



Nur zur Information

Unterlage 18-II

BGS UMWELT
Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH

Nur zur Information

**BGS UMWELTPLANUNG
GMBH**

Neubau einer Eisenbahn-Brücke
über den Main
Hydraulische Begleitung der Planung

Erläuterungsbericht

Anhang II
März 2012

D-64297 Darmstadt · Pfungstädter Straße 20
Tel. +49 (0) 6151/9453-0 · Fax 9453-80
mail@bgswasser.de · www.bgswasser.de



BGS Wasser
Brandt Gerdes Sitzmann Wasserwirtschaft GmbH

Inhalt

1	VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG	1
2	MODELLAUFBAU	2
2.1	Modellkonzeption und verwendetes Programm	2
2.2	Abgrenzung Modellgebiet	2
2.3	Bearbeitungsgrundlagen	3
2.4	Bearbeitungsschritte	3
2.5	Berechnungsnetz	4
2.6	Rauheiten	5
2.7	Bauwerke	8
2.8	Gebietsauslässe	8
2.9	Modellkalibrierung	8
3	BERECHNUNGEN FÜR DEN IST-ZUSTAND	9
3.1	Abflüsse	9
3.2	Ergebnisse	9
4	BERECHNUNGEN FÜR DEN BAU-ZUSTAND	11
4.1	Modifikationen im Berechnungsnetz	11
4.2	Abflüsse	11
4.3	Ergebnisse	11
5	BERECHNUNGEN FÜR DEN END-ZUSTAND	16
5.1	Modifikationen im Berechnungsnetz	16
5.2	Abflüsse	16
5.3	Ergebnisse	16
6	ZUSAMMENFASSUNG	21

1 VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Die Deutsche Bahn AG beabsichtigt in Frankfurt am Main den Neubau einer Eisenbahn-Brücke über den Main in unmittelbarer Nähe zweier bereits bestehender Brücken. Einen Überblick über den aktuellen Planungsstand des Brückenneubaus vermittelt Abbildung 1.

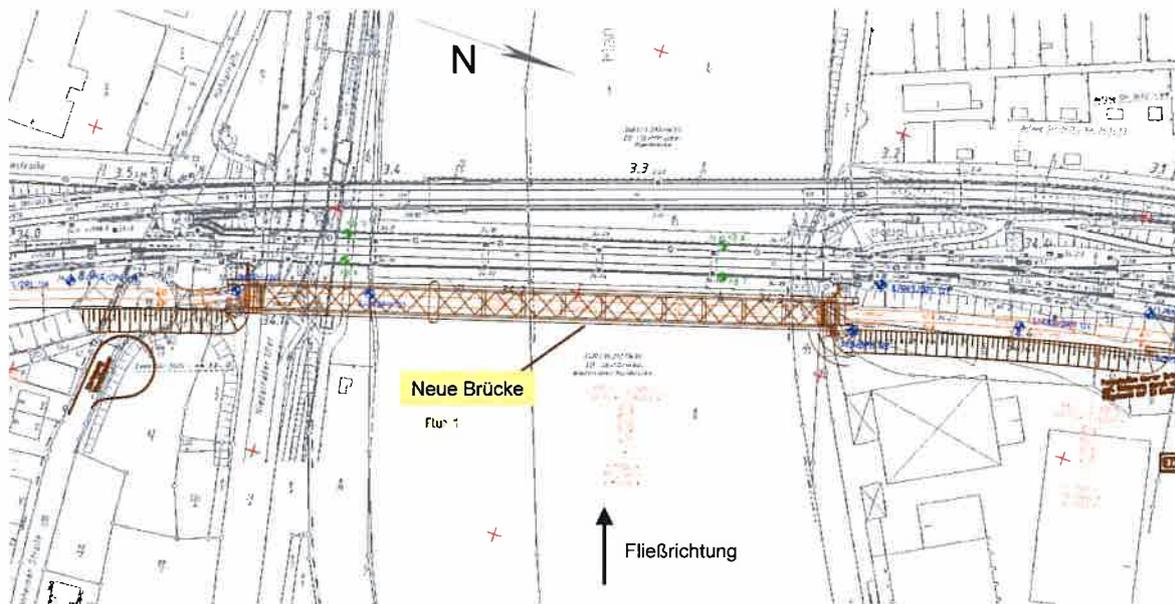


Abbildung 1: Aktueller Planungsstand zum Neubau der Main-Brücke (DB International GmbH)

Für die Genehmigung des Brückenneubaus sind die Auswirkungen der neuen Brücke auf die Abflussverhältnisse des Mains beim 100-jährlichen Hochwasser zu untersuchen.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die in diesem Zusammenhang durchgeführten Arbeiten und die dabei erzielten Ergebnisse.

2 MODELLAUFBAU

2.1 Modellkonzeption und verwendetes Programm

Um die Auswirkungen der geplanten Eisenbahnbrücke über den Main auf die Abflussverhältnisse bei Hochwasser detailliert beurteilen zu können, werden räumlich hoch aufgelöste Aussagen zum Strömungsfeld im Bereich der Brücke benötigt. Diese lassen sich nur durch eine 2D-Wasserspiegellagenberechnung gewinnen. Verwendet werden kann hierfür das im Zuge der Untersuchung von Strukturverbesserungen am Main für das Umweltamt Frankfurt erstellte 2D-Wasserspiegellagenmodell für den Main im Stadtgebiet von Frankfurt (im Folgenden mit „Main-Modell“ bezeichnet).

Dieses Modell beruht auf dem Programmsystem Hydro_AS-2D¹. Es erlaubt die Berechnung komplexer Strömungen bei flächenhaften, sich gegenseitig überlagernden Ausuferungen und die automatische Erfassung von separaten Fließwegen. Es löst die zweidimensionalen tiefengemittelten Strömungsgleichungen (Flachwassergleichungen). Hinsichtlich der zugrunde liegenden Numerik handelt es sich um ein in der Zeit explizites Finite-Volumen-Verfahren.

Das Programm Hydro_AS-2D wird zwischenzeitlich vielfach, insbesondere in Bayern und in Österreich, mit Erfolg eingesetzt und hat im Bereich der 2D-Modellierung einen gewissen Standard definiert.

Als Ergebnis der Berechnungen erhält man die flächenhaften Verteilung der Wassertiefen, Strömungsgeschwindigkeiten (nach Größe und Richtung) und Schubspannungen.

2.2 Abgrenzung Modellgebiet

Bei der Abgrenzung des Modellgebietes wird darauf geachtet, dass es ausreichend groß ist, um das Abflussgeschehen bei Hochwasser auch realitätsnah nachzubilden und damit die zu untersuchenden Fragestellungen belastbar zu beantworten. Darüber hinaus wird darauf geachtet, dass der eigentliche Untersuchungsbereich nicht durch Randeinflüsse beeinträchtigt wird und dass eine möglichst eindeutige Zuströmsituation zum Modellgebiet besteht. Das Modellgebiet muss somit größer als das eigentliche Untersuchungsgebiet sein.

Unter Berücksichtigung oben genannter Randbedingungen wurde der in Abbildung 2 dargestellte Modellausschnitt gewählt.

¹ Nujic, M. (o.J.), Anwenderhandbuch zum 2D-Wasserspiegellagenprogramm HYDRO_AS-2D.



Abbildung 2: Modellbereich 2D-Wasserspiegellagenmodell

2.3 Bearbeitungsgrundlagen

Grundlagen für den Aufbau des „Main-Modells“ waren:

- das aus einer Laserscan-Befliegung erstellte Digitale Geländemodell für das Stadtgebiet Frankfurt
- aus Echolotbefahrungen stammende flächenhafte Vermessungen der Mainsohle,
- aus Vermessungen stammende Gewässer- und Bauwerksprofile des Mains,
- digitale Orthofotos.

Zur Untersuchung der konkreten Fragestellung standen darüber hinaus noch aktuelle Planungsunterlagen zu dem Brückenneubau zur Verfügung.

2.4 Bearbeitungsschritte

Die Bearbeitung der in Kap. 1 formulierten Fragestellung erfolgte in nachfolgenden Schritten:

1. Verfeinerung des „Main-Modells“ im Bereich der Bahnbrücken mit Hilfe der den Planungsunterlagen zum Brückenneubau zu entnehmenden Informationen,

2. Heraustrennen des Modellbereichs für die konkrete Untersuchung (s. Abbildung 2) aus dem „Main-Modell“ zur Erzeugung eines der Fragestellung angepassten Modells für den Ist-Zustand,
3. Einarbeitung der Widerlager der neuen Brücke und der bauzeitlichen Maßnahmen (Baugrubenumschließungen der Brückenpfeiler) in das Modell des Ist-Zustands zur Erzeugung eines Modells für den Bau-Zustand,
4. Einarbeitung der Widerlager und der Pfeiler der neuen Brücke in das Modell des Ist-Zustands zur Erzeugung eines Modells für den End-Zustand.

Die hierbei im Einzelnen durchgeführten Arbeitsschritte sind in den folgenden Abschnitten beschrieben.

2.5 Berechnungsnetz

Das Berechnungsnetz für den in Abbildung 2 dargestellten Modellbereich hat eine Größe von rd. 3,6 km² und besteht aus rd. 170.000 Knoten und rd. 340.000 Elementen. Eine Darstellung der darin enthaltenen Höheninformationen liefert Abbildung 3, Abbildung 4 gibt einen Überblick über die Netzstruktur im Bereich der Bahnbrücken.

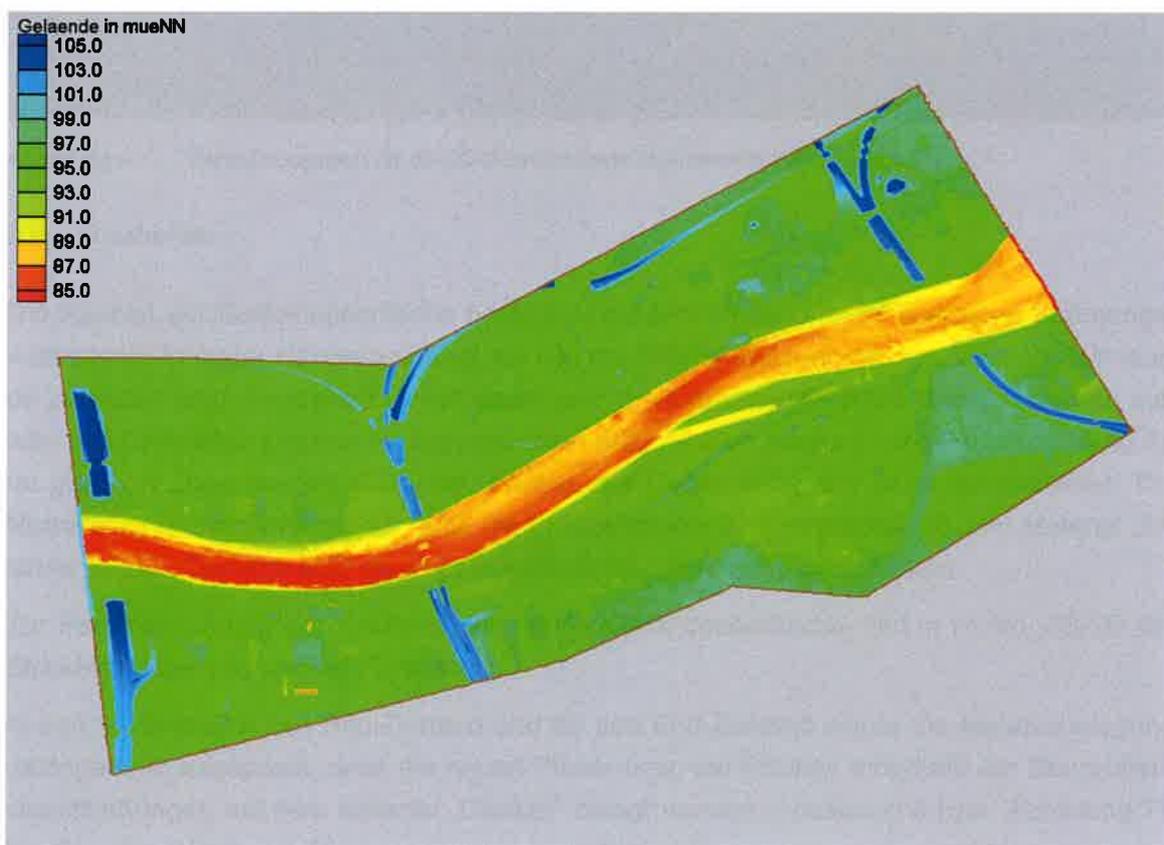


Abbildung 3: Höhendarstellung des 2D-Berechnungsnetzes

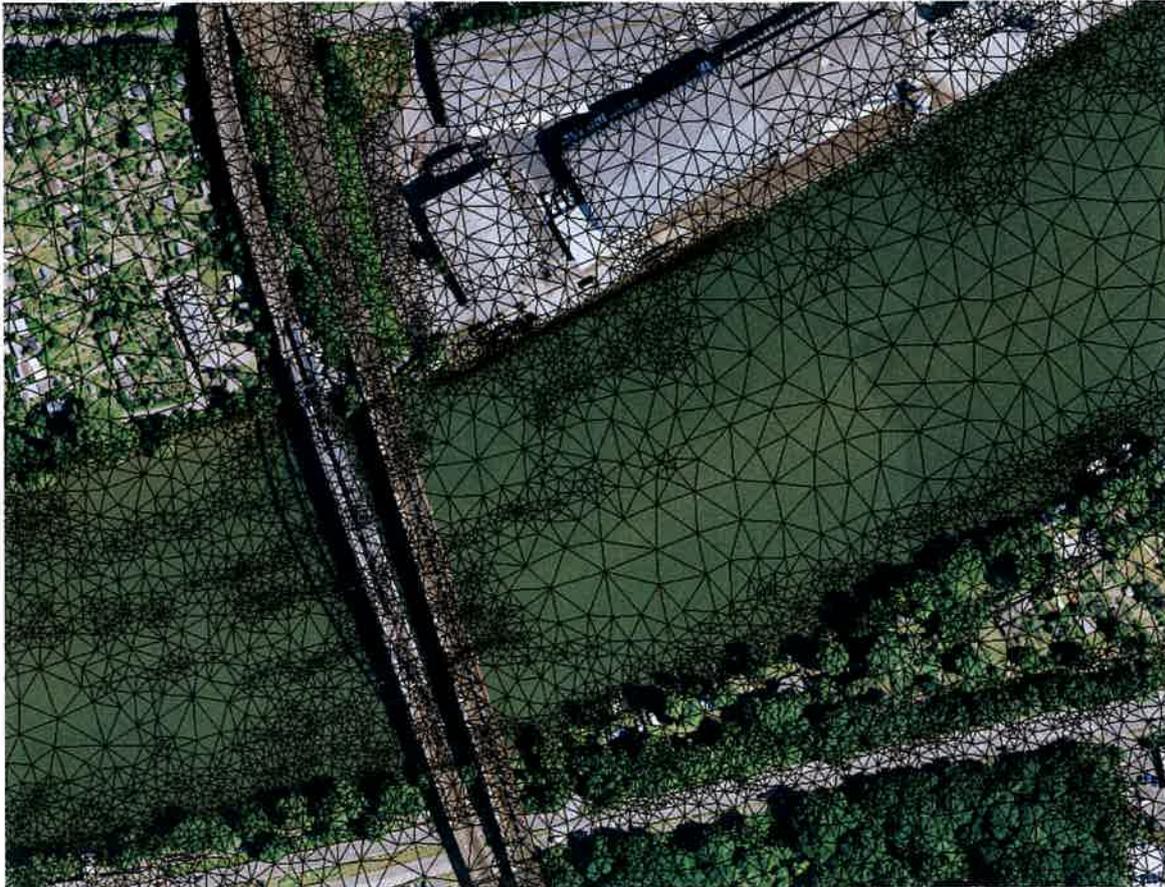


Abbildung 4: Berechnungsnetz für die 2D-Wasserspiegellagenberechnung (Ausschnitt)

2.6 Rauheiten

Die Rauheit der Geländeoberfläche bestimmt maßgeblich den von ihr bewirkten Strömungswiderstand. In erster Näherung hängt sie von der Flächennutzung ab. Im „Main-Modell“ wurde zunächst grob zwischen Flussschlauch und Vorland unterschieden. Danach wurden mithilfe von Orthofotos Uferbereiche gemäß ihrer erkennbaren Nutzung eingeteilt (Abbildung 5). Im gleichen Zuge wurden auch die Umrisse der Gebäude in das DGM eingearbeitet. Die Netzelemente der Gebäude als auch die Brückenpfeiler sind im Modell mit dem Material „Disable“ belegt. Dadurch sind sie nicht durchströmbar, also abflussunwirksam.

Zur Parametrisierung der Rauheitswirkung der Geländeoberfläche wird in Hydro_AS-2D der Strickler-Beiwert verwendet (Tabelle 1).

In den Modellen für den Bau-Zustand und für den End-Zustand wurde die Materialbelegung dahingehend angepasst, dass die neuen Pfeiler bzw. die Flächen innerhalb der Baugrubenumschließungen mit dem Material „Disable“ belegt wurden (Abbildung 6 bzw. Abbildung 7). Die Strickler-Werte aus Tabelle 1 wurden unverändert übernommen.

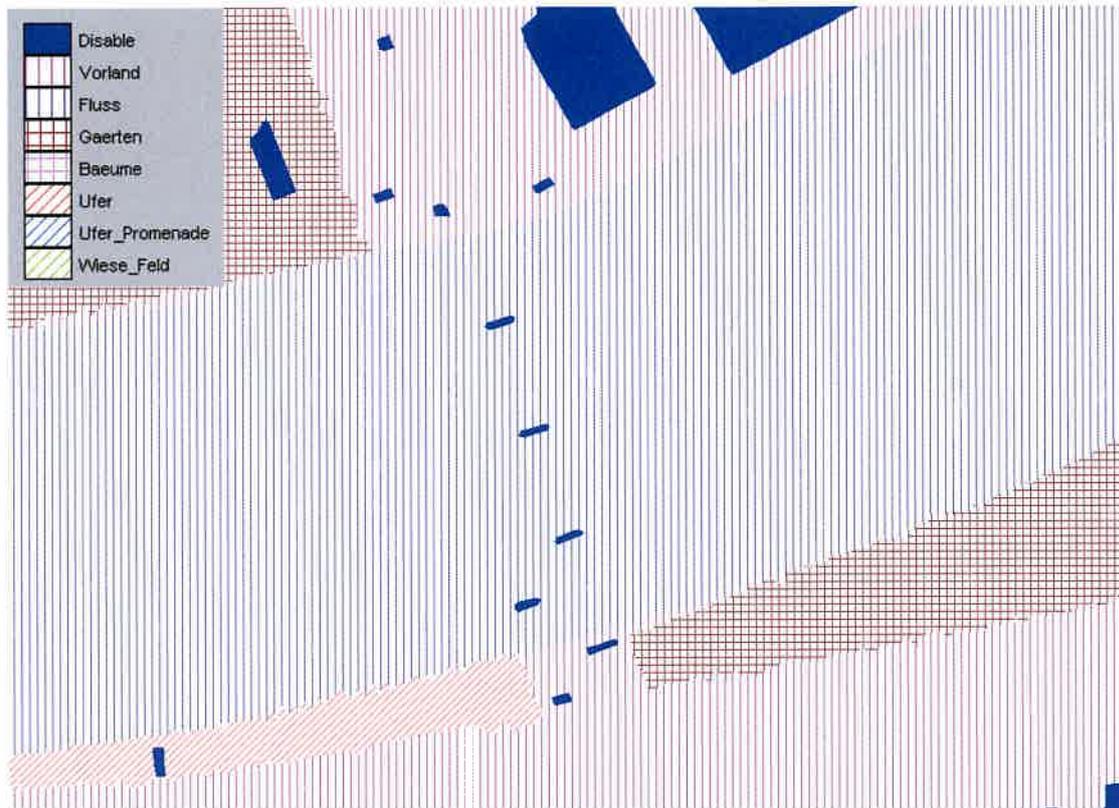


Abbildung 5: Materialbelegung der Berechnungselemente (Ausschnitt Ist-Zustand)



Abbildung 6: Materialbelegung der Berechnungselemente (Ausschnitt Bau-Zustand)

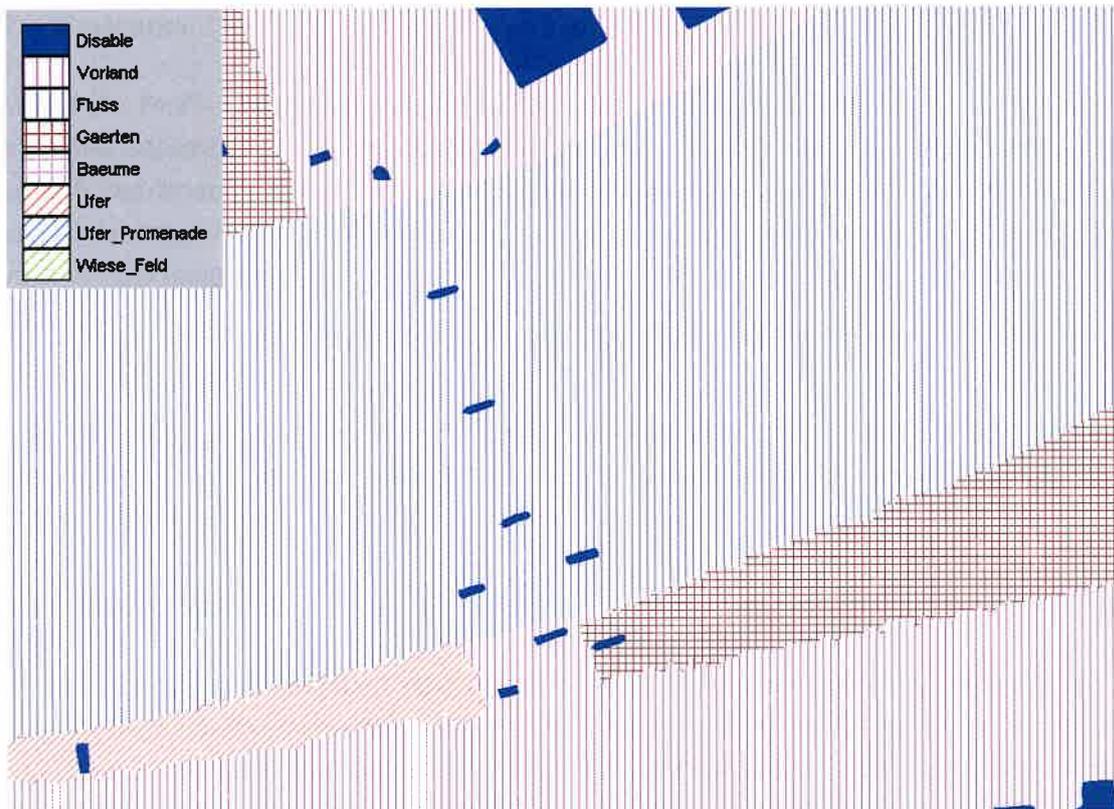


Abbildung 7: Materialbelegung der Berechnungselemente (Ausschnitt End-Zustand)

Tabelle 1: Strickler-Beiwerte für das 2D-Wasserspiegellagenmodell

Zustand	Strickler-Beiwert in $m^{1/2}/s$
Fluss	35
Wald/Bäume	15
Grünland	42,5
Strasse	55
Gärten	17,5
Ufer	30
Ufer, Promenade	40
Vorland, allgemein	25
Wiesen/Felder	22,5

2.7 Bauwerke

Anhand der Profil- und Bestandsdaten wurden die bestehenden Brücken mit ihren Geometrien in das Berechnungsnetz des „Main-Modells“ eingearbeitet. Brückenpfeiler werden, wie in Kap. 2.6 beschrieben, über die Option „Disable“ abflussunwirksam gesetzt. Die Unterkante des Brückenträgers wird, falls relevant, über die Option „Konstruktionsunterkante (KUK)“ in Hydro_AS-2D festgelegt.

In dem Berechnungsnetz des Ist-Zustands sind insgesamt 4 Brücken über den Main auf diese Weise nachgebildet.

In die Berechnungsnetze des Plan- und des End-Zustands wird die neue Brücke mit ihren Widerlagern und Pfeilern bzw. Baugrubenumschließungen analog der beschriebenen Vorgehensweise eingearbeitet.

2.8 Gebietsauslässe

Abflüsse aus dem Modellgebiet sind nur in speziell definierten Bereichen möglich, für die geeignete Randbedingungen formuliert werden. Im konkreten Fall besteht ein Gebietsauslass nur im Bereich des Flussbettes des Mains. Als Auslaufrandbedingung wird eine Wasserstand-Abfluss-Beziehung vorgegeben, die aus den vorliegenden Berechnungsergebnissen für das „Main-Modell“ abgeleitet wurde.

2.9 Modellkalibrierung

Für die Kalibrierung des „Main-Modells“ wurde das Hochwasser vom 31. Jan 1995 verwendet. Die Kalibrierung wurde hat weitgehend gute Übereinstimmungen zwischen den errechneten Ergebnissen und den zur Verfügung stehenden Beobachtungen erzielt.

Eine darüber hinaus gehende Kalibrierung des in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Modells für den Ist-Zustand ist nicht erforderlich.

3 BERECHNUNGEN FÜR DEN IST-ZUSTAND

Der Ist-Zustand dient als Referenz zur Beurteilung der Auswirkungen des geplanten Neubaus der Brücke.

Die Berechnungen erfolgen mit dem gemäß Kap. 2.4 aus dem „Main-Modell“ heraus getrennten Modell für den Ist-Zustand.

3.1 Abflüsse

Die Berechnungen werden stationär unter Ansatz der 100-jährlichen Abflüsse gemäß Pegel Frankfurt/Osthafen durchgeführt. Dort beträgt der Abflussscheitelwert: $Q_{\max} = 2530 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.2 Ergebnisse

Die für das 100-jährliche Hochwasser des Mains im Bereich der zu bauenden Brücke ermittelten Überschwemmungsflächen mit Wassertiefen ab 1 cm sind in Abbildung 8 dargestellt. Die dazugehörigen Strömungsgeschwindigkeiten sind in Abbildung 9 abgebildet. Eine Übersicht über die im Bereich der Mainbrücken beim HQ_{100} zu erwartenden Schubspannungen gibt Abbildung 10.

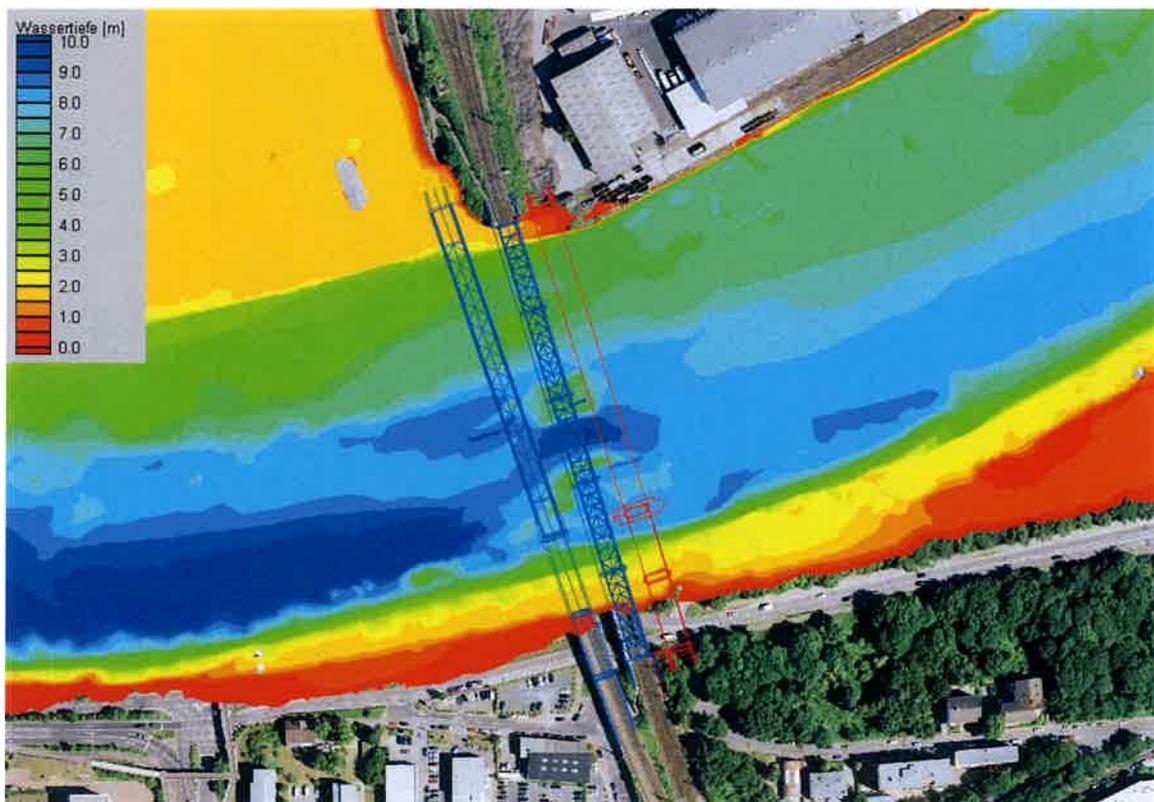


Abbildung 8: Wassertiefen bei HQ_{100} , Ist-Zustand

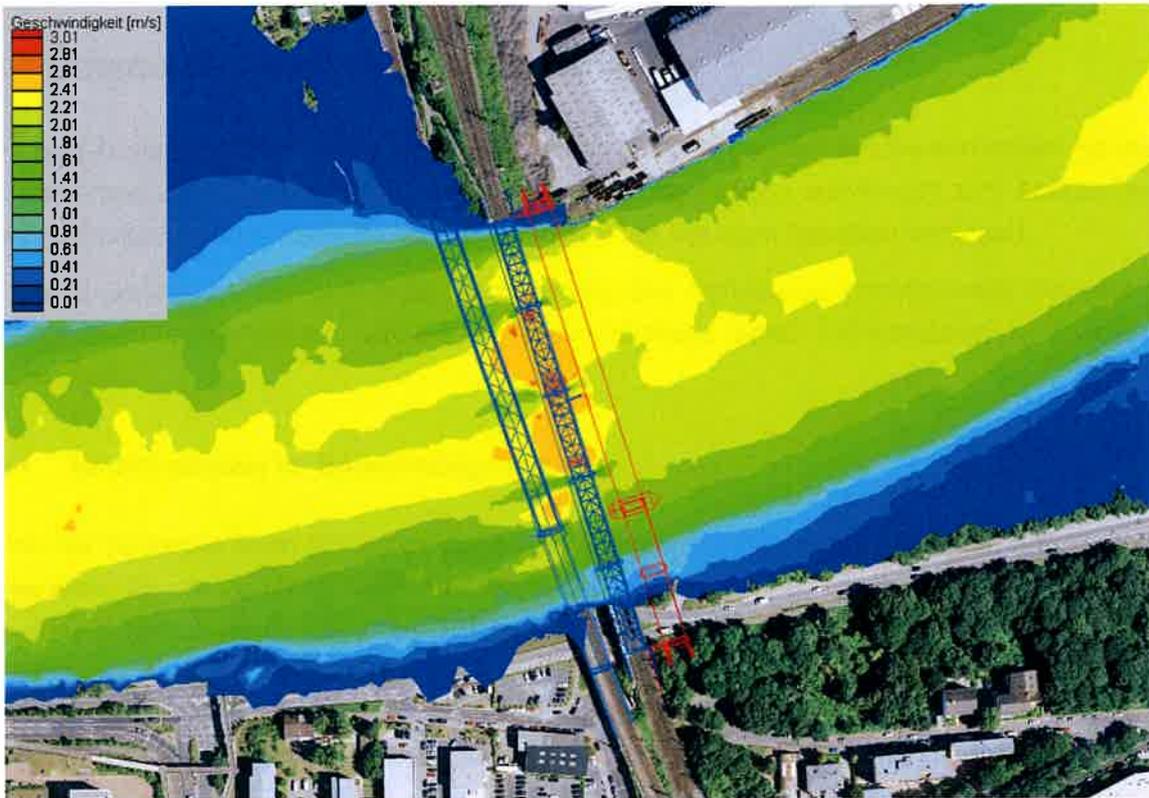


Abbildung 9: Fließgeschwindigkeit bei HQ₁₀₀, Ist-Zustand

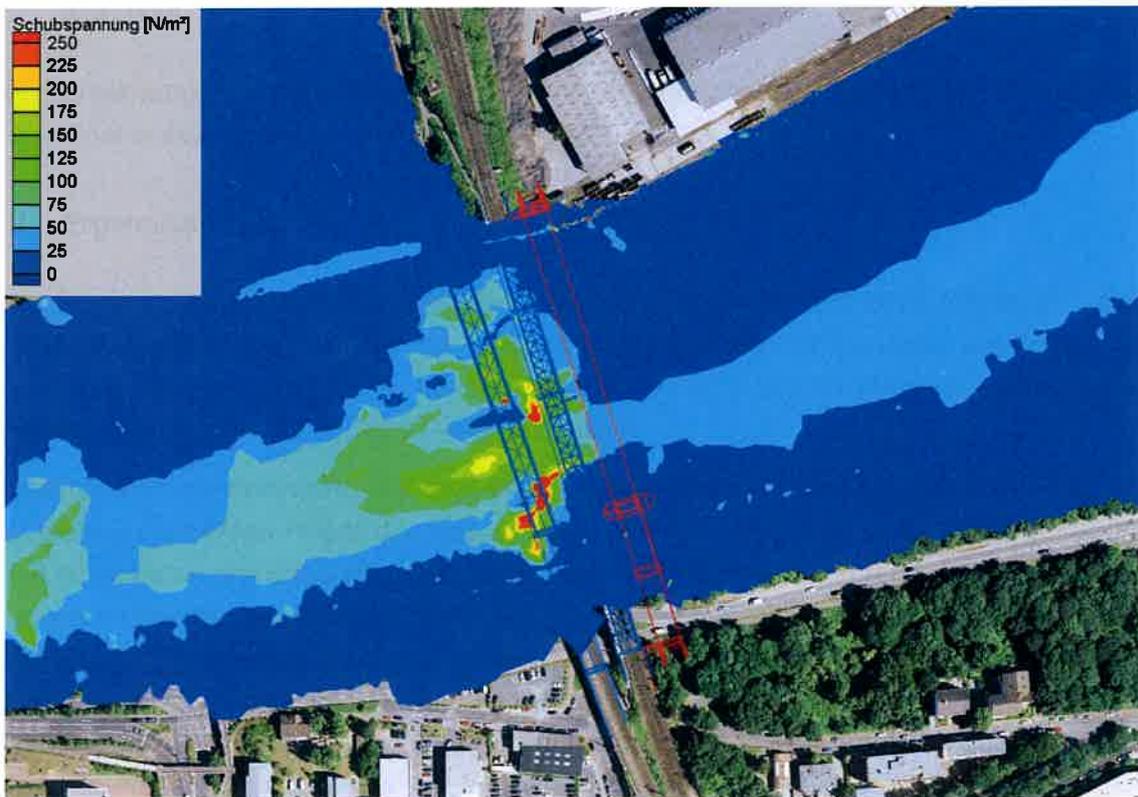


Abbildung 10: Schubspannungen bei HQ₁₀₀, Ist-Zustand

4 BERECHNUNGEN FÜR DEN BAU-ZUSTAND

Im Bau-Zustand sind die Baugruben der beiden Pfeiler der neuen Brücke von einem Spundwandverbau umschlossen. Die umschlossenen Flächen tragen somit nicht zum Abfluss bei, der Abflussquerschnitt des Mains wird gegenüber der heutigen Situation verringert.

Es wird untersucht, wie sich diese Verringerung des Abflussquerschnitts durch die beiden Baugrubenumschließungen auf die Abflussverhältnisse beim 100-jährlichen Hochwasser auswirken.

4.1 Modifikationen im Berechnungsnetz

Von der Deutsche Bahn AG wurde der aktuelle Stand der Planungen zur neuen Brücke über den Main für die durchzuführenden Untersuchungen zur Verfügung gestellt. In das Modell des Ist-Zustands wurde die neue Brücke bzw. deren Widerlager und Pfeiler eingefügt. Die Widerlager wurden einschließlich der Anbindung an die Umgebung in das Berechnungsnetz eingearbeitet. Die Brückenpfeiler und die von den Baugrubenumschließungen eingefassten Flächen wurden wie in Kapitel 2.6 beschrieben mit „Disable“ belegt und somit dem Abflussquerschnitt entzogen.

4.2 Abflüsse

Die Berechnungen wurden wiederum für das 100-jährliche Mainhochwasser durchgeführt. Verwendet wurde hierfür der Abfluss aus Kap. 3.1.

4.3 Ergebnisse

Von den unter Ansatz des 100-jährlichen Mainhochwassers für den Bau-Zustand errechneten Wasserspiegellagen wurden die Wasserspiegellagen des Ist-Zustands abgezogen, um die Veränderungen darstellen zu können („Bau minus Ist“). Die resultierenden Wasserspiegeldifferenzen sind in Abbildung 11 veranschaulicht.

Danach treten nennenswerte (≥ 5 cm) Wasserspiegelanstiege nur unmittelbar oberhalb der Baugruben der beiden Pfeiler der neuen Brücke auf. Der mit knapp über 30 cm größte Anstieg ist direkt an der Baugrubenumschließung des im Flussbett vorgesehenen Pfeilers festzustellen. Über die verbleibende Breite des Mains treten keine signifikanten Wasserspiegelanstiege auf. Auch nach oberstrom wirken sich die beiden Baugrubenumschließungen nur über eine kurze Distanz spürbar auf die 100-jährlichen Wasserspiegellagen aus. Bereits rd. 80 m oberhalb der Baugruben sind die Unterschiede zwischen Bau- und Ist-Zustand bereits wieder kleiner als 5 cm. Ursache der festgestellten Wasserspiegelanstiege ist die aufstauende Wirkung der beiden Baugrubenumschließungen.

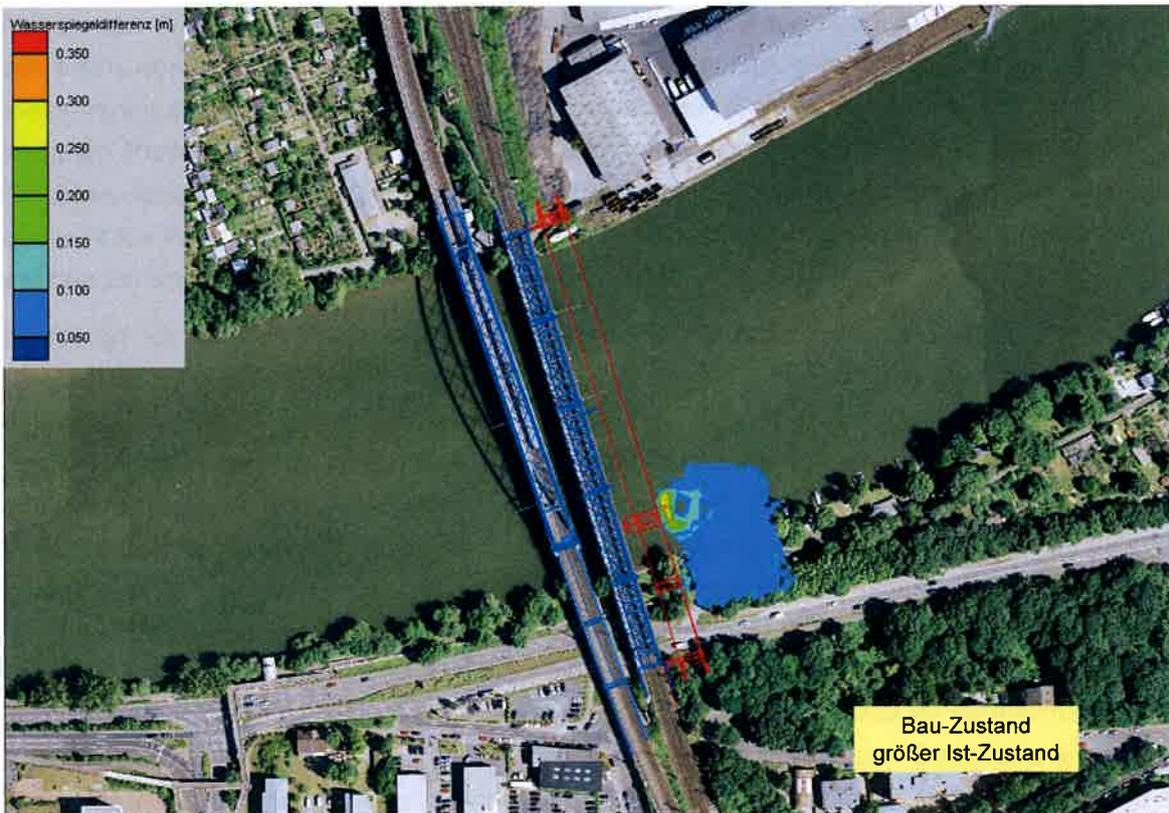


Abbildung 11: Wasserspiegeldifferenzen bei HQ_{100} (Bau-Zustand minus Ist-Zustand)

Neben den Wasserspiegelanstiegen oberhalb der beiden Baugrubenumschließungen treten vor allem neben und unterhalb von ihnen auch Wasserspiegelabsenkungen auf. Weitere Wasserspiegelabsenkungen sind rechts der beiden vom Bauvorhaben nicht unmittelbar betroffenen Pfeiler der stromab folgenden Brücke festzustellen (Abbildung 11). Verantwortlich für diese Absenkungen ist die Abflussbeschleunigung infolge der Einengung des Abflussquerschnitts in Verbindung mit einer gewissen Verschiebung von Abflussanteilen vom linken auf den zentralen und rechten Teil des Gewässerbetts.

Deutlicher als bei den Wasserspiegeln kommen die Auswirkungen der beiden Baugrubenumschließungen auf die Hochwasserabflussverhältnisse bei Betrachtung der Fließgeschwindigkeiten zum Ausdruck. In Abbildung 12 sind die Fließgeschwindigkeiten beim 100-jährlichen Hochwasser im Bau-Zustand dargestellt², Abbildung 13 veranschaulicht die Unterschiede zum Ist-Zustand. Aus beiden Darstellungen ist zunächst zu erkennen, dass die Fließgeschwindigkeiten oberhalb der beiden Baugrubenumschließungen im Bau-Zustand infolge des dort wirksam werdenden Aufstaus geringer als im Ist-Zustand sind. Stromab der im Flussbett gelegenen Baugrubenumschließung bildet sich aufgrund der von ihr bewirkten „Abschattung“ eine lange Schleppe mit niedrigeren Geschwindigkeiten als im Ist-Zustand aus. In allen anderen Bereichen der Brücken steigt die Geschwindigkeit im Vergleich zum Ist-Zustand an. Am deutlichsten fällt dieser Anstieg zwischen den beiden Baugrubenumschließungen aus. Hier steigt die Fließgeschwindigkeit im Vergleich zum Ist-Zustand um bis zu 1 m/s an. Im zentralen und rechten Teil des Flussbetts fallen die Anstiege moderater aus. Sie sind auf die Verlagerung von Abflussanteilen in diesen Teil des Abflussquerschnitts begründet.

Die Unterschiede in den Schubspannungen zwischen Bau- und Ist-Zustand veranschaulicht Abbildung 14. Sie entsprechen qualitativ den Veränderungen bei den Geschwindigkeiten. Oberhalb der beiden Baugrubenumschließungen und unterhalb der im Flussbett gelegenen Baugrubenumschließung gehen die Schubspannungen, zwischen den beiden Baugrubenumschließungen und im zentralen und rechten Teil des Flussbetts steigen sie an. Betragsmäßig reichen die Veränderungen in beide Richtungen meist bis in die Größenordnung von 30 N/m², zwischen den beiden Baugrubenumschließungen kann der Anstieg lokal aber auch 50 N/m² übersteigen.

² Die farbliche Ausfüllung der Flächen innerhalb der Baugrubenumschließungen ist auswertungsbedingt. In den Berechnungen selbst sind diese Flächen wie in Kap. 4.1 beschrieben abflussunwirksam.

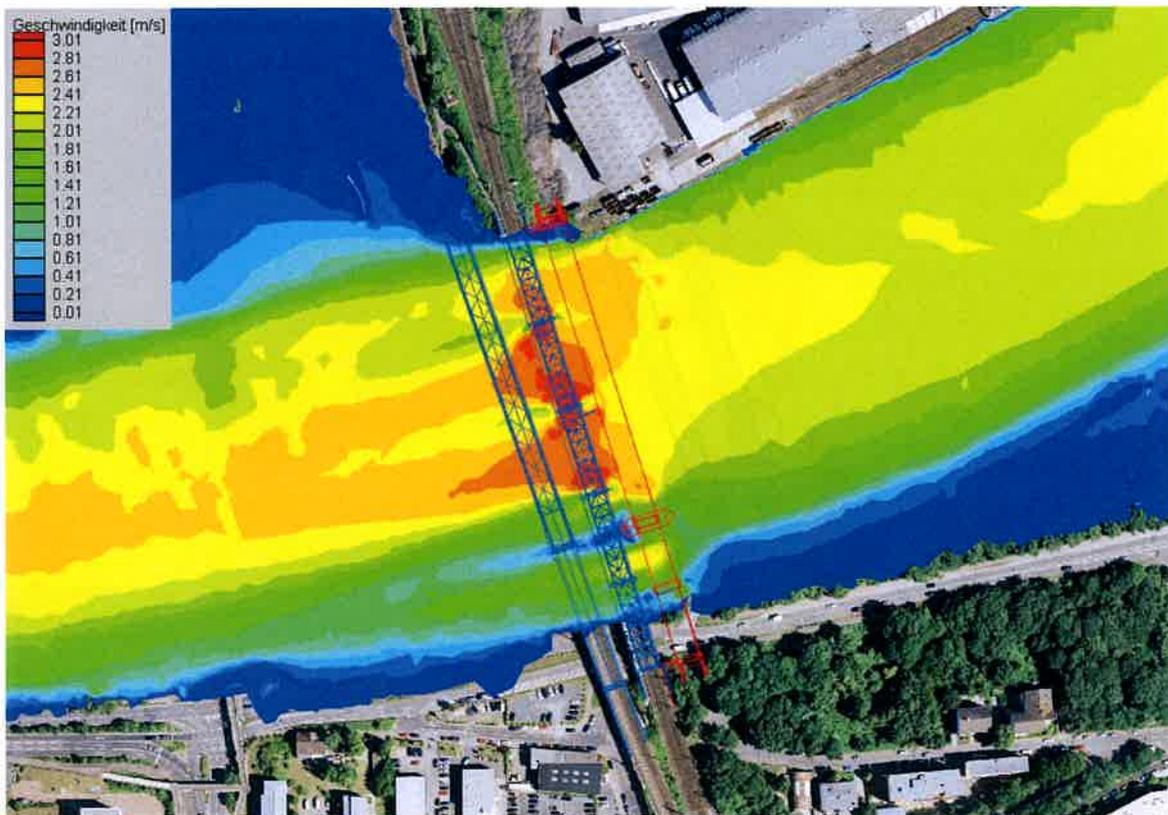


Abbildung 12: Fließgeschwindigkeit bei HQ₁₀₀, Bau-Zustand

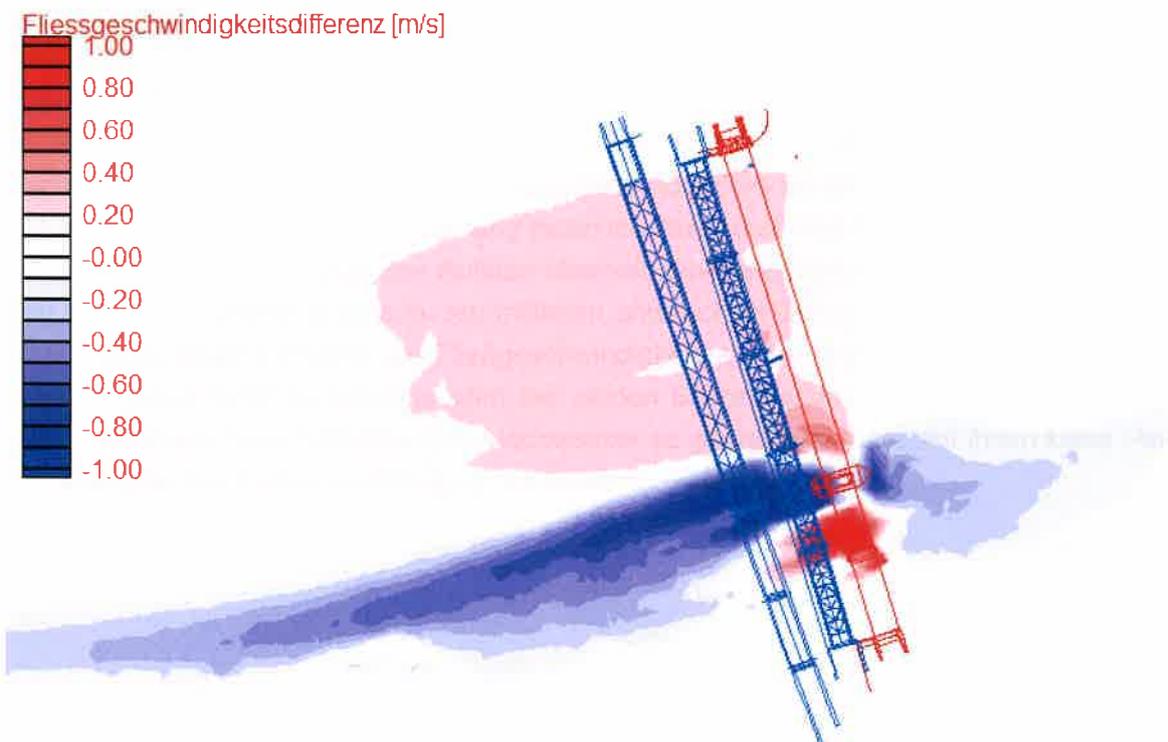


Abbildung 13: Veränderung der Fließgeschwindigkeit im Bau-Zustand gegenüber dem Ist-Zustand bei HQ₁₀₀

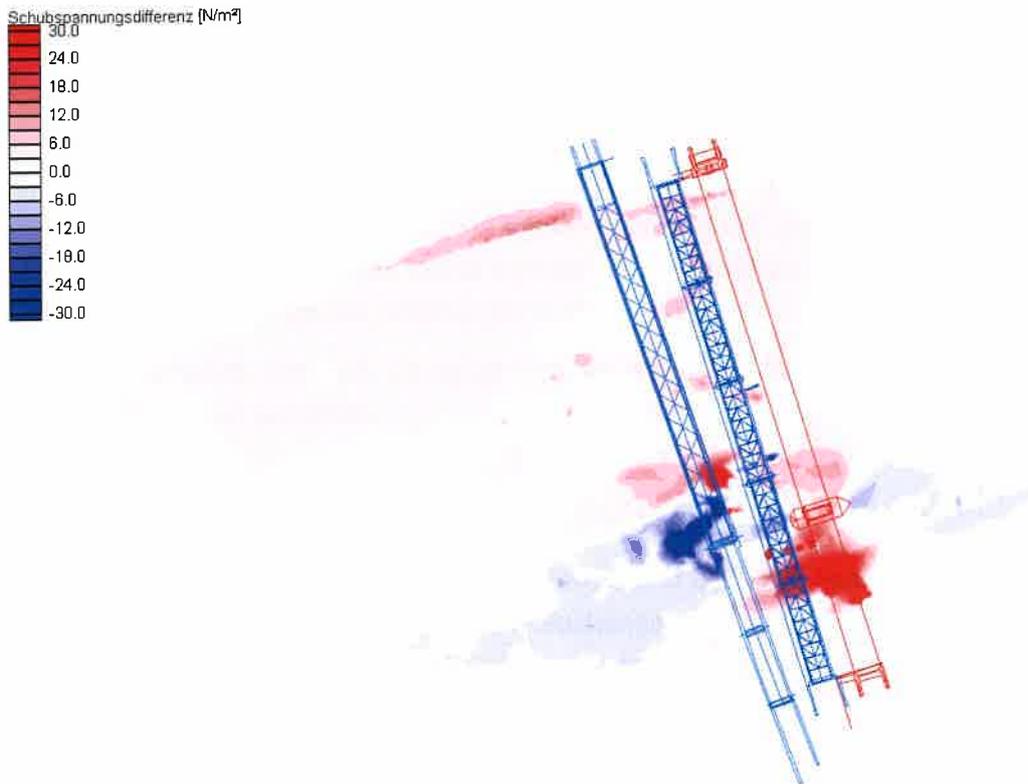


Abbildung 14: Veränderung der Schubspannungen im Bau-Zustand gegenüber dem Ist-Zustand bei HQ_{100}

Als Fazit der Untersuchungen für den Bau-Zustand ist festzuhalten, dass sich die beiden Baugrubenumschließungen nur wenig auf das Hochwasserabflussgeschehen des Mains auswirken. Nennenswerte Wasserspiegelanstiege mit eng begrenzten lokalen Maxima von rd. 30 cm sind auf einen kleinen Bereich oberhalb der beiden Baugrubenumschließungen begrenzt. Die Einengung des Abflussquerschnitts durch die Baugrubenumschließungen bewirkt eine Beschleunigung der Strömung zwischen ihnen und eine damit einhergehend Wasserspiegelabsenkung. Durch den Aufstau oberhalb der Baugrubenumschließungen wird ein Teil des Hochwasserabflusses in den mittleren und rechten Teil des Mains abgedrängt und führt dort zu einer Zunahme der Fließgeschwindigkeiten. Abschließend bleibt festzustellen, dass die beschriebenen Auswirkungen der beiden Baugrubenumschließungen auf die Abflussverhältnisse beim 100-jährlichen Hochwasser so gering sind, dass mit ihnen keine Verschärfung der Hochwassergefährdung der Anlieger einhergeht.

5 BERECHNUNGEN FÜR DEN END-ZUSTAND

Im End-Zustand stehen die beiden Pfeiler der neuen Brücke im Hochwasserabflussquerschnitt des Mains, wobei einer dieser beiden Pfeiler unmittelbar im Gewässerbett, der andere auf dem rechten Vorland steht. Die von Pfeilern blockierten Flächen tragen nicht zum Abfluss bei. Der Abflussquerschnitt des Mains wird dadurch gegenüber der heutigen Situation verringert, allerdings in geringerem Umfang als im Bau-Zustand.

Es wird untersucht, wie sich die beiden Pfeiler auf die Abflussverhältnisse beim 100-jährlichen Hochwasser auswirken.

5.1 Modifikationen im Berechnungsnetz

Von der Deutsche Bahn AG wurde der aktuelle Stand der Planungen zur neuen Brücke über den Main für die durchzuführenden Untersuchungen zur Verfügung gestellt. In das Modell des Ist-Zustands wurde die neue Brücke bzw. deren Widerlager und Pfeiler eingefügt. Die Widerlager wurden einschließlich der Anbindung an die Umgebung in das Berechnungsnetz eingearbeitet. Die Brückenpfeiler wurden wie in Kapitel 2.6 beschrieben mit „Disable“ belegt und somit dem Abflussquerschnitt entzogen.

5.2 Abflüsse

Auch die Berechnungen für den End-Zustand wurden unter Ansatz des 100-jährlichen Abflusses des Mains aus Kap. 3.1 durchgeführt.

5.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Berechnungen für den End-Zustand wurden analog zu den Berechnungsergebnissen für den Bau-Zustand ausgewertet und den Ergebnissen des Ist-Zustands gegenübergestellt.

Die Auswirkungen der beiden Pfeiler der neuen Brücke auf die Hochwasserabflussverhältnisse des Mains sind im End-Zustand vom Prinzip her identisch mit den bereits für den Bau-Zustand festgestellten Auswirkungen der Baugrubenumschließungen, aufgrund des geringeren „Verbauungsgrads“ fallen sie jedoch sowohl im Hinblick auf die Größe der betroffenen Bereiche als auch im Hinblick auf die betragsmäßige Änderung deutlich geringer als dort.

Abbildung 15 veranschaulicht die Wasserspiegeldifferenzen („End minus Ist“) zwischen den beiden Systemzuständen. Als untere Darstellungsgrenze wurde jetzt eine Differenz von ± 2 cm gewählt (zum Vergleich: im Bau-Zustand beträgt die Darstellungsgrenze ± 5 cm).

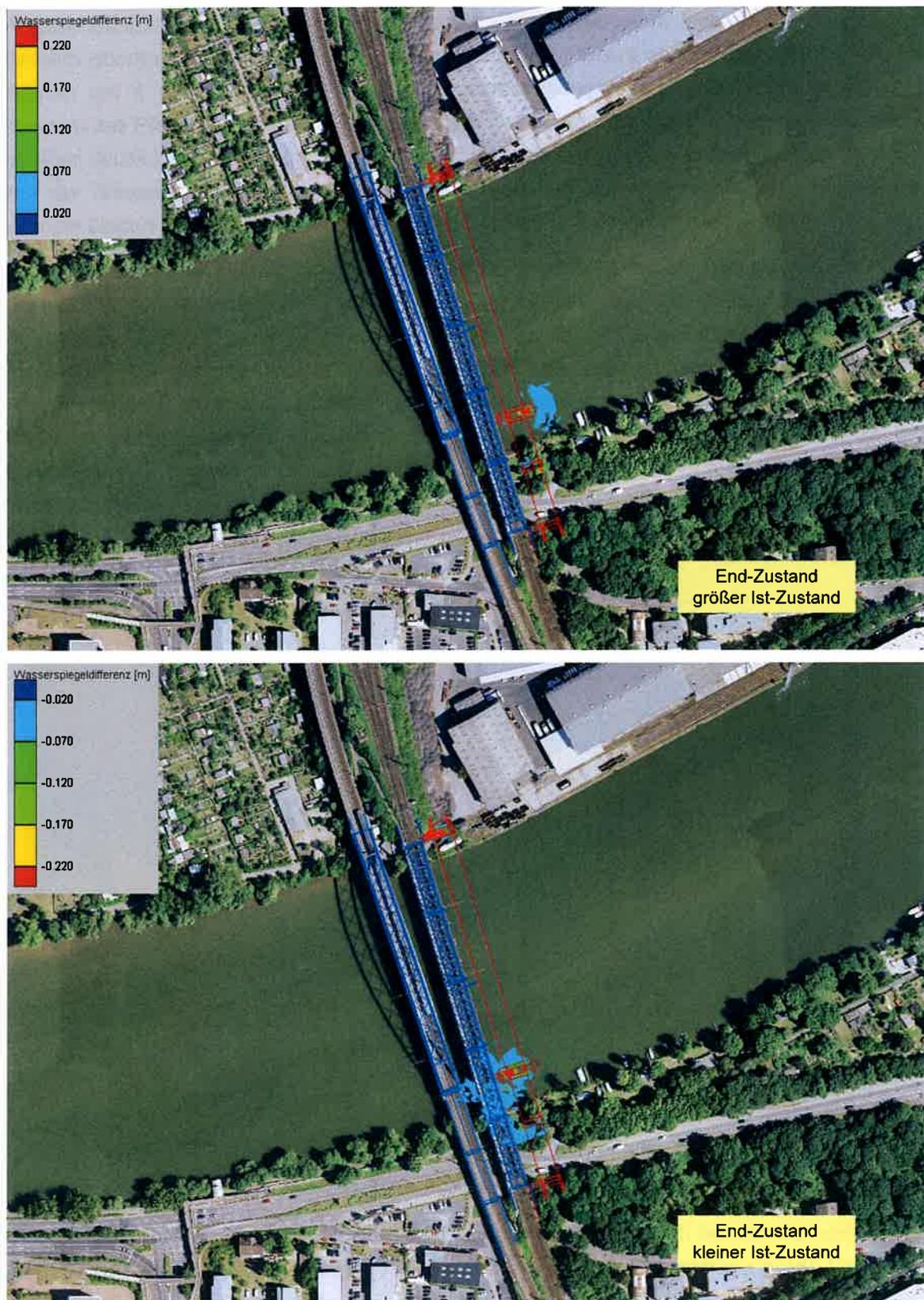


Abbildung 15: Wasserspiegeldifferenzen bei HQ_{100} (End-Zustand minus Ist-Zustand)

Abgesehen von rein lokalen Phänomenen treten Wasserspiegelanstiege nur in einem kleinen Bereich oberhalb des im Gewässerbett vorgesehenen Pfeilers auf. Der Anstieg ist hier mit Werten um 5 cm aber gering. Wasserspiegelabsenkungen treten wiederum seitlich und stromab der Pfeiler auf. Die Ausdehnung dieser Bereiche wie auch das Maß der Absenkung ist aber deutlich kleiner als im Bau-Zustand. Letzteres bewegt sich überwiegend um -5 cm. Auf die Wasserspiegellagen im mittleren und rechten Teil des Abflussquerschnitts wirken sich die beiden Pfeiler unter Berücksichtigung der Darstellungsgrenze nicht aus.

Auch bei der Analyse der sensibleren Fließgeschwindigkeiten (Abbildung 16) bzw. Geschwindigkeitsdifferenzen (Abbildung 17) ist festzustellen, dass der mittlere und rechte Teil des Abflussquerschnitts von den beiden Pfeilern praktisch unbeeinflusst ist. Kleinere Geschwindigkeiten als im Ist-Zustand treten wiederum oberhalb und unterhalb des im Flussbett vorgesehenen Pfeilers auf. Die Geschwindigkeitsabnahme liegt hier meist unter $0,3$ m/s, im Strömungsschatten unmittelbar unterhalb des Pfeilers ist lokal eine Abnahme bei $0,6$ m/s festzustellen. Zwischen den Pfeilern und des links des Pfeilers im Vorland nehmen die Fließgeschwindigkeiten zu, überwiegend um bis zu $0,4$ m/s, lokal auch bis zu $0,5$ m/s.

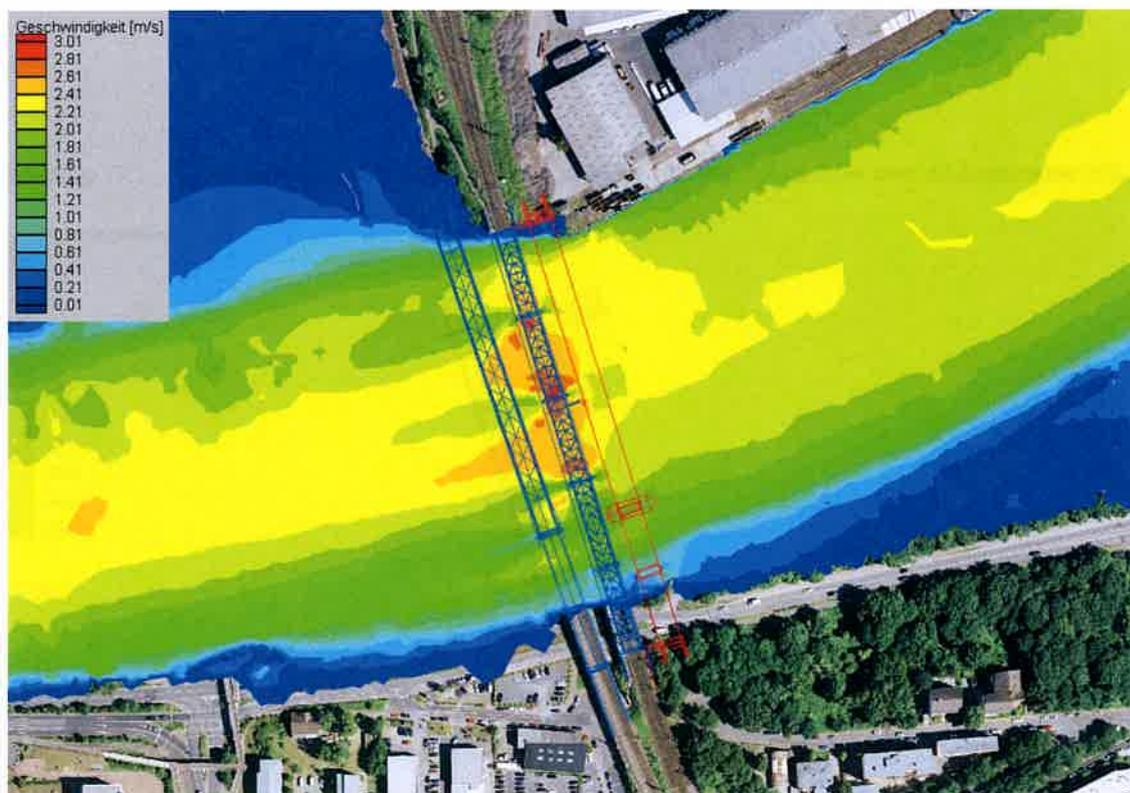


Abbildung 16: Fließgeschwindigkeit bei HQ_{100} , End-Zustand

Abgesehen von einigen kleineren Bereichen beschränken sich auch bei den Schubspannungen die Unterschiede auf den linken Teil des Abflussquerschnitts (Abbildung 18). Der betroffene Bereich und die Größe der Unterschiede sind wiederum kleiner als im Bau-Zustand. Letztere liegen betragsmäßig überwiegend um 10 N/m².

Fließgeschwindigkeitsdifferenz [m/s]

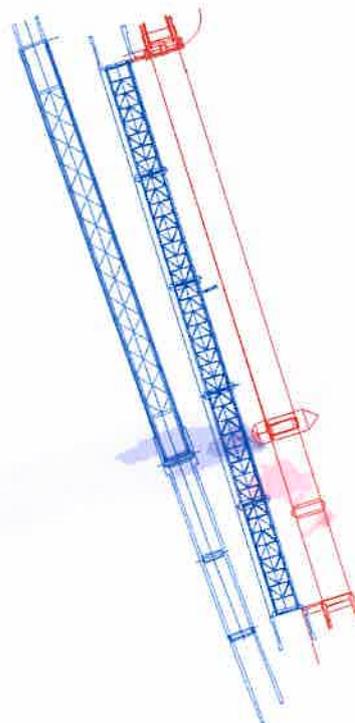
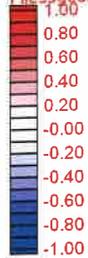


Abbildung 17: Veränderung der Fließgeschwindigkeit im End-Zustand gegenüber dem Ist-Zustand bei HQ₁₀₀

Schubspannungsdifferenz [N/m²]

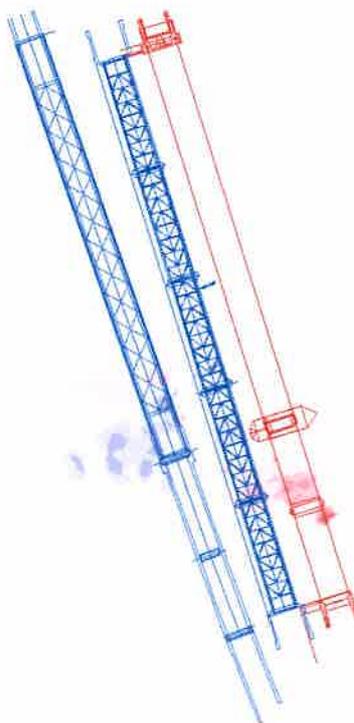
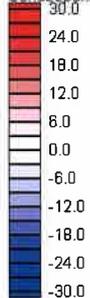


Abbildung 18: Veränderung der Schubspannungen im End-Zustand gegenüber dem Ist-Zustand bei HQ₁₀₀

Kleinere Schubspannungen als im Ist-Zustand treten unterhalb des im Flussbett vorgesehenen Pfeilers auf. Ursache hierfür sind zum einen der geringe Aufstau nach oberstrom, zum anderen abschattende Wirkung stromab. Neben den Pfeilern steigen die Schubspannungen infolge der Beschleunigung der Strömung leicht an. Der mit rd. 15 N/m² größte Anstieg tritt links des auf dem Vorland vorgesehenen Pfeilers auf. Im mittleren und rechten Teil des Abflussquerschnitts steigt die Schubspannung ganz leicht (in Abbildung 18 nur in kleinen Bereichen überhaupt zu erkennen) an, was auf eine minimale, an den Differenzendarstellungen von Wasserspiegellagen und Fließgeschwindigkeiten nicht abzulesende Beeinflussung auch dieser Bereiche durch die beiden Pfeiler hindeutet.

6 ZUSAMMENFASSUNG

In Frankfurt am Main plant die Deutsche Bahn AG den Bau einer neuen Bahnbrücke über den Main in unmittelbarer Nähe zu zwei bereits bestehenden Brücken über diesen Fluss.

Das vorliegende Gutachten beinhaltet den als Bestandteil der Genehmigungsunterlagen zu erbringenden wasserwirtschaftlichen Nachweis der Auswirkungen der neuen Brücke auf die Hochwasserabflussverhältnisse des Mains. Geführt wurde der Nachweis mittels 2D-Wasserspiegellagenberechnungen. Grundlage hierfür bildete ein im Auftrag des Umweltamtes der Stadt Frankfurt am Main erstelltes 2D-Wasserspiegellagenmodell für den Main im Frankfurter Stadtgebiet.

Dieses Modell wurde zunächst im Bereich der geplanten Brücke unter Verwendung der von der Deutschen Bahn AG zur Verfügung gestellten Unterlagen verfeinert. Die für diesen verfeinerten Ist-Zustand unter Ansatz eines 100-jährlichen Hochwasserabflusses durchgeführten Berechnungen bildeten den Referenz-Zustand zur Beurteilung der von den beiden Pfeilern der neuen Brücke ausgehenden Auswirkungen auf die Hochwasserabflussverhältnisse des Mains.

In das verfeinerte Modell des Ist-Zustands wurden die Planungen für die neue Brücke eingearbeitet. Dabei wurde zwischen einem Bau- (Umschließung der Pfeilerbaugruben durch Spundwandverbau) und einem End-Zustand unterschieden.

Die Berechnungen für den End-Zustand zeigen, dass von der neuen Brücke nur eine sehr geringe Beeinflussung der Hochwasserabflussverhältnisse des Mains ausgeht. Sie beschränkt sich im Wesentlichen auf das unmittelbare und nähere Umfeld der beiden Pfeiler und ist bezogen auf die Strömungsgrößen Wasserspiegellagen, Fließgeschwindigkeiten und Schubspannungen auch betragsmäßig gering (z.B. Veränderung der Wasserspiegellagen im Bereich des im Flussbett gelegenen Pfeilers um ± 5 cm). Der mittlere und der rechte Teil des Abflusswerdens von den beiden Pfeilern praktisch nicht beeinflusst.

Im Bau-Zustand treten prinzipiell die gleichen Auswirkungen auf die Abflussverhältnisse wie im End-Zustand auf. Aufgrund des größeren Verbauungsgrads erstrecken sie sich aber über größere Bereiche und sind auch betragsmäßig größer (z.B. Veränderung der Wasserspiegellagen lokal um bis zu rd. 30 cm, im Mittel zwischen 5 und 10 cm). Auch werden der mittlere und der rechte Teil des Abflussquerschnitts in geringem Umfang beeinflusst.

Durch den Bau der neuen Eisenbahnbrücke über den Main werden die Hochwasserabflussverhältnisse nur im Bereich der beiden Brückenpfeiler und auch dort nur in geringem Umfang

beeinflusst. Eine Verschärfung der Hochwassergefährdung für die Anlieger tritt nicht auf. Im Bau-Zustand bestehen etwas stärkere Auswirkungen auf die Hochwasserabflussverhältnisse, die sich im Wesentlichen aber auch auf das Pfeilerumfeld beschränken. Zudem sind sie noch immer so gering, dass von ihnen keine Verschärfung der Hochwassergefährdung für die Anlieger ausgeht.

Die mit den Berechnungen festzustellenden Auswirkungen des Brückenneubaus auf die Hochwasserabflussverhältnisse, insbesondere auf die Schubspannungen, bewegen sich in einer Größenordnung, die keine zusätzlichen Kolkschutzmaßnahmen an den Pfeilern der bestehenden Brücken erfordert. Unter Berücksichtigung der für den Ist-Zustand berechneten Schubspannungen in Verbindung mit den durch den Brückenneubau bewirkten Veränderungen kann der an den Pfeilern der bestehenden Brücken vorhandene Kolkschutz unter Anpassung an die Pfeilergeometrie auch an den Pfeilern der geplanten Brücke zur Ausführung gelangen.

Darmstadt, 30. März 2012



Dipl.-Ing. Andreas Kahl



Dr.-Ing. Stefan Wallisch

