

Straßenbauverwaltung: Straße / Abschnitt / Station:	Freistaat Bayern, Staatliches Bauamt Aschaffenburg MSP 32 / Abschnitt 100 / Stationen 0,000 – 0,152 L 2310 / von NK 6223039 nach NK 6223020 / Stationen 0,000 - 0,098
MSP 32 / L 2310 Brücke über den Main zwischen Kreuzwertheim und Wertheim (Mainbrücke Wertheim) Ersatzneubau	
PROJIS-Nr.:	

FESTSTELLUNGSENTWURF

Unterlage 18.3
 - Hydraulisches Gutachten -

aufgestellt: Staatliches Bauamt Aschaffenburg  Schwab Ltd. Baudirektor Aschaffenburg, den 30.09.2022	

STAATLICHES BAUAMT ASCHAFFENBURG

Ersatzneubau der Mainbrücke Wertheim Hydraulisches Gutachten

Erläuterungsbericht

Projekt Nr.: 4542
Juni 2021



Inhalt

1	EINLEITUNG.....	1
1.1	Ausgangslage und Aufgabenstellung	1
1.2	Beschreibung der Maßnahme	2
1.3	Bearbeitungsgrundlagen	2
2	MODELLARBEITEN.....	3
2.1	Verwendetes Programmsystem.....	3
2.2	Aktualisierung des Wasserspiegellagenmodells	3
2.3	Einarbeitung der relevanten Systemzustände in das Wasserspiegellagenmodell	4
2.4	Ermittlung der Abflusswerte.....	4
3	HYDRAULISCHE BERECHNUNGEN	5
3.1	Durchgeführte Berechnungen	5
3.1.1	Kalibrierung/Sensitivitätsanalyse	5
4	BERECHNUNGSERGEBNISSE	6
4.1	Untersuchungen zur Abflusssituation	6
4.1.1	Überflutungsflächen in Wassertiefendarstellung	6
4.1.2	Fließgeschwindigkeiten	6
4.1.3	Stromlinien	7
4.1.4	Schubspannungen.....	7
4.2	Gegenüberstellung von Ist- und Plan-Zustand.....	8
4.2.1	Wasserspiegellagendifferenzen	8
4.2.2	Geschwindigkeitsdifferenzen bei HQ_{100} und HSQ	12
4.3	Situation im Bau-Zustand	14
4.3.1	Wasserspiegellagendifferenzen	14
4.3.2	Geschwindigkeitsdifferenzen bei HQ_{100} und HSQ	17
4.4	Betrachtungen zum Szenario „Hydrostau“	19
4.5	Retentionsbetrachtung HQ_{100}	19
5	FAZIT	19

Anhang

Anhang 1	Maximale Überflutungsflächen/Wassertiefen
Anhang 2	Maximale Fließgeschwindigkeiten im Bestand
Anhang 3	Stromliniendarstellung
Anhang 4	Maximale Schubspannungen bei MQ und HQ_{100}
Anhang 5	Retentionsraumbilanz

Abkürzungen

IB:	Ingenieurbüro
KM:	Flusskilometer
HQ:	Hochwasserabfluss
MQ:	Mittelwasserabfluss
HSQ:	Höchster schiffbarer Abfluss
HSW:	Höchster schiffbarer Wasserstand
HWGK:	Hochwassergefahrenkarte
mNHN:	Meter über Normalhöhennull

1 EINLEITUNG

1.1 Ausgangslage und Aufgabenstellung

Das Staatliche Bauamt Aschaffenburg beabsichtigt einen Ersatzneubau der Mainbrücke in Wertheim. Die Brücke liegt bei Main-km 157,370, rd. 900 m oberstrom der Einmündung der Tauber in den Main (Abbildung 1).



Abbildung 1: Mainbrücke in Wertheim bei Main-km 157,370

Die Planung des Vorhabens erfolgt durch das IB Grassl GmbH, München. Ergänzend zur Planung soll in Abstimmung mit dem Auftraggeber und dem Planer ein hydraulisches Gutachten erstellt werden, in dem die Auswirkungen des Vorhabens auf die Abflussverhältnisse im Main mittels stationärer 2-D Wasserspiegellagenberechnung untersucht und Hinweise für die Planung erarbeitet werden.

Zu betrachten sind hierbei neben dem Endzustand nach Abschluss der Bauphase 8 auch zwei Zwischenzustände (nach Bauphase 4 bzw. nach Bauphase 5). Hier ist der maßgebende Zustand zu ermitteln, welcher den größten Einfluss auf die Abflussbedingungen im Main darstellt.

1.2 Beschreibung der Maßnahme

Der Umbau der Brücke über den Main gestaltet sich folgendermaßen:

Die vorhandene Brücke mit ihren 2 Pfeilern wird vollständig rückgebaut und die neue Brückenkonstruktion mit 3 Pfeilern neu aufgebaut. Die Widerlager werden an gleicher Stelle erneuert. Aus hydraulischer Sicht besteht der Hauptunterschied zwischen der aktuellen und der geplanten Brücke darin, dass der in Flussmitte bestehende Brückenpfeiler entfällt und durch 2 Pfeiler im Uferbereich ersetzt wird. Außerdem wird der auf dem - in Fließrichtung gesehen – rechten Ufer gelegene Pfeiler rückgebaut und durch einen neuen, etwa 8,5 m nördlich gelegenen, Pfeiler ersetzt. In Abbildung 2 ist die Lage der Brückenkonstruktion für den Bestand und den Plan-Zustand abgebildet. Die Fließrichtung des Mains ist in dieser Darstellung von Oben nach Unten.

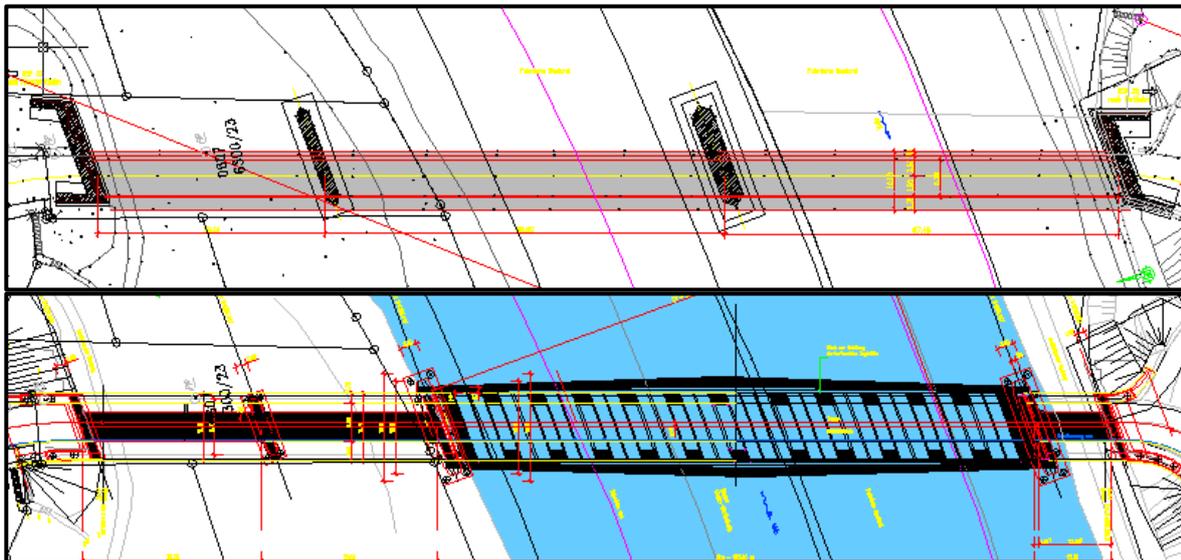


Abbildung 2: Lageplan der Brücke im Bestand (oben) und im Plan-Zustand (unten)

1.3 Bearbeitungsgrundlagen

Als Grundlage für die 2D-Wasserspiegellagenberechnungen dient das zur Erstellung der Hochwassergefahrenkarte Tauber / Main in Baden Württemberg verwendete Modell. Da dieses Modell für eine überörtliche Betrachtung der Hochwasserverhältnisse erstellt wurde, muss es für die hier geforderte Betrachtung auf lokalem Maßstab im Vorhabensbereich verfeinert werden.

Zum Aufbau des verfeinerten Berechnungsnetzes standen folgende Daten zur Verfügung:

- [U1] Hydraulische Berechnungen zur Erstellung von Hochwassergefahrenkarten -Tauber/Main, Regierungspräsidium Stuttgart, BGS Wasserwirtschaft GmbH, Darmstadt, 2014
- [D1] Echolotbefahrung (Mainabschnitt KM 155 bis 159), Mehrzweckpeilung 2016, Wasserstraßen und Schifffahrtsamt Schweinfurt
- [D2] Echolotbefahrung (Mainabschnitt KM 155 bis 159), Verkehrssicherungspeilung 2017, Wasserstraßen und Schifffahrtsamt Schweinfurt
- [D3] Planungsdaten vom Ingenieurbüro Grassl GmbH, München

2 MODELLARBEITEN

2.1 Verwendetes Programmsystem

Für die 2D-Wasserspiegellagenberechnungen wurde das Programmsystem HYDRO_AS-2D verwendet. HYDRO_AS-2D ermöglicht die Simulation nahezu aller zweidimensionalen Strömungs- und Abflussverhältnisse einschließlich hochgradig instationärer Dammbrech- und Flutwellenausbreitungsvorgänge. Die Berechnungen werden vollständig (d.h. Flussschlauch und Vorland) zweidimensional durchgeführt. HYDRO_AS-2D wird in Deutschland vielfach eingesetzt und hat im Bereich der 2D-Modellierung einen gewissen Standard definiert.

2.2 Aktualisierung des Wasserspiegellagenmodells

Zur Aktualisierung des Wasserspiegellagenmodells aus [U1] wurden die Echolotdaten für den Mainabschnitt KM 155 bis 159 [D1 und D2], sowie die vom planenden Ingenieurbüro Grassl GmbH bereitgestellten Bestandspläne [D3] verwendet.

Der Flussschlauch des Mains in dem vorhandenen überregionalen Wasserspiegellagenmodell [U1] wurde aus Querprofilen älteren Datums aufgebaut. Da das Modell nun zur Untersuchung der Auswirkungen eines Brückenumbaus verwendet werden soll, wurde es verfeinert. Zu diesem Zweck wurden Echolotdaten des Mains herangezogen, welche für das gesamte Flussbett (Mehrzweckpeilung 2016) sowie für die Fahrrinne (Verkehrssicherungspeilung 2017) zur Verfügung standen.

Da die Echolotdaten für die Fahrrinne aktuelleren Datums als die Daten für den Gesamt-Main sind, jedoch eine kleinere Fläche abdecken, wurden die Gesamt-Main-Daten im Bereich der Überlappung vor der Weiterverwendung durch die aktuelleren Fahrrippendaten ersetzt.

Im Anschluss wurden die Echolot-Daten mit der hauseigenen Software „Poly-Mesh“ ausgedünnt und das dabei erzeugte Berechnungsnetz in das Alt-Modell eingefügt.

Abbildung 3 zeigt den Vergleich zwischen dem auf diesem Wege erstellten Berechnungsnetz (links) und dem ursprünglichen Berechnungsnetz (rechts).

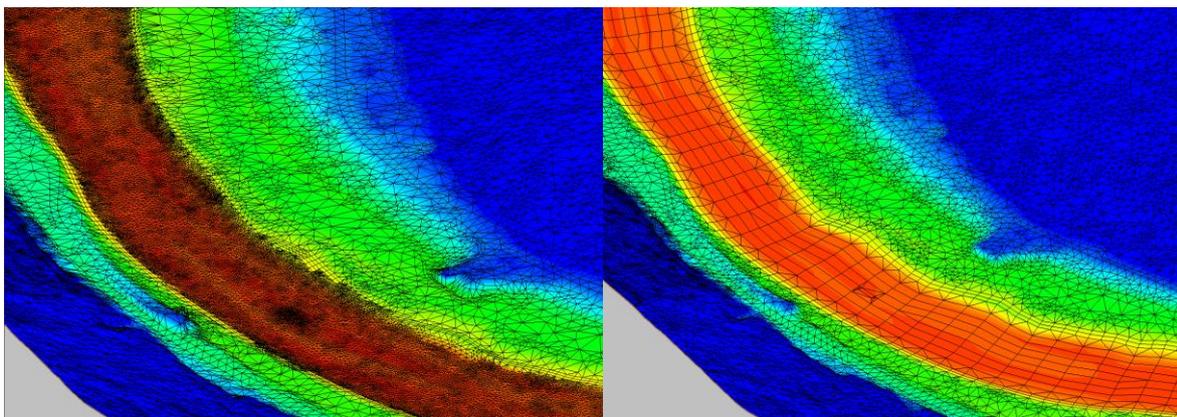


Abbildung 3: Vergleich der Netzstruktur – Verfeinertes Berechnungsnetz (links) und Alt-Berechnungsnetz (rechts).

Außerdem wurden die Bestandsdaten des Brückenbauwerks und der direkten Umgebung der Brücke in das Berechnungsnetz eingearbeitet.

2.3 Einarbeitung der relevanten Systemzustände in das Wasserspiegellagenmodell

Die zu betrachtenden Systemzustände (Bestand, maßgebender Bauzustand und Planzustand) wurden auf dem aktualisierten Wasserspiegellagenmodell (Kapitel 2.2) aufgebaut.

Dazu wurde die maßgeblichen Elemente des Bestands, des Bauzustands und des Planzustands mithilfe der vom IB Grassl GmbH bereitgestellten Pläne [D3] in das Berechnungsnetz eingearbeitet und jeweils in separaten Dateien abgelegt.

Als hydraulisch maßgebender Bauzustand wurde ein Zustand zwischen Bauphase 4 und 5 gewählt, in welchem die neu zu errichtenden Brückenpfeiler und Widerlager bereits bestehen und auch die temporären Baugrubenumfassungen (Spundwandkästen) noch vorhanden sind. Außerdem ist der oberstrom am linken Mainufer gelegene Montageplatz modelliert. Allerdings ist dieser Montageplatz im Berechnungsmodell gemäß den Vorgaben des Auftraggebers nicht aufgeschüttet, sondern befindet sich auf dem ursprünglichen Geländeniveau. In diesem Bauzustand besteht durch die Verringerung des Fließquerschnitts aufgrund der Spundwandkästen die geringste hydraulische Leistungsfähigkeit des Brückenquerschnitts.

Grundsätzlich wurde bei der Modellierung wie folgt vorgegangen:

Die Widerlager sowie wesentliche Geländepunkte in der direkten Umgebung der Brücke wurden mit ihrer Lage und Höhe modelliert.

Die Brückenpfeiler wurden in ihrem Grundriss modelliert und die betreffenden Netz-Elemente mittels der „Disable-Funktion“ - die es ermöglicht einzelne Elemente des Berechnungsnetzes „undurchfließbar“ zu setzen - abgebildet, und somit dem hydraulisch wirksamen Querschnitt des Brückenprofils entzogen. Eine Überströmung ist bei diesen Elementen grundsätzlich nicht möglich.

Die Spundwandkästen wurden hingegen mit ihrer tatsächlichen Höhenlage nachgebildet, da sie bei Wasserspiegellagen von über 139,25 mNHN überströmt werden können, was zu einer Füllung der eigentlich trockengehaltenen Bereiche führt.

2.4 Ermittlung der Abflusswerte

Für die Untersuchung der Auswirkungen des Brückenumbaus auf die Abflusssituation im Main werden die Lastfälle HQ_{100} , HQ_5 , MQ und HSQ betrachtet.

Die Abflüsse für HQ_{100} wurden aus der HWGK-Tauber/Main [U1] übernommen. Die Abflüsse zu den drei verbleibenden Abflussszenarien (MQ, HQ_5 und HSQ) wurden aus dem FLYSS-Modell der Bundesanstalt für Gewässerkunde übernommen und mit den Angaben der nächstgelegenen Mainpegel abgeglichen.

Die sich aus den jeweiligen Abflusswerten des Mains oberstrom und unterstrom der Taubermündung ergebende Differenz wurde vollständig über die Tauber in das Berechnungsmodell zugegeben.

HSQ stellt hier jedoch eine Ausnahme dar. Der Abflusswert für den „höchsten schiffbaren Wasserstand“ ist auf die einzelnen Stauhaltungen bezogen und kann nicht als zusammenhängender Längsschnitt gesehen werden. Die Differenz aus Unterstrom- und Oberstrom-Abfluss (hier: $230 \text{ m}^3/\text{s}$) wie bei MQ und HQ_5 über die Tauber zuzugeben, wäre unrealistisch und würde die Wasserspiegellagen im Main verfälschen.

Deshalb wurde bei der Wasserspiegellagenberechnung zunächst ausschließlich der Main-Abfluss von Oberstrom angesetzt. Auf eine Zugabe der Abflussdifferenz über die Tauber wurde verzichtet. Nach den Berechnungen der Wasserspiegellagen stellte sich jedoch heraus, dass die Werte an der betrachteten Brücke deutlich niedriger waren als der den Planungsunterlagen entnommene Wert von 136,16 mNHN. Deshalb wurden in einem zweiten Berechnungslauf 70 m³/s über die Tauber zugegeben, um die Wasserspiegellagen im Brückenbereich anzuheben. Die Zugabe über die Tauber hatte den Effekt, dass die Wasserspiegellagen an der Brücke mit rund 136,17 mNHN den HSW ausreichend genau wiedergeben. Diese Abflusskombination wurde im Folgenden für alle weiteren Berechnungen zu HSQ verwendet.

Daraus ergeben sich die in Tabelle 1 dargestellten Abflüsse für das Wasserspiegellagenmodell:

Tabelle 1: Ermittelte Abflusswerte für das Wasserspiegellagenmodell

Lage	Modell	Abfluss [m ³ /s]			
		HQ ₁₀₀	HQ ₅	HSQ	MQ
Main oberstrom	Zulauf Main	2250	1050	599	143
Differenz	Zulauf Tauber	110	90	70/230	11
Main Unterstrom	Auslauf	2360	1140	669/829	154

In **ROT** dargestellte Werte nicht dem Modell zugegeben/nicht berücksichtigt

3 HYDRAULISCHE BERECHNUNGEN

3.1 Durchgeführte Berechnungen

Für die betrachteten Systemzustände (Bestand, Bauzustand und Planzustand) wurden jeweils Wasserspiegellagenberechnungen für die Lastfälle HQ₁₀₀, HQ₅, MQ und HSQ durchgeführt.

3.1.1 Kalibrierung/Sensitivitätsanalyse

Zunächst erfolgte ein Vergleich der Berechnungsergebnisse für den Bestand mit denen des Alt-Modells aus [U1]. Dabei stellte sich heraus, dass sich in dem verfeinerten Neumodell bei HQ₁₀₀ generell etwas niedrigere Wasserspiegellagen einstellten als im Altmodell. Dies kann auf die deutlich feinere Netzstruktur und die dadurch wesentlich detailreichere Abbildung der Flusssohle zurückgeführt werden. Um diesen - wenn auch vergleichsweise geringen - Einfluss auf die Wasserspiegellagen aufzufangen, wurde ein weiterer Rechenlauf mit um 2,5 Strickereinheiten gesteigerter Rauheit im Flussbett des Mains angefertigt (Rauheit Main: von 35 m^{1/3}/s auf 32,5 m^{1/3}/s). Dies führte tendenziell zu etwas höheren Wasserspiegellagen als den ursprünglich mit dem Alt-Modell berechneten. Das zeigt, dass das Modell erwartungsgemäß auf die Anpassung der Rauheit reagiert. Um bei den folgenden Berechnungen die Wasserspiegellagen nicht zu unterschätzen, wurde mit dem etwas raueren Ansatz fortgefahren.

Die daraufhin durchgeführten Wasserspiegellagenberechnungen zum Bestand ergaben an der betrachtenden Brücke sehr gute Übereinstimmungen mit den vorliegenden Wasserspiegellagen aus [U1] und den Planungsunterlagen [D3] (Tabelle 2).

Tabelle 2: Berechnete Wasserspiegellagen in mNHN im Vergleich

	MQ	HSQ	HQ ₅	HQ ₁₀₀
HWGK/Pläne	133.97	136.16	-	140.5
Aktuelle Berechnung	133.97	136.17	137.64	140.5

4 BERECHNUNGSERGEBNISSE

Nach Durchführung der Berechnungen wurden die Ergebnisse analysiert und aufbereitet, um den Einfluss des Brückenumbaus auf die Abflusssituation im Main zu verdeutlichen.

4.1 Untersuchungen zur Abflusssituation

Zur Untersuchung der Abflusssituation wurden die Berechnungsergebnisse hinsichtlich der Überflutungsflächen/Wassertiefen, der Fließgeschwindigkeiten, der Schubspannungen und der Stromlinien („Flow Traces“) untersucht und dargestellt.

4.1.1 Überflutungsflächen in Wassertiefendarstellung

Zur ersten, grundsätzlichen Betrachtung der Auswirkungen der Umbaumaßnahmen eignen sich die Überflutungsflächen. Die Überflutungsflächen sind in Anhang 1 ab einer Wassertiefe von 1 cm dargestellt. Vergleicht man nun die Ausdehnung der Überflutungsflächen, zeigt sich sofort, dass die Auswirkungen der Baumaßnahmen gering sind. Größere Unterschiede zwischen den Flächen für die verschiedenen System-Zustände (Ist-, Plan- und Bau-Zustand) sind bei allen betrachteten Abflüssen nur in unmittelbarer Nähe der veränderten Strukturen zu erkennen. Auf die Wassertiefen und Überflutungsflächen im Oberstrom und Unterstrom der Brücke sind die Auswirkungen sehr gering, sodass Sie in dieser Darstellung nicht erkennbar sind. Weitere Aufschlüsse zu den Änderungen bezüglich der Wassertiefen können die Darstellungen der in den Kapiteln 4.2.1 und 4.3.1 behandelten Wasserspiegellagendifferenzen geben.

4.1.2 Fließgeschwindigkeiten

Die Fließgeschwindigkeiten für den Bestand sind in den Abbildungen in Anhang 2 dargestellt. Bei MQ ergibt sich das Bild, dass die Fließgeschwindigkeiten über den gesamten Brückenquerschnitt unter 0,5 m/s liegen. Lediglich im linken Anströmbereich des Pfeilers in Flussmitte treten Werte bis etwa 0,6 m/s auf.

Bei HSQ liegen die Geschwindigkeiten in Flussmitte bei etwa 1,1 m/s. Zu dem Mittelpfeiler hin liegen sie mit rund 1,2 m/s etwas höher. Oberstrom und Unterstrom des Pfeilers sind die Fließgeschwindigkeiten erwartungsgemäß geringer.

Bei HQ₅ sind die Geschwindigkeiten durch den entstehenden leichten Aufstau im Oberstrom der Brücke mit knapp 1,5 m/s etwas geringer als im Unterstrom (rund 1,6 m/s). Im Brückenquerschnitt seitlich des Hauptpfeilers treten ebenfalls Geschwindigkeiten von rund 1,6 m/s auf. Auf den Vorländern sind im Brückenquerschnitt etwas höhere Geschwindigkeiten zu beobachten als in den umgebenden Bereichen. Dies ist durch die weitere Ausdehnung der jeweiligen Geschwindigkeitsklasse ins Vorland gekennzeichnet.

Bei HQ_{100} herrschen in der Fahrrinne des Mains Fließgeschwindigkeiten von etwa 2,2 m/s vor. Nördlich des Pfeilers in Flussmitte ergeben sich mit knapp 2,3 m/s wiederum etwas höhere Werte. Südlich des Pfeilers treten ebenfalls erhöhte Werte von bis zu 2,5 m/s auf, wobei die Geschwindigkeiten in der näheren Umgebung unter 2 m/s betragen. Die Verringerung der Fließgeschwindigkeiten im Anströmbereich und im Strömungsschatten des Pfeilers ist ebenfalls deutlich zu erkennen. Auf den Vorländern im Brückenquerschnitt treten fast durchgängig Geschwindigkeiten von über 1 m/s auf.

Auf die Darstellung der absoluten Fließgeschwindigkeiten für den Plan-Zustand und den Bau-Zustand wird an dieser Stelle verzichtet, da die in den Kapiteln 4.2.2 und 4.3.2 besprochenen Abbildungen der Geschwindigkeitsdifferenzen besser geeignet sind, die durch die Baumaßnahmen hervorgerufenen Änderungen zu verdeutlichen.

4.1.3 Stromlinien

Die Stromlinien sind für die drei System-Zustände bei MQ und HQ_{100} dargestellt (Anhang 3). Sie bieten die Möglichkeit, die Strömungsrichtungen zu beurteilen. Die veränderte Situation an der Brücke ist vor allem im Bereich der Pfeiler zu erkennen. Während im Bestand der Pfeiler in Gewässermitte umströmt werden muss, ist im Plan-Zustand deutlich zu erkennen, dass die Stromlinien in diesem Bereich ungehindert parallel verlaufen. Die leichten Störungen im Bereich der neuen Pfeiler des Plan-Zustands im Böschung- und Vorlandbereich sind bei den Abbildungen zu HQ_{100} zu erkennen. In den Abbildungen zum Bau-Zustand werden diese Effekte noch deutlicher. Zumal hier der einschnürende Einfluss der Spundwandkästen und Aufschüttungen an den neu zu errichtenden Pfeilern im Böschungsbereich bei MQ gut zu erkennen ist.

4.1.4 Schubspannungen

Die Schubspannungen werden exemplarisch für MQ und HQ_{100} für die 3 betrachteten System-Zustände dargestellt (Anhang 4). Damit ist das gesamte Spektrum von den geringsten bis zu den höchsten auftretenden Schubspannungen abgedeckt.

Bei MQ sind im Bereich des Brückenquerschnitts in allen System-Zuständen maximale Schubspannungen von etwas über 10 N/m² zu beobachten. Wobei im Bestand die Flächen mit mehr als 10 N/m² etwas ausgeprägter sind als im Plan-Zustand oder im Bau-Zustand.

Bei HQ_{100} im Bestand treten im Flussschlauch mit knapp 30 N/m² und auf den Vorländern mit rund 25 N/m² vornehmlich Schubspannungen zwischen 20 und 50 N/m² auf. Die Bereiche mit Schubspannungen über 50 N/m² beschränken sich auf den südlichen Vorlandbereich.

Im Plan-Zustand ergibt sich ein ähnliches Bild wie im Bestand. Die maximalen Schubspannungen sind dabei tendenziell etwas geringer. Größere Unterschiede ergeben sich lediglich lokal aufgrund der veränderten Positionierung der Pfeiler.

Im Bau-Zustand treten im Flussschlauch mit 30 bis 40 N/m² etwas höhere Schubspannungen als in den beiden anderen System-Zuständen auf. Das gleiche gilt für die Bereiche zwischen den Spundwandkästen. Maximal 70 N/m² werden im Süden zwischen dem Widerlager und dem Böschungspfeiler und im Norden zwischen Böschungspfeiler und Vorlandpfeiler erreicht. Zwischen Vorlandpfeiler und nördlichem Widerlager beträgt die maximale Schubspannung rund 30 N/m².

Schubspannungen von über 100 N/m² treten nur lokal begrenzt im Bau-Zustand direkt an den Spundwandkästen der Böschungspfeiler auf.

4.2 Gegenüberstellung von Ist- und Plan-Zustand

4.2.1 Wasserspiegellagedifferenzen

Zur besseren Verdeutlichung der Auswirkungen des Umbaus der Brücke auf die Wasserspiegellagen im Main wurden Wasserspiegeldifferenzen berechnet und dargestellt. Hierzu wurden die im Bestand auftretenden Wasserspiegellagen von den für den Plan-Zustand berechneten Wasserspiegellagen abgezogen. Die daraus resultierenden Differenzen sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. Bereiche mit Wasserspiegelabsenkungen werden in Grüntönen dargestellt und Rottöne repräsentieren Wasserspiegelanstiege. Werte bis ± 1 cm finden keine Darstellung.

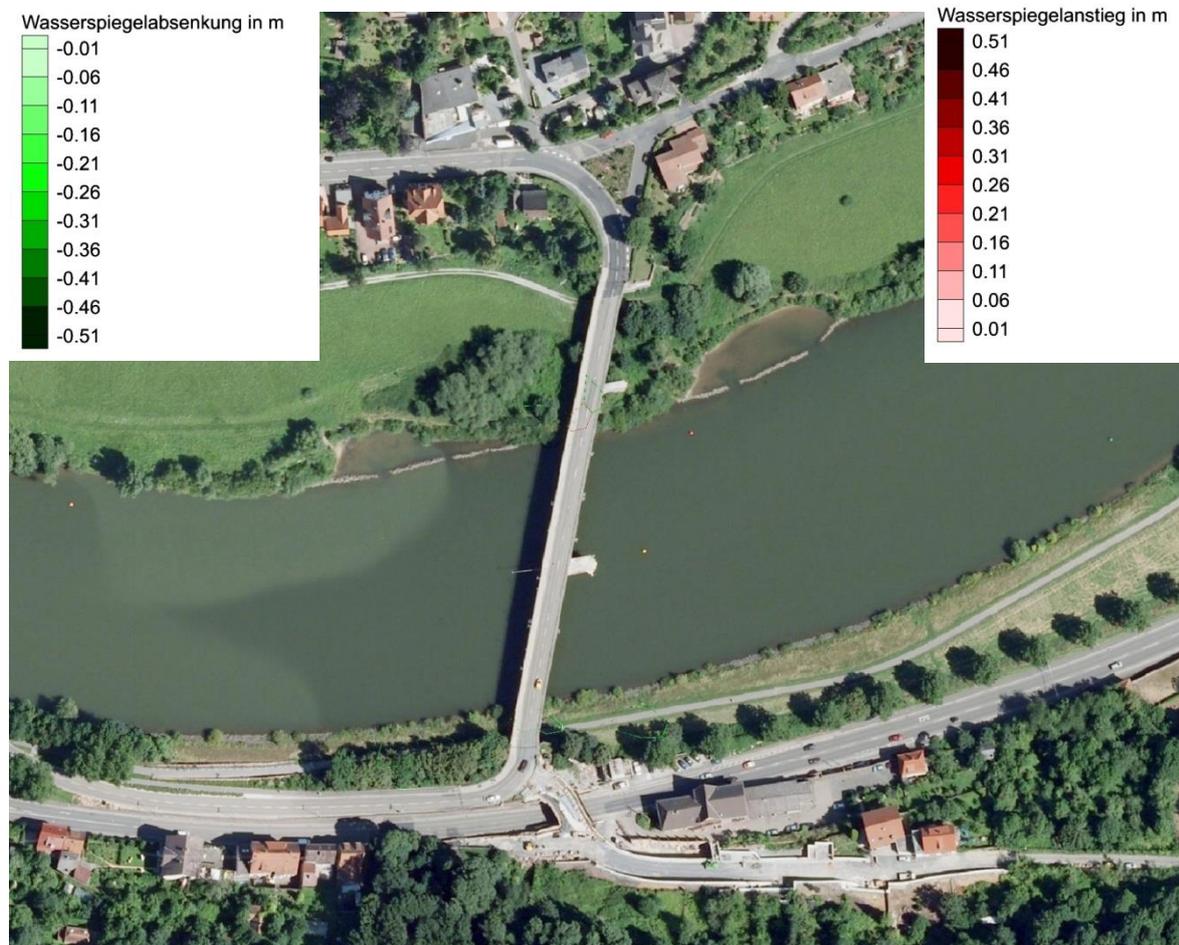


Abbildung 4: WSP-Differenzen zwischen Plan-Zustand und Bestand (MQ) - Darstellung ab ± 1 cm.

Die Differenzen fallen bei allen berechneten Abflüssen gering aus. Insbesondere bei dem mittleren Abfluss MQ, aber auch bei HSQ sind kaum Differenzen von über 1cm auszumachen. Lediglich in unmittelbarer Nähe des im Planzustand nicht mehr vorhandenen Brückenpfeilers

in Flussmitte und des am rechten Flussufer neu erstellten Pfeilers wurden Veränderungen des Wasserspiegels von unter 5 cm berechnet.

Im Bereich des in Flussmitte gelegenen Pfeilers bewirkt der Rückbau eine Absenkung des Wasserspiegels im Oberstrom wegen des fehlenden Aufstaus und einen Wasserspiegelanstieg neben dem Pfeiler aufgrund des Wegfalls der Beschleunigung.

Bei dem neu zu errichtenden Pfeiler am rechten Ufer ist dies umgekehrt. Der durch den neuen Pfeiler hervorgerufene Aufstau bewirkt einen Wasserspiegelanstieg im direkten Oberwasser und eine Wasserspiegelabsenkung neben dem Pfeiler.

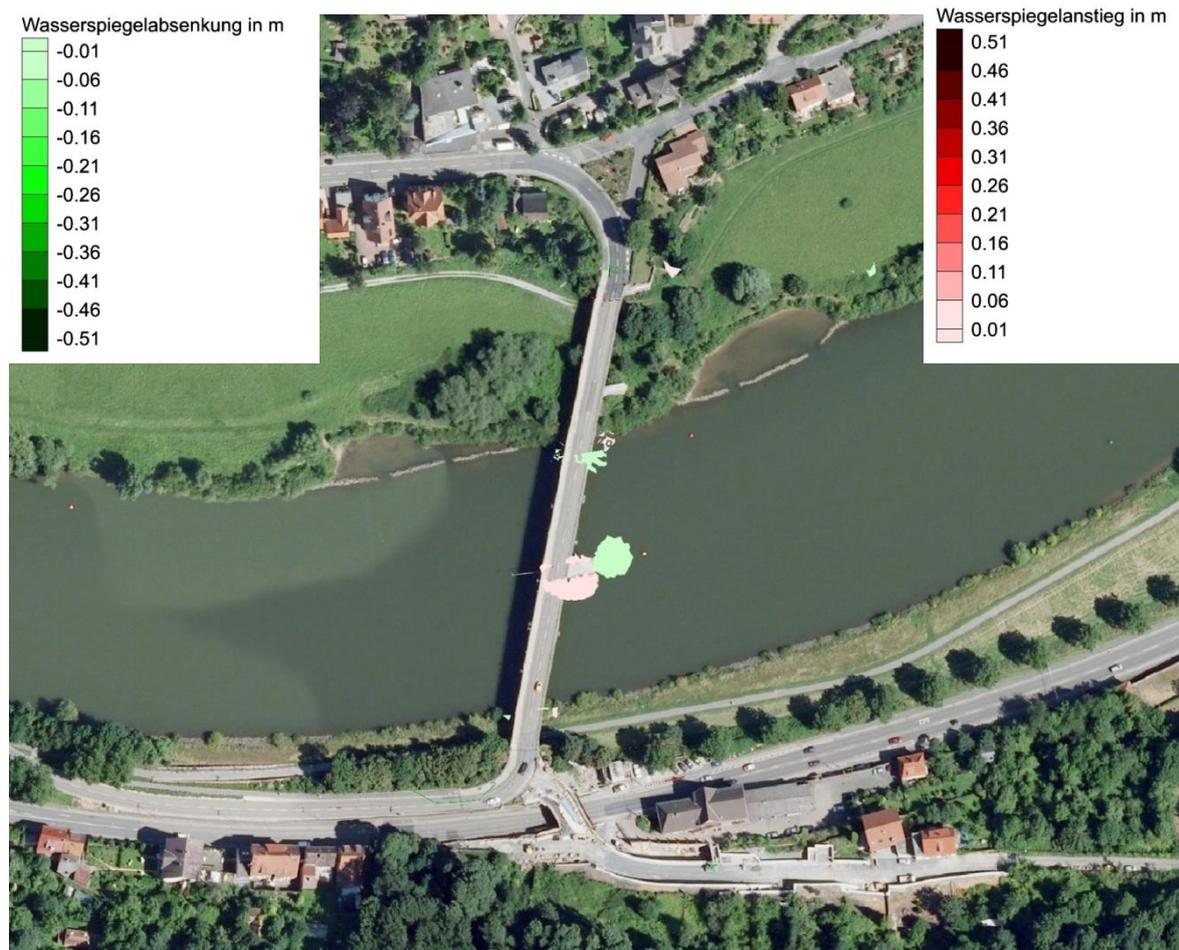


Abbildung 5: WSP-Differenzen zwischen Plan-Zustand und Bestand (HSQ) - Darstellung ab ± 1 cm.

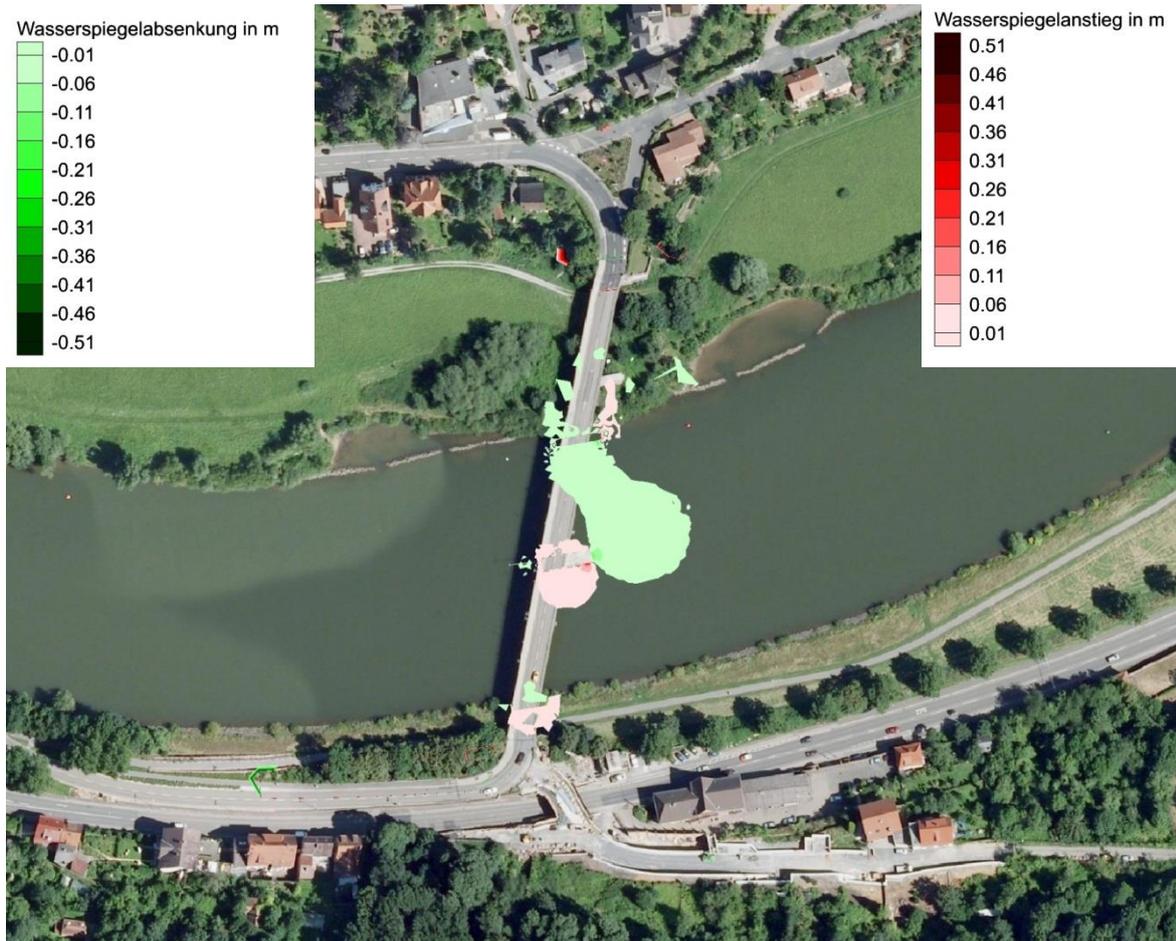


Abbildung 6: WSP-Differenzen zwischen Plan-Zustand und Bestand (HQ₅) - Darstellung ab ±1cm.

Mit zunehmendem Abfluss verstärkt sich dieser Effekt, sodass sich bei den Hochwasserabflüssen HQ₅ und HQ₁₀₀ deutlich größere Einflussbereiche der Veränderungen ausbilden. Die Bereiche des Wasserspiegelanstiegs beschränken sich hierbei auf das lokale Umfeld der neu zu errichtenden und des rückgebauten Pfeilers wohingegen die Wasserspiegelabsenkungen größere Bereiche umfassen. Die Wasserspiegelabsenkung geht bei HQ₁₀₀ bis etwa 800m oberstrom der Brücke und etwa 150 m unterstrom auf weniger als 1 cm zurück (vergleiche Abbildung 8).

Festzuhalten ist jedoch, dass die Änderungen fast ausschließlich im Bereich ±5 cm angesiedelt sind und größere Unterschiede nur unmittelbar an den veränderten Strukturen auftreten.

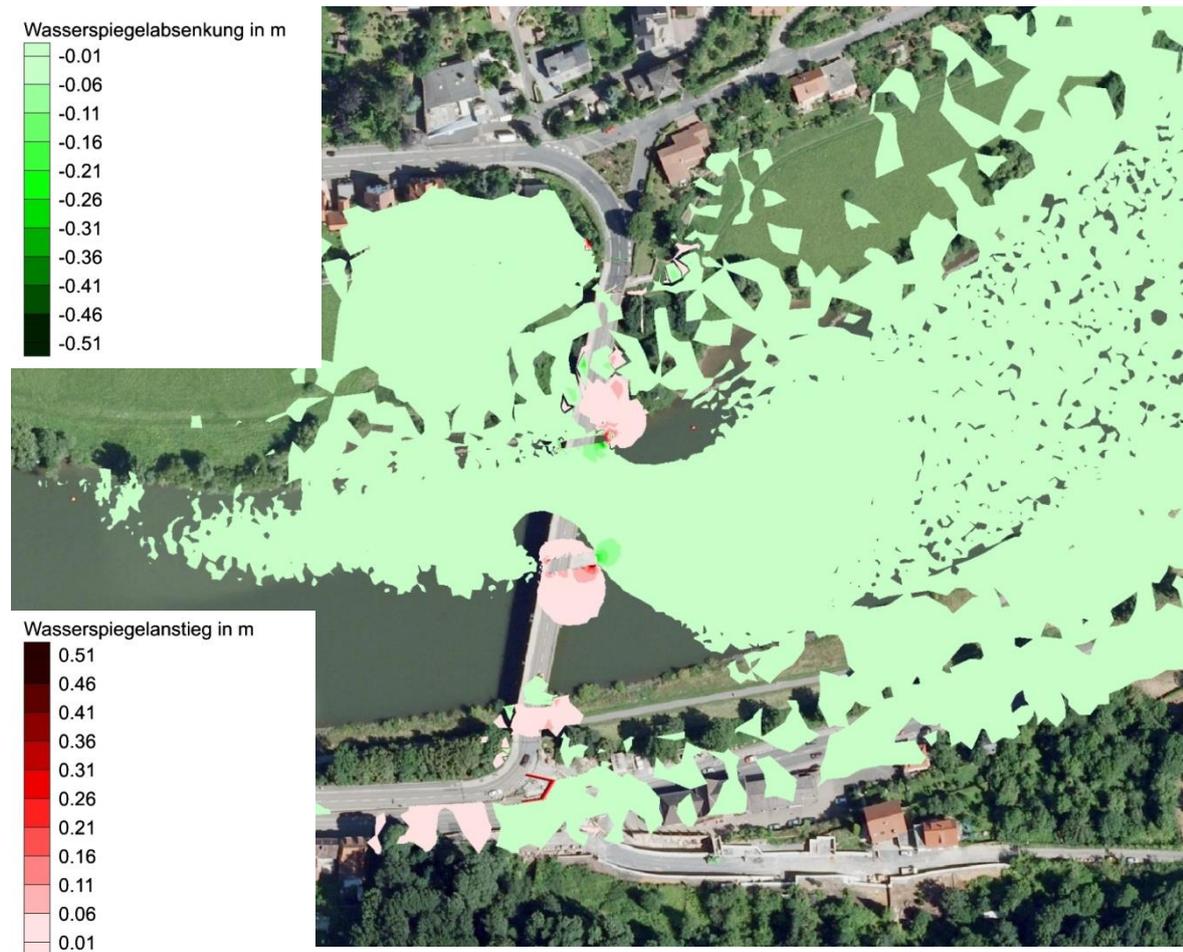


Abbildung 7: WSP-Differenzen zwischen Plan-Zustand und Bestand (HQ₁₀₀) - Darstellung ab ±1cm.

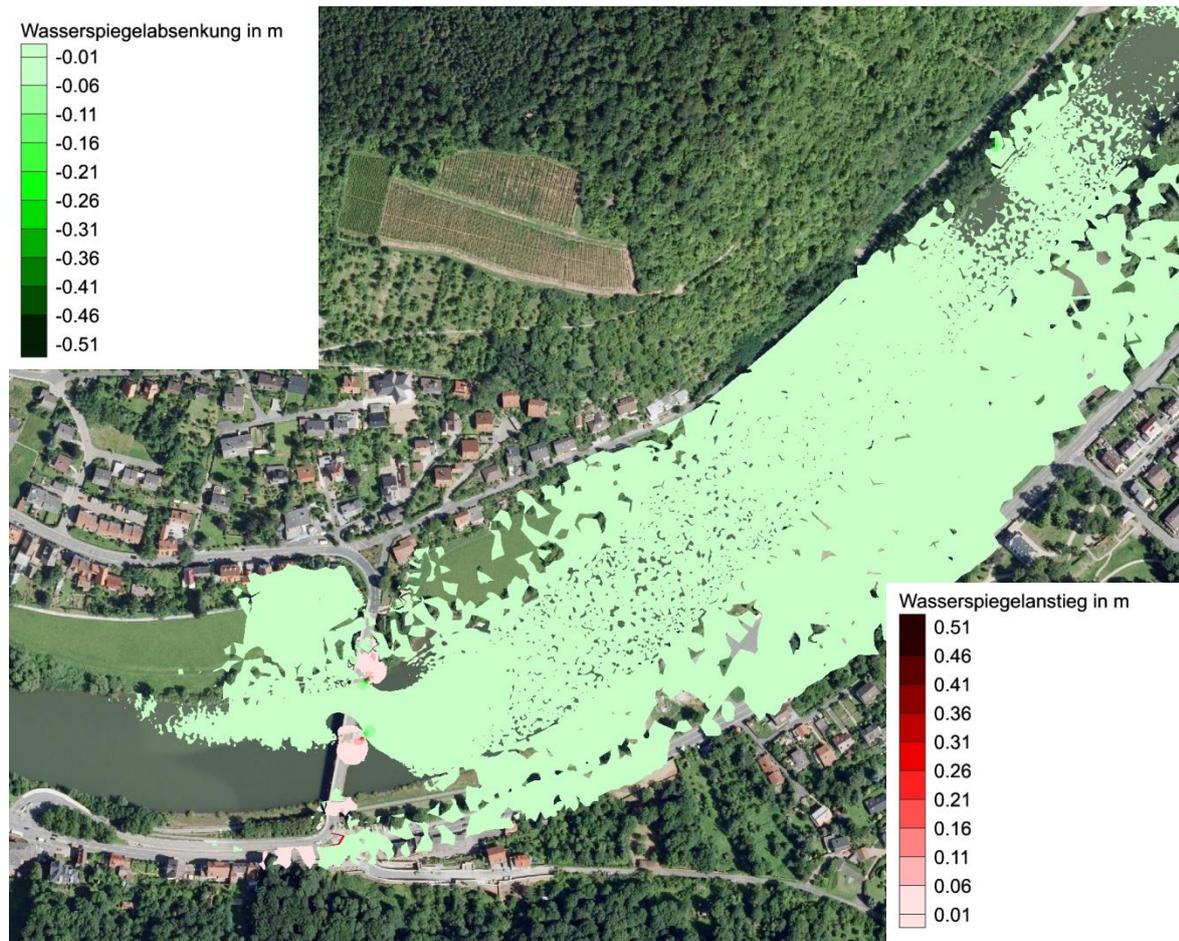


Abbildung 8: Übersicht - WSP-Differenzen zwischen Plan-Zustand und Bestand (HQ_{100}) - Darstellung ab ± 1 cm.

4.2.2 Geschwindigkeitsdifferenzen bei HQ_{100} und HSQ

Die Veränderung des Fließquerschnitts hat auch Auswirkungen auf die auftretenden Fließgeschwindigkeiten. Hier werden exemplarisch die Differenzen der Fließgeschwindigkeiten bei HQ_{100} und HSQ betrachtet. Die Auswahl erfolgte, weil die höchsten Differenzen bei HQ_{100} auftreten und die Geschwindigkeiten bei HSQ eine besondere Relevanz für den Schiffsverkehr haben.

Die Darstellung erfolgt analog zu den Wasserspiegellagedifferenzen. Die Darstellungsgrenze ist hier bei $\pm 0,1$ m/s.

Die in Abbildung 9 und Abbildung 10 dargestellten Geschwindigkeitsdifferenzen zeigen, dass die Fließgeschwindigkeiten vor allem im Anströmbereich sowie im Strömungsschatten der neu zu errichtenden Pfeiler abnehmen. Zunahmen der Geschwindigkeiten sind in den entsprechenden Bereichen der rückgebauten Pfeiler zu verzeichnen. Die größten Auswirkungen haben hier einerseits der Rückbau des Pfeilers in Flussmitte und andererseits der Neubau des Pfeilers im Böschungsbereich des rechten Ufers. Außerdem kommt es auf der bei HQ_{100} überströmten Würzburger Straße/Eichelgasse zu einer Geschwindigkeitszunahme.

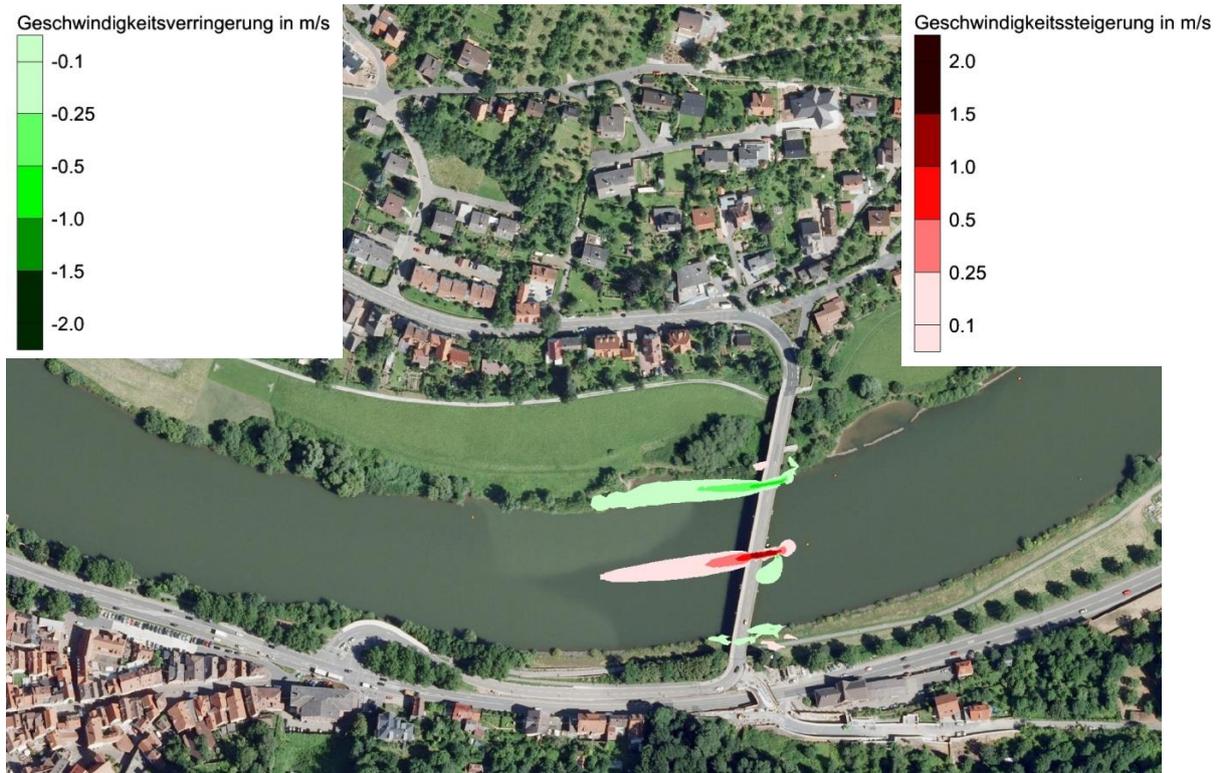


Abbildung 9: Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen dem Bestand und dem Plan-Zustand bei HSQ - Darstellung ab $\pm 0,1$ m/s.

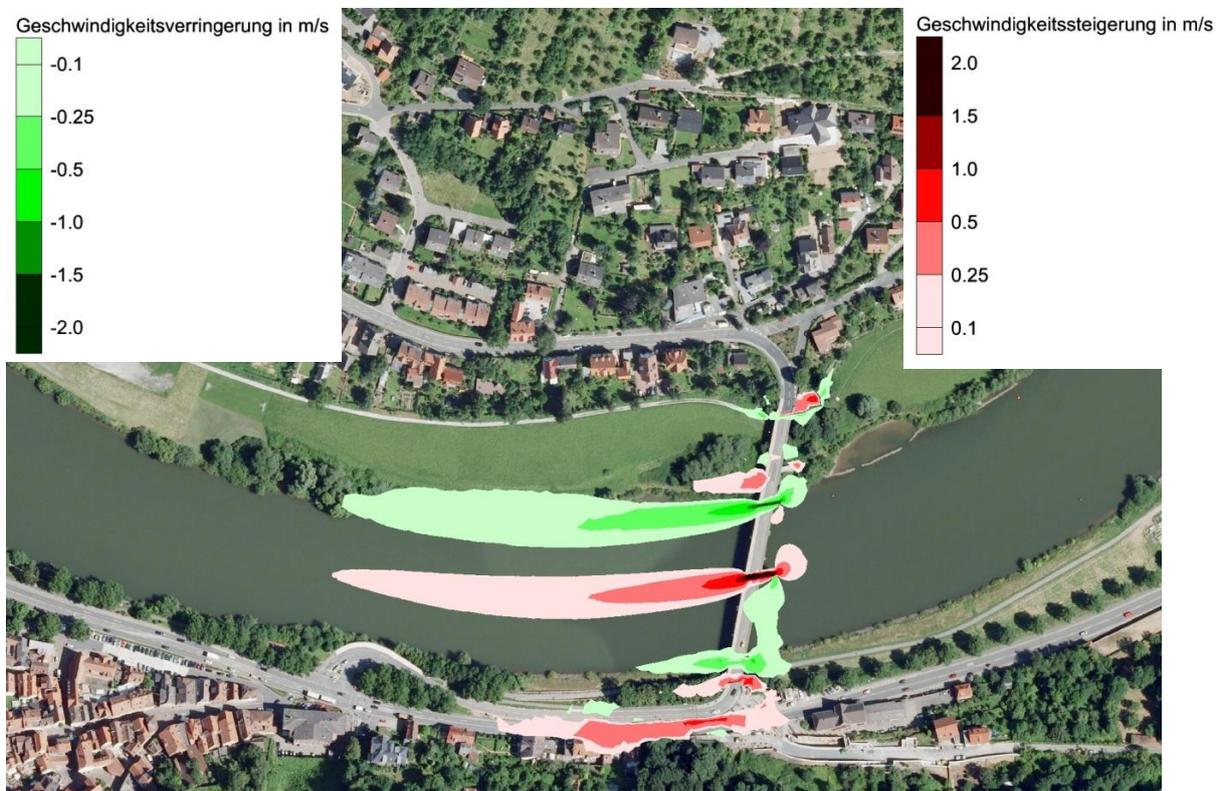


Abbildung 10: Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen dem Bestand und dem Plan-Zustand bei HQ₁₀₀ - Darstellung ab $\pm 0,1$ m/s.

4.3 Situation im Bau-Zustand

4.3.1 Wasserspiegellagedifferenzen

Bei der Betrachtung der Abbildungen zum Bau-Zustand fällt auf, dass die Wasserspiegellagenänderungen zum Bestand bei den Abflüssen MQ, HSQ und auch HQ₅ ähnlich denen des Plan-Zustands sind. Bei HQ₅ ist jedoch bereits eine stärkere Ausprägung der Wasserspiegellagenänderungen zu beobachten, was aufgrund des größeren Eingriffs in den Fließquerschnitt zu erwarten ist. So bildet sich insbesondere der Wasserspiegelanstieg im Oberwasser der zwei neu zu erstellenden Pfeiler im rechten Vorlandbereich deutlicher aus, während im Unterwasser der Brücke eine großflächige Wasserspiegelabsenkung stattfindet.

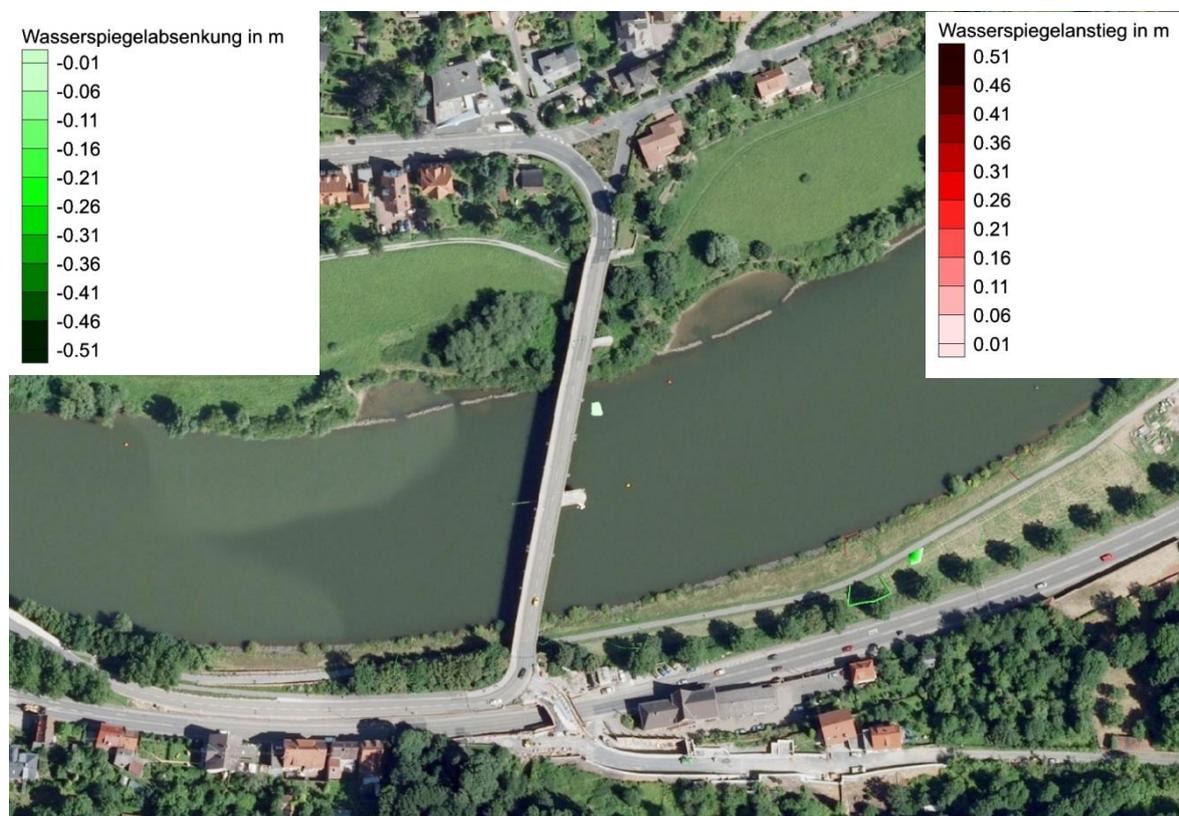


Abbildung 11: WSP-Differenzen zwischen Bau-Zustand und Bestand (MQ) - Darstellung ab $\pm 1\text{cm}$.

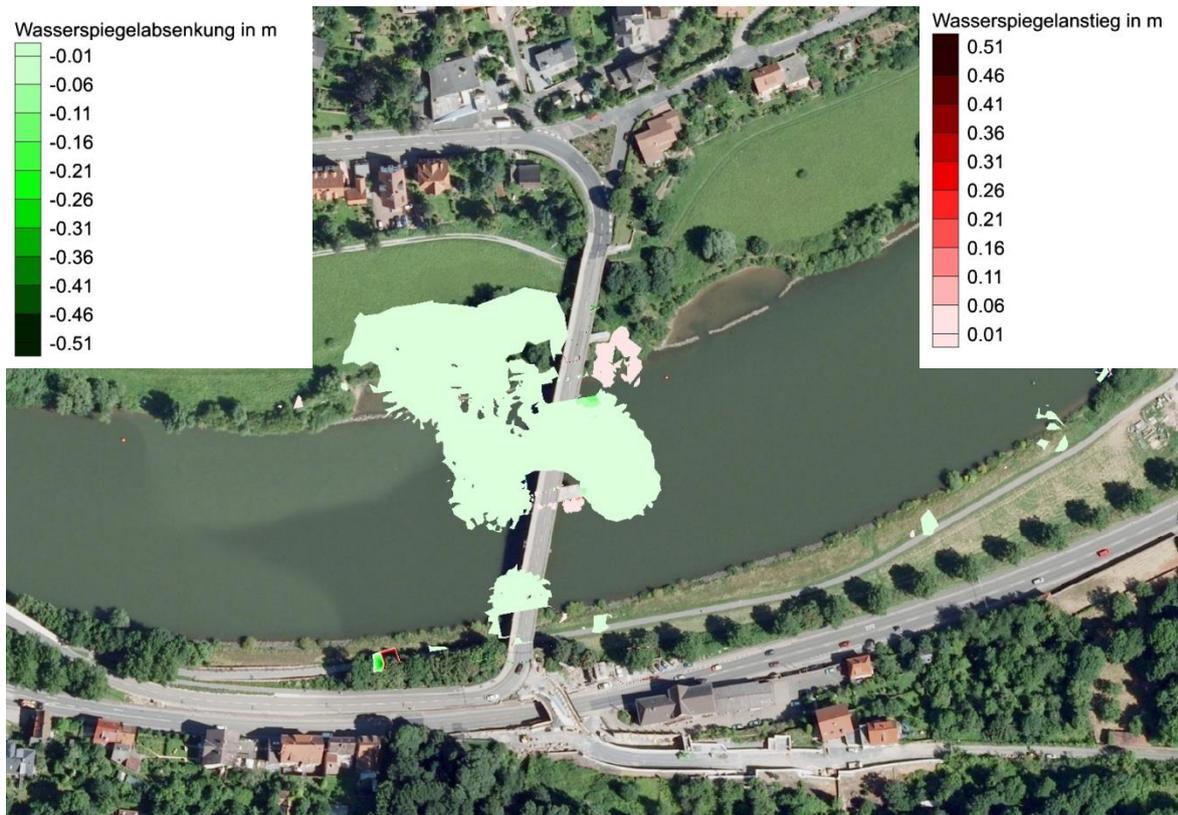


Abbildung 12: WSP-Differenzen zwischen Bau-Zustand und Bestand (HSQ) - Darstellung ab ± 1 cm.

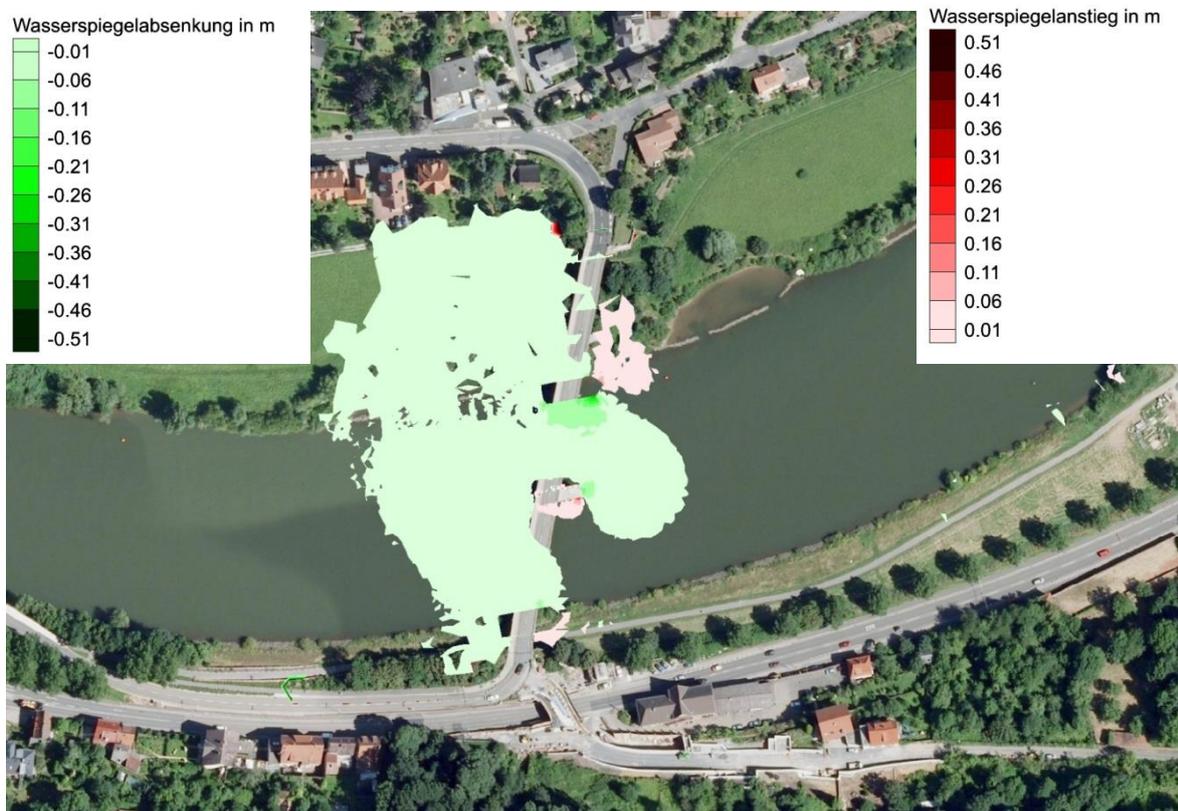


Abbildung 13: WSP-Differenzen zwischen Bau-Zustand und Bestand (HQ₅) - Darstellung ab ± 1 cm.

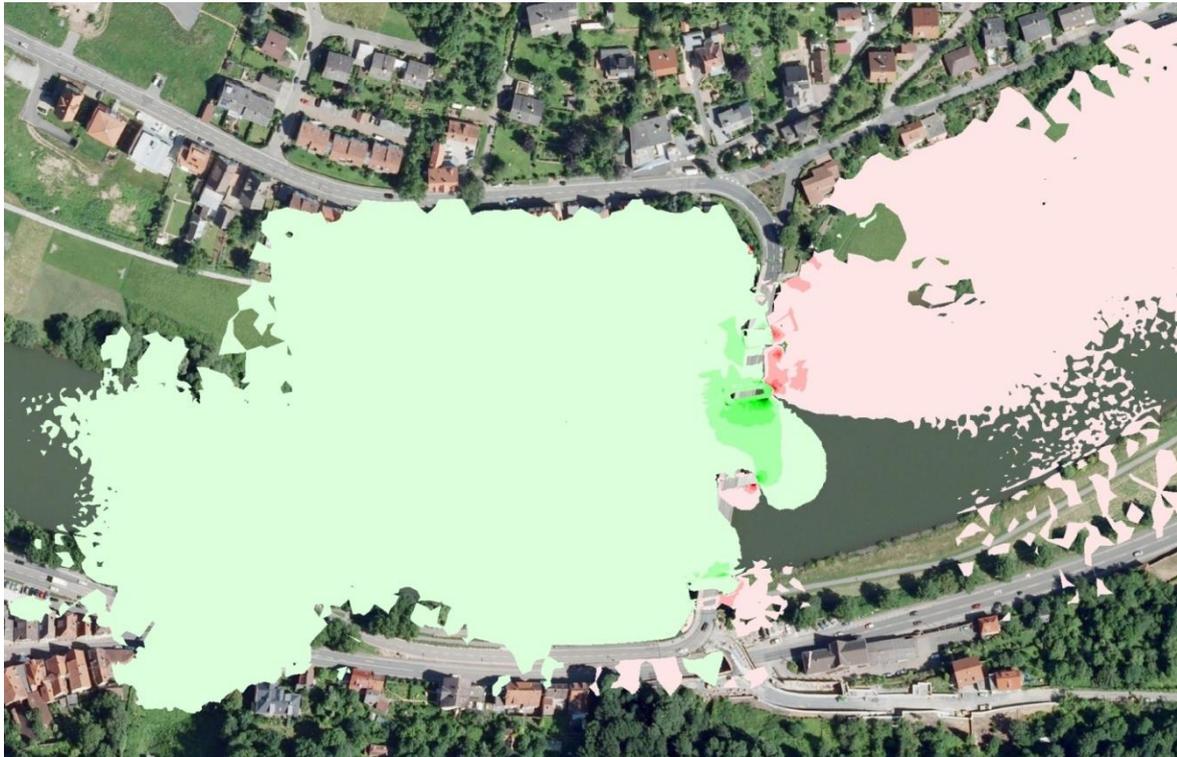


Abbildung 14: WSP-Differenzen zwischen Bau-Zustand und Bestand (HQ₁₀₀) - Darstellung ab ±1cm.

Bei HQ₁₀₀ verstärkt sich dieser durch die Querschnittseinengung verursachte Effekt nochmals. Im betrachteten Bau-Zustand führt das dazu, dass im Oberstrom, insbesondere auf dem rechten Vorland, leichte Wasserspiegelanstiege großflächiger auftreten.

Im Plan-Zustand sorgt der Wegfall des Pfeilers in Gewässermittle oberhalb der Brücke für eine generelle leichte Absenkung des Wasserspiegels (siehe Abbildung 7). Im Bau-Zustand reicht die Absenkung in Flussmitte nicht aus, den durch die Spundwandkästen hervorgerufenen Aufstau auf dem Vorland vollständig auszugleichen.

Doch auch hier sind die Bereiche mit Differenzen von über 5 cm auf die direkte Umgebung der Pfeiler beschränkt. Die maximalen Absenkungen von rund 30 cm treten südlich des am rechten Ufer geplanten Pfeilers auf. Die größten Anstiege von bis zu 20 cm entstehen unmittelbar vor den geplanten Pfeilern. Die Wasserspiegellagendifferenzen verringern sich mit zunehmendem Abstand zur Brücke und liegen ab 600 m oberstrom bzw. 350 m unterstrom wieder unter 1cm (Abbildung 15).

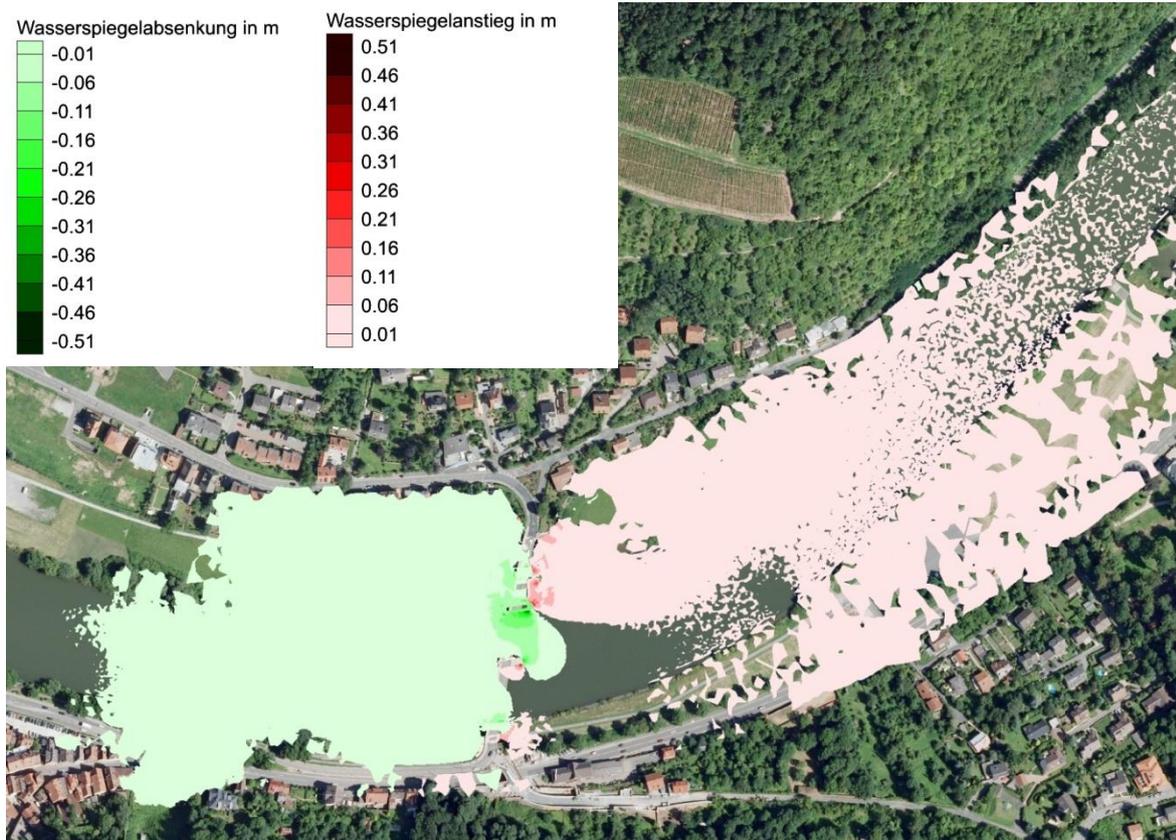


Abbildung 15: Übersicht - WSP-Differenzen zwischen Bau-Zustand und Bestand (HQ₁₀₀) - Darstellung ab ±1cm.

4.3.2 Geschwindigkeitsdifferenzen bei HQ₁₀₀ und HSQ

Im Bau-Zustand kommt es bezüglich der Geschwindigkeitsdifferenzen ebenfalls zu einer Verstärkung des schon im Plan-Zustand beobachteten Effekts der Brückenpfeiler. Die Geschwindigkeitszunahme auf der Würzburger Straße/Eichelgasse ist ebenso zu beobachten.

In Flussmitte beträgt die durch den Rückbau des Pfeilers hervorgerufene Geschwindigkeitszunahme bei HSQ rund 0,6 m/s und bei HQ₁₀₀ bis zu 1,5 m/s direkt am Pfeiler.

Die Auswirkungen von mehr als ± 0,1 m/s beschränken sich bei HQ₁₀₀ auf einen Bereich von etwa 60 m oberstrom bis rund 400 m unterstrom der Brücke.

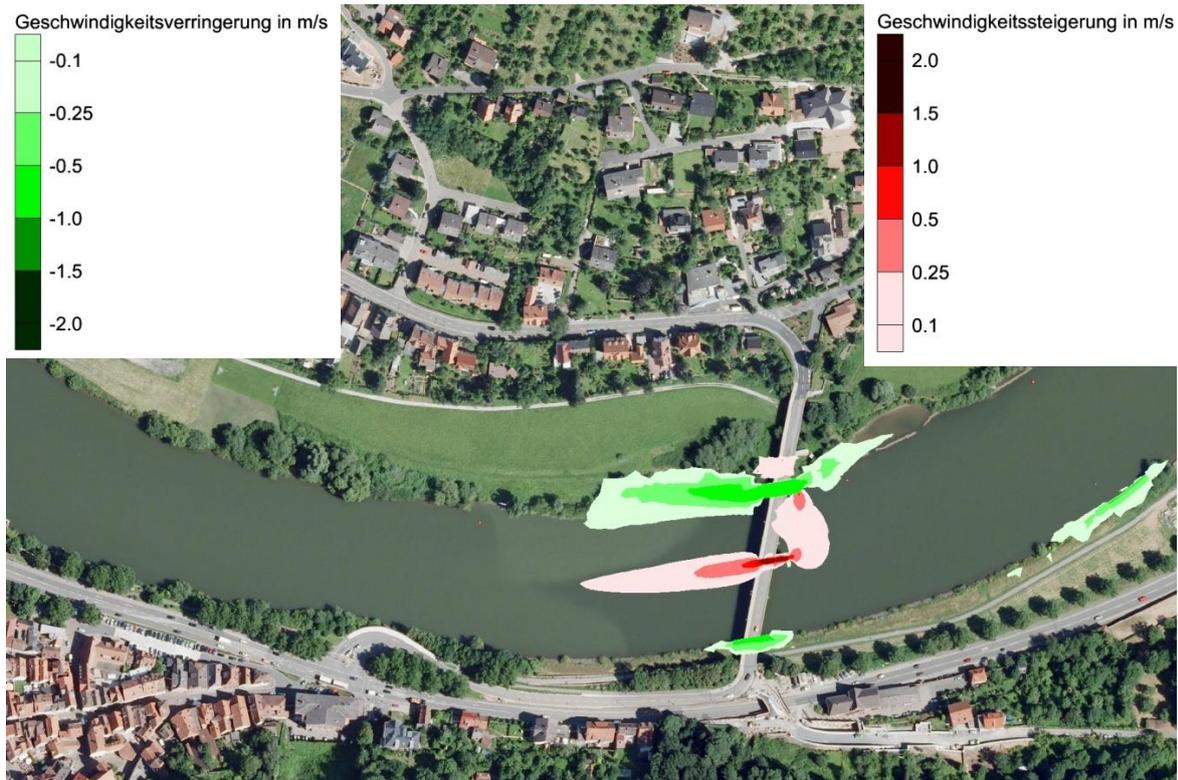


Abbildung 16: Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen dem Bestand und dem Bau-Zustand bei HSQ - Darstellung ab $\pm 0,1$ m/s.

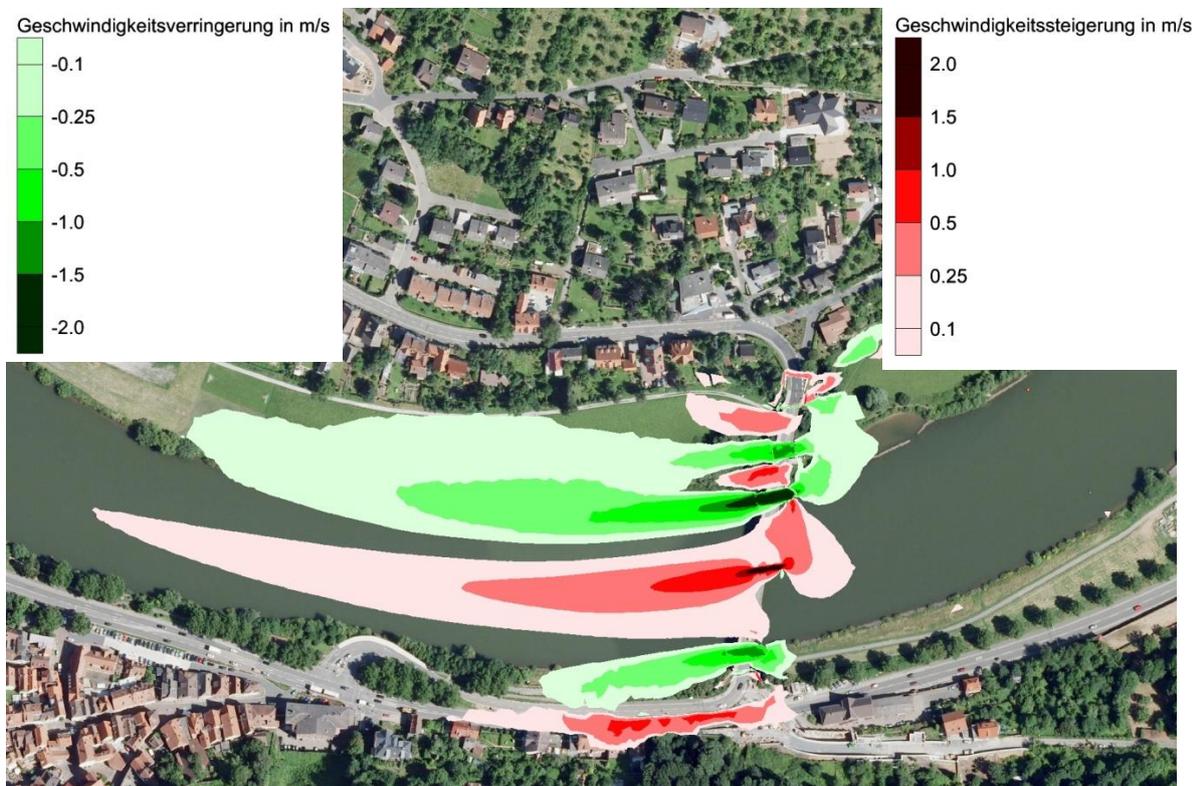


Abbildung 17: Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen dem Bestand und dem Bau-Zustand bei HQ₁₀₀ - Darstellung ab $\pm 0,1$ m/s.

4.4 Betrachtungen zum Szenario „Hydrostau“

Beim Szenario „Hydrostau“ werden die jeweiligen Zielwasserstände an den Stauhaltungen angesetzt. Das bedeutet, dass die anzusetzenden Abflüsse relativ gesehen sehr gering sind. Bei solch geringen Abflüssen im Main ist die zu erwartende, durch die Baumaßnahmen verursachte Veränderung der Abflussverhältnisse im betrachteten Brückenquerschnitt als äußerst gering und somit vernachlässigbar einzuschätzen. Zur Betrachtung des „Hydrostau-Szenarios“ wurde aus diesem Grund auf eine hydraulische Berechnung verzichtet.

4.5 Retentionsbetrachtung HQ₁₀₀

Bei der Retentionsbetrachtung ist zu beachten, dass nicht nur die rein baulichen Änderungen Einfluss auf den aktivierten Retentionsraum haben, sondern auch die Aufstau- und Absenkungswirkungen dieser Änderungen in die Bilanz einfließen. Das bedeutet, dass zum Beispiel der im Bestand in Flussmitte angeordnete Pfeiler nicht alleine über sein Eigenvolumen berücksichtigt wird (Gewinn an Retentionsraum im Plan-Zustand), sondern die durch seinen Wegfall hervorgerufene Absenkung des Wasserspiegels im Flusslauf auch Retentionsraumverluste mit sich bringt.

Bei der Bilanzierung des Retentionsraums ergibt sich bei HQ₁₀₀ das Bild, dass sich im Plan-Zustand nur sehr lokal ein etwas höherer Aufstau einstellt als im Bestand. Gleichzeitig sind im Flussschlauch oberstrom und unterstrom der Brücke etwas geringere Wasserspiegel vorzufinden (vergleiche Abbildung 7).

Zusammengenommen ergibt sich in der Bilanzierung für den Plan-Zustand gegenüber dem Bestand bei HQ₁₀₀ ein Retentionsraumverlust von etwa 1100 m³.

Im Bau-Zustand stellen sich oberhalb der Brücke etwas höhere Wasserspiegel und im Unterstrom etwas geringere Wasserspiegel als im Bestand ein (siehe Abbildung 14).

Im Gesamten ergibt sich im Bau-Zustand im Vergleich zum Bestand ein Retentionsraumgewinn von etwa 860 m³.

Festzuhalten bleibt, dass an sich beide Größen im Vergleich zur Abflussfülle des 100-jährlichen Mainhochwassers vernachlässigbar sind.

Betrachtet man die ausschließlich durch das Eigenvolumen der Pfeiler und Wiederlager in Ist- und Plan-Zustand hervorgerufene Retentionsraumbilanz ergibt sich ein leichter Retentionsraumgewinn. Ein entsprechender Plan des Ingenieurbüros „Grassl GmbH“ incl. der Ermittlung der Retentionsraumbilanz ist in Anhang 5 dargestellt.

Der Wegfall des Pfeilers in Flussmitte ist für die Schifffahrt und die Bauwerkssicherheit als positiv zu bewerten und die damit verbundene Absenkungswirkung auf den Wasserspiegel ist gering.

5 FAZIT

Die in Wertheim etwa 900 m oberstrom der Taubermündung gelegene Mainbrücke soll rückgebaut und an gleicher Stelle durch eine neue Brücke ersetzt werden.

Um die Auswirkungen dieses Bauvorhabens auf die Abflussverhältnisse des Mains beurteilen zu können sind stationäre 2D-Wasserspiegellagenberechnungen für den Bestand, den Plan-

Zustand und den hydraulisch maßgebenden Bau-Zustand durchgeführt worden. Die Berechnungen wurden für die Abflussszenarien MQ, HSQ, HQ₅ und HQ₁₀₀ durchgeführt.

Die Analyse der Berechnungsergebnisse ergab Folgendes:

- Die Auswirkungen der Baumaßnahme auf die Überflutungsflächen sind minimal und auf die direkte Umgebung des Bauvorhabens beschränkt.
- Die auftretenden Fließgeschwindigkeiten sind im Plan-Zustand vor allem in den Anströmbereichen und in den Strömungsschatten der neuen Pfeiler geringer als im Bestand. Höhere Geschwindigkeiten treten in den Bereichen zwischen den neuen Pfeilern im Vorland und durch den Wegfall des Pfeilers in Flussmitte auf. Im Bau-Zustand sind die Differenzen stärker ausgeprägt. Auch die Geschwindigkeitsdifferenzen sind lokal begrenzt.
- Die Schubspannungen erfahren lediglich in den Bereichen zwischen den neuen Pfeilern auf den Vorländern Steigerungen. Im Bau-Zustand sind diese Steigerungen deutlicher als im Plan-Zustand.
- Die Auswirkungen auf die Wasserspiegellagen sind lokal begrenzt und generell gering. Lediglich in der direkten Umgebung der Umbaumaßnahmen treten Wasserspiegeldifferenzen von über 5 cm auf.
- Bei HQ₁₀₀ ergibt sich im Plan-Zustand durch den Wegfall des Pfeilers in Flussmitte eine leichte Wasserspiegelabsenkung. Der Wegfall des Pfeilers ist aus Sicht der Schifffahrt und der Bauwerkssicherheit als positiv zu bewerten. Der damit verbundene rechnerische Retentionsraumverlust kann vernachlässigt werden. Betrachtet man die Retentionswirkung der baulichen Veränderungen ausschließlich hinsichtlich ihres Eigenvolumens ergibt sich ein leichter Retentionsraumgewinn.

Insgesamt sind die Auswirkungen der Baumaßnahmen auf das Abflussverhalten des Mains gering und konzentrieren sich auf die unmittelbare Umgebung des Bauwerks.

Projektnummer: 4542

Darmstadt, 2. Juni 2021



(Dipl.-Ing. A. Kahl)



(Dr.-Ing. S. Wallisch)

ANHANG 1

Maximale Überflutungsflächen/Wassertiefen
- Darstellung ab 0,01m.

Anhang 1 - Maximale Überflutungsflächen/Wassertiefen

Bestand MQ

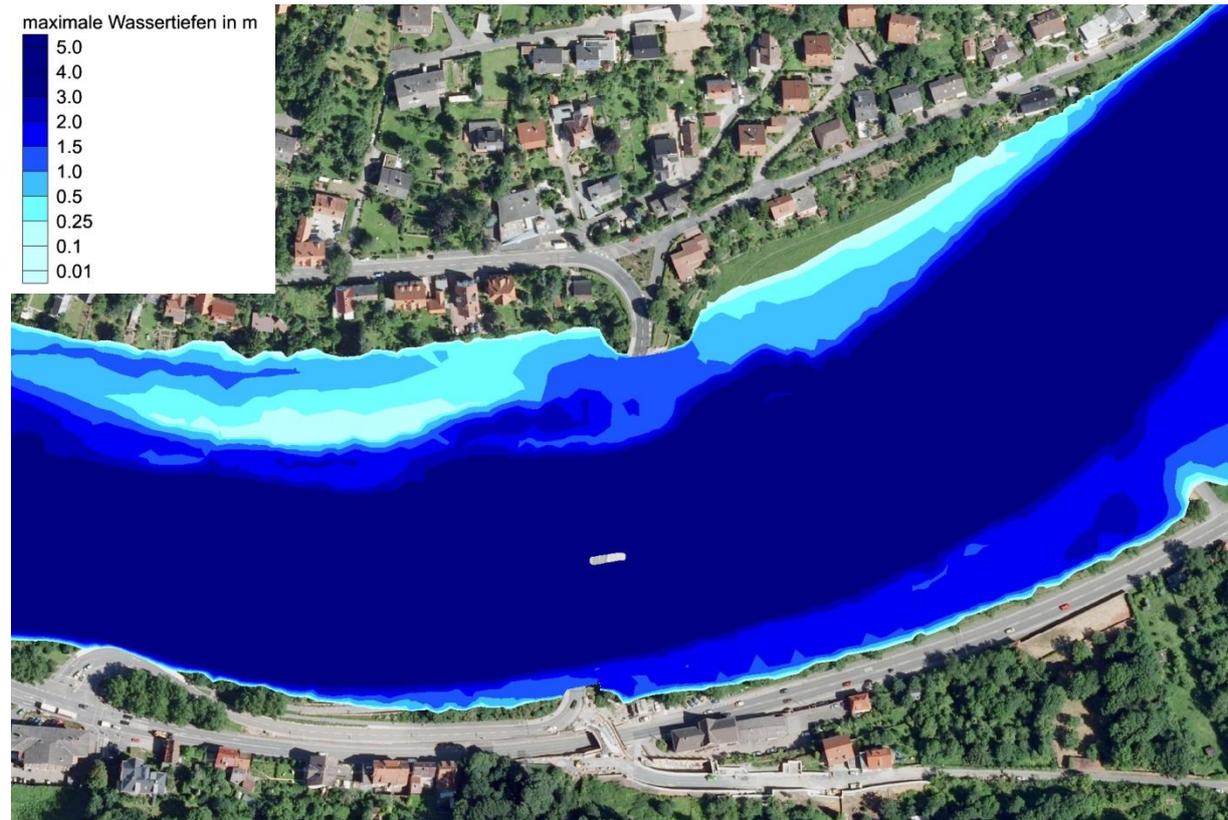


Bestand HSQ



Anhang 1 - Maximale Überflutungsflächen/Wassertiefen

Bestand HQ₅



Bestand HQ₁₀₀



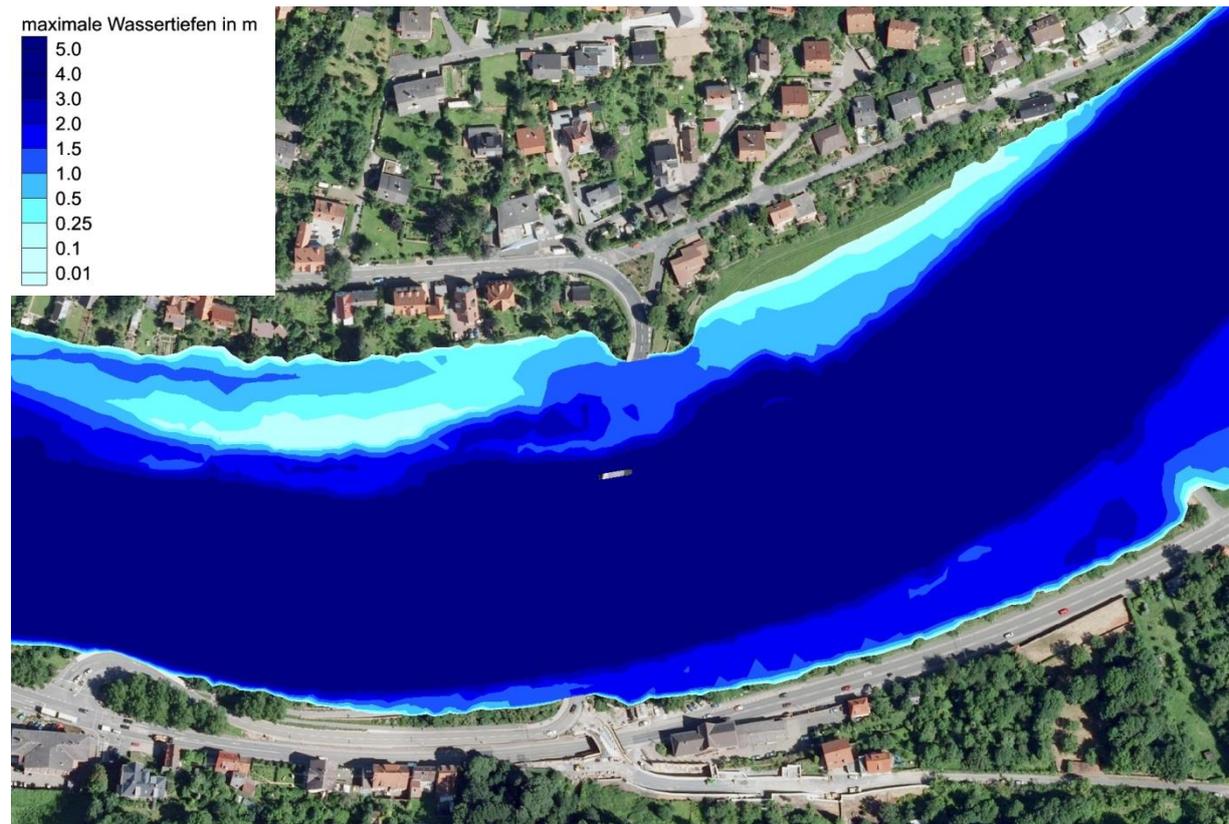
Plan-Zustand MQ



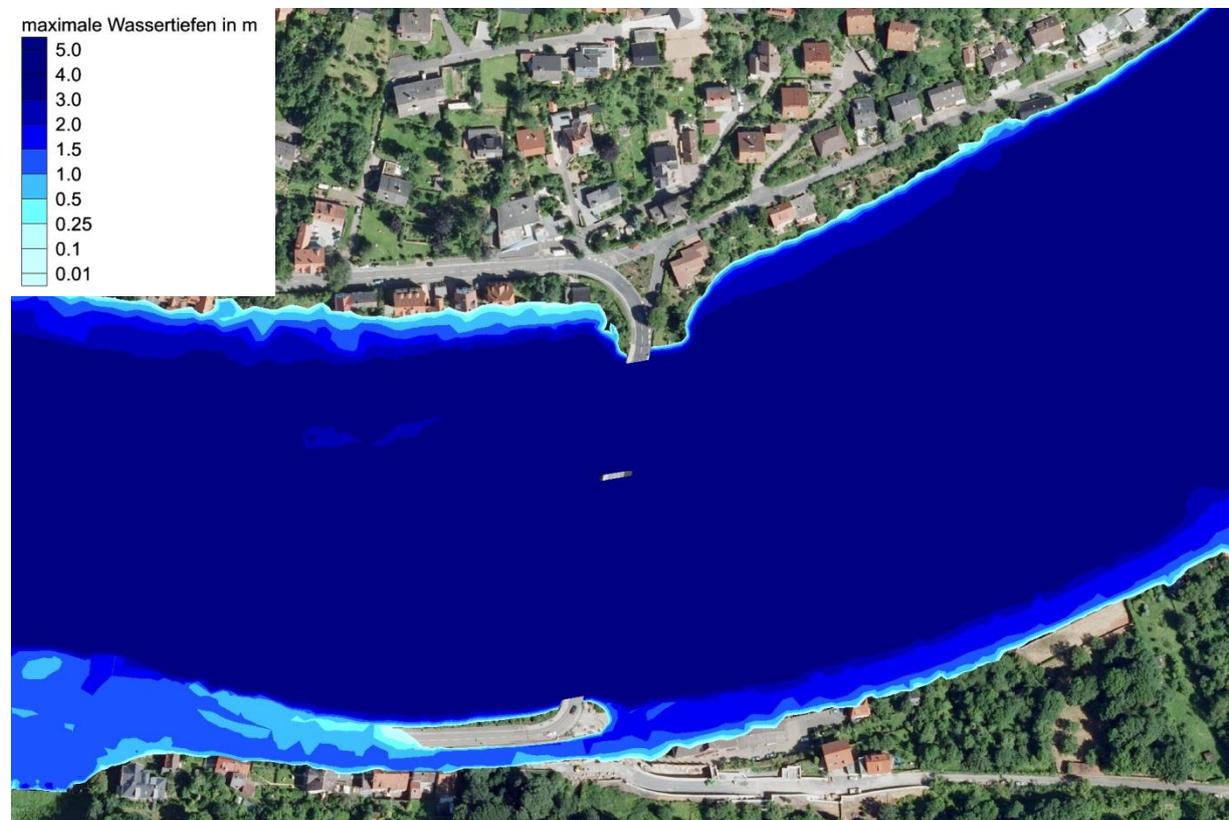
Plan-Zustand HSQ



Plan-Zustand HQ₅



Plan-Zustand HQ₁₀₀



Bau-Zustand MQ

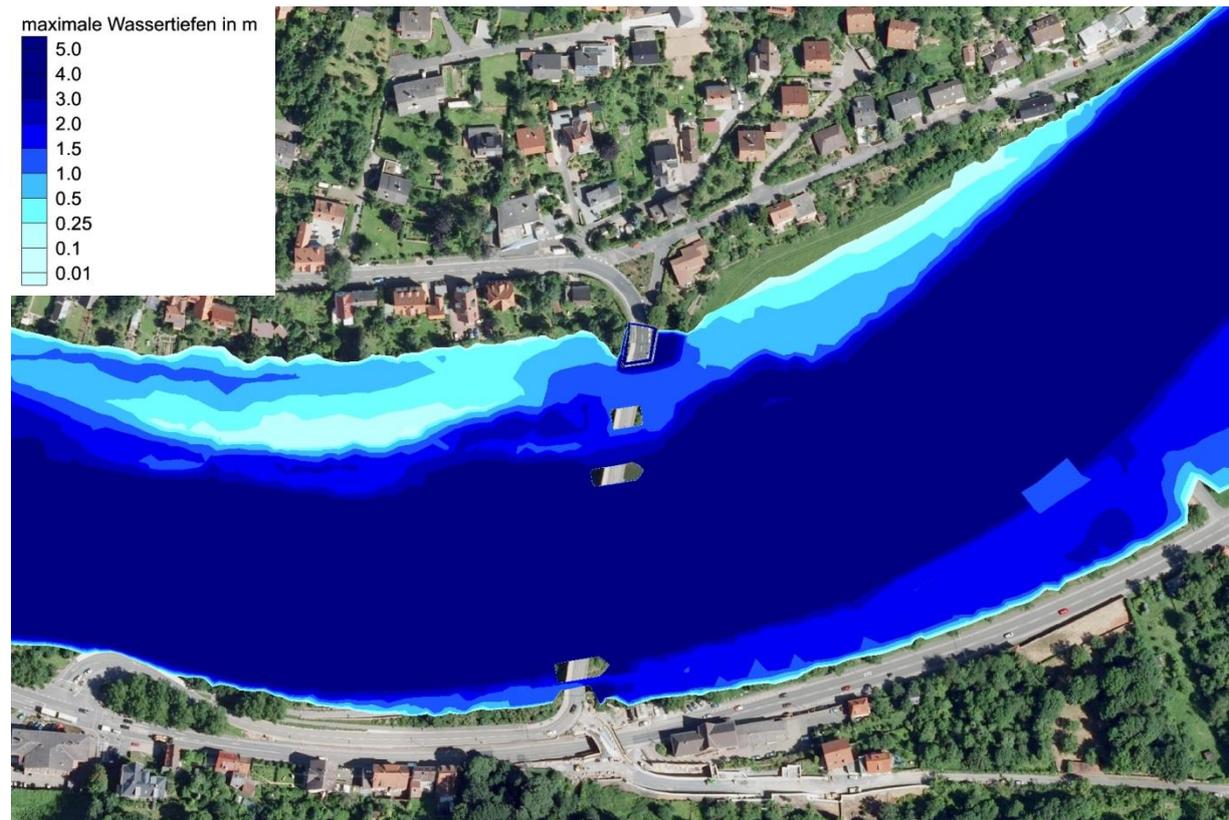


Bau-Zustand HSQ

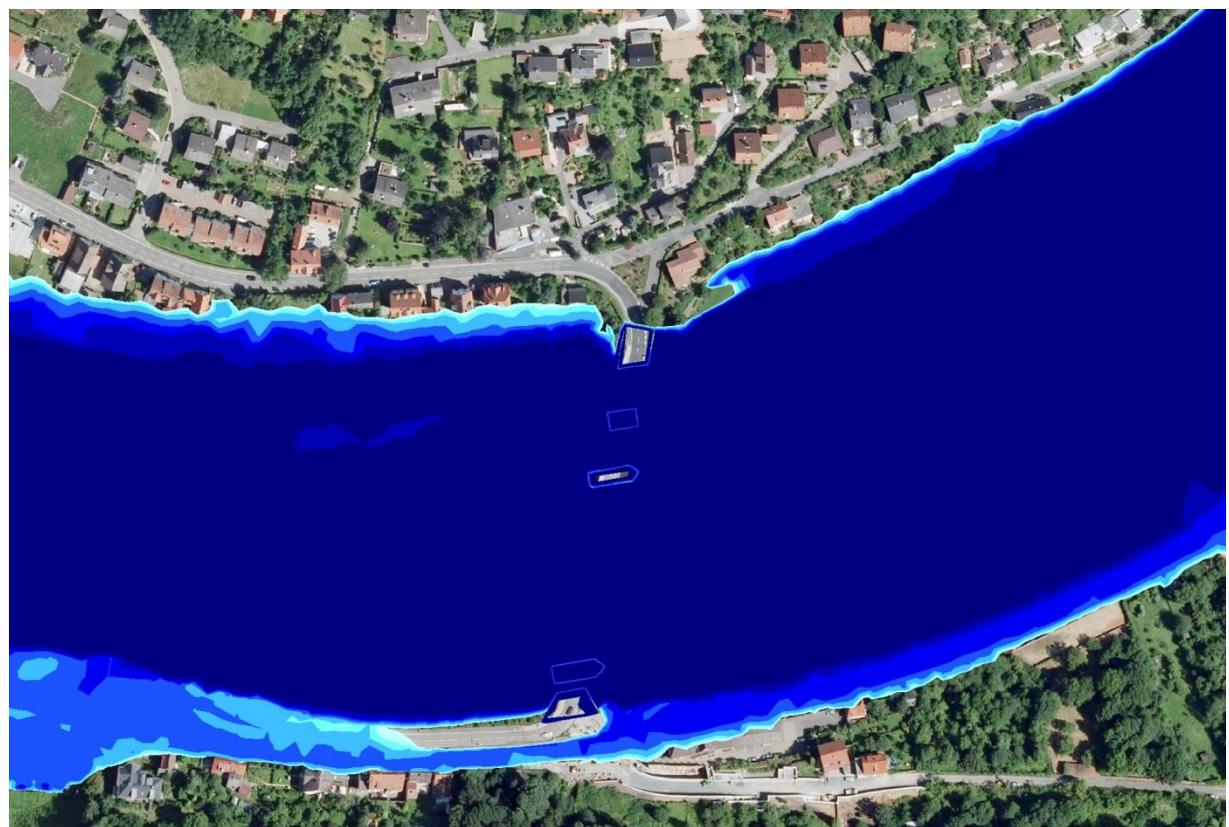


Anhang 1 - Maximale Überflutungsflächen/Wassertiefen

Bau-Zustand HQ₅



Bau-Zustand HQ₁₀₀



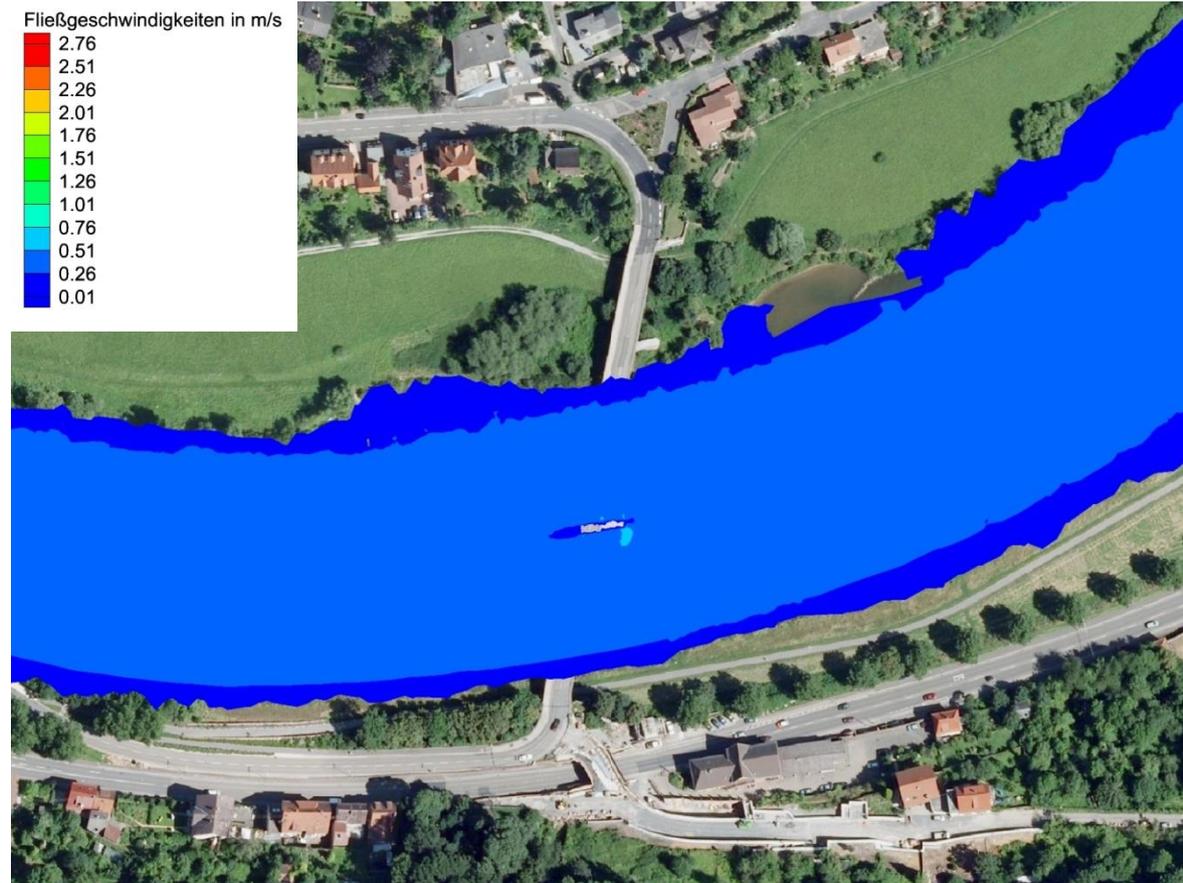
ANHANG 2

Maximale Fließgeschwindigkeiten im Bestand

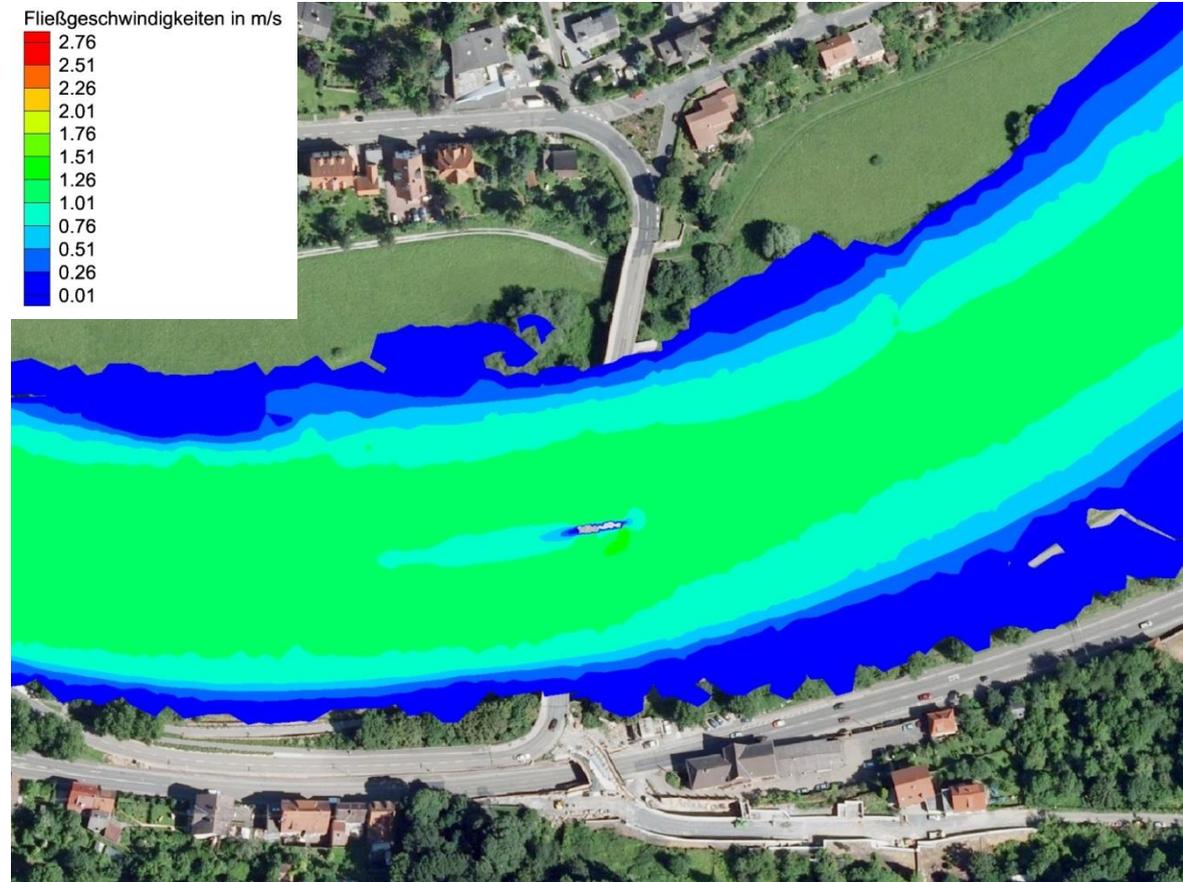
- Darstellung ab 0,01m/s.

Anhang 2 - Maximale Fließgeschwindigkeiten im Bestand

MQ

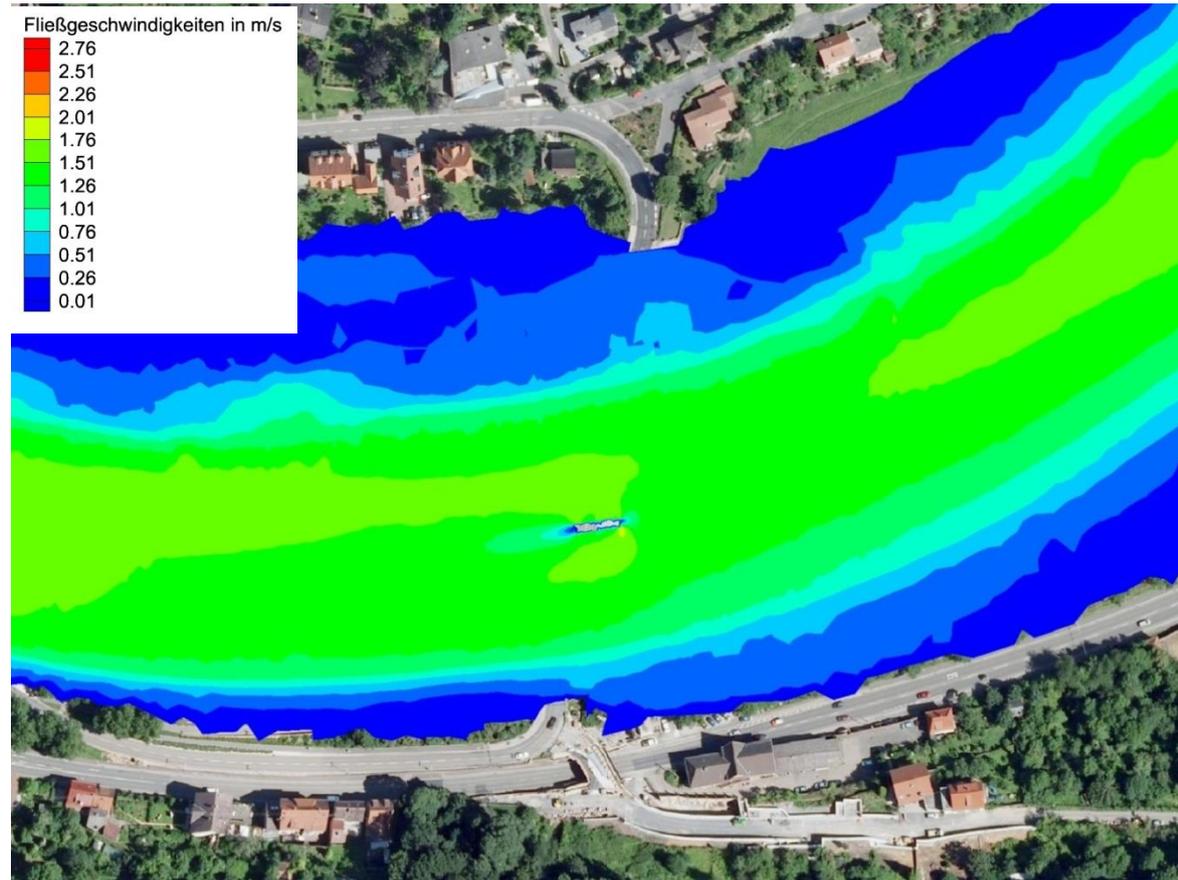


HSQ

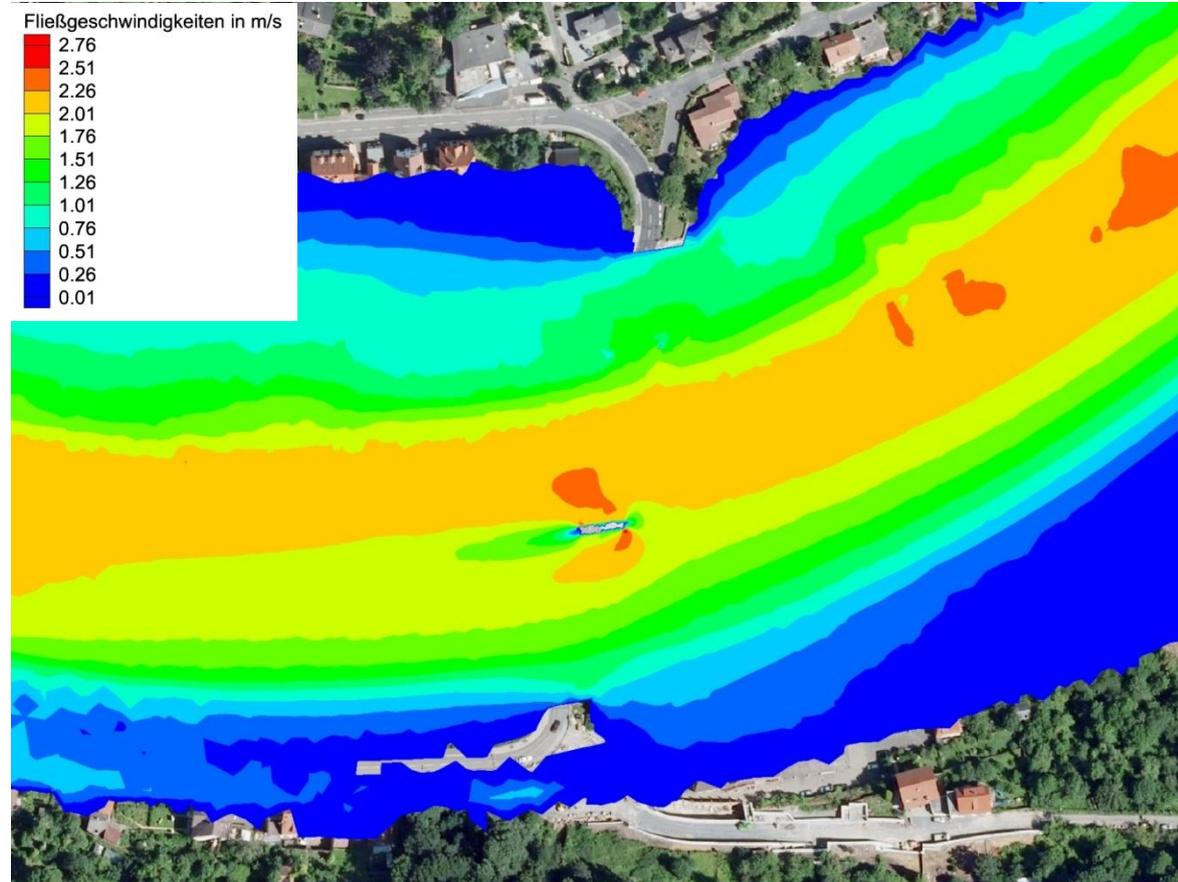


Anhang 2 - Maximale Fließgeschwindigkeiten im Bestand

HQ₅



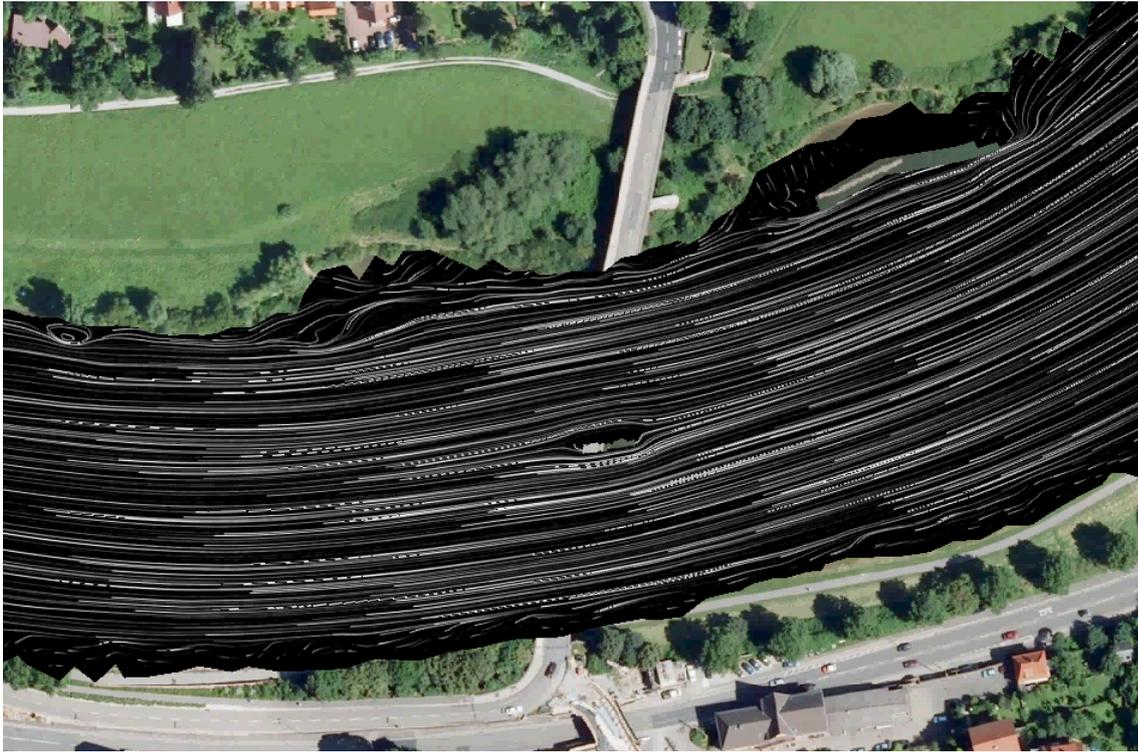
HQ₁₀₀



ANHANG 3

Stromliniendarstellung

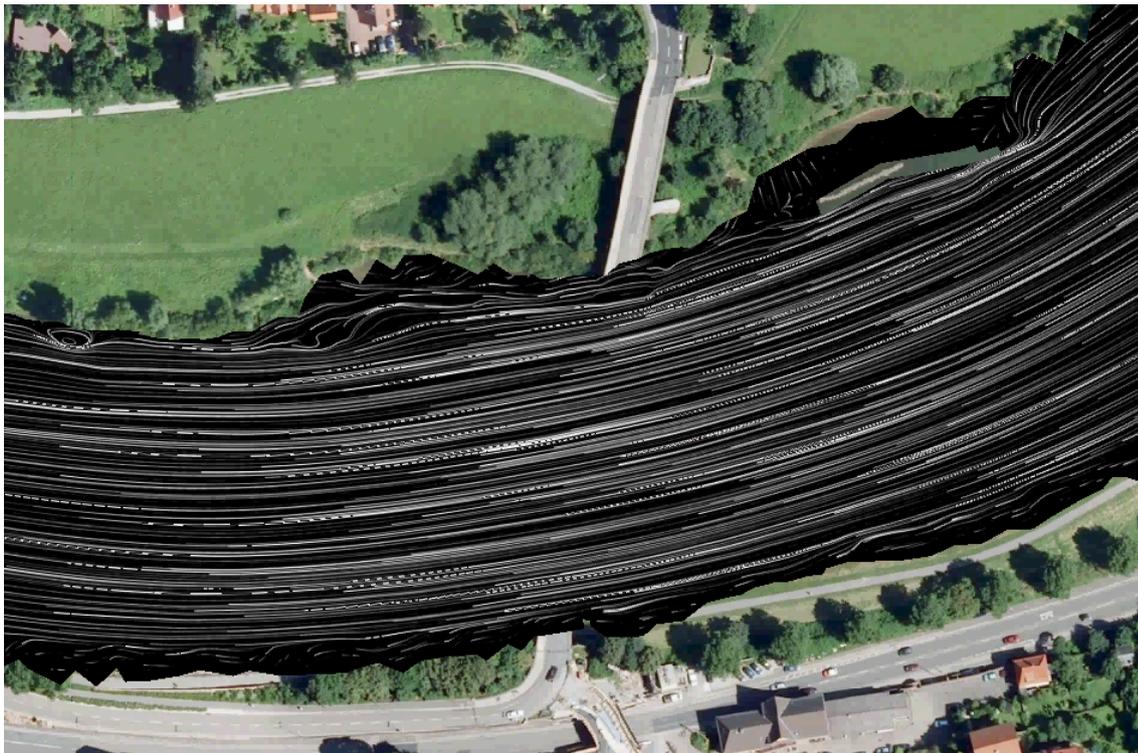
Bestand bei MQ



Bestand bei HQ₁₀₀



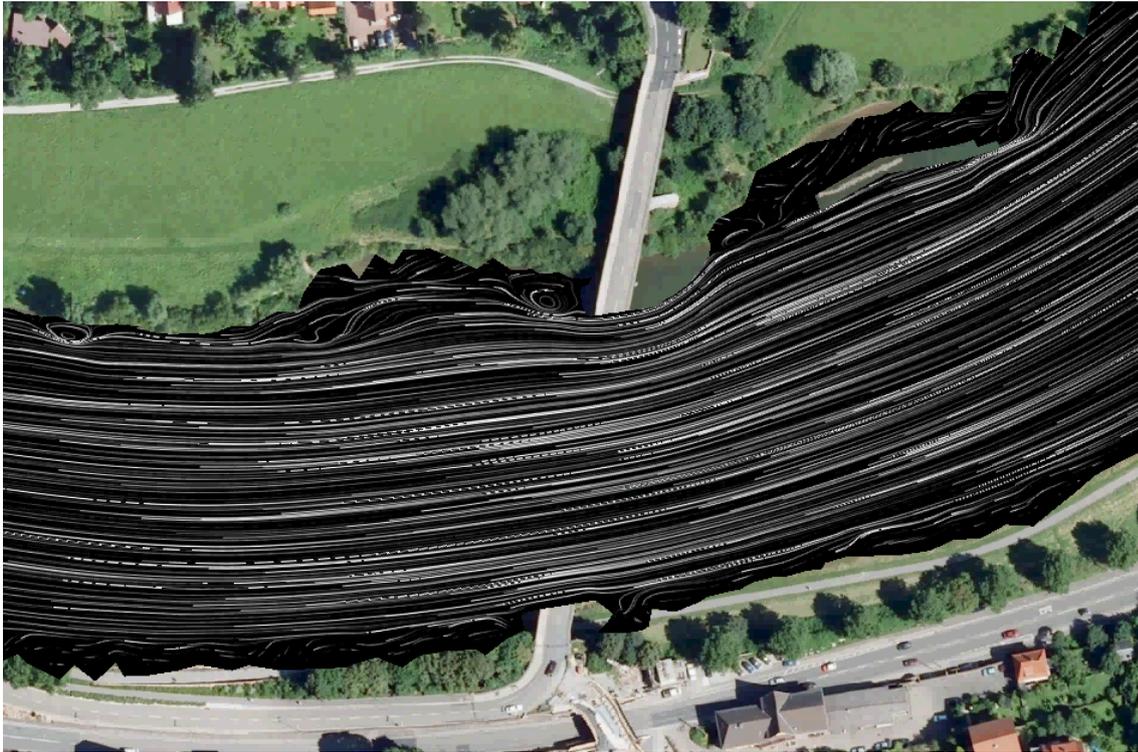
Plan-Zustand bei MQ



Plan-Zustand bei HQ₁₀₀



Bau-Zustand bei MQ



Bau-Zustand bei HQ₁₀₀

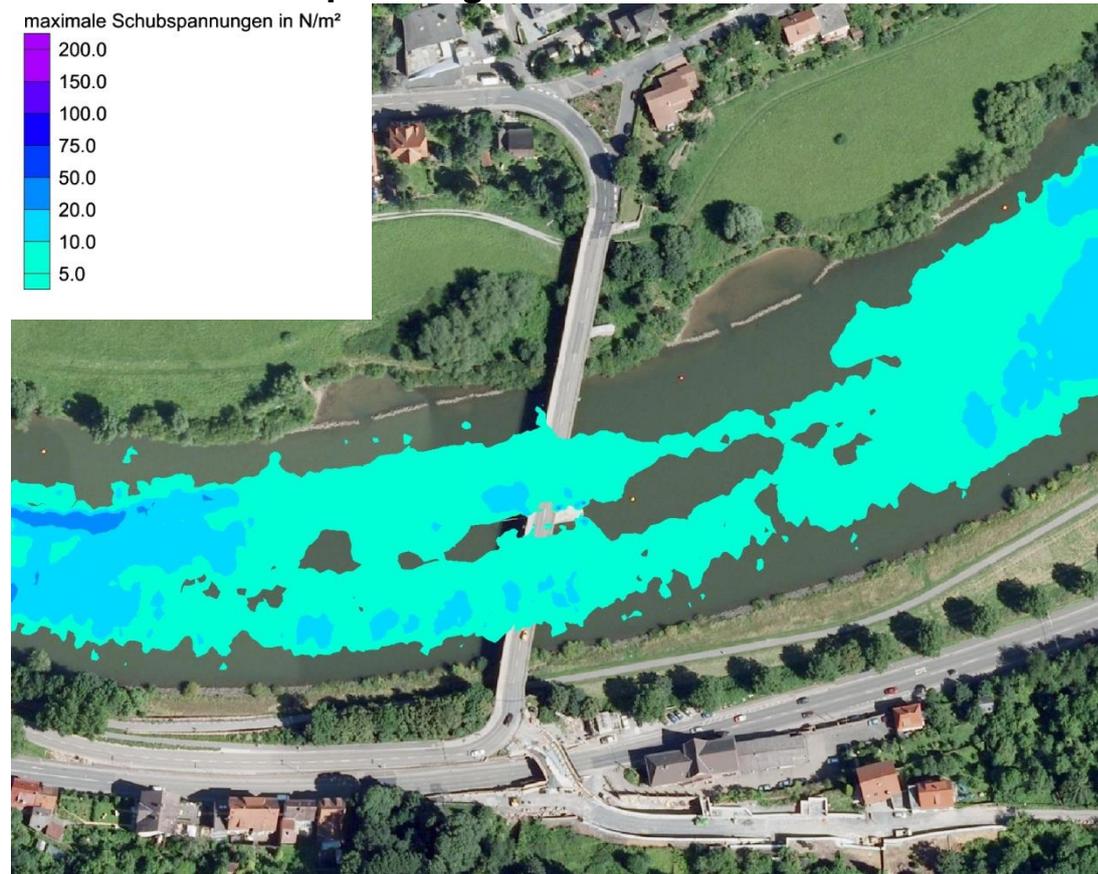


ANHANG 4

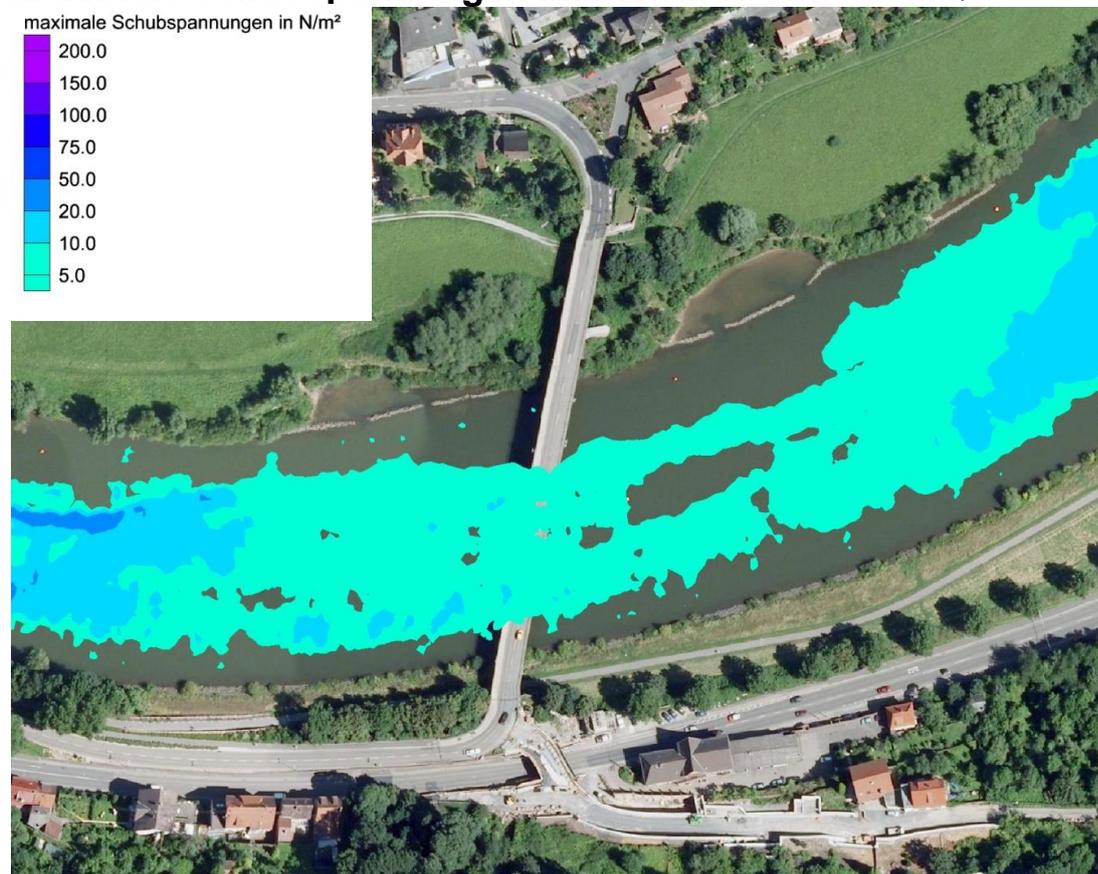
Maximale Schubspannungen bei MQ und HQ₁₀₀
- Darstellung ab 5N/m².

Anhang 4 – maximale Schubspannungen

Maximale Schubspannungen im Bestand bei MQ

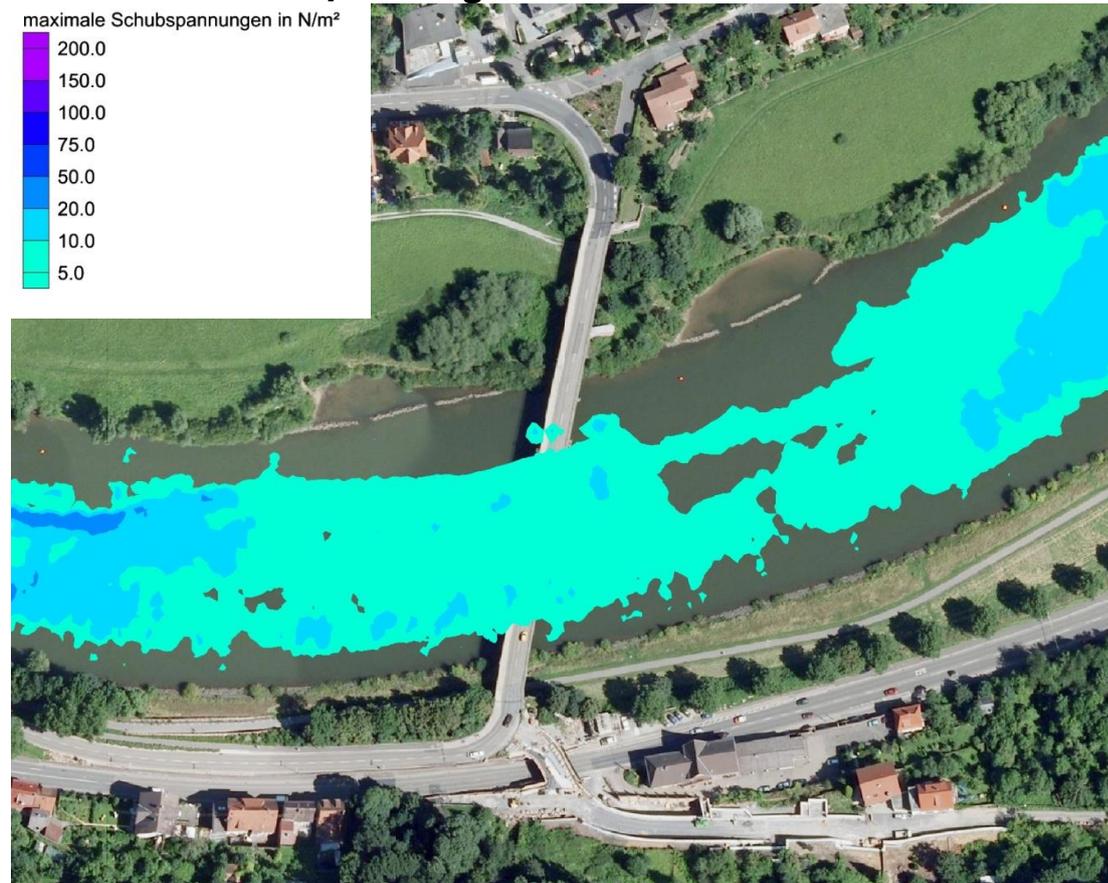


Maximale Schubspannungen im Plan-Zustand bei MQ

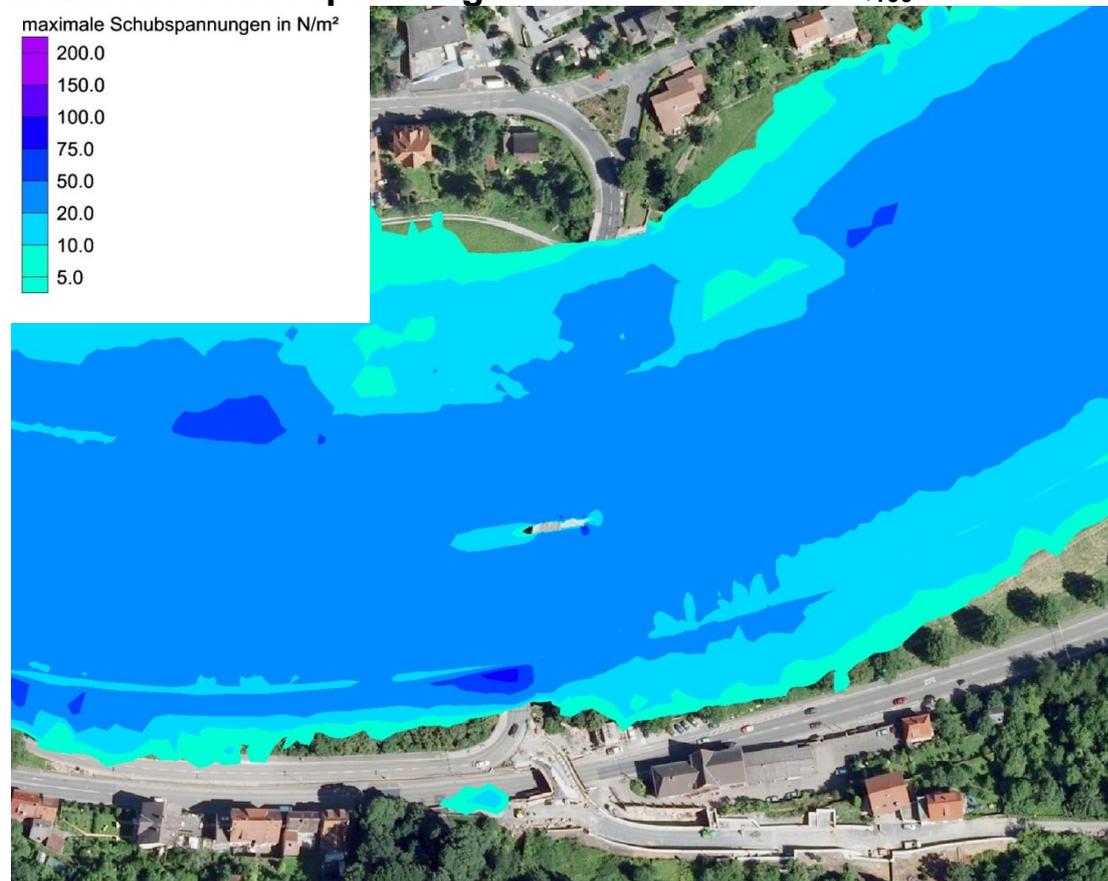


Anhang 4 – maximale Schubspannungen

Maximale Schubspannungen im Bau-Zustand bei MQ

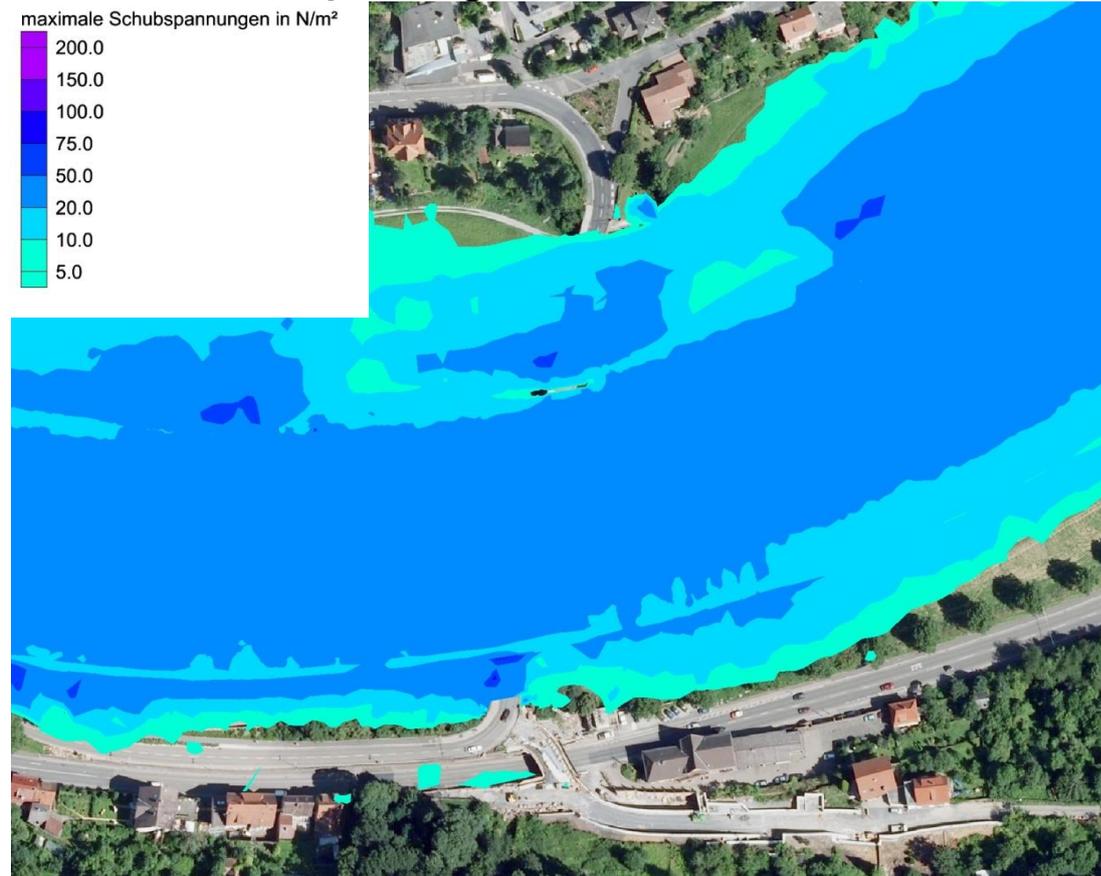


Maximale Schubspannungen im Bestand bei HQ₁₀₀

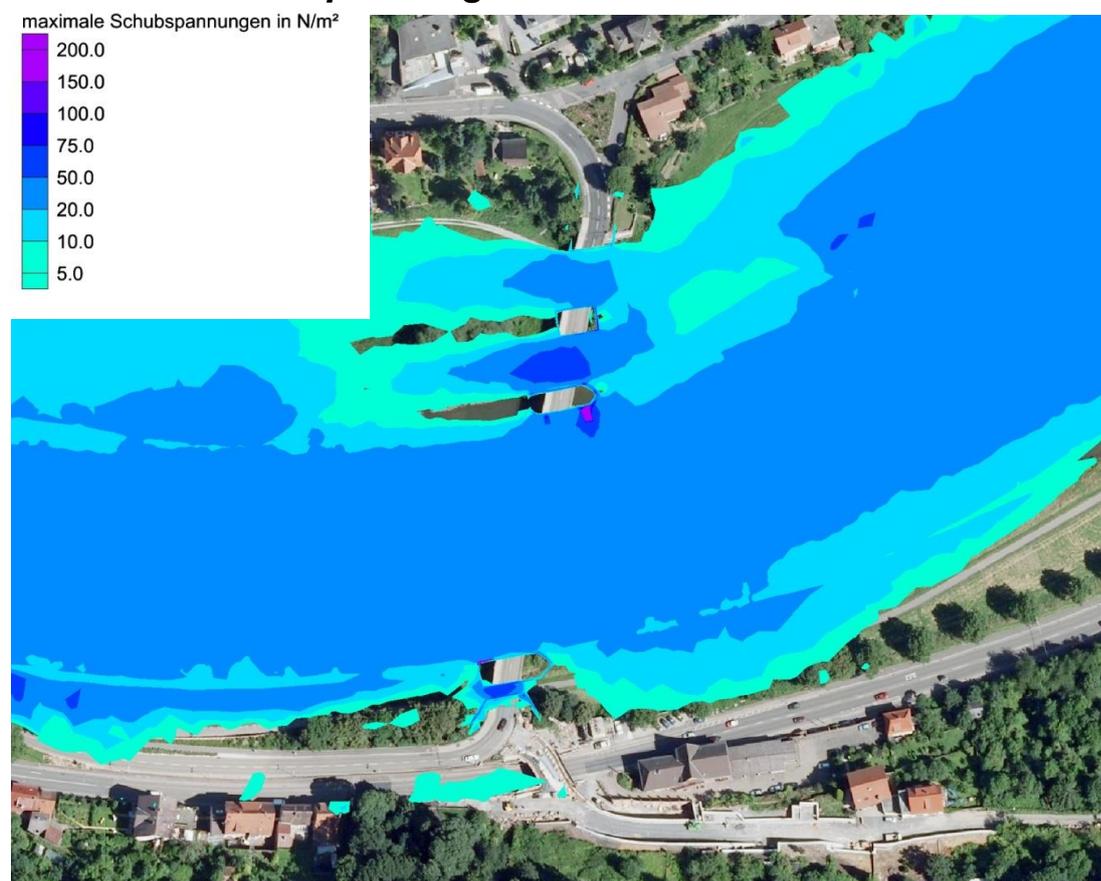


Anhang 4 – maximale Schubspannungen

Maximale Schubspannungen im Plan-Zustand bei HQ₁₀₀



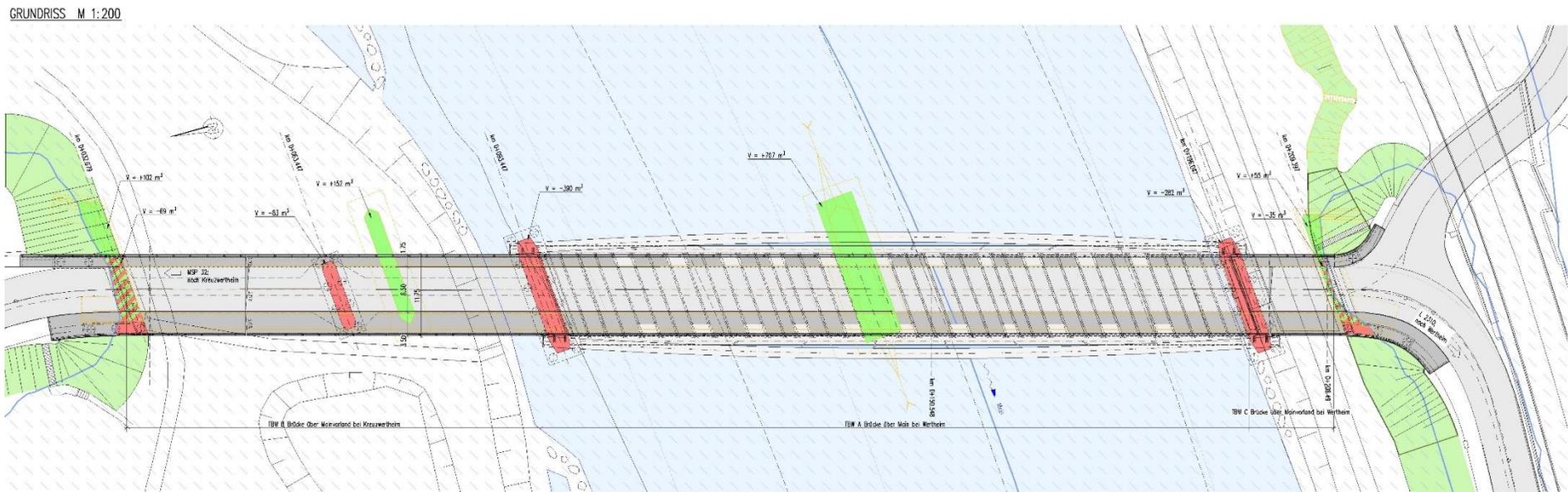
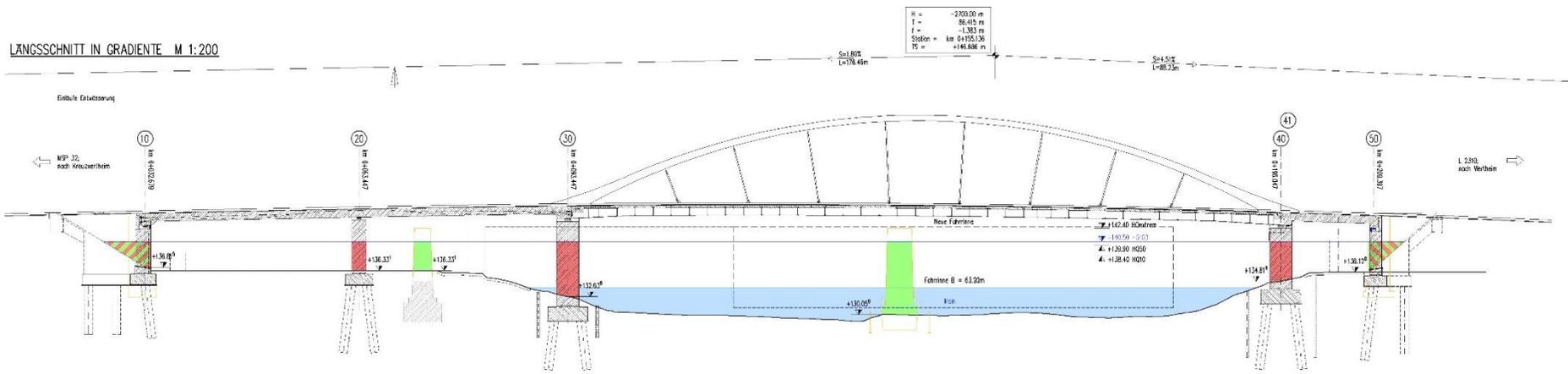
Maximale Schubspannungen im Bau-Zustand bei HQ₁₀₀



ANHANG 5

Retentionsraumbilanz
- Plan-Zustand

Anhang 5 – Retentionsraumbilanz



Retentionsraumvergleich bei HQ100

	Retentionsraumgewinn	Retentionsraumverlust	Differenz
Vorlandbereich Kreuzwertheim	+254 m ³	-152 m ³	+102 m ³
Flussbereich	+707 m ³	-672 m ³	+35 m ³
Vorlandbereich Wertheim	+55 m ³	-35 m ³	+20 m ³
Summe	+1016 m³	-859 m³	+157 m³

Legende:

- Retentionsraumgewinn
- Retentionsraumverlust

Entwurfsbearbeitung:

GRASSL Ingenieurbüro Grassl GmbH
 Machillfinger Str. 5-7, 81379 München
 T +49 89 410737-700, www.grassl-ing.de

BERATENDE INGENIEURE BAUWESSEN München, 27.07.2018