

**NIEDERSÄCHSISCHE LANDESBEHÖRDE
FÜR STRASSENBAU UND VERKEHR
GESCHÄFTSBEREICH WOLFENBÜTTEL**

Baubeschreibung / Erläuterungen

**Autobahndreieck Braunschweig - Südwest,
A 39 / A 391**

**Ausbau des Fuhsekanals
im Bereich der Brückenbauwerke
BSW 3 a, d , e , und f**

Bearbeitet:

Braunschweig, 20.06.2011

Prof. Dr.-Ing. W. Hartung + Partner

Ingenieurgesellschaft mbH

.....
(Dipl.-Ing. D. Meyer)

INHALTSVERZEICHNIS

1.0	Vorbemerkungen	3
2.0	Hydrologische Grundlagen und Anforderungen	3
3.0	Derzeitige Situation.....	6
4.0	Planungssituation Gewässerausbau	6
5.0	Hinweise zur Bauausführung	9
6.0	Wassertechnische Berechnungen	10
7.0	Kostenberechnung.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.

Anhang

Kostenberechnung

Aktennotiz 1 bis 3

Dokumentation der Wasserspiegellagen

Lastfall MQ = 0,094 m³/s, Bestand

Lastfall HQ5 = 1,56 m³/s, Bestand

Lastfall HQ10 = 1,95 m³/s, Bestand

Lastfall HQ20 = 2,34 m³/s, Bestand

Lastfall HQ50 = 2,93 m³/s, Bestand

Lastfall HQ100 = 3,25 m³/s, Bestand

Lastfall HHQ = 5,00 m³/s, Bestand

Längsschnitt Fuhsekanal LF MQ Bestand

Längsschnitt Fuhsekanal LF Q = 5,00 Bestand

Lastfall MQ = 0,094 m³/s, Planung

Lastfall HQ5 = 1,56 m³/s, Planung

Lastfall HQ10 = 1,95 m³/s, Planung

Lastfall HQ20 = 2,34 m³/s, Planung

Lastfall HQ50 = 2,93 m³/s, Planung

Lastfall HQ100 = 3,25 m³/s, Planung

Lastfall HHQ = 5,00 m³/s, Planung

Längsschnitt Fuhsekanal LF MQ Planung

Längsschnitt Fuhsekanal LF Q = 5,00 Planung

Anlagenverzeichnis

<u>Anlage</u>	<u>Name</u>	<u>Maßstab</u>
Anl. 1.0	Übersichtskarte	1 : 5000
Anl. 1.1	Lageplan	1 : 250
Anl. 2.1	Detailplan für BSW 3f+BSW 3e / Gewässerausbau	1 : 100
Anl. 2.2	Detailplan für BSW 3a / Gewässerausbau	1 : 100
Anl. 2.3	Detailplan für BSW 3d / Gewässerausbau	1 : 100
Anl. 3.0	Querprofile / Gewässerausbau	1 : 100 / 50
Anl. 4.0	Längsschnitt / Gewässerausbau	1 : 1.000 /

1.0 Vorbemerkungen

Im Zuge des Neubaus des Autobahndreiecks Braunschweig-Südwest A39/A391 werden die Brückenbauwerke BSW 3 a, d, e, und f am Fuhsekanal erneuert. In Rahmen dieser Maßnahme wird das Gewässerprofil des Fuhsekanals auf einer Länge von ca. 150 m (Stat. 0 + 289 bis 0 + 446) zwischen „Alter Frankfurter Straße“ und „Schrotweg“ ökologisch aufgewertet. Gleichzeitig muss das Abflussprofil die extremen Hochwasserereignisse, die im Wesentlichen aus der Regenwasserkanalisation der oberhalb angeschlossenen Weststadt bedingt sind, abführen können.

Zum Ausbau des Fuhsekanals hat es bereits Ende 2008 umfangreiche Abstimmungen mit der Stadt Braunschweig (Untere Wasser- und Untere Naturschutzbehörde) gegeben.

Es ist vorgesehen, mit dem Ausbau des Fuhsekanals umgehend nach Erteilung der wasserrechtlichen Genehmigung zu beginnen und noch 2011 abzuschließen.

2.0 Hydrologische Grundlagen und Anforderungen

Für den Fuhsekanal liegen keine Pegelmessungen und dazugehörige Auswertungen vor, sodass die statistischen Abflussgrößen nur abgeschätzt werden können.

Entsprechend der Angaben der Unteren Wasserbehörde der Stadt Braunschweig (UWB) sind beim Hochwasserereignis 2002 $HHQ = 5,00 \text{ m}^3/\text{s}$ abgeflossen. Entsprechend den Angaben in der von der Stadtentwässerung Braunschweig (SEBS) erstellten Studie zum Hochwasserschutzkonzept Fuhsekanal kamen dabei etwa $Q = 1,30 \text{ m}^3/\text{s}$ aus dem Bereich oberhalb Broitzem. Dieser Abfluss wird dort als einhundertjähriger Abfluss HQ_{100} ausgewertet. Der Differenzabfluss von $Q = 3,70 \text{ m}^3/\text{s}$ floss dem Fuhsekanal aus der Ortslage Broitzem über die Regenwasserkanalisation zu.

Dem angegebenen Niederschlag von 153,87 mm in 48 Stunden lässt sich nach Extrapolation der Angaben aus dem Kostra-Atlas ein 5000-jähriges Ereignis zuordnen.

Niederschlagshöhen Braunschweig nach DWD Kostra 2000 (39/39)										
Dauer	u(D)	w(D)	Wiederkehrintervall T in Jahren							
			1		100		1.000		5.000	
			mm	Fak.	mm	Fak.	mm	Fak.	mm	Fak.
	aus T = 5 und 100									
15 Min.	9,8000	4,1692	9,8	0,3379	29,0	1,0000	38,6	1,3310	45,3	1,5624
20 Min.	11,1000	4,7772	11,1	0,3353	33,1	1,0000	44,1	1,3323	51,8	1,5646
30 Min.	13,0000	5,7544	13,0	0,3291	39,5	1,0000	52,8	1,3354	62,0	1,5699
45 Min.	14,5000	6,9487	14,5	0,3118	46,5	1,0000	62,5	1,3441	73,7	1,5846
60 Std.	15,5000	7,9259	15,5	0,2981	52,0	1,0000	70,3	1,3510	83,0	1,5963
90 Std.	17,0000	8,2733	17,0	0,3085	55,1	1,0000	74,2	1,3457	87,5	1,5874
2 Std.	18,1000	8,5556	18,1	0,3148	57,5	1,0000	77,2	1,3426	91,0	1,5821
3 Std.	19,8000	8,9465	19,8	0,3246	61,0	1,0000	81,6	1,3377	96,0	1,5738
4 Std.	21,1000	9,2505	21,1	0,3312	63,7	1,0000	85,0	1,3344	99,9	1,5681
6 Std.	23,1000	9,6631	23,1	0,3417	67,6	1,0000	89,9	1,3291	105,4	1,5592
9 Std.	25,3000	10,0973	25,3	0,3524	71,8	1,0000	95,1	1,3238	111,3	1,5502
12 Std.	27,0000	10,4231	27,0	0,3600	75,0	1,0000	99,0	1,3200	115,8	1,5437
18 Std.	29,8000	11,4437	29,8	0,3612	82,5	1,0000	108,9	1,3194	127,3	1,5426
24 Std.	32,5000	12,4860	32,5	0,3611	90,0	1,0000	118,8	1,3194	138,8	1,5427
48 Std.	37,5000	13,5717	37,5	0,3750	100,0	1,0000	131,3	1,3125	153,1	1,5309
72 Std.	45,0000	14,1146	45,0	0,4091	110,0	1,0000	142,5	1,2955	165,2	1,5020

Entsprechend den Erfahrungswerten aus Niederschlagsabflussmodellierungen anderer Gewässer in der Region kann der funktionale Zusammenhang mit $HQ_{5000} = 1,8 \text{ bis } 2,0 \cdot HQ_{100}$ angegeben werden. Das HQ_{100} im Planungsbereich wird damit wie folgt rückgerechnet und abgeschätzt.

$$HQ_{100} = 1,30 + \frac{3,70}{1,90} = 3,25 \text{ m}^3/\text{s}$$

Auf Grundlage des HQ_{100} lassen sich entsprechend den Hochwasserbemessungswerten des ehemaligen NLÖs für die hydrologische Landschaft Börde die weiteren hydrologischen Kenngrößen ermitteln.

$$HQ_{50} = 0,90 \times 3,25 = 2,93 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$HQ_{20} = 0,72 \times 3,25 = 2,34 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$HQ_{10} = 0,60 \times 3,25 = 1,95 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$HQ_5 = 0,48 \times 3,25 = 1,56 \text{ m}^3/\text{s}$$

Die Einzugsgebietsgröße des Fuhsekanals an der Einmündung in die Oker wurden dem „Flächenverzeichnis zur Hydrographischen Karte Niedersachsen“ mit $A_{E0} = 10,19 \text{ km}^2$ entnommen.

Der Mittelwasserabfluss wird aus Vergleichsberechnung mit dem Pegel Peine/ Fuhse ($A_{E0} = 360 \text{ km}^2$ und $MQ = 1,68 \text{ m}^3/\text{s}$) ermittelt. Bei dem kleineren Einzugsgebiet sind jedoch die Abflussspenden um ca. den Faktor 2 größer als am Pegel Peine.

$$MQ = 2 \cdot 10,19 / 360 \cdot 1,68 = 0,094 \text{ m}^3/\text{s}$$

Die ermittelten Werte werden auf den Untersuchungsabschnitt übertragen. Wegen des etwas geringeren Einzugsgebietes liegen die Werte auf der sicheren Seite.

Entsprechend den Anforderungen der UWB darf für die Oberlieger keine Verschlechterung bei einem 100-jährigen Abfluss eintreten.

Für die Festlegung eines entsprechenden Grenzwasserstands im Planungsbereich sind zwei Faktoren maßgebend:

1. die Geländehöhen im direkten Baustellenbereich liegen bei etwa 73,00 mNN
2. die Berechnungen der SEBS haben gezeigt, dass Wasserspiegellagen von $\leq 72,80 \text{ mNN}$ im Bereich der Frankfurter Straße keine negativen Beeinflussungen im Oberwasser zeigen.

Im Bereich der Normalabflussverhältnisse MQ sollen zur Gewässerleistung der ökologischen Funktionalität des Gewässerabschnitts Fließgeschwindigkeiten von 0,3 m/s zur Vermeidung von Sedimentationen nicht unterschritten werden. Lokal im Bereich von Sohleinbauten (Störsteinen oder Wurzelstubben) sollen zur Erzeugung von Kiesbänken die Abflussgeschwindigkeiten 0,4 m/s nicht unterschreiten.

3.0 Derzeitige Situation

Die Brückenbauwerke BSW 3d (Schrotweg), BSW 3a (Rampe 704/705) sowie BSW 3e / BSW 3f sind fertiggestellt. Das im Jahr 2008 grundsätzlich abgestimmte Ausbauprofil des Fuhsekanals ist bei der Herstellung der Brückenbauwerke bereits berücksichtigt worden. Die Gewässerabschnitte des Fuhsekanals zwischen den Brückenbauwerken sind provisorisch profiliert.

Die Brückenbauwerke sind als Rahmenkonstruktion mit Stahlbetonsohle konstruiert und errichtet worden. Um den geplanten Sohlaufbau des Fuhsekanals mit einer Mindeststärke von 0,50 m einbauen zu können, befindet sich die Konstruktionsoberkante der Brückensohlplatten mit 70,30 mNN unterhalb der späteren Sohlhöhe des Fuhsekanals mit 70,80 mNN. Auf den Sohlplatten ist es zwischenzeitlich zu erheblichen Auflandungen (Sedimentationen) gekommen, die vor dem Gewässerausbau des Fuhsekanals entfernt werden müssen. Dabei sind die Arbeiten bei verminderter Arbeitshöhe unterhalb der Brückenplatten durchzuführen.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass der Fuhsekanal immer Abfluss führt. Die Bau-maßnahmen sind daher unter fließendem Wasser bzw. unter Wasserhaltung durchzuführen.

4.0 Planungssituation Gewässerausbau

In Rahmen dieser Maßnahme wird das Gewässerprofil des Fuhsekanals im Bereich zwischen und unter den neuen Brückenbauwerken 3 a, d, e und f auf einer Länge von ca. 150 m (Stat. 0 + 289 bis 0 + 466) ökologisch aufgewertet.

Für die Ausgestaltung der Sohlhöhen und des Sohlgefälles gelten folgende Anforderungen.

Der Fuhsekanal hat als Gewässer der hydrologischen Landschaft Börde ein eher feinkörniges Sohlmaterial bei geringem Gefälle von 1 : 1.000. Die Sohlhöhen im Bereich der Brücke Frankfurter Straße (Stat. 0 + 289 m) liegen bei 71,32 mNN, im Bereich der Brücke Schrotweg bei 70,80 mNN (Stat. 0 + 440 m). Es ist vorgesehen, die Sohlhöhendifferenz zwischen 0 + 289 m und 0 + 325 m (Brückenbauwerk BSW 3e) von 71,38 mNN auf 70,98 mNN mit einem Gefälle von 1 : 90 und auf der restlichen Ausbaustrecke mit etwa 1 : 800 abzubauen.

Das erhöhte Sohlgefälle oberhalb 0 + 325 m wird erforderlich, um die maximal zulässigen Wasserspiegellagen im Bereich des Brückenbauwerks BSW 3e einzuhalten.

Entsprechend den mit der Stadt Braunschweig durchgeführten Abstimmungen ist vorgesehen, die Sohle des Fuhsekanals mit einer durchgehenden Sohlsubstratlage aus natürlichem Steinmaterial bis 200 mm (Rundkorn) zu modellieren. Zum Einsatz soll in den Brückensohlen und Böschungsbereichen eine Mischung aus Natursteinen bis 200 mm (Geröll), Zwischenräume mit Kies 2/32 gem. TL Gestein 04 gemischt, kommen. Beide Materialchargen sind beim Einbau zu mischen, sodass ein annähernd homogenes Sohlsubstratgemisch entsteht. Sofern beim Einbau Hohlräume entstehen, ist ein Nachbearbeiten von Hand erforderlich. Zwischen den Brücken wird analog in den Sohlen eine Geröllmischung bis 200 mm ($d_0=70$ mm, $d_{50}=110$ mm, $d_{100}=180$ mm) mit Kies 2/32 in die Böschungen eingebaut. Die Sohlsubstratlage hat dabei eine Dicke von 0,20 bis 0,40 m. Im übrigen Sohlbereich werden Wasserbausteine CP 90/250 und LMB 10/60 gemischt, zu je ca. 50 %-Anteil, eingebaut.

In die Sohlsubstratlage werden zur Diversifizierung des Strömungsbilds Störsteine mit einem Durchmesser zwischen 500 und 600 mm eingearbeitet. Als Störsteine kommen nur Gerölle (z. B. Findlinge), aber keine Bruchsteine in Frage. Die Störsteine binden beim Einbau mindestens 300 mm in die Sohlsubstratlage ein. Die Anordnung und der Einbau der Störsteine erfolgt unter Aufsicht und bei Einweisung durch den AG. Mehrmaliges Unsetzen kann erforderlich werden. Alternativ werden Wurzelstubben gewählt, denen die gleiche Größenordnung zugewiesen werden kann.

Zur Variation der Sohltiefe werden Kolke mit einer maximalen Vertiefung von 20 cm gegenüber der durchgehenden Sohlhöhe angeordnet. Die Kolkflächen betragen zwischen 1,0 und 3,0 m² und können durch Lösen und Umlagerung von Sohlsubstrat gebildet werden.

Die Störelemente werden derart angeordnet, dass es in diesen Bereichen die Fließgeschwindigkeiten erhöht werden und eine Abfolge von Kiesbänken, Kolken und Sedimentationsbereichen initialisiert wird.

Soweit geometrisch möglich, werden beidseitig der Mittelwasserrinne Bermen angeordnet, deren Höhenlage sich am Mittelwasserstand des Fuhsekanals orientiert. Die Sohlbreite der Mittelwasserrinne variiert entsprechend den Örtlichkeiten zwischen 0,80 m und 1,30 m, wobei eine Breite von 0,80 m nicht unterschritten werden soll. Die Bermenhöhe liegt bei 0,30 m bis 0,45 m über Sohle.

Die Böschungssicherung wird bis zu 1,00 m über Gewässersohle Fuhsekanal eingebaut. Das Material entspricht dabei dem Sohlsicherungsmaterial. Die Böschungen oberhalb der Böschungssicherung werden mit einer Mindestneigung von 1 : 1,5 ausgeführt. Die Böschungen werden abgezogen, mit kulturfähigen Oberboden angedeckt und mit Rasenansaat versehen. Oberhalb von 72,50 mNN ist die Anpflanzung von Büschen und Bäumen aus wasserwirtschaftlicher Sicht möglich.

Auf den Sohlen der Brückenrahmenbauwerke werden zur Erhöhung der Schubfestigkeit des Sohlaufbaus Drahtgitterbehälter 50/50 cm installiert. Diese werden mit dem gleichen Sohlschutzmaterial aus Steinmaterial 0 bis 200 mm sowie Wasserbausteinen verfüllt wie die übrigen Sohlbereiche. Die Drahtgitterbehälter werden mit Flachstahlschienen auf der Stahlbetonsohle gegen verschieben gesichert. Die Drahtgitterbehälter werden mit einem Achsabstand von maximal 5,0 m auf der Sohle montiert. Zur Anpassung an die Höhenlage des Fuhsekanals werden zwischen den Gabionen und den Drahtschotterbehältern Holzpassbohlen angeordnet.

Zur Verhinderung von Auskolkungen wird direkt unter der Brücke „Alte Frankfurter Straße“ eine Sicherung durch Einbau einer Wasserbausteinpackung vorgesehen, die bis mind. 70,30 mNN in den Untergrund einbindet.

Unterhalb des Brückenbauwerks BSW 3d Schrotweg wird ein bauzeitlicher Sandfang angeordnet. Dieser verbleibt auch nach Beendigung der hier dargestellten Baumaßnahme und wird erst im Zuge der Umgestaltung des Bereichs Schrotweg bis DB-Durchlass wieder entfernt.

Es ist vorgesehen, vor der Umsetzung der Bauleistung eine Abstimmung mit dem Umweltamt Braunschweig als zuständige Behörde sowie dem AG über die letztendliche Anordnung von der Sohl- und Böschungseinbauten herbeizuführen. Der Einbau und die Anordnung der Störsteine sowie der Kolke erfolgt unter Anweisung des Auftraggebers.

Bei der Herstellung des Sohl- und Böschungsausbaus des Fuhsekanals ist mit erheblichen räumlichen Behinderungen zu rechnen, da der Endausbau und die Sohlgestaltung erst nach Fertigstellung der Brückenbauwerke erfolgt.

5.0 Hinweise zur Bauausführung

Die Herstellung des Sohl- und Böschungsausbaus sollte in der abflussarmen Zeit durchgeführt werden. Eine Umleitung des Abfluss um den Baubereich herum ist nicht mehr möglich.

Mit Ausnahme des Einbaus der Drahtschottergabionen kann der Einbau der Sohl- und Böschungseinbauten mit Kleingeräten bei Niedrigwasserverhältnissen unter fließendem Abfluss erfolgen.

Der Einbau der Drahtschottergabionen auf der Sohle der Stahlbetonrahmen der Brückenbauwerke muss unter Wasserhaltung erfolgen, da sonst diese gegenüber der Gewässersohle abgesenkten Bereiche nicht zugänglich sind. Für die Wasserhaltung sollte eine Pumpanlage mit einer Pumpleistung von min. 250 l/s (ca. 2,5 x Mittelwasserabfluss) vorgesehen werden, um den Mittelwasserabfluss sicher an den jeweiligen Einbaustellen vorbeizuleiten. Es ist dabei ein mehrfaches Umsetzen der Wasserhaltung erforderlich. Alternativ kann der Abfluss mittels einer Rohrleitung durch den Arbeitsbereich geführt werden. Ober- und unterhalb der Einbaubereiche sind kleinere Erddämme mit Folienabdichtung zu errichten, um den Abfluss aufzustauen und überleiten zu können. Im Bereich der Brückenbauwerke sind bei den Arbeiten unterhalb der Brückenplatten die lichten Höhen von max. 2,60 m zu beachten.

Entsprechend den in der Örtlichkeit angeschnittenen Bodenschichten handelt es sich beim Baugrund im wesentlichen um Sande und Feinkiese, die zur Erosion neigen. Um eine Filterstabilität gegenüber dem Sohlsubstrat herstellen zu können, ist die Anordnung eines Geotextils erforderlich. Nach Herstellung des erforderlichen Koffers für die Sohl- und Böschungseinbauten muss das Geotextil ggf. unter Zuhilfenahme von Beschwerungen (z. B. Sandsäcke) auf die Sohle abgesenkt und bauzeitlich fixiert werden. Anschließend ist auf einem Kiessandfilter (Schutzschicht) das Sohl- und Böschungsmaterial einzubauen. Dies sollte zunächst in einer Schichtstärke von 40 cm (50 cm inkl. Schutzschicht) bis zur späteren Gewässersohle erfolgen. Parallel sind die Störsteine einzubauen. Die lichte Arbeitshöhe reduziert sich damit unterhalb der Brücken auf max. 2,10 m. Nachdem die Gewässersohle und die Störsteine eingebaut sind, können die Bermen beidseitig auf Höhe gebracht und anschließend die Böschungssicherungen eingebaut werden. Diese sind dann mit Mutterboden abzudecken. Unter den Brücken hat dieser Arbeitsschritt Zug um Zug zu erfolgen, da ansonsten zu wenig Arbeitsraum in der Höhe vorhanden ist.

Um den bei den Arbeiten bei fließendem Abfluss entstehenden Sedimenttrieb abzufangen, wird unterhalb des Bauabschnitts ein Sedimentfang eingerichtet. Hierzu wird das vorhandene Abflussprofil aufgeweitet. Der Sedimentfang bleibt auch nach Beendigung der hier beschriebenen Baumaßnahme erhalten und wird im Zuge der Rekultivierung des Fuhsekanals zwischen Schrotweg und Bahnstrecke weiter genutzt.

6.0 Wassertechnische Berechnungen

Der Fuhsekanal quert das Baufeld aus westlicher Richtung und mündet unweit östlich in die Oker. Der Fuhsekanal dient sowohl als Vorfluter der landwirtschaftlich genutzten Flächen östlich von Braunschweig als auch insbesondere der Ortsentwässerung der Braunschweiger Ortsteile Broitzern und Weststadt. Beobachtungen haben gezeigt, dass es bei Starkregenereignissen zu einer erheblichen hydraulischen Belastung des Fuhsekanals kommt. Pegelaufzeichnungen liegen nicht vor. Rückrechnungen im Kanalnetz haben jedoch einen Spitzenabfluss von $Q = 5 \text{ m}^3/\text{s}$ beim Hochwasserereignis von 2002 ausgewiesen.

Die wassertechnischen Berechnungen für den Fuhsekanal (Bestands- und Planungszustand) erfolgen auf der Grundlage folgender Ausarbeitungen:

Prof. Hartung u. Partner GmbH (2006): Wassertechnische Berechnungen Oker und Fuhsekanal für den Umbau des Autobahndreiecks Braunschweig - Südwest A39 / A391 und Thiedebach für die Anschlussstelle Rüningen Süd.

Prof. Hartung u. Partner GmbH (2008): Wassertechnische Berechnungen für den Umbau des Autobahndreiecks Braunschweig - Südwest A39 / A391 – Fuhsekanal – Retentionsraumausgleich Oker.

Die berechneten Wasserspiegellagen können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden. Dabei sind die Lastfälle ohne Rückstau aus der Oker berechnet worden. Bei Rückstau aus der Oker ist von einem Wasserspiegel von 72,60 mNN beim HQ_{100} der Oker zu rechnen. Ein Zusammentreffen des Hochwasserereignisses des Fuhsekanals mit dem der Oker ist eher unwahrscheinlich und wird hier nicht weiter betrachtet.

Es ergeben sich in den Brückenbereichen im Bestand folgende Wasserspiegellagen:

BESTAND	Stat.	Wsp	Wsp	Wsp	Wsp	Wsp	Wsp
		[mNN]	[mNN]	[mNN]	[mNN]	[mNN]	[mNN]
		HHQ	MQ	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀
Abfluss [m³/s]		5,0	0,094	1,95	2,34	2,93	3,25
	440,00 m	72,34	71,12	72,00	72,06	72,13	72,17
	410,00 m	72,40	71,15	72,04	72,10	72,18	72,21
Brücke Schrotweg UW	389,00 m	72,65	71,32	72,17	72,25	72,36	72,41
Brücke Schrotweg OW	388,00 m	72,65	71,32	72,17	72,25	72,36	72,41
	383,00 m	72,65	71,32	72,17	72,25	72,36	72,41
Brücke Zubringer UW	376,50 m	72,65	71,32	72,17	72,25	72,36	72,41
Brücke Zubringer OW	362,50 m	72,66	71,32	72,18	72,26	72,36	72,41
	350,00 m	72,65	71,32	72,17	72,25	72,36	72,41
Durchlass BAB UW	341,00 m	72,65	71,33	72,17	72,25	72,36	72,41
Durchlass BAB OW	303,00 m	72,68	71,40	72,19	72,28	72,38	72,43
	296,00 m	72,71	71,49	72,21	72,29	72,40	72,45
Brücke Alte Frankfurter Str. UW	289,00 m	72,72	71,50	72,21	72,30	72,41	72,46
Brücke Alte Frankfurter Str. OW	275,00 m	72,73	71,52	72,22	72,30	72,42	72,47
	265,00 m	72,76	71,73	72,22	72,31	72,42	72,48
	200,00 m	72,93	71,93	72,50	72,57	72,66	72,70

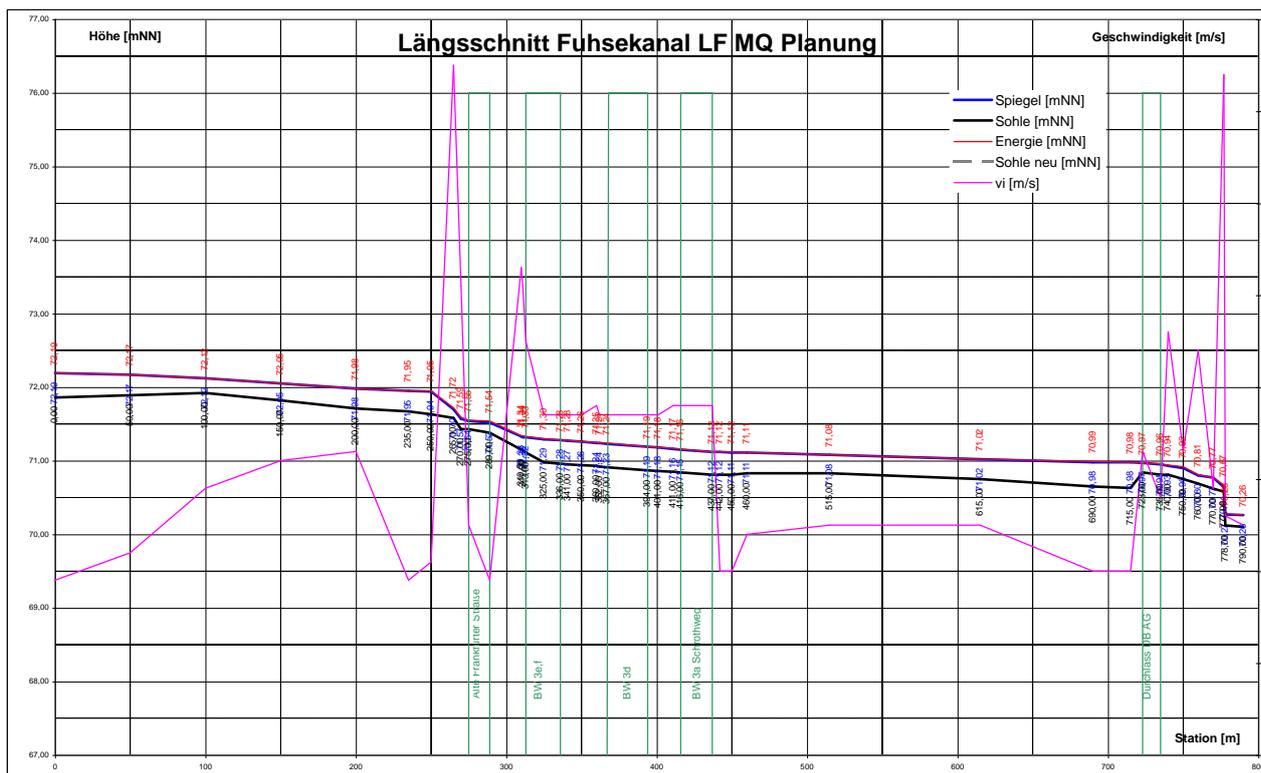
Im Planungszustand gelten folgende Wasserspiegellagen im Brückenbereich:

PLANUNG	Stat.	Wsp	Wsp	Wsp	Wsp	Wsp	Wsp
		[mNN]	[mNN]	[mNN]	[mNN]	[mNN]	[mNN]
		HHQ	MQ	HQ ₁₀	HQ ₂₀	HQ ₅₀	HQ ₁₀₀
Abfluss [m³/s]		5,0	0,094	1,95	2,34	2,93	3,25
	450,00 m	72,33	71,11	71,99	72,05	72,12	72,15
	442,00 m	72,31	71,12	71,99	72,05	72,12	72,15
Brücke BSW 3d Schrotweg UW KUK = 73,06 mNN	437,00 m	72,38	71,12	72,01	72,08	72,16	72,19
Brücke BSW 3d Schrotweg OW KUK = 73,06 mNN	416,00 m	72,42	71,15	72,03	72,10	72,18	72,22
	401,00 m	72,45	71,18	72,05	72,12	72,20	72,24
Brücke BSW 3a Rampe 704 UW KUK = 73,26 mNN	394,00 m	72,46	71,19	72,05	72,12	72,21	72,25
Brücke BSW 3a Rampe 704 OW KUK = 73,26 mNN	367,00 m	72,51	71,23	72,07	72,15	72,24	72,28
	360,00 m	72,52	71,24	72,08	72,15	72,24	72,29
	350,00 m	72,54	71,26	72,09	72,16	72,26	72,30
Brücke BSW 3 e, UW KUK = 72,59 mNN	336,00 m	72,56	71,28	72,10	72,17	72,27	72,32
	325,00 m	72,57	71,29	72,11	72,18	72,28	72,33
Brücke BSW 3 f OW KUK = 72,84 mNN	313,00 m	72,59	71,32	72,12	72,20	72,30	72,35
	300,00 m	72,61	71,52	72,13	72,21	72,31	72,36
Brücke Alte Frankf. Str. UW KUK = 73,63 mNN	289,00 m	72,61	71,52	72,13	72,21	72,31	72,36
Brücke Alte Frankf. Str. OW KUK = 73,63 mNN	275,00 m	72,65	71,54	72,16	72,24	72,34	72,39
	265,00 m	72,67	71,70	72,15	72,23	72,34	72,40
	200,00 m	72,91	71,98	72,52	72,58	72,67	72,71

Es ergibt sich aus dem Gewässerausbau keine Verschlechterung der wasserwirtschaftlichen Situation. Die Wasserspiegellagen differieren im Bestands- und Planungsfall um etwa ± 5 cm. Die geringfügigen Verschiebungen in der Stationierung der Bauwerke auf der Fuhsekanalachse können vernachlässigt werden.

Im Lastfall HHQ = 5,0 m³/s kann der Abfluss ohne Einstau der Brückenbauwerke abgeführt werden.

Im Lastfall MQ = 0,097 m³/s werden entsprechend dem nachfolgend dargestellten Längsschnitt Wasserstände von i. M. 0,30 m bei Abflussgeschwindigkeiten von 0,35 bis 0,50 m/s erzeugt. Mittels der Anordnung von Störelementen können die Abflussgeschwindigkeiten lokal über 0,40 m/s sowie die Wasserstände durch Anordnung von Kolken auf mehr als 0,40 m eingestellt werden. Die gestellten Anforderungen werden erfüllt.



Mit den Wasserspiegellagen für den Planungsfall Q = 5,0 m³/s ergibt sich für den Querschnitt BSW 3a folgende Situation für die Sohl- und Böschungstabilität.

Lastfall A: Brückenbereich, HHQ = 5,0 m³/s

Bemessung der Sohlbefestigung analog DIN 19661 T2

Bezeichnung	Zeichen	Wert	Einheit	Hinweis
-------------	---------	------	---------	---------

Berechnung der Schleppspannung nach DIN 19661 T2

Wasserspiegel	HW	=	72,50	[mNN]	
Sohlhöhe	HS	=	70,80	[mNN]	
Wasserstand	hw	:	1,70	[m]	
hydraul. Gradient	I	=	0,0035	[m/m]	1/1000 = 1,0 ‰
Schleppspannung	tau	=	58,37	[N/m²]	bei gleichförmigen Abfluss

Verstärkungsfaktor	e	:	1,3500	[-]	
Sicherheitsbeiwert	f	:	1,2000	[-]	
Schleppspannung, Bemess.	tau.bem	=	94,56	[N/m²]	

Tab. 2.11: Verstärkungskoeffizient e nach [Schroder und Romisch, 2001]

Art des Gewässers	e
gerade Strecke	1,00
leichtes Prallufer	1,10
mittleres Prallufer	1,35
starkes Prallufer, Insel o.ä.	1,70

Vergleichswerte für die Belastbarkeit von Ufern und Vorländern

Tab. 2.12: Belastbarkeit von Pflanzenbeständen an Ufern und Vorländern

Art des Gewässers	zulässige Fließgeschwindigkeit v_{zul} [m/s]	zulässige Schlägepannung τ_{zul} [N/m²]	Bemerkung, Quelle
Pflanzenbestand		88,0	WIEGEB
Schwarzerlen, möglich nur bei Gewässergüte besser als III gerader Verlauf	1,0		
Weiden, Erlen		80-140	EVED 1982 in LfU ³ Baden-Württemberg 1996
Schwarzerlenwasserzweigen bis 0,4 m unter Sommerhochwasser bei Gewässergüte besser als II und geringem Geschiebetransport		30,0	BIEGEMANN ¹ und SCHIECHTL 1994
Streuweiden an geradem Gehirgsfließen oberhalb des Mittelwassers	3,5-4,0	80-140,0	EVED 1982 in LfU ³ Baden-Württemberg 1996
Weiden	2,0-3,0	100,0-150,0	MUTH 1991
Landschaftsrasen an geradem Fluss, langzeitig überströmt, Norddeutschland	1,5	15,0	DIN 19661 Teil 2 und zahlreiche Autoren aus Deutschland
Rasen langanhaltend überströmt	1,0-1,5	15,0-20,0	MUTH 1991
Landschaftsrasen in der Enz bei Pforzheim, gerader Verlauf	1,8-3,5	40-60	LfU Baden-Württemberg 1996
Landschaftsrasen an geradem Fluss, kurzzeitig überströmt, Norddeutschland	2,0	30,0	DIN 19661 Teil 2 und zahlreiche Autoren aus Deutschland
Rasen, vorübergehend überströmt	1,5-2,0	20,0-50,0	MUTH 1991
Schotterrasen in der Enz bei Pforzheim	1,5	30,0	LfU Baden-Württemberg 1996
Bachböden in der Enz bei Pforzheim mit geradem Uferverlauf	2,0-2,5	55,0-56,0	LfU Baden-Württemberg 1996
Wasserschwiele, Münsterland (Fluss), Sandgewässer bis 20 cm unter Mittelwasser	0,3-0,4	5,0-10,0	IBD ³ 1996

Tab. 2.14: Belastbarkeit von Böden und Substraten an Ufern und Vorländern

Art des Gewässers	v_{zul} [m/s]	τ_{zul} [N/m²]	Bemerkung, Quelle
Sohlenbeschaffenheit			
Mittelsand, Korngröße 0,2 bis 0,63 mm	0,35-0,45	2,0	DIN 19661 Teil 2
Grobsand, Korngröße 0,63 bis 1 mm		3,0	DIN 19661 Teil 2
Grobsand, Korngröße 1 bis 2 mm		4,0	DIN 19661 Teil 2
Grobsand, Korngröße 0,63 bis 2 mm	0,45 bis 0,6	6,0	DIN 19661 Teil 2
Kies-Sand-Gemisch, Korngröße 0,63 bis 6,3 mm festgelagert, langanhaltend überströmt		9,0	DIN 19661 Teil 2
Kies-Sand-Gemisch, Korngröße 0,63 bis 6,3 mm festgelagert, vorübergehend überströmt		12,0	DIN 19661 Teil 2
Rollierung (Kies 0-40 mm) in der Enz bei Pforzheim	2,5-3,2	70,0-100,0	LfU Baden-Württemberg 1996
Feinkies, Korngröße 2 bis 6,3 mm	0,6-0,8		DIN 19661 Teil 2
Mittelkies, Korngröße 6,3 bis 20 mm	0,8-1,25	15,0	DIN 19661 Teil 2
Grobkies, Korngröße 20 bis 63 mm	1,25-1,6	45,0	DIN 19661 Teil 2
Steine, Korngröße 63 bis 100 mm	1,6-2		DIN 19661 Teil 2
Steinwurf in der Enz bei Pforzheim	3,5-4,0	100,0-150,0	LfU Baden-Württemberg 1996
großer Steinwurf in der Enz bei Pforzheim	> 4,0	> 150,0	LfU Baden-Württemberg 1996
Raspelwerk mit Rollierung	3,5-4,0	150,0	
plattiges Geschiebe, 1 bis 2 cm, 4 bis 6 cm lang		50,0	DIN 19661 Teil 2
Boden wenig kolloidal			DIN 19661 Teil 2
lehmiger Kies, langanhaltend überströmt		15,0	DIN 19661 Teil 2
lehmiger Kies, vorübergehend überströmt		20,0	DIN 19661 Teil 2
Boden stark kolloidal			
lockerer Lehm	0,15-0,2	3,5	DIN 19661 Teil 2
festgelagerter sandiger Lehm	0,4-0,6		DIN 19661 Teil 2
festgelagerter Lehm	0,7-1,0	12,0	DIN 19661 Teil 2
Ton		17,0	DIN 19661 Teil 2
fester Klei	0,9-1,3		DIN 19661 Teil 2

Tab. 2.13: Belastbarkeit von Lebensbauweisen an Ufern und Vorländern

Art des Gewässers	v_{zul} [m/s]	τ_{zul} [N/m²]	Bemerkung, Quelle
Fachweiden mit ausschlagfähigen Weiden in der Enz bei Pforzheim	3,0-3,5	100,0-150,0	LfU Baden-Württemberg 1996
Torfweiden aus nicht ausschlagfähigem Resten in der Enz bei Pforzheim	2,5-3,0	70,0-100,0	LfU Baden-Württemberg 1996
Kohlröhrenweiden und -pflanzen in der Enz bei Pforzheim	2,0-2,5	55,0-65,0	LfU Baden-Württemberg 1996
Steinwurf mit Weidenstecklingen in der Enz bei Pforzheim	3,0-3,5	100,0-150,0	LfU Baden-Württemberg 1996

¹ EVED = Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement
² LfU = Landesanstalt für Umweltschutz
³ IBD = Institut für Ingenieurbiologie

Erforderliche Steingröße d0	=	0,0700	[m]	
Erforderliche Steingröße d50	=	0,1200	[m]	d50 = tau.bem / (0,047*1650*9,81)
Erforderliche Steingröße d100	=	0,1900	[m]	
Schichtdicke der Steinlage ds	=	0,1900	[m]	entspricht d100

Bemessung der Steinschüttung nach ACHTEN (1999)

Wasserstand	hw	:	1,70	[m]
hydraul. Gradient	I	=	0,0035	[m/m]
Sohlbreite	b	:	4,00	[m]
Böschungsneigung links	nl	:	0,00	[1/m]
Böschungsneigung rechts	nr	:	0,00	[1/m]
Umfang des Gewässers	U	=	4,380	[m]
Fläche des Gewässers	A	=	6,800	[m²]
Hydraulischer Radius	R	=	1,553	[m]

Erforderliche Steingröße d0	=	0,1100	[m]	
Erforderliche Steingröße d50	=	0,180	[m]	
Erforderliche Steingröße d100	=	0,2900	[m]	
Schichtdicke der Steinlage ds	=	0,2900	[m]	entspricht d100

Quelle: DWA (2007), Flussbau, Kap. 2.8

