verlag GmbH, 02/2023
- [T29] Zusätzliche Technische Vertragsbedingung und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTV E-StB 17, Ausgabe 2017)
- [T30] DIN 4030-1 Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte, 2008-06

- [T31] DIN 50929-3: Korrosion der Metalle – Korrosionswahrscheinlichkeit metallener Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung – Teil 3: Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern, 2018-03
- [T32] DIN EN ISO 17892-1: Laborversuche an Bodenproben – Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts – 2015-03
- [T33] DIN EN ISO 17892-4: Laborversuche an Bodenproben – Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung - Teil 4, 2017-04
- [T34] DIN EN ISO 17892-11: Laborversuche an Bodenproben – Teil 11: Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit, 05/2019
- [T35] DIN EN ISO 17892-5: Laborversuche an Bodenproben – Teil 5: Ödometerversuch mit stufenweiser Belastung - Teil 5, 08/2017
- [T36] DIN EN ISO 17892-8: Laborversuche an Bodenproben – Teil 8: Unkonsolidierter undrännierter Triaxialversuch - Teil 8, 2018-08
- [T37] DIN EN ISO 17892-8: Laborversuche an Bodenproben – Teil 10: Direkter Scherversuch - Teil 8, 2018-10
- [T38] DIN EN ISO 17892-11: Laborversuche an Bodenproben – Teil 11: Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit, 2019-05
- [T39] DIN EN ISO 17892-12: Laborversuche an Bodenproben – Teil 12: Bestimmung der Fließ- Ausrollgrenzen - Teil 12, 2018-10
- [T40] DIN EN 17685-1: Chemische Prüfverfahren - Bestimmung des Glühverlustes, 2023-04
- [T41] DIN 18129: Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Kalkgehaltsbestimmung, 11/2007
- [T42] TP BF-StB, Teil B 8.3 – Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau, Teil B.3: Dynamischer Plattendruckversuch mit dem leichten Fallgewichtsgesetz, 2012
- [T43] DIN 19682-7: Bodenbeschaffenheit – Felduntersuchungen – Teil 7: Bestimmung der Infiltrationsrate mit Doppelring-Infiltrimeter, 2015-08
- [T44] DIN 18301: Bohrarbeiten, Beuth Verlag GmbH, 09/2019
- [T45] DIN 18304: Ramm-, Rüttel-, Pressarbeiten, Beuth Verlag GmbH, 09/2019
- [T46] DIN 18311: Nassbaggerarbeiten, Beuth Verlag GmbH, 09/2019
- [T47] DWA-A 904 – Richtlinie für ländlichen Wegebau, 2005-10
- [T48] DWA-A 138 – Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Fassung 2005
- [T49] EAU 2012 – Empfehlung des Arbeitskreises „Ufereinfassungen“, 11. Auflage, 2012, Fassung 2005
- [T50] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen – RstO 12, Ausgabe 2012

- [T51] BAWMerkblatt: Merkblatt Materialtransport im Boden (MMB), Bundesanstalt für Wasserbau, 2014
- [T52] BAWMerkblatt: Merkblatt Anwendung von Kornfiltern an Bundeswasserstraßen (MAK), Bundesanstalt für Wasserbau, 2013
- [T53] ZTV-W 205: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für Erdarbeiten – Wasserbau – Leistungsbereich 205, 2015
- [T54] DIN 19731: Bodenbeschaffenheit – Verwertung von Bodenmaterial und Baggergut, 2023-10
- [T55] DIN 4150-3: Erschütterung im Bauwesen – Teil 3: Einwirkung auf bauliche Anlagen, 2016-12
- [T56] EA-Pfähle – Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, 2. Auflage, 2012
- [T57] DIN EN 1536: Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Bohrpfähle, 2010-12
- [T58] DIN SPEC 181410: Ergänzende Festlegungen zu DIN EN 1536:2010-12, 2012-12

Websites (W1 ... W_N)/ Datengrundlagen

- [W1] TLUBN (2023): <https://tlubn.thueringen.de/kartendienst> (Kartendienst des Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz; Digitale Karte von Thüringen 09/2023)
- [W2] BASt (2023): [Frostzonenkarte](#) (Kartendienst der Bundesanstalt für Straßenwesen Ausgabe 2012)
- [W3] GFZ Potsdam (2023: https://www.gfz-potsdam.de/din4149_erdbebenzonenabfrage (Erdbebengefährdung und dynamische Risiken Daten, Produkte, Dienste DIN EN 1998-1/NA:2011-01 Erdbebenzonenkarte, Helmholtzzentrum Potsdam)
- [W4] Digitaler Lageplan: 3492_EV_2023-07_ETRS89_DHHN2016_Neuaufmaß-BG.dwg
- [W5] Landratsamt Sömmerda: Datenübergabe Altlastenstandorte (Excel-Tabelle), 09. Juni 2023

11 Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Übersichtslageplan (1 Blatt)	1 : 25 000
Anlage 2.1	Detallageplan TO 12 mit Aufschlusspunkten (1 Blatt)	1 : 1000
Anlage 2.2	Detallageplan TO 14 mit Aufschlusspunkten (1 Blatt)	1 : 1000
Anlage 2.3	Detallageplan TO 15 mit Aufschlusspunkten (1 Blatt)	1 : 1000
Anlage 2.4	Detallageplan TO 16 mit Aufschlusspunkten (1 Blatt)	1 : 1000
Anlage 2.5	Detallageplan TO 17 mit Aufschlusspunkten (1 Blatt)	1 : 1000
Anlage 2.6	Detallageplan TO 18 mit Aufschlusspunkten (1 Blatt)	1 : 1500
Anlage 2.7	Detallageplan TO 12 mit Schurfpunkten (1 Blatt)	1 : 1000
Anlage 3.1.1	TO 12 – Hauptdamm Süd – QP 1 (1 Blatt)	1 : 200(h) 1 : 200(v)
Anlage 3.1.2	TO 12 – Hauptdamm Süd – QP 2 (1 Blatt)	1 : 200(h) 1 : 200(v)
Anlage 3.1.3	TO 12 – Hauptdamm Süd – QP 3 (1 Blatt)	1 : 200(h) 1 : 200(v)
Anlage 3.2.1	TO 14 – Hochwasserentlastungsanlage – QP 1 (1 Blatt)	1 : 200(h) 1 : 100(v)
Anlage 3.2.2	TO 14 – Hochwasserentlastungsanlage – QP 2 (1 Blatt)	1 : 150(h) 1 : 150(v)
Anlage 3.2.3	TO 14 – Hochwasserentlastungsanlage – QP 3 (1 Blatt)	1 : 150(h) 1 : 100(v)
Anlage 3.2.4	TO 14 – Hochwasserentlastungsanlage – QP 4 (1 Blatt)	1 : 150(h) 1 : 100(v)
Anlage 3.2.5	TO 14 – Hochwasserentlastungsanlage – QP 5 (1 Blatt)	1 : 300(h) 1 : 100(v)
Anlage 3.3.1	TO 14 – Hochwasserentlastungsanlage – LP 1 (1 Blatt)	1 : 1000(h) 1 : 200(v)
Anlage 3.4.1	TO 15 – Verlängerung Hauptdamm Süd – LP 1 (1 Blatt)	1 : 500(h) 1 : 200(v)

Anlage 3.5.1	TO 16 – Schutzdamm Schwerstedt – QP 1 (1 Blatt)	1 : 200(h) 1 : 100(v)
Anlage 3.5.2	TO 16 – Schutzdamm Schwerstedt – QP 2 (1 Blatt)	1 : 200(h) 1 : 100(v)
Anlage 3.5.3	TO 16 – Schutzdamm Schwerstedt – QP 3 (1 Blatt)	1 : 200(h) 1 : 100(v)
Anlage 3.6.1	TO 16 – Schutzdamm Schwerstedt – LP 1 (1 Blatt)	1 : 1000(h) 1 : 200(v)
Anlage 3.7.1	TO 17 – Schutzdamm Straußfurt – QP 1 (1 Blatt)	1 : 300(h) 1 : 100(v)
Anlage 3.7.2	TO 17 – Schutzdamm Straußfurt – QP 2 (1 Blatt)	1 : 300(h) 1 : 100(v)
Anlage 3.7.3	TO 17 – Schutzdamm Straußfurt – QP 3 (1 Blatt)	1 : 300(h) 1 : 100(v)
Anlage 3.7.4	TO 17 – Schutzdamm Straußfurt – QP 4 (1 Blatt)	1 : 400(h) 1 : 100(v)
Anlage 3.8.1	TO 17 – Schutzdamm Straußfurt – LP 1 (1 Blatt)	1 : 1000(h) 1 : 200(v)
Anlage 3.9.1	TO 18 – Schutzdamm Gebesee – QP 1 (1 Blatt)	1 : 200(h) 1 : 100(v)
Anlage 3.9.2	TO 18 – Schutzdamm Gebesee – QP 2 (1 Blatt)	1 : 200(h) 1 : 50(v)
Anlage 3.10.1	TO 18 – Schutzdamm Gebesee – LP 1 (1 Blatt)	1 : 500(h) 1 : 200(v)
Anlage 4	Schichtenverzeichnisse und Profildarstellungen der Bohrungen, Schürfe und Rammkernsondierungen sowie die Ergebnisse der Schlagzahlsondierungen (62 Blatt)	
Anlage 5	Prüfberichte der Feldversuche (27 Blatt)	
Anlage 6	Prüfberichte der bodenmechanische Laboruntersuchungen (82 Blatt)	
Anlage 7	Prüfberichte der analytischen Laboruntersuchungen (56 Blatt)	
Anlage 8	Fotodokumentation (16 Blatt)	