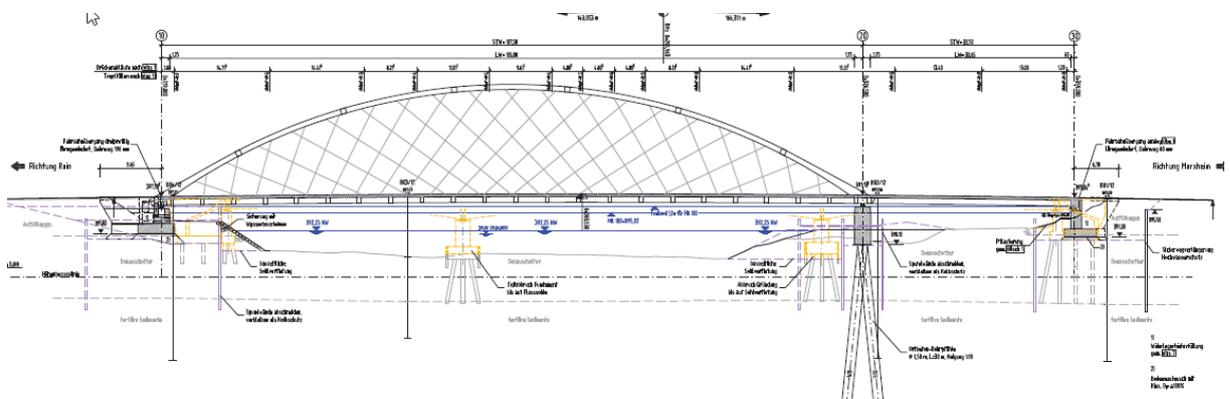


Neubau Donaubrücke Marxheim

2D-WSP-Berechnungen mit einem hydronumerischen Modell der Donau



München, 16.09.2021

RMD-Consult GmbH
 Wasserbau und Energie
 Blütenburgstraße 20
 80636 München

Tel.: 089/99 222-402

Ind	Datum	Bezeichnung	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
b					
a	16.09.2021	Neuer Absatz S.5, Abb. 11 angepasst	KS	VD	
0	28.04.2019	Bericht Hydraulik Brücke Marxheim	KS	VD	

Inhaltsverzeichnis

1	EINFÜHRUNG	3
2	GRUNDLAGEN	4
3	HYDRAULISCHE RANDBEDINGUNGEN	5
4	MODELLERSTELLUNG	6
4.1	Istmodell	6
4.2	Planmodell Phase I	8
4.3	Planmodell Phase II	9
4.4	Planmodell Phase III	10
4.5	Planmodell Phase IV	11
4.6	Planmodell Phase V	12
4.7	Planmodell Endzustand	13
5	BERECHNUNGSERGEBNISSE	14
5.1	Wasserspiegellagen und Überschwemmungsfläche	14
5.2	Schubspannungen	18
5.3	Fließgeschwindigkeiten	19
5.4	Retentionsvolumen	19
6	FAZIT	22
	UNTERLAGENVERZEICHNIS	23

1 EINFÜHRUNG

Das Staatliche Bauamt Augsburg plant die Erneuerung der Donaubrücke Marxheim. Zur Abstimmung der wasserwirtschaftlichen Belange sind die jeweiligen Bau- und Endzustände der Maßnahme durch Abflussberechnungen zu überprüfen.

Die Berechnungen sollen die Differenzen zwischen dem Bestand und zukünftiger Situation bzw. Bauzustände in Bezug auf den Hochwasserabfluss aufzeigen.

Grundlage der Bearbeitung ist ein hydronumerisches 2D-Modell der Donau, welches im Jahr 2019 im Zuge der Ermittlung der Hochwassergefahrenflächen durch RMD CONSULT im Auftrag des WWA Ingolstadt erstellt wurde.

Das Untersuchungsgebiet ist in Abbildung 1 dargestellt.

2 GRUNDLAGEN

Grundlagen der Untersuchung sind:

- [1]. vorhandenes hydronumerisches 2D-Modell der Donau, RMD-Consult für WWA Ingolstadt, 2019 (Höhensystem DHHN92)
- [2]. Lagepläne zum Bauablauf und zum Endzustand:
1267_Bauablaufplan_hydraulischeBetrachtung_04.dwg
- [3]. Planungsdaten zum Abbruch Bestandsbrücke, Phase V:
1267_hydraulische Betrachtung_PhaseV_04,
8-3-1_Abbruchkonzept_Uebersicht.pdf
- [4]. Ansicht neue Brücke:
8-1-1_Bauwerksplan_Nebau.pdf
- [5]. Straßendamm Planung, 3D-Daten:
2019-02-27_DGM PL_Achse70.DWG
- [6]. .Straßendamm Urzustand, DGM-Daten im 1m-Raster:
0_1267_DGM Bestand_Befliegung.DWG

Für die Modellerstellung und die numerischen Berechnungen mit dem 2D-Modell wurden folgende Programme verwendet:

- Surface Modelling Software (SMS10.1) zur Netzerstellung und Ergebnisdarstellung, Dr. Nujic, Rosenheim
- Hydro_AS-2d, Version 2.2, für die Berechnung der Fließgeschwindigkeiten und Wassertiefen, Dr. Nujic, Rosenheim

Die verwendeten Programme sind Standardprogramme für die numerische Berechnung von 2D-Modellen und werden auch in der Bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung eingesetzt.

3 HYDRAULISCHE RANDBEDINGUNGEN

Die Berechnungen des Wasserspiegels und der Fließgeschwindigkeiten für HQ100 beim Ist- und Planzustand erfolgen stationär.

Die HQ100-Abflüsse sind entsprechend dem Grundlagemodell bzw. hydrologischen Längsschnitt des Bayerischen Landesamts für Umwelt (LfU) wie folgt angesetzt (vgl. in Abbildung 1):

- Donau 1450 m³/s
- Lech 600 m³/s
- Friedberger Ach 25 m³/s

Im hydrologischen Längsschnitt ist der Zwischenzufluss Friedberger Ach für HQ100 mit 50 m³/s angegeben. Für die Berechnungen der Hochwassergefahrenflächen wurde dieser Zufluss jeweils hälftig aufgeteilt in den Zufluss der Friedberger Ach sowie den Zufluss der Kleinen Paar, welche jedoch unterhalb des Modellbereichs in die Friedberger Ach mündet und somit nicht modelliert ist.

Diese Werte aus dem hydrologischen Längsschnitt des LfU entsprechen dem statistischen 100-jährlichen Abfluss und sind für die Ermittlung der Hochwassergefahrenflächen gültig: Die Werte werden auch für die Bewertung der Auswirkungen von Veränderungen an Gewässern herangezogen. Der zwischen der Wasserwirtschaft und dem Betreiber der Stufe Bertoldsheim, Uniper Kraftwerke GmbH, festgelegte Abflüsse BHQ1 liegt etwas höher. Es handelt sich dabei um einen Bemessungswert für die Anlagensicherheit, der für vorliegende Untersuchung nicht relevant ist.

Am unteren Modellrand gibt es zwei Auslaufrandbedingungen:

- Am Wehr Bertoldsheim wird der Wasserspiegel von 391,96 m ü NHN (DHHN92) gehalten.
- Im südlichen Vorland wird eine Normalabflusstiefe mit einem Energiegefälle von 0,2 % angesetzt. Diese Randbedingung liegt so weit abwärts von der Brücke Marxheim, so dass auch bei Ungenauigkeiten in diesem Ansatz bei HQ100 keine Beeinflussung des Wasserspiegels an der Brücke möglich ist.

4 MODELLERSTELLUNG

4.1 Istmodell

Das hydraulische 2D-Modell aus [1] wird anhand der Planunterlagen der Bestandsbrücke ([2]) im Bereich der Baumaßnahme aktualisiert und detaillierter aufgelöst.

Zusätzlich wird das Basismodell am unteren Modellrand zugeschnitten, um die Berechnungszeiten zu reduzieren. Der untere Modellrand am Wehr Bertoldsheim bzw. an der Straße ND11 wurde so gewählt, dass eine bekannte Wasserspiegellage (Wehr Bertoldsheim) angesetzt werden kann, bzw. dass von dieser Randbedingung wegen der großen Entfernung zur Brücke Marxheim kein Einfluss auf die Wasserspiegel an der Brücke auftreten kann.

Der Modellumgriff und die angesetzten Randbedingungen sind in Abbildung 1 dargestellt.

Mit dem neuen Modell des Istzustands wurde der Abfluss HQ100 berechnet. Die Ergebnisse dienen für die weiteren Betrachtungen als Referenzzustand.

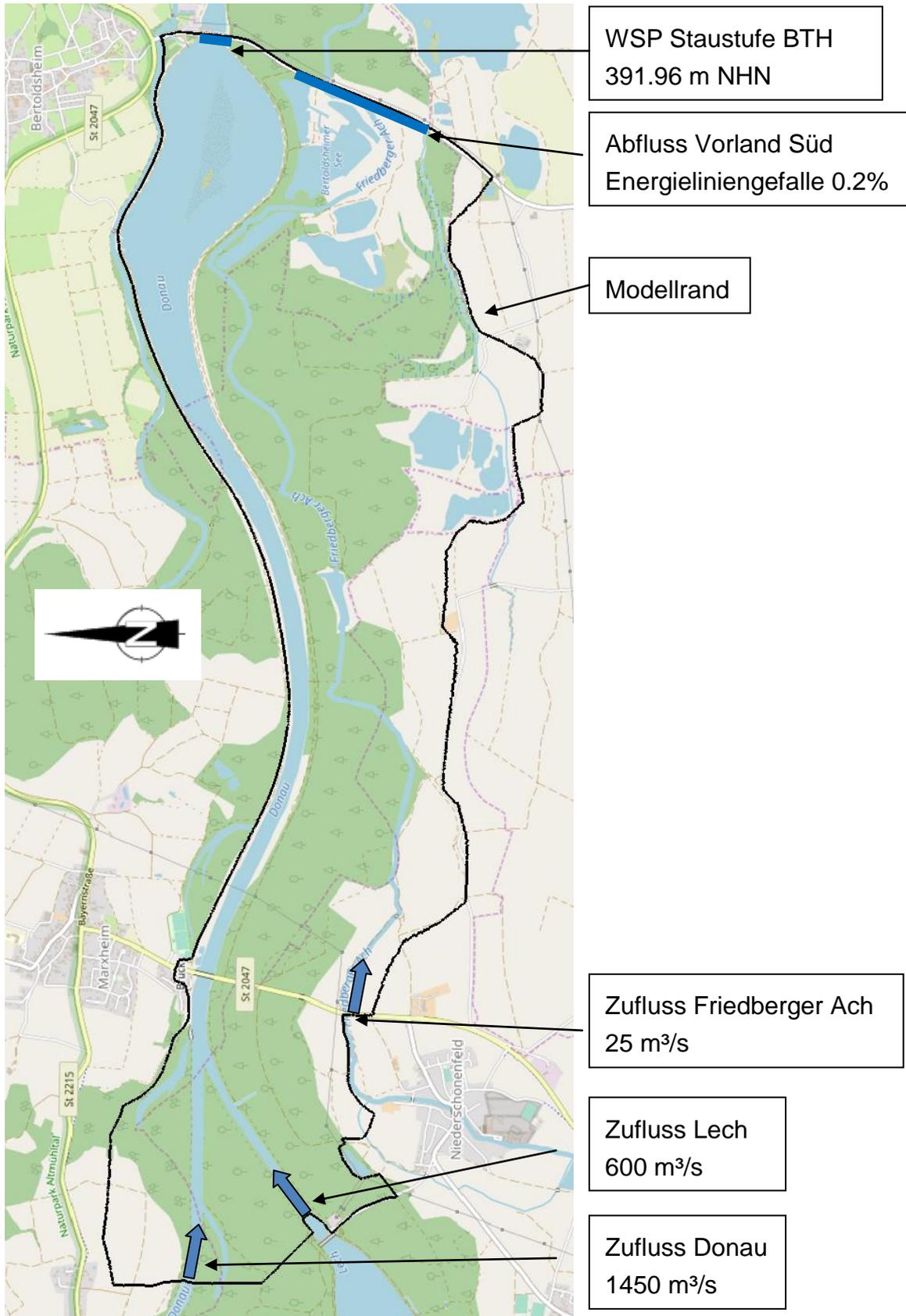


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet

4.2 Planmodell Phase I

Das Planmodell der Phase I basiert auf dem Planmodell des Istzustands. Zusätzlich sind folgende Maßnahmen bzw. Bauwerke in das Modell eingebaut:

- Anschüttung Baufeld im linken Vorland auf Höhe 392,40 m. NHN. Die Arbeitsebene liegt damit höher als der Wasserspiegel für $MQ = 285 \text{ m}^3/\text{s}$ mit 392,13 m ü. NHN (DHHN12: 392,17 m. ü. NN)
- Anfahrtsrampen Hilfsbrücke (verschobene Bestandsbrücke) links und rechts
- Vorschüttung links und rechts mit Oberkante im Bereich der Spundwandkästen
- Spundwandkästen als Pfeiler für die Querverschubbahn und die Lagerung der Bestandsbrücke
- Anpassung der Rauheiten im Bereich des Baufelds und der Vorschüttungen

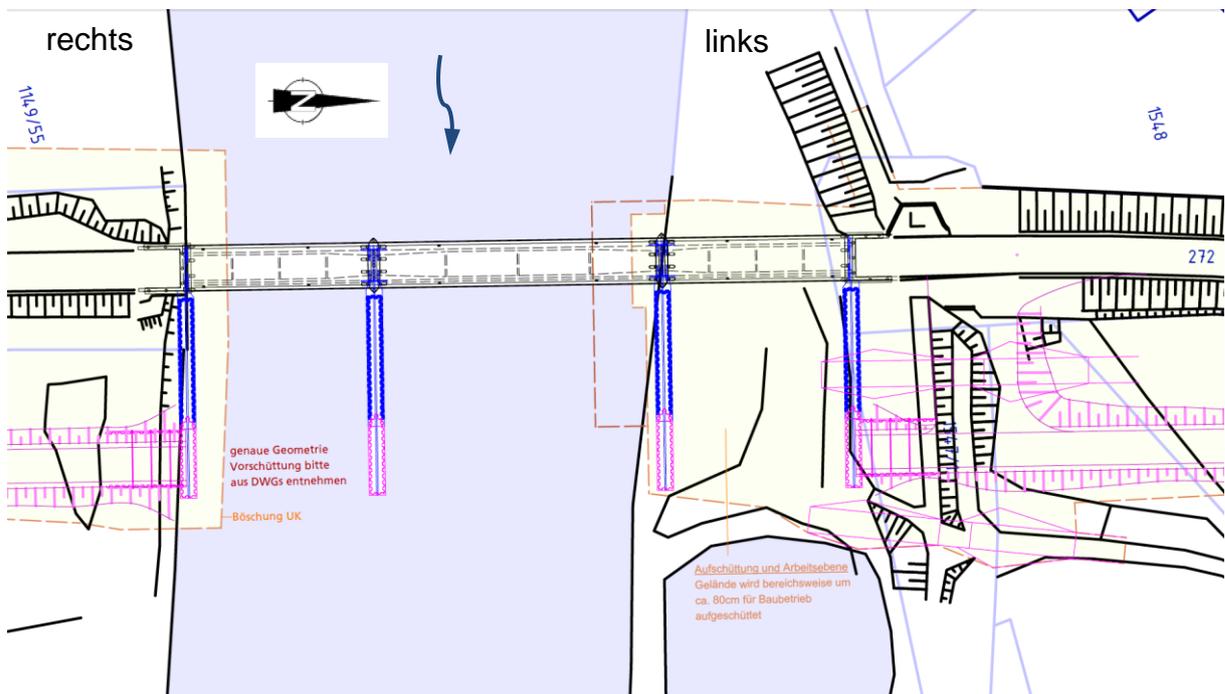


Abbildung 2: Lageplan Bauphase I

Die Dauer der Phase I beträgt ca. 6 Monate.

4.3 Planmodell Phase II

Das Planmodell der Phase II basiert auf dem Planmodell der Phase I. Zusätzlich zu den Maßnahmen der Phase I sind folgende Maßnahmen bzw. Bauwerke in das Modell eingebaut:

- Verschieben der Bestandsbrücke, d.h. Verschiebung der abflusswirksamen Brückenunterkanten flussabwärts
- Spundwandkästen für den Abbruch der bestehenden Pfeiler
- Spundwandkästen für die neuen Widerlager
- Einbau der Krantürme linkes Vorland (rechter Kranturm liegt nicht in der Strömung) mit der Annahme der Verlegung des kompletten Querschnitts des Kranturms

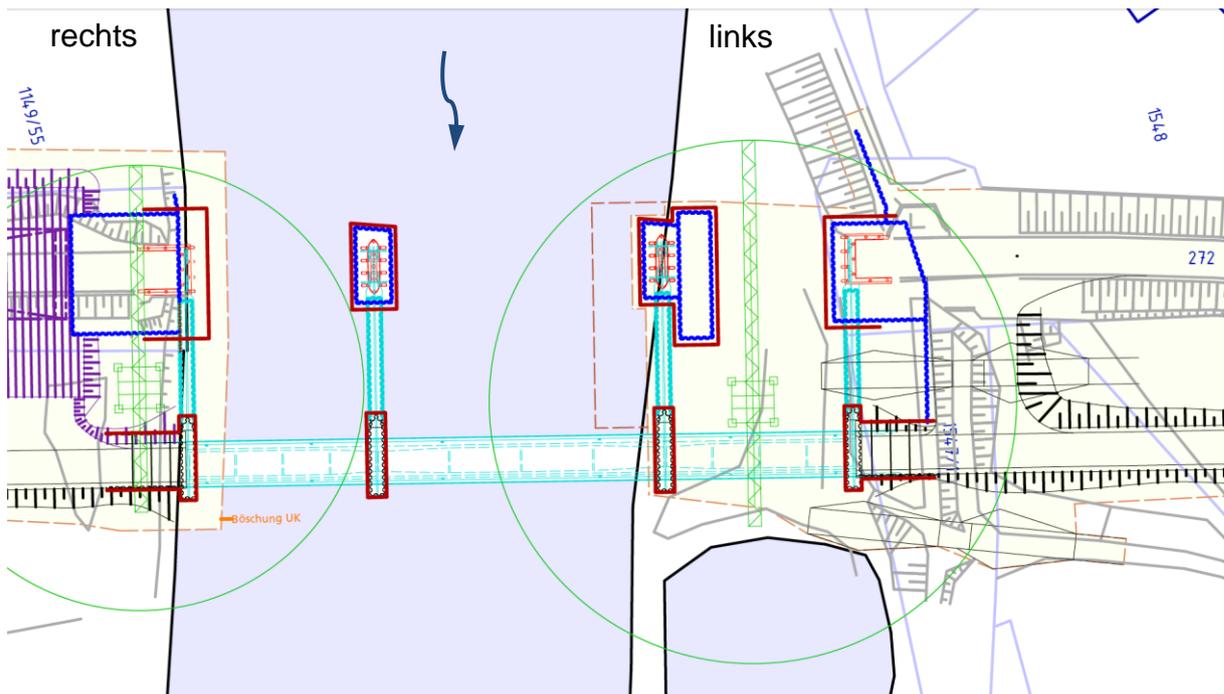


Abbildung 3: Lageplan Bauphase II

Die Dauer der Phase II beträgt ca. 6 Wochen bis maximal 3 Monate.

4.4 Planmodell Phase III

Das Planmodell der Phase III basiert auf dem Planmodell der Phase II. Zusätzlich zu den Maßnahmen der Phase II sind folgende Maßnahmen bzw. Bauwerke in das Modell eingebaut:

- Rückbau der Spundwandkästen um die Pfeiler der bestehenden Brücke inkl. der Pfeiler
- Rückbau Spundwandkästen Querverschubbahn

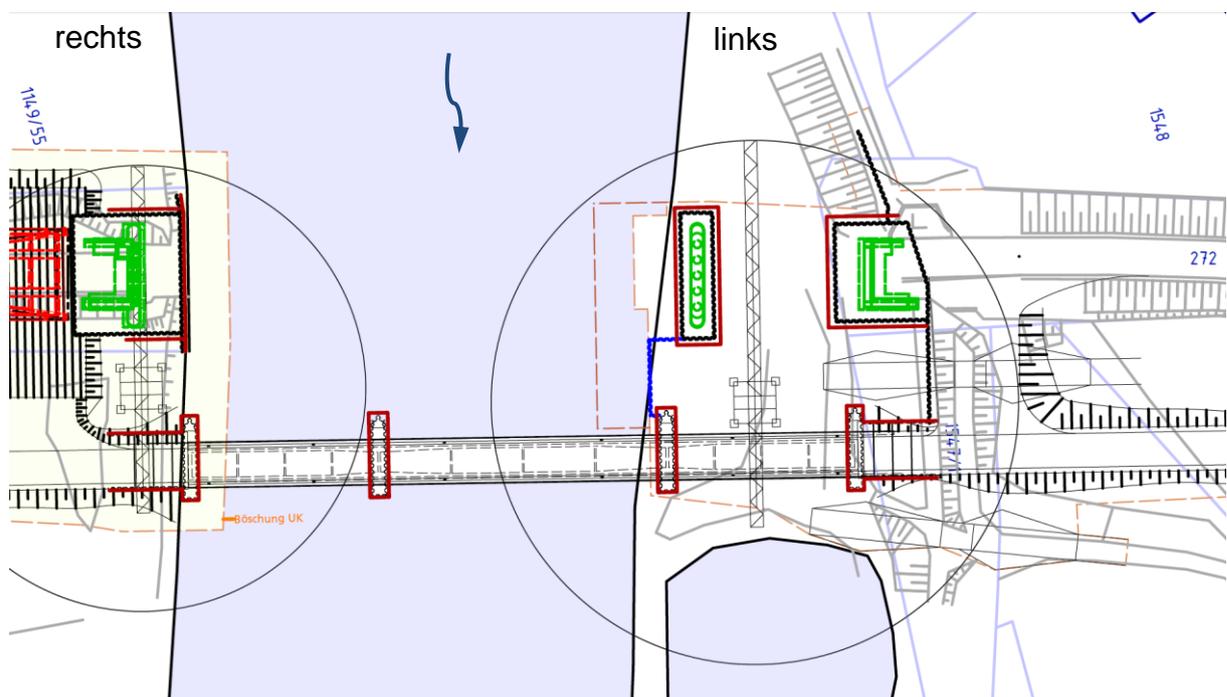


Abbildung 4: Lageplan Bauphase III

Die Dauer der Phase III beträgt ca. 6 Monate.

4.5 Planmodell Phase IV

Das Planmodell der Phase IV basiert auf dem Planmodell der Phase III. Zusätzlich zu den Maßnahmen der Phase III sind folgende Maßnahmen bzw. Bauwerke in das Modell eingebaut:

- Rückbau der Spundwandkästen um die Pfeiler und Widerlager der neuen Brücke
- Modellierung des neuen Pfeilers und der Umgriffe der neuen Widerlager
- Rückbau der Vorschüttung linke Flussseite mit Anpassung der Rauheiten entsprechend dem ursprünglichen Ansatz im Flussschlauch
- Die neue Donaubrücke ist hydraulisch nicht relevant, da die Brückenunterkante über dem Wasserspiegel bei HQ100 liegt.

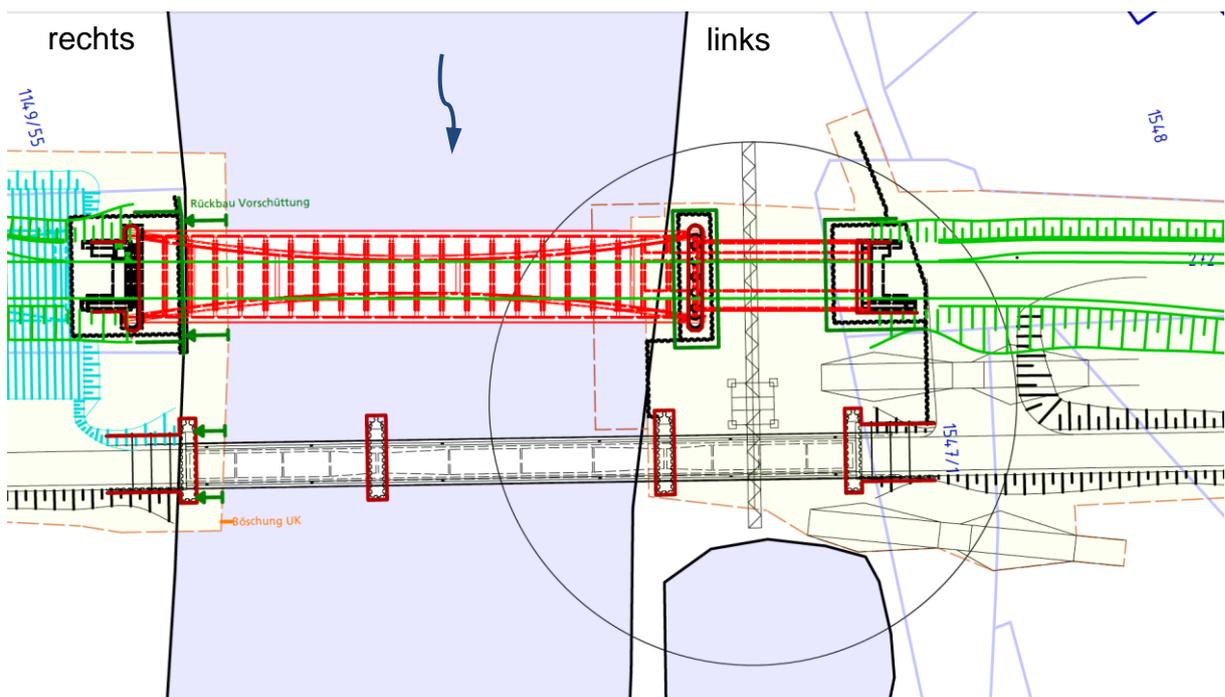


Abbildung 5: Lageplan Bauphase IV

Die Dauer der Phase IV beträgt ca. 6 – 12 Monate.

4.6 Planmodell Phase V

Das Planmodell der Phase V basiert auf dem Planmodell der Phase IV. Die Phase des Abbruchs der bestehenden Brücke ist in einzelne Rückbauphasen aufgeteilt. Der ungünstigste Zustand in der Bauphase V ist die Rückbauphase IV, wie in Abbildung 7 dargestellt.

Zusätzlich zu den Maßnahmen der Phase IV sind folgende Maßnahmen bzw. Bauwerke in das Modell eingebaut:

- Rückbau des Kranturms
- Einbau der 3 Hilfsstützen mit der Annahme der Verlegung des kompletten Querschnitts der Hilfsstützen
- Entfernung der Abflusswirksamen Brückenunterkante im abgebrochenen Mittelteil der Brücke gem. Abbildung 7

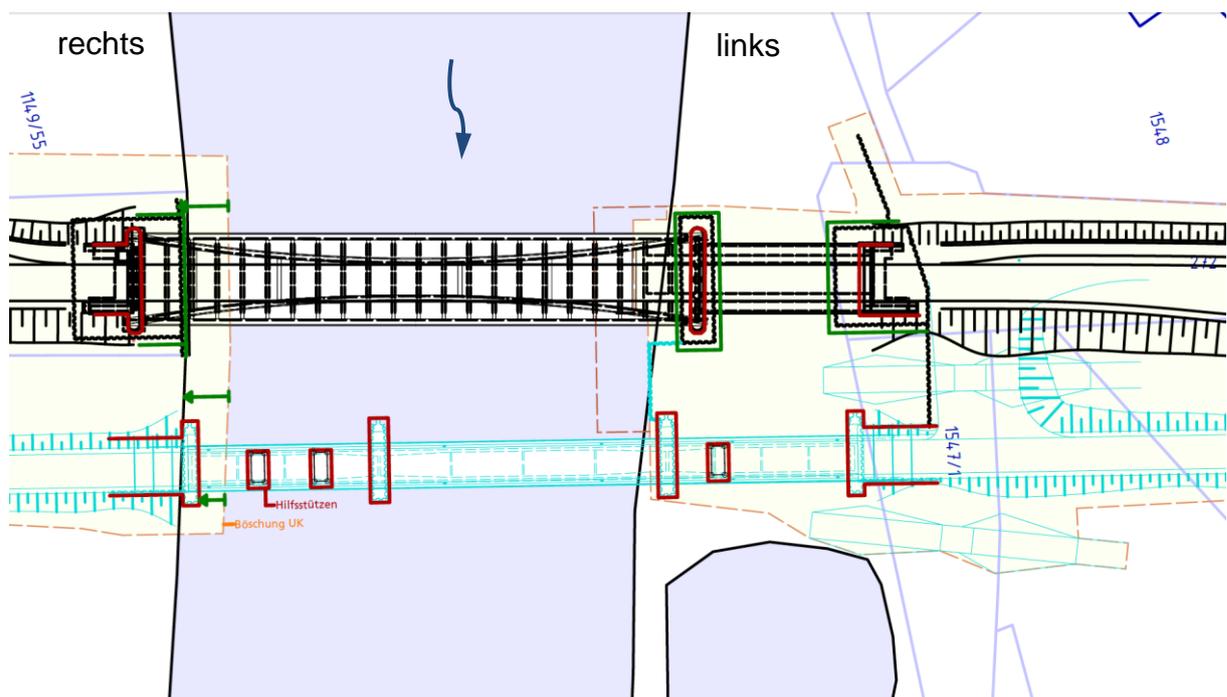


Abbildung 6: Lageplan Bauphase V

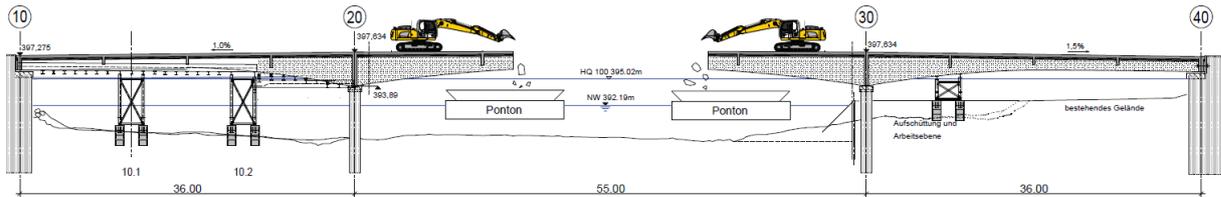


Abbildung 7: Rückbauphase IV der Bauphase V

Die Dauer der Rückbauphase IV oder Bauphase V beträgt ca. 6 – 8 Wochen.

4.7 Planmodell Endzustand

Das Planmodell des Endzustands basiert auf dem Planmodell der Phase IV. Zusätzlich zu den Maßnahmen der Phase IV sind folgende Maßnahmen bzw. Bauwerke in das Modell eingebaut:

- Rückbau der Bestandsbrücke / Hilfsbrücke mit allen Widerlagern, Pfeilern, Hilfspfeilern und Zufahrten
- Rückbau des Baufeldes im linken Vorland mit Anpassung der Rauheiten entsprechend dem ursprünglichem Ansatz

Die Geländehöhe im Endzustand entspricht damit derjenigen im Urzustand. Im Bereich des zurückversetzten neuen rechten Widerlagers wird das Gelände entsprechend angepasst, d.h. der Straßendamm entsprechend zurückgebaut.

Der Straßendamm im linken Vorland ist für die hydraulischen Berechnungen nicht relevant und daher nicht modelliert. Der Straßendamm im rechten Vorland ist aus dem Istzustand unverändert übernommen worden (vgl. Kap. 5.4).

5 BERECHNUNGSERGEBNISSE

5.1 Wasserspiegellagen und Überschwemmungsfläche

Die Wasserspiegellagen für HQ100 sind für alle untersuchten Zustände in den angefügten Unterlagen 18.3 bis 18.9 dargestellt (vgl. auch Unterlagenverzeichnis).

Die Differenzen der Wasserspiegellagen sind in den Unterlagen 18.10 bis 18.15 dargestellt.

Der Längsschnitt in Abbildung 9 gibt einen Überblick auf die Auswirkungen der einzelnen Bauzustände auf den Wasserspiegel. Die Lage des Längsschnittes ist in Abbildung 8 gezeigt. Der Endzustand entspricht nahezu genau dem Istzustand und ist daher nicht dargestellt. Die einzige Änderung betrifft die Brückenunterkante. Die Bestandsbrücke ist teilweise eingestaut, während die Unterkante der neuen Brücke vollständig über dem Wasserspiegel HQ100 liegt.

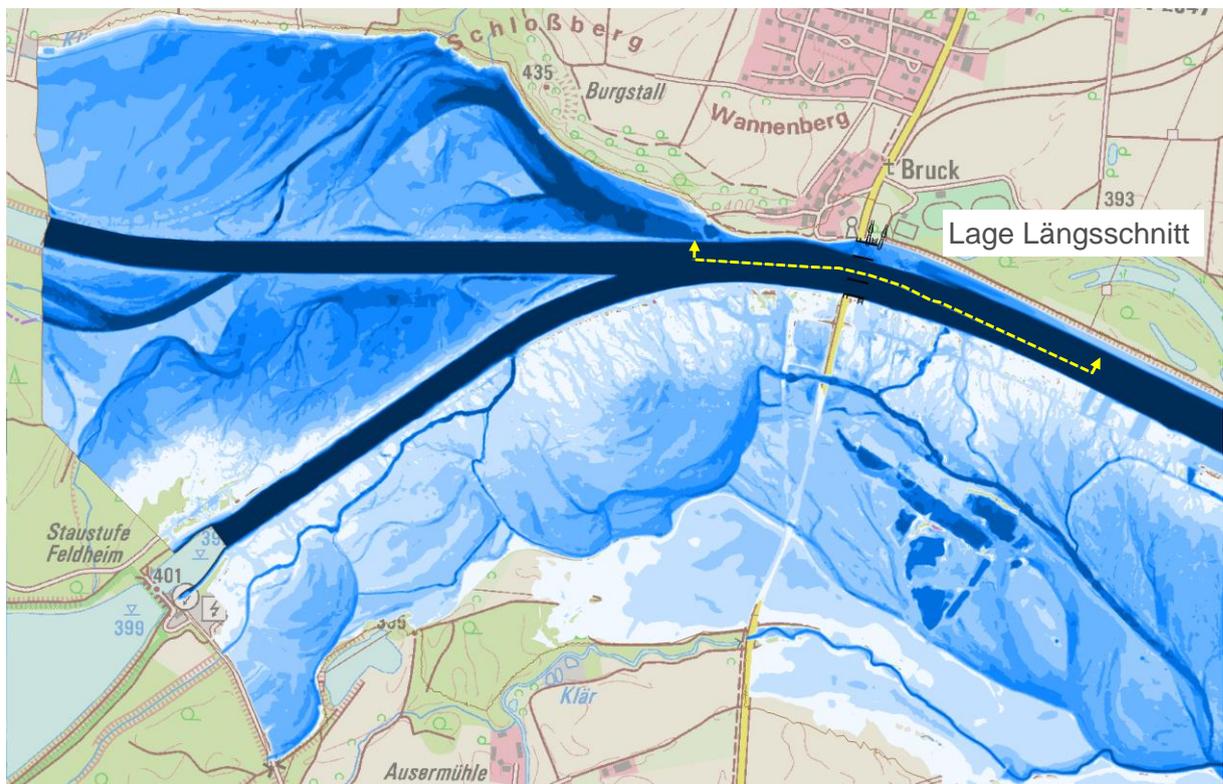


Abbildung 8: Wassertiefen HQ100, Istzustand, und Lage des Längsschnitts

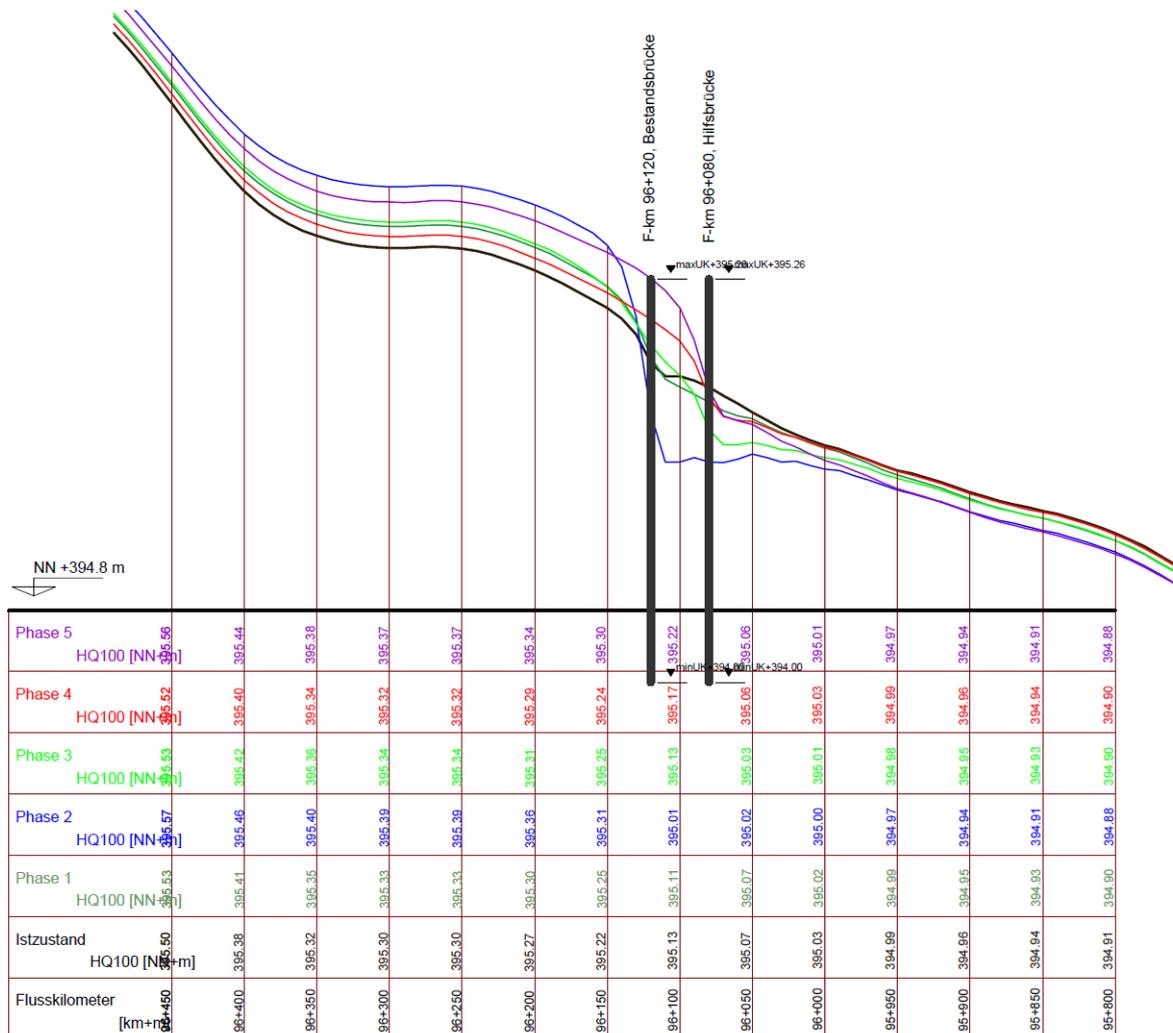


Abbildung 9. Längsschnitt Wasserspiegellagen HQ100

Die größten Auswirkungen auf den Wasserspiegel haben die nur kurze Zeit andauernden Bauzustände II und V. Im Einzelnen sind folgende Auswirkungen festzustellen:

- Am Deich bei Marxheim (linke Flussseite) oberhalb der Brücke nimmt im Endzustand der Freibord leicht zu (vgl. Abbildung 11). Während der Bauphasen kann der Freibord um bis zu ca. 10 cm reduziert werden. Es sind jedoch durchgehend mindestens 65 cm Freibord vorhanden. Ggf. sind mit dem WWA Donauwörth temporäre Maßnahmen abzustimmen.
- Für das private Anwesen „Zollhäuschen“, welches als Freizeitgebäude genutzt wird, wurde als niedrigste Schwellenhöhe durch das Staatl. Bauamt Augsburg 394,95 m ü. NHN angegeben (vgl. Abbildung 10). Der Wasserspiegel HQ100

Istzustand liegt bei an dieser Stelle bei ca. 394.92 m ü. NHN. Rechnerisch bedeutet dies, dass bei HQ100 das Erdgeschoss gerade nicht überschwemmt wird, es ist allerdings kein Freibord vorhanden. Die etwas höheren Wasserspiegellagen der Phasen II, III und V würden zu einer geringen Überschwemmung führen. Im Endzustand liegt der Wasserspiegel des HQ100 hier etwa einen Zentimeter tiefer.

- Die landwirtschaftlichen Anwesen Hunzenhof und Schnödhof im südlichen Vorland sind von den höheren Wasserspiegellagen auch in der Phase II mit den größten Auswirkungen nicht betroffen.
- Die Auswirkungen der Bauphasen auf die räumliche Ausdehnung des Überschwemmungsgebietes bei HQ100 betragen bei der Phase II ca. 2-3 m und es sind nur landwirtschaftliche Flächen betroffen. Eine Darstellung in einem Lageplan erfolgt nicht, da diese Verschiebung zu gering und damit in den Plänen nicht sichtbar ist.



Abbildung 10: Gebäude Zollhäuschen, niedrigste Schwellenhöhe 394.95 m ü. NHN

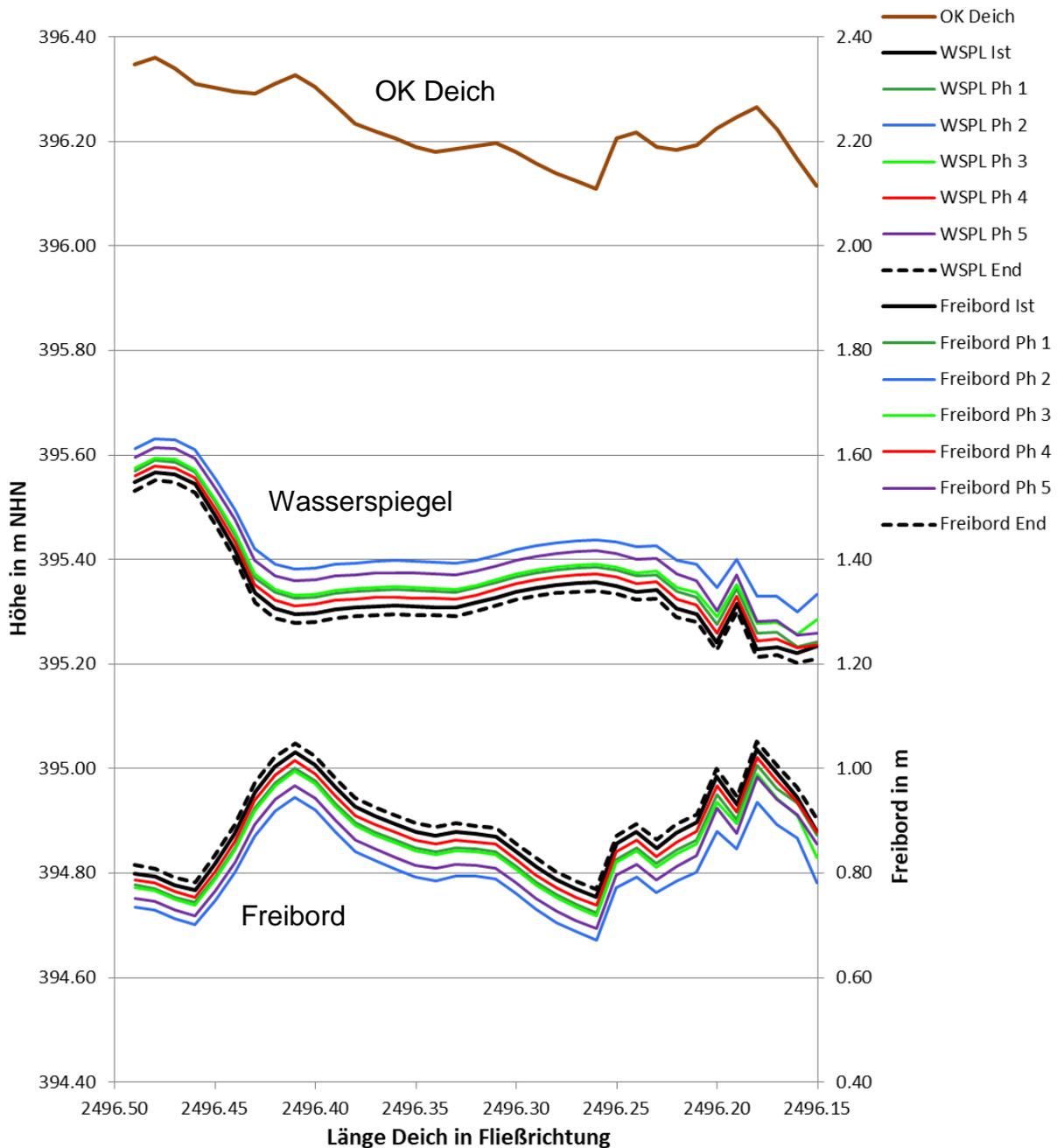


Abbildung 11: Längsschnitt am Deich Marxheim, OK Deich, Wasserspiegellagen und Freibord

Der Abfluss im südlichen Vorland über die St2047 beträgt im Istzustand ca. 306 m³/s und nimmt im Endzustand auf ca. 299 m³/s leicht ab.

5.2 Schubspannungen

Die Schubspannungen für HQ100 sind für den Istzustand und den Endzustand in den angefügten Unterlagen 18.16 und 18.17 dargestellt. Die Differenzen der Schubspannungen sind in der Unterlage 18.18 dargestellt.

Die Schubspannungen τ_o wurden aus den Modell- und Ergebnisdaten berechnet:

$$\tau_o = \rho_w * g * R * I$$

mit dem Energiegefälle I

$$I = \left(\frac{v}{k_{st} * R^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

Hierin sind ρ_w die Dichte des Wassers, g die Erdbeschleunigung, R der hydraulische Radius (in der 2D-Berechnung durch h angenähert), v die Fließgeschwindigkeit und k_{st} der Strickler Rauheitsbeiwert.

Als veränderliche Größen gehen somit die Rauheit, die Wassertiefe und die Fließgeschwindigkeit in die Schubspannung ein. Zur Darstellung der Differenzen der Schubspannungen in der Unterlage 18.18 ist somit Folgendes anzumerken:

- Die Reduktion der Schubspannungen im Bereich der Brücke resultiert aus der geringeren Wassertiefe im Endzustand, die im Modell aus der abflusswirksamen Brückenunterkante im Istzustand resultiert.
- Die höheren Schubspannungen am rechten Widerlager entsteht durch die Rückverlegung des Widerlagers. Dadurch gibt es einen Bereich, der im Endzustand neu durchströmt wird und somit eine Erhöhung der Schubspannungen anzeigt. Tatsächlich liegen diese in der Größenordnung der Werte in der Böschung ober- und unterstrom davon.
- Die Erhöhung der Schubspannung in Flussmitte unterstrom des Pfeilers der Bestandsbrücke entsteht durch den weggefallenen Pfeiler und die damit höheren Fließgeschwindigkeiten in diesem Bereich. Die absolute Größe liegt nicht höher als an den übrigen Stellen der Flusssohle.

- Die geringe Erhöhung der Schubspannungen oberstrom resultiert aus der leichten Absenkung des Wasserspiegels oberhalb der Brücke im Endzustand und damit der geringfügigen Zunahme der Fließgeschwindigkeiten.

Insgesamt sind die Änderungen nur sehr gering. Die lokalen Auswirkungen durch den Wegfall des Pfeilers in Flussmitte sind auch wegen der Vermeidung eines Pfeilerkolks positiv zu beurteilen.

5.3 Fließgeschwindigkeiten

Die Fließgeschwindigkeiten für HQ100 sind für den Istzustand und den Endzustand in den angefügten Unterlagen 18.19 und 18.20 dargestellt. Die Differenzen der Fließgeschwindigkeiten sind in der Unterlage 18.21 dargestellt.

Entsprechend der Änderungen der Schubspannungen ändern sich die Fließgeschwindigkeiten nur lokal durch die im Endzustand nicht mehr eintauchende Brückenunterkante und den weggefallenen Pfeiler in der Flussmitte.

Die Fließgeschwindigkeiten oberstrom der Brücke nehmen im Endzustand wegen des leicht gesunkenen Wasserspiegels um 1-2 cm/s zu. Bei Fließgeschwindigkeiten von bis zu ca. 3 m/s kann diese Zunahme vernachlässigt werden.

5.4 Retentionsvolumen

Es sollte die mit der Planung ggf. verursachte Änderung des Retentionsvolumens untersucht werden. Hierfür wurden die Planungsdaten des Straßendamms mit den Bestandsdaten (1m-Rasterdaten) in 3 Schnitten verglichen. Die Lage der Schnitt ist in Abbildung 12 zu sehen.

In den Schnitten in Abbildung 13 ist im Bereich des Wasserspiegels bzw. darunter keine signifikante Änderung zu erkennen. Eine rechnerische Ermittlung einer Volumenänderung ist hier nicht sinnvoll.

Durch die höhere Brückenunterkante im Endzustand und die Rückverlegung des rechten Widerlagers wurde ein zusätzliches Retentionsvolumen von ca. 300 m³ ermittelt.

Hinsichtlich dieser Betrachtung kann von einem Gewinn an Retentionsvolumen ausgegangen werden. Es ist kein Retentionsvolumen (Verlust) auszugleichen.

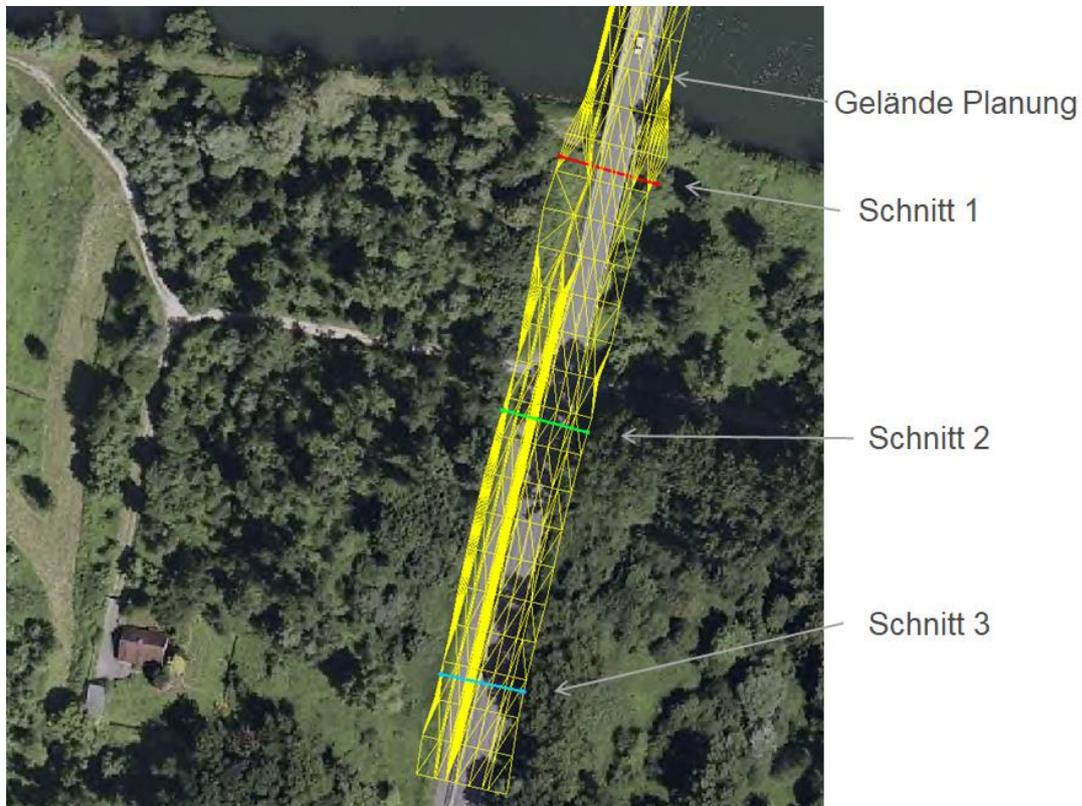


Abbildung 12: Lage der Schnitte durch den Straßendamm südlich der Brücke

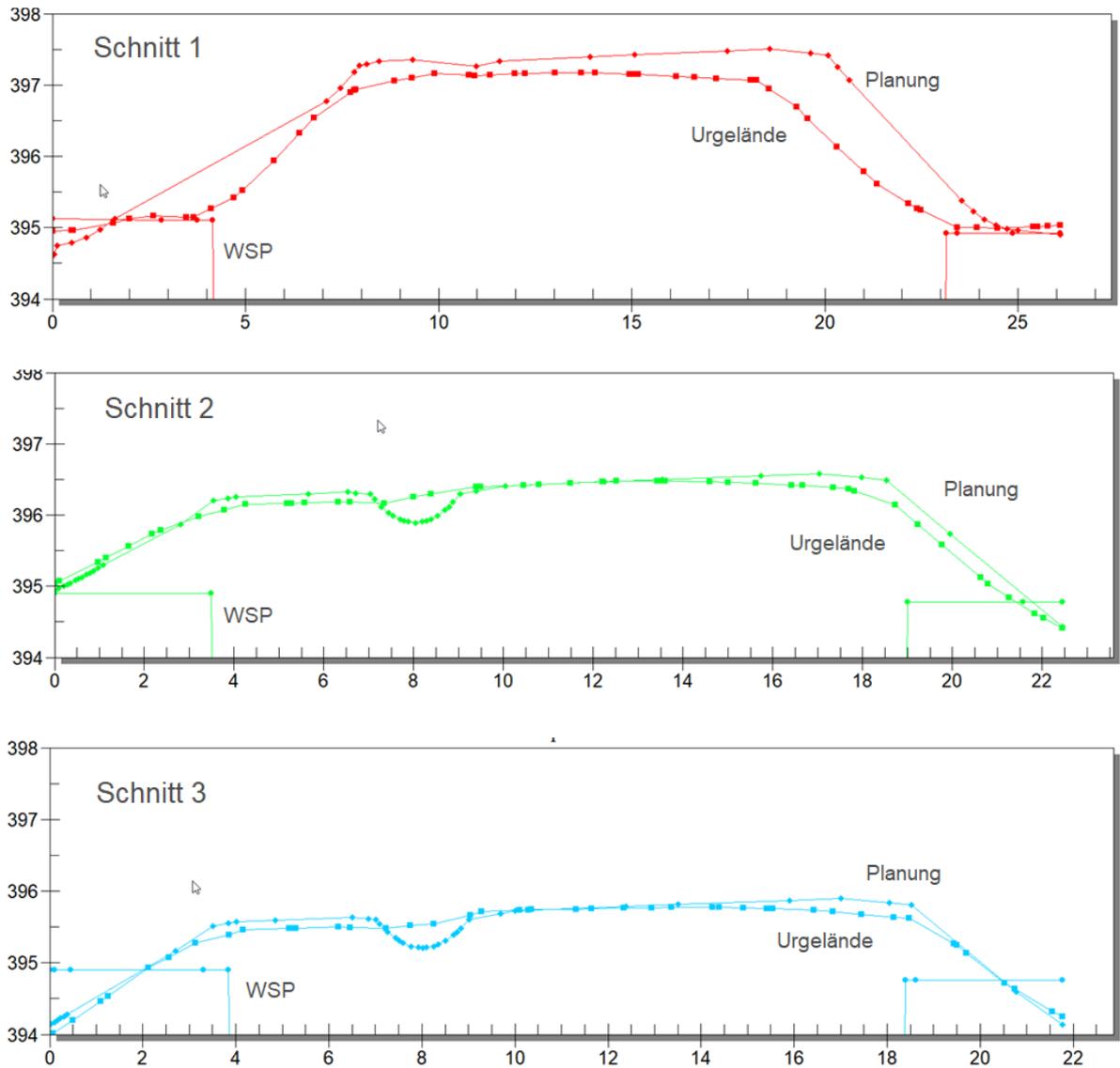


Abbildung 13: Schnitte mit Geländehöhen des Straßendamms im Ist- und Endzustand und berechnete Wasserspiegellage HQ100 Istzustand.

6 FAZIT

Für die Erneuerung der Donaubrücke Marxheim wurden für die verschiedene Bauphasen und den Endzustand der Einfluss der Planung auf den Hochwasserabfluss HQ100 mit einem hydronumerischen 2D-Modell untersucht und mit den Verhältnissen im Istzustand verglichen.

Die Auswirkungen auf das Überschwemmungsgebiet sind in allen untersuchten Zuständen vernachlässigbar, da die Überschwemmungsfläche sich maximal um 2-3 m ausdehnt und zudem keine Siedlungsbereiche betroffen sind. Eine Betroffenheit besteht nur privaten Anwesen „Zollhäuschen“, an dem der Wasserspiegel im einigen Bauzuständen um maximal 5-6 cm ansteigen kann. Ein Freibord ist in Bezug auf die Fußbodenhöhe des Gebäudes jedoch kaum vorhanden. Schutzmaßnahmen sind mit einfachen Mitteln wie z. Bsp. Sandsäcke am westlichen Wegrand möglich.

Die Reduktion des Freibords des Deiches bei Marxheim, auf der linken Flussseite oberstrom der Brücke beträgt nur bei den kurz andauernden Bauphasen II und V 8 – 10 cm, ansonsten maximal 5 cm. Es ist jedoch in allen Bauphasen ein Freibord von 0,65 m vorhanden und das Mindestfreibord nach DIN 19712 von 0,5 (Deichhöhe < 3 m) sichergestellt.

Die Fließgeschwindigkeiten und Schubspannungen ändern sich während der Bauphasen nur lokal. Größere Differenzen zum Istzustand treten nur lokal auf, z. Bsp durch den Wegfall von Pfeilern oder bei temporären Maßnahmen wie Schüttungen. Die absoluten Größen der auftretenden Werte liegen im Bereich der im Flussschlauch vorhandenen Werte.

Der Hochwasserabfluss im Endzustand unterscheidet sich kaum vom Istzustand. Es sind jedoch insgesamt Verbesserungen zum Istzustand vorhanden:

- Durch den Wegfall des Strompfeilers besteht auch hier keine Gefahr mehr durch einen möglichen Pfeilerkolk.
- Die Unterkante der neuen Brücke ist bei HQ100 nicht mehr eingestaut. Die bedeutet eine Reduktion von lokalen Geschwindigkeiten und eine stark verminderte Gefahr von Verklausung.
- Durch den etwas niedrigeren Wasserspiegel oberstrom der Brücke nimmt der Freibord am Deich bei Marxheim leicht zu.

UNTERLAGENVERZEICHNIS

Unterlage 18.3	Wasserspiegel HQ100, Istzustand
Unterlage 18.4	Wasserspiegel HQ100, Bauphase I
Unterlage 18.5	Wasserspiegel HQ100, Bauphase II
Unterlage 18.6	Wasserspiegel HQ100, Bauphase III
Unterlage 18.7	Wasserspiegel HQ100, Bauphase IV
Unterlage 18.8	Wasserspiegel HQ100, Bauphase V
Unterlage 18.9	Wasserspiegel HQ100, Endzustand
Unterlage 18.10	Wasserspiegeldifferenz HQ100, Bauphase I minus Istzustand
Unterlage 18.11	Wasserspiegeldifferenz HQ100, Bauphase II minus Istzustand
Unterlage 18.12	Wasserspiegeldifferenz HQ100, Bauphase III minus Istzustand
Unterlage 18.31	Wasserspiegeldifferenz HQ100, Bauphase IV minus Istzustand
Unterlage 18.14	Wasserspiegeldifferenz HQ100, Bauphase V minus Istzustand
Unterlage 18.15	Wasserspiegeldifferenz HQ100, Endzustand minus Istzustand
Unterlage 18.16	Schubspannungen HQ100, Istzustand
Unterlage 18.17	Schubspannungen HQ100, Endzustand
Unterlage 18.18	Differenz Schubsp. HQ100, Endzustand minus Istzustand
Unterlage 18.19	Fließgeschwindigkeiten HQ100, Istzustand
Unterlage 18.20	Fließgeschwindigkeiten HQ100, Endzustand
Unterlage 18.21	Differenz Fließgeschw. HQ100, Endzustand minus Istzustand