

12.12.2024

## Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt

Teil B:  
Abschlussbauwerk (TO11)  
Erläuterungsbericht

Entwurfs- und Genehmigungsplanung



Blick vom Tosbecken auf das Abschlussbauwerk

**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 B:**  
**Abschlussbauwerk (TO11)**  
Erläuterungsbericht

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. Stefan Buhr

Weimar, 12.12.2024

Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt

  
Lars Schaarschmidt  
Projektleiter

  
Stefan Buhr  
stellv. Projektleiter

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Projektübersicht und Aufbau der Fachplanung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Bestehende Verhältnisse Abschlussbauwerk (Teilobjekt 11)</b>	<b>3</b>
2.1	Örtliche Verhältnisse am Teilobjekt	3
2.1.1	Topografie und bestehende Nutzungen	3
2.1.2	Baugrund	4
2.1.2.1	Durchgeführte Baugrunduntersuchungen	4
2.1.2.2	Untergrundaufbau	4
2.1.2.3	Homogenbereiche	5
2.1.2.4	Grundwasser	7
2.1.2.5	Hinweise zu Gründung und Bauausführung	7
2.1.2.6	Erdbeben, Altbergbau und Altlasten	9
2.1.3	Schutzgebietskulisse	10
2.1.4	Überschwemmungsgebiete und Trinkwasserschutzgebiete	10
2.2	Allgemeine Angaben zum Teilobjekt (Bestand)	11
2.2.1	Technische Angaben	11
2.2.2	Untergrundabdichtung	12
2.2.3	Baulicher Zustand	13
2.2.4	Hydraulische Leistungsfähigkeit	13
2.2.5	Einlaufbereich	14
2.2.6	Auslaufbereich	14
2.2.7	Steuerbox	15
<b>3</b>	<b>Teilobjekt 11 – Art und Umfang des Vorhabens</b>	<b>16</b>
3.1	Zielstellung und Randbedingungen	16
3.1.1	Allgemeine Zielstellungen	16
3.1.2	Hydraulische Zielstellung	16
3.1.3	Betriebliche Randbedingungen	16
3.1.3.1	Teildauerstau	16
3.1.3.2	Bauzeitliches Hochwasser	16
3.1.3.3	Steuerung	17
3.1.3.4	Treibgut	17

3.1.3.5	Wasserkraft und Ökologische Durchgängigkeit	17
3.1.4	Naturschutzfachliche Randbedingungen	17
3.1.5	Vorhaben Dritter	17
3.2	Voruntersuchungen	19
3.2.1	Bauzustandsuntersuchung	19
3.2.2	Sicherheitsbericht / vertiefte Überprüfung	19
3.2.3	Untersuchungen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit	19
3.2.4	Machbarkeitsstudie zum Ersatzneubau Abschlussbauwerk TO11	20
3.2.5	Hydronumerische Modellierung	21
3.2.6	Vorüberlegungen	22
3.2.6.1	Nachweiskonzept Hochwassersicherheit und -schutz	22
3.2.6.2	Lastenheft	23
3.3	Variantenuntersuchung und Ableitung der Vorzugslösung	24
3.3.1	Vorzugsvarianten der Vorplanung	24
3.3.2	Ökobilanzierung Varianten Einbindekörper	25
3.4	Beschreibung der gewählten Lösung	29
3.4.1	Massivbau	29
3.4.1.1	Wehr	29
3.4.1.2	Flügel	29
3.4.1.3	Tosbecken	30
3.4.1.4	Wehrwangen am Tosbecken	30
3.4.1.5	Wehrbrücke	30
3.4.1.6	Gestaltung	31
3.4.1.7	Fugen	31
3.4.1.8	Betonbauqualitätskonzept	32
3.4.2	Verkehrsanlagen	32
3.4.2.1	Trassierungsgrundsätze	32
3.4.2.2	Verkehrsbelastung	33
3.4.2.3	Zufahrten	33
3.4.2.4	Kranstellfläche	35
3.4.2.5	Verkehrsflächen auf Hauptdamm	35
3.4.2.6	Planum	35
3.4.3	Stahlwasserbau	35
3.4.3.1	Doppelhakenschütze	35
3.4.3.2	Dichtungssystem	37
3.4.3.3	Revisionsverschlüsse	38
3.4.3.4	Nischenausbildung	38
3.4.3.5	Maschinenrahmen	39
3.4.3.6	Bedien- und Zugangssteg der Wehranlage (Toßbecken, luftseitig)	39

3.4.3.7	Antriebstechnik	39
3.4.3.8	Detaillierte Beschreibung des Montage- und Herstellungsverfahrens	40
3.4.3.9	Korrosionsschutz	40
3.4.3.10	Gefährdungsbeurteilung	41
3.4.4	Kolkschutz	41
3.4.4.1	Gewässerprofil Unstrut	41
3.4.4.2	Oberwasserseitige Böschung Damm	42
3.4.5	Ausstattung	43
3.4.5.1	Treppen	43
3.4.5.2	Geländer am Bauwerk	43
3.4.5.3	Steuerbox	43
3.4.5.4	Lagerbox	44
3.4.5.5	Beleuchtung	44
3.4.5.6	Einfriedung	44
3.4.6	Technische Ausrüstung	44
3.4.7	Bauwerksüberwachung	44
3.4.7.1	Stauhöhe (hydrostatischer Wasserdruck): Pegellatte	44
3.4.7.2	Stauhöhe (hydrostatischer Wasserdruck): Pegelschacht	45
3.4.7.3	Abfluss unterstrom	45
3.4.7.4	Vertikalverschiebung	45
3.4.7.5	Sickerlinienmessung	45
3.4.7.6	Sickerwassermenge: Steinfußentwässerung	46
3.4.7.7	Überwachung Raumfuge	46
3.4.7.8	Grundwasserstandsmessung	46
3.4.7.9	Sohlwasserdruckmessung	46
3.4.7.10	Baugrube und Wasserhaltung	47
3.4.7.11	Bauzeitliches Monitoring	47
3.4.8	Baugrube und Wasserhaltung	47
3.4.9	Erdbau und Abbruch	50
3.4.9.1	Aushub	50
3.4.9.2	Zwischenlager	50
3.4.9.3	Hinterfüllung	50
3.4.9.4	Wiederherstellung Hauptdamm	50
3.4.9.5	Abbrucharbeiten	51
3.4.9.6	Entsorgung	51
3.4.10	Umgang mit betroffener Infrastruktur und Schutzgütern	52
3.5	Standsicherheitsberechnungen	52
3.6	Weiterer Untersuchungsbedarf	52

3.6.1	Baugrund und Grundwasser	52
3.6.2	Proberammung und Probelastung	53
3.6.3	Verwertung und Entsorgung	53
3.6.4	Qualität	53
3.6.5	Anlagensicherheit	54
3.6.6	Sicherheits- und Gesundheitskoordinator	54
3.7	Baudurchführung und technologische Angaben	54
3.7.1	Betriebsbereitschaft des HRB während Bauzeit	54
3.7.2	Bauabschnitte/Bauablauf	54
3.7.2.1	Vorbereitende Maßnahmen	54
3.7.2.2	Bauabschnitt Süd (BA1)	55
3.7.2.3	Bauabschnitt Nord (BA2)	55
3.7.2.4	Abschließende Arbeiten	56
3.7.2.5	Bauzeit	56
3.7.3	Baustellenerschließung, Baustraßen und Lagerflächen	56
3.7.3.1	Baustellenerschließung	56
3.7.3.2	Lager- und Baustelleneinrichtungsflächen	56
3.7.4	Inbetriebnahme	57

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Übersicht Teilobjekte des Vorhabens (grün bereits abgeschlossen)	1
Abbildung 2:	Umfeld ABW	3
Abbildung 3:	Schutzgebiete im Umkreis des Vorhabens [104][105]	10
Abbildung 4:	Abschlussbauwerk, Querschnitt [62]	12
Abbildung 5:	Abschlussbauwerk, Längsschnitt [62]	12
Abbildung 6:	Einlaufbereich TO11 - ABW	14
Abbildung 7:	Auslaufbereich TO11 - ABW	15
Abbildung 8:	Steuerbox TO11-ABW (links) und Lagerort für Dammtafeln und Rechen (rechts)	15
Abbildung 9	Auszug aus Bedarfsplan B4 OU Straußfurt	18
Abbildung 10	Detail aus Bedarfsplan B4 OU Straußfurt (Rückbau gelber Abschnitt)	18
Abbildung 11:	Lebenszyklusphasen nach DIN EN 15643 (Quelle: Attitude Building Collective)	26
Abbildung 12:	3d-Bauwerksmodelle der Flügelwand-Varianten aus der Vorplanung [116]	26
Abbildung 13:	Vergleich Parameter GWP der einzelnen Vorplanungsvarianten Flügelwände [116]	27
Abbildung 14:	Aufteilung GWP für Beton C30/37 gemäß ÖKOBAUDAT in kg CO <sub>2</sub> e je Variante über die Lebenszyklusphasen A bis D [116]	27
Abbildung 15	Gewässerbett zwischen ABW und Brücke DB	42

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 2-1:	bestehende Leitungen Bereich TO11	4
Tabelle 2	Charakteristische Bodenkennwerte	5
Tabelle 3	Homogenbereiche nach DIN 18300 Erdarbeiten, DIN 18311 Nassbaggerarbeiten	6
Tabelle 4	Homogenbereiche nach DIN 18304 Ramm-, Rüttelarbeiten, Boden	6
Tabelle 5	Homogenbereiche nach DIN 18304 Ramm-, Rüttelarbeiten, Fels	7
Tabelle 3-1	Hochwassersicherheits- und Hochwasserschutznachweise Planzustand	22
Tabelle 3-2	Hochwassersicherheits- und Hochwasserschutznachweise Bauzustand	23
Tabelle 3-3	Bemessungswasserstände Planzustand	24
Tabelle 3-4	Bemessungswasserstände Bauzustand	24
Tabelle 3-5	CO <sub>2</sub> -Einsparpotenziale Flügelwand-Varianten	28
Tabelle 3-6:	bemessungsrelevante Parameter Mobilkran	32
Tabelle 3-7	Trassierungsparameter Bemessungsfahrzeuge	33
Tabelle 38:	Umgang mit betroffener Infrastruktur und Schutzgütern	52

## QUELLENVERZEICHNIS

### Technische Richtlinien (Normen und Vorschriften, in den jeweils aktuellen Fassungen)

[1]	DIN 19700-10: Stauanlagen – Teil 10: Gemeinsame Festlegungen, Juli 2004
[2]	DIN 19700-11: Stauanlagen – Teil 11: Talsperren, Juli 2004
[3]	DIN 19700-12: Stauanlagen – Teil 12: Hochwasserrückhaltebecken, Juli 2004
[4]	DIN 19702: Massivbauwerke im Wasserbau, 2013
[5]	DIN 19704-1: Stahlwasserbauten – Teil 1: Berechnungsgrundlagen
[6]	DIN 19704-2: Stahlwasserbauten – Teil 2: Bauliche Durchbildung und Herstellung
[7]	DIN 19704: Stahlwasserbauten – Teil 3: Elektrische Ausrüstung, 2014
[8]	DIN 19712: Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern, Januar 2013
[9]	DIN 19569-4: Kläranlagen - Baugrundsätze für Bauwerke und technische Ausrüstungen - Teil 4: Besondere Baugrundsätze für gehäuselose Absperrorgane
[10]	DIN 24537-3: Roste als Bodenbelag - Teil 3: Kunststoffgitterroste
[11]	DIN EN 1993-1-1: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
[12]	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)
- [13] DIN EN 1997-2:2010-10 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds
  - [14] DIN EN ISO 12944-i: Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme
  - [15] DIN EN ISO 13920: Schweißen - Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktionen - Längen- und Winkelmaße, Form und Lage
  - [16] DWA-Arbeitsblatt 904: Richtlinien für den ländlichen Wegebau, Oktober 2005
  - [17] DWA-Merkblatt 509 - Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung, Mai 2014
  - [18] DWA-Merkblatt 514: Bauwerksüberwachung an Talsperren, Juli 2011
  - [19] DWA-Merkblatt 522: Kleine Talsperren und kleine Hochwasserrückhaltebecken, Mai 2015
  - [20] DWA-Merkblatt 542: Nachweiskonzept mit Teilsicherheitsbeiwerten für Staudämme und Staumauern, Juli 2017
  - [21] DVWK (1991): Merkblatt zur Wasserwirtschaft - Mess- und Kontrolleinrichtungen zur Überprüfung der Standsicherheit von Staumauern und Staudämmen, Heft 222/1991
  - [22] DVWK (1997): Merkblätter zur Wasserwirtschaft – Freibordbemessung an Stauanlagen, Heft 246/1997
  - [23] Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat & Bundesministerium der Verteidigung: Baufachliche Richtlinien Kampfmittelräumung (BFR KMR): Arbeitshilfen zur Erkundung, Planung und Räumung von Kampfmitteln auf Liegenschaften des Bundes, 2018
  - [24] ZTV-W LB 218: Korrosionsschutz im Stahlwasserbau, 2009
  - [25] ZTV-W LB 219: Schutz und Instandsetzung der Betonbauteile von Wasserbauwerken, 2017
  - [26] RAS 06: Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2006
  - [27] RStO 12: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2012
  - [28] ZTV E-StB 17: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2017
  - [29] Richtzeichnungen für Ingenieurbauten (RiZ-ING), Bundesanstalt für Straßenwesen, Dezember 2023
  - [30] ZTV Asphalt-StB 07/13: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Dezember 2013



- [31] ASR A1.8: Technische Regeln für Arbeitsstätten – Verkehrswege, Bundesministerium für Arbeit und Soziales, März 2022
- [32] BAW-Merkblatt: Einsatz von nichtrostendem Stahl im Stahlwasserbau.
- [33] BAW-Merkblatt: Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen (GBB), Ausgabe 2010
- [34] BAW-Merkblatt: Anwendung von hydraulisch gebundenen Stoffen zum Verguss von Wasserbausteinen an Wasserstraßen (MAV), Ausgabe 2017
- [35] BAW-Liste der zugelassenen Systeme I (für Süßwasser, Im 1), 34. Ausgabe, 11/22
- [36] ZTV-ING: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, Oktober 2022.
- [37] BGR 181: Fußböden in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr
- [38] ZTV-Wegebau: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für den Bau von Wegen und Plätzen außerhalb von Flächen des Straßenverkehrs, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), Ausgabe 2022
- [39] Richtlinien für Planung, Bau und Instandhaltung von begrünbaren Flächenbefestigungen, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), Ausgabe 2018

#### **Rechtsgrundlagen (in den jeweils aktuellen Fassungen)**

- [40] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)
- [41] Die Eingriffsregelung in Thüringen – Anleitung zur Bewertung der Biotoptypen Thüringens
- [42] Die Eingriffsregelung in Thüringen – Bilanzierungsmodell
- [43] Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG)
- [44] Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG)
- [45] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG)
- [46] Raumordnungsgesetz (ROG)
- [47] Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (EU-Wasserrahmenrichtlinie – WRRL)
- [48] Richtlinie 2009/147/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten (EU-Vogelschutzrichtlinie – VogelSchRL)
- [49] Richtlinie 92/43/EWG des Rates zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie – FFH-RL)
- [50] Thüringer Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (Thüringer UVP-Gesetz – ThürUVPG)

- [51] Thüringer Gesetz zur Ausführung des Bundesnaturschutzgesetzes und zur weiteren landesrechtlichen Regelung des Naturschutzes und der Landschaftspflege (Thüringer Naturschutzgesetz – ThürNatG)
- [52] Thüringer Gesetz zur Pflege und zum Schutz der Kulturdenkmale (Thüringer Denkmalschutzgesetz – ThürDSchG)
- [53] Thüringer Wassergesetz (ThürWG)
- [54] Verordnung über die Vermeidung und die Kompensation von Eingriffen in Natur und Landschaft im Zuständigkeitsbereich der Bundesverwaltung (Bundeskompensationsverordnung – BKompV)
- [55] Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung - OGewV)
- [56] Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung - GrwV)
- [57] Verordnung zum Schutz wild lebender Tier- und Pflanzenarten (Bundesartenschutzverordnung – BArtSchV)
- [58] Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

## **Literatur**

- [59] Wagenbreth/Steiner: Geologische Streifzüge, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1982
- [60] Blind, Hans: Wasserbauten aus Beton, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften Berlin, 1987
- [61] Schmauß, G., Wickert, G.: Stahlwasserbau, Theorie, Konstruktive Lösungen, Spezielle Probleme, Springer Verlag, 1971.

## **Projektunterlagen**

- [62] m4 Ingenieure GmbH: Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt, Sicherheitsbericht zur vertieften Überprüfung, 03. Februar 2021
- [63] m4 Ingenieure GmbH: HRB Straußfurt – Vergrößerung des Hochwasserrückhalte-raums, 30. Juni 2020
- [64] INROS LACKNER SE: Machbarkeitsstudie Ersatzneubau des Abschlussbauwerks des HRB Straußfurt, 17. August 2021
- [65] Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz | Referat 52 - Wasserrechtliche Zulassungsverfahren: HRB Straußfurt – Herstellung der Hochwassersicherheit des Schutzdamms Henschleben und Instandsetzung und Herstellung der Überströmbarkeit des Nebendamms, Plangenehmigung, 26. September 2022
- [66] Tractebel Hydroprojekt GmbH: HRB Straußfurt – Herstellung der Hochwassersicherheit des Schutzdamms Henschleben und Instandsetzung und Herstellung der Überströmbarkeit des Nebendamms, Ausführungs- und Ausschreibungsunterlage, 12. August 2022

- [67] Planungsgesellschaft Scholz + Lewis mbH: Entwurfs- und Genehmigungsplanung „Hochwasserschutz nördliche Gera“, 26. März 2021
- [68] Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt, c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH: Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt, Los 3 Umweltplanung – Scopingunterlage, 03. April 2023
- [69] Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt, c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH: Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt – Geotechnisches Erkundungskonzept und Erkundungsprogramm, 13. Februar 2023
- [70] Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt, c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH: Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt – Konzept Betonuntersuchungen, 13. Februar 2023
- [71] Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH (DEGES): B4, Erfurt – Greußen, Ortsumgehung Straußfurt, 17. September 2020
- [72] Thüringer Fernwasserversorgung (TFW) und Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (TLUBN): Aktenvermerk zur Erhöhung des Hochwasserrückhaltebeckens Straußfurt im Zusammenhang mit den Hochwasserschutzprojekten Unstrutau und Geraaue, 03. November 2021
- [73] Thiele & Büttner GbR: Hydrologisches Gutachten für das HRB Straußfurt, 16. Oktober 2008
- [74] Thüringer Fernwasserversorgung (TFW): Fortschreibung der hydrologischen Grundlagendaten für das HRB Straußfurt, 05. Mai 2022
- [75] Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz | Referat 54 – Stauanlagenaufsicht, Durchgängigkeit, Wasserbuch: Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt (030) – Fortschreibung der hydrologischen Grundlagendaten vom 05.05.2022, 09. Januar 2023
- [76] Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz | Referat 54 – Stauanlagenaufsicht, Durchgängigkeit, Wasserbuch: Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt (030) - Nachweis der Hochwassersicherheit, Stellungnahme, 06. Juni 2023
- [77] Thüringer Fernwasserversorgung: HRB Straußfurt (Reg.-Nr. 030), Nachweis der Hochwassersicherheit, 26. August 2020
- [78] Labor für Hydraulisches Versuchswesen, Gewässerschutz und Ökologie: Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt (Reg.-Nr. 030) – Ermittlung der tatsächlichen Leistungsfähigkeit der Hochwasserentlastungsanlage und des Abschlussbauwerkes, November 2017
- [79] BjörnSEN Beratende Ingenieure: Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt (Reg.-Nr. 030), Nachweis Hochwasserschutz und -sicherheit nach DIN 19700/2004, 03. Juli 2015
- [80] Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt, c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH: Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt – Bauzustandsbewertung Massivbau, 28. Juni 2023

- [81]           Zweites geologisches Gutachten über das geplante Hochwasser-Rückhaltebecken Straußfurt-Gebesee, Staatliche geologische Kommission, 04.10.1951 (TS Archiv 030-110-10-05)
- [82]           Abschließendes geologisches Gutachten über das Hochwasser-Rückhaltebecken Straußfurt-Gebesee, Kreis Erfurt, Staatliche geologische Kommission, 22.07.1952 (TS Archiv 030-110-10-05)
- [83]           Gutachten über die Baugrund- und Gründungsverhältnisse, Bauvorhaben: Rückhaltebecken Straußfurt, Objekt: Hangüberlauf, Baugrunduntersuchungen Berlin des Ministeriums für Aufbau, Januar 1958
- [84]           Abschlussbericht über die ingenieurgeologischen Arbeiten am Rückhaltebecken Straußfurt, VEB Geologische Erkundung West, November 1963
- [85]           Gutachten über die Gründungsfrage beim Bau des Abschlußbauwerkes Vehra des Unstrut-Speicherbeckens Straußfurt-Gebesee, Institut für Baugrundforschung, TH Dresden, 21.11.1952 (TS Archiv 030-110-10-05)
- [86]           Vorläufiges geologisches Gutachten über den Ausbau des Unstrut-Rückhaltebeckens Straußfurt-Gebesee zu einem Dauerbecken, Staatliche geologische Kommission, 27.7.1953 (TS Archiv 030-110-10-05)
- [87]           Gutachten über die Baugrund- und Gründungsverhältnisse Unstrut-Rückhaltebecken Straußfurt-Gebesee, Abschlußbauwerk Vehra, Baugrunduntersuchung Berlin, 22.9.1953 (TS Archiv 030-110-10-05)
- [88]           Gutachten über die Baugrund- und Gründungsverhältnisse Unstrut-Rückhaltebecken Straußfurt-Gebesee, Abschlußbauwerk Vehra, Baugrunduntersuchung Berlin, 12.10.1954
- [89]           Gutachten zum Nachweis der Standsicherheit und der Durchsickerung des Hauptdammes des Unstrut-Rückhaltebeckens Straußfurt-Gebesee, Baugrunduntersuchung Berlin, 22.9.1955 (TS Archiv 030-110-10-05)
- [90]           Gutachten über die Baugrund- und Gründungsverhältnisse Unstrut-Rückhaltebecken Straußfurt-Gebesee, Dammschultern am Abschlußbauwerk Vehra, Baugrunduntersuchung Berlin, 10.1.1956 (TS Archiv 030-110-10-05)
- [91]           Hochwasserschutz Unstrut-Helme, HRB Straußfurt, Teilweise Umspundung des Abschlußbauwerkes, Schichtenverzeichnisse der Bohrungen und Brunnen, die zur Aufstellung der Unterlagen für die Rammarbeiten (geologische Schnitte) verwendet wurden, undatiert
- [92]           Aufschlussdokumentation Bohrungen GW 19--GW 22 und GW 6691, Baugrund GmbH, Bad Langensalza, 1990
- [93]           Geotechnik-Umweltschutz Haugh: Geotechnischer Bericht nach DIN EN 1997-2 und DIN 4020, 03. Juni 2024
- [94]           Universal Dienstleistungen GmbH: Dokumentation TV-Kanaluntersuchung Ödedücker, Zustandserfassung, 2021
- [95]           Universal Dienstleistungen GmbH: Dokumentation TV-Kanaluntersuchung Drainageleitung HWE, Zustandserfassung, 08.11.2022

- [96] Thüringer Fernwasserversorgung, Betrachtungen zu einer möglichen Wasserkraftanlage (WKA) am HRB Straußfurt, 05.09.2023
- [97] CT Planungsgesellschaft mbH: Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt, Los 4 – Planung nach HOAI, Teil 4 „Fachplanung, Abschnitt 2 Technische Ausrüstung (EMSR) für die Teilobjekte (TO) TO11, TO13, TO16“, Erfurt, 11.08.2023
- [98] Gutachten Untersuchungsbericht Bohrkernuntersuchungen zur Beurteilung des Bauzustands des Abschlussbauwerkes HRB Straußfurt, Ersteller: F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde, Bauhaus-Universität Weimar, Auftraggeber: Thüringer Fernwasserversorgung (TFW), Weimar, 15.06.2017
- [99] Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt, c/o INROS LACKNER SE: Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt, Ersatzneubau TO11 – Unterlage Vorplanung, 05.01.2024
- [100] INGENIEURBÜRO Geotechnik Umweltschutz Hauck: Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt, Teilobjekt 11 – Abschlussbauwerk, Geotechnischer Bericht nach DIN EN 1997-2 und DIN 4020, Fassung 03.06.2024

#### **Datengrundlagen**

- [101] Hochwassernachrichtenzentrale Freistaat Thüringen: Hauptzahlen Durchfluss Pegel Straußfurt/Unstrut, 1960 – 2015
- [102] Thüringer Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie (TLDA): Stellungnahme Archäologie vom 10.03.2023
- [103] Landratsamt Sömmerda: Datenübergabe Altlastenstandorte (Excel-Tabelle), 09. Juni 2023
- [104] Thüringer Landesamt für Bodenmanagement und Geoinformation (TLBG): Datendownload von Geoportal Thüringen, letzter Zugriff 02/2023; <https://www.geoportal-th.de/de-de/Downloadbereiche/Download-Offene-Geodaten-Th%C3%BCringen>
- [105] Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (TLUBN): Datendownload und -sichtung vom Kartendienst des TLUBN, letzter Zugriff: 02/2023; <https://antares.thueringen.de/cadenza/?jsessionid=E8E338CFD24BE9A86F57EC479464B60B>
- [106] Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie: Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt, Ingenieurgeologische Stellungnahme bzgl. einer möglichen Subrosionsgefährdung der Staubauwerke des Hochwasserrückhaltebeckens Straußfurt, 21.03.2018
- [107] Luftbildauswertung der INFODOK zur Kampfmittelanfrage THP Erweiterung HRB Straußfurt (Auftrag Kampfmittelerkundung Phase A für die Baugrunderkundung 2023 vom 14.03.2023) vom 28.04.2023
- [108] Vermessungsbüro Schröder: Vermessung HRB Straußfurt, Ilfeld, Juli 2017
- [109] Regionale Planungsgemeinschaft Mittelthüringen, 2011: Regionalplan Mittelthüringen

- [110] Regionale Planungsgemeinschaft Mittelthüringen, 2019: Regionalplan Mittelthüringen – Änderung (1. Entwurf) zur Anhörung/Öffentlichen Auslegung vom 07.11.2019 bis einschließlich 10.02.2020
- [111] Regionale Planungsgemeinschaft Nordthüringen, 2012: Regionalplan Nordthüringen
- [112] Regionale Planungsgemeinschaft Nordthüringen, 2018: Regionalplan Nordthüringen – Entwurf zur Anhörung/Öffentlichen Auslegung vom 03.09.2018 bis einschließlich 08.11.2018
- [113] Bundesamt für Naturschutz (BfN): Landschaftssteckbrief Gera-Unstrut-Helme-Niederung, letzter Zugriff: 02/2023; <https://www.bfn.de/landschaftssteckbriefe/gera-unstrut-helme-niederung>
- [114] Bundesamt für Naturschutz (BfN): Rote Listen Deutschlands, letzter Zugriff 02/2023; <https://www.rote-liste-zentrum.de/index.html>
- [115] Thüringer Fernwasserversorgung: Ergebnisliste geometrisches Nivellement – Hauptdamm, 71. Folgemessung, Herbst 2022
- [116] Costa Wrublack, Anderson, 2024: Master Thesis „Investigation of Variants and Life Cycle Analysis for the Renovation of a Flood Defence Structure“, Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
- [117] Thüringer Altlasteninformationssystem (THALIS): <https://tlubn.thueringen.de/umweltschutz/altlasten/thalis>

## ZEICHNUNGSVERZEICHNIS

Plan.-Nr.	Darstellung	Maßstab
<b>TO11-2</b>	<b>Lagepläne</b>	
TO11-2.1a	Lageplan Bestand	1 : 500
TO11-2.2a	Lageplan Plan-Zustand	1 : 500
TO11-2.3a	Lageplan Zufahrten Bau-Zustand	1:1.000/500
TO11-2.4a	Lageplan Zufahrten Plan-Zustand	1:1.000/200
<b>TO11-3</b>	<b>Längsschnitte</b>	
TO11-3.1	Zufahrt Nord	1:500/50
TO11-3.2	Zufahrt Süd	1:500/50
<b>TO11-4</b>	<b>Querschnitte</b>	
TO11-4.1a	Querschnitte Unstrut, Kolkschutz	1 : 100
TO11-4.2	Regel-Querschnitt Damm	1 : 100
TO11-4.3	Querschnitte Verkehrsflächen	1 : 50
<b>TO11-5</b>	<b>Bauwerkspläne</b>	
TO11-5.1a	Draufsicht und Ansichten	1 : 200
TO11-5.2a	Schnitte	1 : 100
TO11-5.3a	Details	1 : 25
TO11-5.4a	Stahlwasserbau Doppelhakenschütz	1 : 10/20
TO11-5.5a	Stahlwasserbau Einbauteile	1 : 10/20/50
TO11-5.6a	Stahlwasserbau Maschinenrahmen/Antriebsebene	1 : 25
TO11-5.7a	Stahlwasserbau Bedienstege UW	1 : 25
TO11-5.8a	Stahlwasserbau Revisionsverschlüsse	1 : 10
TO11-5.9	Baugrube 1.BA - Grundriss	1 : 200
TO11-5.10	Baugrube 1.BA - Schnitte	1 : 100
TO11-5.11	Baugrube 2.BA - Grundriss	1 : 200
TO11-5.12	Baugrube 2.BA - Schnitte	1 : 100
TO11-5.13a	Übersicht Bauphasen	1 : 750
TO11-5.14	Steinfußentwässerung: Umverlegung	1 : 500/100/25
TO11-5.15a	Lagerbox Revisionsverschlüsse	1 : 50
TO11-5.16...18	Bauwerkskizzen Variantenuntersuchung	1 : 100/200

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ABSS	Asphaltbetonschutzschicht
ABW	Abschlussbauwerk
AG	Auftraggeber
AKR	Alkali-Kieselsäure-Reaktion
AN	Auftragnehmer
ASN	Abfallschlüsselnummer
B	Breite
BA	Bauabschnitt
BAW	Bundesanstalt für Wasserbau
BGS	Baugrundschrift
BBQ	Betonbauqualität
BHQ	Bemessungshochwasserereignis
BE	Baustelleneinrichtung
BS-A	Bemessungssituation außergewöhnlich
BS-P	Bemessungssituation
BS-T	Bemessungssituation
BV	Bauvorhaben
DK	Deponieklasse
DN	Durchgangsnorm
Dpr	Verdichtungsgrad
EPD	Environmental Product Declaration
EÜ	Eisenbahnüberführung
FFH	Flora-Fauna-Habitat
FND	Flächennaturdenkmal
G	Netzblockverbindungsebenen
GFK	Glasfaserkunststoff
GLB	Geschützte Landschaftsbestandteile
GM	Gesamtmodell
GW	Grundwasser
GWP	Global Warming Potential, Treibhauspotenzial
H	Höhe
HDI	Hochdruckinjektion
HRB SF	Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt
HW-BF	Hochwasserbemessungsfall
HWE	Hochwasserentlastung
KG	Kanalgrundrohr
ku	Unterer Keuper
kmGU	Mittlerer Keuper, Unterer Gipskeuper
L	Länge
LF	Lastfall
NEA	Netzersatzanlage
NS	Niederspannung
NSG	Naturschutzgebiet
OK	Oberkante
OKG	Oberkante Gelände
OU	Ortsumfahrung
OW	Oberwasser
P	Randbedingung Druckhöhe
RB	Randbedingung
RNG	renormalized group model
SK	Störkörper
SM	Schnittmodell
SPA	Vogelschutzgebiet
SpW	Spundwand



St	Stahlrohr
TA	Technische Ausrüstung
TB	Tosbecken
TFW	Thüringer Fernwasserversorgung
TLUBN	Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz
TO	Teilobjekt
UK	Unterkante
UW	Unterwasser
W	Wand
WF	Wehrfeld

# 1 Projektübersicht und Aufbau der Fachplanung

Planungsgegenstand sind die Planungsleistungen zum Projekt

## Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt (Kurztitel: HRB Straußfurt)

Für die Erweiterung des HRB Straußfurt sind die folgenden baulichen Maßnahmen in Teilobjekten (TO) geplant:

- Ersatzneubau Abschlussbauwerk (TO11)
- Instandsetzung/Umbau Hauptdamm (TO12)
- Instandsetzung/Umbau Schöpfwerk Henschleben II mit Durchlassbauwerk (TO13)
- Instandsetzung/Umbau Hochwasserentlastung (TO14)
- Neubau Schutzmaßnahmen im Bereich der Ortslage Vehra (Verlängerung Hauptdamm; TO15)
- Neubau Schutzmaßnahmen im Bereich der Ortslage Schwerstedt (TO16)
- Neubau Schutzmaßnahmen im Bereich der Ortslage Straußfurt (TO17)

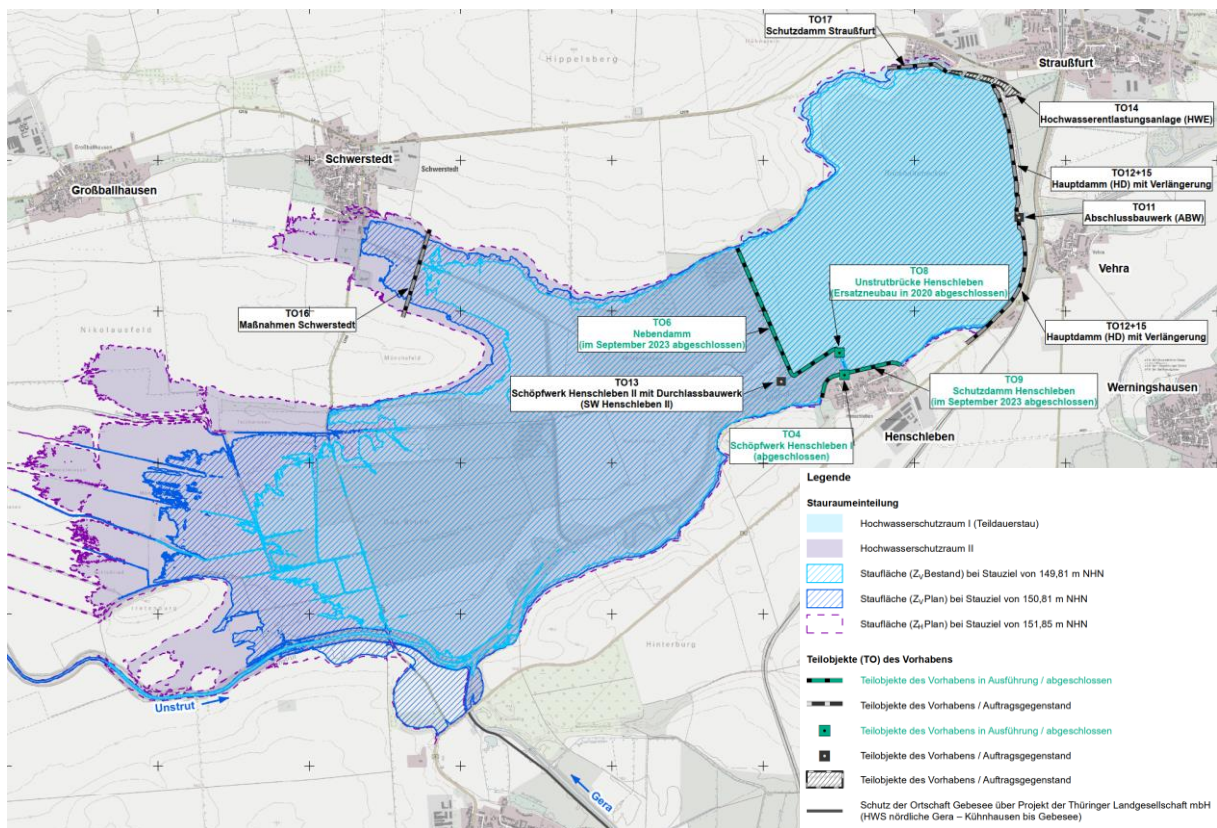


Abbildung 1: Übersicht Teilobjekte des Vorhabens (grün bereits abgeschlossen)

Die vorliegende Unterlage ist der Erläuterungsbericht der Fachplanung des  
**Teilobjektes 11 – Abschlussbauwerk (ABW).**

Diese Fachplanung ist wie folgt aufgebaut:

- Erläuterungsbericht
- Unterlage 1 – Zeichnungen
- Unterlage 2 – Variantenuntersuchung der Vorplanung
- Unterlage 3 – Fotodokumentation
- Unterlage 4 – Hydraulische Nachweise
- Unterlage 5 – Standsicherheits- und statische Nachweise

## 2 Bestehende Verhältnisse Abschlussbauwerk (Teilobjekt 11)

### 2.1 Örtliche Verhältnisse am Teilobjekt

#### 2.1.1 Topografie und bestehende Nutzungen

Das Abschlussbauwerk (ABW) ist neben dem ca. 1.700 m langen Hauptdamm und der HWE (TO14) das zentrale Bauwerk des Hochwasserrückhaltebeckens Straußfurt (HRB SF). Es erstreckt sich von Station 1+017,79 bis 1+108,79 etwa in der Mitte des Hauptdammes.

Parallel zum Hauptdamm verläuft die B4 sowie die Bahnstrecke Wolframshausen – Erfurt (DB AG Strecke 6302). Zwischen Hauptdamm und B4 befindet sich ein von Grünflächen geprägtes Vorland.



Abbildung 2: Umfeld ABW

An Fluss-km 104+660 bestehen beidseitig Einleitungen DN 500 St aus der Steinfußentwässerung der luftseitigen Dammböschung. Der Einleitungsbereich ist mit Pflaster in Beton befestigt und die Mündungsbereiche sind mit Rückschlagklappen ausgestattet.

Unterhalb des Tosbeckens (ca. Fluss-km 104+660) befindet sich am rechten Ufer eine Einleitung DN100 KG. Ursprung und Funktion der Rohrleitung sind weiterhin unbekannt. Sollte im Rahmen bauzeitlicher Untersuchungen kein Bedarf für diese Leitung festgestellt werden, so wird die Rohrleitung zurückgebaut bzw. versetzt.

An Fluss-km 104+600 besteht eine Einleitung eines Entwässerungsgrabens in die Unstrut. Der Einmündungsbereich ist mit Wasserbaupflaster, das in Beton versetzt wurde, gesichert.

Es befinden sich Leitungen innerhalb des direkten Baubereiches. Diese sind in nachstehender Tabelle 2-1 aufgeführt.

Tabelle 2-1: bestehende Leitungen Bereich TO11

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Betroffenheit	Lage/Konflikt	TöB/Baulast-träger	Anmerkung
1	Telekom-Freileitung	ja	Freileitung auf Abschlussbauwerk/Anschlussbereich Hauptdamm; verläuft ca. 6 m parallel zum Tosbecken (anschließend Erdkabel in B4)	Deutsche Telekom Technik GmbH	Leitungs-trasse übergeben, vermessen
2	NS-Erdkabel NAYYBA bzw. NAY2Y Kabel	ja	schließt am Abschlussbauwerk an; verläuft parallel zum Tosbecken (anschließend NS-Freileitung hinter B4)	Thüringer Energienetze GmbH	Verlauf nachrichtlich
3	Datenkabel TFW	ja	von Abgabepegel TFW zur Steuerbox	TFW	ersatzloser Rückbau

## 2.1.2 Baugrund

Die nachfolgenden Informationen sind Auszüge aus dem geotechnischen Bericht [100], der durch das Baugrundhauptgutachten (siehe 3.6.1) fortgeschrieben wird.

### 2.1.2.1 Durchgeführte Baugrunduntersuchungen

Für den Standort des HRB SF liegen umfangreiche Baugrunderkundungen bereits aus der Planungsphase vor ([81] bis [92]). Zur Erstellung der Entwurfs- und Genehmigungsplanung wurde in [93] der gegenwärtige Kenntnisstand zum Baugrundaufbau zusammengefasst.

### 2.1.2.2 Untergrundaufbau

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Verbreitungsgebiet der Trias. Das HRB liegt im Übergangsbereich des im nördlichen Teil anstehenden Gesteins des Unteren Keupers (ku) und im südsüdwestlichen Teil im Bereich des Mittleren Keupers (kmGU, Unterer Gipskeuper).

Die Gesteine des Unteren Gipskeupers stehen als vorwiegend schwarzblaue, violettrote und hellgraue Tonmergelsteine und Ton-Schluffsteine an. Im Unteren Gipskeuper sind Anhydritsteine und Gipse eingelagert.

Der Untere Keuper steht als Wechsellagerung von Tonsteinen, Schluffsteinen und Mergelsteinen an. Kalk- und Dolomitsteine sind untergeordnet eingelagert. Die Ton- und Schluffsteine sind von einer olivgrauen bis schwarzgrauen Färbung.

Die Gesteine der Keuperformationen sind im Hangenden mehrere Meter vollständig zu Lockergestein zersetzt.

Im Bereich der Unstrutau werden die Festgesteine und deren Zersetzprodukte von holozänen Ablagerungen überlagert. Diese bestehen aus holozänem Auelehm und Schottern der Unstrut.

Die hydrogeologische, für das Bauwerk relevante Situation wird von der Ausbildung eines oberen Grundwasserleiters in den quartären Kiesen bestimmt.

Der natürliche Untergrund weist im Bereich des Abschlussbauwerkes und der anschließenden Dammbereiche sehr homogene Verhältnisse auf. Die natürlich anstehenden Schichten weisen eine weitestgehend sölige Lagerung auf und insgesamt nur gering schwankende Schichtdicken.

In allen Aufschlüssen wurde unter den vorgenannten Auffüllungsschichten Auelehm (Schicht 2) aufgeschlossen. Der Auelehm ist teilweise umgelagert und ggf. auch verbessert/verfestigt. Es wurden in natürlicher Lagerung Schichtstärken bis 4,5 m erbohrt.

Der im Liegenden des Auelehms anstehenden Kies (Schicht 3) wurde als sandiger, schwach schluffiger Fein- bis Mittelkies angesprochen. Es wurden Schichtstärken bis 3,3 m festgestellt.

Ab einer Tiefe von ca. 137,1 m NHN (2016) bis 138,0 m NHN (2016) steht der vollständig zu Lockergestein zersetzte Keuper (Keuperzersatz, Schicht 4) als überwiegend grauer bis olivgrauer mittelplastischer Ton an.

Ab ca. 133,4 m NHN (2016) bis 134,9 m NHN (2016) wurde bis zur Aufschlussendteufe der verwitterte Keuper (Schicht 5) (V3 bis V2 nach EN ISO 14689-1) erbohrt.

Im Bereich um das Abschlussbauwerk ist durch die Baumaßnahmen der natürliche Schichtenaufbau gestört bzw. überbaut.

Tabelle 2 Charakteristische Bodenkennwerte

Schicht	Feuchtwichte	Wichte unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion	Steifemodul	Durchlässigkeitsbeiwert
	$\gamma_k$ [kN/m³]	$\gamma_k'$ [kN/m³]	$\Phi_k'$ [°]	$c_k'$ [kN/m²]	$E_{s,k}$ [MN/m²]	$k_f$ [m/s]
<b>Oberboden Schicht 1a</b>	nicht relevant					
<b>Wasserbausteine Schicht 1b</b>	wie Beton					
<b>Tragschicht Schicht 1c</b>	21,0	11,0	32,5	0,0	30	$1 \cdot 10^{-6}$
<b>Sediment Schicht 1d</b>	16,0...18,0	6,0...8,0	20,0	10,0	1	$1 \cdot 10^{-7}$
<b>Stützkörper Schicht 1e</b>	20,0...21,0 (21,0)	10,0...11,0 (11,0)	27,5...30,0 (30,0)	0...5,0 (0)	12,5...17,5 (15)	$1 \cdot 10^{-5}$ – $1 \cdot 10^{-8}$
<b>Dichtungskörper Schicht 1f</b>	20,0...21,0 (21,0)	10,0...11,0 (11,0)	25,0...30,0 (27,5)	5...15 (10,0)	10...20 (15)	$3 \cdot 10^{-6}$ – $1 \cdot 10^{-7}$
<b>Filterkörper (DFE) Schicht 1g</b>	24,0	14,0	34,0	0	10	$8 \cdot 10^{-4}$
<b>Auelehm Schicht 2</b>	17,0...20,0 (19,0)	7,0...10,0 (9,0)	22,5...25,0 (25,0)	0...15,0 (5)	5,0...15,0 (5,0)	$1 \cdot 10^{-10}$ – $1 \cdot 10^{-6}$
<b>Kies Schicht 3</b>	19,0...21,0 (20,0)	9,0...11,0 (10,0)	27,5...32,5 (30,0)	0,0	40,0...80,0 (40,0)	$1 \cdot 10^{-3}$ – $1 \cdot 10^{-6}$
<b>Keuperzersatz Schicht 4</b>	20,0...21,0 (21,0)	10,0...11,0 (11,0)	22,5...30,0 (25,0)	10,0...30,0 (20,0)	20,0...40,0 (20,0)	$1 \cdot 10^{-7}$ – $1 \cdot 10^{-11}$
<b>Keuper, verwittert Schicht 5</b>	21,0	11,0	35,0	30,0	60,0	$1 \cdot 10^{-9}$ – $1 \cdot 10^{-11}$

### 2.1.2.3 Homogenbereiche

Unter Berücksichtigung der geplanten Maßnahmen am TO11 sind folgende Homogenbereiche [93] definiert:



Tabelle 3 Homogenbereiche nach DIN 18300 Erdarbeiten, DIN 18311 Nassbaggerarbeiten

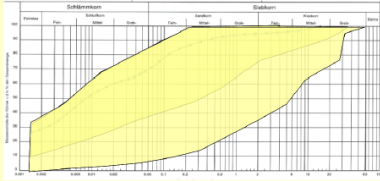
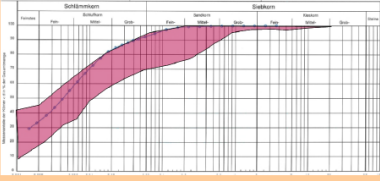
Parameter	1c	1e	1f	2	3	4
Bezeichnung	Tragschicht	Stützkörper	Dichtungskörper	Auelehm	Kies	Keuperzersatz
Bodengruppen	[GU], [GU*]	[TL], [TM], [UL], [UM], [SU*], [ST*], [GU*], [GT*]	[TL], [TM]	TL; TM; TA	GU	TM
Anteil Steine und Blöcke	0–10 %	0–5 %	0–5 %	0–5 %	0–5 %	0–5 %
Lagerungsdichte $I_d$	0,35–0,85	0,35–0,65	—	—	0,35–0,65	—
Konsistenz $I_c$	—	0,75–1,0	0,75–1,25	0,19–1,00	—	0,75–1,5
Bodenklassen DIN 18300:2012-09	3	3, 4	4	4	3	4
Homogenbereich	<b>E-A</b>					<b>E-B</b>
	<b>gemischtkörnige, rollige und bindige Böden; locker bis mitteldicht, weich bis steif</b>					<b>mittelplastischer Ton, steif bis fest</b>
Bodengruppen	[TL], [TM], [UL], [UM], [SU*], [ST*], [GU*], [GT*], TL, TM, TA, GU					<b>TM</b>
Korngrößenverteilung						
Masseanteile an Steinen	0–10 %					0–5 %
Dichte $\rho$	1,8–2,1 g/cm³					2,0–2,1 g/cm³
undrainierte Scherfestigkeit $c_u$	0–40 kN/m²					20–60 kN/m²
Wassergehalt $w_n$	10–30 %					10–26 %
Plastizitätszahl $I_p$	9–44					11–22
Konsistenzzahl $I_c$	0,75–1,25					0,9–1,35
Lagerungsdichte $I_d$	0,35–0,85					—
organischer Anteil	0–15 %					0–5 %

Tabelle 4 Homogenbereiche nach DIN 18304 Ramm-, Rüttelarbeiten, Boden

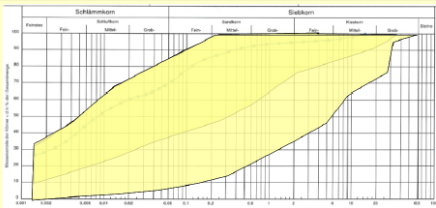
Parameter	1c	1e	1f	2	3	4
Bezeichnung	Tragschicht	Stützkörper	Dichtungskörper	Auelehm	Kies	Keuperzersatz
Bodengruppen	[GU], [GU*]	[TL], [TM], [UL], [UM], [SU*], [ST*], [GU*], [GT*]	[TL], [TM]	TL; TM; TA	GU	TM
Anteil Steine und Blöcke	0–10 %	0–5 %	0–5 %	0–5 %	0–5 %	0–5 %
Lagerungsdichte $I_d$	0,35–0,85	0,35–0,65	—	—	0,35–0,65	—
Konsistenz $I_c$	—	0,75–1,0	0,75–1,25	0,19–1,00	—	0,75–1,5
Bodenklassen DIN 18300:2012-09	3	3, 4	4	4	3	4
Homogenbereich	<b>R-A</b>					
18300	<b>gemischtkörnige, rollige und bindige Böden; locker bis mitteldicht, weich bis fest</b>					
Bodengruppen	[TL], [TM], [UL], [UM], [SU*], [ST*], [GU*], [GT*], TL, TM, TA, GU					
Korngrößenverteilung						
Masseanteile an Steinen	0–10 %					
Dichte $\rho$	1,8–2,1 g/cm³					
Wassergehalt $w_n$	10–30 %					
Plastizitätszahl $I_p$	9–44					
Konsistenzzahl $I_c$	0,75–1,5					
Lagerungsdichte $I_d$	0,35–0,85					

Tabelle 5 Homogenbereiche nach DIN 18304 Ramm-, Rüttelarbeiten, Fels

Parameter	5
Bezeichnung	Keuper, verwittert
Benennung	Mergelstein, Tonstein, Schluffstein
Verwitterung nach DIN EN ISO 14689	
Bodenklassen DIN 18300:2012-09	5–6
Homogenbereich 18304	<b>R-B</b>
	<b>Keuper, verwittert</b>
Benennung	Mergelstein, Tonstein, Schluffstein
Druckfestigkeit	$\sigma_u \approx 5 \text{ bis } 150 \text{ MN/m}^2$

#### 2.1.2.4 Grundwasser

Die hydrogeologische, für das Bauwerk relevante Situation wird von der Ausbildung eines oberen Grundwasserleiters in den quartären Kiesen bestimmt [93].

Der Grundwasserstand ist im Bereich Unterwasser im Niveau des Wasserstandes im Vorfluter zu erwarten. Der Wasserstand im Becken ergibt sich aus der Einstausituation.

#### 2.1.2.5 Hinweise zu Gründung und Bauausführung

##### Massivbauwerke

Die Massivbauwerke werden flach auf einer Bodenplatte gegründet. Dies kann im Kies ohne zusätzliche Maßnahmen erfolgen.

##### Spundwand

Nach der vorliegenden Vorplanung [99] ist davon auszugehen, dass bei einer freien Höhe von 11,60 m für die Hochwasserschutzkonstruktion und 7,10 m für den Baugrubenverbau sowie einer Sohllage der Baugrube bei 139,4 m NHN (2016) Einbindelängen erforderlich werden, die bis in die Schicht 5 (Keuper, verwittert) reichen.

Für das Einbringen der Spundwände in Schicht 5 (Keuper, verwittert) werden Einbringhilfen erforderlich. Für den vorliegenden Anwendungsfall kommen Lockerungsbohrungen oder Austauschbohrungen zur Anwendung infrage. Alternativ kann der Baugrubenverbau als 1-Phasen-Dichtwand mit statischer Funktion ausgeführt werden (Einstellen der SpW-Bohlen in einen Schlitz).

Aus geotechnischer Sicht sind die vorgenannten Verfahren gleichwertig. Bei der Anwendung von Austauschbohrungen sollte zur Rückverfüllung ein dichtendes Kies-Compactonit-Gemisch verwendet werden. Bei der Anwendung von Lockerungsbohrungen sind Geräte für schwerste Rammung zu verwenden. Aus rammtechnischen Erwägungen sind für Rammung Profile mit einem Widerstandsmoment von  $\geq 3.200 \text{ cm}^3/\text{m}$  Wand zu verwenden.

Für den Einbau der Spundwände wird eine Proberammung mit begleitender Schwingungsmessung an kritischen Bestandsbauwerken empfohlen.

##### Rückverankerung Spundwand

Die temporären Verpressanker sind nach DIN EN 1537 vorzusehen. Die Krafteintragungsstrecke höher belasteter, rückwärtiger Verankerungen (temporäre Verpressanker) soll im Bereich des Keuperersatzes Schicht 4 bzw. Keuper, verwittert, Schicht 5 vorgesehen werden. Bei einer Mindestkrafteintragungslänge von 5,0 m, einem Verpresskörperradius von mindestens 0,1 m sowie



einem mindestens 2-fachen Nachverpressen kann dann zur Vorbemessung eine charakteristische Mantelreibung von 160 kN/m<sup>2</sup> in Ansatz gebracht werden.

### **Abstützung über Schrägstäbe**

Ein Teil der Lastabtragung wird über Schrägstützen und Stahlrammpfähle realisiert werden. Für die hier geplanten Rammpfähle aus Stahl können in wesentlichen Stahlträgerprofile und Stahlhohlkastenprofile (auch Rohre) zur Anwendung kommen. Die Rammpfähle können bis in die Schicht 4 Keuperzersatz gerammt werden. In jedem Falle sind Pfahlprobelastungen auszuführen.

### **Abdichtung mittels Injektion**

Im Anschlussbereich der Spundwand an das Bestandsbauwerkes ist der durchlässige Horizont im Hangenden der Schicht 4 Keuperzersatz und dem Bauwerk abzudichten. Als Verfahren kommt hierbei nur eine Hochdruckinjektion (HDI) in Frage. Dabei sollte Zement als Bindemittel zur Anwendung kommen.

Für die anstehenden Terrassenkiese ist mit von einer Gesamtporenzahl von  $e = 0,30 - 0,55$  auszugehen. Mit der Injektion sollte der Keuper Schicht 5 in einer Tiefe von mindestens 1,00 m erfasst werden.

### **Baugrubenböschungen**

Temporäre Baugrubenböschungen werden im Wesentlichen oberhalb des Baugrubenverbaus zum Damm erforderlich.

In den maßgeblichen Schichten 1e Stützkörper, 1f Dichtungskörper sind Böschungswinkel von  $\beta \leq 45^\circ$  einzuhalten. Ab 5,00 m Baugrubenhöhe ist bei einer Tiefe/Höhe von 3,00 m eine Berme mit einer Breite von ca. 1,50 m vorzusehen. Alle Vorgaben der DIN 4124, insbesondere hinsichtlich des Abstandes der Verkehrslasten zum Böschungsrand, sind zu berücksichtigen. Für Baugrubenhöhen > 5,00 m bzw. anderweitige Neigungen ist die Standsicherheit rechnerisch nachzuweisen.

### **Wasserhaltung**

Innerhalb der geschlossenen Spundwandkästen ist bei sachgerechter Anbindung an die dichtenden Schichten 4 und 5 sowie Ausbildung wasserhaltender Spundwandschlösser nur eine Restwasserhaltung erforderlich.

Das Trockenhalten des Spundwandkastens kann mit offener oder geschlossener Wasserhaltung erfolgen. Unter Berücksichtigung eines störungsfreien Bauablaufes wird die Anordnung von Pumpensümpfen ca. 1,00 m unter Aushubsohle empfohlen. Das Absenkziel der Wasserhaltung ist auf 138,8 m NHN (2016) (mind. 0,50 m unter Gründungssohle, ungünstigster Schnitt) festzulegen.

Nach detaillierter Erkundung des Baugrundes im Bereich des Spundwandkastens kann über die Frage offene/geschlossene Wasserhaltung im Rahmen der Ausführungsplanung entschieden werden.

### **Bauwerkshinterfüllung/Anschluss Damm**

Die Bauwerkshinterfüllung Tosbecken und Wehrbauwerk ist mit kornabgestuftem, verdichtungsfähigen Material der Bodengruppen GW nach DIN 18196 auszuführen. Es ist ein Verdichtungsgrad von  $D_{pr} \geq 100\%$  nachzuweisen. Dazu ist das Material lagenweise einzubauen und zu verdichten.

Die Anbindung an den Damm ist entsprechend dem Damm-Regelquerschnitt mit Material für den Stützkörper und den Dichtungskörper herzustellen. Die Materialien sind entsprechend denen im bestehenden Damm zu wählen.

Besondere Bedeutung kommt dem Bodeneinbau und der Verdichtung in den Fugen

- Massivbauwerk/Damm
- Hinterfüllung/Damm im Bestand

zu.

Für die neu zu errichtenden Dammabschnitte wird eine Verdichtungsgrad von  $D_{pr} \geq 98 \%$  als Qualitätskriterium empfohlen.

Generell ist für Bauwerkshinterfüllung und Dammbau die Einbaustärke von den verwendeten Verdichtungsgeräten und dem konkreten Einbaumaterial abhängig. Es wird empfohlen die Schütthöhe auf ca. 30 cm zu begrenzen.

Im Anschlussbereich zwischen den Massivbauwerken und dem Dichtungskörper des Dammes ist der Einbau des Dichtungsmaterials mit entsprechendem geeigneten Kleingerät auszuführen. Ggf. werden konstruktive Vorkehrungen seitens des Planers zum Fugenanschluss vorgesehen.

Zum sicheren Anschluss des Bestanddammes mit dem zu ergänzenden Dammabschnitt am Abschlussbauwerk ist eine Verzahnung herzustellen. Dazu ist die Baugrubenböschung (Höhe der Teilböschungen 3 m unterteilt durch Bermen  $b = 1,5 \text{ m}$ ) zunächst vollständig abzuführen ( $d = 0,3 \text{ m}$ ). Somit werden Auflockerungen und Fremdkörper aus dem Baustellenbetrieb etc. beseitigt.

Der Einbau der Hinterfüllung hat bei einer Schütthöhe von 0,3 m in verdichteten Lagen von ca. 0,25 m zu erfolgen. Die Baugrubenböschung ist je 1 m Höhe um ca. 0,5 m zurückzunehmen um eine Verzahnung Neubau/Bestand zu erreichen.

Für den Erdbau im Bereich der Hinterfüllung/Anschluss Bestand Damm wird ein 2-stufiges Überwachungsprogramm Erdbau in Anlehnung an die ZTV E-Stb empfohlen. Es wird die Prüfung im Sinne der Methode M3 Vorgehensweise zur Überwachung des Arbeitsverfahrens favorisiert.

(Bei der Methode M 3 wird im Regelfall mittels einer Probeverdichtung der Nachweis für die Eignung des eingesetzten Verdichtungsverfahrens erbracht. Auf Grundlage der Ergebnisse der Probeverdichtung wird eine Arbeitsanweisung für die Verdichtung aufgestellt. Die Verdichtungsarbeiten am Erdbauwerk werden gemäß der Arbeitsanweisung durchgeführt. Die Einhaltung der Arbeitsanweisung muss dokumentiert werden. [28])

### **Aushubmaterial, Abbruchmaterial**

Die im Zuge des BV anfallenden Abbruchmaterialien und Aushuberdstoffe sind im Bauablauf separierend zu gewinnen und zu deklarieren.

Es wird empfohlen, für die weitere Planung und Ausschreibung von folgenden Einordnungen auszugehen:

- Betonabbruch: RC-1
- Aushub Damm: BM-O, BM-0\*
- Aushub Auffüllung (um Tosbecken): DK III

Diese Stoffe sind auf vorbereitete Bereitstellungsflächen auf Miete zu setzen. Nicht zur Verwendung am BV vorgesehene oder geeignete Stoffe sind bauseits erneut zu beproben und zu untersuchen.

### **Baustraße, Baustelleneinrichtungsflächen**

Die Baustelleneinrichtungsflächen sind im Dammvorland geplant. Es wird empfohlen, den dort aufgefüllten Oberboden abzuschleppen und eine Schottertragschicht von 30 cm Stärke aufzubringen. Alternativ können schwerlastgeeignete Baustraßenplatten aus Metall oder Kunststoff verwendet werden.

#### **2.1.2.6 Erdbeben, Altbergbau und Altlasten**

Das HRB Straußfurt befindet sich in keiner Erdbebenzone nach DIN 4149:2005.

Altbergbau ist im Standortbereich nicht bekannt.

Altlasten sind im Bereich des TO11 im rechten luftseitigen Vorland vorhanden:

- THALIS-Kennziffer 11417: ehemalige Lagerhalle der Talsperre [117]

### 2.1.3 Schutzgebietskulisse

Folgende Schutzgebiete nach Naturschutzrecht sind im Umfeld von 1 km um das Vorhaben ausgewiesen [105]:

- FFH-Gebiet DE 4831-301 „Unstrut-Niederung nordöstlich Herbsleben“ mit einer Fläche von ca. 192 ha
- Vogelschutzgebiet (SPA) DE 4831-401 „Gera-Unstrut-Niederung um Straußfurt“ mit einer Fläche von ca. 5.508 ha
- Naturschutzgebiet (NSG) „Herbslebener Teiche“ mit einer Größe von ca. 99,3 ha
- Flächennaturdenkmal (FND) „GLB Tretenburg bei Gebesee“ mit einer Fläche von ca. 4,3 ha

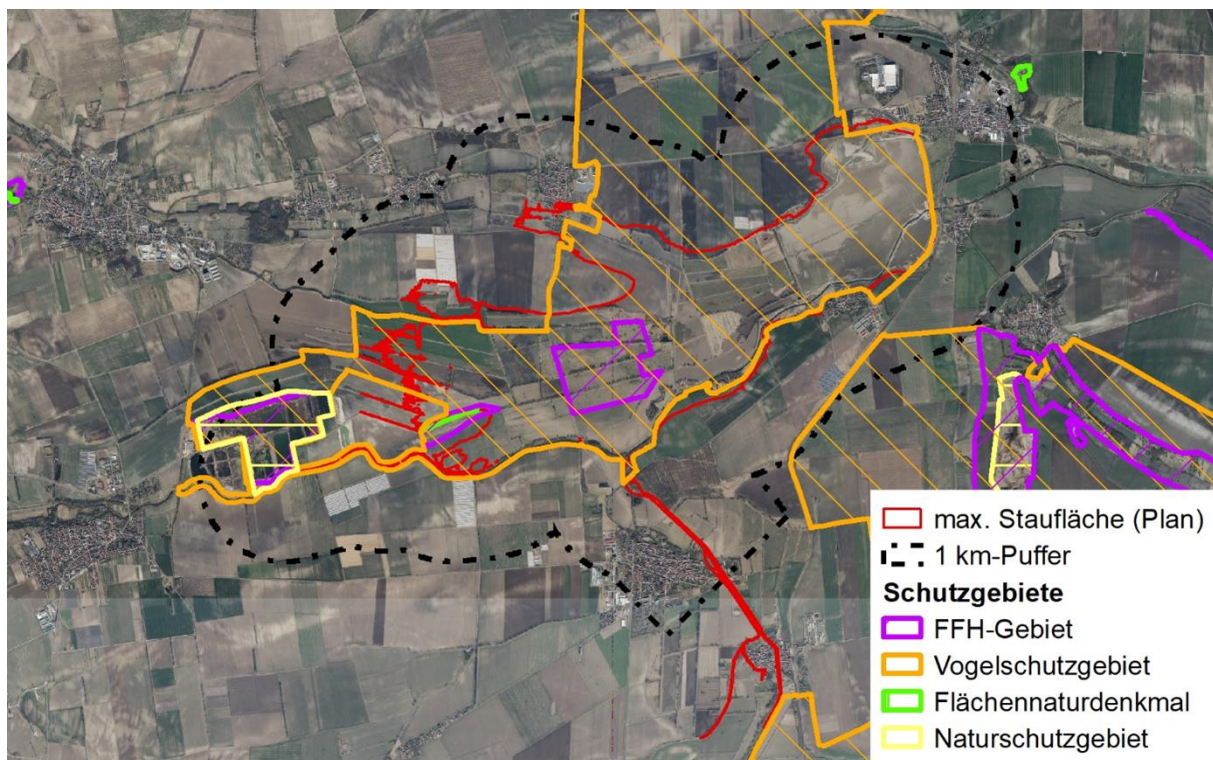


Abbildung 3: Schutzgebiete im Umkreis des Vorhabens [104][105]

Weiterhin sind diverse geschützte Biotope nach §30 BNatSchG bzw. §15 ThürNatG sowie mehrere Geotope im Umkreis des Vorhabens vorhanden [105].

### 2.1.4 Überschwemmungsgebiete und Trinkwasserschutzgebiete

Die Unstrut gilt in Thüringen als Hochwasserrisikogewässer 1. Ordnung [105]. Der Abschnitt unterhalb des HRB Straußfurt bis zur Kreisgrenze Sömmerda/Kyffhäuserkreis gilt als vorläufig gesichertes Überschwemmungsgebiet nach §76 Abs.3 WHG [105]. An den restlichen Abschnitten der Unstrut sowie am betroffenen Abschnitt der Gera ist das Überschwemmungsgebiet nach §76 Abs. 2 WHG i. V. m. §54 ThürWG festgesetzt [105]. Gemäß §54 Abs. 2 ThürWG gilt das HRB Straußfurt ebenfalls als festgesetztes Überschwemmungsgebiet im Sinne des §76 Abs. 2 WHG. Das Überschwemmungsgebiet umfasst die Flächen, die entlang des Flusslaufes bei einem HQ<sub>100</sub> überflutet werden.

Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebiete befinden sich nicht im Bereich des Vorhabens [105].

## 2.2 Allgemeine Angaben zum Teilobjekt (Bestand)

### 2.2.1 Technische Angaben

Beim Abschlussbauwerk (ABW) handelt es sich um eine 4-feldrige Wehranlage, die von Station 1+017,79 bis 1+108,79 in den Hauptdamm integriert ist. Das Bauwerk dient als Durchlass für die Unstrut sowie zur Abflussregulierung im Hochwasserfall.

Der Anschluss des 4-feldrigen Wehrs an den Hauptdamm erfolgt über zwei in den Dammkörper einbindende Flügelwände, an deren Enden jeweils eine Sickerschürze angeordnet ist. Über das Wehr wird ein Betriebsweg überführt. Der durch Beschilderung auf 7,5 t beschränkte Brückenüberbau hat eine Gesamtbreite von ca. 8 m. Davon werden ca. 3 m durch den Kronenweg beansprucht. Die Überbauplatte der Brücke besitzt Aussparungen für die Schützenantriebe sowie die Revisionsverschlüsse.

Die gesamte Anlage ist flach gegründet. Die Gründung des Bauwerks erfolgte auf Sanden und Kiesen, die den Keuperuntergrund überlagern.

Die aufgehende Tragkonstruktion des Wehrs wird im Wesentlichen durch Wehrwangen, die Strompfeiler, Flügelwände sowie den Brückenüberbau gebildet. Das gesamte Abschlussbauwerk wurde aus Stahlbeton bzw. unbewehrtem Beton errichtet.

Gemäß den Angaben aus dem Talsperrenbuch HRB Straußfurt (2002) ist das Abschlussbauwerk nach einer in den Jahren 1981 bis 1986 durchgeführten Rekonstruktion 13,00 m hoch (OK Gründungssohle bis OK Fahrbahn) und 91,00 m lang (Wehr, Flügel, Sickerschürze).

Das Tosbecken weist eine Länge von ca. 16 m und eine Eintiefung von 2 m auf. In der Sohle des Tosbeckens sind Bohrungen zur Entlastung des Sohlwasserdrucks angeordnet.

Die 4 Wehrfelder sind mit baugleichen Doppelhakenschützen als Verschlüsse ausgestattet, welche über Triebstöcke und elektrische Stellantriebe verfahren werden.

Ober- und unterwasserseitig der Verschlüsse sind im Massivbau Nischen zum Setzen von Revisionsverschlusstafeln vorhanden. Unterwasserseitig sind diese über einen Steg zugänglich.

Bauzeit	1952-1962
Inbetriebnahme	1961 Inbetriebnahme
Bauzeit Teildauerstau	Rekonstruktion 1981-1986
Art	4-feldrige bewegliche Wehranlage
Konstruktive Ausbildung	Beton- und Stahlbetonbauteile, zwei seitliche Flügelwände als Landpfeiler, drei Strompfeiler und ein Brückenüberbau
Art und Anzahl der Verschlüsse	4 Doppelhakenschütze
Wehrfelddbreite (Breite je Verschluss)	3,30 m
minimale Verschlusshöhe	4,30 m
maximale Verschlusshöhe	7,50 m
Verschlusshöhen	zwischen Sohle (142,40 m NHN (2016)) und UK Brücke (149,90 m NHN (2016))
Gesamtbreite Wehrverschlüsse	13,20 m
Wehrbreite (gesamt)	17,70 m

Das Abschlussbauwerk wird durch die Thüringer Energienetze GmbH über die Trafostation der Ortslage Vehra mit einer Vorhalteleistung von 50 kW bei einer Hausanschlussicherung von 100 A versorgt. Gleichzeitig ist das ABW mit einer mobilen NEA mit 50 kVA zur Notstromeinspeisung ausgerüstet [97].

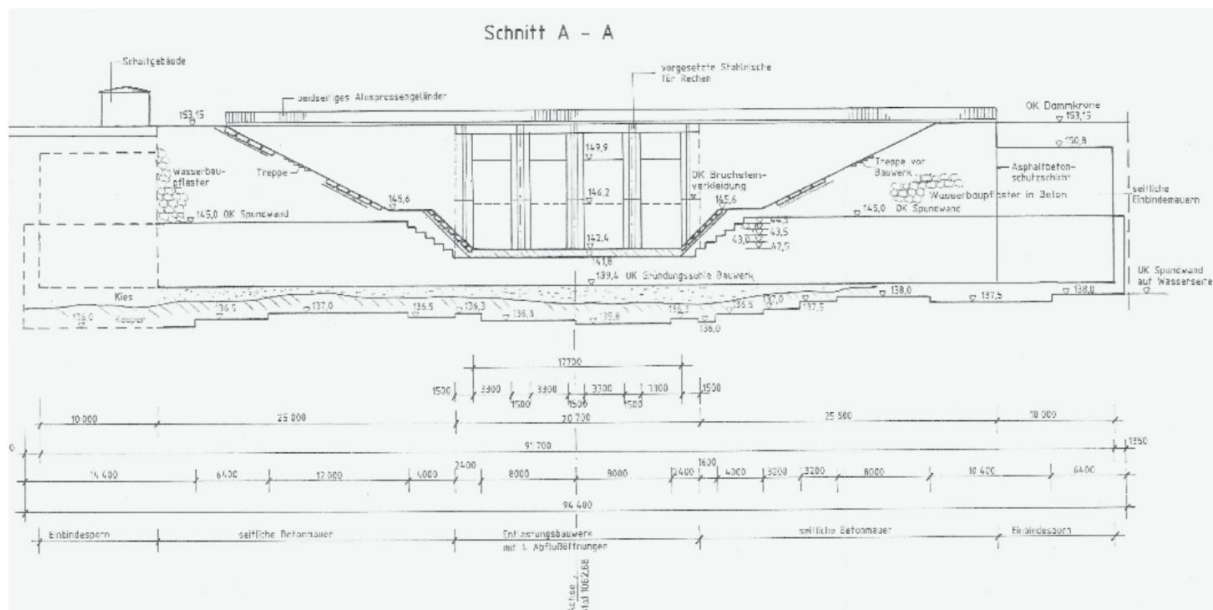


Abbildung 4: Abschlussbauwerk, Querschnitt [62]

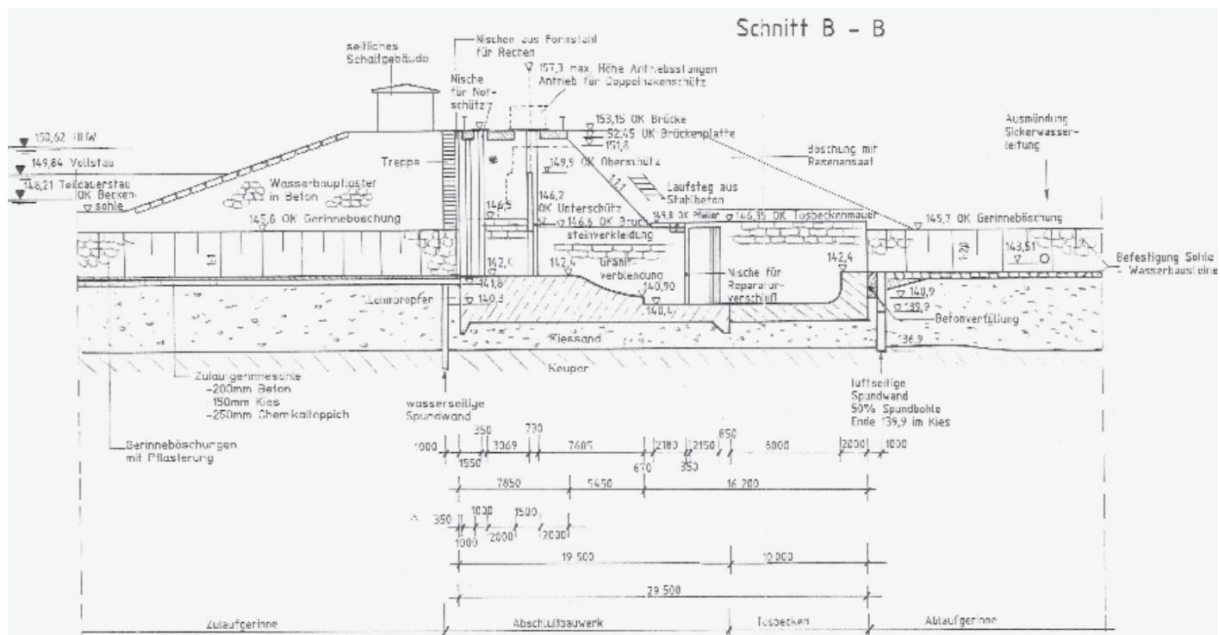


Abbildung 5: Abschlussbauwerk, Längsschnitt [62]

## 2.2.2 Untergrundabdichtung

### Untergrundabdichtung bei Errichtung des Hochwasserrückhaltebeckens bis 1966

Stauraum:

- Nutzung der vorhandenen Auelehmdecke im Stauraum als natürlichen horizontalen Dichtungsteppich

Untergrundabdichtung im Bereich des Abschlussbauwerks:

- Herstellung eines vor Ort aufbereiteten und vergüteten 0,25 m starken Dichtungsteppichs auf ca. 120 m Länge im Bereich des hergestellten Zulaufgerinnes der Unstrut oberhalb des Abschlussbauwerks
- Dichtungsteppich wurde an nachfolgend aufgeführter Spundwand des Abschlussbauwerks angeschlossen
- Untergrundabdichtung mittels Spundwand im Bereich der Baugrube des Abschlussbauwerks von Station 1+016 bis 1+110 auf ca. 94 m Länge. Diese Spundwand durchteuft die gesamte wasserführende Kiessandschicht und bindet ca. 1 bis 2 m in die darunter liegende dichte Keuperschicht ein. Die Unterkante der Spundwand ist variabel zwischen 135,8 und 138,0 mNN. Die Spundwand ist mittels einer Betonplombe bzw. Lehmpropfen an die Massivbauwerke angeschlossen.

### **Nachträgliche Untergrundabdichtung während der Betriebszeit 1966 bis 1971**

Station 0+610 bis 0+965 (außerhalb ABW):

- Schmale Schlitzwand (Rammwand) mit Durchteufung der wasserführenden Kiessandschicht und Einbindung in die darunter liegende dichte Keuperschicht.  
Rammwanddicke 4 bis 6 cm  
Rammwandtiefe variabel zwischen  $T = 6$  bis 8 m  
Oberkante Rammwand 147,0 m NN  
Unterkante Rammwand 139,0-141,0 m NN  
Dichtungsmaterial: Erdbeton mit Wasserglaszusatz, Einbringung beim Ziehen der Rammwand

(Anmerkung: Zielstellung nicht durchgängig erreicht, Kiesfenster vorhanden)

Station 0+963 bis 1+018 (unmittelbar westlich vom ABW):

- Untergründinjektion zur Abdichtung der Kiessandschicht mit Einbindung in die darunter liegende dichte Keuperschicht.  
2-reihiger Injektionsschleier: Achsabstand  $a = 0,5$  m  
Bohrlohabstand  $b = 1,0$  m  
Oberkante Injektionsschleier 147,0 m NN  
Unterkante Injektionsschleier 139,0 m NN

### **2.2.3 Baulicher Zustand**

Für das Abschlussbauwerk des Hochwasserrückhaltebeckens Straußfurt wurden mehrere Untersuchungen und Gutachten bzgl. der Beschaffenheit des Betons erstellt. Diese kommen abschließend zu dem Ergebnis, dass die Dauerhaftigkeit des Massivbaus aufgrund schädigender Dehnungsvorgänge („Betontreiben“), ausgelöst durch eine nicht stoppbare Alkali-Kieselsäure-Reaktion und sekundäre Ettringitbildung, nicht gegeben ist. Auch durch Sanierungsmaßnahmen kann die Dauerhaftigkeit nicht wieder hergestellt werden, sodass ein vollständiger Ersatzneubau erforderlich ist.

Gemäß Sicherheitsbericht [62] befinden sich die stahlwasserbaulichen Anlagenteile noch in einem betriebssicheren, jedoch sanierungsbedürftigen Zustand.

### **2.2.4 Hydraulische Leistungsfähigkeit**

Die hydraulische Leistungsfähigkeit der vollständig zusammengefahrenen Doppelhakenschützen in oberer Endstellung wurde 2017 im physikalischen Modellversuch [74] mit 320,4 m³/s im Hochwasserbemessungsfall 1 und 436 m³/s im Hochwasserbemessungsfall 2 ermittelt. Unter Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit der Hochwasserentlastungsanlage von ca. 410 m³/s ist die Leistungsfähigkeit der Doppelhakenschützen im Hochwasserbemessungsfall 2 ( $BHQ_2 = 888$  m³/s) im IST-Zustand nicht ausreichend.



Auch die hydraulische Wirksamkeit des Tosbeckens ist gem. den physikalischen Modellversuchen [74] nicht ausreichend gegeben, da in den Hochwasserbemessungsfällen 1 und 2 keine ausreichende Energieumwandlung sichergestellt ist.

### 2.2.5 Einlaufbereich

Im Einlaufbereich des ABW (Abbildung 6) ist die Sohle der Unstrut ca. 17 m breit. Die Sohle ist augenscheinlich nicht befestigt.

Die Neigung der Gewässerböschung beträgt ca. 1:1,5 bis 1:2. Die südliche Böschung ist im unteren Bereich mit Betonplatten gesichert. Am Böschungsfuß sind Sedimentanlagerungen vorhanden. Der obere Böschungsbereich ist auf einer Länge von etwa 6 m im Anschluss an das ABW mit Steinsatz in Beton gesichert. In größerer Entfernung besteht der obere Böschungsbereich aus einer Sicherung mit Schüttsteinen. Die nördliche Böschungssicherung besteht aus Steinsatz in Beton. Bereichsweise sind Steine ausgespült.



Abbildung 6: Einlaufbereich TO11 - ABW

### 2.2.6 Auslaufbereich

Im Auslaufbereich des ABW (Abbildung 7) schließt das Gewässerbett der Unstrut an das Tosbecken an.

Die Gewässersohle der Unstrut wird im Anschluss an das Tosbecken von einer Sohlbreite von ca. 17 m auf eine Breite von ca. 27 m verzogen und verläuft dann mit gleichbleibender Breite ca. 100 m bis zu einer Verengung des Gewässerbettes. Im aufgeweiteten Bereich queren eine Eisenbahn- und eine Straßenbrücke die Unstrut. Die Sohle ist gemäß Vermessung mit Steinen befestigt. Die Gewässerböschungen sind beidseitig ca. 1:2 geneigt und mit Steinsatz in Beton befestigt.

Im Bereich der beiden Zufahrtsrampen rechts- und linksseitig sind die Steine in Beton gesetzt. Darauf hat sich Schlamm abgelagert und Bewuchs gebildet.



Abbildung 7: Auslaufbereich TO11 - ABW

### 2.2.7 Steuerbox

Die vorhandene Steuerbox ist ein ebenerdiger, eingeschossiger Bau mit den Grundmaßen  $4,10 \times 4,20$  m und befindet sich nördlich des ABW hochwasserfrei auf der Verkehrsfläche des Hauptdammes. Die Konstruktion ist mit einer einflügeligen Tür und zwei Fenstern ausgestattet und besitzt ein aufgesetztes Flachdach.

Dort sind neben der Technik für die Steuerung ebenfalls die Technische Ausrüstung für den Beckenpegel der TFW und des TLUBN untergebracht.



Abbildung 8: Steuerbox TO11-ABW (links) und Lagerort für Dammtafeln und Rechen (rechts)



## 3 Teilobjekt 11 – Art und Umfang des Vorhabens

### 3.1 Zielstellung und Randbedingungen

#### 3.1.1 Allgemeine Zielstellungen

Das Abschlussbauwerk dient der Durchführung der Unstrut durch den Hauptdamm. Darüber hinaus wird das Abschlussbauwerk zur Abflussregulierung im Hochwasserfall genutzt.

Die Erhöhung des Stauzieles um 1,0 m und Erweiterung des Hochwasserrückhalteraumes um ca. 10 Mio. m<sup>3</sup> erfordern eine Anpassung des Abschlussbauwerkes und seiner hydraulischen Leistungsfähigkeit. Verbunden mit dem Zustand des Bestandsbauwerkes hinsichtlich der AKR-Problematik (Alkali-Kieselsäure-Reaktion) kommt ausschließlich ein Ersatzneubau in Frage.

Ziel ist es weiterhin, dass die regelkonforme Nutzungsdauer gegeben ist. Mit den Regelwerken, welche in der technischen Planung zur Anwendung kommen, wird eine Lebensdauer von 80 bis 100 Jahren gegeben sein.

#### 3.1.2 Hydraulische Zielstellung

Für das HRB SF bestehen folgende hydraulische Ziele:

- von November bis März Durchleitung der Unstrut
- von April bis Oktober Gewährleistung des Teildauerstauzieles
- im Hochwasserfall bis zum Vollstau die Begrenzung des Abflusses auf den maximal zulässigen schadlosen Abfluss ins Unterwasser von ca. 100 m<sup>3</sup>/s
- im Hochwasserfall oberhalb des Vollstauzieles die Abführung von Abflüssen, die über die Kapazität der Hochwasserentlastungsanlage von 400 m<sup>3</sup>/s hinausgehen
- Möglichkeit zum vollständigen Verschließen des Durchflussquerschnittes bis zum Vollstauziel mit Hilfe der vollständig auseinandergefahren Doppelhakenschützen in unterer Endstellung. Ein vollständiges Verschließen des Durchflussquerschnittes bis zum Hochwasserstauziel ist nicht erforderlich.

Diese hydraulischen Zielstellungen sind auch bauzeitlich einzuhalten, so dass das neue Bauwerk in 2 Teilabschnitten (Bauabschnitt 1: Süd, Bauabschnitt 2: Nord) errichtet wird.

#### 3.1.3 Betriebliche Randbedingungen

##### 3.1.3.1 Teildauerstau

Der Betrieb des Beckens erfolgt in den Sommermonaten von April bis Oktober im Teildauerstau, von November bis März als Trockenbecken. Während der Bauzeit von TO11 ist der planmäßige Teildauerstau im Becken zu gewährleisten. Die Auswirkungen auf Planung und Bau sind in 3.2.6.1 beschrieben.

##### 3.1.3.2 Bauzeitliches Hochwasser

Der Erhalt der Hochwasserschutzwirkung des HRBs ist während der gesamten Bauzeit und in allen Bauzuständen sicherzustellen.

Gem. DIN 19700-10 [1] unterscheidet man an Stauanlagen zwischen Hochwasserschutz und Hochwassersicherheit. Mit Hochwasserschutz wird die Hochwasserschutzwirkung beschrieben, die das HRB bis zum Erreichen des Vollstaus für die Unterlieger gewährleistet (Hochwasserbemessungsfall 3). Die Hochwassersicherheit wird durch den Nachweis der Hochwasserbemessungsfälle 1 und 2 erbracht, welche die Sicherheit der Anlage bei sehr seltenen Hochwasserereignissen, bei denen das Vollstauziel überschritten wird, nachweisen.

Während der Bauzeit ist folglich die Stand- und Überströmungssicherheit für Beckenwasserstände bis zum derzeitigen Vollstau  $Z_v = 149,81$  m NHN (2016) nachzuweisen. Der schadloße Abfluss ins Unterwasser von  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  darf vor Erreichen des Vollstauziels auch in der Bauzeit nicht überschritten werden.

Die Auswirkungen auf Planung und Bau sind in 3.2.6.1 beschrieben.

### 3.1.3.3 Steuerung

Die Doppelhakenschütze werden – solange die erforderliche Abflusskapazität gewährleistet werden kann – so gesteuert, dass sie gleichzeitig über- und unterströmt werden. Somit kann sowohl der Sedimenttransport als auch die Sauerstoffanreicherung gewährleistet werden.

Die Steuerungshoheit liegt in Abhängigkeit vom Abfluss bei der TFW oder beim TLUBN:

- 2,5 bis  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ : Absenkung  $\leq 5,0 \text{ m}^3/\text{s}$  (= Mindestabgabe) erst nach Genehmigung durch TLUBN zulässig
- 5 bis  $40 \text{ m}^3/\text{s}$ : Anlagensteuerung vollständig in Eigenregie der TFW
- ab  $40 \text{ m}^3/\text{s}$ : TFW erhält sämtliche Steuerungsvorgaben vom TLUBN

Die Steuerung oberhalb  $40 \text{ m}^3/\text{s}$  erfolgt auf Anweisung des TLUBN in Jena in einem überregionalen Zusammenhang. Es sind daher alle technisch möglichen Steuerkombinationen, Vor- und Parallelentlastungen denkbar.

### 3.1.3.4 Treibgut

Im Rahmen der Vorplanung [99] wurden Maßnahmen zur Treibgutabwehr untersucht. Im Ergebnis sind aufgrund der topografischen Situation sowie aufgrund des Betriebs des HRB SF keine baulichen Maßnahmen zum Treibgutrückhalt bzw. -abwehr wie auch im Bestand vorgesehen.

### 3.1.3.5 Wasserkraft und Ökologische Durchgängigkeit

Die Integration einer Wasserkraftanlage in das ABW wurde geprüft und aufgrund fehlender Wirtschaftlichkeit nicht als Planungsziel ausgewiesen.

Die bestehende Anlage ist im Zeitraum von Oktober bis April für aquatische Organismen durchgängig (Beckenleerstand im Winter). Maßnahmen zur Verbesserung der ökologischen Durchgängigkeit sind kein Planungsziel.

## 3.1.4 Naturschutzfachliche Randbedingungen

Der Weg am südlichen wasserseitigen Dammfuß steht aus naturschutzfachlichen Gründen nicht zur Baustellenerschließung zur Verfügung.

## 3.1.5 Vorhaben Dritter

Folgende größere Infrastrukturmaßnahmen im Umfeld des Vorhabengebietes sind bekannt:

- Bundesstraße B4, Abschnitt Erfurt – Greußen: Ortsumgehung Straußfurt einschließlich Ausbau der B4 südlich und nördlich [71]
- Hochwasserschutz nördliche Gera [67]

Für TO11 ist die Ortsumgehung Straußfurt B4 relevant. Das Raumordnungsverfahren ist abgeschlossen. Die Linienbestimmung durch das Bundesverkehrsministerium ist erfolgt. Die Planfeststellung wird für 2028 erwartet, die Verkehrsfreigabe ist im Jahr 2033 vorgesehen.

Nach Errichtung und Inbetriebnahme der OU Straußfurt wird ein Abschnitt der gegenwärtigen B4 umgewidmet und teilweise zurückgebaut. Danach kann die südliche Zufahrt zum ABW nur noch von Straußfurt bzw. Vehra aus nördlicher Richtung angefahren werden.

Der Sachverhalt wurde bei der Gestaltung der südlichen Zufahrt planerisch berücksichtigt, so dass der bemessungsrelevante Mobilkran die Kranaufstellfläche auch nach Teilrückbau der B4 erreichen kann.

Die folgenden Abbildungen sind [71] entnommen.

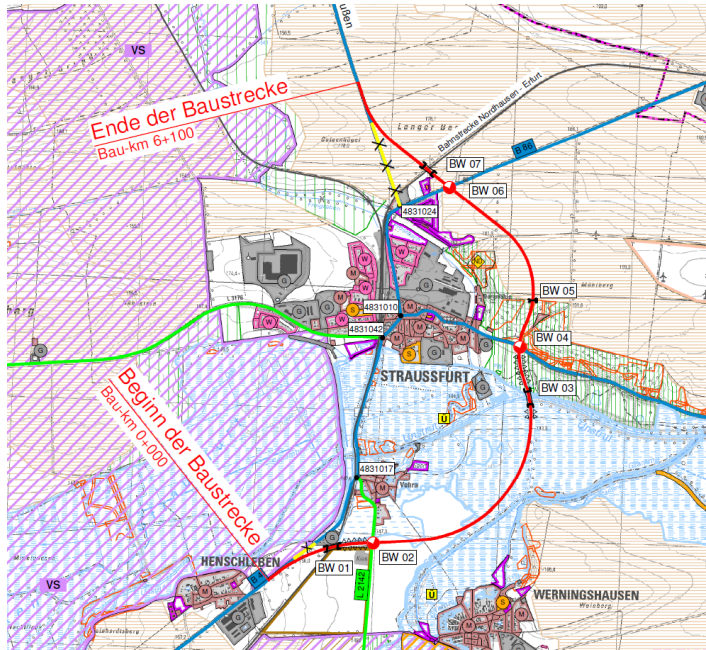


Abbildung 9 Auszug aus Bedarfsplan B4 OU Straußfurt

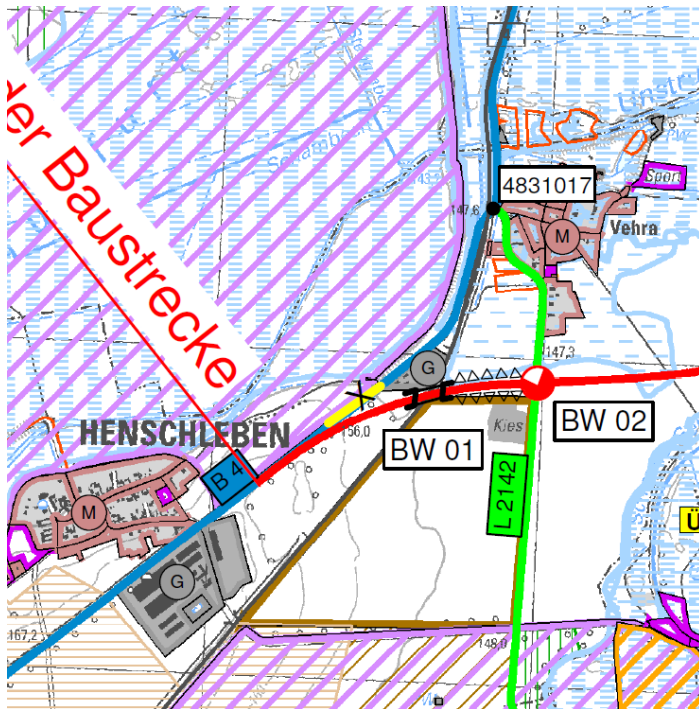


Abbildung 10 Detail aus Bedarfsplan B4 OU Straußfurt (Rückbau gelber Abschnitt)

## 3.2 Voruntersuchungen

### 3.2.1 Bauzustandsuntersuchung

Zur Beurteilung des Bauzustandes am Abschlussbauwerk des HRB Straußfurt wurde 2017 eine Betonkernuntersuchung durch das Finger-Institut für Baustoffkunde der Bauhaus-Universität Weimar durchgeführt [98].

Im Gutachten zur Beschaffenheit des Betons wurde festgestellt, dass eine Dauerhaftigkeit des Massivbaus aufgrund schädigender Dehnungsvorgänge (Betontreiben) nicht gegeben ist. Ausgelöst durch eine nicht stoppbare Alkali-Kieselsäure-Reaktion und sekundäre Ettringitbildung des Betons wird weiterhin festgestellt, dass eine Sanierung des Bauwerkes zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit und Standsicherheit nicht zweckmäßig ist. Demzufolge wird gemäß Gutachten [98] ein Ersatzneubau der Anlage notwendig.

### 3.2.2 Sicherheitsbericht / vertiefte Überprüfung

Es liegt ein Sicherheitsbericht [62] zum HRB Straußfurt aus dem Jahr 2021 vor. Neben der Beschreibung des baulichen Zustandes sowie Funktionsfähigkeit der Teilobjekte des HRB Straußfurt auf Grundlage der zuvor durchgeführten vertieften Überprüfungen der einzelnen Anlagenteile, enthält der Sicherheitsbericht weiterhin Aussagen zur Stauanlagensicherheit und -überwachung.

Der Sicherheitsbericht [62] fasst konkret die Erkenntnisse zum baulichen Zustand des TO11 mit folgendem Ergebnis zusammen:

Massivbau: In den Betonvarietäten des Abschlussbauwerkes finden bereichsweise Treibvorgänge in Form von Alkali-Kieselsäure-Reaktion und sekundärer Ettringitbildung statt. Entsprechende Untersuchungen wurden an Betonbohrkernen durch die Bauhaus Universität Weimar durchgeführt (siehe Abschnitt 3.2.1). Das Bauwerk ist nicht mehr sanierungsfähig und muss ersetzt werden.

Stahlwasserbau:

Die stahlwasserbaulichen Anlagenteile des Abschlussbauwerkes befinden sich aktuell noch in einem betriebssicheren, jedoch sanierungs- bzw. unterhaltsbedürftigen Zustand. Aufgrund der Schädigungen des Korrosionsschutzes und der bereits korrodierten Oberflächen an den Verschluss- und Armierungssystemen sowie aufgrund der Schäden an den Dichtungssystemen werden kurzfristig durchzuführende Instandhaltungsarbeiten erforderlich.

Die dargestellten Maßnahmen sind aufgrund der Entscheidung für einen Ersatzneubau des Abschlussbauwerkes ggf. neu zu bewerten.

### 3.2.3 Untersuchungen zur hydraulischen Leistungsfähigkeit

Durch die IWSÖ GmbH (Hydrolabor Schleusingen) wurde 2017 ein physikalischer Modellversuch zur Ermittlung der hydraulischen Leistungsfähigkeit am Abschlussbauwerk des HRB Straußfurt durchgeführt [78].

Im Ergebnis wurde festgestellt, dass die erforderliche Leistungsfähigkeit des Tosbeckens in den Bemessungsfällen BHQ1 und BHQ2 nicht gegeben ist. Die Energieumwandlung ist am Ende des Tosbeckens noch nicht abgeschlossen, der Fließzustand ist schießend.

Darüber hinaus wurde angemerkt, dass die im ABW verbauten Doppelhakenschütze bei Angriff der Strömungskraft im unteren Rollenlager oder tiefer eine Schwingungsneigung aufweisen. Dies betrifft mehrere Schützstellungen und Betriebsfälle. Bei Schwingungen der Schütze sind Beschädigungen der Anlage möglich.

### 3.2.4 Machbarkeitsstudie zum Ersatzneubau Abschlussbauwerk TO11

Es liegt eine Machbarkeitsstudie der INROS LACKNER SE zum Ersatzneubau Abschlussbauwerk inklusive Tosbecken von 2021 vor [64].

Ziel der Studie war die Untersuchung von grundsätzlichen technischen Möglichkeiten zur Errichtung eines Ersatzneubaus für das ABW sowie einer Voruntersuchung von Varianten und variantenübergreifenden Bauwerksaspekten mit folgendem Gegenstand:

- Art des Wehrverschlusses
- Wehrfeldvarianten/ Anzahl der Wehrfelder
- Standortwahl
- Treibgutabwehr

Folgende Abschnitte fassen die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie [64] zusammen und bildeten gleichzeitig die gemeinsam mit dem AG festgelegte Planungsrandbedingungen für die Vorplanungsunterlage [99].

#### Art des Wehrverschlusses

Neben festen Wehren und Verschlüssen zum Einheben erfolgte eine umfangreiche Variantenuntersuchung von beweglich montierten Verschlüssen, die über-, unter- sowie über- und unterströmt werden können.

Unter Abwägung festgelegter Zielsetzungen zu den Kriterien Zugänglichkeit, Geschiebe- und Treibgutabgabe, Betriebszustände und Steuerungsaufwand in Verbindung mit der geforderten hydraulischen Leistungsfähigkeit wurde das Doppelhakenschütz als Vorzugsvariante für die Wehrverschlüsse ausgewählt [64] und durch den AG bestätigt. Die Doppelhakenschütze ermöglichen eine Abgabe von Geschiebe und Treibgut ohne Unterbrechung des Teildauerstaus. Gleichzeitig ermöglichen sie eine optimale Kappung des Hochwasserscheitels aufgrund der unterschiedlichen Steuerungsvarianten.

#### Anzahl der Wehrfelder

Unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit der Verschlüsse, der Bautechnologie sowie geforderten hydraulischen Leistungsfähigkeit der Anlage wurde eine Wehranlage mit 4 Wehrfeldern als Vorzugsvariante abgeleitet [64] und durch den AG bestätigt. Die 4 Wehrfelder können auch unter (n-1)-Bedingung gemäß DIN 19700 den Bemessungshochwasserabfluss abführen und bieten gleichzeitig aus der sich ergebenden Wehrfeldbreite einen wirtschaftlichen Einsatz der favorisierten Doppelhakenschütze. Die gerade Wehrfeldanzahl führt darüber hinaus zu keiner Verkomplizierung des Bauablaufes und der Randbedingung Teildauerstau.

#### Standortwahl

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurden unter Berücksichtigung des Bauablaufes, der Zugänglichkeit zur Baustelle, der sich ergebenden geschätzten Baukosten sowie der Einhaltung der Forderung des Teildauerstaus folgende Standortvarianten untersucht [64]:

- Unterwasserstandort, Verschiebung um 30 m ins UW
- Oberwasserstandort
- Standorterhalt mit schrittweisem Rückbau in 2 Abschnitten
- Standorterhalt ohne Bauabschnitte
- Standorterhalt mit bauzeitlicher Wehranlage
- 2-Felder-Versatz
- 4-Felder-Versatz
- Standortalternative 750 m nördlich

Im Ergebnis konnte der Standorterhalt mit schrittweisem Rückbau in 2 Abschnitten als Vorzugsvariante bewertet werden [64]. Die geringen Veränderungen am bestehenden Gewässerverlauf der

Unstrut sowie die im Verhältnis stehenden Investitionskosten in Verbindung mit den hydraulischen Verhältnissen, dass während der Bauzeit jederzeit 2 Wehrfelder ohne zusätzliche Maßnahmen betriebsfähig sind, kennzeichnen diese technische Lösung.

### 3.2.5 Hydronumerische Modellierung

Zum Nachweis der Leistungsfähigkeit des Abschlussbauwerkes (TO11) wurden dreidimensionale hydrodynamisch-numerische Modellierungen durchgeführt. Im Zuge dieser Berechnungen erfolgte auch die Optimierung der in der Vorplanung [99] überschlägig ermittelten Geometrie des Tosbeckens.

Im Zuge der 3d-hn-Modellierung waren grundsätzlich folgende Nachweise zu erbringen:

1. Tosckenbemessung (und -optimierung): Nachweis der ausreichenden Energieumwandlung im Toscken im Hochwasserbemessungsfall 1
2. Nachweis der Leistungsfähigkeit TO11 im Hochwasserbemessungsfall 1
3. Nachweis der Leistungsfähigkeit TO11 im Hochwasserbemessungsfall 2
4. Außergewöhnliche Bemessungslastfälle (Risikobetrachtungen)

#### Ergebnisse Tosckenbemessung

Im Rahmen der Tosckenbemessung wurden nach Ermittlung der erforderlichen Öffnungshöhe der Unterschützen im Zuge der Geometrieoptimierung schrittweise die Tosckenlänge, die Tosckeneintiefung, eine verzahnte Endschwelle sowie die Anordnung von Störkörper variiert.

Aus den Modellierungsergebnissen ergibt sich eine notwendige Tosckenlänge von 22 m mit einer Eintiefung von 2 m und der Anordnung von 2 Störkörperreihen. Je Wehrfeld werden dabei in der ersten Reihe 2 Störkörper vorgesehen. In der zweiten Reihe wird je 1 Störkörper im Strömungsschatten der Zwischenpfeiler angeordnet. Die Störkörper haben die Abmessungen Breite x Tiefe x Höhe von 1,10 m x 1,50 m x 1,60 m. Diese Anordnung entspricht einem Verbaugungsgrad von etwa 50%.

Als Reserve für Modellungenauigkeiten, Bauzustände und Zukunftsreserven werden +2 m Tosckenlänge vorgesehen. Alle maßgebenden Modellvarianten – auch unter Berücksichtigung der (n-1)-Bedingung sowohl für ein Mittel- als auch für das Randfeld – wurden mit der Tosckenlänge von 24 m nachgerechnet und nachgewiesen.

Im Weiteren wurden mit Hilfe der 3d-hn-Modellierung die hydraulischen Belastungen auf verschiedene Konstruktionsteile als Eingangswert für die Tragwerksplanung ermittelt. Hierzu zählen Kräfte auf die Störkörper, die Endschwelle und die bauzeitliche Trennwand. Hierfür erfolgte auch die Modellierung des Bauzustandes.

#### Ergebnisse Nachweis der Leistungsfähigkeit

Für den Nachweis der Leistungsfähigkeit im Hochwasserbemessungsfall 1 muss unter Berücksichtigung der (n-1)-Bedingung über das TO11 ein Abfluss von mindestens 157 m<sup>3</sup>/s abgeführt werden (siehe Teil A, Anlage 3). Die Modellierung zeigt, dass bereits bei einer Öffnungshöhe der Unterschützen von 2,00 m beim Ausfall eines Randfeldes 165 m<sup>3</sup>/s und beim Ausfall eines inneren Feldes 162 m<sup>3</sup>/s abgeführt werden können.

Für den Nachweis der Leistungsfähigkeit im Hochwasserbemessungsfall 2 muss unter Ansatz aller 4 Wehrfelder über das TO11 ein Abfluss von mindestens 478 m<sup>3</sup>/s abgeführt werden (siehe Teil A, Anlage 3). Die Modellierung zeigt, dass bei einer Öffnung der Unterschütze von 4,25 m ein Abfluss von 493 m<sup>3</sup>/s abgeführt werden kann. Die Verschlüsse können zudem bis 4,89 m gezogen werden, sodass genügend Zukunftsreserven zum Abdecken von Modellungenauigkeiten vorhanden sind.

Die Anlage weist somit ausreichend Reserven hinsichtlich der Leistungsfähigkeit für alle bemessungsrelevanten Lastfälle auf.

#### Risikobetrachtung:

Im Bauzustand kann ein BHQ<sub>1</sub> mit nur zwei zur Verfügung stehenden Wehrfeldern mit ausreichender Reserve abgeführt werden. Es wird empfohlen, temporäre Strömungsumlenker (z.B. Betonfertigteile)

ca. 5 m unterhalb vom Baugrubenende im Flussbett zu versetzen, damit eine Beaufschlagung der gesamten Flussbettbreite erzielt wird.

Der vollständige Bericht zur 3d-hn-Modellierung enthält die detaillierte Beschreibung und Auswertung aller durchgeführten Berechnungen und ist in Unterlage 4 zu finden.

### 3.2.6 Vorüberlegungen

#### 3.2.6.1 Nachweiskonzept Hochwassersicherheit und -schutz

Das in Teil A, Anlage 3 zu findende Nachweiskonzept bildet die Berechnungsgrundlage zur Führung der Hochwassersicherheits- und Hochwasserschutznachweise am Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt untergliedert in den Bau- und den Planzustand. Im Nachweiskonzept sind sowohl die für die Führung dieser Nachweise anzusetzenden Einwirkungen und Randbedingungen als auch die Ergebnisse der Nachweisführung zusammengestellt.

Tabelle 3-1 fasst die für das Abschlussbauwerk (TO11) im Planzustand relevanten Nachweise und die wichtigsten Randbedingungen zusammen. Die Nachweisführung erfolgt im Planzustand im 3d-hn-Modell (siehe Abschnitt 3.2.5 und Unterlage 4). Unter Vorgabe des definierten Hochwasserstauziels  $Z_H = Z_{H1} = Z_{H2}$  wird für die Hochwasserbemessungsfälle HW-BF 1 und 2 nachgewiesen, dass mindestens die erforderliche Abflussleistung über das Abschlussbauwerk abgeführt werden kann:

Tabelle 3-1 Hochwassersicherheits- und Hochwasserschutznachweise Planzustand

HW-BF	BHQ	definiertes $Z_H$	berücksichtigte Wehrfelder	$Q_{HWE}$	zu erbringender Nachweis	Ergebnis der 3d-hn-Berechnung
1	$BHQ_1 = 567 \text{ m}^3/\text{s}$	$Z_{H1} = 151,85 \text{ m NHN (2016)}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (n-1)-Bedingung</li> <li>• <math>3 \times b = 4,00 \text{ m}</math></li> <li>• max. mgl. Öffnungshöhe: 4,89 m</li> </ul>	$410 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{TO11} \geq 157 \text{ m}^3/\text{s} = BHQ_1 - Q_{HWE}$	$Q_{TO11} = 162 \text{ m}^3/\text{s}$ (bei 2,00 m Öffnungshöhe) <b>→ Nachweis erbracht</b>
2	$BHQ_2 = 888 \text{ m}^3/\text{s}$	$Z_{H2} = 151,85 \text{ m NHN (2016)}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• n-Bedingung</li> <li>• <math>4 \times b = 4,00 \text{ m}</math></li> <li>• max. mgl. Öffnungshöhe: 4,89 m</li> </ul>	$410 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{TO11} \geq 478 \text{ m}^3/\text{s} = BHQ_2 - Q_{HWE}$	$Q_{TO11} = 493 \text{ m}^3/\text{s}$ (bei 4,25 m Öffnungshöhe) <b>→ Nachweis erbracht</b>
3	Der Nachweis des Hochwasserschutzes wird durch die separaten Hochwasserschutznachweise mittlere und untere Unstrut erbracht.					
Risikobetrachtung	Die gewählten mit Sicherheiten versehenen Bemessungsansätze im HW-BF 1 und 2 sind bereits als Überschreitung des Hochwasserbemessungsfalles 2 im Sinne einer Restrisikobetrachtung zu verstehen.					

Tabelle 3-2 fasst die für das Abschlussbauwerk (TO11) im Bauzustand relevanten Nachweise und die wichtigsten Randbedingungen zusammen. Die Nachweisführung erfolgt im Bauzustand auf Grundlage der in Teil A, Anlage 3, Anhang 1 durchgeführten Retentionsberechnungen. Unter Vorgabe der Zuflussganglinie wird die Stauhöhe für die Hochwasserbemessungsfälle HW-BF 1 und 2 ermittelt und nachgewiesen, dass das zulässige Hochwasserstauziel nicht überschritten wird:

Tabelle 3-2 Hochwassersicherheits- und Hochwasserschutznachweise Bauzustand

HW-BF	BHQ	definier- tes $Z_H$	berück- sichtigte Wehrfelder	zu erbringen- der Nachweis	Ergebnis der Retentionsberechnung
1	$BHQ_1 = 506 \text{ m}^3/\text{s}$	$Z_{H1} = 150,85 \text{ m NHN (2016)}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (n-2)-Bedingung</li> <li>• <math>2x \text{ b} = 3,30 \text{ m}</math></li> </ul>	$Z_H \leq Z_{H1}$	$Z_H = 150,57 \text{ m NHN (2016)} \leq Z_{H1}$ <b>→ Nachweis erbracht</b>
2 = Risikobe- trachtung	$BHQ_2 = 793 \text{ m}^3/\text{s}$	$Z_{H2} = 150,85 \text{ m NHN (2016)}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (n-2)-Bedingung</li> <li>• <math>2x \text{ b} = 3,30 \text{ m}</math></li> </ul>	$Z_H \leq Z_{H2}$	$Z_H = 151,06 \text{ m NHN (2016)} > Z_{H2}$ <b>→ Nachweis nicht erbracht</b>
3	Die Höhe des Vollstaus bleibt vollständig erhalten. TO11 kann den schadlosen Abfluss von $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ auch unter (n-2)-Bedingung abführen. Der Hochwasserschutz, den die Anlage für das Unterliegergebiet gewährleistet, ist daher bauzeitlich nicht eingeschränkt.				

Die Kombination von Abflüssen  $> BHQ_1$  mit dem Revisionsfall, wie hier im HW-BF 2 des Bauzustandes angesetzt, ist kein nachzuweisender Bemessungsfall, sondern wird im Folgenden im Rahmen der bauzeitlichen Risikobetrachtungen bewertet:

Beim  $BHQ_2$  handelt es sich um ein Extremereignis, das statistisch gesehen 1x in 10.000 Jahren auftritt. Dass dieses Ereignis während der Bauzeit von 4 Jahren auftritt, ist extrem unwahrscheinlich und deshalb nicht bemessungsrelevant. Die Überschreitung des Hochwasserstauziels ist daher hinnehmbar. Für den Fall, dass dieses Ereignis doch während der Bauzeit auftritt, sind keine zusätzlichen Maßnahmen am TO11 erforderlich. Bei der ermittelten Stauhöhe von 151,06 m NHN (2016) wird die Oberkante der Spundwand von 151,00 m NHN (2016), die in der Bauzeit als Hochwasserschutzwand fungiert, überströmt. Da zu diesem Zeitpunkt die Baugrube aber bereits von Unterwasser kontrolliert geflutet wurde und es sich um eine geringe Überfallhöhe handelt, kann von dieser Überströmung kein zusätzliches Risiko für TO11 abgeleitet werden.

### 3.2.6.2 Lastenheft

Das Lastenheft befindet sich in der Unterlage 5.

Die mit den Hochwassersicherheits- und Hochwasserschutznachweisen ermittelten bzw. nachgewiesenen Wasserspiegellagen gehen als maßgebende Randbedingung bzw. Einwirkung in die weiteren Planungen und zu führenden Sicherheitsnachweise an Massiv-, Stahlwasser- und Erdbau ein und sind den entsprechenden Bemessungssituationen (DIN 19-700-11 [2] Gesamtsicherheitskonzept BS I, II und III bzw. DIN 1054 [12] Teilsicherheitskonzept BS-P, BS-T und BS-A) zugeordnet.

Diese Zuordnung inkl. der zugehörigen Unterwasserstände kann für den Planzustand Tabelle 3-3 und für den Bauzustand Tabelle 3-4 entnommen werden.



Tabelle 3-3 Bemessungswasserstände Planzustand

Bemessungssituation	Oberwasserstand	Unterwasserstand
BS I / BS-P	Vollstau $Z_V = 150,81$ m NHN (2016)	Max: 146,00 m NHN (2016) (bei schadlosem Abfluss $Q = 100$ m <sup>3</sup> /s) Min: 142,40 m NHN (2016) (bei Abfluss $Q = 0$ m <sup>3</sup> /s)
BS II / BS-T	Hochwasserstauziel $Z_{H1} = 151,85$ m NHN (2016)	147,45 m NHN (2016) (siehe Teil A, Anlage 3)
BS III / BS-A	Hochwasserstauziel $Z_{H2} = 151,85$ m NHN (2016)	147,80 m NHN (2016) (siehe Teil A, Anlage 3)
Risiko-betrachtung	Kronenstau $Z_K = 153,00$ m NHN (2016)	Max: 147,80 m NHN (2016) (wie bei BHQ <sub>2</sub> ) Min: 146,80 m NHN (2016) (Bruch des Verkehrsdamms, gem. den Modellversuchen von 2017 [78] 1 m tiefer als der Unterwasserstand bei BHQ <sub>2</sub> )

Auf der sicheren Seite liegend wird die Risikobetrachtung im Planzustand in den Sicherheitsnachweisen der Bemessungssituation BS-A und das Hochwasserstauziel  $Z_{H2} = Z_{H1}$  der Bemessungssituation BS-T zugeordnet (siehe dazu Lastenheft, Unterlage 5).

Tabelle 3-4 Bemessungswasserstände Bauzustand

Bemessungssituation	Oberwasserstand	Unterwasserstand
BS I / BS-P	Vollstau $Z_V = 149,81$ m NHN (2016)	Max: 146,00 m NHN (2016) (bei schadlosem Abfluss $Q = 100$ m <sup>3</sup> /s) Min: 142,40 m NHN (2016) (bei Abfluss $Q = 0$ m <sup>3</sup> /s)
BS II / BS-T	Hochwasserstauziel $Z_{H1} = 150,57$ m NHN (2016) (s. Teil A, Anlage 3)	147,40 m NHN (2016) (siehe Teil A, Anlage 3)
BS III / BS-A	Kronenstau $Z_K = 151,00$ m NHN (2016) (= OK HWS-Wand)	147,40 m NHN (2016) (wie bei BHQ <sub>1</sub> )

### 3.3 Variantenuntersuchung und Ableitung der Vorzugslösung

#### 3.3.1 Vorzugsvarianten der Vorplanung

Im Rahmen der Vorplanung [99] wurden Variantenuntersuchungen durchgeführt und folgende **Vorzugsvarianten** ermittelt:

- Lage der Revisionsverschlüsse oberwasserseitig:
  - Lage oberwasserseitig des Überbaus
  - **Lage im Bereich des Überbaus, Abdeckungen im Überbau zum Setzen der Revisionsverschlüsse**

- Konstruktive Ausbildung der Einbindekörper:
  - Gewichtswand
  - Kastenfangedamm (Trogbauwerk)
  - **Winkelstützwand**
- Böschungs- und Sohlsicherung in der Unstrut:
  - Steinschüttung
  - Steinsatz
  - **Steinschüttung, Teilverguß**
- Baugrubenverbau (Hochwasserschutz):
  - Spundwand Fangedamm
  - Spundwand Zugband (oberwasserseitig)
  - Spundwand horizontale Drucksteifen über Baugrube
  - Spundwand geneigte Drucksteife
  - **Spundwand geneigte Drucksteife mit zus. Berme**
  - Bohrpfahlwand mit Aufsatzkonstruktion

Die entsprechenden Auszüge aus der Vorplanung (Erläuterungsbericht und Zeichnungen) sind als Unterlage 2 beigelegt.

### 3.3.2 Ökobilanzierung Varianten Einbindekörper

Zu den Vorplanungsvarianten der Flügelwände/ Einbindekörper des TO11 wurde eine Ökobilanzierung im Rahmen einer Masterarbeit [116] zur Ermittlung des CO<sub>2</sub>-Fußabdruckes sowie der Lebenszykluskosten durchgeführt.

Die Ermittlung der Ökobilanz erfolgte auf Grundlage der EPD (engl. *environmental product declaration*) der Plattform ÖKOBAUDAT des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, in welchen die umweltrelevanten Eigenschaften eines bestimmten Produktes in Form von objektiven Daten abgebildet sind. Die Daten decken alle Auswirkungen ab, die das Produkt bzw. die Baustoffe auf ihre Umwelt entlang des gesamten Lebensweges von der Rohstoffgewinnung bis zur Entsorgung und ggf. Wiederverwendung/ Aufbereitung (Vgl. Abbildung 11) haben. Die EPDs bilden in den einzelnen Lebensphasen nicht einen einzelnen Kennwert, sondern eine Vielzahl verschiedener Umwelteinflüsse ab wie bspw. Treibhausgasemissionen, saurer Regen, Bildung von SMOG, Verbrauch fossiler Ressourcen und Wasser. Die EPD-Datensätze der ÖKOBAUDAT erfüllen die über die DIN EN 15804 hinausgehenden Anforderungen.

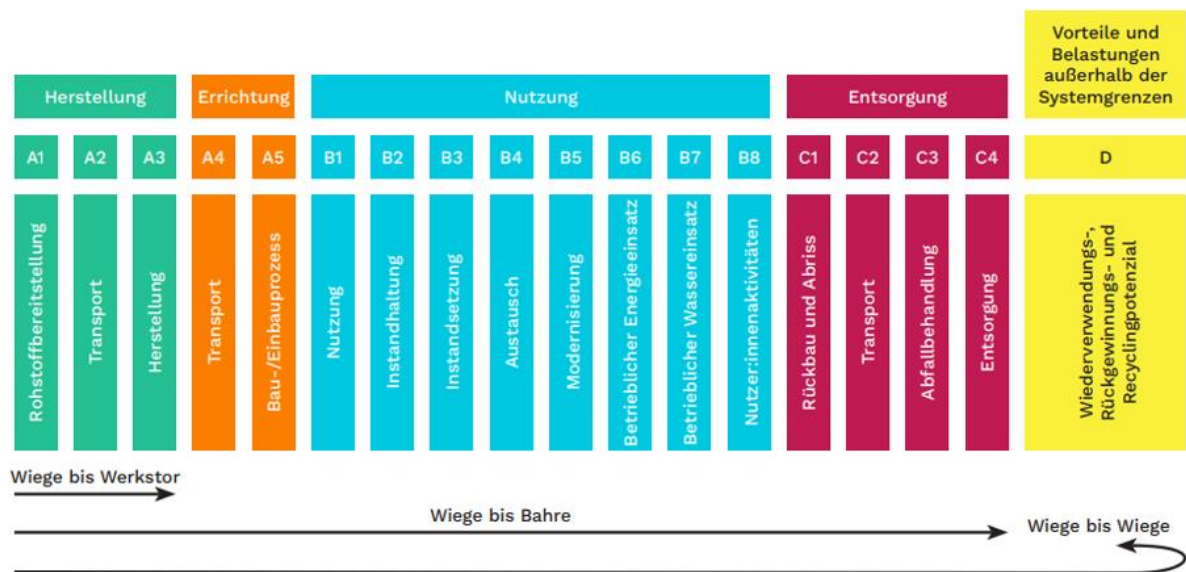


Abbildung 11: Lebenszyklusphasen nach DIN EN 15643 (Quelle: Attitude Building Collective)

Abbildung 12 stellt die Flügelwand-Varianten aus der Vorplanung dar, wobei Variante 1 (Schwergewichtswand) der Konstruktion des bestehenden Bauwerkes entspricht. Die Varianten der Flügelwände aus der Vorplanung [99] wurden einer Ökobilanzierung unterzogen, wobei der Hauptaugenmerk auf die Auswertung des sog. GWP (engl. *global warming potential*) gelegt wurde. Dieser Parameter wird in kgCO<sub>2</sub>e angegeben und beschreibt den tatsächlichen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck des Bauteiles. Im Vorfeld der Bilanzierung wurden 3d-Bauwerksmodelle mit der Software Autodesk Revit® erstellt.

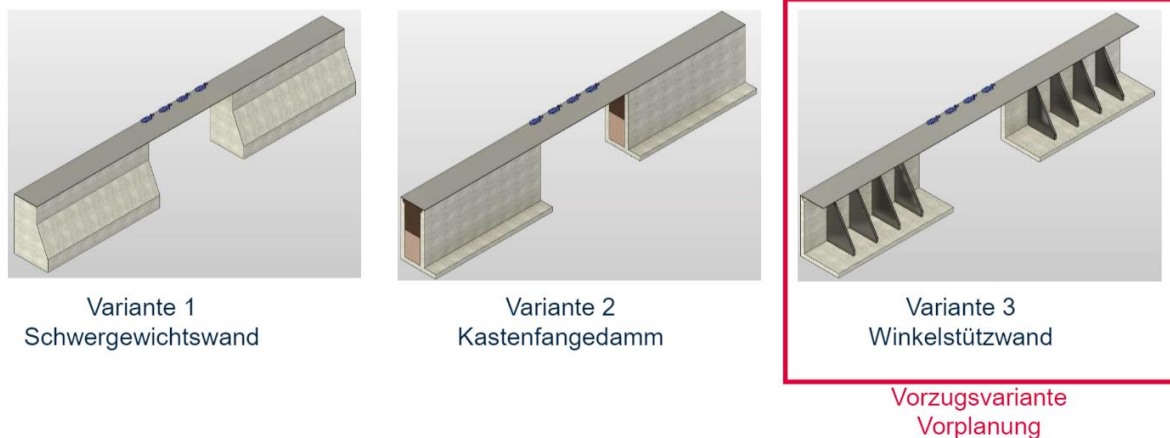


Abbildung 12: 3d-Bauwerksmodelle der Flügelwand-Varianten aus der Vorplanung [116]

Die eigentliche Ökobilanzierung erfolgte mittels der Softwarelösung OneClickLCA®. Hierzu wurden auf Grundlage der geplanten Bauteilabmessungen und damit erforderlichen Einbaumengen, welche sich aus der Vorstatik ableiten ließen, sowie den EPDs Bilanzierungen je Lebensphase und Variante durchgeführt.

Im Ergebnis der Bilanzierung [116] konnte u.a. festgestellt werden, dass die Variante 3 (ausgesteifte Winkelstützwände) der Vorplanung [99] gegenüber den beiden anderen Varianten 1 (Schwergewichtswand) und 2 (Kastenfangedamm) einen deutlich reduzierten CO<sub>2</sub>-Verbrauch aufweist. Dies begründet sich im geringen Materialverbrauch an Beton und Bewehrungsstahl, welcher besonders in der Lebensphase A (Herstellung und Errichtung, Vgl. Abbildung 11) einen Effekt erzielt.



Abbildung 13: Vergleich Parameter GWP der einzelnen Vorplanungsvarianten Flügelwände [116]

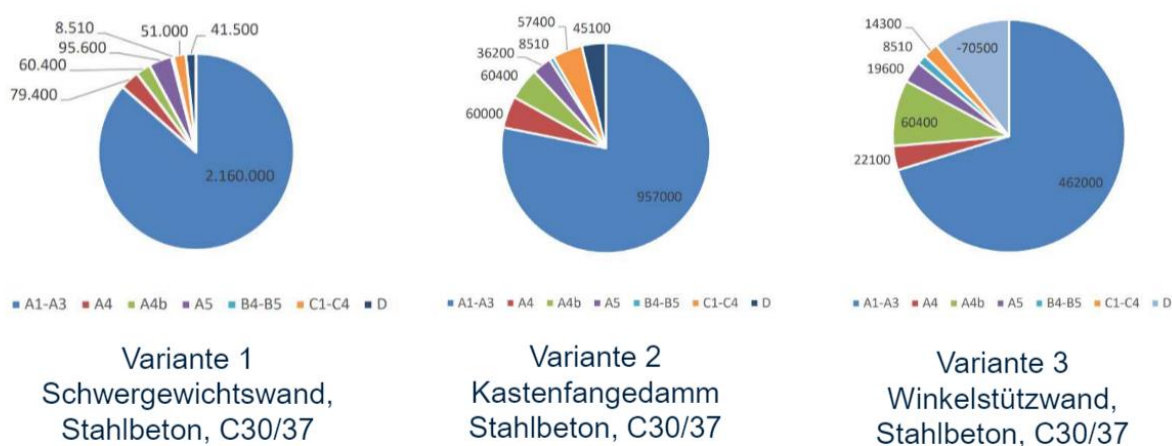


Abbildung 14: Aufteilung GWP für Beton C30/37 gemäß ÖKOBAUDAT in kg CO2e je Variante über die Lebenszyklusphasen A bis D [116]

Abbildung 14 zeigt, dass besonders die Lebenszyklusphasen A1-A3 (Herstellungsprozess im Werk) einen entscheidenden Einfluss auf den Baustoff Beton C30/37 haben, wohingegen die Phase A4 (Transport zur Baustelle) als untergeordnet zu bewerten ist. Auch eine Varianz in der Transportdistanz für C30/37 zeigte nur einen geringen Anstieg des GWP.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Variante mit dem geringsten Betonbedarf (Vorzugsvariante ausgesteifte Winkelstützwand) den geringsten CO<sub>2</sub>- Ausstoß bedingt und damit über alle Lebensphasen betrachtet die Vorzugslösung darstellt.

Bezogen auf die Variante 1 (Schwerkgewichtswand), welche einer Konstruktion analog dem bestehenden Bauwerk ergibt, ergeben sich folgende CO<sub>2</sub>-Einsparungspotenziale:

Tabelle 3-5 CO2-Einsparpotenziale Flügelwand-Varianten

<b>Variante Flügelwand</b>	<b>GWP [t CO2e]</b>	<b>CO2-Einsparpotenzial bezogen auf Lebensphasen A-D ggü. Variante 1</b>
Variante 1 Schwergewichtswand	2.500	0%
Variante 2 Kastenfangedamm	1.200	52%
Variante 3 Winkelstützwand	580	77%

## 3.4 Beschreibung der gewählten Lösung

### 3.4.1 Massivbau

Das ABW, bestehend aus Wehr, Flügelwänden und Tosbecken wird als Massivbau errichtet. Der Entwurf erfolgte unter Berücksichtigung der Normengruppe DIN 19700, DIN 19702 sowie der ZTV-W LB215. Die Hauptbaustoffe sind:

- Wehranlage inklusive Uferwände und Tosbecken sowie Überbau C35/45
- Störkörper C40/50
- Betonstahl B 500 B

Hinsichtlich der Steifigkeitsverhältnisse sowie dem Lastabtrag- und Setzungsverhalten der einzelnen Bauteile wird das Wehr von den Flügelwänden, das Wehr vom Tosbecken sowie die Tosbeckenwangen von der Tosbeckensohle durch Raumfugen getrennt.

#### 3.4.1.1 Wehr

Der Ersatzneubau erfolgt als eine 4-feldrige Wehranlage mit einer lichten Wehrfeldbreite von jeweils 4,00 m. Die Wehrpfeiler und Wehrwangen sind senkrecht zur Achse des Hauptdamms angeordnet.

Die Wehrkonstruktion wird flach gegründet. Sie ist als Rahmentragwerk geplant, d.h. die Wehrwangen und Wehrpfeiler sind monolithisch mit der Bodenplatte verbunden. Die Wangen der Wehranlage und die Pfeiler dienen als Auflager für die Wehrbrücke. Der Brückenüberbau wird ebenfalls monolithisch angeschlossen.

Die Wangenbreite beträgt 1,00 m und die Pfeilerbreite 1,50 m. Wangen und Pfeiler sind oberwasserseitig abgerundet, um einen widerstandsarmen Wasserzufluss zu gewährleisten. Unterwasserseitig wird auf eine Ausrundung der Pfeiler verzichtet.

Die Gründungsebene befindet sich auf 139,40 m NHN (2016). Die OK Bodenplatte befindet sich im Bereich der Wehrschwelle bei +142,40 m NHN (2016) und fällt auf +140,40 m NHN (2016) Richtung Tosbecken ab. Die dadurch entstehende Wehrschwelle wird ausgerundet  $R = 5,00$  m und mit einer Neigung von 1,7:1 hergestellt.

Um im Bereich der Wehrschwelle eine massive hoch bewehrte Bodenplatte mit einer Höhe von 3,00 m zu vermeiden, wird für die Herstellung der Bodenplatte in diesem Bereich zunächst ein unbewehrter Betonkörper aufgebracht. Auf diesem wird anschließend die 1,0 m hohe Bodenplatte hergestellt.

Aufgrund der Herstellung der Gesamtanlage in zwei Bauabschnitten ist am Übergang vom 1. BA (Süd) zum 2. BA (Nord) eine Arbeitsfuge in der Bodenplatte angeordnet. Die Bewehrung ist in der Arbeitsfuge mit Gewindeanschlüssen zu koppeln.

Das Wehrbauwerk ist durch Raumfugen von den angrenzenden Flügelwänden und dem Tosbecken getrennt.

Um ein Unterströmen des Wehrkörpers zu verhindern, wird oberwasserseitig eine Einbindung in die geringdurchlässigen Schichten (Keuper/Keuperzersatz) angeordnet. Die Einbindung erfolgt mit Hilfe einer im Keuper dicht ausgeführten Spundwand, an die das Wehrbauwerk wasserdicht angeschlossen wird. Der wasserdichte Anschluss erfolgt durch einbetonierte Injektionsschläuche.

Im Beton der Massivbauwerke werden die Nischenpanzerungen (Material: 1.4301/X5CrNi18-10) des Stahlwasserbaus eingebaut. Der Einsatz von Zweitbeton ist nicht vorgesehen.

#### 3.4.1.2 Flügel

Die massiven Flügelwände schließen nördlich und südlich an das Wehr an und binden in den Hauptdamm ein. Die Flügelwände werden vom Wehr durch eine Raumfuge getrennt. Sie werden als ausgesteifte Winkelstützwand ausgebildet. Die Sohlplatte ist 9,00 m breit und 1,50 m hoch. Die oberwasserseitig angeordnete Stauwand ist 1,00 m breit und monolithisch an die Sohlplatte angeschlossen. Die

Stauwand muss aus statischen Gründen in Querrichtung mit Wandscheiben ausgesteift werden. Der Abstand der Quersteifen beträgt 5,00 m.

Die Flügelwände werden flach gegründet. Die Gründungsebene befindet sich wie beim Wehrbauwerk auf +139,40 m NHN (2016).

Um ein Unterströmen der Flügelwände zu verhindern, wird oberwasserseitig eine Einbindung in die geringdurchlässigen Schichten (Keuper/Keuperzersatz) angeordnet. Die Einbindung erfolgt mit Hilfe einer im Keuper dicht ausgeführten Spundwand, an die die Flügelmauer wasserdicht angeschlossen wird. Der wasserdichte Anschluss erfolgt durch einbetonierte Injektionsschläuche.

Zur Minimierung der seitlichen Umströmung der Flügelmauern wird eine seitliche Sickerwegverlängerung hergestellt. An die Flügelenden ist dazu ein Spundwandschloss mittels Flanschblech anzuschließen. Die seitliche Sickerwegverlängerung wird als Spundwand nach Abschluss der Hinterfüllung eingebracht.

### **3.4.1.3 Tosbecken**

Das massive Tosbecken schließt unterwasserseitig an das Wehr an. Wehr und Tosbecken werden durch eine Raumfuge getrennt. Den seitlichen Abschluss des Tosbeckens bilden die Wehrwangen. Das Tosbecken und die Wehrwangen sind ebenfalls durch eine Raumfuge getrennt. Im Anschluss an das Tosbecken ist fugenlos die Endschwelle angeordnet. In der Tosbeckensohle sind Entlastungsöffnungen für den Druckausgleich vorgesehen.

Aufgrund der Herstellung der Gesamtanlage in 2 Abschnitten ist im Übergang vom 1. Bauabschnitt (Nord) zum 2. Bauabschnitt (Süd) eine Arbeitsfuge angeordnet. Im Bereich der Tosbeckensohle bildet die Spundwand der Baugrubenumschließung die Trennfuge zwischen BA1 und BA2.

Die Gründungssohle des Tosbeckens befindet sich auf +139,40 m NHN (2016). Die massive Platte ist 19,70 m breit und 1,00 m hoch. Aufgrund der hydraulischen Anforderungen (vgl. Abschnitt 3.2.5) zur Energieumwandlung wird das Tosbecken auf einer Länge von 24 m mit einer Eintiefung von 2 m hergestellt. Die Eintiefung auf +140,40 m NHN (2016) erfolgt unmittelbar hinter den Doppelhakenschützen im Bereich des Wehrkörpers.

Im Ergebnis der hydraulischen Bemessung sind 11 Störkörper mit Abmessungen von 1,50 m × 1,10 m × 1,60 m (L × B × H) auf der Tosbeckensohle anzuordnen, um eine möglichst vollständige Energieumwandlung im Tosbecken auch bei niedrigen Unterwasserständen sicherzustellen.

### **3.4.1.4 Wehrwangen am Tosbecken**

Die Wehrwangen bilden den seitlichen Abschluss des Tosbeckens. Tosbecken und Wehrwangen sind durch eine Raumfuge voneinander getrennt. Die Wehrwangen sind flach gegründet und werden als Winkelstützwand ausgebildet.

Die UK Gründungssohle liegt bei +139,40 m NHN (2016). Die Breite der 1,00 m hohen erdseitigen Sporn beträgt nach statischen Erfordernissen 4,20 m. Die Breite des wasserseitigen Sporns beträgt 0,30 m, welche durch die verzahnte Fuge unter Schnitten wird.

Die aufgehende Wand der Wange ist 5,70 m hoch (OK +146,10 m NHN (2016)) und 1,00 m breit. Den oberen Abschluss bildet ein 1,10 m hohes Füllstabgeländer.

### **3.4.1.5 Wehrbrücke**

Der auf dem Hauptdamm angeordnete Wartungsweg wird im Bereich des Wehres über die Unstrut überführt. Die Wehrbrücke, welche in Anlehnung an ZTV-Ing [36] ausgeführt wird, ist als Vierfeld-Stahlbetonplatte geplant. Die lichte Weite der einzelnen Brückenfelder beträgt 4,00 m.

Der 50 cm hohe Brückenüberbau ist biegesteif mit den Wehrwangen bzw. den Wehrpfeilern verbunden. Die Anordnung von Lagern, die lediglich eine Nutzungsdauer von 25 Jahren besitzen und sehr wartungsintensiv sind, entfällt somit.



Der Überbau erhält einen Brückenbelag aus 4 cm Deckschicht, 3,5 cm Schutzschicht, Bitumen-Schweißbahn und Versiegelung. Der Überbauabschluss zum Damm erfolgt nach RiZ-ING Abs. 5.

An den seitlichen Überbaurändern werden auf der Dichtung aufliegende Randkappen mit 20 cm hohen Schrammborden zum Schutz des Fahrzeugverkehrs angeordnet. Auf den Kappen befindet sich auf der Westseite ein Füllstabgeländer als Absturzsicherung mit einer Höhe von 1,10 m. Auf der Ostseite schließt der Bediensteg für den Stahlwasserbau an.

Um einen LKW mit Ladekran auf den Brückenkappen abprätzen zu können, beträgt die Fahrbahnbreite 5,00 m, die westliche Kappenbreite 1,00 m und die östliche Kappenbreite 0,75 m. Die Kappen werden in Anlehnung an RiZ-ING Kap 6 ausgebildet.

In den Kappen werden jeweils zwei Leerrohre DN110 für die Leitungsüberführung vorgesehen.

Die Öffnungen zum Setzen der Revisionsverschlüsse liegen im Bereich der Fahrbahn. In der Überbauplatte werden dazu Aussparungen angeordnet, wodurch im Bedarfsfall die Revisionsverschlüsse gesetzt werden können. Die Abdeckungen sind für die Belastungsklasse D400 auszulegen.

Die Brückenentwässerung erfolgt über Quergefälle und Pendelrinne zu den vier Brückeneinläufen jeweils in Feldmitte. Das gefasste Wasser wird durch eine Auslauffülle in die Unstrut abgegeben. Damit wird auf ein Längsgefälle verzichtet.

### **3.4.1.6 Gestaltung**

Alle sichtbaren vertikalen Flächen der Massivbauwerke und die sichtbaren Flächen des Überbaus werden mit Hilfe vertikal ausgerichteter Brettschalung in der Sichtbetonklasse 2 hergestellt.

Die Gesimsflächen der Kappen sind mit glatter saugender Schalung herzustellen. Auf der Kappenoberfläche ist ein Besenstrich quer zur Laufrichtung anzuordnen.

Eine Jahreszahlmatrize nach RiZ-ING Jahr 1 ist im BA2 wasserseitig oberhalb  $Z_v$  einzubauen.

### **3.4.1.7 Fugen**

Aufgrund der erheblichen Abmessungen der Massivbauteile sind Arbeits- und Raumfugen anzuordnen.

#### **Arbeitsfugen**

Die Lage der Arbeitsfugen wird im Rahmen der Ausführungsplanung festgelegt. Die Abdichtung der Arbeitsfugen erfolgt durch Fugenbleche (Stahl 2x 300 mm) sowie zusätzlich im Bereich frei bewitterter Betonoberflächen und der Wasserwechselzone durch Injektionsschläuche (ZTV-W LB 2015, Pkt. 139). Zur Erzielung eines ausreichenden Verbundes ist das Grobkorngerüst freizulegen.

#### **Raumfugen**

Allgemein werden für die Raumfugen eine Breite von 2 cm vorgesehen.

Die Raumfugen zwischen ABW und Flügelwand müssen wasserdicht ausgeführt werden. Gem. ZTV-W sind daher zwei innenliegende Elastomerfugenbänder FMS400 vorzusehen (siehe Plan TO11-5.3). Als weitere Redundanz und zur nachträglichen Abdichtung werden Verpressschläuche für etwaige Undichtigkeiten angeordnet. Die Fugenbänder werden über dicht angeschweißte Flanschbleche an der Spundwand der vertikalen Sickerwegsverlängerung angeschlossen. Zur Begrenzung der Relativbewegung in der Fuge ist eine Verzahnung an Sohle und Wand auszuführen. Auf Grund des Platzbedarfs für zwei innenliegende Fugenbänder sowie der Verzahnung ist der Querschnitt an der Fuge entsprechend aufzuweiten, damit ausreichender Platz für die Bewehrung und der konstruktiven Durchbildung vorhanden ist. Die Funktionsfähigkeit der Fugendichtung ist zu kontrollieren (3.4.7.7). Zur Kontrolle und Überwachung der Fugendichtigkeit wird erdseitig ein Kontrollschacht aus einem halbierten Stahlrohr Ø500 vorgesehen.

Die Raumfuge in den Kappen erfolgt nach RiZ-ING Fug 3.

Die Raumfuge zwischen ABW und Tosbecken wird durch eine 2 cm dicke Fugeneinlage aus einer feuchtigkeitsunempfindlichen Fugeneinlage (z.B. Hartschaumplatte) sowie einem innenliegenden

Fugenband FM300 gebildet. Erdseitig wird konstruktiv ein Geotextil zum Schutz der Fugeneinlage angeordnet. Wasserseitig erfolgt eine Abdeckung aus Edelstahl, um ein Ausspülen der Fugeneinlage infolge der turbulenten Energieumwandlung im Tosbecken entgegenzuwirken. Auf der Planie wird an den Raumfugen ein Einschlag-Fugenband angeordnet, welches bis 30cm unter OKG bzw. wasserseitig 30cm unter OK Planie geführt wird. Wasserseitig wird das Ende des Einschlag-Fugenbandes durch diese Abdeckung aus Edelstahl geschützt.

Die horizontalen Fugen in der Tosbeckensohle werden als verzahnte Fugen mit konsolartiger Übergreifung vorgesehen, damit im Falle von Auftriebskräften auf die Tosbeckensohle Versätze zwischen den anliegenden Bauteilen vermieden werden. Eine Abdichtung der Fugen ist nicht erforderlich. Das Ausspülen von Bodenteilchen durch die Fuge wird durch eine geotextile Filterlage unter der Bauwerkssohle erzielt. In Fließrichtung wird ein vertikaler Versatz von 10 mm angeordnet, um ein Auftreffen des Schussstahls auf die Fugenflanke auszuschließen.

### 3.4.1.8 Betonbauqualitätskonzept

Im Zuge der bauaufsichtlichen Einführung der neuen DIN 1045 wird das Betonbauqualitätskonzept (BBQ-Konzept) verbindlich.

Auf Grund der anzuwendenden Regelwerke der ZTV-ING für den Brückenüberbau sowie insbesondere für die übrigen Massivbauteile des Wasserbaus nach ZTV-W LB215, die Art der Ausbildung des Fugenkonzepts, die Einstufung in die Expositionsclassen sowie die vorgesehene Nutzungsdauer von 100 Jahren ist von einer Planungsklasse PK-S sowie einer Betonklasse BK-E/S auszugehen. Daher erfolgt die Gesamteinstufung in die Betonbauqualitätsklasse BBQ-S und es wird im Zuge der weiteren Planung ein Betonbaukonzept erforderlich.

Für die besonderen Anforderungen an Ingenieur- und Wasserbauwerke werden mit dem BBQ-Ausschreibungsgespräch und dem BBQ-Ausführungsgespräch zwei neue konkrete Kommunikationsformate eingeführt.

Das BBQ-Ausschreibungsgespräch erfolgt nach der Planungsphase Ausführungsplanung. Ziel ist die Anarbeitung des Betonbaukonzeptes mit der Erarbeitung von Festlegungen für die Ausschreibung hinsichtlich Herstellung, Einbau und Nachbehandlung des Betons.

## 3.4.2 Verkehrsanlagen

### 3.4.2.1 Trassierungsgrundsätze

Zur Zugänglichkeit des Abschlussbauwerks wird sowohl der Ausbau der luftseitigen nördlichen Zufahrt als auch der Neubau einer Zufahrt im Süden notwendig (Vgl. TO11-2.4). Im Zuge der Entwurfsplanung wurden zunächst Bemessungsfahrzeuge für die jeweiligen Wirtschaftswege bestimmt.

Die Demontage des vorhandenen Stahlwasserbaus, die Montage der neuen Schütze und das zukünftige Setzen und Ziehen der Revisionsverschlüsse erfordern den Einsatz eines Mobilkrans. Maßgebend für die Auswahl des Mobilkrans sind die Masse der neuen Unterschütze und die erforderliche Ausladung. Im Ergebnis sind die Zufahrt und die Kranaufstellfläche für einen sechssachsigen Mobilkran zu dimensionieren. Zum Setzen der Revisionsverschlüsse kann ggf. auf einen kleineren Mobilkran zurückgegriffen werden.

Tabelle 3-6: bemessungsrelevante Parameter Mobilkran

Parameter	
Ausladung	50 m
Maßgebende Bauteillast (Doppelhakenschütz, Unter-/Oberschütz)	7 t (Oberschütz) 10 t (Unterschütz)
Höhe Störkante (Wehrbrücke) über Stellfläche	8,00 m

Tabelle 3-7 Trassierungsparameter Bemessungsfahrzeuge

Fahrzeug	Tieflader	Kipplaster	Mobilkran (72 t Fahrzeuggewicht)
Länge	16,27 m	12,58 m	17,45 m
Fzg.-Breite	2,50 m	2,50 m	3,00 m
Lenkeinschlag	35,5°	35,5°	18,9°
Befahrung	Nord/Süd	Nord/Süd	Süd

Es wurde für beide Zufahrten eine Schleppkurvenberechnung mit den o.g. Bemessungsfahrzeugen durchgeführt.

Im Süden soll künftig die Stellfläche für einen Mobilkran zum Ein- und Aushub des Stahlwasserbaus und der Revisionsverschlüsse entstehen. Aufgrund der deutlich längeren und kurvenreichen Zufahrt im Norden sowie der Abbiegesituation im Bereich Schwerstedter Str./Eisenbahnbrücke entfällt diese Alternative.

Auch nach der Umverlegung der B4 und der damit verbundenen beschränkten Zufahrt aus Richtung Henschleben muss die Zufahrt mit dem Mobilkran zum ABW ermöglicht werden. Der Wenderadius des maßgebenden Fahrzeugs macht eine Anpassung der Einfahrt von der B4 notwendig. Damit einhergehend ist die Verrohrung darunter zu ertüchtigen, indem das DN1000 Betonrohr verlängert und der Auslaufbereich neu gepflastert wird. Die Schranken zur Rampe und der Zufahrt Süd sind als Ersatzneubau wiederherzustellen und die Böschungen anzupassen.

Aufgrund der Streckenlänge und der beschränkten Sichtweite der nördlichen Zufahrt sind zwei Ausweichstellen entlang des Weges vorgesehen, die eine Begegnung von zwei Fahrzeugen ermöglichen.

### 3.4.2.2 Verkehrsbelastung

Im Rahmen des Vorhabens sind folgende wesentlichen Massentransporte erforderlich, die zur Bemessung der Baustraßen und Zufahrten maßgeblich sind:

- 15.000 m³ Aushub --> Entsorgung
- 21.000 m³ Aushub --> Zwischenlager im Baufeld
- 21.000 m³ Zwischenlager --> Einbau
- 19.000 m³ Bodenlieferung --> Einbau
- 10.000 m³ Betonabbruch --> Entsorgung
- 10.000 m³ Betonlieferungen --> Einbau

Die Massentransporte summieren sich auf ca. 96.000 m³. Unter den Annahmen von ca. 10 m³ Beladung je LKW, 4 Achsen je LKW und jeweils 2 Fahrten je Umlauf ergeben sich insgesamt ca. 80.000 Achsüberfahrten für das gesamte Vorhaben und ca. 40.000 Achsüberfahrten je BA.

Ein gemäß DWA-Arbeitsblatt 904: Richtlinien für den ländlichen Wegebau [16] bemessener Oberbau kann nicht bei Frost befahren werden. Aus diesem Grund erfolgte die Bemessung in Anlehnung an RStO 12: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen [27]. Die bauzeitlich befahrene Tragschicht entspricht der Belastungsklasse 0,3. Die später ergänzte Asphalttragdeckschicht kann in reduzierter Schichtstärke eingebaut werden, da sie keine Belastungen aus Baustellenverkehr aufnehmen muss.

### 3.4.2.3 Zufahrten

Am links- und rechtsseitigen Vorland unterstrom des TO11 sind jeweils Zuwegungen für Unterhaltungszwecke bzw. als Zufahrt für den Mobilkran herzustellen.

Im Norden wird die Zufahrt von der Schwerstedter Straße kommend, den Auslaufbereich der HWE (TO14) kreuzend, parallel zum Hauptdamm Nord geführt.

Der Abschnitt von km 0+000 bis 0+280 verläuft über Flächen Dritter. In diesem Bereich ist geplant, die Zufahrt bauzeitlich durch eine 30 cm Schotterschicht auf geotextiler Trennlage zu ertüchtigen und nach Abschluss der Arbeiten den ursprünglichen Zustand wiederherzustellen. Der restliche Abschnitt von km 0+280 bis km 1+120 wird nach Abschluss der Massentransporte in Asphaltbauweise hergestellt.

Die Tragschichten der späteren Zufahrten werden bereits zu Baubeginn erstellt und bauzeitlich genutzt. Die Asphalttragdeckschicht wird zu Bauende ergänzt. Aufgrund der zahlreichen Achsüberfahrten während der Bauzeit erfolgt die Bemessung des Oberbaus für die Belastungsklasse 0,3 dabei nach RStO 12 [27], ZTV-E Stb [28] und ZTV Asphalt [30]:

- 10 cm Asphalttragdeckschicht AC 16 TD, gem. ZTV Asphalt-StB 07/13
- 50 cm Frostschutzschicht gem. ZTV-SoB-StB 20,  $E_{v2} \geq 100 \text{ MPa}$

Es gelten folgende Randbedingung für den Regelquerschnitt:

- 4,00 m Regelbreite mit 3,00 m Fahrbahn und jeweils 0,50 m Bankett
- Einseitneigung, Richtung Vorland, mit 2,5 % Quergefälle (6% Bankett)

Es ist eine Beschränkung der Zuwegung für die öffentliche Nutzung vorzusehen. Am Ende der Zufahrt ist eine Stellfläche für PKW und Abstellmöglichkeit für Bagger zu Unterhaltungszwecken zu errichten, sowie eine Wendefläche. Um Begegnungsverkehr zu steuern, sind Ausweichstellen vorzusehen (siehe Plan TO11-2.4). Die Entwässerung der Stellfläche erfolgt über ein Quergefälle von 2,5 % in Richtung einer begrünten Versickerungsmulde.

Im Süden wird die Zufahrt zum T011 über die B4, Ortslage Vehra, hergestellt. Um die Befahrbarkeit mit einem sechssachsigen Mobilkran sicher zu gewährleisten, wird die Strecke asphaltbefestigt nach RStO12 und ZTV-E Stb:

- 10 cm Asphalttragdeckschicht AC 16 TD, gem. ZTV Asphalt-StB 07/13
- 50 cm Frostschutzschicht gem. ZTV-SoB-StB 20,  $E_{v2} \geq 100 \text{ MPa}$

Es gelten folgende Randbedingung für den Regelquerschnitt:

- 5,50 m Regelbreite mit 3,50 m Fahrbahn und jeweils 1,00 m Bankett
- Dachneigung mit 2,5 % Quergefälle (6% Bankett)

Es ist eine Beschränkung der Zuwegung für die öffentliche Nutzung vorzusehen.

Bankette werden nach ZTV E-StB 17 ausgeführt. Es gelten die folgenden Anforderungen:

- Schwach durchlässiges Baustoffgemisch (GU, GT), Größtkorn 32 mm
- Feinkornanteil im eingebauten Zustand 8 M.-% bis 12 M.-%
- Verformungsmodul  $EV_2 = 80 \text{ MPa}$
- 6 % Gefälle nach außen

Zusammen mit der Herstellung der südlichen Zufahrt wird die bereits vorhandene asphaltierte Lagerfläche vollständig abgebrochen und erneuert.

Nach Erbringen der Bauleistungen im Bereich des Abschlussbauwerks in den jeweiligen Abschnitten sind die bestehenden Zuwegungen herzurichten und in Asphaltbauweise zu ertüchtigen.

- Wege und Flächenbefestigung bauzeitlich ungebunden (Schotter)
- durch AN bauzeitlich zu unterhalten und
- nach Abschluss der Hauptleistungen abschieben der verschlissenen obersten 10 cm, Nachverdichtung, Wiederaufschottern, Verdichten, Asphalttragdeckschicht herstellen.

#### 3.4.2.4 Kranstellfläche

Die Kranstellfläche zum Ein- und Aushub der Stahlwasserbauteile sowie der Revisionsverschlüsse am Abschlussbauwerk befindet sich am rechtsseitigen Ufer. Die Verkehrsflächen sind für einen sechsachsigen Mobilkran auszulegen, welcher Pratzenlasten von bis zu 100 t aufweisen kann. Der Bodendruck ist durch lastverteilende Elemente zu reduzieren.

Der Schichtaufbau ist wie folgt:

- 10 cm Asphalttragdeckschicht AC 16 TD, gem. ZTV Asphalt-StB 07/13
- 50 cm Frostschutzschicht gem. ZTV-SoB-StB 20,  $E_{v2} \geq 100 \text{ MPa}$

Die Entwässerung erfolgt über eine einseitige Querneigung von 2,5 % in Richtung einer Versickerungsmulde.

#### 3.4.2.5 Verkehrsflächen auf Hauptdamm

Im Bestand ist die aufgeweitete Dammkrone im Bereich des Abschlussbauwerks asphaltbefestigt und an die Spurplattenwege angeschlossen. Diese Befestigung soll wiederhergestellt werden. Eine öffentliche Nutzung der Flächen ist nicht vorgesehen. In der Entwurfsplanung wird davon ausgegangen, dass die Tragfähigkeit des Untergrundes ausreichend ist gemäß RStO 12 ( $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ ). Ggf. sind nach Auswertung der erforderlichen zusätzlichen Baugrunduntersuchungen (3.6.1) Maßnahmen zur Bodenverbesserung durchzuführen.

Der Oberbau gliedert sich gemäß RStO [27], Tafel 1, Zeile 1, Bk0,3 wie folgt:

- 10 cm Asphalttragdeckschicht AC 16 TD, gem. ZTV Asphalt-StB 07/13
- 45 cm Frostschutzschicht gem. ZTV-SoB-StB 20,  $E_{v2} \geq 100 \text{ MPa}$

Ein beidseitiges Gefälle von 2,5 % entlang der Gradienten in Form eines Dachprofils soll die Entwässerung der Flächen gewährleisten.

#### 3.4.2.6 Planum

Unter allen Verkehrsflächen ist ein Planum mit einem Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  erforderlich. Bereiche mit unzureichender Tragfähigkeit sind durch Bodenverbesserung zu ertüchtigen. Nach gegenwärtigem Kenntnisstand ist das Planum für die Verkehrsflächen auf dem Damm durch Bodenverbesserung des Dichtkörpers zu ertüchtigen.

Die diesbezüglichen Erkundungen sind noch nicht abgeschlossen (3.6.1).

### 3.4.3 Stahlwasserbau

Hinweis: Im Rahmen der Ausführungsplanung sind Detailänderungen des nachfolgend beschriebenen Entwurfs aufgrund von Optimierung möglich.

#### 3.4.3.1 Doppelhakenschütze

Als Verschlussorgan wird die klassische Form eines Doppelhakenschützes gewählt. Es stellt einen zweiteiligen Verschluss dar, der aus einem Ober- und einem Unterschütz besteht.

OK Oberschütz im geschlossenen Zustand	150,90 m NHN (2016)
OK Oberschütz max. heruntergefahren	147,25 m NHN (2016)
UK Unterschütz im gezogenen Zustand	147,29 m NHN (2016) (Schützöffnung: 4,89 m)
OK Wehrsohle	142,40 m NHN (2016)
Stauhöhe im geschlossen Zustand	$150,90 \text{ m NHN (2016)} - 142,40 \text{ m NHN (2016)} = 8,50 \text{ m}$

Absenkbarkeit (43%)

150,90 m NHN (2016) – 147,25 m NHN (2016) = 3,65 m

Die Oberschütze bestehen aus einem hohlkastenförmigen Hauptträger, dessen oberwasserseitiges Blech als Stauhaut nach unten geführt wird. Die Stauhaut wird durch horizontallaufende Profile örtlich ausgesteift und gibt die Hauptlasten aus Wasserdruck an senkrechte Träger ab, die im Seitenbereich gleichzeitig die Dichtungsschilde bilden.

Material Doppelhakenschütze: S235/S355 (Stahlgütegruppe gem. Anforderungen)  
Ausführungsklasse EXC 3 DIN EN 1993-1-1/NA [11]

Das Überfallblech wird für einen Überfallstrahl von 3,00 m hydraulisch angepasst. Bei kleinen Überfallhöhen treten somit zusätzliche Auflasten auf, während es bei größeren Überfallhöhen zu Unterdrücken kommt, die die Aufzugskräfte verkleinern. Den negativen Auswirkungen dieser Unterdrücke (hier vorrangig Schwingungen) wird durch die sehr steife Konstruktion und durch den recht dicken und somit dämpfend wirkenden Überfallstrahl entgegengewirkt, sodass es zu keinen negativen Erscheinungen kommen dürfte. Treten solche trotzdem auf, so können infolge der Regulierungsmöglichkeiten die entsprechenden Betriebsstellungen überfahren werden. Optional können zur Strahlstörung und -belüftung Strahlaufreißer angeordnet werden.

Die Seitenbleche werden bis zu 1,00 m über die Schützoberkante geführt und erhalten leichte Neigungen nach innen, um den Überfallstrahl von den Pfeilern wegzulenken.

An den Seitenblechen sind auch die Seitendichtungen montiert. Sie bestehen aus Notenprofilen und erhalten eine Vorspannung, um auch im oberen Bereich eine einwandfreie Dichtwirkung sicherzustellen. Weitere Dichtungen befinden sich an den Oberschützen nicht. Es ergeben sich damit die folgenden Öffnungsbreiten je Wehrfeld:

Öffnungsbreiten	Unterströmung	4,00 m
	Überströmung	4,00 m - 2 · 0,12 m = 3,76 m

Die Auflagerung in Druckrichtung der Oberschütze erfolgt über Rollen. Der obere Hohlkastenträger wird beidseitig auf je einer Rolle gelagert. Die untere Auflagerung erfolgt beidseitig mittels drei Rollen. Für sämtliche Druckrollen sind Abschmiermöglichkeiten angeordnet. Für den Fall einer mangelhaften Schmierung/Wartung der Druckrollen (Blockierung der Drehbewegung) sind die Antriebskräfte ohne Berücksichtigung der Rollreibung zu ermitteln (Gleitpaarung Stahl/Stahl). Die in [32] empfohlene Ausbildung der Achslagerung gem. Anlage 2 wird bei der Konstruktion beachtet.

Entgegen dem Bestandsbauwerk werden keine Seiten- und Führungsrollen angeordnet. Damit entfällt für die Führungselemente eine aufwendige Wartung (Schmierung, etc.). Im seitlichen und vorderen Bereich erhalten die Ober- und Unterschütze Gleitleisten, die jederzeit eine gute Beweglichkeit garantieren.

Material Gleitleisten: PE-UHMW (Polyethylen ultrahochmolekular)

Bei der Fertigung der Ober- und Unterschütze ist besonderes Augenmerk darauf zu richten, dass sich die Stauhaut infolge der Schweißarbeiten nicht verzieht. Sie muss möglichst eben sein, da hiervon die Dichtigkeit zwischen den Ober- und Unterschützen abhängt. An dieser Stelle sei auf die Herstellungs- und Montagegenauigkeitsangaben der DIN 19704-2 [6] verwiesen.

Toleranzklasse gem. DIN 19704-2 [6]:

2

Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktionen gem. DIN EN ISO 13920: A, E

Die Unterschütze bestehen aus der Stauhaut und unterwasserseitig gegengeschweißten offenen Rippen. Auf die Anordnung von Hohlsteifen und/oder Hohlkästen wird, wie beim Oberschütz, weitestgehend verzichtet. Die untere Begrenzung des Stauschildes ist als Stahlschneide ausgebildet. Das unterste Rippenblech ist so angeordnet, dass der Durchflussstrahl nicht gegen die Konstruktion schlägt. Die Staublechbereiche, auf denen die Rollen der Oberschütze laufen, erhalten starke Blechsteifen.

Die Unterschütze werden in Druckrichtung mittels drei Druckrollen pro Schützseite geführt, sodass immer eine gute Beweglichkeit gewährleistet wird. Die Druckrollen erhalten eine Abschmiermöglichkeit, die so angeordnet ist, dass eine Schmierung im eingebauten Zustand möglich ist. Die Rollen sind in einem gesonderten Rollenträger gelagert. Im seitlichen und vorderen Bereich erhalten die Unterschütze Gleitleisten.

Die Seitendichtung erfolgt wie bei den Oberschützen mittels eines Notenprofils, der an den Seitenschilden montiert ist und auf den Massivbauteil befindlichen Schleifblechen dichtet. Diese Seitendichtung wird im unteren Schützbereich herumgezogen und bis zu der, die Sohldichtung bildenden Aufsatzdichtung herangeführt und mit dieser verschweißt. Im Staublech ist an dieser Stelle eine entsprechende Aussparung vorzusehen. Durch diese Anordnung ist eine umläufige Dichtung der Gesamtkonstruktion gewährleistet. Die Dichtung (Wulstprofil) zwischen Ober- und Unterschütz befindet sich am Unterschütz. Sämtliche Stoßstellen der Gummiteile sind zu fügen und Stahlkanten, an welchen der Gummi anliegt oder herumgeführt wird, sind zu brechen bzw. auszurunden. Das gilt auch für die Bereiche, in denen der Gummi auf versenkte Schrauben schleift.

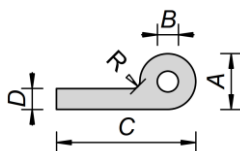
Es werden getrennte Antriebe für das Ober- und Unterschütz gewählt. Alle Betriebserfordernisse, wie z. B. Absenken des Oberschützes und gleichzeitiges Heben des Unterschützes, können somit erfüllt werden. Die Aufhängung der Schütze erfolgt mittels Triebstöcke. Durch Knaggen an den Ober- und Unterschütze wird sichergestellt, dass die Schützbewegungen begrenzt werden, dass die Dichtungen an den Unterschützen nicht beschädigt werden und beide Schütze nicht auseinanderfahren.

### 3.4.3.2 Dichtungssystem

Die Stauhaut des Unterschütz liegt auf der Oberwasserseite, die des Oberschütz auf der Unterwasserseite. Um eine funktionierende Abdichtung zu erhalten, werden für die vertikal verlaufenden Dichtungen eine Gummidichtung in Form eines Notengummis angeordnet. Wenn der Wasserdruck steigt, drückt sich der Notengummi an die Dichtungsline an. Die Notenprofile werden immer auf der Oberwasserseite gegen Führungsbleche montiert.

Bei den Notendichtungen sind die lokalen Verformungen der Beton- und Stahlkonstruktion weitestgehend vernachlässigbar. Somit muss die Dichtung hauptsächlich die Toleranzen der Dichtungsbleche ausgleichen und nur wenige Verformungsreserven für die Verformungen aus Wasserdruck haben. Die Dichtheit ist bereits ohne Wasserdruck gegeben.

Es wird folgende Notengummidichtung gewählt:



A = 40 mm

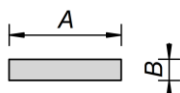
B = 15 mm

C = 100 mm

D = 15 mm

Die untere Abdichtung des Unterschütz in horizontaler Richtung zwischen Unterschütz und OK Wehrboden wird durch eine Aufsatzdichtung realisiert. Die Aufsatzdichtung wird durch die Eigenlast des Unterschütz an das Bodenprofil gedrückt. Dabei ist darauf zu achten, dass eine genügend hohe Auflagerpressung vorhanden ist, um die geforderte Dichtheit sicherzustellen. Auftretende Verformungen in Beanspruchungsrichtung sind gering zu halten, um die Formstabilität der Dichtung und somit die Dichtheit sicherzustellen.

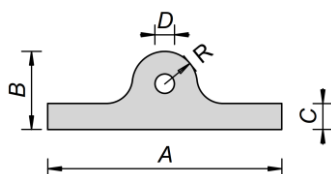
Es wird die folgende Aufsatzdichtung gewählt:



A = 80 mm

B = 15 mm

Der Kopfpunkt des Unterschütz bzw. der Fußpunkt des Oberschütz wird mit einem Wulstprofil versehen:



A = 180 mm

B = 60 mm

C = 20 mm

D = 15 mm

R = 25 mm



Bei dieser Dichtung muss gewährleistet werden, dass durch die Verformung der Lagerlinie keine Spalte in den Dichtungen entstehen. Die Dichtungen müssen mittels Vorspannung so weit an die Konstruktion gedrückt werden, dass diese bei fehlendem Wasser alle Toleranzen an den Dichtungsschienen ausgleichen können und bei steigendem Wasser bis hin zum Hochstauziel genügend Verformungsreserven haben, um die Verformungen auszugleichen.

Material: NBR/SBR 65+/-5°ShoreA, schwarz, ohne Einlage (für sämtliche Dichtungen)

Planungsfabrikat: Produktkatalog der Gummi Hansen GmbH

### 3.4.3.3 Revisionsverschlüsse

Für die Revisionsverschlüsse werden aufgrund der Verringerungen der Undichtigkeiten und des schnellen Ein- und Ausbaus Gleitdammtafeln gewählt. Es werden zwei Sätze Revisionsverschlüsse vorgesehen. Zwei Wehrfelder können damit ober- und unterwasserseitig dicht gesetzt werden.

OK Revisionsverschluss OW 150,95 m NHN (2016) (UK 142,40 m NHN (2016))  
 $H = 3 \cdot 2,85 = 8,55 \text{ m}$

OK Revisionsverschluss UW 146,10 m NHN (2016) (UK 140,40 m NHN (2016))  
 $H = 2 \cdot 2,85 = 5,70 \text{ m}$

Ein Revisionsverschluss besteht aus Gleitdammtafeln, von denen oberwasserseitig drei und unterwasserseitig zwei übereinandergesetzt werden. Um Verwechslungen auszuschließen, werden alle fünf Gleitdammtafeln identisch ausgebildet.

Eine Gleitdammtafel setzt sich aus der Stauhaut und horizontal verlaufenden L-förmigen Rippen zusammen. Zur Aufnahme des Wasserdrucks werden in Längsrichtung Aussteifungswinkel angeordnet. Den seitlichen Abschluss bilden an die Haupttragelemente verschweißte Bleche, welche gleichzeitig die seitlichen Auflagerungen sicherstellen. Als Dichtung kommt für die Seitendichtung ein Notenprofil zum Einsatz. Die Sohldichtung erfolgt mittels einer Aufsatzdichtung (Flachprofil). Die Seitendichtung wird bis zum Notenprofil geführt und dort verschweißt.

Die Führung der Gleitdammtafeln erfolgt mittels aufgeschweißter Knaggen und Gleitleisten (PE-UHMW). Die Toleranzen sind so ausgelegt, dass die Gleitdammtafeln immer mit Sicherheit aufeinander sitzen und dichten.

Zwei Gleitdammtafeln (die jeweils untersten Dammtafeln) erhalten ein Spülsystem, damit beim Setzen der Gleitdammtafeln die Auflagerleisten von Schmutz befreit werden können. Das Spülsystem besteht aus einem linienförmig perforierten Rohr und einer Schlauchkupplung für einen Feuerwehrschauch (C-Schlauch, Ø 52 mm). Beim Setzen der ersten Dammtafel kann dann mit einer entsprechenden Pumpe die Aufsetzlinie (frei-)gespült werden.

### 3.4.3.4 Nischenausbildung

Die Nischen bestehen aus zu einer U-Form zusammengeschweißten Blechen mit entsprechenden senkrechten und waagerechten Versteifungsrippen. Diese verbessern gleichzeitig den Verbund mit dem Beton. Ergänzend dazu werden konstruktiv Kopfbolzendübel betonseitig aufgeschweißt.

Die Sohle wird im Nischenbereich mit Blechen ausgeschlagen. Zwischen den senkrechten Nischenteilen wird ein horizontaler Auflagerträger eingesetzt.

Um das Einfädeln der Gleitdammtafeln zu erleichtern, wird der Kopfbereich trichterförmig aufgeweitet und ein herumführender Kantenschutz angeordnet. Für die Zeit der nicht gesetzten Revisionsverschlüsse wird eine Blechabdeckung für die Nischen angeordnet. Da die Doppelhakenschütze selten komplett aus- und eingebaut werden, wird auf einen Einfädelungstrichter verzichtet. Es werden lediglich die Führungsbleche im oberen Bereich angefast.

Die Montage erfolgt schussweise, mit entsprechenden Aussteifungen und Schablonen.

Der Einsatz von Zweitbeton ist nicht vorgesehen. Die festen Stahlwasserbauteile für die Hubschütze und Revisionsverschlüsse werden direkt im Erstbeton eingebaut. Um für die Stahlbauteile die

erforderliche Einbaugenauigkeit zu erreichen, werden diesen in den Bereichen der Wehrpfeiler gegeneinander durch ein Fachwerk verformungs- und verwindungsarm ausgesteift.

### 3.4.3.5 Maschinenrahmen

Der Triebstockkritzelpock ist eine Schweißkonstruktion aus Stahlblechen. Die Triebstockkritzelpocken werden mit Rollenlager in einem ungeteilten Gehäuse (Stehlagergehäuse bestehen aus einem Pendelrollenlager) gelagert. Die Stehlagergehäuse werden mittels vier Schrauben an den Grundrahmen befestigt. Die Rollenlager sind abgedichtet und geschmiert.

Der Triebstockkritzelpock sitzt auf zwei Längsträger. Die Längsträger überspannen die Wehröffnungen als sog. Durchlaufträger, wobei die Längsträger über den Wehrpfeilern biegesteif verbunden sind. Ein separater Austausch der Längsträger ist somit möglich. An den Längsträgern werden ebenfalls Konsolen befestigt, die für die Lagerung der Gitterrostebene dienen.

Unterhalb der schmalen brückenseitigen Gitterrostebene wird ein Kabelleerrohr angeordnet. Die Konsolträger der luftseitigen Gitterrostebenen werden so ausgebildet, dass unterhalb der Gitterroste Kabelkanäle angeordnet werden können. Somit stehen beide Kabeltrassen für die Verkabelung der Antriebe und der Beleuchtung zur Verfügung.

Der luftseitige Abschluss der Gitterrostebene wird aus einem Kantblech gebildet. Auf dem oberen horizontalen Blechschenkel wird ein Füllstabgelenker (analog dem Brückengeländer) angeordnet.

Die Arbeits- und Bedienebene des Maschinenrahmens wird mittels Gitterroste gebildet. Zusätzlich werden unterhalb der Gitterrostebene offene Kabelkanäle angeordnet.

Material Gitterroste:                    besandete GFK-Gitterroste  
   Rutschhemmungsklasse R13 nach BGR 181  
   Belastung und Ausführung gemäß DIN 24537-3  
   Farbe: RAL 7042 (Verkehrsgrau)

Planungsfabrikat Gitterroste:    Lichtgitter GFK GmbH & Co. KG

### 3.4.3.6 Bedien- und Zugangssteg der Wehranlage (Toßbecken, luftseitig)

Für die Bedienstege und den Zugangssteg werden Walzprofilen als Haupttragelemente gewählt. Die Bedienstege sind jeweils Einfeldträger, die zwischen den Wehrpfeilern auf Konsolen statisch bestimmt gelagert werden. Der Zugangssteg lagert auf, in die Wehrwange eingespannte, Kragarme. Die Gehenebene wird aus besandeten GFK-Gitterrosten (Material/Anforderungen gem. 3.4.3.5) gebildet.

Die Geländer werden in Anlehnung an RiZ-Ing Gel 7 als Holmgeländer ausgebildet. Die Geländerhöhe beträgt einheitlich min. 1,10 m.

### 3.4.3.7 Antriebstechnik

Jedes Doppelhakenschütz wird von zwei Antrieben betätigt. Jeweils das Ober- und das Unterschütz besitzen über je zwei Triebstöcke einen Antrieb.

Zum Ober- und Unterschütz gehören jeweils zwei Triebstöcke gleicher Ausführung, jedoch unterschiedlicher Länge. Die Triebstöcke sind über Augenbleche und Triebstockbolzen mit dem Schütz gelenkig verbunden. Triebstöcke sind robust und relativ unempfindlich gegen mitgeführte Verunreinigungen. Der Wartungs- und Unterhaltsaufwand ist vergleichsweise gering, da in der Regel nur nachgeschmiert werden muss. Die Triebstockantriebe sind unempfindlich gegen Zwängungen.

Die Kraftübertragung erfolgt mittels eines Ritzels. Gewählt wird ein Ritzel mit neun Zähnen und einem Modul von  $m = 32 \text{ mm}$ . Damit ist die Anforderung an die Mindestanzahl der Zähne gem. [6] von neun erfüllt. Die Ritzelwellen werden beidseitig des Ritzels mittels Rollenlager mit Stehlagergehäuse gelagert. Diese bestehen aus einem Pendelrollenlager in einem ungeteilten Gehäuse (abgedichtet und geschmiert; inkl. Nachschmiermöglichkeit) das an einer Aufspannfläche angeschraubt wird. Ritzelwelle und Getriebe werden gesteckt und mit mind. zwei Passfedern formschlüssig für die Übertragung der Drehmomente versehen.

Für Ober- und Unterschütz sind, obwohl unterschiedliche Kräfte vorliegen, die gleichen Getriebe und Antriebe gewählt. Durch das gleiche, achtfach vorhandene, Antriebssystem erleichtert sich auch die Wartung und Vorhaltung von Ersatzteilen. Für den Antrieb und die Getriebe für jeweils ein Hubschütz werden auf Grundlage einer Vordimensionierung die folgenden Planungsfabrikate gewählt:

Planungsfabrikat: AUMA Riester GmbH & Co. KG, Armaturen- und Maschinenantriebe

1x Drehantrieb	SA 30.1, für AUF-ZU Betrieb, Betriebsart S2-30 min
1x Antriebssteuerung	Integrierte Stellantriebs-Steuerung - AC 01.2
2x Schneckengetriebe	Schneckengetriebe - GS 400, Untersetzung 432:1

Der Motor (Drehstrommotor) eines Antriebs wird mit einer Netzspannung von 400V (50Hz, 3-phasig AC) bei einer max. Leistungsaufnahme von 12 kW versorgt. Damit lassen sich aufgrund der beschränkten elektrischen Anschlussleistung in Summe maximal zwei Schütze gleichzeitig bewegen. Die Stellantriebs-Steuerung AC 01.2 wird mit einer binären Ansteuerung mit 24V DC betrieben. Der Hersteller empfiehlt ein Wartungsintervall nach 80 Mio. Umdrehungen am Abtrieb des SA 30.1, jedoch spätestens nach 10-12 Jahren.

Die Hubgeschwindigkeit der Schütze beträgt:  $3,2 \text{ mm/sek} = 0,19 \text{ m/min}$ . Für einen Hub von 5000 mm beträgt die Hubzeit des Unterschütz damit ca. 26,4 min.

Die (Selbst-)Hemmung bzw. Verriegelung und deren selbständige Sicherung wird über einen Bremsmotor gewährleistet. Die Endlagen der Schütze werden durch den jeweiligen Antrieb begrenzt.

Die Antriebswellen zwischen den Getrieben und Antriebe werden über 4-Loch Flanschlager gehalten. Geringe statische Fluchtungsfehler können damit ausgeglichen werden. Die Flanschlager sind lebensdauergeschmiert, sodass unter normalen Betriebsbedingungen ein Nachschmieren nicht erforderlich ist. Zusätzlich erhalten die Gehäuse einen integrierten Schmiernippel.

### 3.4.3.8 Detaillierte Beschreibung des Montage- und Herstellungsverfahrens

Sämtliche Einrichtungen werden in Baugruppen geliefert. Unter- und Oberschütze werden per Kranmontage in die Wehrkonstruktion eingesetzt und montiert. Dazu werden an den Schütztafeln entsprechende Anschlagpunkte definiert. Nach der Montage erfolgt das Einstellen der Dichtungen und das Aufbringen des Korrosionsschutzes der Normteilverbindungen sowie ggf. Nachbesserung von Korrosionsschäden.

Voraussetzung für eine Inbetriebnahme sind die erfolgreichen Nachweise einer Trocken- und Nasserprobung. Beim Einbau und im Probetrieb sind alle Flächen, an denen die Dichtungen entlangschleifen feucht zu halten bzw. mit einem Schmiermittel (biologisch abbaubar) zu behandeln, um ein Abreißen der Gummis zu verhindern. Bei der Trockenprobe wird ein kompletter Zyklus (Öffnen und Schließen) der Verschlusskörper erprobt. Die Einstellung der Endlagen und die Notabschaltungen bilden den Schwerpunkt der Überprüfung. Weitere Spezifikationen erfolgen in der Ausführungsplanung.

### 3.4.3.9 Korrosionsschutz

#### Korrosionsschutz für die Doppelhakenschütze, Revisionsverschlüsse und Einbauteile:

Der Korrosionsschutz des Stahlwasserbaus wird gem. [14], [24] und der BAW-Liste der empfohlenen Beschichtungssysteme für den Korrosionsschutz im Stahlwasserbau [35] gewählt:

- Korrosivitätskategorie Im1 (Süßwasser)
- Abrasionswiderstand „stark“
- Schutzdauer „hoch“

Schwarze oder verzinkte Verbindungsmittel werden in das Korrosionsschutzsystem einbezogen.

### Korrosionsschutz für den Maschinenrahmen und Gitterrostebene sowie Bedienstege:

Das Korrosionsschutzsystem wird nach [14] gewählt:

- Korrosionsschutzdauer: hoch (15 Jahre bis 25 Jahre)
- Immersionskategorien: C5 (sehr stark)

### **3.4.3.10 Gefährdungsbeurteilung**

Feststellung von Gefährdungen	Abwendung der Gefährdung
- umlaufende Wellen	- Schutzabdeckungen an umlaufenden Maschinenteile
- Triebstockantriebe	
- Öffnungen für die Dammtafeln	- begeh- und befahrbare Abdeckungen der Öffnungen
- freie Abschnitte der Schützöffnungen	- Schutzgeländer im Bereich des Bauwerks
- Absturz von der Dammkrone	

## **3.4.4 Kolkschutz**

### **3.4.4.1 Gewässerprofil Unstrut**

Aufgrund der hydraulischen Belastung ist die Befestigung von Sohle und Böschung sowohl im Einlaufbereich als auch im Auslaufbereich erforderlich. Im Ergebnis der Vorplanung [99] erfolgt die Regelbefestigung mittels einer teilverklammerten Steinschüttung auf geotextiler Filterlage.

Oberstrom des ABW ist das Gerinne der Unstrut mit einem Chemikalteppich gedichtet, dessen Wirkung im Zuge der Sohl- und Böschungssicherung wiederherzustellen ist. Dazu wird oberstrom des ABW anstelle der geotextilen Filterlage eine geotextile Tondichtungsbahn (Bentonitmatten) eingesetzt.

Gemäß [33] ist eine hydraulische Bemessung des teilverklammerten Deckwerks nicht erforderlich, sofern die höchste auftretende Strömungsgeschwindigkeit  $\leq 7,7$  m/s ist. Der Nachweis erfolgte im Rahmen der hydraulischen Bemessung des Tosbeckens (Vgl. Unterlage 4). Demnach betragen die Fließgeschwindigkeiten im Bereich der Tosbeckenendschwelle nur 2,5 ... 3,5 m/s bei BHK<sub>1</sub>.

Oberstrom der Eisenbahnbrücke befinden sich beidseitig Zufahrtsrampen ins Gewässer sowie mit Beton befestigte Vorlandbereiche bzw. Bermen, die im Zuge des Vorhabens abgebrochen und erneuert werden. Die Rampenneigung beträgt im Bestand und im Plan-Zustand jeweils ca. 1 : 5.

Die Sohle der Unstrut ist unterstrom des ABW mit einer Steinschüttung befestigt, zum Zustand siehe Abschnitt 2.2.5 und 2.2.6.

Im Planzustand werden Sohle und Böschungen ober- und unterstrom des ABW wie folgt befestigt:

- Oberstrom ABW (Stationierung Fluss-km Unstrut)
 

104+740 ... 104+705	35 m Sohl- und Böschungssicherung, Böschungsneigung 1:2 mit Verziehung auf Bestand, Wiederherstellung Dichtungswirkung durch Einbau geotextile Tondichtungsbahn (Bentonit-Matten)
---------------------	---
- Unterstrom ABW (Stationierung Fluss-km Unstrut)
 

104+660 ... 104+600	Sohl- und Böschungssicherung auf geotextiler Filterlage
104+655 ... 104+600	zus. beidseitige seitliche Berme
104+615 ... 104+600	zus. beidseitige Rampe

Unterstrom schließt die Befestigung an die vorhandene Sohlsicherung im Bereich der Eisenbahnbrücke an.



- 40 cm geschüttete Wasserbausteine Klasse LMB<sub>5/40</sub>, Teilverguss mit hydraulisch gebundenem Vergussstoff gemäß MAV [34]
- Geotextile Filterlage (unterstrom ABW) bzw. Bentonitmatte (oberstrom ABW)

- 40 cm Wasserbaupflaster in Betonbettung C35/45, Steingröße ca. 20 x 20 x 20 cm
- 30 cm Tragschicht Mineralgemisch 0/32
- Geotextil als Trennlage

- entlang Abbruchgrenze ca. 104+600
- Rampenfuß
- entlang Berme

Die Befestigung der Rampen und Bermen erfolgt mit in Beton verlegtem Wasserbaupflaster um die später Befahrbarkeit sicherzustellen. Die Herstellung erfolgt im Trockenbau. Dazu sind abschnittsweise Fangedämme herzustellen und eine offene Wasserhaltung zu betreiben.

Im Planzustand erhält die gesamte wasserseitige Böschung des Hauptdammes eine neue Asphaltbetonschutzschicht (ABSS). Im TO11 erfolgt jeweils zum Abschluss eines Bauabschnitts die Wiederherstellung der ABSS im Handeinbau bzw. mittels Kleintechnik. Außerhalb des Eingriffs durch TO11 erfolgt der Einbau maschinell im Zuge des TO12/15 nach Abschluss von TO11 (Vgl. Planungsunterlage TO 12/ 15).

### 3.4.5 Ausstattung

#### 3.4.5.1 Treppen

Unter Berücksichtigung der ASR 1.8 [31] und der RiZ-ING sind die Gewässerzugangstreppen zur Unterhaltung des Bauwerks und zum Zwecke der Überwachung am links- und rechtsseitigen Ufer, jeweils ober- und unterstrom des TO11 vorgesehen. Geplant sind Fertigteiltreppen mit folgenden Parametern:

- Betonfertigteile
- Laufbreite 80cm
- Festigkeits-/ Expositionsklasse: C35/45, XC4, XD3, XF4
- Rutschfestigkeit R10
- Steigungsverhältnis in cm:  
Wasserseite 13,8/32  
Luftseite 15/35
- Betonkantenstein 8/25 [cm] mit Rückenstütze (nicht auf der Wasserseite)
- Auftrittsbreite Zwischenpodest: 97,8 cm

Die Treppen werden auf einer 20 cm dicken Frostschutzschicht 0/45 mm gegründet.

Die Auflager der Treppenteile werden in Ortbeton C12/15 hergestellt und durch Anschlussarmierung mit den Treppenläufen gem. Werkplanung verbunden.

Auf der Wasserseite wird ein Handlauf an der Flügelwand auf einer Höhe von 110 cm montiert. Die Freifläche zwischen Wand und Treppe, welche unterhalb der Brückenkappe zwangsläufig entsteht, wird gem. RiZ-ING gepflastert und die Fuge zwischen Pflaster und Wand mit zementgebundenen Fugenmörtel verfüllt. Der Auslauf am Böschungsfuß wird ebenfalls gepflastert auf Ortbeton C12/15.

Luftseitig soll die Treppe an der Wehrwange verlaufen. Dabei wird die Treppe im Bereich der Böschungsoberkante zunächst um den auskragenden Stahlwasserbau geführt und die Freifläche darunter gepflastert.

#### 3.4.5.2 Geländer am Bauwerk

Zur Absturzsicherung werden am Bauwerk Geländer gem. [29] angebracht:

- Rohrgeländer Gel 7 (Böschungstreppe, dammseitig)
- Füllstabgeländer Gel 4 (Böschungstreppe, wehrseitig), Geländerabschluss nach Gel 19,
- Füllstabgeländer Gel 4 (Wehrbrücke) Verankerung auf Kappe gemäß Gel 14 und

Die Geländerhöhe beträgt einheitlich min. 1,10 m.

Das Korrosionsschutzsystem für die Geländer wird nach [36] Teil 4, Abschnitt 3, Anhang A, Tabelle A 4.3.2 gewählt:

Bauteil-Nr.: 3.1 (Geländer (einschließlich Fußplatten))

Korrosionsbelastung: c) Spritzwasserbereich, Splittanprall und/oder Freibewitterung: Korrosivitätskategorie bis C5

#### 3.4.5.3 Steuerbox

Die Steuerung der elektrischen Anlagen (Beleuchtung, Wehrverschlüsse) sowie die Messwerterfassung des Beckenpegels erfolgt in der Steuerbox. Sie wird im BA1 südlich des ABW als Ersatzneubau in Fertigteil-Bauweise errichtet. Die Planung der Steuerbox sowie der Technischen Anlagen ist nicht Bestandteil dieser Planungsunterlage.

#### **3.4.5.4 Lagerbox**

Es werden für den Verschluss eines Wehrfeldes insgesamt fünf Gleitdammtafeln als Revisionsverschlüsse benötigt. Zukünftig sollen zwei Sätze vorgehalten werden. Zur Lagerung der Revisionsverschlüsse des Abschlussbauwerks und zur Vermeidung deren Alterung durch Witterung und UV-Strahlung wird auf der Dammkrone eine Lagerbox für die Revisionsverschlüsse errichtet.

Die Errichtung der Lagerbox erfolgt luftseitig auf der südlichen Dammkrone. Die Box wird flach auf der Dammschüttung gegründet und erhält ein mineralisches Gründungspolster. Die Lagerbox wird als Stahlbeton-Fertigteilkonstruktion (Raumzelle) errichtet. Sie erhält vier Lüftungsöffnungen mit Insektengitter sowie eine mittige Tür an der Längsseite.

Der Zugang zu den Revisionsverschlüssen erfolgt über kranbare Deckenelemente.

#### **3.4.5.5 Beleuchtung**

Verkehrswege und Arbeitsstellen im Bereich TO11 müssen ausreichend beleuchtet werden. Die diesbezügliche Planung wird durch CT Planungsgesellschaft bearbeitet.

#### **3.4.5.6 Einfriedung**

Zur Sicherung der Anlage vor unbefugtem Zutritt und Vandalismus werden zwei abschließbare Tore auf der Wehrbrücke vorgesehen. Seitliche Gitterstabzäune mit Übersteigschutz werden analog zum Bestand die Toranlage einfassen.

### **3.4.6 Technische Ausrüstung**

Während BA1 erfolgt der Elektroanschluss des HRB über die vorhandene Steuerbox. Von dort wird die Baugrube des BA1 und die BE südlich des ABW temporär angeschlossen. Zum Ende des BA1 erfolgt der Ersatzneubau der Steuerbox südlich des ABW. Der Elektroanschluss wird in diesem Zug umverlegt. Der Anschluss der Baugrube BA2 sowie die BE nördlich des ABW werden temporär von der neuen Steuerbox versorgt.

### **3.4.7 Bauwerksüberwachung**

An den Bauwerken und Anlagenteilen des HRB Straußfurt wird eine messtechnische Bauwerksüberwachung durch den Betreiber durchgeführt [62]. Im Zuge des Vorhabens müssen Messeinrichtungen beseitigt, umgebaut oder erneuert werden. Während der Bauphasen sind zusätzliche Überwachungen erforderlich. Nachfolgend wird nur der für das Vorhaben relevante Teil des Messprogramms beschrieben.

#### **3.4.7.1 Stauhöhe (hydrostatischer Wasserdruck): Pegellatte**

Zur Messung des Beckenpegels sind zwei Staffelpiegel oberwasserseitig jeweils links und rechts des ABW vorhanden. Der Pegelnullpunkt 0,00 m PN entspricht 144,84 m NN = 144,81 m NHN (2016). Durch den Betreiber erfolgt eine regelmäßig visuelle Ablesung.

Während BA1 steht der linke Staffelpiegel weiterhin uneingeschränkt zur Verfügung. An der rechten Flügelwand wird oberwasserseitig ein neuer Staffelpiegel errichtet, der nach dem Wechsel in den BA2 genutzt wird und dauerhaft verbleibt. Der linke Staffelpiegel wird im Zuge Abbruch BA2 ersatzlos zurückgebaut.

- An Flügelwand angedübelt im Abstand 3 m
- Grund gelb (RAL 1021), Skala schwarz (RAL 9005)



### 3.4.7.2 Stauhöhe (hydrostatischer Wasserdruck): Pegelschacht

Mit Hilfe eines Pegelschachts im Bereich der linken Flügelwand erfolgt gegenwärtig die kontinuierliche Aufzeichnung des Beckenpegels (TLUBN: Schwimmer/Winkelcodierer, TFW: Einperlsensor). Im BA1 erfolgt der Ersatzneubau des Pegelschachts im Bereich der rechten Flügelwand. Mit Wechsel von BA1 zu BA2 wird die messtechnische Ausrüstung vom alten in den neuen Pegelschacht umgebaut. Der alte Pegelschacht wird mit Abbruch BA2 zurückgebaut.

Der neue Pegelschacht wird zusätzlich mit einem Radarsensor ausgerüstet.

### 3.4.7.3 Abfluss unterstrom

Zur Abflussmessung der Abgabemenge stehen zwei Messstellen in der Unstrut zur Verfügung:

- Pegel TFW: unterstrom ABW am linken Ufer, Pegelschacht mit Radarsensor, Lattenpegel in Böschungsneigung
- Pegel TLUBN (Nr. 57310.0): unterstrom Brücke B4 am linken Ufer, Pegelschacht mit Schwimmer/Winkelcodierer, Einperlsensor, Lattenpegel

Die Pegelstation des TLUBN bleibt als Abgabepegel erhalten und wird zukünftig auf das Prozessleitsystem Straußfurt aufgeschaltet. Der Pegel der TFW wird zurückgebaut.

### 3.4.7.4 Vertikalverschiebung

Zur Setzungsmessung werden gegenwärtig am gesamten ABW 38 Höhenpunkte (Objektpunkte) sowie 4 Sicherungspunkte (Festpunkte) genutzt. Sie werden ½ jährlich durch geometrisches Nivellement überwacht.

Im Zuge des Vorhabens werden alle am Bestand vorhandenen Höhenpunkte rückgebaut und durch neue Höhenpunkte an den neuen Bauwerken ersetzt.

ABW: 4 Höhenpunkte

Flügelwände: je 2 Höhenpunkte

Tosbeckenwangen: je 2 Höhenpunkte

Tosbeckensohle/Endschwelle: 2 Höhenpunkte

### 3.4.7.5 Sickerlinienmessung

Gegenwärtig wird die Ausbildung der Sickerlinie an 21 Messstellen in mehreren Profilen etwa rechtwinklig zur Dammachse mittels Kabellichtlot im wöchentlichen Rhythmus ermittelt. Baubedingt werden im Zuge der Baugrubenherstellung folgende Messstellen beseitigt:

- BA2, Messprofil 7, Station 10 HD (1+020,70):
  - Rückbau und Ersatzneubau: SL 25, GW 21, GW 6691
  - Bauzeitliche Sicherung GW 22
- BA1, Messprofil 8, Station 12 HD (1+109,30):
  - Rückbau und Ersatzneubau: GW 19, GW 6692, GW 20, SL 26

Die rückgebauten Messstellen werden nach Verfüllung der Baugrube und Wiederherstellung des Dammes im jeweiligen BA 1:1 ersetzt und in etwa gleicher Lage jedoch außerhalb der Verkehrsflächen neu errichtet.

### 3.4.7.6 Sickerwassermenge: Steinfußentwässerung

Zur kontrollierten Abführung anfallenden Sickerwassers im Damm wurden am Hauptdamm Nord und Süd jeweils sogenannten Steinfußentwässerungen verlegt. Diese müssen im Zuge des Vorhabens aufgrund von Querungen mit der Baugrube dauerhaft umverlegt und neutrassiert werden. Der Ersatzneubau der Sickerwasserabflussmessung erfolgt jeweils zu Beginn der Bauabschnitte.

Die Rohrleitungen werden dabei im offenen Leitungsgräben in frostfreier Tiefe verlegt. Zum Sammeln des Wassers wird ein Teilsickerrohr DN 300 im Steinfuß parallel zum Damm ohne Gefälle verlegt. Innerhalb des Kontrollschachtes im Knickpunkt der Trasse erfolgt der Anschluss an ein KG DN 300 Vollrohr mit einem Gefälle von ca. 0,5 % in Richtung Unstrut. Aufgrund der Höhenverhältnisse zwischen luftseitigem Dammfuß und mittlerem Wasserstand in der Unstrut wird die Rohrleitung ohne Versatz mit einheitlichem Gefälle verlegt.

Ein Mengenmessschacht zur Überwachung der Sickerwassermenge wird in unmittelbarer Nähe der Verkehrswege platziert, um die Zugänglichkeit zu erleichtern. Dieser wird mit einer tagwasserdichten Schachtabdeckung ausgestattet. Eine Mengenmessung ist zukünftig im Messschacht durch Gefäßmessung möglich. Der zur Gefäßmessung erforderliche Höhenunterschied muss durch Leerpumpen des Messschachts hergestellt werden.

Falls der Abfluss der Steinfußentwässerung die Kapazität der Gefäßmessung überschreitet (ca.  $Q > 0,25 \text{ l/s}$ ) kann der Messschacht nachträglich mit einem Messwehr ergänzt werden.

Der Auslauf der Steinfußentwässerung wird gemäß DWA-A 157 in einem Neigungswinkel zur Gewässerachse von mindestens  $135^\circ$  gestaltet. Dafür wird ein zweiter Kontrollschacht zur Überwachung des Rohrknicks außerhalb der Verkehrsflächen vorgesehen.

Das Böschungsstück ist als Fertigteil mit angedübelter Rückstauklappe und Anschlussmuffe für KG Rohre in die Böschung einzubinden. Der Auslauf wird im Teilverguss nach 3.4.4.1 gesichert. Auf eine Herdmauer nach DWA-A 157 wurde aufgrund der geringen Grundwasserströmung und ausreichenden Sicherung durch Teilverguss indes verzichtet. Die Unterkante am Auslauf liegt gemäß Bestand am rechten Ufer bei 143,80 m NHN (2016) und am linken bei 143,55 m NHN (2016).

### 3.4.7.7 Überwachung Raumfuge

Gemäß [2] müssen Dichtungen in ihrer Wirkung kontrollierbar sein. Dazu wird am erdseitigen Ende der Raumfugen zwischen Wehr und Flügelmauer ein Kontrollschacht dicht an den Massivbau angeschlossen. Vom Kontrollschacht führt eine horizontal verlegtes Verbindungsrohr zu einem am luftseitigen Dammfuß liegenden Schacht DN 1000.

Ein Versagen der Dichtung kann durch Anstieg des Wasserspiegels im Überwachungsschacht erkannt werden.

### 3.4.7.8 Grundwasserstandsmessung

Zur Grundwasserstandsmessung werden 29 Messstellen und 2 Brunnen im luftseitigen Vorland genutzt. Die Messung erfolgt wöchentlich mittels Kabellichtlot.

Die Grundwassermessstellen sind vom Vorhaben nicht betroffen, siehe auch 3.4.7.5.

### 3.4.7.9 Sohlwasserdruckmessung

Der Sohlwasserdruck wird in der Gründungssohle des ABW an drei Messstellen im Bereich ABW überwacht. Die Messung erfolgt mittels Kabellichtlot im wöchentlichen Rhythmus.

Im Zuge des Vorhabens werden die vorhandenen Messstellen beseitigt.

Der Sohlwasserdruck ist auch zukünftig in der Gründungssohle der Massivbauwerke zu überwachen. Zu diesem Zweck werden neue Messstellen im folgenden Umfang errichtet:

- ABW: je 1x pro Dammseite

- Flügelwände: je 1x
- Tosbeckensohle: je 1x pro Dammseite

#### **3.4.7.10 Baugrube und Wasserhaltung**

Im Zuge des Vorhabens werden die vorhandenen Massivbauwerke in zwei Bauabschnitten abgebrochen und neu errichtet. Die Baugrubenumschließung wird damit temporär Teil der Stauanlage und ist demzufolge in die Bauwerksüberwachung einzubeziehen.

In Analogie zum bestehenden Überwachungsprogramm des HRB SF ist folgender Umfang erforderlich:

- Sickerlinienmessung: Errichtung von jeweils 4 temp. GW-Pegeln je BA im Bereich der Baugrube, kontinuierliche Messung/Aufzeichnung Wasserspiegel und automatische Alarmierung bei Grenzwertüberschreitung
- Abflussmessung: kontinuierliche Messung/Aufzeichnung der Fördermengen der Wasserhaltung je Pumpe sowie Gesamtmenge, Kontrolle Trübung/Sediment
- Verformungen: Inklinometermessung 5x je BA an SpW
- Verformung: Flucht SpW als tägliche Sichtprüfung (Alignement)

#### **3.4.7.11 Bauzeitliches Monitoring**

Bauzeitlich wird der Abfluss durch jeweils zwei Wehrfelder im Bestand (BA1) sowie im Neubau (BA2) sichergestellt. Die Funktionsfähigkeit und der Zustand dieser Wehrfelder sind vor und während der Bauzeit durch erhöhte Bauwerksüberwachung zu kontrollieren (regelmäßige Prüfung Betriebsbereitschaft Stahlwasserbau).

Darüber hinaus ist ein bauzeitliches Monitoringprogramm für Bestand und Neubau aufzustellen, um den Einfluss der Spezialtiefbauarbeiten auf das ABW zu überwachen (Setzungsmessung über Präzisionsnivelement, ggf. Lagemessung und Schwingungsmessung).

### **3.4.8 Baugrube und Wasserhaltung**

#### Vorbemerkungen:

Der Ersatzneubau des ABW erfolgt in zwei Bauabschnitten, da bauzeitlich sowohl der sommerliche Teildauerstau als auch die Hochwasserschutzfunktion sicherzustellen sind. Im Ergebnis der Vorplanung wurde für die Baugrubenumschließung eine Spundwandkonstruktion mit geneigten Drucksteifen und der Ausbildung von Bermen innerhalb der Baugrube als Vorzugsvariante gewählt.

Zwischenzeitliche Auswertungen der vorliegenden Baugrunduntersuchungen (siehe 2.1.2.5) haben gezeigt, dass Einbringhilfen für die Spundwand benötigt werden und dass die aktivierbare Mantelreibung der Spundbohlen aufgrund der Einbringhilfen stark reduziert wird. Zum Abtrag der Vertikalkräfte wurden ggü. der Vorplanung Zugglieder ergänzt, die im Zusammenwirken mit den Drucksteifen einen Pfahlbock bilden.

#### Planungsstand und Ausblick:

Die im Rahmen der bisherigen Planung gefundene Lösung ist durch folgende Grundsätze gekennzeichnet:

- umlaufende dichte Spundwand mit wasserdichter Einbindung in die Bodenschicht 5 Keuper, verwittert und wasserdichten Anschluss an Bestand/Ersatzneubau unter Einsatz von Einbringhilfen
- umlaufende Gurtung

- Abtrag der Horizontallasten über Drucksteifen, Pfahlbock, Mikropfähle/Zugpfähle bzw. gegen-  
seitige Aussteifung

Diese Lösung wurde tragwerksplanerisch bemessen und konstruktiv durchgebildet (siehe Pläne 5.9 ...  
5.12 und Anlage 5.3).

Weitere Baugrunduntersuchungen zur Optimierung der Ausführungsplanung sind erforderlich (siehe  
3.6.1). In deren Ergebnis erfolgt eine Anpassung der bisherigen Lösung hinsichtlich der Einbringhilfen  
und des Lastabtrags, um die Ausführungsrisiken zu minimieren und die Wirtschaftlichkeit der Baugru-  
benumschließung zu verbessern.

Die Objekt- und Tragwerksplanung des Baugrubenverbaus ist entsprechend fortzuschreiben.

#### Anforderungen:

- Tragsicherheit für den Vollstau  $Z_v$  im BS-P (als ständige Bemessungssituation) und Hochwas-  
ser  $Z_{H1}$  im BS-T sowie Wasserstand bis OK Spundwand im BS-A
- Dichtigkeit der Baugrubenumschließung und dichter Anschluss an den Untergrund zur Ver-  
meidung von Auftrieb und hydraulischem Grundbruch

#### Einbringhilfen:

Für das Einbringen der Spundwände in Schicht 5 Keuper, verwittert werden Einbringhilfen erforderlich.  
Unter den Bedingungen am TO11 sind grundsätzlich folgende Einbringhilfen bzw. eine Kombination  
dieser Einbringhilfen möglich:

- Auflockerungsbohrungen (ggf. in Kombination mit Spüllanzen) --> nur Rammen möglich
- Austauschbohrungen (ggf. in Kombination mit Spüllanzen) --> je nach Austauschboden Ram-  
men, Vibrieren oder Pressen möglich
- Herstellung Schlitzwand unter Bentonitstützung --> Einstellen der SpW-Bohlen möglich, Ver-  
wendung von selbsterhärtenden Suspensionen bzw. vollständiger Austausch der Bentonitsus-  
pension gegen eine Zementsuspension erforderlich aufgrund Lastabtrag der Spundbohlen

Im Ergebnis des Baugrundhauptgutachtens müssen ggf. verschiedene Technologien der o.g. Ein-  
bringhilfen als ungeeignet für den anstehenden Baugrund ausgeschlossen werden. Weiterhin kann mit  
diesen Erkenntnissen der Umfang und der Zeitraum für die praktische Erprobung der Einbringtechno-  
logie im Probefeld präzisiert werden.

Die Auswahl der tatsächlich zum Einsatz kommenden Einbringhilfen kann erst im Ergebnis der o.g.  
Untersuchungen erfolgen. Ggf. kommen abschnittsweise verschiedene Einbringhilfen zum Einsatz.

#### Anschluss an Untergrund:

Der wasserdichte Anschluss der Baugrubenumschließung erfordert je nach Einbringhilfen zusätzliche  
Aufwendungen:

- Auflockerungsbohrungen --> durch schwere Rammarbeit und Einrammen in nicht aufgelocker-  
ten Boden der Schicht 5 bis zum Festgehen
- Austauschbohrungen --> durch Einstellen der Austauschmaterialien sehr gut möglich oder  
durch Einrammen in Schicht 5 bis zum Festgehen oder durch Injektion/Verpressung
- Herstellung Schlitzwand unter Bentonitstützung --> keine weiteren Aufwendungen nach Ein-  
stellen der SpW-Bohlen und ggf. Austausch der Suspension erforderlich

### Grundsätzliche Lösungen:

Der Baugrubenverbau wird hinsichtlich der Schutzfunktion in zwei Bereiche (oberwasserseitig und unterwasserseitig) getrennt durch den Hauptdamm unterschieden.

Oberwasserseitig bildet der Baugrubenverbau die Funktion des Hochwasserschutzes und wird damit bauzeitlich ein integraler Teil der Stauanlage. Daher wird der oberwasserseitige Baugrubenverbau mit einer Höhe von 151,00 m NHN (2016) als Spundwand ausgebildet und bindet zur Vermeidung einer Umläufigkeit in den Hauptdamm ein. Auf Grund der hohen Wandhöhe und der darauf wirkenden Wasserlast können die Horizontalkräfte nicht allein durch Einspannung der Spundbohlen im Baugrund abgetragen werden.

Unterwasserseitig erfüllt der Baugrubenverbau die Funktion der Geländesicherung und verhindert den Zufluss vom Unterwasser zur Baugrube. Daher wird dieser mit einer Höhe von 146,50 m NHN (2016) als Spundwand ausgebildet. Die Absetztiefe ergibt sich aus statischen Erfordernissen und variiert je nach Beanspruchung.

Neben der Rampe erfolgt die Ausbildung eines Fangedamms mit einer einlagigen Verspannung auf Höhe 145,0 m NHN (2016). Der Fangedamm wird nach Einbau der Verspannung wieder bis OKG  $\approx 146,0$  m NHN (2016) aufgefüllt und verdichtet.

Die unterstromige Baugrubenwand in der Unstrut stützt sich mit ihrer Aussteifung gegen den Fangedamm. Hierzu wird am Bestandspfeiler die Natursteinverblendung abgebrochen und eine Hilfskonstruktion aus Stahl für die wasserdichte Anbindung der Spundwand an den Pfeiler angebracht. Die Tosbeckensohle wird vor Einbringen der Spundwände partiell aufgebrochen. Dieser Bereich der Baugrubenumschließung wird unverändert für den 1. BA sowie dem 2. BA genutzt. Im 2. BA erfolgt die Anbindung an den neuen Pfeiler über eine temporäre Stahlkonstruktion, welche dann im Endzustand wieder demontiert wird.

### Wasserhaltung

Die Entwässerung der Baugrube erfolgt (vermutlich, siehe 3.6.1) als offene Wasserhaltung innerhalb eines umlaufenden Spundwandkastens unter Verwendung des anstehenden Baugrunds als natürliche Dichtsohle. Die Leistungsfähigkeit der Wasserhaltung ist für Starkregenereignisse zu bemessen.

Gemäß Baugrundgutachten ist erst ab einer Einbringtiefe von  $> 0,5$  m in den Keuper, verwittert BGS 5 von einer ausreichenden Dichtigkeit auszugehen. Daher sind die Spundwände mindestens in diese Tiefe einzubringen.

Bei gegebenenfalls auftretenden Undichtigkeiten kann ein Nachverpressen des Spundwandfußes erfolgen. Gemäß Baugrundgutachten kann davon ausgegangen werden, dass bei einer möglichen Verpresslänge  $> 1$  m von einem ausreichend dichten Anschluss der Spundwand an den anstehenden Boden der Schichten 4 Keuperzersatz und 5 Keuper, verwittert vorliegt.

### Weitere Details zur Ausführung

Im BA1 dient der Mittelpfeiler des Bestandsbauwerks als Teil der Baugrubenumschließung. Im BA2 übernimmt der Mittelpfeiler des Ersatzneubaus diese Funktion. Zur Herstellung einer umlaufenden dichten Baugrube ist unterhalb der Mittelpfeiler entlang der Fuge des 1. BA bzw. 2. BA zwischen Bauwerkssohle und Keuper (im Bereich Kies/Flussschotter) eine Abdichtung mittels HDI vorgesehen. Die HDI ist ebenfalls mindestens 1 m in den Keuper einzubinden. Durch HDI werden alle unterirdischen Anschlüsse der SpW an Bauwerke gedichtet.

Die Andienung der Baugrube erfolgt jeweils über eine Rampe mit folgenden Kennwerten:

- Gefälle 15 %
- Asphaltiert zur besseren Fahrsicherheit
- Fahrbahnbreite 7 m
- Absenkung der Spundwand im Bereich der Einfahrt auf OK 146,0 m NHN (2016), bauzeitliche Sicherung bei Hochwasser mit Sandsäcken o.Ä.

- Entlang der Rampe erfolgt eine seitlich angeordnete Schutteinrichtung zum Schutz der Aussteifung

Zum Bauablauf siehe 3.7.2

#### Rückbau Baugrubenumschließung:

Im Zuge des Rückbaus der Baugrubenumschließung wird versucht, die Spundbohlen zum Zweck der Wiederverwendung bei gleichzeitigem Versatz des entstehenden Hohlraumes zu ziehen. Aufgrund der Bodenverhältnisse und Einbringhilfen ist ein Ziehen der Spundbohlen voraussichtlich nicht erfolgreich. Spundbohlen und Verankerungen verbleiben demzufolge weitestgehend im Baugrund. Oberirdische Teile der Baugrubenumschließung werden – sofern möglich – nach Trennschnitt entfernt.

Die im Untergrund verbleibenden Teile der Baugrubenumschließung sind langfristig unkritisch.

### **3.4.9 Erdbau und Abbruch**

#### **3.4.9.1 Aushub**

Das Bauvorhaben ist durch umfangreiche Erdbauleistungen gekennzeichnet. Dies wirkt sich auf Kosten und Baustellenlogistik in nicht unerheblichem Maße aus.

In Summe werden ca. 36.000 m<sup>3</sup> Erdstoff beim Teilrückbau des Hauptdammes und bei der Herstellung der Baugruben ausgehoben. Davon sind nach gegenwärtigem Kenntnisstand ca. 15.000 m<sup>3</sup> nicht zur Wiederverfüllung geeignet und werden entsorgt.

#### **3.4.9.2 Zwischenlager**

Der Aushub wird je BA in einem Zwischenlager innerhalb des Baufeldes zur Wiederverfüllung aufgehalten:

- Oberboden bzw. Kulturboden
- Dammmaterial: Dichtkörper und Stützkörper

Als vorbereitende Maßnahmen zur Bereitstellung der Lagerflächen muss der Oberboden abgetragen werden. Anschließend ist nach Empfehlung des Baugrundgutachten [93] eine Schottertragschicht von 30 cm Stärke auf einem Geotextil als Trennvlies aufzubringen. Es sind die Anforderungen an Lagerflächen nach DIN 19731 zu beachten.

#### **3.4.9.3 Hinterfüllung**

Gemäß Baugrundgutachten erfolgt die Bauwerkshinterfüllung mit weitgestuftem Kies (GW) nach DIN 18196, Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 100\%$ . Der Einbau ist lagenweise zu verdichten. Nach gegenwärtigem Kenntnisstand ist keine Wiederverwendung der vorhandenen Bauwerkshinterfüllung möglich. Die erforderlichen Massen sind zu liefern.

#### **3.4.9.4 Wiederherstellung Hauptdamm**

Zur Wiederherstellung des Hauptdammes (Vgl. TO11-4.2) werden die zwischengelagerten Aushubmassen verwendet. Aufgrund von Verlusten bei Aushub und Zwischenlagerung und wegen der im Planzustand vergrößerten Dammkubatur ist die Lieferung von zusätzlichem Dammbaumaterial erforderlich.

Zur Hinterfüllung der Bauwerke sowie zur Wiederherstellung des Hauptdammes sind in Summe ca. 40.000 m<sup>3</sup> Erdstoff erforderlich. Davon sind ca. 19.000 m<sup>3</sup> anzuliefern. Die Anforderungen an das Liefermaterial hinsichtlich Kornzusammensetzung und Bodenkennwerten entsprechen dem Bestand.

Die Wiederherstellung des Hauptdammes erfolgt gemäß Baugrundgutachten lagenweise und mit Verzahnung zum Bestand. Zur Qualitätssicherung ist die Schüttlagendicke und der Verdichtungsgrad flächendeckend zu kontrollieren und zu dokumentieren.

### **3.4.9.5 Abbrucharbeiten**

Das Vorhaben umfasst den vollständigen Abbruch des vorhandenen ABW sowie zahlreicher Anlagen im Umfeld.

Rückbau Stahlwasserbau:

- Maschinenrahmen, Ober- und Unterschütz
- Kraneinsatz

Vollständiger Rückbau Massivbau (ca. 10.000 m³):

- Teilen der Bauwerke durch Sägeschnitte zur Vermeidung von Vibrationen
- Abtransport der Blöcke, Brechen und Entsorgung/Verwertung
- Abbruch von Gründungsteilen unterhalb 139,40 m NHN (2016):
  - betrifft z.B. Sporn zur Übertragung Schubkraft
  - Brechen, Aushub z.T. unter Wasser
  - Verfüllen mit selbstverdichtendem Beton (UW-Beton) bis auf Höhe 139,30 m NHN (2016)

Abbruch und Rückbau im Umfeld:

- Böschungstreppen (Beton, Stahl) inkl. Geländer
- Beleuchtung, Einfriedung
- Böschungs-/Sohlbefestigung Unstrut: Betonplatten, Wasserbausteine, Wasserbaupflaster, Bettung
- Böschungs-/Sohlbefestigung Damm: Wasserbaupflaster inkl. Bettung, Asphaltbetonschutzschicht inkl. Bettung
- Messschacht unterstrom linkes Ufer inkl. Pegeltreppe
- Bauwerksüberwachung (GW-, Sickerlinien-, Sohlwasserdruckpegel etc.) innerhalb des Baufeldes, Steinfußentwässerung
- Verkehrs- und Lagerflächen: Asphaltaufbruch, vermutlich Teergehalt, ggf. Kontamination Tragschichten
- Steuerbox inkl. TA

### **3.4.9.6 Entsorgung**

Im Zuge der Abbruch- und Aushubarbeiten fallen erhebliche Massen zur Entsorgung an:

- zur Wiederverfüllung ungeeigneter Aushub
- zur Wiederverfüllung ungeeignetes Dammmaterial (verschmutzt, vermischt, aufgeweicht)
- Alle Abbruchmassen (s.o.)

Eine orientierende Beprobung speziell am TO11 sollte im Rahmen der Ausführungsplanung durchgeführt werden. Vor Entsorgung bzw. Wiedereinbau sind die Abbruchmassen durch laborative Untersuchung zu klassifizieren.



### 3.4.10 Umgang mit betroffener Infrastruktur und Schutzgütern

Die im Umfeld des Vorhabens vorhandenen Infrastruktur ist planerisch zu berücksichtigen. Eine Zusammenfassung ist in der nachfolgenden Tabelle enthalten.

Tabelle 38: Umgang mit betroffener Infrastruktur und Schutzgütern

Betroffene Infrastruktur	Lage	Beschreibung Betroffenheit
Neubau Ortsumgehung Straußfurt	Südöstlich Baufeld	Planung Verkehrsanlagen (Zufahrt) unter Berücksichtigung Planzustand B4
EÜ	Fluss-km 104+550, gewässerquerend	Ersatzneubau Zufahrtsbereiche und Sohlsicherung oberstrom Widerlager EÜ, keine Betroffenheit
Steinfußentwässerung Hauptdamm	Fluss-km 104+660, beidseitig	Ersatzneubau mit neuer Einmündung bei ca. 104+607
Einleitung DN100 KG	Fluss-km 104+660, Ufer rechts	Rückbau nach bauzeitlicher Prüfung (Lage in Baugrube)
Entwässerungsgraben (Schambach)	Fluss-km 104+600, Ufer rechts	Keine direkte Betroffenheit, Lage unterstrom Baufeldgrenze
Telekom-Freileitung	Ufer links, gewässerparallel	Umverlegung und Neuansbindung an Steuerbox im Zuge des Ersatzneubaus bauzeitliches Provisorium notwendig
NS-Erdkabel	Ufer links, gewässerparallel	Umverlegung und Neuansbindung an Steuerbox im Zuge des Ersatzneubaus bauzeitliches Provisorium notwendig

## 3.5 Standsicherheitsberechnungen

Es erfolgten im Zuge der Entwurfsplanung (hier: Tragwerksplanung) Nachweise zur äußeren Standsicherheit des Massivbauwerks, der Baugrube sowie zum Stahlwasserbau. Die Ergebnisse zu den geführten Nachweisen (wie z. B. erforderliche Absetztiefen der Spundwände oder der Pfähle) sind in der Unterlage 5 enthalten, diese ist wie folgt gegliedert:

Unterlage 5.0 Lasten- und Pflichtenheft

Unterlage 5.1 Entwurfsstatik Stahlwasserbau

Unterlage 5.2 Entwurfsstatik Massivbauwerk

Unterlage 5.3 Entwurfsstatik Baugrube

Unterlage 5.4 Geohydraulische Berechnungen

## 3.6 Weiterer Untersuchungsbedarf

Mit der Erstellung der Ausführungsplanung bzw. auch baubegleitend sind nachfolgend beschriebene Untersuchungen auszuführen, um gegenwärtig vorhandene Wissenslücken zu schließen.

### 3.6.1 Baugrund und Grundwasser

Die vorliegende Baugrundbeschreibung ist für die Erstellung der Entwurfs- bzw. Antragsunterlagen ausreichend. Im Zuge der Ausführungsplanung sind die Aussagen des vorliegenden Gutachtens zu präzisieren und zu erweitern:

- Sondierungen in SpW Achse zur Präzisierung Schichtgrenzen, Einbringtechnologie und Bedarf Rammhilfen sowie Herstellung wasserdichten Anschluss an Keuper/-zersatz
- Erkundungen Baugrund im Bereich Baugrube zur Präzisierung Wasserdurchlässigkeit, anschließend Präzisierung Wasserhaltung (Schwerkraft- und/oder Vakuumentwässerung)
- Sondierungen in Achse der Verkehrswege und Lagerflächen: Schichtung, Kennwerte, Frostempfindlichkeit, Tragfähigkeit, Verformungsmodul  $E_{v2}$ , Bedarf Bodenaustausch bzw. Baugrundverbesserung
- Untersuchungen zum stahlkorrosiven und betonaggressiven Verhalten des Grundwassers

### 3.6.2 Proberammung und Probelastung

Aufgrund des rammtechnisch anspruchsvollen Baugrundes werden in [93] Proberammungen in der Nähe des ABW bei gleichzeitiger Schwingungsmessung empfohlen. Die Proberammungen dienen auch der Festlegung von maximal zulässigen Schwingungsgeschwindigkeiten für Bestand und Neubau und der Prognose der Ausbreitung der Vibrationen aus Spundwand- und Rammarbeiten. Im Ergebnis der Proberammung ist ein Rammgutachten als Voraussetzung für die Ausführungsplanung zu erstellen.

Auf die Proberammung kann ggf. verzichtet werden, sofern die Optimierung des Baugrubenverbaus zur Einbringhilfe „Schlitzwand“ führt.

In [93] wird vor dem Hintergrund der auftretenden Zugkräfte eine Probelastung der Spundwand an mindestens einer Doppelbohle empfohlen. Die Tragfähigkeit der Verankerungspfähle des Baugrubenverbaus ist durch Probelastung nachzuweisen. Diese Probelastungen sind baubegleitend vorzusehen.

### 3.6.3 Verwertung und Entsorgung

Im Zuge des Vorhabens entstehen erhebliche Abbruchmassen. Darüber hinaus sind die Aushubmassen nicht vollständig zum Wiedereinbau geeignet und müssen zum Teil entsorgt bzw. verwertet werden. Vor Baubeginn sind demzufolge orientierende laborative Untersuchungen zur Klärung der Entsorgungswege durchzuführen:

- Bewertung Entsorgungsmassen (ASN, ggf. DK)
  - Betonabbruch
  - Abbruch Sohl- und Böschungsbefestigung im Gewässer
  - Asphaltaufruch, Bettungsmaterial
  - Stahlwasserbauteile mit Korrosionsschutzbeschichtung
  - nicht zur Verfüllung geeigneter Aushub
  - Prüfung Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen
- Erkundung Gewässersohle: Art der Sohlbefestigung, Sohlsicherung

Weitere Untersuchung der zur Verwertung/Entsorgung vorgesehenen Haufwerke werden bauzeitlich erforderlich.

### 3.6.4 Qualität

Zur Einhaltung der normativen Bestimmungen und zur Gewährleistung der erforderlichen Qualität sind Qualitätssicherungspläne für mindestens folgende Hauptleistungen zu erstellen und bauzeitlich zu überwachen:

- Erdbau: Wiederverfüllung und Verdichtung
- Stahlwasserbau

### **3.6.5 Anlagensicherheit**

Zur Gewährleistung der Anlagen- und Hochwassersicherheit sind vor Baubeginn entsprechende Überwachungsprogramme aufzustellen und mit den Aufsichtsbehörden abzustimmen:

- Überwachungsprogramm Baugruben inkl. Ersteinstau je BA im Zuge sommerlicher Teildauerstau
- bauzeitliches Monitoring Massivbauwerke
- Hochwasseralarmplan
- Probestauprogramme/Inbetriebnahme
- Fortschreibung Stauanlagenbuch nach Bauende

### **3.6.6 Sicherheits- und Gesundheitskoordinator**

Gemäß Baustellenverordnung ist durch den AG ein SIGEKO zu bestellen. Aufgrund der Komplexität des Vorhabens und der Ausführung von besonders gefährlichen Arbeiten gem. BaustellV sollte der SIGEKO bereits in der Planungsphase hinzugezogen werden.

## **3.7 Baudurchführung und technologische Angaben**

### **3.7.1 Betriebsbereitschaft des HRB während Bauzeit**

Als grundlegende Randbedingung sind der Hochwasserschutz und die Hochwassersicherheit der Unterlieger sowie der sommerliche Teildauerstau während der Bauzeit uneingeschränkt aufrechtzuerhalten. Dazu sind bauzeitlich jederzeit zwei einsatzbereite Wehrfelder erforderlich.

### **3.7.2 Bauabschnitte/Bauablauf**

Der Bauablaufplan zum Gesamtprojekt befindet sich in Teil A, Hauptuntersuchungsbericht Gesamtprojekt (alle TO), Anlage 4. Darin sind auch naturschutzfachliche Schonzeiten berücksichtigt.

Der Bauablauf wird durch den Betrieb des Rückhaltebeckens beeinflusst. Es ist zu unterscheiden in Perioden des Teildauerstaus (April bis Oktober) und Trockenbetriebs (Oktober bis März). Darüber hinaus sind umweltplanerische Aspekte im Bauablauf zu berücksichtigen.

Aufgrund der Aufrechterhaltung des Betriebs und damit einhergehenden Schutzfunktion des HRB ist eine Teilung in zwei Bauabschnitte innerhalb der Bauzeit notwendig. Im Ergebnis der Entwurfsplanung ist der Beginn im Bauabschnitt Süd vorteilhaft, um Provisorien für den Anlagenbetrieb reduzieren zu können.

#### **3.7.2.1 Vorbereitende Maßnahmen**

- Baufeld freimachen, mähen, mulchen
- Denkmalpflegerische Freigabe
- Oberboden abschieben
- Lagerflächen und Zufahrten herstellen, Herstellung Baustraßen, Baustelleneinrichtung, Einzäunung
- Umverlegung Dammfußentwässerung
- Rückbau bzw. Sicherung Messstellen im Baufeld
- Baustromanschluss, Leitungsumverlegungen

- Rückbau Ausstattung (Beleuchtung, Geländer, Einfriedung)

### **3.7.2.2 Bauabschnitt Süd (BA1)**

- Bauwerksüberwachung Bestand (Schwingungsmessung, Setzungsmessung)
- Rückbau Sohlsicherung in Achse Baugrubenverbau
- Erstellen Arbeitsebenen für Einbringen der Spundwände und Vorbohren in Spundwandachse in Gewässermitte
- Herstellung Hochwasserschutzwand und Baugrubenverbau inkl. Aussteifung und Anschluss an Bestandsbauwerk
- Injektion Zwickel Sickerwegsverlängerung (alt) und Hochwasserschutzwand
- Probestau 1
- Teilaushub Damm und auf Zwischenlager getrennt lagern, Entsorgung/Verwertung der nicht zum Wiedereinbau geeigneten Stoffe (ABSS, Deckwerk, Aufbruch Verkehrsflächen)
- Rückbau Wehrfelder 3+4, inkl. Stahlwasserbau durch Aushub mit Kran, provisorische Stellfläche herstellen
- Untergrundinjektion zum Abdichten der Baugrube im Bereich ABW (Bestand)
- Aushub Baugrube, Herstellen Rampe
- Wasserhaltung herstellen und betreiben, Monitoring Wasserhaltung
- Abbruch Abschlussbauwerk und Restaushub, Entsorgung/Verwertung
- Halbseitiger Einbau Sickerwegverlängerung vor Bauwerk, inkl. Vorbohren
- Herstellung Sohlplatten und aufgehende Wände bis OKG
- Injektion zum Anschluss an Keuper in Achse neuer Mittelpfeiler als Vorleistung für BA2
- Finalisierung Wehr und Flügelwände
- Herstellung Wehrbrücke
- Verfüllen der Baugrube und Herstellen Anschlussbereich Dammbauwerk
- Herstellung Asphaltbetonschutzschicht auf Dammböschung
- Einbau Stahlwasserbau, Trocken- und Nassabnahme
- Herstellung Steuerbox, inkl. Inbetriebnahme Wehrfelder 3+4 (Funktionsfähigkeit Wehrfeld 1+2 erhalten)
- Ausbildung Gewässerböschungen, Böschungs- und Sohlsicherung innerhalb SpW-Kasten
- Rückbau Baugrube, Abbrennen SpW
- Herstellung Steuerbox, Lagerbox, und anderer Außenanlagen inkl. TA
- Einbau und Inbetriebnahme Bauwerksüberwachung (GW-Pegel, Sohlwasserdruck)

### **3.7.2.3 Bauabschnitt Nord (BA2)**

Analog zu Bauabschnitt Nord ist auch der zweite BA abzuwickeln.

- Rückbau der Steuerbox im Bestand erst nach Herstellung Hochwasserschutzwand
- Probestau 2 nach Herstellung Baugrubenverbau BA2
- Probestau 3 nach Herstellung BA2

### **3.7.2.4 Abschließende Arbeiten**

Zur Fertigstellung sind nachfolgende Arbeiten am Gesamtbauwerk nach Bauabschnitt notwendig:

- Sohl- und Böschungssicherung außerhalb SpW-Kasten
- Finalisierung der Abdichtung Brücke,
- Betonage Kappen auf Überbau und Flügelmauer,
- Einbau Asphalt
- Rückbau bauzeitliche Flächenbefestigung, Oberbodenarbeiten
- Restarbeiten an Geländer Treppen, und Beleuchtung, BR

### **3.7.2.5 Bauzeit**

Die Bauzeit wird je BA mit 24 Monaten abgeschätzt, so dass von ca. 4 Jahren Gesamtbauzeit auszugehen ist (siehe Teil A, Anlage 4).

## **3.7.3 Baustellenerschließung, Baustraßen und Lagerflächen**

### **3.7.3.1 Baustellenerschließung**

Die Baustellenzuwegungen einschl. der angedachten BE-Flächen sind im Plan Nr. TO11-2.4 dargestellt.

Die Erschließung der Baustelle am TO11 erfolgt im Norden von der Schwerstedter Straße (L2165), Ortslage Straußfurt, welche über die Bundesstraße 176 an die Bundesautobahn A71 angeschlossen ist. Im Süden führt aus Richtung Erfurt die B4 über die Ortslagen Henschleben und Vehra zum Vorhaben.

Die bauzeitliche Erschließung im Baufeld erfolgt über die in 3.4.2.3 beschriebenen Zufahrten.

Bauzeitlich wird dazu auf der Tragschicht eine 10 cm starke Verschleißschicht 0/32 aufgetragen und durch den AN unterhalten. Die Verschleißschicht wird zum Bauende wieder entfernt und durch die planmäßige Asphalttragdeckschicht ersetzt.

Im Bereich der Einfahrt Zufahrt Süd ist eine Verbreiterung der bestehenden Zufahrt notwendig. Dies erfordert das Ergebnis einer Schleppkurvenberechnung des Mobilkrans. Aufgrund des Wenderadius würde dem Fahrzeug im aktuellen Zustand nicht ausreichend Fläche zur Verfügung stehen. Unter Beachtung der Umverlegung der B4 ist eine Befahrung aus der Ortslage Straußfurt die einzige Option, um den Kranstellplatz auch in Zukunft nutzen zu können.

Die Herstellung der Asphaltbefestigung erfolgt unmittelbar mit Beginn von Bauabschnitt 1. Dies ermöglicht eine gewisse Reinigungsfunktion der Fahrzeuge vor Auffahrt zur öffentlichen Straße. Weiterhin ist ein Eingriff in den Durchlass des Schambachs notwendig. Hier ist die Böschung, sowie der Ein- und Auslaufbereich anzupassen und die Verrohrung (DN1000 Beton) zu verlängern.

Die Zufahrtsschranken (2 Stk.) sind wiederherzustellen.

### **3.7.3.2 Lager- und Baustelleneinrichtungsflächen**

Luftseitig des Hauptdammes stehen Baustelleneinrichtungs- und Lagerflächen nördlich und südlich der Unstrut mit ca. 11.000 m<sup>2</sup> und ca. 7.400 m<sup>2</sup> zur Verfügung.

Die BE- und Lagerflächen außerhalb der dauerhaften Zufahrten/Lagerflächen erhalten folgenden Aufbau:

- 30 cm Mineralgemisch Liefermaterial
- Geotextil als Trennlage

Für die fachgerechte Lagerung von Aushubmaterial und Vorhalteflächen für Liefermaterial sind vorbereitende Maßnahmen nach DIN 19731 notwendig:

- Oberboden abschieben und in trapezförmigen Mieten zwischenlagern, Höhe max. 2,0 m
- Bauzeitliche Unterhaltung der Mieten durch AN (Begrünung, Entwässerung, etc.),
- Vollständiger Rückbau am Bauende mit Wiederandecken durch geeigneten Oberboden und Rasenansaat.

In unmittelbarer Nähe der Einfahrt bzw. Dammbabfahrt am Hauptdamm Süd befindet sich eine bituminös befestigte Fläche vermutlich aus den 70er Jahren. Diese Fläche dient aktuell und zukünftig als Lagerfläche des AG. Sie steht bauzeitlich als Lagerfläche zur Verfügung.

Die bestehende Befestigung wird vollständig zurückgebaut. Es ist von teerhaltigem Asphalt auszugehen, der entsprechend der Teerbelastung zu entsorgen ist. Vor Baubeginn werden dazu Asphaltproben sowie Proben der Schottertragschicht entnommen und laborativ untersucht. Im Ergebnis ist der Entsorgungsweg für den Asphaltabbruch und für die ggf. ebenfalls kontaminierte Tragschicht festzulegen.

Analog zur Baustellenerschließung wird bauzeitlich die mineralische Tragschicht genutzt und im Zuge der Herstellung der dauerhaften Zuwegung die Asphalttragdeckschicht ergänzt.

Die Entwässerung soll dezentral über Versickerung in die angrenzenden Grünflächen erfolgen.

### 3.7.4 Inbetriebnahme

Die Inbetriebnahme von Stauanlagen ist in [1] geregelt: „Die Gebrauchstauglichkeit und die Tragsicherheit einer Stauanlage sind nach ihrer Errichtung oder Sanierung und vor ihrer Inbetriebnahme durch Probestau nachzuweisen. Voraussetzung für den Beginn des Probestaus ist ein Probestauprogramm, in dem verbindliche Vorgaben enthalten sind. Hierzu gehören unter anderem:

- Festlegung von Probestauzielen und -etappen;
- maximale Steig- und Absenkgeschwindigkeit;
- zeitliche Einordnung und Dauer von Phasen der Verharrung;
- Mess- und Überwachungsprogramme einschließlich Häufigkeit der visuellen Kontrollen;
- Melde- und Warnordnung.

Nach Auswertung und Beurteilung der Ergebnisse aller Messungen einer Probestauetappe ist über die Fortführung des Probestaus zu entscheiden. Die bisherigen Vorgaben sind zu bestätigen oder neue sind festzulegen.“

Bei der Erweiterung und Instandsetzung des HRB SF wird der Baugrubenverbau temporär Teil der Stauanlage. Demzufolge ist jeweils nach Herstellung des Baugrubenverbaus und auch vor Inbetriebnahme des Ersatzneubaus eine (Teil-)Inbetriebnahme durchzuführen:

- Baugrubenverbau BA1
- Massivbau und Stahlwasserbau BA1 und Baugrubenverbau BA2