

12.12.2024

Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt

Teil D:

Teilobjekte Nebenanlagen (TO13, 16 und weitere Betroffenheiten)
Unterlage 5.1 – Standsicherheits- und statische Nachweise
Dämme

Entwurfs- und Genehmigungsplanung



Schöpfwerk Henschleben II mit Mahlbusen

Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt
c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH
Rießnerstraße 18
99427 Weimar

TRACTEBEL


 **INROS LACKNER**

Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt


c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH
Rießnerstraße 18 | 99427 Weimar
Tel: +49 3643 746-400 | Fax: +49 3643 746-405
hydroprojekt-DE@tractebel.engie.com
www.hydroprojekt.de

Unterschriftenblatt

Projekt **Erweiterung und Instandsetzung HRB Straußfurt**
Teil D:
Teilobjekte Nebenanlagen (TO13, 16 und weitere Betroffenenheiten)
Unterlage 5.1 – Standsicherheits- und statische Nachweise, Dämme

Projektnummer 100 3492 (Tractebel Hydroprojekt GmbH)
2022-0617 (Inros Lackner SE)

Auftraggeber **Thüringer Fernwasserversorgung**
Anstalt des öffentlichen Rechts
Haarbergstr. 37
99097 Erfurt
Freigabe:


i. V. Dr. Michael Sabrowski
Leiter Stauanlagenmanagement
Erfurt, den 12.12.2024


i. V. Detlef Hogh
Projektingenieur

Auftragnehmer **Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt**
c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH
Rießnerstraße 18
99427 Weimar

Projektleitung Dipl.-Ing. Lars Schaarschmidt

Fachliche Qualitätssicherung Dipl.-Ing. Holger Rosenkranz

Bearbeitung Dipl.-Ing. Lars Schaarschmidt
Dipl.-Ing. Albrecht Köhler
Dipl.-Ing. Fabius Volmer
Dipl.-Ing. Gottfried Peschel
Dipl.-Ing. Olaf Schneider

Weimar, 12.12.2024

Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt


Lars Schaarschmidt
Projektleiter


Gottfried Peschel
Projektingenieur

Lastenheft Erdbauwerke

INHALTSVERZEICHNIS

1	Veranlassung und Zielstellung	1
2	Angaben zu den Erdbauwerken	2
2.1	Maßnahmen Schwerstedt/Schutzdamm	2
2.2	„Maßnahme“ Gebesee	2
3	Sicherheitskonzept	3
3.1	Vorbemerkung	3
3.2	Tragsicherheit	3
3.2.1	Böschungsbruchsicherheit	3
3.2.2	Gleit-, Spreiz- und Kippsicherheit	5
3.2.3	Überflutungssicherheit	5
3.3	Gebrauchstauglichkeit	5
3.3.1	Hydraulische Sicherheit	5
3.3.2	Setzungen/Risssicherheit	6
4	Berechnungsquerschnitte	7
4.1	Maßnahmen Schwerstedt [TO 16]	7
4.2	„Maßnahme 10“ B4 bei Gebesee [M 10]	7
4.3	Stauraumhänge	8
5	Materialeigenschaften	9
5.1	Geologie/Hydrogeologie	9
5.2	allgemeiner Überblick zum Baugrund	10
5.3	Boden- und felsmechanische sowie hydraulische Kennwerte	10
5.3.1	Vorbemerkung	10
5.3.2	Tragwiderstandsbedingung A	10
5.3.3	Tragwiderstandsbedingung C	10
5.4	Abgeleitete Kennwerte für Durchströmungsberechnungen	10
5.5	Erläuterung und Bewertung geotechnischer Kennwerte	11
6	Lasten, Bemessungssituationen, Nachweise	12
6.1	Vorbemerkungen	12
6.2	Einwirkungen der Gruppe 1, ständige oder häufig wiederkehrende Einwirkungen	12

6.2.1	Eigenlast	12
6.2.2	Wasserdruck und Strömungsdruck bei Betriebs- und Vollstau	12
6.2.3	Verkehrslasten	12
6.3	Einwirkungen der Gruppe 2, Seltene und zeitlich begrenzte Einwirkungen	12
6.3.1	Wasserdruck und Strömungsdruck bei Hochwasserstauziel 1 (ZH1)	12
6.3.2	Außerplanmäßige Betriebs- und Belastungszustände, Reparaturzustand	13
6.3.3	Betriebserdbeben – Erdbebenfall 1	13
6.4	Einwirkungen der Gruppe 3, außergewöhnliche Einwirkungen	14
6.4.1	Wasserdruck und Strömungsdruck bei Hochwasserstauziel 2 (ZH2)	14
6.4.2	Bemessungserdbeben – Erdbebenfall 2	14
6.5	Risikobetrachtung	15
6.5.1	Wasserdruck und Strömungsdruck bei Extremeinstau	15
6.5.2	Überschreitung des Bemessungserdbebens	15
6.6	Bemessungssituationen	15
6.7	Tragwiderstandsbedingungen	16
6.7.1	Vorbemerkung	16
6.7.2	Kennwerte	16
6.7.3	Wirkung baulicher Einrichtungen	16
6.8	Projektbezogene Bemessungssituationen	17
6.9	Nachweise	17
6.9.1	Vorbemerkung	17
6.9.2	Nachweise der Tragsicherheit	18
6.9.2.1	Böschungs- und Grundbruchsicherheit	18
6.9.2.2	Gleit- und Spreizsicherheit	18
6.9.2.3	Kippsicherheit	18
6.9.2.4	Überflutungssicherheit	18
6.9.2.5	Setzungserwartung	18
6.9.2.6	Nachweise der Gebrauchstauglichkeit	18
6.9.3	Nachweise im Überblick	19
7	Berechnungsverfahren, Berechnungsprogramme	20
7.1	Berechnungsprogramme im Überblick	20
7.2	Hydraulische Sicherheit	20
7.3	Böschungs-, Gleit- und Grundbruchsicherheit	20
7.4	Spreizsicherheit	21
7.5	Setzungen und Rissicherheit	21
7.6	Dauerhaftigkeit	21
8	Dokumentation der Ergebnisse	21

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	territoriale Einordnung der Teilobjekte, Stand 2023	1
Abbildung 2:	Bestimmung des kritischen Gradienten gemäß DIN 19712:1997, Bild 8	6
Abbildung 3:	maßgebende Baugrundverhältnisse Schutzdamm Schwerstedt [47]	7
Abbildung 4:	maßgebende Baugrundverhältnisse Gebesee [47]	7
Abbildung 5:	Straßengraben der B4/Luftseite	8
Abbildung 6:	regionalgeologische Übersicht [43]	9
Abbildung 7:	Ganglinie schnelle Stauspiegelsenkung aus VÜ/A-6 [34]	13

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Bemessungssituationen nach 19700-11 [9]/ DWA-M 542 [23]	4
Tabelle 2:	Bemessungssituationen bei Staudämmen nach DWA-M 542 [23]	15
Tabelle 3:	projektspezifische Bemessungssituationen für die GZT	17
Tabelle 4:	Zusammenstellung der zu führenden Nachweise	19
Tabelle 5:	Eingesetzte Software für die Tragsicherheitsberechnungen	20

VERZEICHNIS DER ANHÄNGE

Anhang 1	Berechnungsquerschnitt Schutzdamm Schwerstedt
Anhang 2	Berechnungsquerschnitt Damm B4 bei Gebesee
Anhang 3	Erdstatische Berechnungskennwerte
Anhang 4	Kornverteilungen (Auswahl)

LITERATURVERZEICHNIS

[1]	Busch, Luckner und Tiemer: Geohydraulik, 3. neubearbeitete Auflage: Gebrüder Bornträger. Berlin. Stuttgart 1993
[2]	DIN 1055-2: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Bodenkenngößen, November 2010
[3]	DIN 1072 Straßen- und Wegbrücken, Lastannahmen
[4]	DIN 4019 Baugrund, Setzungsberechnungen, Mai 2015
[5]	DIN 4020:2010-12 Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2
[6]	DIN 4023:2006 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen

- [7] DIN 4084, Gelände- und Böschungsbruchberechnungen, Januar 2009
- [8] DIN 18196:2011-05 Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
- [9] DIN 19700:2004-07 Stauanlagen - Teile 10 bis 12
- [10] DIN 19712:1997-11 Flussdeiche (alte Fassung) und DIN 19712:2013-01 Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern
- [11] DIN EN 1997-1:2014-03 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln einschließlich DIN EN 1997-1/NA:2010-12 Nationaler Anhang und DIN 1054:2010-12 Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regeln zu DIN EN 1997-1 (s.a. Normenhandbuch zum EC-7, herausgegeben vom Beuth-Verlag, Ausgabe 2011-05)
- [12] DIN EN 1998-1:2010-12: Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben und Erdbebenzonenkarte von Deutschland mit Orts-/Koordinatenabfrage unter https://www.gfz-potsdam.de/din4149_erdbebenzonenabfrage/ (Stand 25.04.2023)
- [13] DIN EN ISO 14688:2020-11 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden, Teil 1 Benennung und Beschreibung sowie Teil 2 Grundregeln für Bodenklassifizierungen
- [14] DIN EN ISO 14689:2018-05, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Klassifizierung und Beschreibung von Fels (ISO 14689:2017); Deutsche Fassung EN ISO 14689:2018
- [15] DIN EN ISO 17892-4:2017-04 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung
- [16] DIN EN ISO 17892-5:2017-08 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 5: Ödometerversuch mit stufenweiser Belastung
- [17] DIN EN ISO 17892-10:2018-10 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 10: Direkte Scherversuche
- [18] DIN EN ISO 17892-12:2018-10 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 12: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen
- [19] DIN EN ISO 22475-1:2007-01 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Aufschluss- und Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen – Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung
- [20] DIN EN ISO 22476-2:2012-03 Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen – Teil 2: Rammsondierungen
- [21] DVWK-M231:1995: Sicherheitsbericht Talsperren - Leitfaden
- [22] DWA-M 514:2011-07: Bauwerksüberwachung an Talsperren
- [23] DWA-M 542: Nachweiskonzept mit Teilsicherheitsbeiwerten für Staudämme und Staumauern. Juli 2017. Herausgegeben von: DGGT, DTK und DWA

- [24] EN 1991-2:2003 (EC-1 Einwirkungen auf Tragwerke, Verkehrslasten auf Brücken) + AC: 2010 + Nationaler Anhang DIN EN 1991-2/NA 08/2012. Deutsche Fassung.
- [25] Erweiterung und Instandsetzung HRB Straußfurt TO12+15 – Hauptdamm mit Verlängerung sowie zu den TO 16, TO 17 und TO 18 (im Entwurf umbenannt in „M 10“) | Vorplanung. Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH Dezember 2023 (Entwurfsplanung in Bearbeitung)
- [26] Geologische Karte 1:25.000 Blatt Gebesee Nr. 4831, heruntergeladen beim Kartendienst des TLUBN am 08.03.2023
- [27] Grundbautaschenbuch, 8. Auflage, Teil 1 – S. 142/143 (charakteristische Bodenkennwerte nach Soos und Engel, s.a. 4. Aufl. S. 112/113), Ernst und Sohn 2017
- [28] Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt. Präsentation von Tractebel Hydroprojekt GmbH zur Anlaufberatung am 25.01.2023 mit dem Auftraggeber TFW
- [29] Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt, Erkundungskonzept und Erkundungsprogramm, Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt (Tractebel Hydroprojekt GmbH/IN-ROS Lackner SE), Februar 2023
- [30] Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt, Zuverlässigkeitsnachweise Absperrbauwerke und Untergrund. Prüfbericht Baustatik Nr. P 2909/3/2017-3 vom 29.05.2019, Dr. Jörg Diener (vpi) Erfurt.
- [31] Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt, Ingenieurgeologische Stellungnahme bzgl. einer möglichen Subrosionsgefährdung der Staubbauwerke des Hochwasserrückhaltebeckens Straußfurt. Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, 21.03.2018.
- [32] HRB Straußfurt – Vertiefte Überprüfung, Teil A-1: Absperrbauwerk und Untergrund/Grundlagen Absperrbauwerk und Untergrund. M4 Ingenieure GmbH München, Februar 2016
- [33] HRB Straußfurt – Vertiefte Überprüfung, Teil A-5: Absperrbauwerke und Untergrund/Lasten- und Pflichtenheft. M4 Ingenieure GmbH München, September 2017
- [34] HRB Straußfurt – Vertiefte Überprüfung, Teil A-6: Absperrbauwerke und Untergrund/Zuverlässigkeitsnachweise. M4 Ingenieure GmbH München, Mai 2019
- [35] Merkblatt 58, Berücksichtigung von Erdbebenbelastungen nach DIN 19700 in Nordrhein-Westfalen, NRW, 2006
- [36] Merkblatt Anwendung von Kornfiltern an Wasserstraßen (MAK), Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe 1989 und 2013
- [37] Merkblatt Materialtransport im Boden (MMB), Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe 2013
- [38] Merkblatt über die Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD), Bundesanstalt für Wasserbau, Ausgabe 2011
- [39] Saucke, U. (2006): Nachweis der Sicherheit gegen innere Erosion für körnige Erdstoffe. Zeitschrift geotechnik 29, Nr. 1 (Hrsg. Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. Essen) mit Verweis auf BURENKOVA

- [40] Smolczyk, U. (Hrsg.): Grundbautaschenbuch Teil 1, 4. Auflage, Ernst und Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin 1990
- [41] Striegler, W.: Dammbau. Verlag für Bauwesen Berlin, 2. Auflage 1998
- [42] Türke, H. Statik im Erdbau, Ernst Verlag Berlin, 1999
- [43] Wagenbreth/Steiner: Geologische Streifzüge, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1982
- [44] WAPRO 4.04.: Nachweis der Beständigkeit von Erdstoffen gegenüber der Einwirkung der Sickerströmung, Projektierung Wasserwirtschaft, Januar 1970
- [45] Wendehorst: Bautechnische Zahlentafeln, 35. Auflage, 2014
- [46] Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt, vertiefte Überprüfung. Teil C7 sonstige Anlagenteile, Grundlagen und Bericht. m4 Ingenieure GmbH, August 2018.
- [47] Baugrunderkundung HRB Straußfurt, Geotechnischer Bericht, Geotechnische Erkundung 2023. GGL Leipzig vom 26.01.2024
- [48] Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt (030) – ingenieurgeologisch/seismologische Vorbewertung über die Notwendigkeit eines seismologischen Gutachtens am Standort des HRB Straußfurt des Referates 82 des TLUBN. TLUBN, 13. August 2020

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abkürzung	Bezeichnung
BS	Bemessungssituation
GFZ	Geoforschungszentrum Potsdam
GGU	Gesellschaft für Grundbau und Umwelttechnik mbH
HQ (T)	Hochwasser in m³/s mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von T Jahren
LF	Lastfall
HRB	Hochwasserrückhaltebecken
IL	INROS Lackner SE
Ls/Is	Luftseite/luftseitig
QP	Querprofil/Querschnitt
TFW	Thüringer Fernwasserversorgung Erfurt AöR
THP	Tractebel Hydroprojekt GmbH
TLUBN	Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz
TO	Teilobjekt
TSF	Teilsicherheitsfaktor(en)
TSK	Talsperrenklasse
TWB	Tragwiderstandsbedingung
VL	Verkehrslast
VÜ	Vertiefte Überprüfung
Ws/ws	Wasserseite/wasserseitig
WUL	Wellenumlenker

1 Veranlassung und Zielstellung

Die in Bearbeitung befindliche Entwurfsplanung umfasst eine Instandsetzung der Anlage für eine weitere Nutzungsdauer von 50 Jahren und die Anhebung des Vollstauzieles um 1,0 m auf 150,80 m NHN (Erweiterung Hochwasserschutzraum).

Zum HRB Straußfurt existiert letztmalig eine vertiefte Überprüfung aus dem Jahr 2016 [32][33][34] mit zugehörigem Prüfbericht [30]. Aktueller Anlass für die Ausführung der Standsicherheitsnachweise ist eine Stauzielerhöhung/Erweiterung des Staureaums.

Für die Erdbauwerke sind die erdstatischen Nachweise nach aktuellem Stand der Normung zu führen. Dafür maßgebend sind zum Einen DIN 19700:2004 [9] sowie das Merkblatt DWA-M 542:2017 [23].

Im Teil D – Nebenanlagen – sind für folgende Teilobjekte (TO)/Maßnahmen Standsicherheitsnachweise zu führen:

TO 16 - Maßnahmen Schwerstedt - Neubau

M 10 – Auswirkung auf B4 vor Ortslage Gebesee

Keine Relevanz hat eine Anpassung von Flussdeichen an der Gera südlich des Hochwasserrückhaltebeckens (HRB) bei Gebesee (Abbildung 1 unten).

Regionale Einordnung

Der Gesamtstandort befindet sich von der Ortslage Straußfurt aus in westsüdwestlicher Richtung. Der Standort des HRB Straußfurt ist regional wie folgt eingeordnet (Abbildung 1):

Anlage 2.3 überflutete Fläche „Z₁₁ und Z₁₂ neu“ – 151,84 m NHN, Überblick notwendige Maßnahmen

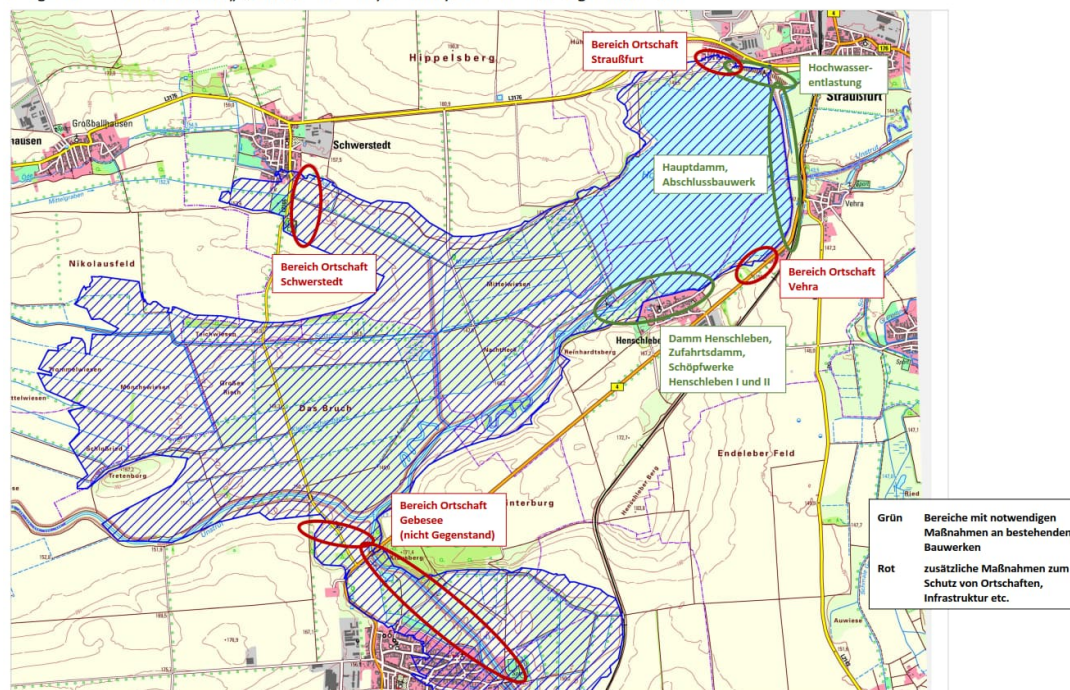


Abbildung 1: territoriale Einordnung der Teilobjekte, Stand 2023

Die Thüringer Fernwasserversorgung AöR (TFW) beauftragte die Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt (c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH - THP) mit der Planungsleistung, der gutachterlichen geologischen Begleitung und Bauüberwachung der Baugrunduntersuchung zum HRB Straußfurt sowie der Ausführung von Standsicherheitsnachweisen. Gegenstand dieses Lastenheftes sind die Erdbauwerke

der Nebenanlagen. Weitere Nachweise für Massivbauwerke u.a.m. sind nicht Gegenstand dieses Lastenheftes.

Im Lastenheft werden die Festlegungen, Annahmen, Grundlagen und der Umfang der Nachweise zusammengestellt. Es bedarf ggf. der Ergänzung aus Prüffeststellungen sowie durch neu gewonnene Erkenntnisse. Für die Stauraumhänge ist nach DIN 19700 [9] eine Standsicherheitsbeurteilung erforderlich.

Auftraggeber (AG): Thüringer Fernwasserversorgung (TFW)
Anstalt Öffentlichen Rechts
Haarbergstraße 37
99097 Erfurt

Planer Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt
c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH (THP)
Rießnerstraße 18
99427 Weimar

Der Untersuchungsstandort befindet sich im Bundesland Thüringen, westsüdwestlich der Ortslage Straußfurt im Landkreis Sömmerda.

Die Maßnahme Schwerstedt TO 16 befindet sich südsüdöstlich der Ortslage Schwerstedt. Der Straßendamm B4 bei Gebesee M 10 liegt nordnordwestlich von Gebesee.

Die Lage dieser Teilobjekte ist in Abbildung 1 ersichtlich.

2 Angaben zu den Erdbauwerken

2.1 Maßnahmen Schwerstedt/Schutzdamm

Der geplante Schutzdamm (Neubau) mit Böschungsneigungen von $N = 1 : 3$ wird als bindiger homogener Erddamm errichtet mit beidseitigen wasserdurchlässigen Bermen, auf denen Betriebswege angeordnet sind (Anhang 1).

2.2 „Maßnahme“ Gebesee

Der Standort an der Einmündung der L 2165 soll baulich nicht verändert werden. Anhang 2 stellt den maßgebenden benachbarten Dammquerschnitt der Straße B4 dar. Die Untersuchung ist notwendig, da der Straßendamm der B4 jetzt bei einem Hochwasserereignis eingestaut wird.

Die wasserseitige Böschung des Straßendamms ist flacher als $N = 1 : 3$; die luftseitige Grabenböschung ist ca. $N = 1 : 1,5$ steil.

Da es sich hier um einen Straßendamm und nicht um eine Stauanlage handelt, ist hier für alle weiteren Betrachtungen nicht DIN 19700 [9]/DWA-M542 [23], sondern EC-7 [11] relevant.

3 Sicherheitskonzept

3.1 Vorbemerkung

Die Nachweise der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit erfolgen nach DIN 19700 [9] für TO 16 bzw. nach EC-7 [11] für M10.

Die Nachweise erfolgen für einen maßgebenden Dammquerschnitt. Maßgebend sind die maximale Dammhöhe (größte Böschungshöhe) in Verbindung mit ungünstigen Annahmen bezüglich der Eigenschaften und Belastung, soweit diese sich nicht ausschließen lassen. Verkehrslasten sind anzusetzen, wenn sie ungünstig wirken. Für die Nachweise sind ungünstigste Versagensformen zu wählen.

Angaben, die auf vorliegende Unterlagen zurückgehen, bleiben bis auf den entsprechenden Verweis ohne Erläuterung.

3.2 Tragsicherheit

3.2.1 Böschungsbruchsicherheit

Die Nachweise der Böschungsbruchsicherheit erfolgen nach dem Teilsicherheitskonzept. Grundlage bildet das DWA-M 542 [23], welche im Zuge der Weiterentwicklung in der Normung – insbesondere Eurocode 7 [11]/gilt für den Straßendamm B4 (M10) – für Nachweise an Stauanlagen das Teilsicherheitskonzept einführt.

Die Materialeigenschaften, beschrieben durch Kennwerte für die gewählten Stoffgesetze, und die Wirksamkeit baulicher Einrichtungen, werden für verschiedene Tragwiderstandsbedingungen bestimmt. Damit werden wahrscheinliche, wenig wahrscheinliche und unwahrscheinliche Bedingungen betrachtet.

Die Materialeigenschaften sind für verschiedene gesicherte Annahmen in den Tragwiderstandsbedingungen A und C festzulegen. Diese sind wie folgt definiert:

Tragwiderstandsbedingung A	gesicherte oder allgemein anerkannte Kennwerte
Tragwiderstandsbedingung C	ungünstige Kennwerte in Grenzbereichen (nur TO 16)

Mit der Einführung von DWA-M 542 [23] ist die zwischen TWB A und C liegende Tragwiderstandsbedingung B „wenig wahrscheinliche Bedingungen“ für die Kennwerte entfallen.

Die maßgebenden Einwirkungen (s. Lasten, Bemessungssituationen, Nachweise) werden entsprechend dem für die Talsperrenklasse in DIN 19700-11 [9] festgelegten Sicherheitsniveau bestimmt. Die Einwirkungen werden entsprechend DIN 19700-11 zu Bemessungssituationen (BS) kombiniert. Es ergeben sich die

- BS-P ständige Bemessungssituation
- BS-T vorübergehende Bemessungssituation
- BS-A außergewöhnliche Bemessungssituation
- BS-E Bemessungserdbeben

Die Tragwiderstandsbedingungen A (TO 16 und M10) und C (nur TO 16) werden durch Kennwerte festgelegt, die die Verformbarkeit, Festigkeit, Durchlässigkeit und den allgemeinen Zustand von Absperrbauwerk und Untergrund sowie die Wirksamkeit von baulichen Einrichtungen beschreiben [9][23].

Kennwerte können in der Regel nur in Streubereichen angegeben werden.

In Abhängigkeit von der Weite der Streubereiche und der Wirksamkeit der baulichen Einrichtungen sind gemäß DWA-M 542 [23] für Stauanlagen (nur TO 16) zwei Tragwiderstandsbedingungen zu betrachten (TWB A gilt auch für M10):

Tragwiderstandsbedingung A (wahrscheinliche Bedingungen)

- für gesicherte oder allgemein anerkannte Kennwerte (genormte aus der DIN- Reihe 1055, durch Versuchsergebnisse festgelegt oder aus Erfahrung abgeschätzt)
- voll wirksame bauliche Einrichtungen, z.B. Dichtungszonen, Dränagen, Filter, Rechen u.s.w.

Tragwiderstandsbedingung C (unwahrscheinliche Bedingungen) - für

- ungünstige Kennwerte im Grenzbereich oder
- bei Ausfall genau einer baulichen Einrichtung

Gemäß DWA-M 542 [23] entfallen einige, noch in DIN 19700-11 [9] definierte Bemessungssituationen (beispielsweise Wegfall Kennwerte der Tragwiderstandsbedingung B).

Tabelle 1: Bemessungssituationen nach 19700-11 [9]/ DWA-M 542 [23]

Lastfälle	Bemessungssituationen für Tragwiderstandsbedingungen (TWB)							
	A				B		C	
1	BS I	/	BS-P	BS II	/	BS-T	BS III	/ BS-A
2	BS II	/	BS-T	BS III	/	BS-A	-	
3	BS III	/	BS-A	-			-	

Anmerkung: Hinter der angegebenen Bemessungssituation DIN 19700 [9] stehen die nach DWA-M 542 [23] entsprechenden Bemessungssituationen persistent/~~transient~~/accidental.

Es sind folgende Teilsicherheitsfaktoren anzusetzen:

Bemessungssituation I (BS-P): $\gamma_{\varphi'} = 1,30$ $\gamma_{c'} = 1,30$ $\gamma_G = 1,00$ $\gamma_Q = 1,30$

Bemessungssituation II (BS-T): $\gamma_{\varphi'} = 1,20$ $\gamma_{c'} = 1,20$ $\gamma_G = 1,00$ $\gamma_Q = 1,20$

Bemessungssituation III (BS-A und -E): $\gamma_{\varphi'} = 1,10$ $\gamma_{c'} = 1,10$ $\gamma_G = 1,00$ $\gamma_Q = 1,00$

Erläuterung: $\gamma_{\varphi'}$ = Teilsicherheitsfaktor für den Reibungswinkel φ'

$\gamma_{c'}$ = Teilsicherheitsfaktor für die Kohäsion c'

γ_G = Teilsicherheitsfaktor für ständige Einwirkungen

γ_Q = Teilsicherheitsfaktor für ungünstige veränderliche Einwirkungen

Hinweis zu BS-P-T: TSF für die Scherparameter nach DWA-M 542 um 0,05 höher als nach EC-7

Die Tragsicherheitsnachweise sind immer dann erfüllt, wenn der Ausnutzungsgrad $\mu \leq 1,0$ beträgt. Dabei werden die Teilsicherheitsfaktoren eingerechnet.

Mit zunehmendem Anteil der Kohäsion c an der Tragsicherheit ist der jeweils erforderliche Teilsicherheitsbeiwert der Scherparameter ggf. um bis zu 0,1 zu erhöhen.

Eine Erhöhung der geforderten Sicherheiten bei Berücksichtigung der Kohäsion, wie in DIN 19700/11 Abs. 7.2.6 [9] gefordert, erfolgt nicht, da die Annahme der Höhe der Kohäsion bereits vorsichtig angesetzt (zusätzliche Sicherheit bereits enthalten, weil auf der sicheren Seite) ist.

Die Nachweise der Gleit- und Spreizsicherheit erfolgen zuerst für ungünstige Verhältnisse. Wenn die Sicherheit für diese ungünstigen Fälle hinreichend ist, wird geprüft, ob damit Berechnungen für andere BS entfallen können.

Die Teilsicherheitsfaktoren werden in den Berechnungen zur Böschungsbruchsicherheit ausgewiesen.

3.2.2 Gleit-, Spreiz- und Kippsicherheit

Für den Nachweis der Gleit-, Spreiz- und - falls erforderlich - der Kippsicherheit gelten die Sicherheitsbeiwerte nach DIN 1054:2010 [11].

3.2.3 Überflutungssicherheit

Die Überflutungssicherheit gilt als nachgewiesen, wenn ein hinreichender Freibord vorhanden ist. Der Freibord von M 10 beträgt nur rund 0,20 m. Seltener als einmal in 100 Jahren kann es zur Überflutung des Straßendammes kommen.

Der Freibordnachweis für TO 16 wurde im Rahmen der Planungen geführt bzw. dort sind entsprechende Verweise enthalten [25].

3.3 Gebrauchstauglichkeit

3.3.1 Hydraulische Sicherheit

Als Sicherheitskriterien gelten:

- Lage der Sickerlinie innerhalb des Dammes
- Gefahrlose Abführung der Sickerwassermengen
- Erosions- und Suffosionssicherheit
- Einhaltung von zulässigen hydraulischen Gradienten
- Nachweis hydraulische Grundbruch-/Auftriebssicherheit

Wenn im Untergrund oberflächennahe Schichten anstehen, welche geringer durchlässig als tiefer liegende Schichten sind, ist die Sicherheit gegen Auftrieb und hydraulischen Grundbruch nach EC 7 bzw. DIN 1054:2010 [11] nachzuweisen. Die maßgebenden Potenziale bzw. Gradienten sind durch eine Durchströmungsberechnung zu ermitteln.

Für die Suffosions- und Erosionssicherheit gelten ein hydraulisches und ein geometrisches Kriterium.

Das hydraulische Kriterium untersucht, ob Bodenteilchen von der Strömung transportiert werden können. Am Sickerwasseraustritt an der Oberfläche muss dieses Kriterium unbedingt erfüllt sein, sonst kommt es zur rückschreitenden Erosion. Die Bewertung dieses Kriteriums kann auf der Grundlage des lokalen hydraulischen Gradienten in Abhängigkeit von der Körnung des Bodens erfolgen.

In DIN 19712:1997 [10] ist in Bild 8 die Abhängigkeit des kritischen Gradienten vom Ungleichförmigkeitsgrad U (d_{60}/d_{10}) dargestellt. Es ist eine Sicherheit von $\eta \geq 1,5$ einzuhalten. Dieser Nachweis gilt für nicht und schwach bindige Böden.

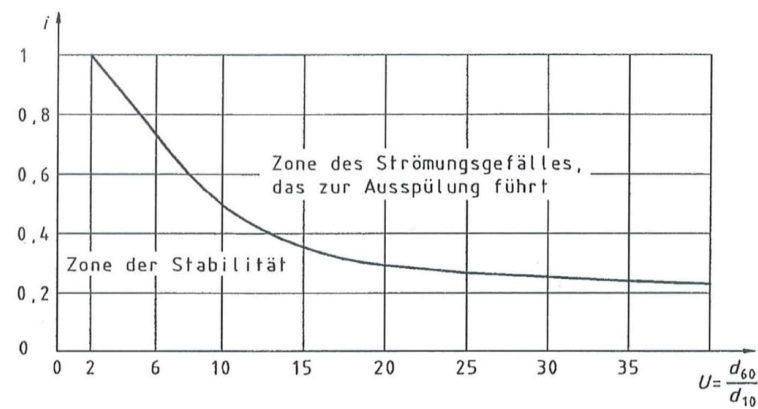


Abbildung 2: Bestimmung des kritischen Gradienten gemäß DIN 19712:1997, Bild 8

Das geometrische Kriterium untersucht, ob es möglich ist, dass Teilchen innerhalb eines Bodens (Suffosion) oder von einem Boden in den anderen (Kontaktersion, Filterstabilität) geschwemmt werden könnten. Nachweise können auf der Grundlage der Kornverteilung nach MAK [36], MMB [37], BURENKOVA [37] oder nach WAPRO 4.04 [44] erfolgen. Diese Nachweise gelten für schwach und nicht bindige Böden.

Für bindige Böden kann der Nachweis der Eignung durch Versuche erfolgen. Ein rechnerischer Nachweis ist nach WAPRO 4.04 [44] möglich. Ab einem Tonkornanteil $d_{<0,002\text{mm}}$ von 10% ist ein bindiger Boden suffosionssicher.

Im vorliegenden Fall existieren zu den beteiligten Böden Kornverteilungen aus dem anstehenden Untergrund (s. Anhang 4). Die vorkommenden bindigen Böden haben einen Tonkornanteil von $d_{<0,002\text{mm}} > 15\%$. Für das spätere Dammbaumaterial von TO16 sind bestimmte Parameter wie ggf. etwa Körnungsbänder/Kornkennziffern spätestens in der Ausführungsplanung detailliert vorzugeben bzw. deren geometrische Suffosionssicherheit nachzuweisen.

3.3.2 Setzungen/Risssicherheit

Für den Damm TO 16 wird eine Setzungsberechnung nach DIN 4019 [4] wie in TÜRKE [42] beschrieben ausgeführt. Nach mehreren Jahrzehnten Bestandsdauer können die Setzungen für den Straßendamm M 10 als abgeschlossen gelten.

4 Berechnungsquerschnitte

4.1 Maßnahmen Schwerstedt [TO 16]

Gemäß aktueller Planung [25] wird zum Schutz der Ortslage Schwerstedt ein neuer Schutzdamm errichtet.

Das Berechnungsmodell wird anhand des Dammquerschnitts Plan Nr. TO16-4.1 [25] erstellt.

In Anhang 1 ist der Dammquerschnitt beigelegt. Der maßgebend ungünstigste Baugrund ergibt sich aus [47], Anlage 3.5.2. Die Untergrundsichtung ist aus diesem Querschnitt mit den Bohrsondierungen 22/Ansatzpunkt 149,99 m NHN und 23/Ansatzpunkt 149,85 m NHN [47] zu entnehmen.

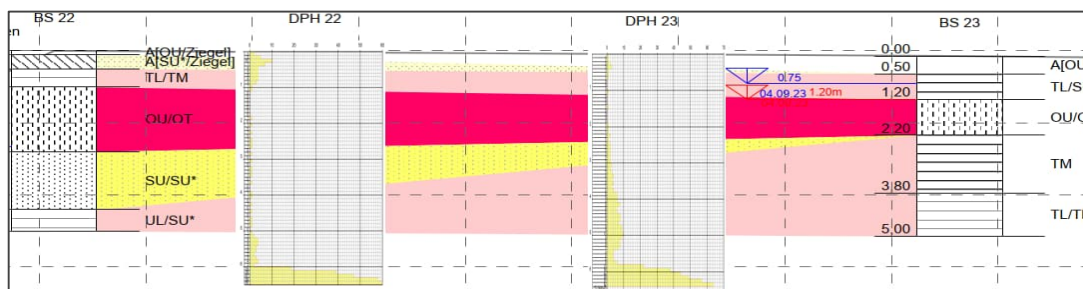


Abbildung 3: maßgebende Baugrundverhältnisse Schutzdamm Schwerstedt [47]

4.2 „Maßnahme 10“ B4 bei Gebesee [M 10]

Gemäß aktueller Planung [25] hat der bestehende Straßendamm der B4 quasi eine teilweise Schutzfunktion. Der maßgebend kritischere Querschnitt liegt bei Station 0+120 (Anhang 2).

Das Berechnungsmodell wird anhand des Dammquerschnitts [25] erstellt. In Anhang 2 ist der Dammquerschnitt beigelegt.

Die maßgebende Untergrundsichtung ist aus der nächstliegenden Bohrsondierung 49/Ansatzpunkt 150,76 m NHN [47] zu entnehmen:

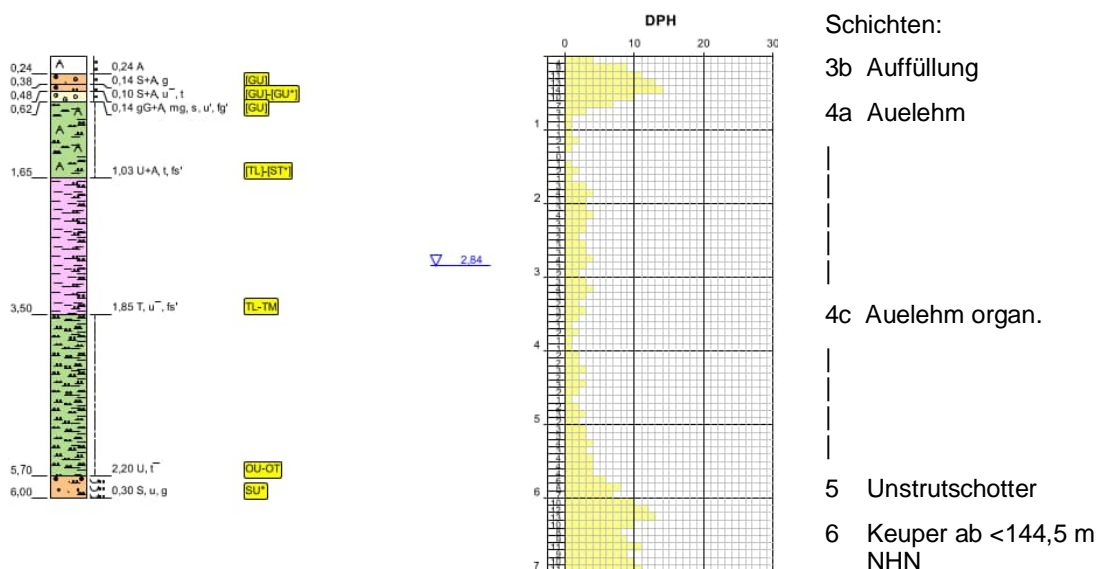


Abbildung 4: maßgebende Baugrundverhältnisse Gebesee [47]

Für den Straßendamm der B4 wird angenommen, dass dieser aus Kies der Bodengruppen GI-GW aufgebaut wurde. Der Straßengraben weist eine geschlossene Grasnarbe auf:



Abbildung 5: Straßengraben der B4/Luftseite

4.3 Stauraumhänge

In der vertieften Überprüfung/A1 [32] wird ausgeführt:

„Die Stauraumböschungen sind generell flach, so dass bei den anstehenden Erdstoffen Böschungsrutschungen aus dem Staubetrieb ausgeschlossen werden können.“

Die Standsicherheit der maximal ca. $N = 1 : 3$ steilen Stauraumhänge ist mithin bereits im Status quo gegeben. Schwachstellen hinsichtlich Hangstandsicherheit sind nicht bekannt und sind auch bei einem 1 m höheren Stauziel nicht zu erwarten. Die Stauspiegelerhöhung um 1,0 m ändert daran nichts. Weitere Standsicherheitsuntersuchungen können hier daher entfallen.

5 Materialeigenschaften

5.1 Geologie/Hydrogeologie

Das HRB Straußfurt befindet sich im Zentralbereich des Thüringer Beckens. In dessen Untergrund stehen Gesteine des Trias an, wovon im Umfeld des HRB Straußfurt nur die flach nach Süden einfallenden Schichten des Unteren und Mittleren Keupers von Relevanz sind.

Der Mittlere Keuper selbst nimmt den weitaus größten Teil des betrachteten Gebiets der Gesamtanlage HRB Straußfurt und deren Stauräume ein. Er ist hier durch die Stufe km1, den sog. Gipskeuper vertreten. Dieser besteht aus bunten Schiefermergeln, Mergeln und Mergelton sowie vereinzelt Steinmergellagen (Tonsteine).

Gipse treten am nördlichen Beckenrand sowie westlich der Ortslage Henschleben an der Oberfläche zu Tage. Hierbei handelt es sich meist um einige Zentimeter bis einige Dezimeter starke Gipsschichten, die in die Keupermergel eingelagert sind und keinerlei Anzeichen von Verkarstung zeigen.

Aus dem Jahr 2018 existiert eine ingenieurgeologische Stellungnahme der damaligen TLUG zu einer möglichen Subrosionsgefährdung für die Staubbauwerke des HRB Straußfurt [31]. Demnach kann zusammenfassend festgestellt werden, dass Subrosionsauswirkungen sehr unwahrscheinlich sind. Etwaige Senkungen treten nur weitspannig auf und stellen keine unmittelbare Gefahr dar (=>“technisch beherrschbar“), Senkungen sind der TLUG auch bisher nicht bekannt.

Auslaugungen wurden aufgrund der Einbettung in dichtende Keupermergel bereits zur Planungs- und Bauzeit ausgeschlossen und wurden auch in den bisher durchgeführten Bohrungen nicht festgestellt. Ebenso ergaben sich bislang keine Hinweise auf Erdsenkungen und Erdfälle.

Die quartäre Überdeckung aus anstehendem Auelehm und dem unterlagernden Unstrutschotter umfasst etwa 8 m Gesamtmächtigkeit.

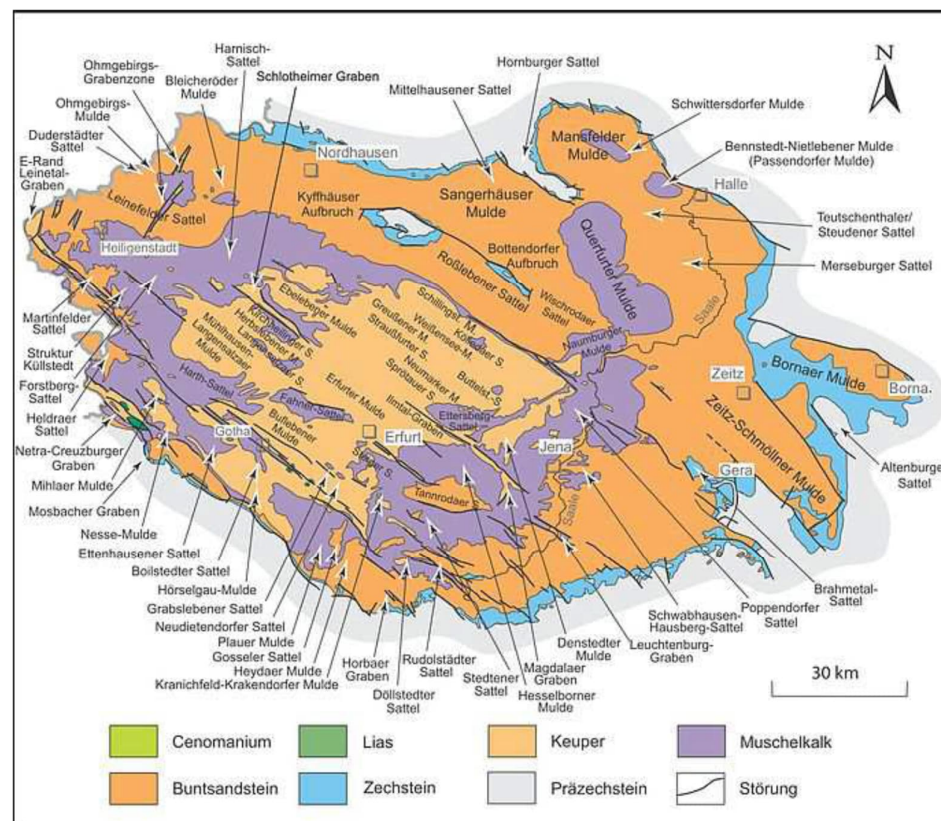


Abbildung 6: regionalgeologische Übersicht [43]

Die Gesteine der Keuperformationen sind im Hangenden mehrere Meter vollständig zu Lockergestein zersetzt. *Beim darunter folgenden Fels handelt es sich hier um veränderlich festen verwitterten Tonstein.*

Die hydrogeologische, für das Bauwerk relevante Situation wird von der Ausbildung eines oberen Grundwasserleiters in den quartären Kiesen – „Unstrutschotter“ – bestimmt. Der Unstrutschotter lagert dem Keuperton auf.

5.2 allgemeiner Überblick zum Baugrund

Im Projekt HRB Straußfurt wurde eine aktuelle Hauptuntersuchung [47] als Grundlage für die Entwurfs- und Genehmigungsplanung durchgeführt, um darauf aufbauend mit den entsprechenden statischen Berechnungskennwerten für die TO Standsicherheitsnachweise führen zu können.

Vor allem für den Hauptdamm, aber auch für weitere TO im Bestand wurden seit der Bauzeit in den 1950er Jahren bis zum Jahr 2024 [47] eine umfassende Baugrunderkundung und -begutachtung durchgeführt.

5.3 Boden- und felsmechanische sowie hydraulische Kennwerte

5.3.1 Vorbemerkung

Nach DWA-M 542 [23] sind für Stauanlagen (gilt nur für TO 16) die Tragwiderstandsbedingungen (= TWB) A und C zu untersuchen. Die Materialeigenschaften, beschrieben durch Kennwerte für die gewählten Stoffgesetze und die Wirksamkeit baulicher Einrichtungen werden für die verschiedenen Tragwiderstandsbedingungen bestimmt. Für M10 gelten nach EC-7 [11] nur die Kennwerte TWB A.

Die auf den aktuellen bodenmechanischen Untersuchungen [47] und der VÜ beruhenden erd- und felsstatistischen Kennwerte sind in Anhang 3 zusammengestellt. Diese wurden für die aktuelle Planung anhand von Erfahrungswerten vergleichbarer Projekte und aus der Literatur (z.B. Baugrunderkennwerte nach SOOS/ENGEL, s. Grundbautaschenbuch [40]) vom Verfasser für die Planung ergänzt.

Die Durchlässigkeitsbeiwerte sind z.T. abgestuft. Z.T. wurden daher vom Verfasser Mittelwerte gebildet.

5.3.2 Tragwiderstandsbedingung A

Die betreffenden Kennwerte sind in Anhang 3 zusammengestellt. Es handelt sich nach DIN 19700 [9] bzw. DWA-M 542 [23] um gesicherte oder allgemein anerkannte Kennwerte. Für M10 sind nur diese maßgebend.

5.3.3 Tragwiderstandsbedingung C

Die betreffenden Kennwerte sind in Anhang 3 zusammengestellt. Es handelt sich nach DIN 19700 [9] bzw. DWA-M 542 [23] um ungünstige Kennwerte in Grenzbereichen. Diese sind nur TO 16 relevant.

5.4 Abgeleitete Kennwerte für Durchströmungsberechnungen

Für den Übergang von der gesättigten zur ungesättigten Durchströmung wird bei Böden mit einer Durchlässigkeit $> 1 \cdot 10^{-5}$ m/s eine für Sande und durchlässigere Böden zutreffende Übergangsfunktion entsprechend der Abbildung in der Programmdokumentation gewählt. Bei den geringer durchlässigen Böden wird die in dem Programm GGU-2D-SS-FLOW vorgeschlagene Übergangsfunktion für dichten Boden verwendet (s. Programmdokumentation).

Für die instationäre Durchströmungsberechnung bei schnellstmöglicher Wasserspiegelabsenkung ist die Bestimmung des freiwerdenden Porenraumes erforderlich. Maßgeblich ist die Angabe für die Materialien des Stützkörpers und der Dichtungszone.

Das effektive Porenvolumen und die Sättigungskennziffer werden an Hand der in der vertieften Überprüfung in 2019 [34] definierten Werte gemäß dortiger Tabelle 2 in Anhang 3 übernommen bzw. vom Verfasser gerundet.

Es wird angenommen, dass die Differenz zwischen n und n_w als Wassermenge unverzüglich frei wird, wenn der Wasserstand unter die jeweilige Höhe sinkt.

Diese Kennwerte gelten für die Tragwiderstandsbedingungen A und C.

5.5 Erläuterung und Bewertung geotechnischer Kennwerte

Nachfolgend werden die aus vorhandenen Unterlagen zur Verfügung stehenden oder ansonsten aus Erfahrungs- und Literaturwerten angesetzten geotechnischen Kennwerte in einigen Beispielen nach der Nummerierung der maßgeblichen Bodenschichten in Anhang 3 erläutert.

2) TO 16: (homogener) Damm neu TL-TM(ST*)

Hier wurden seitens des Verfassers nach Erfahrungen aus langjähriger Planung Kennwerte vorgegeben, die dann in der Ausführungsplanung in einem Qualitätssicherungsplan Erdbau hinsichtlich Materialeignung und Einbau entsprechend zu untersetzen sind.

11) Wege bzw. Berme neu (Schotter)

Hier wurden seitens des Verfassers nach Erfahrungen aus langjähriger Planung Kennwerte vorgegeben, die dann in der Ausführungsplanung in einem Qualitätssicherungsplan Erdbau hinsichtlich Materialeignung und Einbau entsprechend zu untersetzen sind. *Diese Kennwerte sind auch für den Dammkörper der B4 anzusetzen.*

15) Oberboden/Grasnarbe

Diese Schicht wurde rein informativ definiert, eine modelltechnische Berücksichtigung ist entbehrlich. Hinweise zur Durchwurzelungskohäsion von $c =$ bis zu 7 kN/m^2 sind dem BAW-Merkblatt MSD [38] zu entnehmen.

6 Lasten, Bemessungssituationen, Nachweise

6.1 Vorbemerkungen

Das HRB ist in die Talsperrenklasse 1 bzw. „Großes Becken“ (Stauraum > 1 Mio. m³ oder Dammhöhe > 15 m) einzustufen [9].

Die Definition der Einwirkungen (Lasten) erfolgt auf der Grundlage der DIN 19700-11 [9] bzw. DWA-M 542 [23].

Aus der Planung ist der Vollstau mit $Z_v = 150,81$ m NHN zu entnehmen. Von April bis Oktober besteht ein Teildauerstau mit $Z_s = 148,02$ m NHN, im Winter ist das Becken leer. Des Weiteren wird in der Risikobetrachtung der Kronenstau mit $Z_k = 153,00$ m NHN definiert (nicht relevant für M10 – EC-7 kennt diese Risikobetrachtung nicht). Der Kronenstau wird bei der Böschungsbruchsicherheit mit allen Teilsicherheiten = 1,0 untersucht.

6.2 Einwirkungen der Gruppe 1, ständige oder häufig wiederkehrende Einwirkungen

6.2.1 Eigenlast

Für die Bauteile der Dämme gelten die in Anhang 3 angegebenen Wichten.

6.2.2 Wasserdruck und Strömungsdruck bei Betriebs- und Vollstau

Vollstau Z_v :	150,81 m NHN
„Einstau bordvoll“	151,53 m NHN (M 10)
(Nachweis mit den TSF der BS-P, da $< Z_{H1}$)	
Stauziel $Z_{s\text{Sommer}}$:	148,02 m NHN (Teildauerstau)
Stauziel $Z_{s\text{Winter}}$:	Becken leer
Potenzial Luftseite:	Höhe Böschungsfuß bzw. Wasserstand Graben M10

6.2.3 Verkehrslasten

Auf der Dammkrone und ggf. den Betriebswegen wird jeweils eine mittige Verkehrslast eines ehemaligen „SLW60“ von $p = 33,3$ kN/m² [3] auf 3,0 m Breite angesetzt. Auf der B4 werden 2x ein „SLW60“ angesetzt (*Begegnungsverkehr*).

Für die bauzeitliche Verkehrslast wird iterativ eine maximale Verkehrslast von 0,5 m Breite als Linienlast über Grundbruchnachweis berechnet.

Anmerkung: Die Verkehrslast wirkt nicht ständig oder häufig wiederkehrend. Sie wird jedoch nach 19700-11 [9], Tabelle 3 den Einwirkungen der Gruppe 1 zugeordnet.

6.3 Einwirkungen der Gruppe 2, Seltene und zeitlich begrenzte Einwirkungen

6.3.1 Wasserdruck und Strömungsdruck bei Hochwasserstauziel 1 (Z_{H1})

Hochwasserstauziel 1 (Z_{H1}):	151,85 m NHN (TO 16)
Absenkziel (Z_A)	ws Dammfuß
Potenzial Luftseite:	Is Dammfuß

Das Z_{H1} ist aus dem Bemessungshochwasserzufluss BHQ1 mit der jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeit von $1 \cdot 10^{-3}$ ($T = 1000$ a) ermittelt worden.

6.3.2 Außerplanmäßige Betriebs- und Belastungszustände, Reparaturzustand

In der VÜ/A-6 [34] ist nachfolgende Absenkungsganglinie enthalten:

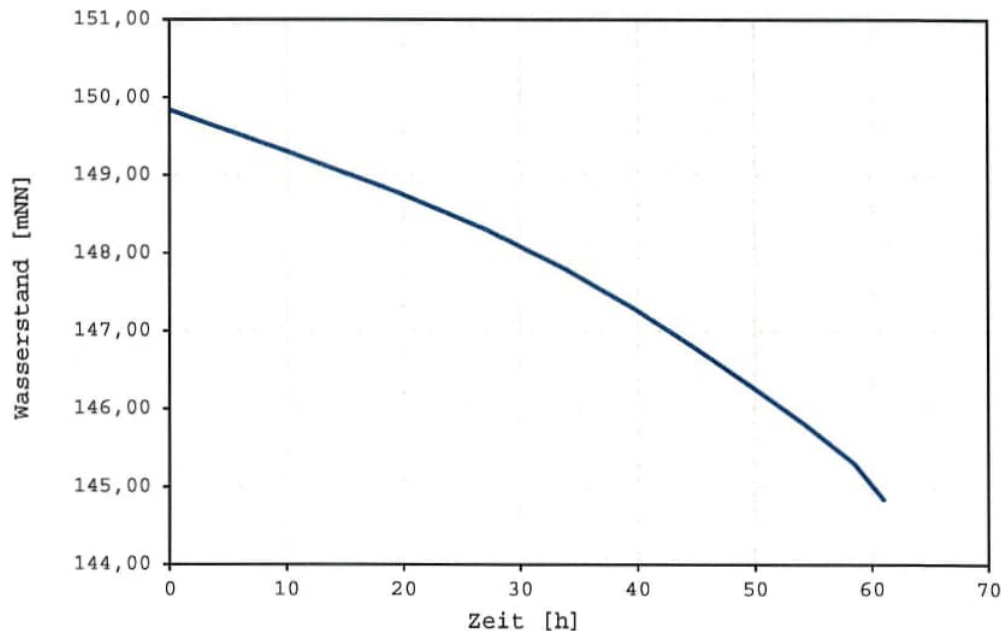


Abbildung 7: Ganglinie schnelle Stauspiegelsenkung aus VÜ/A-6 [34]

In Auswertung von Abbildung 10 (nach links linear extrapoliert) ergibt sich folgende Zeitreihe:

0 h	150,81 m NHN
30 h	149,80 m NHN
60 h	148,20 m NHN
75 h	146,70 m NHN
91,5 h	144,82 m NHN

Zwischenwerte sind linear zu interpolieren, soweit der ws Dammfuß höher liegt.

Der Nachweis schnelle Stauspiegelsenkung ist in Anbetracht der hoch gelegenen ws Dammfüße entbehrlich (wird jedoch formell geführt), da in diesem hohen Bereich die Absenkung noch sehr langsam erfolgt und erst nach unten hin progressiv zunimmt.

Weitere außerplanmäßige Betriebs- und Belastungszustände sind nicht zu untersuchen.

6.3.3 Betriebserdbeben – Erdbebenfall 1

Gemäß [48] braucht für den Standort HRB Straußfurt die BS Erdbeben nicht betrachtet zu werden. In Kap. 6.4.2 wird aus der Unterlage [48] zitiert.

6.4 Einwirkungen der Gruppe 3, außergewöhnliche Einwirkungen

6.4.1 Wasserdruk und Strömungsdruck bei Hochwasserstauziel 2 (Z_{H2})

Hochwasserstauziel 2 (Z_{H2}): 151,85 m NHN (TO 16)

Potenzial Luftseite: Is Dammfuß

Das Stauziel Z_{H2} entspricht dem Bemessungshochwasserzufluss BHQ2 mit der jährlichen Überschreitungswahrscheinlichkeit von $1 \cdot 10^{-4}$ (T = 10.000 a).

6.4.2 Bemessungserdbeben – Erdbebenfall 2

Für ggf. Nachweise gegenüber Erdbeben gelten die Grundsätze in DIN 19700-11 [9], Abs. 7.1.2.6. Bei Absperrbauwerken von Talsperren/HRB ≤ Klasse 1 bis 40 m Höhe genügt es, die Erdbebennachweise mit quasistatischen Ersatzlasten zu führen, die mit dem 1,0-fachen Wert der Erdbeschleunigung ermittelt werden dürfen. Eine Erdbebenberechnung wird ggf. bei Stauziel Z_s geführt. Das bedeutet für die Dämme TO 16 und M 10, dass hier kein Einstau besteht.

Üblicherweise enthalten Normen zum Nachweis der Erdbebensicherheit Grundlagendaten zu den anzusetzenden Erdbebenlasten, das heißt:

- Erdbebenzonenkarten für das oder die in der jeweiligen Norm geforderten Gefährdungs-niveaus,
- die Angabe von verallgemeinerten Beschleunigungs-Antwortspektren sowie
- die Spezifizierung der Spektren für typische Untergrundbedingungen.

DIN 19700 [9] selbst enthält jedoch keine Erdbebenzonenkarten und auch keine weiteren Angaben über die Verfahrensweise zur Ermittlung der Erdbebeneinwirkungen.

Berücksichtigung von Erdbebenlasten im Eurocode-8

In EC-8 [12] sind die Erdbebengebiete Deutschlands in Zonen eingeteilt, denen jeweils Intensitäts- und Beschleunigungswerte zugeordnet sind. Sie berücksichtigt auch die jeweiligen Untergrundverhältnisse, die zu einer Verstärkung oder Abminderung der Beschleunigungen führen können. Die Norm gilt für übliche Hochbauten. Ziel ist ein ausreichender Personenschutz, d.h. dass eventuell Schäden auftreten können, diese aber nicht zu einem Einsturz führen dürfen.

Der EC-8 legt Erdbebeneinwirkungen zugrunde, die mit einer Wahrscheinlichkeit von 10 % in 50 Jahren einmal erreicht oder überschritten werden (Wiederkehrperiode 475 Jahre). Sie gibt für die Erdbebenzonen 1 bis 3 Intensitäten und horizontale Effektivbeschleunigungen aufgrund probabilistischer Berechnungen vor.

Aus der Zuordnung eines Standortes zu einer Erdbebenzone, einer geologischen Untergrundklasse und einer Baugrundklasse können die Bemessungswerte aus EC-8 [12] entnommen werden.

Der EC-8 [12] gibt als weitere Erdbebenzone die Erdbebenzone 0 an, an die keine Anforderungen an bauliche Anlagen gestellt werden. Die Angabe der Erdbebenzone 0 besitzt informativen Charakter. Diese Zone stellt einen Übergangsbereich von Gebieten mit sehr kleiner Erdbebengefährdung zu den eigentlichen Erdbebenzonen 1 bis 3 dar. *Der Standort liegt völlig außerhalb von Erdbebenzonen.*

Für Anlagen, von denen bei Schäden durch Erdbeben eine zusätzliche Gefährdung für die Bevölkerung ausgehen kann, z. B. Stauanlagen, gilt der EC-8 nicht. Hierfür ist ein höheres Sicherheitsniveau anzusetzen, das in DIN 19700 [9] durch die Vorgabe höherer Wiederkehrperioden erreicht wird. Die Wiederkehrperiode beträgt für die TSK 1

T = 2.500 a (Eintretenswahrscheinlichkeit $4 \cdot 10^{-4}$).

Übertragung der Erdbebenzonen aus EC-8 auf die Anforderungen der DIN 19700

Bei großen Becken der Klasse 1 ist beim Bemessungserdbeben von einer Wiederkehrperiode von 2500 Jahren auszugehen.

Beurteilung der Erdbebengefährdung des Hochwasserrückhaltebeckens Straußfurt

Für das „Bemessungserdbeben“ wird ggf. der Beschleunigungswert wie folgt ermittelt:

Der Beckenstandort liegt nach der Erdbebenzonenkarte für Deutschland, s. Nationaler Anhang zu EC-8 [12] außerhalb von Erdbebenzonen.

Gemäß [48] braucht für den Standort HRB Straußfurt die BS Erdbeben nicht betrachtet zu werden. Nachstehend wird aus der Unterlage [48] zitiert:

„Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der Standort des Hochwasserrückhaltebeckens Straußfurt nach Anlage N6 Blatt 2 der ThürTA-Stau für eine Wiederkehrperiode von 500 Jahren /Betriebsbeben) der Zone 0A zugeordnet wird. Gemäß DIN 4140 (Fassung 2005) befindet sich der Standort in keiner Erdbebenzone. Der Bemessungsbeiwert der Bodenbeschleunigung a_g für das Bemessungserdbeben (Erdbebenfall 2) von 4% der Erdbeschleunigung ($a_{gR} > 0,4 \text{ m/s}^2$ bzw. $I_{Ref} > 6,25$) wird damit nicht überschritten. Somit wird keine Beurteilung der Erdbebengefahr für die Stauanlage erforderlich.“

6.5 Risikobetrachtung TO 16/Extremereignis M10

6.5.1 Wasserdruck und Strömungsdruck bei Extremeinstau

Es wird der Stauspiegel bei Kronenstau (liegt auf der sicheren Seite) oder bei einem extremen Niederschlagsereignis PMF (probable maximum flood) betrachtet.

Kronenstau TO 16:	153,00 m NHN
Einstau bordvoll M 10:	151,53 m NHN und damit Einwirkung der Gruppe 1, da $< Z_{H2}$
Potenzial Luftseite:	Is Dammfuß bzw. Wasserspiegel Graben M10

Diese Bemessungssituation wird für TO 16 zusätzlich im Rahmen einer Restrisikoabschätzung untersucht. Die Mindestforderung für die Teilsicherheitsfaktoren (TSF) beträgt bei diesem Nachweis $\gamma = 1,0$.

6.5.2 Überschreitung des Bemessungserdbebens

Gemäß [48] braucht für den Standort HRB Straußfurt die BS Erdbeben nicht betrachtet zu werden.

6.6 Bemessungssituationen

Auf Grundlage der DWA-M 542 [23] werden die für das Absperrbauwerk zu untersuchenden Bemessungssituationen festgelegt. Tabelle 2 zeigt die den Bemessungssituationen zugeordneten Einwirkungen.

Tabelle 2: Bemessungssituationen bei Staudämmen nach DWA-M 542 [23]

Einwirkungen	Bemessungssituationen im GZT										
	BS-P			BS-T			BS-A			BS-E	
	P.1	P.2	P.3	P.4	T.1	T.2	T.3	A.1	A.2	A.3	E.1
Ständige Einwirkungen											
Eigengewicht, Erddruck, Überschüttung	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Veränderliche Einwirkungen											

Verkehrslast	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Wasserdruck und Strömungskraft bei Z_s												x
Wasserdruck und Strömungskraft bei Z_v	X						x		x	x		
Wasserdruck und Strömungskraft bei Teils- tau		x										
Wasserdruck und Strömungskraft bei Z_{H1}					x							
Wasserdruck und Strömungskraft bei Z_{H2}									x			
Wasserdruck und Strömungskraft infolge betriebl. Stauspiegelabsenkung aus Z_s					x							
Wasserdruck und Strömungskraft infolge schnellstmögl. Stauspiegelabsenkung aus Z_v							x					
außerplanmäßige Betriebs- und Belas- tungszustände, Bauzustände								x				
außergewöhnliche Einwirkungen/Zu- stände												
Einwirkungen infolge Ausfall oder einge- schr. Wirkung von Sicherungselementen (Dichtungszone/Dränage etc.)										x		
Berücksichtigung ungünstiger Material- kennwerte											x	
Einwirkungen infolge Erdbeben												
Bemessungserdbeben												x

Die Untersuchungen zur Risikobetrachtung müssen nicht, können aber mittels Berechnungen erfolgen.

6.7 Tragwiderstandsbedingungen

6.7.1 Vorbemerkung

Verschiedene Tragwerkszustände werden durch Kennwerte und die Wirkung baulicher Einrichtungen als Tragwiderstandsbedingungen definiert.

6.7.2 Kennwerte

Im Anhang 3 sind die festgelegten Berechnungskennwerte für die Tragwiderstandsbedingungen A und C enthalten.

6.7.3 Wirkung baulicher Einrichtungen

Bei der Tragwiderstandsbedingung A (wahrscheinliche Bedingungen) wird davon ausgegangen, dass alle baulichen Einrichtungen voll wirksam sind.

Für die Tragwiderstandsbedingung C (unwahrscheinliche Bedingungen) werden Kennwerte nach Anhang 3 verwendet (nur relevant TO 16) oder der Ausfall einer baulichen Einrichtung untersucht. Ein Bauteilversagen wird nicht relevant.

6.8 Projektbezogene Bemessungssituationen

Aus der Kombination von Einwirkungen und Tragwiderstandsbedingungen ergeben sich die Bemessungssituationen. Für die Bemessungssituationen gelten unterschiedliche Sicherheitsanforderungen. In der folgenden Tabelle 3 sind die für das HRB zu untersuchenden Bemessungssituationen aufgeführt.

Tabelle 3: projektspezifische Bemessungssituationen für die GZT

Einwirkungen	Bemessungssituationen im GZT						
	BS-P		BS-T		BS-A		BS-R ⁵⁾
	P.1	P.2	P.3	T.1	T.2	A.1	R.1
Ständige Einwirkungen							
Eigengewicht, Erddruck, Überschüttung	x	x	x	x	x	x	x
Veränderliche Einwirkungen							
Verkehrslast	x	x		x	x	x	
Wasserdruck und Strömungskraft bei leerem Becken ¹⁾		(x)			x	Ws	
Wasserdruck und Strömungskraft bei Z _v	x					Ls	
Wasserdruck und Strömungskraft bei Z _{H1}					x ⁴⁾		
Wasserdruck und Strömungskraft bei Z _{H2}					x ⁴⁾		
Wasserdruck und Strömungskraft infolge schneller Stauspiegelabsenkung aus Z _v ²⁾		(x)					
außerplanmäßige Betriebs- und Belastungszustände, Bauzustände					x		
Außergewönl. Einwirkungen/Zustände							
Berücksichtigung ungünstiger Materialkennwerte			x ³⁾			x	
Risikobetrachtung (BS-R)							
Kronenstau Z _k			x ³⁾				x

Anmerkungen zu Tabelle 3:

¹⁾ Der Nachweis Vollstau auf der Luftseite deckt den Zustand leeres Becken luftseitig mit ab (Kennwerte TWB A und C). In der BS-A.2 wird für ein leeres Becken/Wasserseite die Böschungsbruchsicherheit bei Kennwerten der TWB A und C untersucht

²⁾ Es darf der Wasser- und Strömungsdruck bei Stauziel Z_v (entspricht dem Vollstau) angesetzt werden,

³⁾ BS-P.3 Abschieben Damm im Kronenstau bzw. bordvoll (M10) deckt alle übrigen BS mit ab.

⁴⁾ BS-T.1 deckt die BS-A mit ab, da Stauziel identisch ist

⁵⁾ Risikobetrachtung wird nur für Stauanlagen definiert, ersatzweise wird für M10 der Einstau bordvoll untersucht.

GZT: Grenzzustände der Tragfähigkeit

6.9 Nachweise

6.9.1 Vorbemerkung

Die zu führenden Nachweise sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Nachweise, die offensichtlich nicht maßgebend sind, da sie durch höhere Bemessungsfälle abgedeckt sind, werden nicht geführt. Dies gilt insbesondere, wenn für Lastfälle der Bemessungssituationen T und A die Sicherheitskriterien der Bemessungssituationen P bzw. T erfüllt werden.

6.9.2 Nachweise der Tragsicherheit

Zum Nachweis der Tragsicherheit sind folgende Nachweise zu führen:

- Böschungs- und Grundbruchsicherheit maßgebender Gleitkörper
- Gleit- und Spreizsicherheit in der Aufstandsfläche des Dammes
- Kippsicherheit
- Überflutungssicherheit
- Setzungserwartung (nur neue Dämme)

6.9.2.1 Böschungs- und Grundbruchsicherheit

Die in den Nachweisen der Böschungs- und Grundbruchsicherheit einzubeziehenden Berechnungslastfälle und dabei zu berücksichtigende Dammbereiche (Wasser- und/oder Luftseite) sind in Tabelle 4 aufgeführt. Die Untersuchung der Grundbruchsicherheit wird im GGU-stability dadurch abgedeckt, dass durch einen hinreichend tief eingestellten Suchbereich auch tiefe Gleitkreise mit erfasst werden.

6.9.2.2 Gleit- und Spreizsicherheit

Die Nachweise der Gleit- und Spreizsicherheit erfolgen zuerst für ungünstigste Verhältnisse am Böschungsdreieck unter Ansatz einer Bruchfigur nach JANBU für den Dammfußbereich. Wenn die Sicherheit für die ungünstigen Fälle hinreichend ist, wird geprüft ob damit Berechnungen für andere BS entfallen können (siehe Tabelle 5).

6.9.2.3 Kippsicherheit

Für Dämme nicht relevant

6.9.2.4 Überflutungssicherheit

- siehe 3.2.3 -

6.9.2.5 Setzungserwartung

Auf einen Setzungsnachweis des Dammes M 10 kann verzichtet werden, da die Bestandsdauer bereits mehrere Jahrzehnte beträgt. Für den Damm TO 16 wird der Nachweis wie oben beschrieben geführt (s. TÜRKE [42]).

6.9.2.6 Nachweise der Gebrauchstauglichkeit

Zum Nachweis der Gebrauchstauglichkeit sind folgende Nachweise zu führen, die in 3.3 beschrieben sind:

- Bestimmung der Lage der Sickerlinie
- Bestimmung der Sickerwassermengen
- Erosions- und Suffosionsstabilität des Dammes und Untergrundes
- NW hydraulische Grundbruch- bzw. Auftriebssicherheit
- Setzungen

6.9.3 Nachweise im Überblick

Tabelle 4: Zusammenstellung der zu führenden Nachweise

Berechnungslastfall	Tragsicherheit		Spreizsicherheit	Gebrauchstauglichkeit	
	Böschungsbruchsicherheit	Gleitsicherheit in der Gründungssohle		Hydraulische Sicherheit u. Erosionsstabilität	Überflutungssicherheit ¹⁾
	Wasserseite	Luftseite			
BS-P.1 (Z _V)	x	x	x	x	-
BS-P.2 (schn. Absenkung)	x	-	-	-	-
BS-P.2 lokales Gleiten	x	-	-	-	-
BS-P.3 Abschieben Damm	-	-	x	-	-
BS-T.1 (Z _{H1/H2})	-	x	x	x	-
BS-T.2 (max. Verk.-Last)	-	x	-	-	-
BS-A.1 (Kennwerte C) ²⁾	x	x	x	-	-
BS-R.1 (Kronenstau) ³⁾	-	x	x	x	-

¹⁾ Nachweis TO 16 im Rahmen eines Freibordnachweises bereits erfolgt (s.o.)

²⁾ Kennwerte TWB C gelten nur für TO 16

³⁾ ersatzweise Einstau bordvoll für M10

7 Berechnungsverfahren, Berechnungsprogramme

7.1 Berechnungsprogramme im Überblick

Tabelle 5: Eingesetzte Software für die Tragsicherheitsberechnungen

Programmsystem	Kurzbeschreibung	Version
GGU-2D-SS-FLOW	Berechnung von stationären Grundwasserströmungen in zweidimensionalen Grundwassersystemen nach der FEM	11.16 vom 09.08.2022
GGU-2D-TRANSIENT	Berechnung von instationären Grundwasserströmungen nach der FEM auf der Grundlage eines mit GGU-2D-SS-FLOW berechneten Grundwassersystems, Darstellung Ergebnisse: GGU-PLGW	7.08 vom 27.03.2023
GGU-PLGW	Ergebnisdarstellung aus instationären Berechnungen	8.12 vom 14.08.2023
GGU-STABILITY	Böschungsbruchberechnungen	14.11 vom 27.09.2023
GGU-UPLIFT	Auftriebsnachweise und Nachweis der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch	7.02 vom 09.03.2023

7.2 Hydraulische Sicherheit

Die Sickerlinienbestimmung und die Bestimmung der Potenzialverteilung im Damm und im Untergrund erfolgt mit dem Programm GGU-2D-SS-FLOW, Version 11.16 der Gesellschaft für Grundbau und Umwelttechnik (GGU) auf der Grundlage einer hinreichend feinen Vernetzung mit Finiten Elementen im zweidimensionalen System. Erläuterungen sind dem Programmhandbuch zu entnehmen (auf der Webseite von GGU zugänglich).

Für den Fall der schnellstmöglichen Wasserspiegelabsenkung – hier entbehrlich – wird zur Bestimmung der zeitabhängigen Entwicklung des Aufbaues der Sickerlinie und der zeitabhängigen Potenzialströmung eine instationäre Potenzialströmungsberechnung mit dem Programm GGU-TRANSIENT, Version 7.08 durchgeführt. Mit dem Programm GGU-TRANSIENT sind instationäre Potenzialströmungsberechnungen möglich. Mit GGU-PLGW wird ein momentaner Zustand (Absenkung erreicht den Böschungsfuß) ausgewertet.

Der Nachweis der Erosionssicherheit und der Suffosionssicherheit erfolgt ggf. analytisch nach BURENKOVA [39] bzw. WAPRO 4.04 [43] (geometrisches Kriterium der Suffosionssicherheit anhand der Kornverteilung). Auf den Nachweis des hydraulischen Kriteriums der Suffosionssicherheit kann verzichtet werden, wenn das geometrische Kriterium nachgewiesen werden kann. Genauso ist der Nachweis des geometrischen Kriteriums nicht notwendig, wenn entweder die hydraulischen Gradienten $i \approx 0,1$ nicht überschreiten oder wenn die Kornverteilung z.B. bei Stetigkeit nach MSD [38] einen U-Wert von $U \leq 8$ ergibt. Ebenfalls besteht Suffosionssicherheit bei bindigen Böden, wenn der Feinstkornanteil $d_{<0,002\text{mm}} \geq 10 \%$ beträgt.

7.3 Böschungs-, Gleit- und Grundbruchsicherheit

Die Nachweise erfolgen auf der Grundlage von Gleitkreisberechnungen nach dem Lamellenverfahren mit dem Programm GGU-STABILITY, Version 14.11. Die Porenwasserdrücke werden aus den Potenzialströmungsberechnungen mit GGU-2D-SS-FLOW bzw. GGU-PLGW direkt in die Berechnungen zur Böschungsbruchsicherheit übernommen. Weitere Erläuterungen sind der Programmdokumentation zu entnehmen.

Zur Berechnung der Böschungsbruchsicherheit auf kreisförmigen Gleitflächen werden hinreichend viele Mittelpunkte und Radien zur Ermittlung der maßgebenden Gleitfläche untersucht. Es erfolgt eine Unterteilung in mindestens 50 Lamellen für jeden Gleitkörper.

Es werden die ungünstigsten Gleitkörper untersucht. Wenn erforderlich, werden neben dem global ungünstigsten Gleitkörper noch Sicherheitsbeiwerte lokaler böschungspareller Gleitkörper ermittelt.

7.4 Spreizsicherheit

Die Berechnung der Spreizsicherheit erfolgt mittels GGU-Stability, am Böschungsdreieck im Dammfußbereich unter Ansatz einer Bruchfigur nach JANBU.

Es wird die Gleitsicherheit am Böschungsfuß nachgewiesen. Die Nachweise werden für Kennwerte der TWB A und C (nur für TO16) geführt.

7.5 Setzungen und Rissicherheit

Auf eine Setzungsberechnung für M 10 kann verzichtet werden (s.o.).

Die Setzungsberechnung TO 16 erfolgt nach DIN 4019 [4], erläutert in Türke [42] am vertikalen ebenen Querschnitt. In die Berechnungsformel gehen als Faktor sogenannte „direkte Setzungseinflusszahlen f_0 “ nach GRASSHOFF und KANY ein, die aus einer Zahlentafel [42] abgelesen werden und linear interpoliert werden. Dabei wird der Damm als unendlich lange Streifenlast gewertet.

7.6 Dauerhaftigkeit

Der Nachweis der Dauerhaftigkeit erfolgt durch den Nachweis einer hinreichenden Erosions- und Sufosionssicherheit und einer laufenden Dammb Beobachtung und Dammpflege insbesondere nach Hochwasserereignissen.

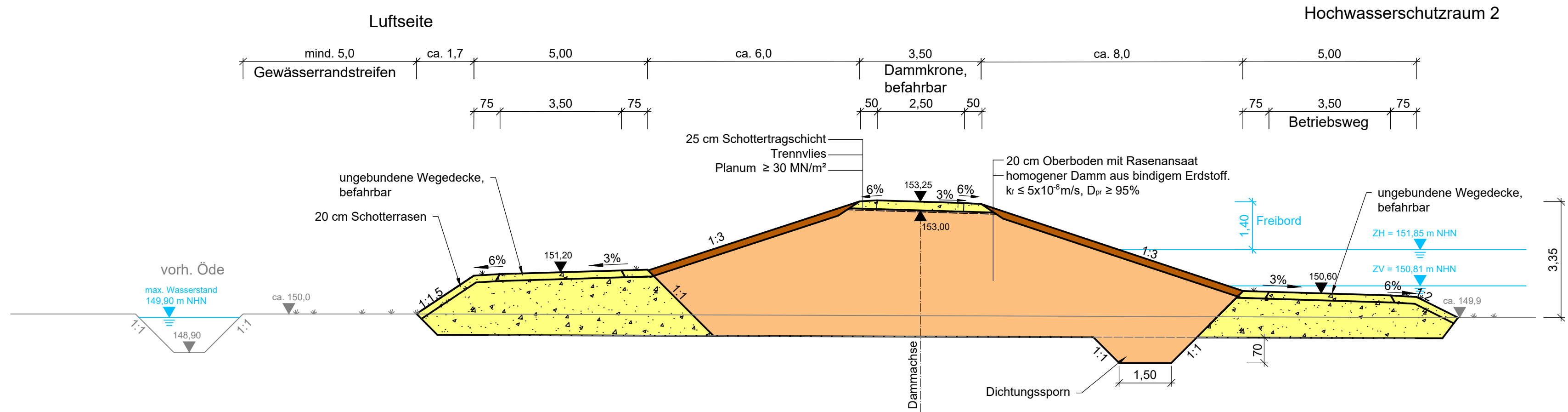
8 Dokumentation der Ergebnisse

Die Dokumentation der Standsicherheitsnachweise erfolgt in einem Bericht. Das vorliegende Lastenheft wird als Anhang Bestandteil dieses Berichtes. Darüber hinaus gehende Annahmen werden im Bericht zusätzlich erläutert. Berechnungsgänge und Berechnungsmodelle einschließlich der vorgenommenen Idealisierungen werden nachvollziehbar dargestellt.

Die Berechnungsergebnisse und Nachweise werden kommentiert und bewertet.

Anhang 1 Berechnungsquerschnitt Schutzdamm Schwerstedt

Schutzdamm Schwerstedt

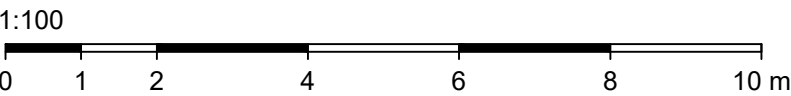


Legende:

- Oberboden mit Rasenansaat
- Dammbaumaterial
- Material, durchlässig

Grundlagen der Darstellung:

Vermessung: Vermessungsbüro Schröder, Ilfeld, 07/2017
Tractebel Hydroprojekt GmbH, Weimar, 07/2023
Baugrundgutachten: wird nachgereicht
Leitungsbestand Abfrage: Tractebel Hydroprojekt GmbH, Weimar, 07/2023



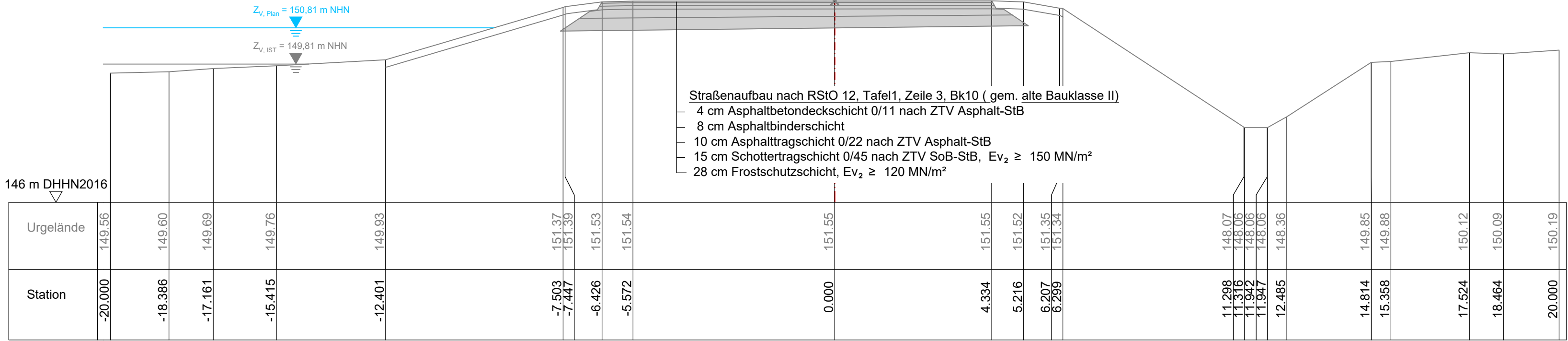
Lagebezug: ETRS89
Höhenbezug: Höhe DHHN 2016 (m NN) = Höhe lokal (m NN) - 0,028

Index	Datum	Name	Bezeichnung
Auftraggeber:		Planfreigabe: Erfurt, den 05.12.2023	
 Thüringer Fernwasserversorgung Mehr als reines Wasser		 I. V. Dr. Michael Sabrowski Leiter Stauanlagenmanagement  I. V. Detlef Hogh Projektingenieur	
		Anstalt des öffentlichen Rechts Haarbergstraße 37 99097 Erfurt	
Planer:			
 		 Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH Rießnerstraße 18 99427 Weimar Tel. 03643 746-302 Fax 03643 746-435 E-Mail hydroprojekt-we@tractebel.engie.com	
Projekt/ Vorhaben:			
Erweiterung und Instandsetzung		Name	Datum
Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt		Bearbeitet	Volmer 08.11.2023
		Gezeichnet	Körner 08.11.2023
		Geprüft	Köhler 08.11.2023
		Gesehen	Schaarschmidt 08.11.2023
Darstellung:			
TO16 - Maßnahmen Schwerstedt			
Schutzdamm: Regelprofil			
Planungsphase:		Vorplanung	
		TS-Register-Nr.: 030	
Auftrags-Nr.:	Unterlagen-Nr.:	Plan-Nr.:	Maßstab:
2300895		TO16-4.1	1:100
Dateiname: 3492_02_TO16_2-4_RP_231106.dwg			

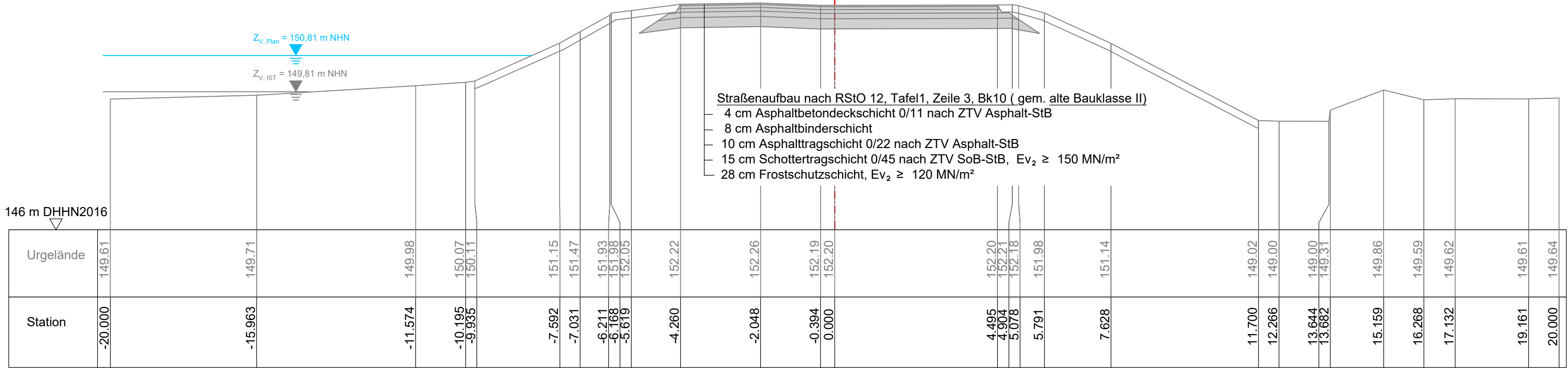
Anhang 2

Berechnungsquerschnitt Damm B4 bei Gebesee

Querprofil bei km 0+120.000

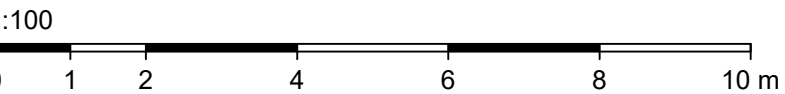


Querprofil bei km 0+240.000



Grundlagen der Darstellung:

Vermessung: Vermessungsbüro Schröder, Ilfeld, 07/2017
Tractebel Hydroprojekt GmbH, Weimar, 12/2023
Baugrundgutachten: Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH, 01/2024
Leitungsbestand Abfrage: Tractebel Hydroprojekt GmbH, Weimar, 07/2023



Lagebezug: ETRS89
Höhenbezug: Höhe DHHN 2016 (m NHN) = Höhe lokal (m NN) - 0,028

Index	Datum	Name	Bezeichnung

Auftraggeber: Planfreigabe: Erfurt, den



Thüringer Fernwasserversorgung
Mehr als reines Wasser

Anstalt des öffentlichen Rechts
Haarbergstraße 37 99097 Erfurt

Planer:



Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt
c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH
Rießnerstraße 18
99427 Weimar
Tel. 03643 746-302 Fax 03643 746-435
E-Mail hydroprojekt-we@tractebel-engie.com

Projekt/ Vorhaben:		Name	Datum
Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt	Bearbeitet	Volmer	27.05.2024
	Gezeichnet	Körner	27.05.2024
	Geprüft	Köhler	27.05.2024
	Gesehen	Schaarschmidt	27.05.2024

Darstellung: M10 - Auswirkung auf B4 vor Ortslage Gebesee Querprofile - B4 Bestand Stationen 0+120 und 0+240			
Planungsphase: Entwurfs-/Genehmigungsplanung		TS-Register-Nr.: 030	
Auftrags-Nr.: 2400473	Unterlagen-Nr.: Teil D, Unterlage 1	Plan-Nr.: M10-4.1	Maßstab: 1:100
Dateiname: 3492_03_M10_QP_Bestand_240517.dwg			

Anhang 3 Erdstatische Berechnungskennwerte

Bezeichnung der Schichten	Wichte des feuchten Bodens γ [kN/m ³]		Wichte des Bodens [kN/m ³] unter Auftrieb γ'		Reibungswinkel φ [°]		Kohäsion c [kN/m ²]		Durchlässigkeit (Mittelwerte) [m/s]		Porenzahl n_{eff}	Speicher- koeffz. S_0 [1/m]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
Tragwiderstands- bedingung	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A-C	A-C	A/C
Dammbaustoffe Bestand bzw. Planung													
0b) Wegbefestigung Bestand	20,0	19,0	12,0	11,0	35,0	33,0	0	0	1*10E-2	5*10E-4	0,15	2*10E-4	100
1) ws Dichtung	19,0	19,0	11,0	11,0	28,0	15,0	11	20	1*10E-7	1*10E-7	0,10	1*10E-3	9
1a) Schotter/Filterkies	24,2	24,2	14,2	14,2	34,0	34,0	0	0	8*10E-4	8*10E-4	0,20	2*10E-4	40
2) Stützkörper Bestand	20,0	19,0	11,0	10,0	30,0	25,0	5	0	1*10E-7	1*10E-7	0,20	2*10E-4	25
3) Auffüllg. (ehem. Gewässer)	19,0	19,0	11,0	11,0	20,0	20,0	10	10	6*10E-11	6*10E-11	0,05	5*10E-4	20
7) Drainageprisma Ls Bestand	21,0	21,0	11,0	11,0	30,0	30,0	0	0	1*10E-3	2*10E-5	0,20	2*10E-4	50
8) ws Anschüttung Bestand	18,0	18,0	8,0	8,0	25,0	25,0	0	0	1*10E-4	1*10E-4	0,05	5*10E-4	-
9) Asphalt/Beton	25,0	25,0	15,0	15,0	35,0	33,0	100	50	1*10E-9	1*10E-9	0,05	5*10E-4	-
10) Damm neu TL-TM(ST*)	20,0	20,0	10,0	10,0	27,5	25,0	8	5	1*10E-8	1*10E-8	0,05	5*10E-4	8
11) Auflastschüttung ls rechts	21,0	21,0	11,0	11,0	30,0	30,0	0	0	1*10E-3	1*10E-3	0,20	2*10E-4	-
12) Wege/Berme GI-GW neu	21,0	21,0	13,0	13,0	35,0	33,0	1	1	5*10E-4	5*10E-4	0,20	2*10E-4	60
13) Sickerfuß neu Kies	19,0	19,0	11,0	11,0	35,0	33,0	0	0	1*10E-3	2*10E-5	0,20	2*10E-4	30
14) Straßendamm B4	21,0	21,0	11,0	11,0	35,0	35,0	1	1	5*10E-4	5*10E-4	0,20	2*10E-4	60
Untergrund													
3a) Auffüllung UL/UM-TL/TM	19,5	18,5	10,0	9,0	27,5	22,5	5	0	1*10E-9	1*10E-9	0,05	5*10E-4	20
3b) [SU-ST*-GU/SU*/GT*]	21,0	20,0	11,0	10,0	32,0	27,5	2	0	1*10E-6	1*10E-7	0,05	5*10E-4	50
4) Auelehm undifferenziert	19,5	18,5	10,0	9,0	24,0	17,0	15	0	1*10E-10	1*10E-10	0,05	5*10E-4	5
4a) Auelehm UL-TM	19,5	18,5	10,0	9,0	27,5	22,5	5	0	1*10E-10	1*10E-10	0,05	5*10E-4	20
4c) Auelehm UA-TA/OU-OT	17,0	16,0	7,0	6,0	20,0	15,0	10	0	1*10E-10	1*10E-10	0,05	5*10E-4	10
5) Unstrutschotter bzw. Aquifer aus Sand	21,0	19,0	12,0	11,0	35,0	30,0	2	0	1*10E-5	1*10E-5	0,20	2*10E-4	100
6) Keupermergel/Merg.-Stein	20,0	18,0	11,0	10,0	25,0	20,0	10	0	1*10E-7	1*10E-7	0,05	4*10E-4	25
sonstiges													
15) Oberboden/Grasnarbe alt	18,0	17,0	8,0	7,0	25,0	23,0	2	1	1*10E-6	1*10E-6	0,20	5*10E-4	3
16) Oberboden/Grasnarbe neu	18,0	17,0	8,0	7,0	27,5	25,0	5	3	1*10E-6	1*10E-6	0,20	5*10E-4	3

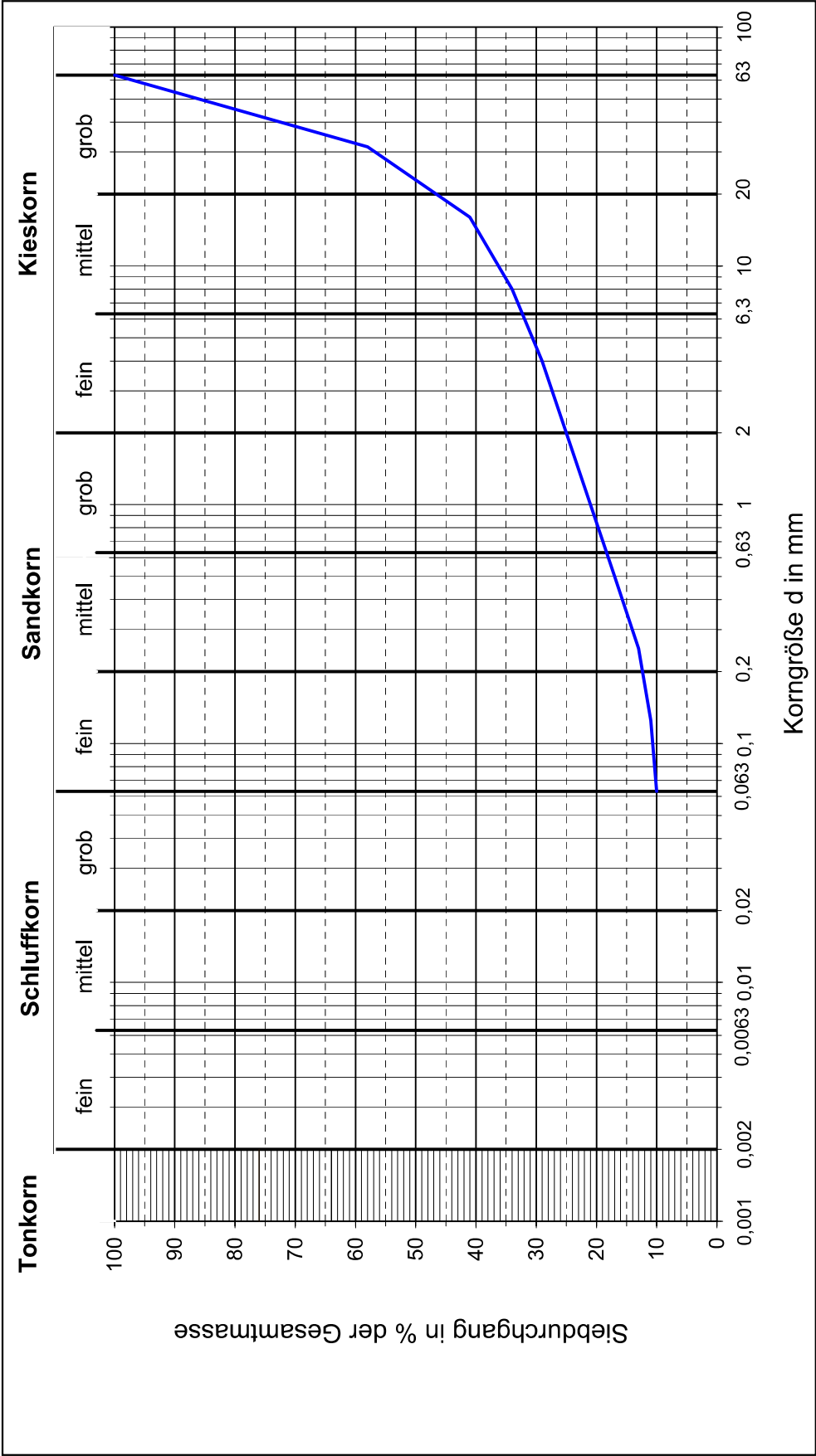
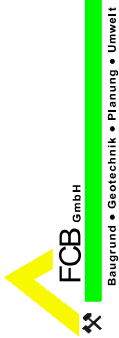
Die Schichten 15 und 16 werden in den Tragsicherheitsberechnungen Damm z.T. vereinfachend nicht angesetzt bzw. im Modell der benachbarten Schicht zugeschlagen.

Anhang 4 Kornverteilungen (Auswahl)

Korngrößenverteilung

Auftrags-Nr.: O-20230191
Auftraggeber : GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH
Objekt : HRB Straußfurt

Datum :



Bohrloch/Schurf - Nr. : BS 49
Labornummer : 119123
Probennummer : Probe 4
Entnahmetiefe [m] : 0,48 - 0,62

Lockergestein n. DIN 4022 :
Lockergestein n. DIN 18196 :
U=d60/d10 :
C=(d30)²/d10*d60 :
Durchl.-Beiwert k [m/s] :

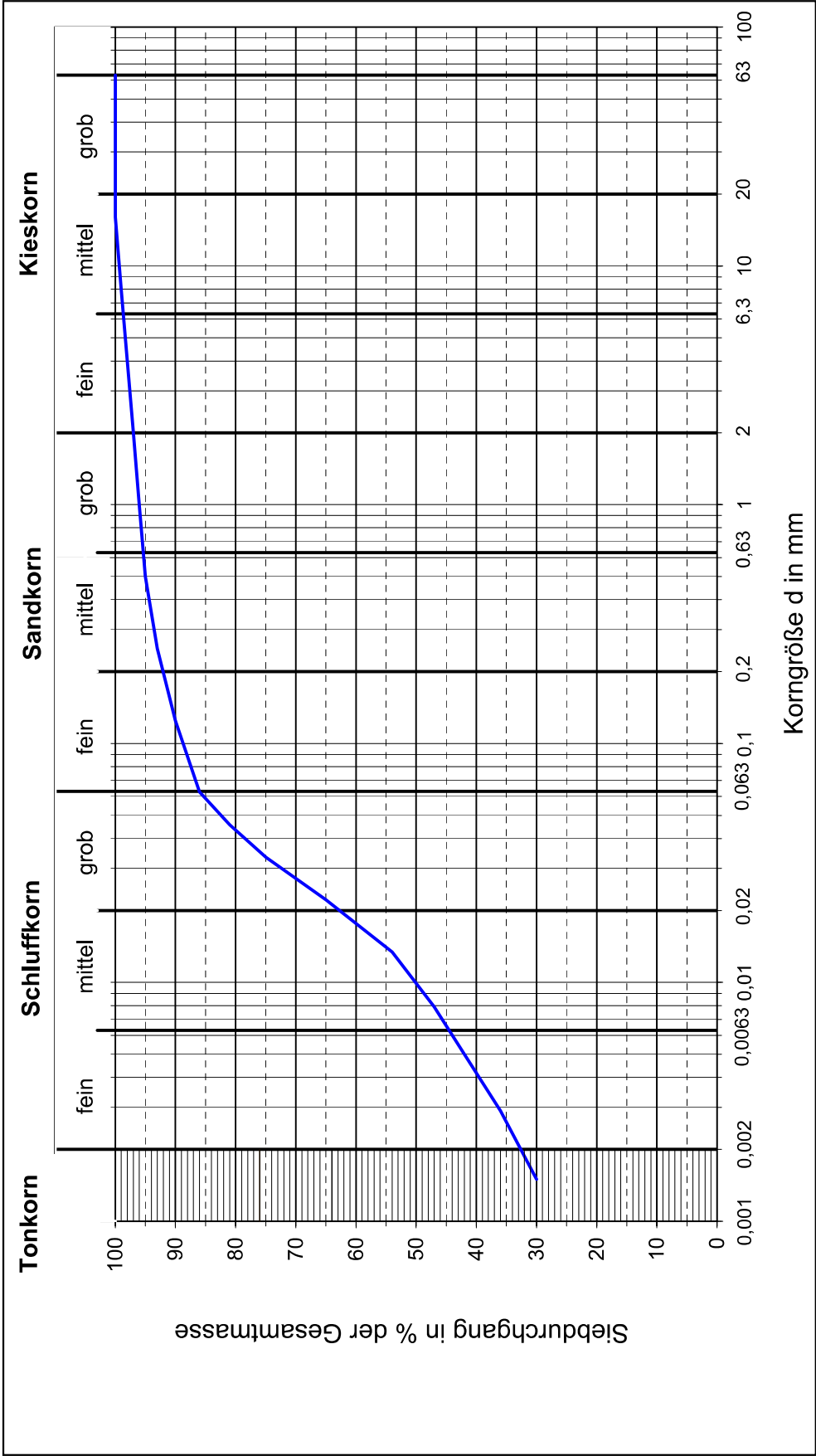
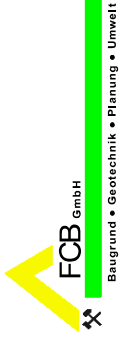
gG,mg,s,u',fg'
[GU]
10,3
2,4E-03

Anlage

Korngrößenverteilung

Auftrags-Nr.: O-20230191
Auftraggeber : GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH
Objekt : HRB Straußfurt

Datum :



Bohrloch/Schurf - Nr. : BS 18
Labornummer : 119623
Probenummer : Probe 5
Entnahmetiefe [m] : 2,40 - 3,00

Lockergestein n. DIN 4022 :
Lockergestein n. DIN 18196 :
U=d60/d10 :
C=(d30)²/d10*d60 :
Durchl.-Beiwert k [m/s] :

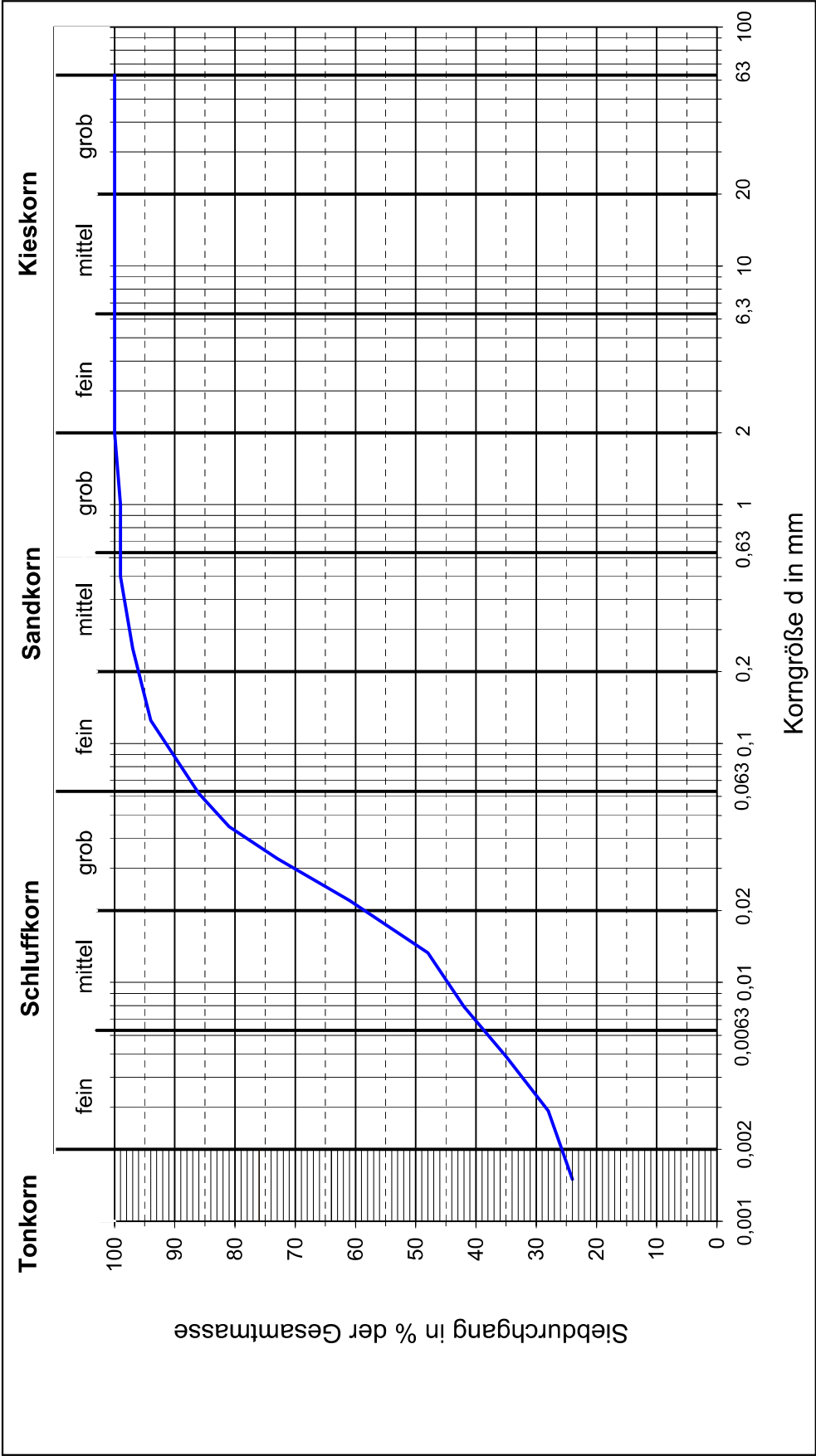
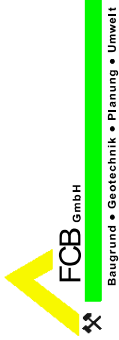
U_t⁺, s'
TM

aus KV nach Anlage

Korngrößenverteilung

Auftrags-Nr.: O-20230191
Auftraggeber : GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH
Objekt : HRB Straußfurt

Datum :



Bohrloch/Schurf - Nr. : BS 45
Labornummer : 120423
Probennummer : Probe 3
Entnahmetiefe [m] : 1,50 - 2,30

Lockergestein n. DIN 4022 : U,t,fs'
Lockergestein n. DIN 18196 : TL-TM
U=d60/d10 :
 $C=(d_{30})^2/d_{10} \cdot d_{60}$:
Durchl.-Beiwert k [m/s] :

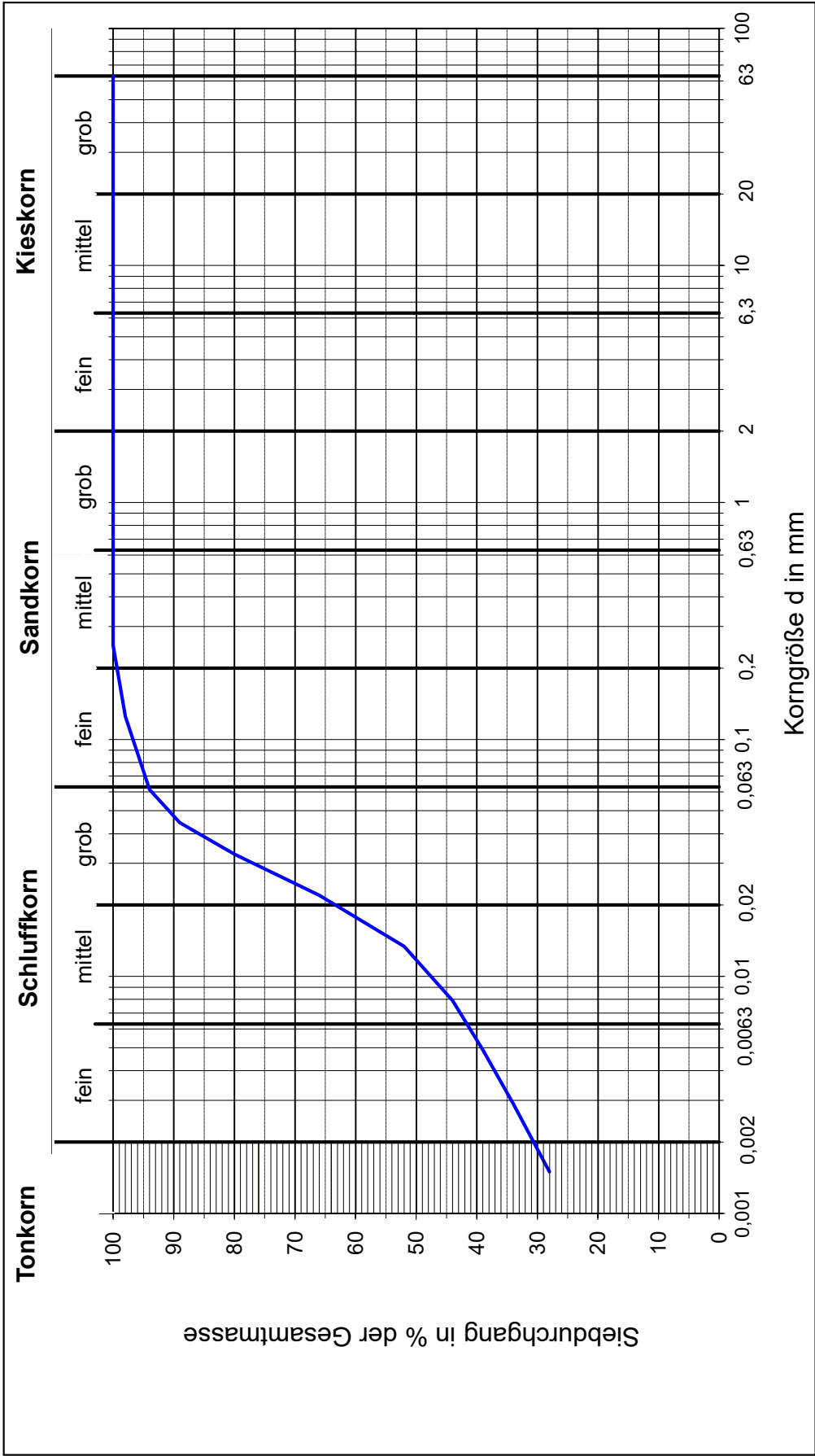
aus KV nach Anlage

Korngrößenverteilung

Auftrags-Nr.: O-20230191
Auftraggeber : GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH
Objekt : HRB Straußfurt



Datum :



Bohrloch/Schurf - Nr. : BS 26-1
Labornummer : 150423
Probennummer : MP 3+4
Entnahmetiefe [m] : 0,60 - 2,20

Lockergestein n. DIN 4022 : U_t*,fs'
Lockergestein n. DIN 18196 : UM-TM
U=d60/d10 :
C=(d30)²/d10*d60 :
Durchl.-Beiwert k [m/s] :

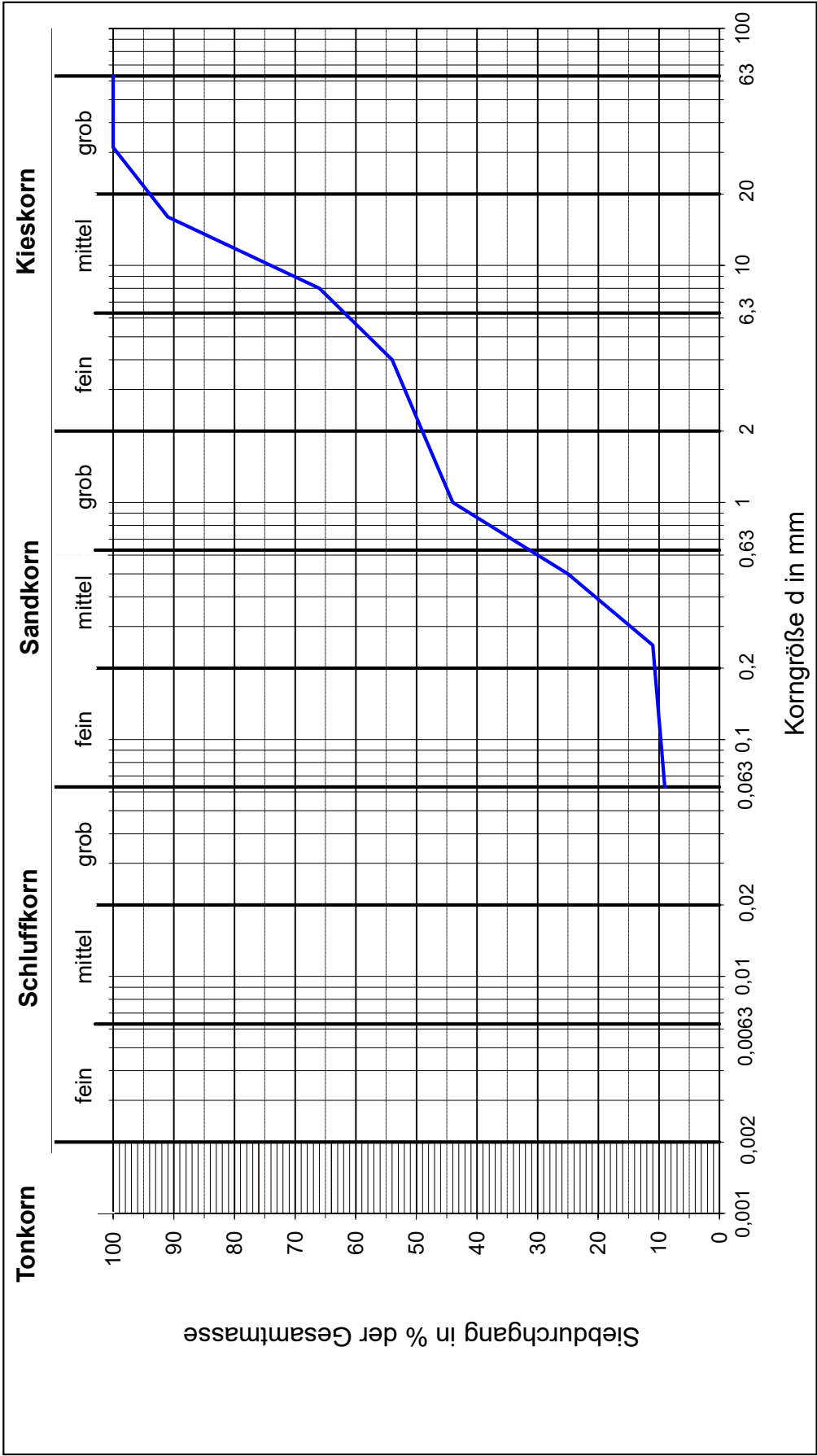
aus KV nach Anlage

Korngrößenverteilung

Auftrags-Nr.: O-20230191
Auftraggeber : GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH
Objekt : HRB Straußfurt



Datum :



Bohrloch/Schurf - Nr. : BS 47
Labornummer : 150823
Probenummer : Probe 5
Entnahmetiefe [m] : 3,80 - 6,00

Lockergestein n. DIN 4022 : G_s*, u'
Lockergestein n. DIN 18196 : GU
U=d₆₀/d₁₀ : 45,3
C=(d₃₀)²/d₁₀*d₆₀ : 0,5
Durchl.-Beiwert k [m/s] : 4,1E-04

Mallet

nach

aus KV

4,1E-04

Durchl.-Beiwert k [m/s]

3,80 - 6,00

Entnahmetiefe [m]

Probenummer

Labornummer

Bohrloch/Schurf - Nr.

3,80 - 6,00

Entnahmetiefe [m]

Durchl.-Beiwert k [m/s]

4,1E-04

4,1E-04

aus KV

nach

Mallet

Anlage

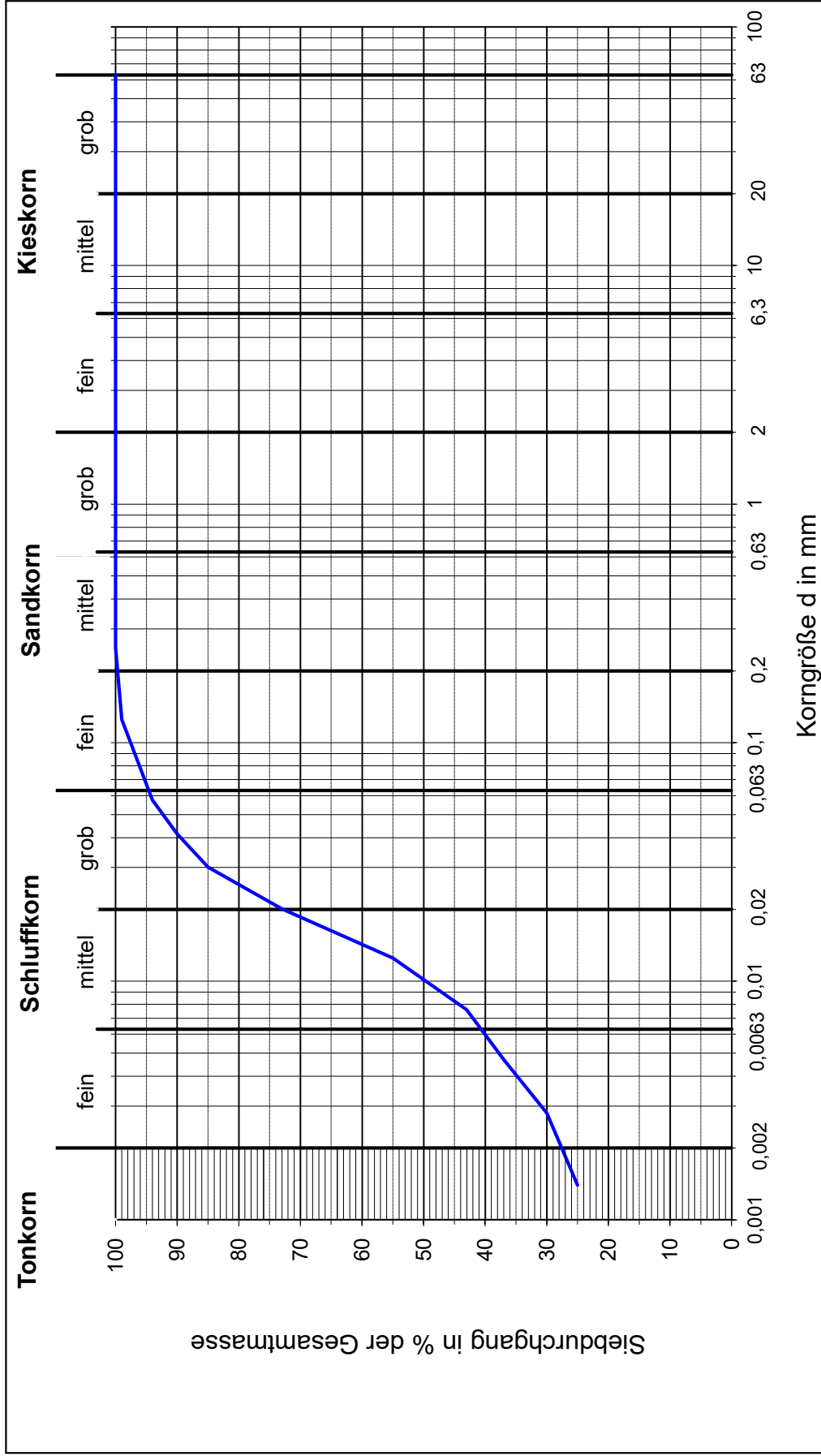
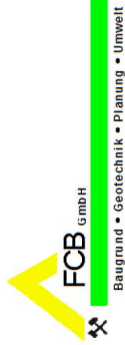
Korngrößenverteilung

Auftrags-Nr.: O-20230191

Auftraggeber : GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH

Objekt : HRB Straußfurt

Datum :



Bohrloch/Schurf - Nr. :

Labornummer :

Probennummer :

Entnahmetiefe [m] :

BS 37

151223

MP 5+6

1,60 - 4,40

Lockergestein n. DIN 4022 :

Lockergestein n. DIN 18196 :

U=d₆₀/d₁₀ :

C=(d₃₀)²/d₁₀*d₆₀ :

Durchl.-Beiwert k [m/s] :

U,t,fs'

TL

aus KV

nach

Anlage