

Neubau B 7 Verlegung nördlich Frohburg

**Zweidimensionale hydrodynamisch-numerische Simulation der Wyhra
Erläuterungsbericht**



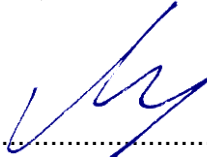
DEGES

Auftraggeber: Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs- und -bau GmbH
Zimmerstraße 54
10117 Berlin

Auftragnehmer: Basler & Hofmann
Deutschland GmbH
Löbtauer Straße 44
01159 Dresden
Tel.: 0351 438309-0
Fax: 0351 438309-99
info.DD@basler-hofmann.de

Bearbeitung: Dipl.-Ing. Tomasz Melling
Dipl.-Geoökologin Petra Valldor
Andrea Kühnel

Dresden, den 29.06.2018



.....
Dipl.-Ing. Tomasz Melling

Inhaltsverzeichnis

1 ALLGEMEINES	5
1.1 Arbeitsgrundlagen	5
1.2 Literaturangaben	5
1.3 Aufgabenstellung / Veranlassung	5
1.4 Randbedingungen	6
1.5 Geltungsbereich der Simulationsergebnisse	6
1.6 Verwendete Software	7
1.7 Sensitivitätsanalyse	7
2 MODELL IST-ZUSTAND	9
2.1 Eingangsdaten.....	9
2.2 Berechnungsergebnisse Ist-Zustand.....	9
2.2.1 HQ ₁₀	9
2.2.2 HQ ₅₀	9
2.2.3 HQ ₁₀₀	10
2.2.4 HQ ₂₀₀	10
3 MODELL PLAN-ZUSTAND	11
3.1 Eingangsdaten.....	11
3.2 Beschreibung des modifizierten Modells	11
3.3 Berechnungsergebnisse	12
3.3.1 HQ ₁₀	12
3.3.2 HQ ₅₀	12
3.3.3 HQ ₁₀₀	12
3.3.4 HQ ₂₀₀	14
3.4 Auswirkungen auf Überschwemmungsfläche und Retentionsraum	16
3.5 Mögliche Ausgleichsmaßnahmen.....	17
3.5.1 Ausgleich aufgrund höherer Wasserspiegellagen	17
3.5.2 Ausgleich aufgrund von Retentionsraumverlust.....	17
4 ZUSAMMENFASSUNG	17
5 ANLAGENVERZEICHNIS	18

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: HQ _t -Werte Wyhra (Quelle: /P4/)	6
Tabelle 2: HQ ₁₀₀ - WSP-Differenzen zwischen Ist-Zustand und Plan-Zustand	13
Tabelle 3: HQ ₂₀₀ - WSP-Differenzen zwischen Ist-Zustand und Plan-Zustand	15
Tabelle 4: Wyhra - Bilanz Überschwemmungsflächen / Retentionsraum	16

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Sensitivitätsanalyse für die Auslaufrandbedingung – Differenzen der Wasserspiegellagen für HQ ₁₀₀	8
Abbildung 2: Sensitivitätsanalyse für die Auslaufrandbedingung – Differenzen der Wasserspiegellagen für HQ ₂₀₀	8
Abbildung 3: Modifizierung des Berechnungsnetzes im Bereich der Wyhra-Querung.....	12

Abbildung 4: Strömungsverhältnisse an der geplanten Wyhraquerung im Ist-Zustand -	
HQ ₁₀₀	13
Abbildung 5: Strömungsverhältnisse an der geplanten Wyhraquerung im Plan-Zustand -	
HQ ₁₀₀	14
Abbildung 6: Strömungsverhältnisse an der geplanten Wyhraquerung im Ist-Zustand -	
HQ ₂₀₀	15
Abbildung 7: Strömungsverhältnisse an der geplanten Wyhraquerung im Plan-Zustand -	
HQ ₂₀₀	16

1 Allgemeines

1.1 Arbeitsgrundlagen

- /P1/ Vermessung der relevanten Bruchkanten und Bauwerke (Mai bis Juni 2010), Ingenieurgesellschaft Geoplan mbH, 01.07.2010
- /P2/ B7, Verlegung zwischen Altenburg und Frohburg, VKE 5190, Hydraulische Berechnungen an der Pleiße und der Wyhra, Hydraulisches Modell Wyhra, Toscano GmbH, 07.12.2010
- /P3/ Geodaten Bereich Wyhra, TK10, TK 25, Freistaat Sachsen, Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen, Mai 2010
- /P4/ Datenauszüge aus „Hochwasserschutzkonzept Fließgewässer I. Ordnung im Regierungsbezirk Leipzig Wyhra/Eula“, BCE, Erfurt April 2005, übergeben durch die LTV/EMUWE, 16.06.2006 und Ergänzung vom 02.07.2010
- /P5/ Lageplan und DGM der Wyhraquerung, DELTA-PLAN GmbH
- /P6/ Bestätigung der Gültigkeit der verwendeten hydrologischen Kennwerte der Wyhra, Landesdirektion Sachsen, E-Mail vom 10.07.2015
- /P7/ Prüfbericht 2D-hydrodynamisch-numerisches Modell; B 7 – Neubau B 7, Verlegung nördlich Frohburg (VKE 3191), Hydraulische Berechnung Gewässer 1. Ordnung Wyhra; Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen, Betrieb Elbaue / Mulde / Untere Weiße Elster; Februar 2018

1.2 Literaturangaben

- /N1/ Benutzerhandbuch Hydro_AS-2D, 2D-Strömungsmodell für die wasserwirtschaftliche Praxis, Nujić, Mai 2015
- /N2/ DVWK-Schriften 127, Numerische Modelle von Flüssen, Seen und Küstengewässern, Hrsg.: Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., 1999
- /N3/ Technische Hydromechanik Band I u. II, Preißler, Bollrich, 1989

1.3 Aufgabenstellung / Veranlassung

Die Bundesstraße B7neu soll die Anbindung des ostthüringischen Wirtschaftsraumes mit seinem Mittelzentrum Altenburg, welches Teilfunktionen eines Oberzentrums besitzt, an die geplante Bundesautobahn A72 Chemnitz - Leipzig realisieren und dabei die Bundesstraße B93 einschließlich der Ortsdurchfahrt Borna entscheidend entlasten. Gleichzeitig wird der Regionalflyhghafen Altenburg-Nobitz über die Bundesstraße B7neu an das Bundesautobahnnetz angebunden.

Durch Änderungen der Trassenplanung /P5/ bedurfte es einer Neusimulation der Strömungsverhältnisse im bestehenden zweidimensionalen Modell des Planungsbereiches der Wyhra-Querung /P1/. Dabei sollten neben den statistischen Hochwasserereignissen **HQ₁₀**, **HQ₅₀**, und **HQ₁₀₀** auch die Auswirkungen auf den **HQ₂₀₀**-Abfluss betrachtet werden.

Der vorliegende Erläuterungsbericht beschreibt die vorgenommenen Anpassungen des bestehenden Berechnungsnetzes sowie die durchgeführten Simulationen. Anhand des Vergleichs der Berechnungsergebnisse für den Ist- und den Planzustand sollen die Auswirkungen des Bauvorhabens auf den Hochwasserabfluss ermittelt und bewertet werden.

1.4 Randbedingungen

Die **Einlauftrandbedingung** (auch: oberstromige Randbedingung) wurde aus dem zugrunde gelegten Modell des Ist-Zustandes übernommen und um den HQ_{200} -Abflusswert erweitert. Nach Auskunft der zuständigen Behörde (Landesdirektion Sachsen) besitzen die dem Hochwasserschutzkonzept der Wyhra /P4/ entnommenen hydrologischen Kennwerte weiterhin ihre Gültigkeit /P6/.

Die Berechnung erfolgt mit den jeweiligen Durchflüssen so lange bis sich quasi-stationäre Abflussverhältnisse einstellen, d.h. bis am unterstromigen Auslauf die gleiche Menge Wasser „ausströmt“ wie am oberstromigen Einlauf dem Berechnungsnetz „zufließt“. Durch diese Vorgehensweise werden die Berechnungsergebnisse erst nach dem Abklingen von ggf. auftretenden Schwingungen ausgelesen.

Die Einlauftrandbedingungen wurden auf Grundlage folgender hydrologischer Kennwerte angelegt:

Tabelle 1: HQ_t -Werte Wyhra (Quelle: /P4/)

	Fluss-km		HQ(t) [m³/s]							
	von	bis	2	5	10	20	25	50	100	200
Teileinzugsgebiet oberhalb Mündung Bürschgraben / Harthgraben	20,0	10,6	11	19	30	36	41	52	62	76

Die in Tabelle 1 genannten Werte wurden bereits bei den vorangegangenen Simulationen /P1/ (mit Ausnahme des HQ_{200}) verwendet und besitzen weiterhin ihre Gültigkeit /P6/.

Im zugrunde gelegten Modell der Wyhra wurde eine Wasserstand-Durchfluss-Beziehung als **Auslauftrandbedingung** (auch: unterstromige Randbedingung) festgelegt. Bei Testrechnungen mit der aktuellen Version des Berechnungsprogrammes Hydro_AS-2D (Version 4.4.3) verursachte diese Randbedingung Schwingungen im Modell und es stellten sich keine quasi-stationären Abflussverhältnisse ein. Aus diesem Grund wurde die Auslauftrandbedingung geändert und als Energieliniengefälle I_e mit 1,75 % (entspricht annähernd dem Sohlgefälle im Auslaufbereich) festgelegt. Nach dieser Änderung konnten stabile Rechenläufe mit quasi-stationären Abflussverhältnissen erreicht werden. Die Auswirkungen auf die Berechnungsergebnisse durch diese Änderung der Auslauftrandbedingung werden im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse (siehe Abschnitt 1.7) näher untersucht.

1.5 Geltungsbereich der Simulationsergebnisse

Das vorliegende Modell der Wyhra erstreckt sich von Fluss-km 12+800 bis 15+500. Unter Berücksichtigung möglicher Unsicherheiten bei den Simulationsergebnissen im Zu- und Auslaufbereich wird der Geltungsbereich der Simulationsergebnisse für den Abschnitt von Fluss-km 13+300 bis 15+200 festgelegt. Die geplante Querung der Wyhra liegt etwa bei Fluss-km 14+300.

1.6 Verwendete Software

Die zweidimensionalen hydrodynamisch-numerischen Simulationen wurden mit dem Programm Hydro_AS-2D (aktuelle Version 4.4.3) durchgeführt. Das in Hydro_AS-2D integrierte Verfahren zur hydraulischen Berechnung von Fließgewässern basiert auf der numerischen Lösung der 2d-tiefengemittelten Strömungsgleichungen auf der Grundlage einer Finite-Volumen-Diskretisierung und einem expliziten Zeitschrittverfahren. Das Prä- und Postprocessing (Modifikation des Berechnungsnetzes, Aufbereitung der Berechnungsergebnisse zur grafischen Darstellung) erfolgte mit den Programmen SMS (Aquaveo, Version 11.2.13) und AutoCAD (Autodesk, Version 2018).

1.7 Sensitivitätsanalyse

Eine Sensitivitätsanalyse wurde bereits bei dem Ausgangsmodell /P1/ durchgeführt. Hierzu wurden Vergleichsrechnungen durchgeführt, bei denen der Rauigkeitsparameter um jeweils 10 % erhöht bzw. verringert wurde.

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse zeigten verhältnismäßig geringe und gleichmäßig verteilte Differenzen bei den ermittelten Wasserspiegellagen bei einer Veränderung der Rauigkeiten. Daraus wurde geschlossen, dass die gewählten Rauheiten nur bei sehr großen Veränderungen über den physikalisch sinnvollen Rahmen hinaus die Modellergebnisse signifikant beeinflussen.

Aufgrund der Änderung der Auslaufrandbedingung (siehe Abschnitt 1.4) soll mit einer weiteren Sensitivitätsanalyse geprüft werden, inwieweit sich diese Änderung auf die Simulationsergebnisse v. a. im Bereich der geplanten Gewässerquerung auswirkt. Dazu wurde das als Auslaufrandbedingung abgenommene Energieliniengefälle $I_e = 1,75 \%$ um jeweils 50 % verringert bzw. erhöht. Die Sensitivitätsanalyse für die gewählte Auslaufrandbedingung wurde mit Simulationsrechnungen für HQ₁₀₀ und HQ₂₀₀ durchgeführt. Die Ergebnisse sind in den folgenden beiden Abbildungen als Differenzen zur Ausgangssimulation mit dem angesetzten Energieliniengefälle $I_e = 1,75 \%$ dargestellt.

In den Abbildungen 1 und 2 ist deutlich zu erkennen, dass es bei der Variation der Auslaufrandbedingung zu geringfügigen Differenzen ($< 1 \text{ cm}$) kommt. Zirka 200 m stromoberhalb des Modellauslaufes treten keine signifikanten Differenzen mehr auf.

Anhand der Sensitivitätsanalyse für die gewählte Auslaufrandbedingung kann eine Beeinflussung der Simulationsergebnisse im Geltungsbereich der geplanten Gewässerquerung faktisch ausgeschlossen werden.

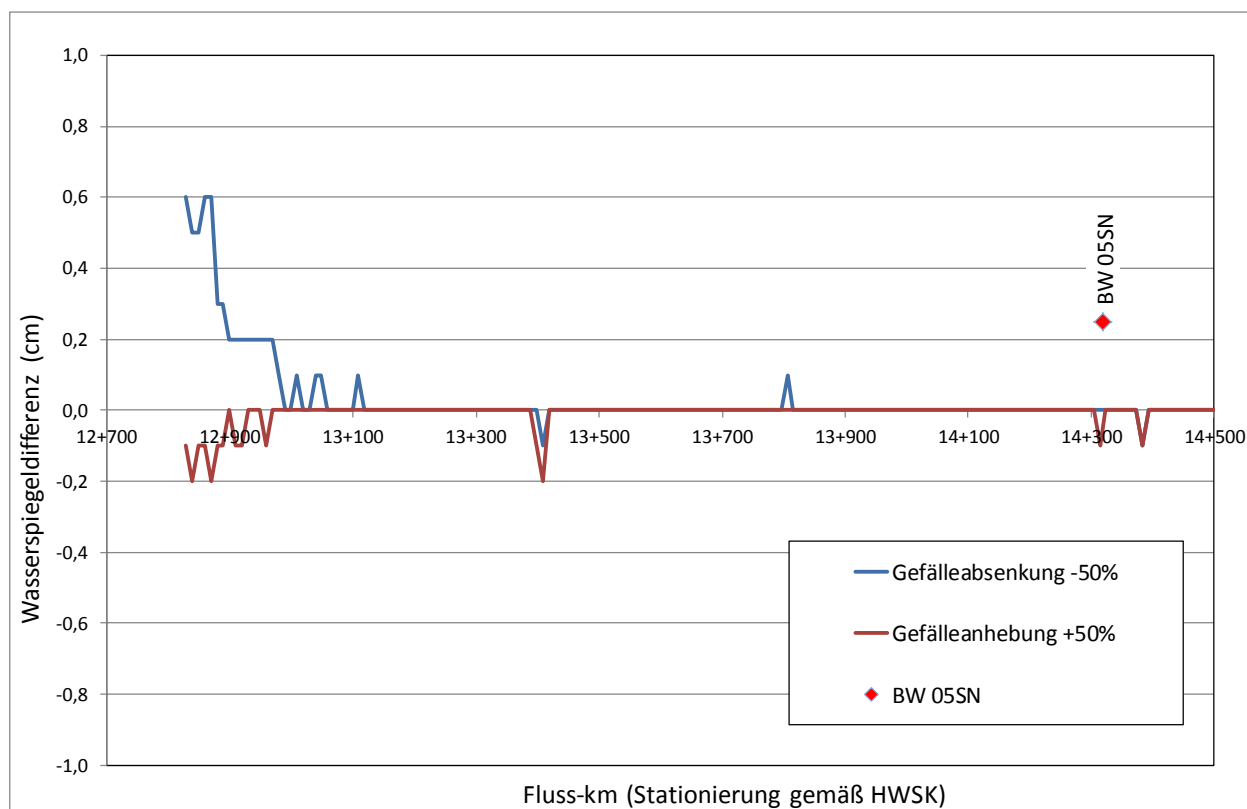


Abbildung 1: Sensitivitätsanalyse für die Auslaufrandbedingung – Differenzen der Wasserspiegellagen für HQ₁₀₀

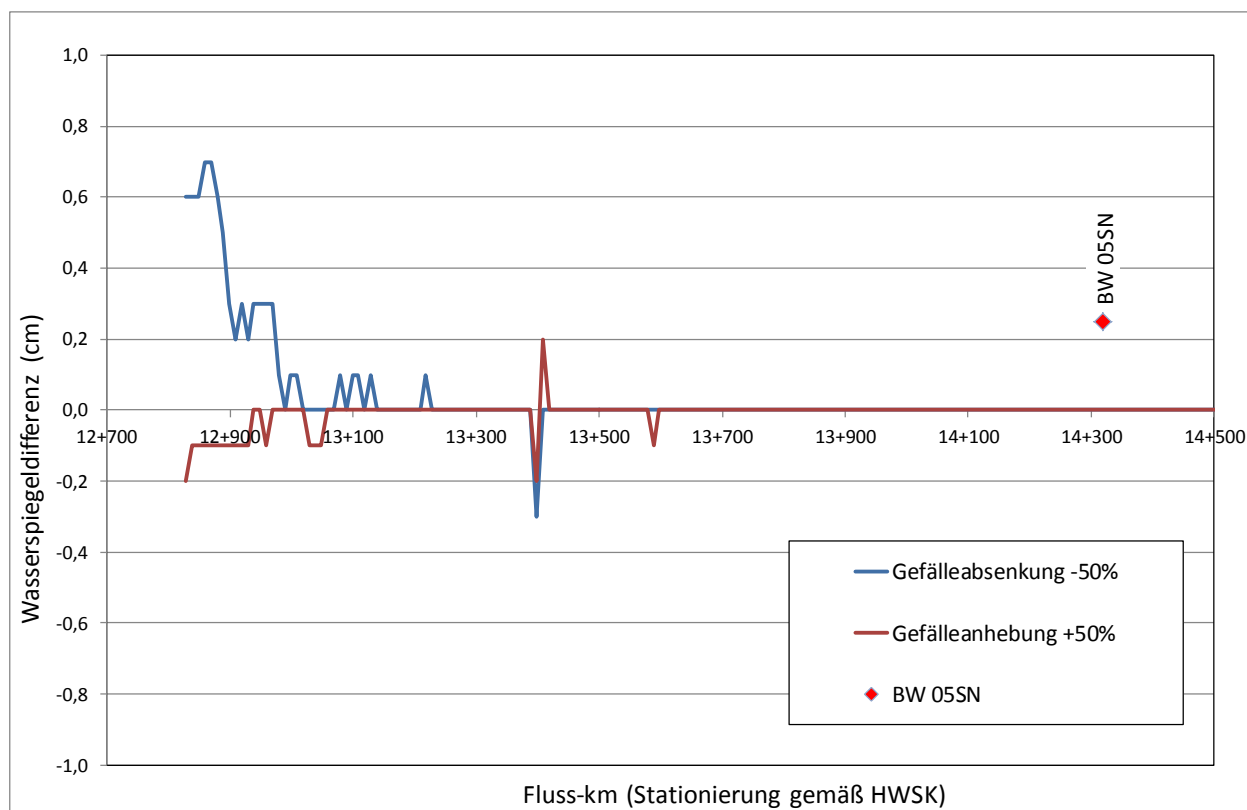


Abbildung 2: Sensitivitätsanalyse für die Auslaufrandbedingung – Differenzen der Wasserspiegellagen für HQ₂₀₀

2 Modell Ist-Zustand

2.1 Eingangsdaten

Wie bereits beschrieben, wurde für die zusätzliche Simulation des HQ_{200} das bestehende Berechnungsnetz des Ist-Zustandes /P1/ verwendet. Das Modellgitter des Ist-Zustandes wurde auf Grundlage der Stellungnahme der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (LTV), Betrieb Elbaue / Mulde / Untere Weiße Elster /P7/ wie folgt überarbeitet:

- Abgleich der im Modell implementierten Durchlässe mit den Vermessungsunterlagen /P1/
- Ergänzung eines fehlenden Durchlasses
- Vorlandnetz: Umwandlung der Rechteckelemente in Dreieckselemente
- Prüfung und Korrektur der im Berechnungsnetz abgebildeten Gebäude
- Verbesserung der Netzqualität
- Prüfung und Korrektur der zugewiesenen Rauheiten
- Herabsetzung des A_{\min} -Wertes auf 0,1 (Der A_{\min} -Wert legt die Mindestflächengröße in m^2 fest, die bei der recheninternen Zeitschrittermittlung berücksichtigt wird.)
- Anpassung der Gültigkeitsgrenze des Berechnungsnetzes

Für die Simulationen im Plan-Zustand wurde das überarbeitete Berechnungsnetz des Ist-Zustandes übernommen und der aktuelle Plan-Zustand /P5/ implementiert.

Die Zulauftrandbedingung aus dem Ausgangsmodell /P2/ wurde beibehalten. Es erfolgte lediglich eine Erweiterung zur Simulation quasi-stationärer Strömungen für den HQ_{200} -Abfluss.

2.2 Berechnungsergebnisse Ist-Zustand

2.2.1 HQ_{10}

Das Gerinne ist innerhalb der Ortslage Benndorf und im Bereich der Brücken in der Lage, den Abfluss im Gewässerbett abzuführen. Zu Ausuferungen in die Vorländer kommt es im Bereich der Mäander (13+850 und 13+500) zwischen den Brücken Kläranlage und Straßenbrücke.

2.2.2 HQ_{50}

Das berechnete Überschwemmungsgebiet zeigt im Bereich der Ortslage Benndorf weitreichende Ausuferungen. Unterstrom der Kläranlage (Fluss-km 14+450) tritt die Wyhra an den Mäandern über die Ufer und fließt parallel des eigentlichen Flusslaufes in Richtung Norden ab. Beidseitig des Flusses bilden sich zwischen den Vorlandströmen und dem Flussschlauch nicht überströmte Bereiche, die als trockene Inseln im Überschwemmungsgebiet zu erkennen sind. Die außerhalb des Gültigkeitsbereiches liegende Straße Wyhra-Neukirchen wird bei HQ_{50} überströmt. Die Überschwemmungsflächen erreichen dabei auch die Ränder der Ortslage Wyhra-Neukirchen.

Die **Brücke Benndorf** (Fluss-km 15+190) hat einen ausreichend dimensionierten Fließquerschnitt um das HQ_{50} abzuführen. Es findet Freispiegelabfluss mit einem minimalen Freibord von ca. 20 cm im linken Brückenfeld statt.

Das Abflussprofil der **Brücke Kläranlage** (Fluss-km 14+660) ist nicht ausreichend dimensioniert, um das HQ_{50} im Freispiegelabfluss abzuführen. Unmittelbar oberstrom des Bauwerkes liegt der Wasserspiegel ca. 20 cm über der Konstruktionsunterkante. Dies führt zu einem Aufstau nach oberstrom.

Die außerhalb des Gültigkeitsbereiches liegende **Straßenbrücke (Wyhra-Neukirchen)** (Fluss-km 12+975) besitzt ein Freibord von ca. 100 cm. Dieser hohe Freibord ist v. a. darin zu begründen, dass nur ein Teil des Hochwasserabflusses im Gewässerbett abfließt. Ein Teil des Abflusses strömt beidseitig über die Vorländer ab.

2.2.3 HQ₁₀₀

Das berechnete Überschwemmungsgebiet zeigt, dass die Ortslage Benndorf bei HQ₁₀₀ weiträumig überströmt wird. Zwischen der Ortslage Benndorf und der Kläranlage fließt die Wyhra überwiegend im Flussbett ab. Erst unterstrom der Kläranlage tritt die Wyhra an den Mäandern über die Ufer und strömt parallel des eigentlichen Flusslaufes über die Vorländer in Richtung Norden ab. Beidseitig des Flusses verbleiben wie beim HQ₅₀ zwischen den Vorlandströmen und dem Flussschlauch nicht überströmte Bereiche. Die außerhalb des Gültigkeitsbereiches liegende Straße Wyhra-Neukirchen wird bei HQ₁₀₀ großflächig überströmt. Die Überschwemmungsflächen erreichen dabei auch die Ränder der Ortslage Wyhra-Neukirchen.

Die Überschwemmungsfläche unterstrom der Brücke Kläranlage ist nahezu Deckungsgleich mit der Überschwemmungsfläche bei HQ₅₀. Durch den Rückstau an dem Brückenbauwerk steigt die Wasserspiegellage oberstrom der Brücke Kläranlage bis in die Ortslage Benndorf hinein.

Die **Brücke Benndorf** (Fluss-km 15+190) hat einen knapp ausreichend dimensionierten Fließquerschnitt, um das HQ₁₀₀ bordvoll abzuführen. Es herrscht weitestgehend ein Freispiegelabfluss mit einem Freibord von weniger als 5 cm im linken Brückenfeld.

Das Abflussprofil der **Brücke Kläranlage** (Fluss-km 14+660) ist eingestaut, aber nicht überströmt. Unmittelbar oberstrom des Bauwerkes liegt der Wasserspiegel ca. 40 cm über der Konstruktionsunterkante. Dies führt zu dem Aufstau nach oberstrom.

Die außerhalb des Gültigkeitsbereiches liegende **Straßenbrücke (Wyhra-Neukirchen)** (Fluss-km 12+975) besitzt ein Freibord von ca. 95 cm. Dies ist, wie bereits erläutert, v.a. darin zu begründen, dass ein Teil des Abflusses zwischen der Brücke Kläranlage und der Straßenbrücke über die Vorländer abströmt (v.a. linksseitig).

Das etwas erhöht liegende Gelände der **Kläranlage** wird nicht überströmt. Es ist ein Freibord von 0,5 m bis 1,5 m vorhanden.

2.2.4 HQ₂₀₀

Das berechnete Überschwemmungsgebiet zeigt, dass die Ortslage Benndorf flächendeckend bei HQ₂₀₀ überströmt wird. Zwischen der Ortslage Benndorf und der Kläranlage kommt es zu Ausuferungen ins rechte Vorland. Unterstrom der Kläranlage tritt die Wyhra auf einer langen Strecke beidseitig über die Ufer und es bilden sich ab den Mäandern Parallelströmungen in den Vorländern aus. Dabei verbleiben beidseitig des Flusses wie bei HQ₅₀ und bei HQ₁₀₀ zwischen den Vorlandströmen und dem Flussschlauch nicht überströmte Bereiche. Die außerhalb des Gültigkeitsbereiches liegende Straße Wyhra-Neukirchen wird bei HQ₂₀₀ großflächig überströmt. Die Überschwemmungsflächen reichen bis in die Ortslage Wyhra-Neukirchen hinein.

Die **Brücke Benndorf** (Fluss-km 15+190) ist eingestaut und wird beidseitig umströmt. Unmittelbar oberstrom des Bauwerkes liegt der Wasserspiegel ca. 15 cm über der Konstruktionsunterkante. Dies führt zu dem Aufstau nach oberstrom.

Das Abflussprofil der **Brücke Kläranlage** (Fluss-km 14+660) ist eingestaut, aber nicht überströmt. Unmittelbar oberstrom des Bauwerkes liegt der Wasserspiegel ca. 50 cm über der Konstruktionsunterkante. Dies führt zu dem Aufstau nach oberstrom und zu beidseitigen Ausuferungen oberstrom der Brücke Kläranlage.

Die außerhalb des Gültigkeitsbereiches liegende **Straßenbrücke (Wyhra-Neukirchen)** (Fluss-km 12+975) besitzt ein Freibord von ca. 95 cm. Der Wasserspiegel im Flussschlauch entspricht annähernd dem HQ_{100} . Dies ist, wie bereits erläutert, v.a. darin zu begründen, dass ein Teil des Abflusses zwischen der Brücke Kläranlage und der Straßenbrücke über die Vorländer abströmt (v. a. linksseitig).

Das etwas erhöht liegende Gelände der **Kläranlage** wird nicht überströmt, ist aber vollständig von Wasser eingeschlossen. Es ist ein Freibord von 0,2 m bis 0,7 m vorhanden.

3 Modell Plan-Zustand

3.1 Eingangsdaten

Die Geometrie des Berechnungsnetzes für den Plan-Zustand basiert auf dem gemäß des Prüfberichtes der LTV /P7/ überarbeiteten Berechnungsnetz des Ist-Zustandes und der aktuellen Straßenplanung /P5/. Der geplante Straßendamm der B7n hat eine Höhe von ca. 6 bis 8 m über der bestehenden Geländeoberfläche. Das Überströmen des Dammes und der Bauwerke kann ausgeschlossen werden, da die Fließtiefe auf den Vorländern im Ist-Zustand maximal ca. 0,5 m beträgt. Auf eine höhengenaue Abbildung des Straßendamms wird verzichtet und die Elemente des Straßendamms als nicht durchströmbar definiert. Die in der Planung enthaltenen Brücken werden durch ihre Widerlager in das Modell eingepflegt. Eine höhengenaue Abbildung des Brückenbauwerkes über die Wyhra ist aufgrund der geplanten lichten Höhe (gemäß /P5/ 7,0 m) nicht notwendig, da ein Einstau der Bauwerksunterkante ausgeschlossen werden kann. Die geplanten Anpassungen bzw. Änderungen an den Wegkreuzungen im Bereich von Fasaneriebach und Bubendorfer Bach werden ebenfalls entsprechend der aktuellen Planung /P5/ eingepflegt.

Neben geringfügigen Modifizierungen im Bereich der Brücke über die Wyhra werden keine Änderungen im Hauptgerinne vorgenommen. Die Randbedingungen aus dem überarbeiteten Modell des Ist-Zustandes werden beibehalten.

3.2 Beschreibung des modifizierten Modells

Entsprechend dem aktuellen Vorentwurf zur Wyhra-Querung /P5/ kreuzt die B7n die Talaue der Wyhra in einem Bogen von Südwest nach Ost. Das Straßenbauwerk besteht aus dem Straßendamm und drei Brückenbauwerken für die Gewässerkreuzungen. Bei Fluss-km ca. 14+480 kreuzt die Trasse die Wyhra. Im Gegensatz zum Planungsstand 2010 (lichte Weite der Brücke: 60 m einschließlich zwei Brückenpfeiler) weist der aktuelle Planungsstand /P5/ eine lichte Weite der Brücke von 42,0 m auf und kommt ohne weitere Stützpfeiler aus. Die lichte Höhe des Bauwerkes beträgt ca. 7,0 m gemessen von der Sohle der Wyhra.

Westlich der Wyhraquerung überspannt eine 14,0 m lange Brücke den Fasaneriebach. Die lichte Höhe beträgt 5,0 m. Östlich befindet sich das Brückenbauwerk über den Bubendorfer Bach mit einer lichten Weite von 12,0 m und einer lichten Höhe von 4,50 m. Östlich davon werden eine weitere Öffnung für einen Wirtschaftsweg und im westlichen und östlichen Talbereich je ein Regenrückhaltebecken geplant. Diese Bauwerke liegen nicht im überströmten Gebiet und sind nicht im Modell enthalten.



Abbildung 3: Modifizierung des Berechnungsnetzes im Bereich der Wyhra-Querung

Das Modellgitter des Plan-Zustandes wurde auf Grundlage der Stellungnahme der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (LTV), Betrieb Elbaue / Mulde / Untere Weiße Elster /P7/ wie folgt überarbeitet:

- Löschen der Netzelemente im Modellrandbereich der geplanten Trasse

Es werden keine Änderungen an den Rauigkeitswerten vorgenommen.

3.3 Berechnungsergebnisse

3.3.1 HQ₁₀

Die Berechnungsergebnisse bei HQ₁₀ sind bis auf vernachlässigbar geringe Abweichungen nahezu identisch mit denen des Ist-Zustandes. Die geplante Trasse der Bundesstraße B7n beeinflusst den Hochwasserabfluss nicht.

3.3.2 HQ₅₀

Die Berechnungsergebnisse bei HQ₅₀ sind nahezu identisch mit denen des Ist-Zustandes. Die großflächigen Ausuferungen beginnen wie im Ist-Zustand erst nördlich der geplanten Straßenachse. Eine wesentliche Beeinflussung des Hochwasserabflusses kann ausgeschlossen werden.

3.3.3 HQ₁₀₀

Bei HQ₁₀₀ wirkt der geplante Straßendamm in den Vorlandbereichen rechts und links der Wyhra als Abflusshindernis für die Vorlandströme. In diesem Bereich sind Unterschiede in der Ausbreitung des Überschwemmungsgebietes zu erkennen. Oberstrom des Straßendamms staut sich das Wasser und unterstrom (im „Strömungsschatten“ des Damms) werden Bereiche nicht überströmt, die im Ist-Zustand überströmt sind. Auf Grund der sehr geringen Fließgeschwindigkeiten im Vorland handelt es sich bei diesem Bereich um ein lokal begrenztes Gebiet. Ab ca. 150 m oberstrom und ca. 50 m unterstrom des Damms sind die Überschwemmungsgebiete wieder nahezu identisch.

Im Hauptgerinne wurden keine Differenzen der Wasserspiegellage zwischen Ist- und Plan-Zustand ermittelt. An den Pegelpunkten im Gewässerlauf wurden folgende WSP-Differenzen berechnet:

Tabelle 2: HQ_{100} - WSP-Differenzen zwischen Ist-Zustand und Plan-Zustand

Pegelpunkt	[Fluss-km]	Plan-Ist [cm]
Oberstrom Brücke Benndorf	15+210	0
Oberstrom Brücke Kläranlage	14+675	0
Unterstrom Querung B7n	14+400	0
Oberstrom Querung B7n	14+350	0
Mäander	13+975	0
Oberstrom Brücke Neukirchen-Wyhra	12+990	0
Auslaufrand	12+875	0

Als Begründung für die vernachlässigbar geringen Auswirkungen auf den Wasserspiegel im Hauptstrom und die begrenzte räumliche Ausbreitung der Differenzen können v. a. die geringen Fließgeschwindigkeiten im Vorland herangezogen werden. Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass der Anteil des Durchflusses, der über die Vorländer abfließt, im Verhältnis zum Durchfluss im Hauptstrom sehr gering ist. Im Hauptstrom zeigen die Strömungsverhältnisse nahezu keine Differenzen zwischen dem Ist- und dem Plan-Zustand. Zur Veranschaulichung sind in den folgenden Abbildungen die Strömungsverhältnisse im Bereich der geplanten Wyhraquerung für den Ist- und den Plan-Zustand dargestellt.

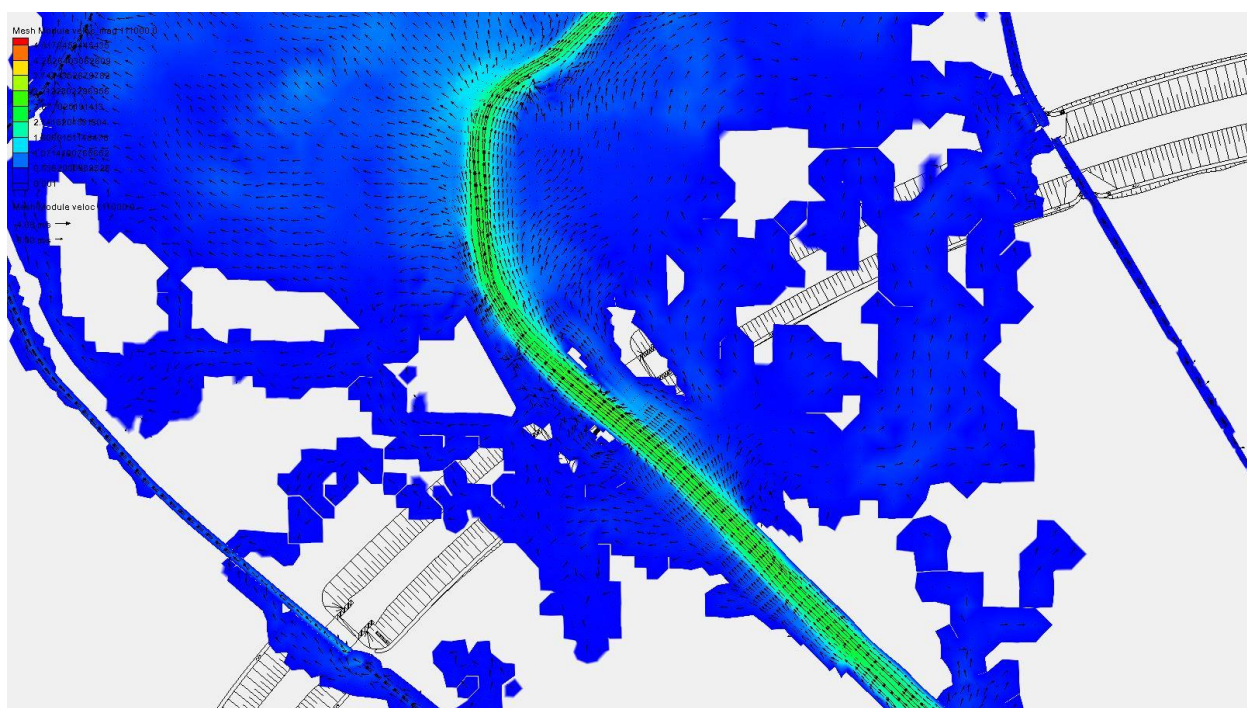


Abbildung 4: Strömungsverhältnisse an der geplanten Wyhraquerung im Ist-Zustand - HQ_{100}

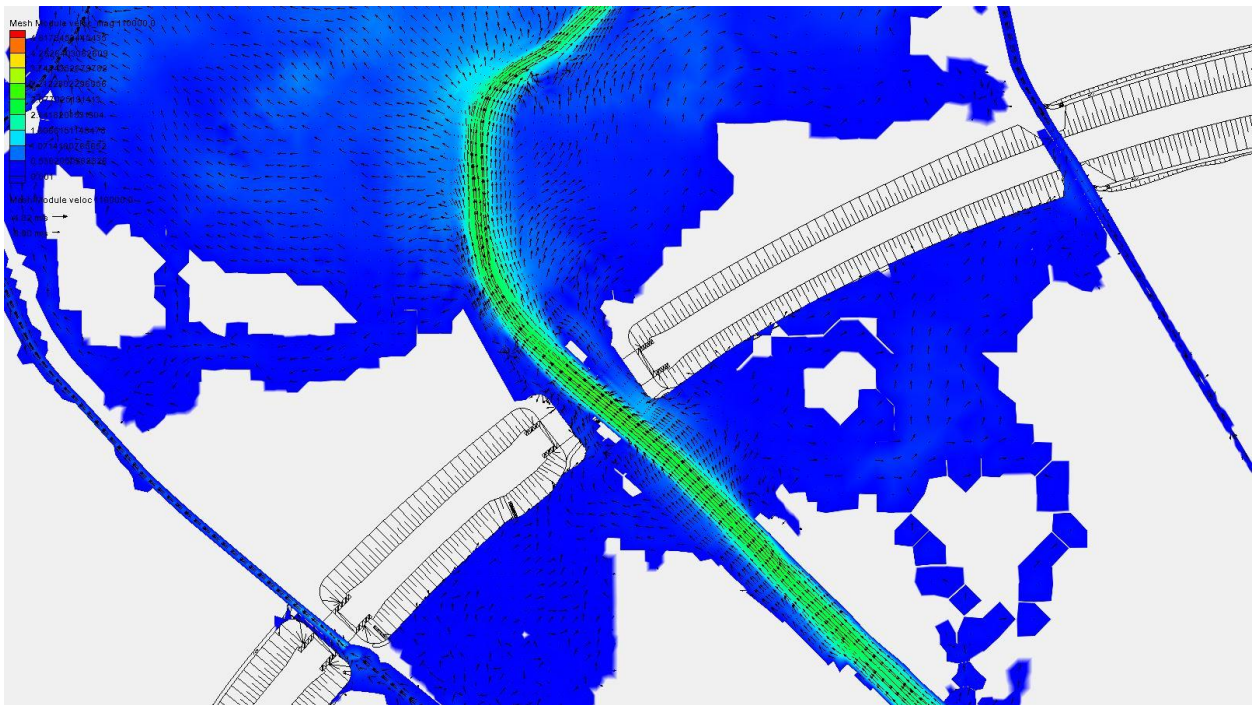


Abbildung 5: Strömungsverhältnisse an der geplanten Wyhraquerung im Plan-Zustand - HQ₁₀₀

Es ist deutlich zu erkennen, dass sowohl im Ist-Zustand als auch im Plan-Zustand im Bereich der Vorländer bei HQ₁₀₀ nur geringe Fließgeschwindigkeiten auftreten und die Ausbreitung größtenteils als nicht gerichtet bezeichnet werden kann. Die Konzentration des Abflusses auf den Brückenquerschnitt im Plan-Zustand führt aus diesem Grunde nicht zu einem weiträumigen Aufstau, sondern zu einem lokal veränderten Überschwemmungsgebiet im „Strömungsschatten“ des geplanten Straßendamms.

Ein weiterer Faktor für die begrenzten Auswirkungen nach oberstrom bildet die eingestaute Brücke an der Kläranlage. Im betrachteten Gebiet bildet dieser gering dimensionierte freie Brückenquerschnitt das maßgebliche Abflusshindernis und wirkt als Drossel für den Durchfluss im Hauptstrom. Die Ausuferungen in der Ortslage Benndorf sind aus der Sicht des Verfassers zu großen Teilen auf diesen Brückenquerschnitt zurückzuführen. Ein Einfluss der geplanten Wyhraquerung der B7n auf die Wasserspiegellage oberstrom der Brücke Kläranlage konnte für das HQ₁₀₀ nicht nachgewiesen werden.

3.3.4 HQ₂₀₀

Bei HQ₂₀₀ wirkt der geplante Straßendamm in den Vorlandbereichen rechts und links der Wyhra als Abflusshindernis für die Vorlandströme. In diesem Bereich sind Unterschiede in der Ausbreitung des Überschwemmungsgebietes deutlich zu erkennen. Oberstrom des Straßendamms staut sich das Wasser lokal ca. 20 cm – maximal 50 cm auf und unterstrom (im „Strömungsschatten“ des Damms) werden größere Bereiche nicht überströmt, die im Ist-Zustand überströmt sind. Auf Grund der sehr geringen Fließgeschwindigkeiten im Vorland handelt es sich bei diesem Bereich um ein lokal begrenztes Gebiet. Ab ca. 300 m oberstrom und ca. 200 m unterstrom des Damms sind die Überschwemmungsgebiete wieder nahezu identisch.

Im Hauptgerinne wurden v. a. für den Bereich der geplanten Wyhraquerung geringe Differenzen der Wasserspiegellage zwischen Ist- und Plan-Zustand ermittelt. An den Pegelpunkten im Gewässerlauf wurden folgende WSP-Differenzen berechnet:

Tabelle 3: HQ_{200} - WSP-Differenzen zwischen Ist-Zustand und Plan-Zustand

Pegelpunkt	[Fluss-km]	Plan-Ist [cm]
Oberstrom Brücke Benndorf	15+210	0
Oberstrom Brücke Kläranlage	14+675	1
Unterstrom Querung B7n	14+400	3
Oberstrom Querung B7n	14+350	1
Mäander	13+975	0
Oberstrom Brücke Neukirchen-Wyhra	12+990	0
Auslaufrand	12+875	0

Als Grund für die Erhöhung des Wasserspiegels im Hauptstrom der geplanten Wyhraquerung ist die erhöhte Wassermenge anzusehen, die über den Hauptstrom und nicht mehr über die Vorländer abfließt. Dadurch treten in diesem Bereich auch höhere Fließgeschwindigkeiten auf als im Ist-Zustand.

Die begrenzte räumliche Ausbreitung der Differenzen bei den Überschwemmungsflächen ist wie schon beim betrachteten HQ_{100} -Abfluss auf die geringen Fließgeschwindigkeiten im Vorland zurückzuführen. Zur Veranschaulichung sind in den folgenden Abbildungen die Strömungsverhältnisse im Bereich der geplanten Wyhraquerung für den Ist- und den Plan-Zustand dargestellt.

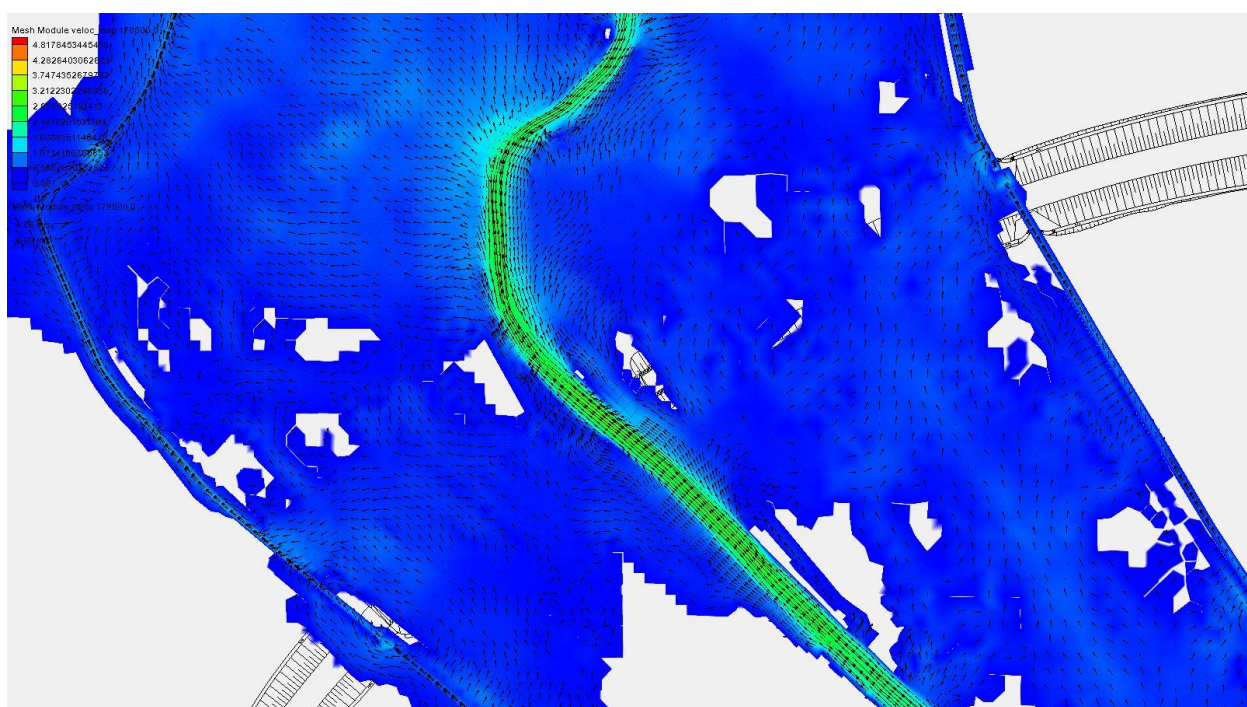


Abbildung 6: Strömungsverhältnisse an der geplanten Wyhraquerung im Ist-Zustand - HQ_{200}

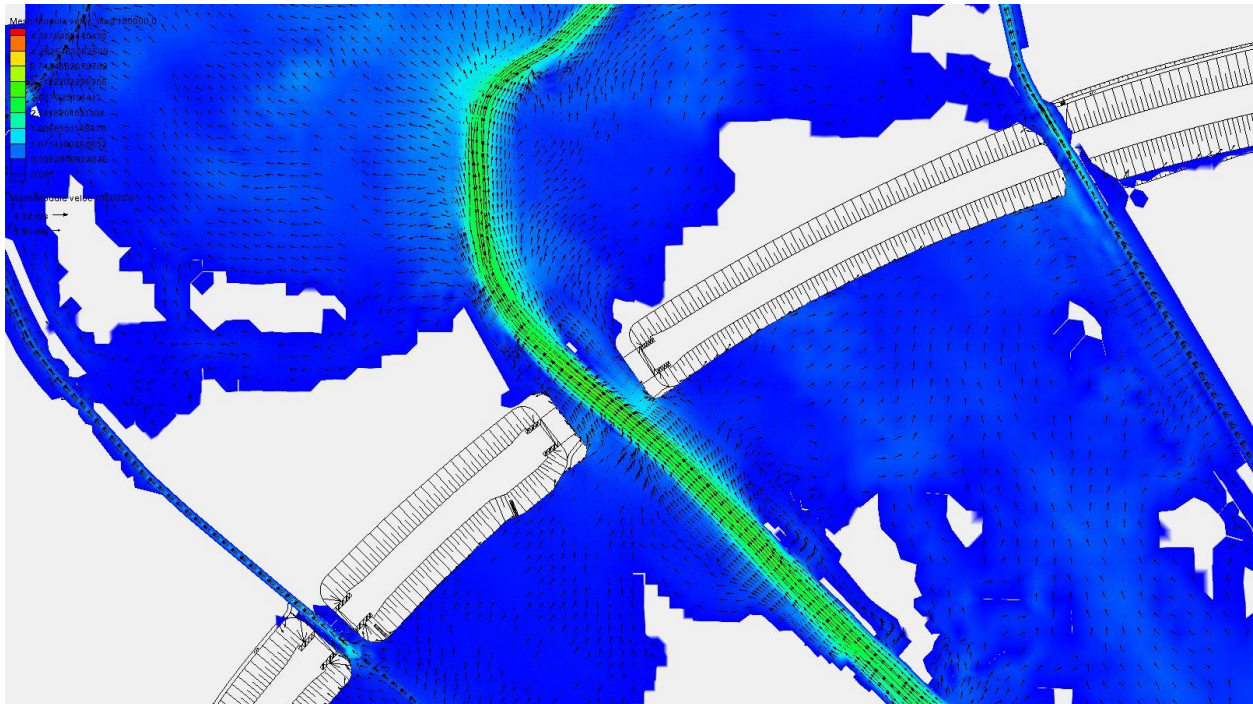


Abbildung 7: Strömungsverhältnisse an der geplanten Wyhraquerung im Plan-Zustand - HQ₂₀₀

3.4 Auswirkungen auf Überschwemmungsfläche und Retentionsraum

Die Auswirkungen der geplanten Straßenbaumaßnahme auf die Überschwemmungsflächen und den Retentionsraum können für das Modellgebiet aus der Gesamtbilanz für die als überschwemmt ermittelten Flächen des Modellgitters ermittelt werden. Dabei wird die Abfragefunktion des grafischen Prä- und Postprozessors SMS genutzt und für die quasistationären Zustände bei HQ₁₀, HQ₅₀, HQ₁₀₀ und HQ₂₀₀ die Summe der benetzten Flächen sowie der darüber liegenden Volumina ausgegeben. Die Abfrage berücksichtigt nur Elemente mit einer Fließtiefe > 0,01 m.

Tabelle 4: Wyhra - Bilanz Überschwemmungsflächen / Retentionsraum

Eingangsdaten	HQ ₁₀		HQ ₅₀		HQ ₁₀₀		HQ ₂₀₀	
	Fläche	Volumen	Fläche	Volumen	Fläche	Volumen	Fläche	Volumen
	[m ²]	[m ³]	[m ²]	[m ³]	[m ²]	[m ³]	[m ²]	[m ³]
Ist-Zustand (Simulation 03)	254.331	76.080	645.030	243.627	824.385	312.406	981.439	392.1407
Plan-Zustand (Simulation 03)	254.250	76.079	644.437	243.626	818.724	314.013	952.475	394.023
Differenz	-81	-1	-593	-1	-5.661	1.607	-28.964	1.876
%	99,97 %	100,0 %	99,91 %	100,0 %	99,31 %	100,51 %	97,05 %	100,48 %

Anhand der in Tabelle 4 dargestellten Werte wird deutlich, dass sich bis zum betrachteten Ereignis HQ₁₀₀ die Flächen und Volumina der Überschwemmungsgebiete im Ist- und im Plan-Zustand um weniger als 1,0% unterscheiden. Dass die Überschwemmungsflächen im Plan-Zustand tendenziell kleiner sind, liegt z. T. am Wegfall der überströmten Flächen im Bereich des Straßendamms.

Bei der Bilanz für das HQ₂₀₀ fällt auf, dass sich trotz einer Reduzierung der Überschwemmungsfläche im Modellgebiet um ca. 3 %, das Retentionsvolumen erhöht. Dies liegt v. a. an den einstaubedingten höheren Fließtiefen südlich des geplanten Straßendamms.

Generell ist festzustellen, dass mit der Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Hochwasserereignisses der Verlust an Überschwemmungsfläche zunimmt. Beim Retentionsvolumen ist keine eindeutige Tendenz erkennbar. Es ist aus Erfahrung davon auszugehen, dass der Aufstau südlich des geplanten Straßendamms mit dem Abfluss in der Wyhra ebenfalls zunimmt und dadurch ausreichend Retentionsraum beansprucht wird, um den Einfluss des „Strömungsschattens“ nördlich des geplanten Straßendamms teilweise oder vollständig auszugleichen.

3.5 Mögliche Ausgleichsmaßnahmen

3.5.1 Ausgleich aufgrund höherer Wasserspiegellagen

Auf Grund der nahezu gleich bleibenden Wasserspiegellagen sind aus der Sicht des Verfassers keine Hochwasserschutzmaßnahmen zum Ausgleich negativer Auswirkungen notwendig. Die Brückenwiderlager sollten strömungsgünstig ausgeformt werden, um die Strömungsverhältnisse an der Wyhraquerung zu optimieren.

3.5.2 Ausgleich aufgrund von Retentionsraumverlust

Ein Ausgleich des durch die Aufstandsfläche des Bauwerkes theoretisch verlorenen Retentionsraumes ist im Modellgebiet nicht möglich. Im Rahmen von Testrechnungen wurden verschiedene Möglichkeiten untersucht, den Aufstau durch den geplanten Straßendamm zu reduzieren und trocken gefallene Flächen im „Strömungsschatten“ des Damms durch zusätzliche Durchlässe im Straßendamm zu aktivieren. Die Ergebnisse dieser Berechnungen zeigten allerdings, dass durch die zusätzlichen Durchlässe keine maßgeblich positiven Einflüsse erzielt werden konnten. Der Zugewinn an Überschwemmungsfläche war sehr gering und auf das Retentionsvolumen hatten die Maßnahmen sogar einen negativen Einfluss, weil der lokal begrenzte Aufstau südlich des geplanten Straßendamms durch die zusätzlichen Durchlässe reduziert werden konnte.

Generell ist anzumerken, dass im Rahmen der durchgeführten Modellsimulationen kein Verlust an Retentionsvolumen nachgewiesen werden konnte.

4 Zusammenfassung

Im Ergebnis der durchgeführten zweidimensionalen-hydrodynamischen Strömungssimulationen konnte der Einfluss des geplanten Bauvorhabens (Umverlegung der B7 zwischen Altenburg und Frohburg) nachgewiesen werden. Demnach hat der geplante Straßendamm im Bereich der Wyhraquerung einen vernachlässigbar geringen Einfluss auf den Abfluss in der Wyhra bei Hochwasserereignisse bis einschließlich zu einem HQ₅₀. Bei HQ₁₀₀ und HQ₂₀₀ bildet sich im aufgestellten Modell des Plan-Zustandes nördlich des geplanten Straßendamms ein „Strömungsschatten“, der zu einem lokal begrenzten Verlust von Überschwemmungsflächen führt. Im Gegenzug kommt es, bedingt durch den lokal begrenzten Aufstau südlich des geplanten Straßendamms zu einer Zunahme des beanspruchten Retentionsraumes. Mit Verweis auf die sehr geringen Unterschiede (siehe Tabelle 4) kann von einer ausgeglichenen Bilanz des Retentionsraumes gemessen am Gesamtmodell gesprochen werden.

Für die weitere Planung wird empfohlen, v. a. die Brückenwiderlager strömungsgünstig auszuformen, um bei Hochwasserabflüssen möglichst wenig Angriffsfläche bzw. Strömungswiderstand zu bieten und so Verwirbelungen zu reduzieren.

5 Anlagenverzeichnis

W 01	Übersichtslageplan	1:100.000
W 02	Modellgebiet	1:10.000
W 03.1	WSP Ist-Zustand HQ ₂₀₀	1:10.000
W 03.2	WSP Ist-Zustand HQ ₁₀₀	1:10.000
W 03.3	WSP Ist-Zustand HQ ₅₀	1:10.000
W 03.4	WSP Ist-Zustand HQ ₁₀	1:10.000
W 04.1	Fließtiefe Ist-Zustand HQ ₂₀₀	1:10.000
W 04.2	Fließtiefe Ist-Zustand HQ ₁₀₀	1:10.000
W 04.3	Fließtiefe Ist-Zustand HQ ₅₀	1:10.000
W 04.4	Fließtiefe Ist-Zustand HQ ₁₀	1:10.000
W 05.1	Fließgeschwindigkeit Ist-Zustand HQ ₂₀₀	1:10.000
W 05.2	Fließgeschwindigkeit Ist-Zustand HQ ₁₀₀	1:10.000
W 05.3	Fließgeschwindigkeit Ist-Zustand HQ ₅₀	1:10.000
W 05.4	Fließgeschwindigkeit Ist-Zustand HQ ₁₀	1:10.000
W 06.1	WSP Plan-Zustand HQ ₂₀₀	1:10.000
W 06.2	WSP Plan-Zustand HQ ₁₀₀	1:10.000
W 06.3	WSP Plan-Zustand HQ ₅₀	1:10.000
W 06.4	WSP Plan-Zustand HQ ₁₀	1:10.000
W 07.1	Fließtiefe Plan-Zustand HQ ₂₀₀	1:10.000
W 07.2	Fließtiefe Plan-Zustand HQ ₁₀₀	1:10.000
W 08.1	Fließgeschwindigkeit Plan-Zustand HQ ₂₀₀	1:10.000
W 08.2	Fließgeschwindigkeit Plan-Zustand HQ ₁₀₀	1:10.000
W 09.1	WSP-Differenzen Plan-Zustand HQ ₂₀₀	1:10.000
W 09.2	WSP-Differenzen Plan-Zustand HQ ₁₀₀	1:10.000