

12.12.2024

Erweiterung und Instandsetzung Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt

Teil A:
Haupterläuterungsbericht Gesamtprojekt (alle Teilobjekte)
Anlage 3 – Nachweisführung HW-Sicherheit HRB Straußfurt

Entwurfs- und Genehmigungsplanung



Abschlussbauwerk mit Abgabe an die Unstrut, Quelle: Steve Bauerschmidt

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 A: Haupterläuterungsbericht Gesamtprojekt (alle Teilobjekte)
Anlage 3 – Nachweisführung HW-Sicherheit HRB Straußfurt

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. Antje Pappermann
Dipl.-Ing. Stefan Buhr
Dipl.-Ing. Lars Schaarschmidt
Dipl.-Ing. Albrecht Köhler
Dr.-Ing Stefan Schmid

Weimar, 12.12.2024

Ingenieurgemeinschaft HRB Straußfurt


Lars Schaarschmidt
Projektleiter


Albrecht Köhler
Projektingenieur

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|---------|---|----|
| 1 | Veranlassung | 1 |
| 2 | Hochwassersicherheits- und -schutznachweise im Planzustand | 1 |
| 3 | Bauzeitliche Hochwassersicherheits- und Hochwasserschutznachweise | 4 |
| 3.1 | Allgemeines | 4 |
| 3.2 | TO11 – Abschlussbauwerk | 4 |
| 3.2.1 | Bautechnologische Angaben | 4 |
| 3.2.2 | Nachweise | 4 |
| 3.2.3 | Gefahrenübergang und Baustellenräumung | 6 |
| 3.3 | TO12 – Hauptdamm | 7 |
| 3.3.1 | Bautechnologische Angaben | 7 |
| 3.3.2 | Nachweise | 7 |
| 3.3.2.1 | Hauptdamm Nord | 7 |
| 3.3.2.2 | Hauptdamm Süd | 9 |
| 3.3.3 | Risikobetrachtung und Sicherungsmaßnahmen Hauptdamm Süd | 11 |
| 3.4 | TO14 – HWE | 11 |
| 3.4.1 | Bautechnologische Angaben | 11 |
| 3.4.2 | Nachweise | 12 |
| 3.4.3 | Risikobetrachtung und Sicherungsmaßnahmen HWE | 13 |
| 3.5 | Weitere Teilobjekte | 13 |

ANHANGVERZEICHNIS

| | |
|----------|---|
| Anhang 1 | Retentionsberechnung Bauzeit und Ermittlung der Unterwasserstände |
|----------|---|

1 Veranlassung

Das vorliegende Nachweiskonzept bildet die Berechnungsgrundlage zur Führung der Hochwassersicherheits- und Hochwasserschutznachweise am Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt.

In dieser Unterlage sind die für die Führung dieser Nachweise anzusetzenden Einwirkungen und Randbedingungen für den Bau- und den Planzustand zusammengestellt.

Die mit den Hochwassersicherheits- und Hochwasserschutznachweisen zu ermittelnden bzw. nachzuweisenden Wasserspiegellagen gehen als maßgebende Randbedingung bzw. Einwirkung in die weiteren Planungen und zu führenden Sicherheitsnachweise an Massiv-, Stahlwasser- und Erdbau ein.

Das Nachweiskonzept wird im Rahmen der weiteren Planung fortgeschrieben und an die jeweils aktuellen neuen Erkenntnisse und Rahmenbedingungen angepasst.

2 Hochwassersicherheits- und -schutznachweise im Planzustand

Die wasserwirtschaftlichen Bemessungsgrößen und die Erläuterung der Wahl dieser ist dem Haupterläuterungsbericht, Kapitel 4 zu entnehmen. Darin ist aufgeführt, dass die bestätigten hydrologischen Bemessungsgrößen um 12% (Klimazuschlag) erhöht wurden. Die Retentionswirkung des HRB wird in der Nachweisführung nicht berücksichtigt und nicht angesetzt.

Die im Endzustand zu führende Nachweise des Hochwasserschutzes und der Hochwassersicherheit sind in DIN 19700-10 bis DIN 19700-12 geregelt:

1) Hochwasserbemessungsfall 1 (Nachweis der Hochwassersicherheit)

Kombination von BHQ₁ + Revision oder Störfall 1 Feldes

- Das Hochwasserstauziel $Z_{H1,2} = Z_{H,PLAN} = 151,85$ m NHN (2016) ist einzuhalten.
- Freibord mittels Ansatz Wellenumlenker (WUL) für Hauptdamm Nord: $f_{1/2} = 0,92$ m
- Freibord mittels Ansatz WUL für Hauptdamm Süd: $f_{1/2} = 0,91$ m
- Vorgehen: Wasserstand im OW wird mit $Z_{H,PLAN}$ vorgegeben → Nachweis hydraulische Leistungsfähigkeit (HWE + Abschlussbauwerk) \geq BHQ₁
- Höhe der HWE: $Z_{HWE,PLAN} = Z_{V,PLAN} = 150,81$ m NHN (2016)
- (n-1)-Bedingung am TO11 (Ausfall des leistungsfähigsten der 4 Felder)
- Wehrfeldbreiten: $3 \times b_{PLAN} = 4,00$ m (3 Wehrfelder in Betrieb)
- Schützstellung: Doppelhakenschütze vollständig zusammengefahren in oberer Endstellung → vorläufige max. Öffnungshöhe aus hydraulischer Vorbemessung: $a_{PLAN} = 4,89$ m
- BHQ₁ = 567 m³/s (Verzicht Retentionswirkung)
- $Q_{HWE} = 410$ m³/s (bei $Z_{H,PLAN}$ entsprechend Schlüsselkurve HWE)
Der Nachweis der Leistungsfähigkeit von 410 m³/s erfolgt in Teil C der Planung, Unterlage 4 – Hydraulische Nachweise HWE (physikalischer Modellversuch) für den Plan-Zustand. Der Nachweis für die Leistungsfähigkeit von 410 m³/s im Ist-Zustand ist bereits in den Ergebnissen des Modellversuches von 2017 (IWSÖ, 2017) erbracht (dies dient als vorläufige Annahme für den Plan-Zustand).
- Nachweis, dass: $Q_{TO11} \geq BHQ_1 - Q_{HWE} = 157$ m³/s (bei $Z_{H,PLAN}$)
Der Nachweis, dass das Abschlussbauwerk im Hochwasserbemessungsfall 1 eine Mindestleistungsfähigkeit von 157 m³/s erreicht, ist dem Teil B der Planung, Unterlage 4 – Hydraulische Nachweise Abschlussbauwerk zu entnehmen.

- Unterwasserstand: 147,45 m NHN (2016)
→ Ermittlung im 2d-hn-Modell für Abflussaufteilung $Q_{HWE} = 410 \text{ m}^3/\text{s}$ / $Q_{TO11} = 157 \text{ m}^3/\text{s}$
→ ggf. höhere Unterwasserstände aufgrund $Q_{vorh} > BHQ_1$ werden beurteilt
- Ergebnis (siehe Teil B, Unterlage 4):
 $Q_{TO11} = 428 \text{ m}^3/\text{s} > 157 \text{ m}^3/\text{s}$ → **Nachweis erbracht!**

2) Hochwasserbemessungsfall 2 (Nachweis der Hochwassersicherheit)

Kombination von BHQ_2 + Ansatz aller 4 Wehrfelder

- Das Hochwasserstauziel $Z_{H1,2} = Z_{H,PLAN} = 151,85 \text{ m NHN (2016)}$ ist einzuhalten.
- Vorgehen: Wasserstand im OW wird mit Z_H vorgegeben → Nachweis hydraulische Leistungsfähigkeit (HWE+ Abschlussbauwerk) $\geq BHQ_2$
- Höhe der HWE: $Z_{HWE,PLAN} = Z_{V,PLAN} = 150,81 \text{ m NHN (2016)}$
- Ansatz aller 4 Wehrfelder am TO11
- Wehrfeldbreiten: $4 \times b_{PLAN} = 4,00 \text{ m}$
- Schützstellung: Doppelhakenschütze vollständig zusammengefahren in oberer Endstellung
→ vorläufige max. Öffnungshöhe aus hydraulischer Vorbemessung: $a_{PLAN} = 4,89 \text{ m}$
- $BHQ_2 = 888 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{HWE} = 410 \text{ m}^3/\text{s}$ (bei $Z_{H,PLAN}$ entsprechend Schlüsselkurve HWE)
Der Nachweis der Leistungsfähigkeit von $410 \text{ m}^3/\text{s}$ erfolgt in Teil C der Planung, Unterlage 4 – Hydraulische Nachweise HWE (physikalischer Modellversuch) für den Plan-Zustand. Der Nachweis für die Leistungsfähigkeit von $410 \text{ m}^3/\text{s}$ im Ist-Zustand ist bereits in den Ergebnissen des Modellversuches von 2017 (IWSÖ, 2017) erbracht (dies dient als vorläufige Annahme für den Plan-Zustand).
- Nachweis, dass $Q_{TO11} \geq BHQ_2 - Q_{HWE} = 478 \text{ m}^3/\text{s}$ (bei $Z_{H,PLAN}$)
Der Nachweis, dass das Abschlussbauwerk im Hochwasserbemessungsfall 2 eine Mindestleistungsfähigkeit von $478 \text{ m}^3/\text{s}$ erreicht, ist dem Teil B der Planung, Unterlage 4 – Hydraulische Nachweise Abschlussbauwerk zu entnehmen.
- Unterwasserstand: 147,80 m NHN (2016)
→ Ermittlung im 2d-hn-Modell für Abflussaufteilung $Q_{HWE} = 410 \text{ m}^3/\text{s}$ / $Q_{TO11} = 478 \text{ m}^3/\text{s}$
→ ggf. höhere Unterwasserstände aufgrund $Q_{vorh} > BHQ_2$ werden beurteilt
- **Ergebnis** (siehe Teil B, Unterlage 4):
 $Q_{TO11} = 576 \text{ m}^3/\text{s} > 478 \text{ m}^3/\text{s}$ → **Nachweis erbracht!**

3) Hochwasserbemessungsfall 3 (Nachweis des Hochwasserschutzes)

Mit dem Hochwasserbemessungsfall 3 ist der Hochwasserschutz, den die Anlage für das Unterliegergebiet auf Grund seines gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraaumes bietet, nachzuweisen. Dieser Nachweis wird durch die separaten Hochwasserschutzkonzepte mittlere und untere Unstrut durch das TLUBN erbracht.

Die Werte für den gewöhnlichen HW-Rückhalteraum sowie weitere hydrologische Bemessungsgrößen (z. B. HQ_{100}) sind dem Haupterläuterungsbericht, Kapitel 4 zu entnehmen.

Über diese Nachweise hinaus fordert die DIN 19700-11, Abschnitt 4.3.1 (Seite 8) eine Risikobetrachtung zur Bewertung des verbleibenden Restrisikos infolge Überschreitung von BHQ_2

4) **Nachweis verbleibendes Risiko infolge Überschreitung von BHQ_2**

Die gewählten Bemessungsansätze für BHQ_1 und BHQ_2 sind aufgrund des Verzichtes der Retentionswirkung und konservativer Bemessungswindansätze bereits als Überschreitung des Hochwasserbemessungsfalles 2 im Sinne einer Restrisikobetrachtung zu verstehen.

Bei Kronenstau $Z_K = 153,00$ m NHN (2016) können gemäß der hydraulischen Vorbemessung im Rahmen der Vorplanung ca. $537 \text{ m}^3/\text{s}$ über das Abschlussbauwerk abgeführt werden. Die 3d-hn-Modellierung zeigt, dass die Werte der Vorbemessung um etwa 10% unterschätzt wurden. Somit kann bei Kronenstau von einer Abflusskapazität des Abschlussbauwerkes (TO11) von ca. $590 \text{ m}^3/\text{s}$ ausgegangen werden.

Hinsichtlich der hydraulischen Leistungsfähigkeit der HWE ist bekannt, dass bei Erreichen des derzeitigen Stauziels $Z_V = 149,81$ m NHN (2016) ein Abfluss von $410 \text{ m}^3/\text{s}$ nachgewiesen werden konnte (siehe Modellversuche 2017, IWSÖ). Bereits dies entspricht einer Gesamtkapazität von Abschlussbauwerk und HWE von ca. $1.000 \text{ m}^3/\text{s}$ und somit in etwa einer 12% höheren Kapazität als das geplante $BHQ_2 = 888 \text{ m}^3/\text{s}$.

Risiken, die von möglichem Schwemmgut ausgehen könnten, werden seitens des Betriebes geregelt. Bei bisherigen HW-Ereignissen stellte Schwemmgut kein Problem dar.

3 Bauzeitliche Hochwassersicherheits- und Hochwasserschutznachweise

3.1 Allgemeines

Die Bemessungsansätze (Hydrologie, Stauziele/Rückhalteräume) sind im Haupterläuterungsbericht, Kapitel 4 – Bemessungsgrößen aufgeführt. Dem Anhang 1 dieser Unterlage sind die Retentionsberechnung während der Bauzeit (einschließlich der maßgebenden Zuflussganglinien und Ansatz der Abgaben Abschlussbauwerk und HWE) und die Ermittlung der Unterwasserstände zu entnehmen.

Während der Bauzeit muss der Betrieb des HRB gewährleistet werden. Somit muss auch die Hochwassersicherheit und der Hochwasserschutz gemäß DIN 19700-10 bis DIN 19700-12 nachgewiesen werden.

Für nachstehende Teilobjekte (TO):

- TO11 – Abschlussbauwerk,
- TO12 – Hauptdamm und
- TO14 – HWE

erfolgen die Nachweise für den Bauzustand im jeweiligen maßgebenden Hochwasserbemessungsfall:

- Hochwasserbemessungsfall 1 – Nachweis der bauzeitlichen Hochwassersicherheit,
- Hochwasserbemessungsfall 3 – Nachweis des bauzeitlichen Hochwasserschutzes und im
- Hochwasserbemessungsfall 2 – Nachweis der bauzeitlichen Hochwassersicherheit, Risikobetrachtung.

Die bauzeitlichen Zustände werden unter der Retentionswirkung ermittelt.

Maßnahmen und Randbedingung, die sich aus den bauzeitlichen Hochwasserereignissen für die Baustelle und den Betrieb des HRB Straußfurt während der Bauzeit der jeweiligen TO ergeben, sind im Zuge der weiteren Planung und Bauvorbereitung mit der Hochwassernachrichtenzentrale des Freistaates Thüringen abzustimmen.

3.2 TO11 – Abschlussbauwerk

3.2.1 Bautechnologische Angaben

Die Bauzeit des TO11 beträgt 4 Jahre. Das neue Bauwerk einschließlich Wehr, Flügelwände, Tosbecken, Wehrwangen und Wehrbrücke wird in 2 Bauabschnitten (BA 1: Süd, BA 2: Nord) errichtet. Dadurch wird sichergestellt, dass bauzeitlich jeweils 2 Wehrfelder in Betrieb bleiben. Die Höhe der Baugrubenumschließung beträgt im Oberwasser 151,00 m NHN (2016) und im Unterwasser 146,50 m NHN (2016).

3.2.2 Nachweise

1) Hochwasserbemessungsfall 1 (Nachweis der bauzeitlichen Hochwassersicherheit)

Kombination von BHQ₁ + Revision von 2 Feldern

- Das Hochwasserstauziel $Z_{H,IST} = 150,85$ m NHN (2016) ist einzuhalten. Bei Überschreitung ist ggf. die Anlagensicherheit zu bewerten.
- Vorgehen: Zuflussganglinie vorgegeben → Stauhöhe (Wasserstand im OW) und Abflussaufteilung HWE/TO11 ermitteln (siehe Anhang 1)
- $BHQ_{1,IST} = 506$ m³/s (REWANUS) **ohne 12% Klimazuschlag**

- $Q_{HWE,IST}$ gem. W-Q-Beziehung IST = 205,2 m³/s (siehe Anhang 1)
- $Q_{TO11,IST}$ gem. W-Q-Beziehung IST = 300,1 m³/s (siehe Anhang 1)
- Höhe der HWE: $Z_{HWE,IST} = Z_{V,IST} = 149,81$ m NHN (2016)
- Berücksichtigung (n-2)-Bedingung (Revision von 2 Feldern)
(Die Berücksichtigung eines Störfalls unter den verbleibenden 2 Feldern (also dann (n-3)-Bedingung) ist gemäß DWA-M 500 aufgrund eines unnötig hohen Sicherheitsniveaus nicht erforderlich. Die während der Revision in Benutzung befindlichen Verschlüsse, Antriebe etc. sind vor und während der Bauzeit häufiger zu prüfen, um das Risiko eines gleichzeitig auftretenden Störfalls auf ein Minimum zu reduzieren. Im Falle einer Störung aufgrund blockierter Schütze sind geeignete Geräte zur Beseitigung in Baustellennähe verfügbar zu halten. Die Beseitigung von Treibgut kann wie bisher auch durch Öffnen eines Unterschützes und Abtransport über das Abschlussbauwerk erfolgen.)
- Wehrfeldbreiten: $2x b_{IST} = 3,30$ m (Bauabschnitt BA1 maßgebend, für BA2 $2x b_{PLAN} = 4,00$ m)
- Unterwasserstand: 147,40 m NHN (2016)
→ Ermittlung im 2d-hn-Modell für ermittelte Abflussaufteilung Q_{HWE} / Q_{TO11}
- **Ergebnis** (siehe Anhang 1):
 Z_{H1} (Bauzeit) = 150,57 m NHN (2016) < 150,85 m NHN (2016) = $Z_{H,IST}$
→ **Nachweis erbracht!**

2) Hochwasserbemessungsfall 3 (Nachweis des bauzeitlichen Hochwasserschutzes)

Die Höhe des Vollstaus $Z_{V,IST} = 149,81$ m NHN (2016) und damit auch die Größe des gewöhnlichen Hochwasserrückhalteraaumes bleiben aufgrund der Spundwandoberkante der Baugrube auf der Wasserseite von 151,00 m NHN (2016) bauzeitlich vollständig erhalten. Über das Abschlussbauwerk kann auch unter (n-2)-Bedingung (Revision von 2 Feldern) weiterhin der schadlose Abfluss von $Q = 100$ m³/s abgeführt werden.

Der Hochwasserschutz, den die Anlage für das Unterliegergebiet gewährleistet, ist daher bauzeitlich nicht eingeschränkt.

Für folgende bauzeitliche Einwirkungskombinationen wird eine Risikobetrachtung durchgeführt. Die Ergebnisse werden bewertet, um ggf. mögliche Maßnahmen für diesen sehr unwahrscheinlichen Extremfall abzuleiten:

3) Hochwasserbemessungsfall 2 (Nachweis der bauzeitlichen Hochwassersicherheit, Risikobetrachtung)

Der Hochwasserbemessungsfall 2 dient dem Nachweis der Stauanlagensicherheit bei Extremhochwasser. Beim Bemessungshochwasserzufluss BHQ_2 muss die Standsicherheit einer Stauanlage und dabei insbesondere die Tragsicherheit des Absperrbauwerks nachgewiesen werden. Im Hochwasserbemessungsfall 2 können alle Entlastungs- und Entnahmeeinrichtungen mit ihrer hydraulischen Leistungsfähigkeit angesetzt werden (n-Fall). Die (n-1)- bzw. (n-a)-Betrachtung spielt in diesem Bemessungsfall keine Rolle (siehe auch DWA-M 500).

Die Kombination von Abflüssen $> BHQ_1$ und dem Revisionsfall werden im Rahmen der bauzeitlichen Risikobetrachtungen bewertet.

Kombination von BHQ_2 + Revision von 2 Feldern

- Die Auswirkungen auf das Hochwasserstauziel Z_H sind zu bewerten.
- Vorgehen: Zuflussganglinie vorgegeben → Stauhöhe (Wasserstand im OW) und Abflussaufteilung HWE/TO11 ermitteln (siehe Anhang 1)
- $BHQ_{2,IST} = 793$ m³/s (KOSTRA) **ohne 12% Klimazuschlag**

- $Q_{HWE,IST}$ gem. W-Q-Beziehung IST = 450,5 m³/s (siehe Anhang 1)
- $Q_{TO11,IST}$ gem. W-Q-Beziehung IST = 221,6 m³/s (siehe Anhang 1)
- Höhe der HWE: $Z_{HWE,IST} = Z_{V,IST} = 149,81$ m NHN (2016)
- Berücksichtigung (n-2)-Bedingung (Revision von 2 Feldern)
- Wehrfeldbreiten: $2x b_{IST} = 3,30$ m (Bauabschnitt BA1 maßgebend, für BA2 $2x b_{PLAN} = 4,00$ m)
- Unterwasserstand: 147,60 m NHN (2016)
 → Ermittlung im 2d-hn-Modell für ermittelte Abflussaufteilung Q_{HWE} / Q_{TO11}

- **Ergebnis:** (siehe Anhang 1)

Z_{H2} (Bauzeit) = 151,06 m NHN (2016)

Bewertung: Beim BHQ₂ handelt es sich um ein Extremereignis, das statistisch gesehen 1x in 10.000 Jahren auftritt. Die Überschreitung des Hochwasserstauziels ist unkritisch, die Stand-sicherheit des Dammes und des ABW wurde für den Planzustand nachgewiesen ($Z_{H2,Plan} = 151,85$ m NHN (2016)). Für den extrem unwahrscheinlichen Fall, dass dieses Ereignis wäh-rend der Bauzeit auftritt, sind keine zusätzlichen Maßnahmen 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 eingestaut ist (Oberkante der Baugru-benwand = 146,50 m NHN (2016)) und es sich um eine geringe Überfallhöhe handelt, kann von dieser Überströmung kein zusätzliches Risiko abgeleitet werden. Die Oberfläche, der oberen Berme in der Baugrube (OK = 145,30 m NHN (2016)) wird befestigt und ist 2,30 m überstaut. Eine Kolkbildung ist nicht zu befürchten.

3.2.3 Gefahrenübergang und Baustellenräumung

Der Betrieb der Baugrube und der offenen Wasserhaltung wird in Verantwortung des AN Bau TO 11 sein.

Für den Gefahrenübergang vom AN Bau TO11 zum AG wird ein Hochwasserereignis HQ_{BAU} gewählt, für welches die Überschreitungswahrscheinlichkeit während der Bauzeit unter 50% liegt. Für dieses Hochwasserereignis ist nachzuweisen, dass die Baugrube weder vom Ober- noch vom Unterwasser geflutet wird.

1) Nachweis Gefahrenübergang

Kombination von HQ_{BAU} + Revision von 2 Feldern

- Auf der Wasserseite ist der Vollstau $Z_{V,IST} = 149,81$ m NHN (2016) einzuhalten.
 → kein Anspringen der HWE
- Auf der Luftseite ist der Unterwasserstand von 146,00 m NHN (2016) einzuhalten.
 → da OK Spundwand UW - Freibord = 146,50 m NHN (2016) – 0,50 m = 146,00 m NHN (2016)
- Vorgehen: Zuflussganglinie vorgegeben → Stauhöhe (Wasserstand im OW) ermitteln sowie Unterwasserstand im 2d-hn-Modell für Abflussaufteilung Q_{TO11} nachweisen
- $HQ_{BAU} = HQ_{10} = 176$ m³/s

Herleitung: 4 Jahre Bauzeit, zulässige Überschreitungswahrscheinlichkeit sollte < 50%

Hydrologisches Risiko: $PR = 1 - (1 - 1/TN)^{TL}$ (DVWK-Regeln 112)

TL – Dauer des Baustellenbetriebes

TN – Wiederkehrintervall des Hochwassers

| TL [a] | TN [a] | HQ | Q [m³/s] | PR [%] = Risiko für Baustelle |
|--------|--------|------------------|----------|-------------------------------|
| 4 | 2 | HQ ₂ | 92 | 94% |
| 4 | 5 | HQ ₅ | 136 | 59% |
| 4 | 10 | HQ ₁₀ | 176 | 34% |

- $Q_{HWE,IST} = 0 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{TO11} \leq 100 \text{ m}^3/\text{s}$ (schadloser Abfluss)
- Höhe der HWE: $Z_{HWE,IST} = Z_{V,IST} = 149,81 \text{ m NHN (2016)}$
- Berücksichtigung (n-2)-Bedingung (Revision von 2 Feldern)
(Die Berücksichtigung eines Störfalls unter den verbleibenden 2 Feldern (also dann (n-3)-Bedingung) ist gemäß DWA-M 500 aufgrund eines unnötig hohen Sicherheitsniveaus nicht erforderlich. Die während der Revision in Benutzung befindlichen Verschlüsse, Antriebe etc. sind vor und während der Bauzeit häufiger zu prüfen, um das Risiko eines gleichzeitig auftretenden Störfalls auf ein Minimum zu reduzieren.)
- Wehrfelddbreite: $2x b_{IST} = 3,30 \text{ m}$ (Bauabschnitt BA1 maßgebend, für BA2 $2x b_{PLAN} = 4,00 \text{ m}$)

2) Baustellenräumung

Die Steuerung des Hochwasserrückhaltebeckens Straußfurt erfolgt bei Abflüssen ab $40 \text{ m}^3/\text{s}$ nach Vorgabe des TLUBN und ist von vielen Faktoren im Einzugsgebiet und vom Zusammenwirken mit anderen Stauanlagen abhängig. Eine pauschale Prognose der zeitlichen Wasserspiegelentwicklung ist daher weder für den Stauspiegel (Wasserstand im OW) noch für den Unterwasserstand möglich. Die Fließzeit von den Steuerpegeln (Möbiusburg und Nägelstedt) beträgt ca. 8h.

Falls eine Überschreitung des Vollstauziels $Z_{V,IST} = 149,81 \text{ m NHN (2016)}$ und/oder des Unterwasserstandes von $146,00 \text{ m NHN (2016)}$ nicht ausgeschlossen werden kann, ist die Beräumung der Baustelle/Baugrube durch den Betreiber mit zeitlichem Vorlauf (ca. 24 h) anzuordnen, dass die Beräumung (insbesondere Personal und Maschinen) rechtzeitig vor Erreichen dieser Wasserstände abgeschlossen ist. Zur Präzisierung ist ein Hochwasserhavarieplan durch den AN Bau unter Mitwirkung des AG aufzustellen und fortzuschreiben. Relevante Wettervorhersagen für das Einzugsgebiet vom DWD und Zuflussprognosen des HNZ im TLUBN sollten in den Prozess miteinfließen.

Dies wird im Zuge der Ausführungsplanung und nach Festlegung der Bautechnologie konkretisiert und anschließend mit der Hochwassernachrichtenzentrale des Freistaates Thüringen abgestimmt.

3.3 TO12 – Hauptdamm

3.3.1 Bautechnologische Angaben

Die geplante Bauzeit des TO12 beträgt ca. 2 Jahre. Das neue Abschlussbauwerk ist zu diesem Zeitpunkt fertiggestellt. Die Sohle der Baugrube in der Dammkrone am südlichen Abschnitt (HD Süd) liegt bei ca. $150,65 \text{ m NHN (2016)}$ auf der Wasserseite, im Bereich der Luftseite steht eine Restdammkronenhöhe von $151,40 \text{ m NHN (2016)}$ zur Verfügung.

3.3.2 Nachweise

3.3.2.1 Hauptdamm Nord

1) Hochwasserbemessungsfall 1 (Nachweis der bauzeitlichen Hochwassersicherheit)

Kombination von BHQ_1 + Leistungsfähigkeit neues Abschlussbauwerk (TO11)

- Die Auswirkungen auf das Hochwasserstauziel Z_H sind zu bewerten.
- Freibord mittels Ansatz Wellenumlenker (WUL) für Hauptdamm Nord: $f_{1/2} = 0,92 \text{ m}$
- Vorgehen: Zuflussganglinie vorgegeben → Stauhöhe (Wasserstand im OW) und Abflussaufteilung HWE/TO11 ermitteln

- $BHQ_{1,IST} = 506 \text{ m}^3/\text{s}$ (REWANUS) **ohne 12% Klimazuschlag**
- $Q_{HWE,IST}$ gem. W-Q-Beziehung IST = $245,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (siehe Anhang 1)
- $Q_{TO11,PLAN}$ gem. W-Q-Beziehung PLAN = $260,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (siehe Anhang 1)
- Höhe der HWE: $Z_{HWE,IST} = Z_{V,IST} = 149,81 \text{ m NHN (2016)}$
- Berücksichtigung Leistungsfähigkeit neues Abschlussbauwerk
- Wehrfeldbreiten: $4x b_{PLAN} = 4,00 \text{ m}$

Ergebnis Z_H (Bauzeit) = $150,47 \text{ m NHN (2016)}$

Bewertung Hauptdamm Nord:

Z_H (Bauzeit) = $150,47 \text{ m NHN (2016)} < \text{Eingriffstiefe Dammkrone} = \text{ca. } 151,90 \text{ m NHN (2016)}$
kein großflächiger Eingriff in bestehende Dammkrone, kein Eingriff in Dichtung/Stützkörper
→ Überflutungssicherheit gegeben
→ Standsicherheitsnachweis Absperrbauwerk für Kronenstau gegeben

→ **keine weiteren bauzeitlichen Maßnahmen am Hauptdamm Nord notwendig**

2) Hochwasserbemessungsfall 3 (Nachweis des bauzeitlichen Hochwasserschutzes)

Die Höhe des Vollstaus $Z_{V,IST} = 149,81 \text{ m NHN (2016)}$ bleibt aufgrund der höherliegenden baulichen Eingriffstiefe in den Damm (ca. $150,65 \text{ m NHN (2016)}$) bauzeitlich vollständig erhalten. Über das dann bereits fertiggestellte neue Abschlussbauwerk kann auch unter (n-2)-Bedingung (Revision von 2 Feldern) weiterhin der schadlose Abfluss von $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ abgeführt werden.

Der Hochwasserschutz, den die Anlage für das Unterliegergebiet gewährleistet, ist daher bauzeitlich nicht eingeschränkt.

3) Hochwasserbemessungsfall 2 (Nachweis der bauzeitlichen Hochwassersicherheit, Risikobetrachtung)

Die maßgebende Nachweisführung für die bauzeitliche Hochwassersicherheit erfolgt mittels BHQ_2 (Nachweis der Stauanlagensicherheit bei Extremhochwasser). Für diesen Fall ist die Anlagensicherheit maßgebend, d.h. das Absperrbauwerk darf nicht überströmt werden. Die Baustelle ist in diesem Fall nachrangig, die Baugrube kann geflutet werden.

Kombination von BHQ_2 + Leistungsfähigkeit neues Abschlussbauwerk (TO11)

- Die Auswirkungen auf das Hochwasserstauziel Z_H sind zu bewerten.
- Freibord mittels Ansatz Wellenumlenker (WUL) für Hauptdamm Nord: $f_{1/2} = 0,92 \text{ m}$
- Vorgehen: Zuflussganglinie vorgegeben → Stauhöhe (Wasserstand im OW) und Abflussaufteilung HWE/TO11 ermitteln
- $BHQ_{2,IST} = 793 \text{ m}^3/\text{s}$ (KOSTRA) **ohne 12% Klimazuschlag**
- $Q_{HWE,IST}$ gem. W-Q-Beziehung IST = $449 \text{ m}^3/\text{s}$ (siehe Anhang 1)
- $Q_{TO11,PLAN}$ gem. W-Q-Beziehung PLAN = $340 \text{ m}^3/\text{s}$ (siehe Anhang 1)
- Höhe der HWE: $Z_{HWE,IST} = Z_{V,IST} = 149,81 \text{ m NHN (2016)}$
- Berücksichtigung Leistungsfähigkeit neues Abschlussbauwerk
- Wehrfeldbreiten: $4x b_{PLAN} = 4,00 \text{ m}$

Ergebnis Z_H (Bauzeit) = $150,61 \text{ m NHN (2016)}$

Bewertung Hauptdamm Nord:

Z_H (Bauzeit) = 150,61 m NHN (2016) < Eingriffstiefe Dammkrone = ca. 151,90 m NHN (2016)
kein großflächiger Eingriff in bestehende Dammkrone, kein Eingriff in Dichtung/Stützkörper
→ Überflutungssicherheit gegeben
→ Standsicherheitsnachweis Absperrbauwerk für Kronenstau gegeben

→ **keine weiteren bauzeitlichen Maßnahmen am Hauptdamm Nord notwendig**

3.3.2.2 Hauptdamm Süd

1) Hochwasserbemessungsfall 1 (Nachweis der bauzeitlichen Hochwassersicherheit)

Kombination von BHQ_1 + Leistungsfähigkeit neues Abschlussbauwerk (TO11)

- Die Auswirkungen auf das Hochwasserstauziel Z_H sind zu bewerten.
- Freibord mittels Ansatz WUL für Hauptdamm Süd: $f_{1/2} = 0,91$ m
- Vorgehen: Zuflussganglinie vorgegeben → Stauhöhe (Wasserstand im OW) und Abflussaufteilung HWE/TO11 ermitteln
- $BHQ_{1,IST} = 506$ m³/s (REWANUS) **ohne 12% Klimazuschlag**
- $Q_{HWE,IST}$ gem. W-Q-Beziehung IST = 245,1 m³/s (siehe Anhang 1)
- $Q_{TO11,PLAN}$ gem. W-Q-Beziehung PLAN = 260,5 m³/s (siehe Anhang 1)
- Höhe der HWE: $Z_{HWE,IST} = Z_{V,IST} = 149,81$ m NHN (2016)
- Berücksichtigung Leistungsfähigkeit neues Abschlussbauwerk
- Wehrfeldbreiten: $4x b_{PLAN} = 4,00$ m

Ergebnis Z_H (Bauzeit) = 150,47 m NHN (2016)

Bewertung Hauptdamm Nord:

siehe Bewertung bei 2) Hochwasserbemessungsfall 2

2) Hochwasserbemessungsfall 3 (Nachweis des bauzeitlichen Hochwasserschutzes)

Die Höhe des Vollstaus $Z_{V,IST} = 149,81$ m NHN (2016) bleibt aufgrund der höherliegenden baulichen Eingriffstiefe in den Damm (ca. 150,65 m NHN (2016)) bauzeitlich vollständig erhalten. Über das dann bereits fertiggestellte neue Abschlussbauwerk kann auch unter (n-2)-Bedingung (Revision von 2 Feldern) weiterhin der schadlose Abfluss von $Q = 100$ m³/s abgeführt werden.

Der Hochwasserschutz, den die Anlage für das Unterliegergebiet gewährleistet, ist daher bauzeitlich nicht eingeschränkt.

3) Hochwasserbemessungsfall 2 (Nachweis der bauzeitlichen Hochwassersicherheit, Risikobetrachtung)

Die maßgebende Nachweisführung für die bauzeitliche Hochwassersicherheit erfolgt mittels BHQ_2 (Nachweis der Stauanlagensicherheit bei Extremhochwasser). Für diesen Fall ist die Anlagensicherheit maßgebend, d.h. das Absperrbauwerk darf nicht überströmt werden. Die Baustelle ist in diesem Fall nachrangig, die Baugrube kann geflutet werden.

Kombination von BHQ_2 + Leistungsfähigkeit neues Abschlussbauwerk (TO11)

- Die Auswirkungen auf das Hochwasserstauziel Z_H sind zu bewerten.
- Freibord mittels Ansatz WUL für Hauptdamm Süd: $f_{1/2} = 0,91$ m

- Vorgehen: Zuflussganglinie vorgegeben → Stauhöhe (Wasserstand im OW) und Abflussaufteilung HWE/TO11 ermitteln
- $BHQ_{2,IST} = 793 \text{ m}^3/\text{s}$ (KOSTRA) **ohne 12% Klimazuschlag**
- $Q_{HWE,IST}$ gem. W-Q-Beziehung IST = $449 \text{ m}^3/\text{s}$ (siehe Anhang 1)
- $Q_{TO11,PLAN}$ gem. W-Q-Beziehung PLAN = $340 \text{ m}^3/\text{s}$ (siehe Anhang 1)
- Höhe der HWE: $Z_{HWE,IST} = Z_{V,IST} = 149,81 \text{ m NHN (2016)}$
- Berücksichtigung Leistungsfähigkeit neues Abschlussbauwerk
- Wehrfeldbreiten: $4 \times b_{PLAN} = 4,00 \text{ m}$

Ergebnis Z_H (Bauzeit) = $150,61 \text{ m NHN (2016)}$

Bewertung Hauptdamm Süd:

Z_H (Bauzeit) = $150,61 \text{ m NHN (2016)}$ < Sohle Eingriff Dammkrone = ca. $150,65 \text{ m NHN (2016)}$ und

großflächiger Eingriff in Dammkrone (WUL ausgebaut), kein Eingriff in Dichtung/Stützkörper
→ das Stauziel liegt unter der Baugrubensohle, der Freibord ist aber nicht gewährleistet
→ Überflutungssicherheit nicht gegeben (über komplette Länge des Hauptdamm Süd),
→ Standsicherheit muss überprüft werden

Prüfung Vorsorgemaßnahmen für Hauptdamm Süd:

Variante 1: Beschränkung Einstau während Bauzeit Hauptdamm Süd

→ Ermittlung zulässiges bauzeitliches Z_H : unter Berücksichtigung bauzeitliche Restdammkronenhöhe* = $151,40 \text{ m NHN (2016)}$, abzüglich theoretischer Freibord ohne WUL = $1,84 \text{ m}^{**} = 149,56 \text{ m NHN (2016)}$ → einschl. bauzeitlicher Sicherheitszuschlag (aufgrund Bautoleranzen) = $149,40 \text{ m NHN (2016)}$ → kein Einstau bis Z_V (Ist) möglich
→ Das würde bedeuten, dass das HRB Straußfurt für die Bauzeit von ca. 2 Jahren am Hauptdamm Süd nicht mit dem vollen derzeitigen Rückhalteraum zur Verfügung stehen würde.

* Am Restdamm sind die WUL und die Dammkrone während der Bauzeit noch vorhanden und für den Freibord wirksam.

** Hinweis zur Freibordermittlung gemäß *BCE, 2015*: Der Freibord wurde mittels eines Windereignisses $T = 25 \text{ a}$ ermittelt. Die Wellenaufbauhöhe beträgt $1,77 \text{ m}$, die Windstauhöhe 8 cm . Ein Sicherheitszuschlag wurde nicht vorgesehen, da es sich um eine bestehende Anlage handelt und mittel- wie langfristig Unsicherheiten nicht mehr in einem unbekannten Maße auftreten.

Variante 2: bauzeitliche Sicherungsmaßnahmen am Hauptdamm Süd

→ Beschränkung Eingriff Dammkrone auf max. 50 lfd. m (offene Baugrube)
→ Vorhaltung von Material zur Sicherung Dammkrone vor Überflutung (z. B. Bigpacks)
→ Mit dieser baulichen Eingriffsbeschränkung und Vorhaltemaßnahmen kann während der Bauzeit die Überflutungssicherheit im Baustellenbereich kurzfristig hergestellt werden.

→ Das würde bedeuten, dass das HRB Straußfurt für die Bauzeit von ca. 2 Jahren am Hauptdamm Süd auch mit dem derzeit gewöhnlichen Rückhalteraum zur Verfügung stehen würde. Ein Einstau in den außergewöhnlichen Rückhalteraum sollte während der Bauzeit vermieden werden. D.h. bei Anspringen der HWE hat unmittelbar eine Entlastung über das Abschlussbauwerk zu erfolgen.

3.3.3 Risikobetrachtung und Sicherungsmaßnahmen Hauptdamm Süd

Die Risikobetrachtung bezieht sich auf ca. 2 Jahr Bauzeit und Überschreitung des bauzeitlichen $Z_H = 149,40$ m NHN (2016) (Größenordnung $< HQ_{10}$).

Bewertung:

- Erreichen Z_V (Ist) = 149,81 m NHN (2016) → Anspringen HWE
Einschätzung: mit nachstehenden Maßnahmen kann Überflutungssicherheit sicher hergestellt werden
- Erreichen Z_H (Ist) = 150,85 m NHN (2016) → Erreichen Höchststauziel
Einschätzung: mit nachstehenden Maßnahmen kann die Überflutungssicherheit Hauptdamm Süd sichergestellt werden

→ **bauzeitliche Maßnahmen am Hauptdamm Süd sind notwendig**

- **Beschränkung Eingriff Dammkrone auf max. 50 lfd. m (offene Baugrube, Bereiche in den WUL ausgebaut ist)**
- **Vorhaltung von Material zur Sicherung Dammkrone vor Überflutung (z. B. Bigpacks)**

Es wird o.g. Variante 2 – bauzeitliche Maßnahmen am Hauptdamm Süd Vorzug gegeben.

→ Der Betrieb des HRB Straußfurt muss während Bauzeit diesbezüglich erfolgen und ist mit der Hochwassernachrichtenzentrale abzustimmen.

3.4 TO14 – HWE

3.4.1 Bautechnologische Angaben

Während der baulichen Umsetzung aller anderen TO ist die volle Leistungsfähigkeit der HWE gegeben, d.h. dass die derzeitige Überfallsschwelle zu diesen Zeitpunkten immer zur Verfügung steht.

Nach Abschluss der Baumaßnahmen am Abschlussbauwerk werden die Baumaßnahmen an der HWE umgesetzt. D.h., die höhere hydraulische Leistungsfähigkeit des Abschlussbauwerkes ist bereits wirksam. Eine hydraulische Belastung des Tosbeckens der HWE wird auch dahingehend minimiert, dass das fertiggestellte Abschlussbauwerk über eine größere hydraulische Leistungsfähigkeit verfügt als bisher.

Eine weitere Minimierung der hydraulischen Belastung für das Tosbecken wäre es, im Schutz der neuen höheren Überfallsschwelle die Umbauarbeiten am Tosbecken auszuführen. Den Ausbau des Tosbeckens nach Abschluss der höheren Überfallsschwelle zu vollziehen, wurde geprüft.

Der Umbau des Tosbeckens im Schutz der neuen Überfallsschwelle ist bautechnologisch nicht sinnvoll, da die Herstellung der Überfallsschwelle aus bautechnologischen Gründen erst nach Abschluss der Asphaltbetonarbeiten in der HWE-Rinne möglich ist. Dies steht im Widerspruch, dass die Asphaltbetonarbeiten in der HWE-Rinne erst nach Abschluss Tosbecken (insbesondere nach Fertigstellung Leitwand) möglich sind.

Da weitestgehend die vorhandenen Betonplatten im Tosbeckens insbesondere in Richtung Hauptdamm als Erosionssicherung auch während der Bauzeit vorhanden ist, wurde dieser Bauablauf aber nicht gewählt.

Die geplante Bauzeit am TO14 – HWE beträgt 2,5 Jahre. Mit Fertigstellung des Abschlussbauwerkes und dessen nachgewiesener hydraulischen Leistungsfähigkeit (siehe Teil B, Unterlage 4) dient anschließend das TO11 in der Bauzeit der HWE zur HW-Entlastung des HRB Straußfurt.

Beginnend werden bei den Baumaßnahmen der HWE bauzeitliche Sicherungen (mittels Sandsäcke oder Bigpacks) zur Gewährleistung des derzeitigen Z_V notwendig. Im Anschluss daran erfolgt der Umbau des Tosbeckens und nach Vorbereitung an der HWE-Rinne für die Instandsetzung wird die Asphaltbetanoberfläche hergestellt. Der Neubau der Überfallsschwelle auf die Plan-Höhe erfolgt nach

Abschluss der Baumaßnahmen am Hauptdamm. Danach kann das neue $Z_V = 150,81$ m NHN (2016) angefahren werden.

3.4.2 Nachweise

1) Hochwasserbemessungsfall 1 (Nachweis der bauzeitlichen Hochwassersicherheit)

Kombination von BHQ_1 + Leistungsfähigkeit neues Abschlussbauwerk (TO11)

- Die Auswirkungen auf das Hochwasserstauziel Z_H sind zu bewerten.
- Vorgehen: Zuflussganglinie vorgegeben → Stauhöhe (Wasserstand im OW) und Abflussaufteilung HWE/TO11 ermitteln
- $BHQ_{1,IST} = 506 \text{ m}^3/\text{s}$ (REWANUS) **ohne 12% Klimazuschlag**
- $Q_{HWE,IST}$ gem. W-Q-Beziehung IST = $245,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (siehe Anhang 1)
- $Q_{TO11,PLAN}$ gem. W-Q-Beziehung PLAN = $260,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (siehe Anhang 1)
- Höhe der HWE: $Z_{HWE,IST} = Z_{V,IST} = 149,81$ m NHN (2016)
- Berücksichtigung Leistungsfähigkeit neues Abschlussbauwerk
- Wehrfeldbreiten: $4x b_{PLAN} = 4,00$ m

Ergebnis Z_H (Bauzeit) = $150,47$ m NHN (2016)

Bewertung: erfolgt in Kapitel 3.4.3

2) Hochwasserbemessungsfall 3 (Nachweis des bauzeitlichen Hochwasserschutzes)

Die Höhe des Vollstaus $Z_{V,IST} = 149,81$ m NHN (2016) bleibt auch während der Bauzeit vollständig erhalten. Dies wird über die Herstellung einer bauzeitlichen Überfallschwelle gewährleistet. Über das dann bereits fertiggestellte neue Abschlussbauwerk kann auch unter (n-2)-Bedingung (Revision von 2 Feldern) weiterhin der schadlose Abfluss von $Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$ abgeführt werden.

Der Hochwasserschutz, den die Anlage für das Unterliegergebiet gewährleistet, ist daher bauzeitlich nicht eingeschränkt.

3) Hochwasserbemessungsfall 2 (Nachweis der bauzeitlichen Hochwassersicherheit, Risikobetrachtung)

Kombination von BHQ_2 + Leistungsfähigkeit neues Abschlussbauwerk (TO11)

- Die Auswirkungen auf das Hochwasserstauziel Z_H sind zu bewerten.
- Vorgehen: Zuflussganglinie vorgegeben → Stauhöhe (Wasserstand im OW) und Abflussaufteilung HWE/TO11 ermitteln
- $BHQ_{2,IST} = 793 \text{ m}^3/\text{s}$ (KOSTRA) **ohne 12% Klimazuschlag**
- $Q_{HWE,IST}$ gem. W-Q-Beziehung IST = $449 \text{ m}^3/\text{s}$ (siehe Anhang 1)
- $Q_{TO11,PLAN}$ gem. W-Q-Beziehung PLAN = $340 \text{ m}^3/\text{s}$ (siehe Anhang 1)
- Höhe der HWE: $Z_{HWE,IST} = Z_{V,IST} = 149,81$ m NHN (2016)
- Berücksichtigung Leistungsfähigkeit neues Abschlussbauwerk
- Wehrfeldbreiten: $4x b_{PLAN} = 4,00$ m

Ergebnis Z_H (Bauzeit) = $150,61$ m NHN (2016)

Bewertung: erfolgt in Kapitel 3.4.3

3.4.3 Risikobetrachtung und Sicherungsmaßnahmen HWE

Die Nachweisführung für die bauzeitliche Hochwassersicherheit der HWE ist mit dem Nachweis des Ist-Zustandes (physikalische Modellversuche IWSÖ, 2017) geführt.

Die Risikobetrachtung bezieht sich auf die Bauzeit von 2,5 Jahren und Überschreitung des derzeitigen $Z_V = 149,81$ m NHN (2016) = OK HWE (Größenordnung $\geq HQ_{10}$), solange wie die neue Überfallschwelle mit geplanter OK = 150,81 m NHN (2016) nicht hergestellt ist.

Bewertung:

- Bei Erreichen Z_V (Ist) = 149,81 m NHN (2016) → Hochwasser-/Vorentlastung über neues Abschlussbauwerk notwendig
bis zur max. hydraulischen Leistungsfähigkeit des Abschlussbauwerkes (ABW) ist Hochwasserentlastung möglich
max. hydraulischen Leistungsfähigkeit ABW = 576 m³/s → Nachweis/Berechnung in Teil B, Unterlage 4 – Hydraulische Nachweise Abschlussbauwerk
- Ab Z_V (Ist) und Überschreitung Leistungsfähigkeit ABW → Flutung Baustelle HWE

→ **bauzeitliche Schutzmaßnahmen notwendig**

- Betriebsanweisung für Bauzeit (Hochwassermaßnahmeplan):
Hochwasserentlastung erfolgt über neues ABW bis zur max. hydraulischen Leistungsfähigkeit
- Herstellung bauzeitliche Überfallschwelle (mittels Sandsäcke oder Bigpacks)
- bestehende Betonplatten als Befestigung der HWE-Rinne und zum großen Teil im Tosbecken (Ausbau nur im Bereich Neubau Leitwandfundament) sind während der Bauzeit als Erosionssicherung vorhanden
- bauzeitlich besteht nach wie vor die Erosionssicherung zwischen neuer Leitwand im Tosbecken und Hauptdamm
- insbesondere für den ausgebauten Bereich der Betonplatten im Tosbecken (Bereich Leitwand) Vorhaltung von Material bzw. Maßnahmen zur Erosionssicherung

3.5 Weitere Teilobjekte

Die weiteren TO des Projektes sind für die Erhöhung des Stauzieles notwendig, jedoch nicht für die Gewährleistung des Ist-Zustandes und sind daher hier nicht aufgeführt.

Für diese TO liegen Nachweise der Überflutungssicherheit vor (siehe jeweilige Unterlage 4 – Hydraulische Nachweise der Teile C (TO17) und D (TO16)).

Anhang 1 Retentionsberechnung Bauzeit und Ermittlung der Unterwasserstände

Anhang 1

Retentionsberechnung Bauzeit und Ermittlung der UW-Stände

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | Retentionsberechnungen Bauzeit Abschlussbauwerk | 1 |
| 1.1 | Vorgaben | 1 |
| 1.1.1 | Abgabe über das Abschlussbauwerk | 1 |
| 1.1.2 | Leistungsfähigkeit Abschlussbauwerk | 1 |
| 1.2 | Ergebnis der Retentionsberechnungen | 2 |
| 1.2.1 | BHQ1 | 2 |
| 1.2.2 | BHQ2 | 3 |
| 2 | Retentionsberechnungen Bauzeit Hauptdamm | 4 |
| 2.1 | Vorgaben | 4 |
| 2.2 | BHQ1 | 5 |
| 2.3 | BHQ2 | 6 |
| 3 | Ermittlung Unterwasserstände | 7 |
| 3.1 | Planzustand | 7 |
| 3.2 | Bauzustand TO11 – Abschlussbauwerk | 9 |

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

| | | |
|----------------|--|----|
| Abbildung 1-1: | Angenommene Leistungsfähigkeit des Abschlussbauwerks (Punkt: Ergebnis Modellversuch 2017) | 2 |
| Abbildung 1-2: | Ergebnis der Retentionsberechnungen für BHQ1 | 2 |
| Abbildung 1-3: | Ergebnis der Retentionsberechnungen für BHQ1, Zuflussganglinie nach KOSTRA | 3 |
| Abbildung 2-1: | Angenommene Leistungsfähigkeit des Abschlussbauwerks (Punkt: Ergebnis Modellversuch 2017) | 5 |
| Abbildung 2-2: | Ergebnis der Retentionsberechnungen für BHQ1, Zuflussganglinie nach REWANUS | 5 |
| Abbildung 2-3: | Ergebnis der Retentionsberechnungen für BHQ2, Zuflussganglinie nach KOSTRA | 6 |
| Abbildung 3-1: | Wasserspiegellagen zwischen Hauptdamm HRB und Bahndamm bei BHQ1, Auszug aus 2D-HN-Modell | 7 |
| Abbildung 3-2: | Wasserspiegellagen zwischen Hauptdamm HRB und Bahndamm bei BHQ2, Auszug aus 2D-HN-Modell | 8 |
| Abbildung 3-3: | Wasserspiegellagen zwischen Hauptdamm HRB und Bahndamm bei BHQ1 während Bau, Auszug aus 2D-HN-Modell | 9 |
| Abbildung 3-4: | Wasserspiegellagen zwischen Hauptdamm HRB und Bahndamm bei BHQ2 während Bau, Auszug aus 2D-HN-Modell | 10 |

1 Retentionsberechnungen Bauzeit Abschlussbauwerk

1.1 Vorgaben

1.1.1 Abgabe über das Abschlussbauwerk

Steigerung Regelabgabe in mehreren Stufen

1. Stufe: Regelabgabe 40 m³/s
Mit dieser Regelabgabe kann der Stauraum bei einem HQ10 ausgenutzt werden.
2. Stufe: Regelabgabe 60 m³/s
Die Erhöhung der Regelabgabe erfolgt, sobald erkennbar ist, dass der Zuflussscheitel höher ist als ein Wert von 165 m³/s und somit höher als ein HQ10. Auch hier wird eine Vorhersagezeit von 10 Stunden angenommen.
3. Stufe: Regelabgabe 100 m³/s
Sobald das noch freie Rückhaltevolumen nicht mehr ausreicht, um die erwartete Hochwasserwelle in den nächsten 10 Stunden aufzunehmen, wird die Abgabe auf 100 m³/s erhöht.
4. Stufe: Drosselung Abgabe über Abschlussbauwerk
Sobald die HWE anspricht, wird die Abgabe über das Abschlussbauwerk gedrosselt. Damit soll insgesamt eine Abgabe von über 100 m³/s vermieden und der Rückhalteraum optimal ausgenutzt werden.
5. Stufe: Vollständige Öffnung Abschlussbauwerk
Sobald der Wasserstand im Becken einen Wert von 150,5 m NHN überschreitet, wird der Grundablass geöffnet. Die Öffnung erfolgt dabei allmählich so, dass der Wasserstand oberstrom des Beckens nicht weiter steigt (Abgabe ≤ Zufluss). Erst nach vollständiger Öffnung wird ein weiterer Anstieg des Wasserstandes zugelassen. Der Wert für den Wasserstand, welche einer Öffnung auslöst, ergibt sich daraus, dass ab etwa 150,7 m NHN die HWE in ihrer Leistungsfähigkeit beeinträchtigt ist (unvollkommener Überfall, Rückstau aus der Sammelrinne). Von diesem Wert wurde zusätzlich ein Puffer von 20 cm abgezogen.

1.1.2 Leistungsfähigkeit Abschlussbauwerk

Maßgeblich ist hier die maximale Leistungsfähigkeit des voll geöffneten Abschlussbauwerks. Dazu liegen folgende Messwerte vor:

- Modellversuch IWSÖ, 2017:
Abgabe von 436 m³/s bei Wasserstand von 150,87 m NN
- Berechnungen zur Leistungsfähigkeit des Abschlussbauwerks (Anlage 7 zum Bewirtschaftungsplan, 2000)
- Berechnungen im Rahmen dieser Planung

Aus diesen Angaben wird eine durchgehende Abflusskurve für die maximale Abgabe über das Abschlussbauwerk erzeugt. Diese erscheint plausibel und kann im Rahmen der Retentionsberechnungen als gute Abschätzung angesehen werden. Dabei wird aber vernachlässigt, dass genau genommen die Leistungsfähigkeit des Abschlussbauwerkes vom Unterwasserstand und damit von der Abflussaufteilung zwischen HWE und Abschlussbauwerk abhängig ist.

Während der Bauzeit stehen am Abschlussbauwerk nur 2 der 4 Öffnungen zur Verfügung. Entsprechend wird die Leistungsfähigkeit für die Retentionsberechnungen halbiert.



Abbildung 1-1: Angenommene Leistungsfähigkeit des Abschlussbauwerks (Punkt: Ergebnis Modellversuch 2017)

1.2 Ergebnis der Retentionsberechnungen

1.2.1 BHQ1

Für BHQ1 ist als Zuflussganglinie die Ganglinie nach REWANUS, Regendauer 120 Stunden, maßgeblich. Es handelt sich somit um ein langandauerndes Ereignis mit großer Fülle. Das Ergebnis der Retentionsberechnungen findet sich auf Abbildung 1-2.

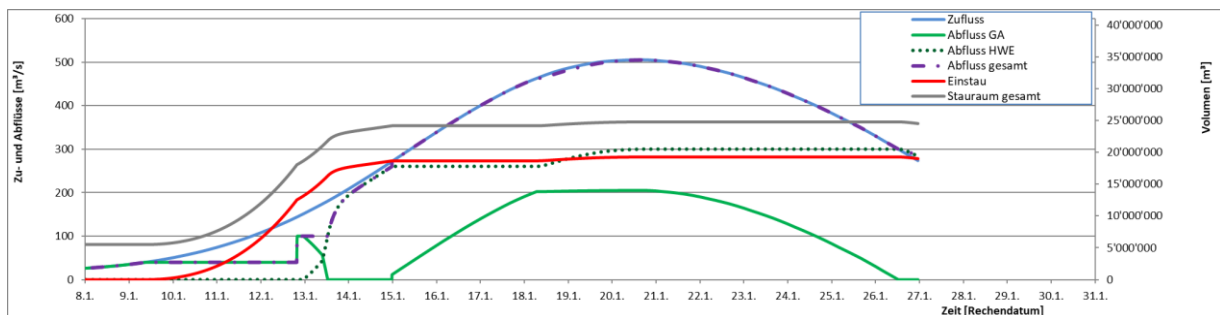


Abbildung 1-2: Ergebnis der Retentionsberechnungen für BHQ1

Die wesentlichen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Max. Stauvolumen 24,8 Mio. m³
- Max. Wasserstand: 150,57 m NN
- Max. Abgabe über Abschlussbauwerk 205,2 m³/s
- Max. Abgabe über HWE 300,1 m³/s

Für die Ermittlung der Unterwasserstände am Abschlussbauwerk werden nun mit dem 2D-Modell des Unterlaufs des HRB Straußfurt mit diesen Abflüssen quasistationäre Berechnungen durchgeführt (siehe Kapitel 3).

1.2.2 BHQ2

Bei BHQ2 ist der Zuflussscheitel nach KOSTRA maßgeblich. Bei der Zuflussganglinie nach KOSTRA kann eine Drosselung des Zuflussscheitels erreicht werden.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Retentionsberechnungen für die Zuflussganglinie nach KOSTRA dargestellt.

BHQ2, Zuflussganglinie nach KOSTRA:

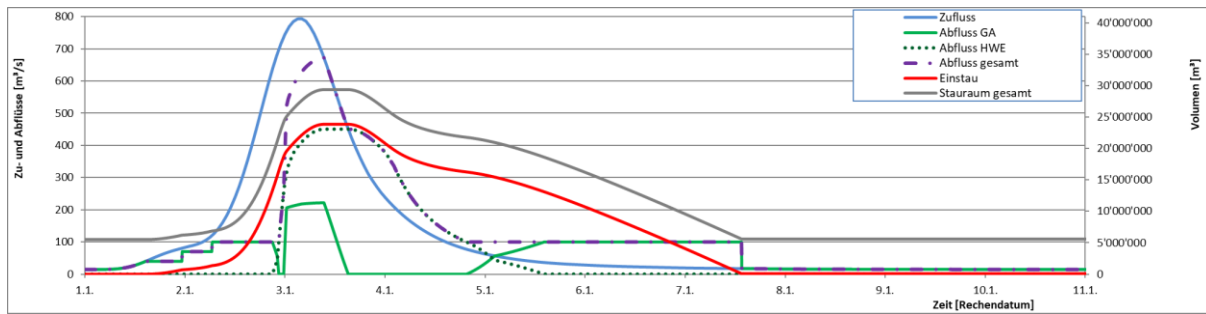


Abbildung 1-3: Ergebnis der Retentionsberechnungen für BHQ1, Zuflussganglinie nach KOSTRA

Die wesentlichen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Max. Stauvolumen 29,4 Mio. m³
- Max. Wasserstand: 151,06 m NN
- Max. Abgabe über Abschlussbauwerk 221,6 m³/s
- Max. Abgabe über HWE 450,5 m³/s

Für die Ermittlung der Unterwasserstände am Abschlussbauwerk werden nun mit dem 2D-Modell des Unterlaufs des HRB Straußfurt mit diesen Abflüssen quasistationäre Berechnungen durchgeführt.

2 Retentionsberechnungen Bauzeit Hauptdamm

2.1 Vorgaben

Für die Bauzeit des Hauptdammes sind die Wasserstände im Becken für die Hochwasserbemessungsfälle BHQ1 und BHQ2 wie folgt zu ermitteln:

1. Hochwasserbemessungsfall1: BHQ1 + (n-1)-Fall Abschlussbauwerk
 - Ist-Zustand Zuflussganglinie (REWANUS oder KOSTRA) ohne 12%-Klimazuschlag
 - Abgabe Abschlussbauwerk (TO11) Plan-Zustand + (n-1)-Fall
 - Abgabe HWE (TO14) Ist-Zustand
2. Hochwasserbemessungsfall 2: BHQ2
 - Ist-Zustand Zuflussganglinie (REWANUS oder KOSTRA) ohne 12%-Klimazuschlag
 - Abgabe Abschlussbauwerk (TO11) Plan-Zustand à volle Leistungsfähigkeit in Spitze möglich mit 576 m³/s
 - Abgabe HWE (TO14) Ist-Zustand à max. 410 m³/s

Es ist zu prüfen, ob die resultierenden maximalen Wasserstände im Becken die OK Baugrubenumschließung (= 150,65 m NHN) überschreiten oder nicht.

Zur Leistungsfähigkeit des neu gebauten Abschlussbauwerkes liegt dazu aus der Entwurfsplanung, derzeitiger Stand, folgende Information vor:

- Maximale Leistungsfähigkeit von 576 m³/s bei vollständiger Öffnung der Schütze und bei $Z_H = 151,85$ m NHN

Maßgeblich ist hier die maximale Leistungsfähigkeit des voll geöffneten Abschlussbauwerks. Dazu liegen folgende Messwerte vor:

- Neu gebautes Abschlussbauwerk: maximale Leistungsfähigkeit von 576 m³/s bei vollständiger Öffnung der Schütze und bei $Z_H = 151,85$ m NHN
- Modellversuch IWSÖ, 2017:
Abgabe von 436 m³/s bei Wasserstand von 150,87 m NN
- Berechnungen zur Leistungsfähigkeit des Abschlussbauwerks (Anlage 7 zum Bewirtschaftungsplan, 2000).

Aus diesen Angaben wird eine durchgehende Abflusskurve für die maximale Abgabe über das Abschlussbauwerk erzeugt. Da für das neu gebaute Abschlussbauwerk nur ein Wert (maximale Abgabe bei Z_H) bekannt ist, wird für niedrigere Wasserstände auf die bisherigen Werte übergegangen (siehe Abbildung 2-1). Die Leistungsfähigkeit des neu gebauten Abschlussbauwerkes wird auf diese Weise eher unterschätzt. Dabei wird vernachlässigt, dass genau genommen die Leistungsfähigkeit des Abschlussbauwerkes vom Unterwasserstand und damit von der Abflussaufteilung zwischen HWE und Abschlussbauwerk abhängig ist.

Für BHQ1 werden am Abschlussbauwerk nur 3 der 4 Öffnungen angesetzt (n-1-Bedingung). Entsprechend wird die Leistungsfähigkeit für die Retentionsberechnungen reduziert.

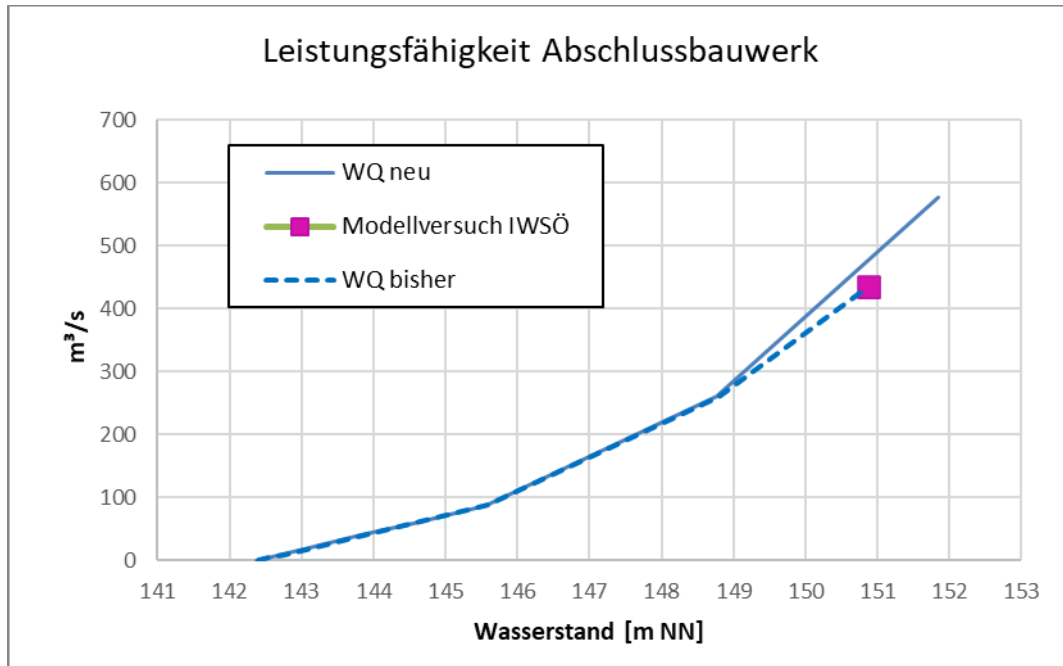


Abbildung 2-1: Angenommene Leistungsfähigkeit des Abschlussbauwerks (Punkt: Ergebnis Modellversuch 2017)

2.2 BHQ1

Für BHQ1 werden die Retentionsberechnungen für die Zuflussganglinie nach REWANUS, Regendauer 120 Stunden maßgebend. Das Ergebnis der Retentionsberechnungen findet sich auf Abbildung 1-2 (REWANUS).

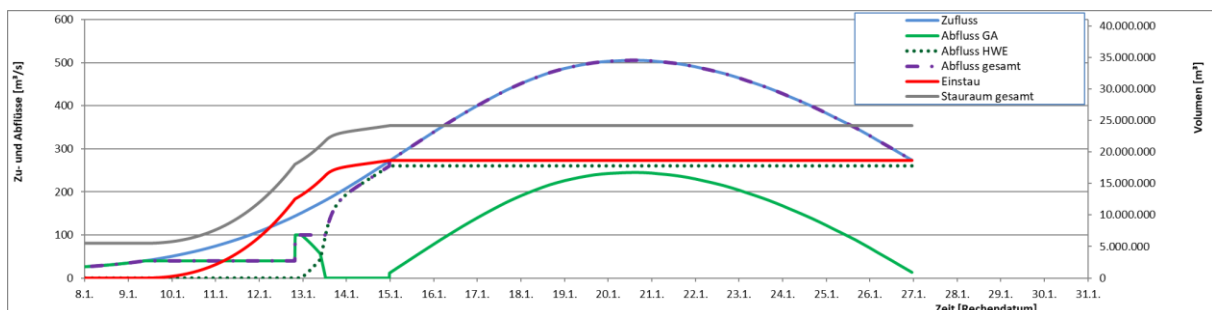


Abbildung 2-2: Ergebnis der Retentionsberechnungen für BHQ1, Zuflussganglinie nach REWANUS

Die wesentlichen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Max. Stauvolumen 24,2 Mio. m³
- Max. Wasserstand: 150,50 m NN = 150,47 m NHN
- Max. Abgabe über Abschlussbauwerk 245,1 m³/s
- Max. Abgabe über HWE 260,5 m³/s

Die resultierenden maximalen Wasserstände im Becken bei BHQ1 überschreiten somit die OK Baugrubenumschließung (= 150,65 m NHN) nicht.

2.3 BHQ2

Bei BHQ2 ist der Zuflussscheitel nach KOSTRA maßgeblich.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Retentionsberechnungen für die Zuflussganglinie nach KOSTRA dargestellt.

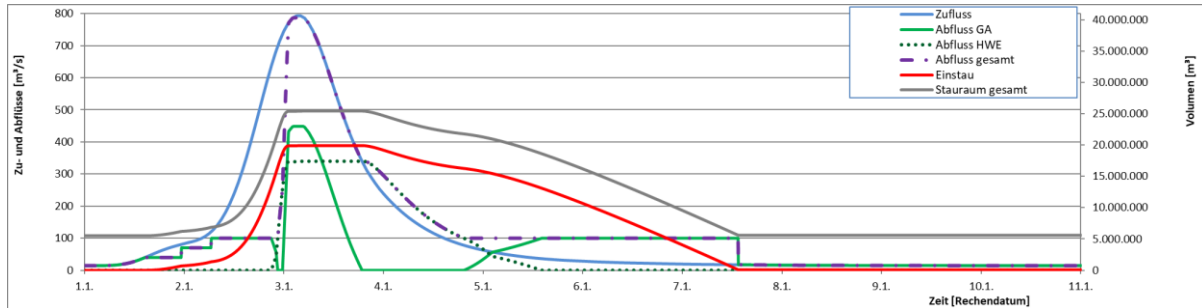


Abbildung 2-3: Ergebnis der Retentionsberechnungen für BHQ2, Zuflussganglinie nach KOSTRA

Die wesentlichen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Max. Stauvolumen 25,4 Mio. m³
- Max. Wasserstand: 150,64 m NN = 150,61 m NHN
- Max. Abgabe über Abschlussbauwerk 449 m³/s
- Max. Abgabe über HWE 340 m³/s

Die resultierenden maximalen Wasserstände im Becken bei BHQ2 überschreiten somit die OK Bau-grubenumschließung (= 150,65 m NHN) nicht.

3 Ermittlung Unterwasserstände

Die Ermittlung der Unterwasserstände erfolgt mittels des bestehenden 2D-HN-Modell HWSK Unstrut und den oben beschriebenen Abflussaufteilungen ABW (TO11) und HWE (TO14). Die Berechnungen werden mit der Software Hydro_AS-2D ausgeführt, nachfolgende Abbildungen sind Auszüge aus dem Modell einschließlich farblicher Darstellung der Wasserspiegellagen der Unterwasserstände.

3.1 Planzustand

Hochwasserbemessungsfall 1 (Nachweis der Hochwassersicherheit)

Vorgaben:

Abgabe ABW = 157 m³/s

Abgabe HWE = 410 m³/s

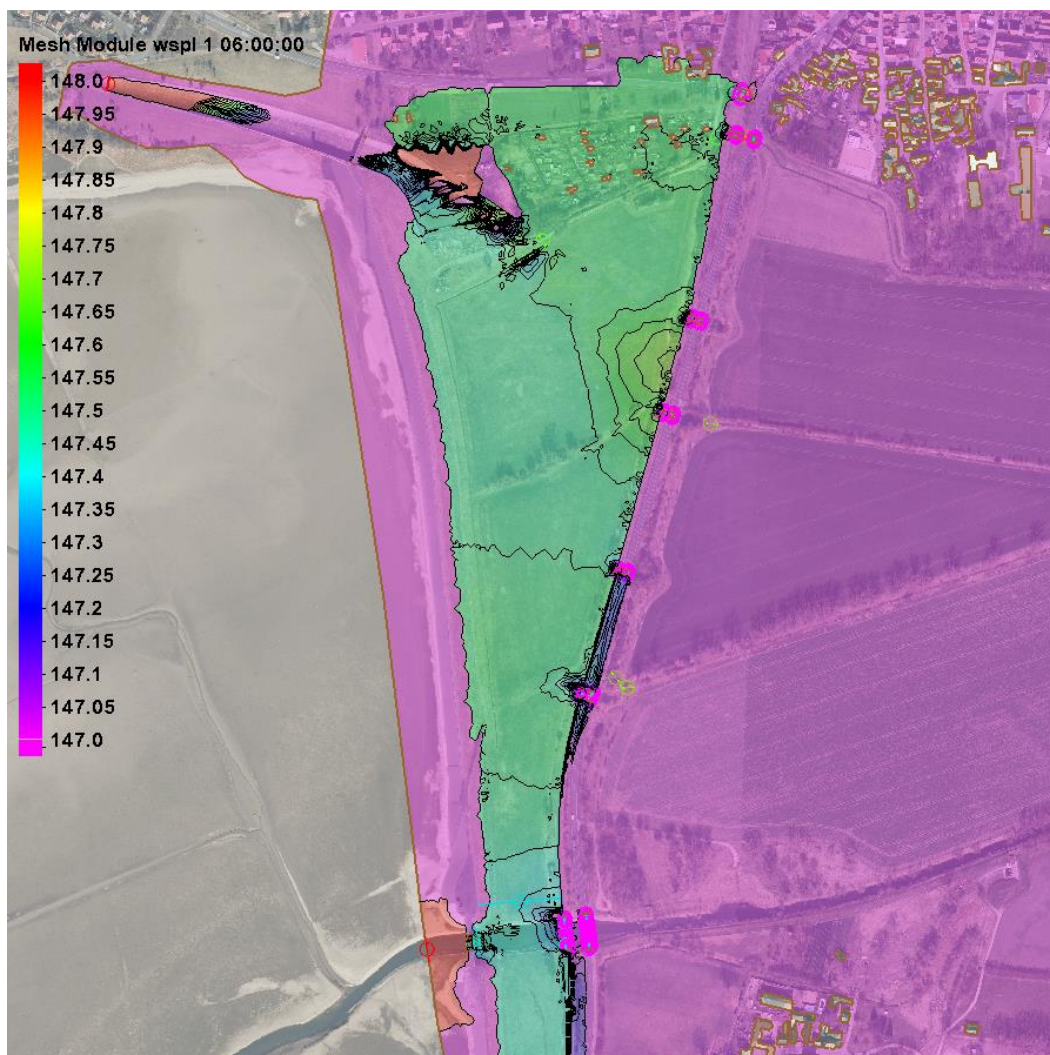


Abbildung 3-1: Wasserspiegellagen zwischen Hauptdamm HRB und Bahndamm bei BHQ1, Auszug aus 2D-HN-Modell

In der Abbildung sind farblich (links: Skala) die Wasserspiegellagen dargestellt. Im Mittel ergibt sich für das Vorland nachfolgendes Ergebnis:

Ergebnis: Unterwasserstand bei 147,45 m NHN

3.2 Bauzustand TO11 – Abschlussbauwerk

Hochwasserbemessungsfall 1 (Nachweis der Hochwassersicherheit)

Vorgaben:

Abgabe ABW = 205,2 m³/s

Abgabe HWE = 300,1 m³/s

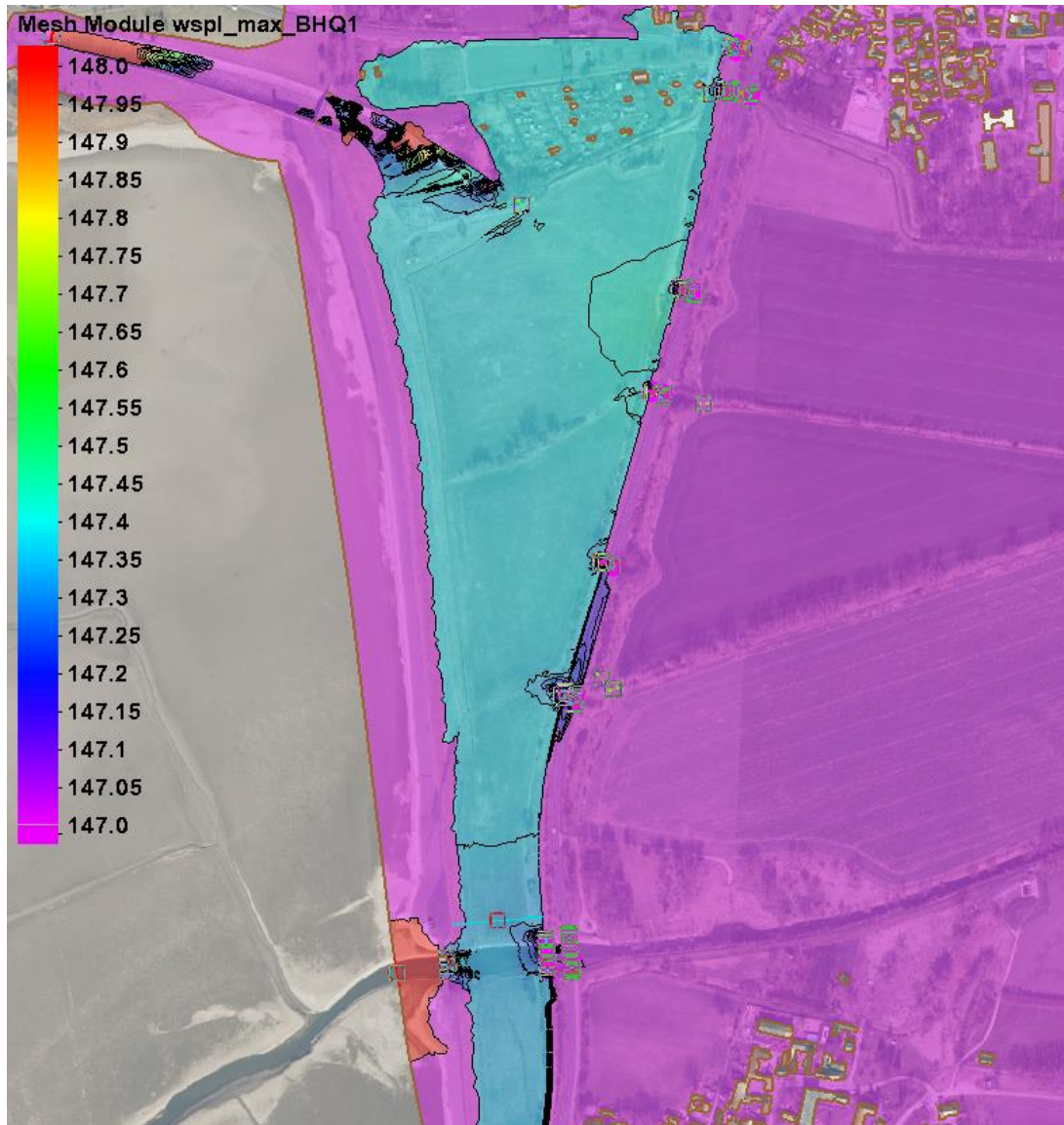


Abbildung 3-3: Wasserspiegellagen zwischen Hauptdamm HRB und Bahndamm bei BHQ1 während Bau, Auszug aus 2D-HN-Modell

In der Abbildung sind farblich (links: Skala) die Wasserspiegellagen dargestellt. Im Mittel ergibt sich für das Vorland nachfolgendes Ergebnis:

Ergebnis: Unterwasserstand bei 147,40 m NHN

Hochwasserbemessungsfall 2 (Nachweis der Hochwassersicherheit)

Vorgaben:

Abgabe ABW = 221,6 m³/s

Abgabe HWE = 450,5 m³/s

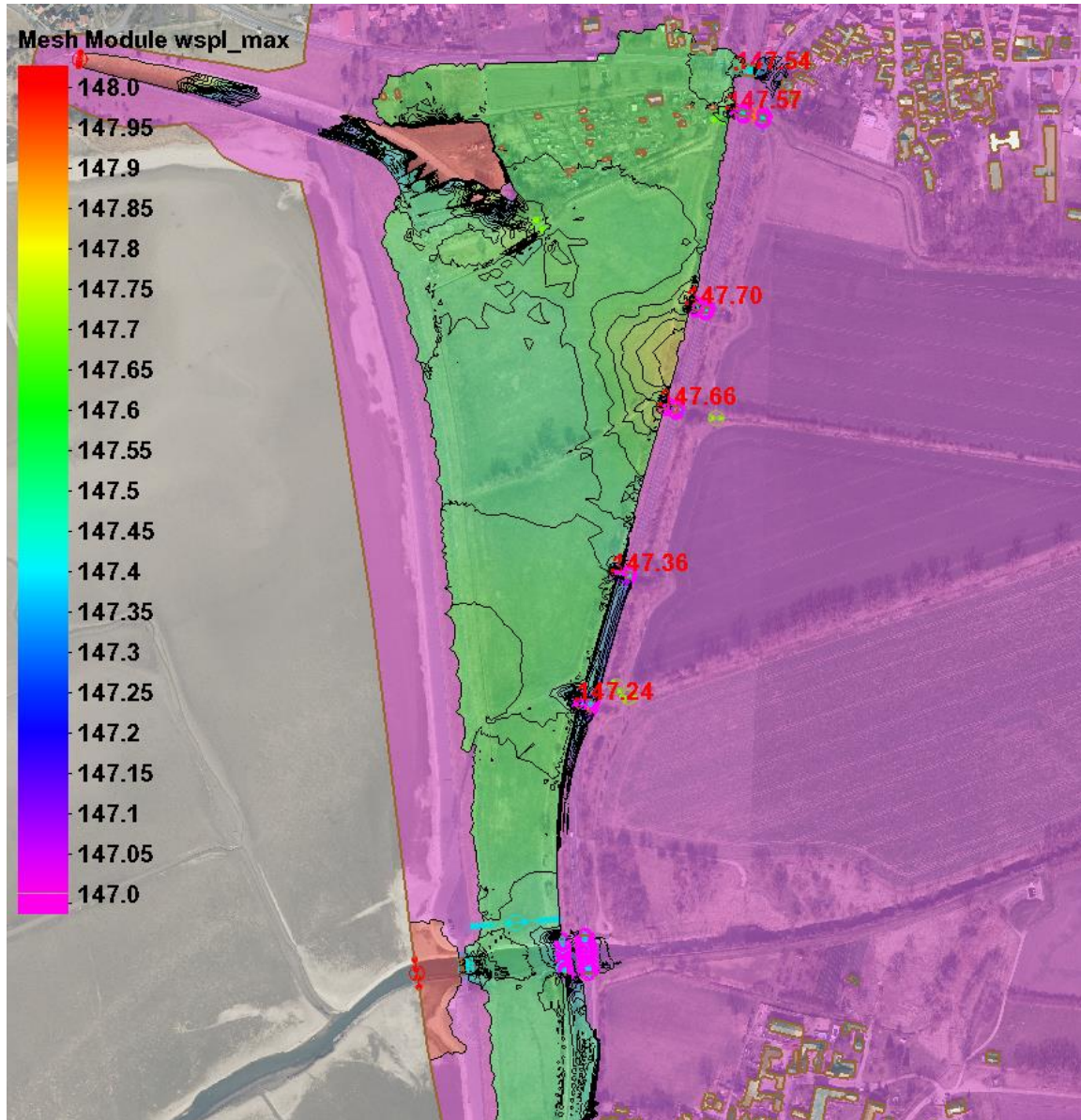


Abbildung 3-4: Wasserspiegellagen zwischen Hauptdamm HRB und Bahndamm bei BHQ2 während Bau, Auszug aus 2D-HN-Modell

In der Abbildung sind farblich (links: Skala) die Wasserspiegellagen dargestellt. Im Mittel ergibt sich für das Vorland nachfolgendes Ergebnis:

Ergebnis: Unterwasserstand bei 147,60 m NHN