

Buchs - Vaduz

Langsamverkehrsbrücke Rhein

Obere Rüttigasse / Rheinau

ÜBERARBEITETES BAUPROJEKT

Technischer Bericht

VERSION	DATUM	BEARBEITET	KONTROLLIERT
0	02.08.2017	Jürg Konzett	Jürg Konzett
1			
2			
MASST.:		FORMAT:	A4
		DOKUMENTNAME:	
	<div> <div>Projektverfasser:</div> <div> Conzett Bronzini Partner AG dipl. Ingenieure ETH / FH / SIA Bahnhofstrasse 3, CH-7000 Chur Tel./Fax 081 258 30 00/01 cbp@cbp.ch www.cbp.ch </div> </div> <div> <div>Projektpartner:</div> <div> dsp Ingenieure & Planer AG Stationsstrasse 20 CH-8606 Greifensee Tel./Fax 044 095 88 88/98 </div> </div>		

Inhalt

1.	Zusammenfassung.....	2
2.	Einleitung	3
3.	Grundlagen	4
4.	Konzept.....	6
5.	Statisch-konstruktive Gestaltung	7
6.	Architektonische Gestaltung	10
7.	Flussbau	13
8.	Foundationen	15
9.	Geometrie	17
10.	Dauerhaftigkeit und Unterhalt.....	18
11.	Entwässerung	19
12.	Statische Berechnungen	20
13.	Bauausführung.....	21
14.	Bauprogramm	26
15.	Umgebung und Umwelt.....	27
16.	Spätere Verlängerung	28
17.	Veränderungen gegenüber dem Wettbewerbsprojekt.....	29
18.	Kosten.....	29

1. Zusammenfassung

Dieser Bericht beschreibt die neu zu erstellende Fussgänger- und Radwegbrücke über den Rhein zwischen Buchs und Vaduz auf Höhe Rheinau - Obere Rüttigasse. Der Standort entspricht dem Rhein-km 47.6.

Die Brücke ist ein klassischer Dreifeldträger, der später bei einer allfälligen Rheinaufweitung in einen Vierfeldträger erweitert werden könnte. Sie ist eine Deckbrücke mit einem unter der Gehwegplatte liegenden stählernen Hohlkasten in Stahl. Das Tragwerk ist robust, kann ohne Hilfsabstützungen im Fluss eingeschoben werden und bietet den Benutzern eine ungehinderte Sicht auf den Fluss und die umliegende eindruckliche Berglandschaft. Die Materialien sind gestockter Beton für die Flusspfeiler und Endauflager, wetterfester Stahl für den Brückenträger sowie die Anschlüsse der Brücke an die Dammwege, Edelstahl für die direkt bewitterten seitlichen Gehwegabschlüsse und die Geländer. Der Brückenbelag besteht aus Gussasphalt. Die Fundation erfolgt mit Grossbohrpfählen für die Flusspfeiler und Mikropfählen für die Widerlager.

Die Bauzeit beträgt ein Jahr, die Kosten werden zu Fr. 3'869'300.- (inkl. MwSt., ohne Honorare und Nebenkosten) veranschlagt. Sie werden je zur Hälfte von der Stadt Buchs und der Gemeinde Vaduz übernommen.

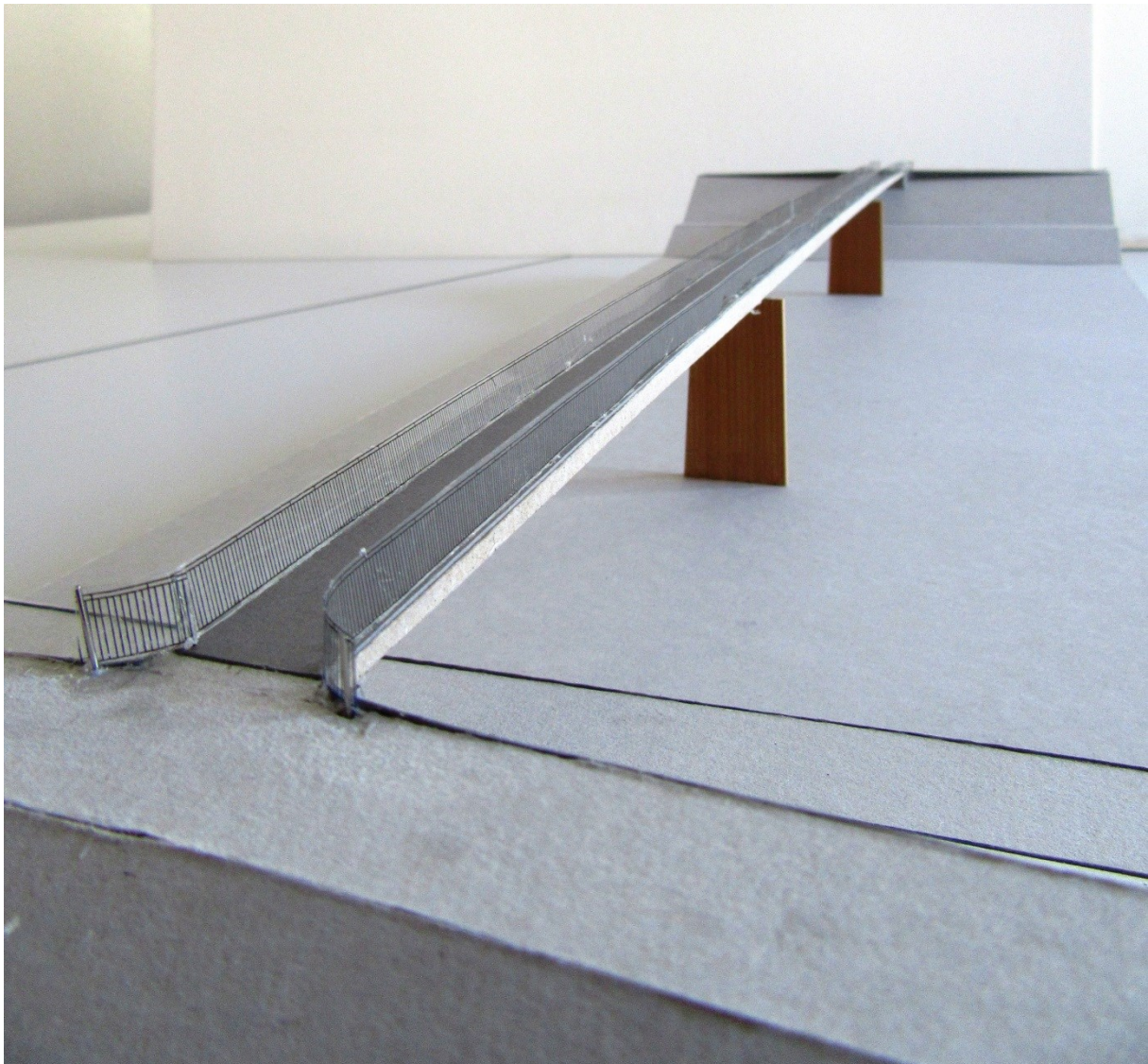


Abb. 1: Arbeitsmodell

2. Einleitung

Die heutige Hauptverkehrsbrücke zwischen Buchs und Schaan ist für den Langsamverkehr unattraktiv. Die Benützung von Fahrrädern für den Pendlerverkehr zwischen Vaduz-Schaan und Buchs-Sevelen soll gefördert werden. Im Rahmen des Agglomerationsprogramms Werdenberg-Liechtenstein, 2. Generation, soll im Jahr 2018 der Bau einer neuen Rad- und Fussgängerbrücke über den Rhein realisiert werden. Dazu dient der vorliegende Projektwettbewerb.

Die Kosten der Brücke werden durch die beiden Bauherren, den Gemeinden Buchs und Vaduz, getragen. Der Bund, im Rahmen des Agglomerationsprogramms, der Kanton St.Gallen und das Fürstentum Liechtenstein, im Rahmen des Strassengesetzes, zahlen den Gemeinden Beiträge für die Erstellung des Bauwerks.

Der Zeitplan sieht vor, im Jahr 2017 das Projekt genehmigen zu lassen und anfangs 2018 die Bauarbeiten zu beginnen.

In zwanzig bis fünfzig Jahren ist eine Rheinaufweitung auf der Liechtensteiner Seite vorgesehen, um diesen Bereich als gewässertypischen Lebensraum nutzen zu können. Im Konzept der Brücke ist diese spätere Flussverbreiterung berücksichtigt und die Brücke kann ohne besondere Schwierigkeiten verlängert werden.

Aufgrund der Vorgaben aus dem Agglomerationsprogramm Werdenberg-Liechtenstein wurde die Lage des Bauwerks mit einer senkrechten Querung des Rheins im Bereich nördlich der Oberen Rüttigasse, Vaduz, fixiert.

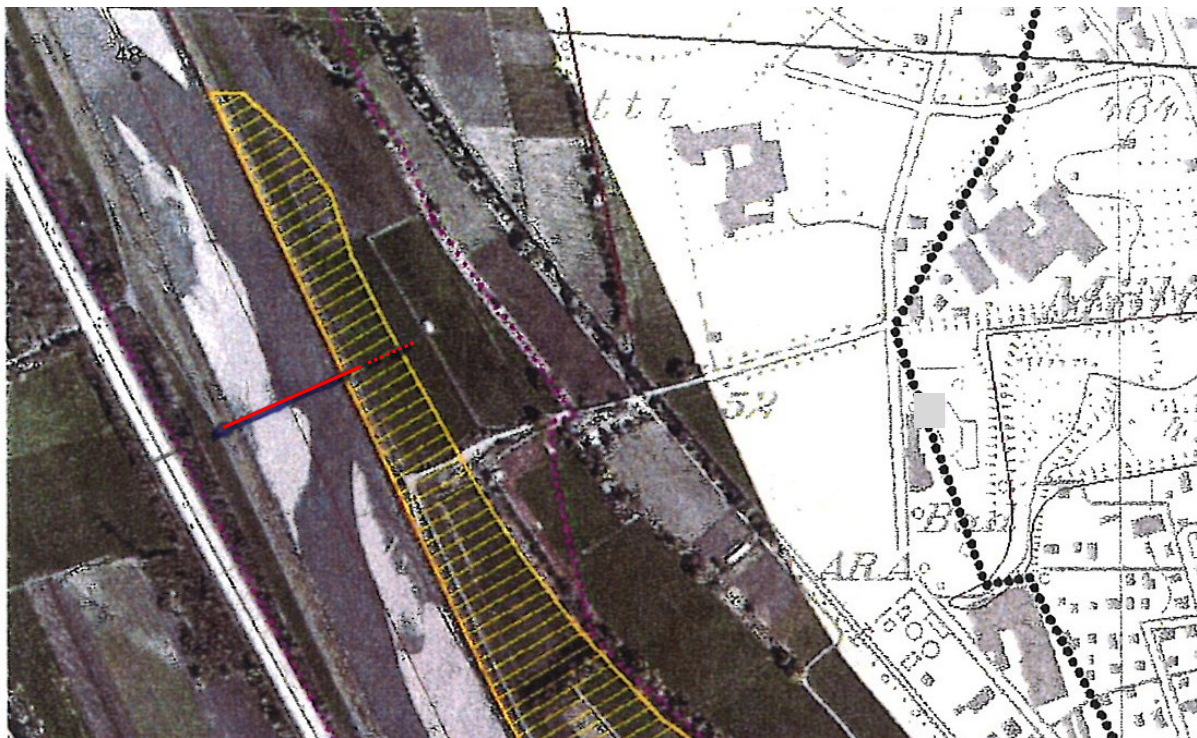


Abb. 2: Situation mit künftiger Flussverbreiterung

3. Grundlagen

Nutzung:

Die Brücke dient ausschliesslich Fussgängern, Radfahrern und Unterhaltsfahrzeugen. Die Nutzlasten sind nach Norm SIA 261, Kap. 9 „nicht motorisierter Verkehr“ berücksichtigt. Die charakteristischen Werte der Lasten der Unterhaltsfahrzeuge sind wie folgt definiert:

- Achslasten: 40 kN (vorne), 20 kN (hinten)
- Laststellung: Achsabstand längs 1.80m, Radabstände quer 1.40m
- Radaufstandsfläche: 20cm x 20cm

Der Gehweg wird mit motorisierten Fahrzeugen gereinigt. Schneeräumung und der Einsatz von Salz sind nicht vorgesehen. Die Entwässerung der Brücke ist so konzipiert, dass optional ein Winterdienst mit Salzeinsatz möglich ist. Die Behindertengerechtigkeit ist gewährleistet. Die Benutzung durch Pferde und Reiter ist nicht erlaubt.

Geometrische Grundlagen:

Die lichte Breite beträgt 3.50 m. Die Geländerhöhe ist 1.30 m gemäss Norm SN 640 568 für Einsatzbereiche „Brücken und Stützmauern mit grossem Verkehr mit leichten Zweirädern“.

Hochwasser:

Die Unterkante des Überbaus liegt oberhalb der Dammkrone auf Kote 460.20 m ü. M. Das Freibord gegenüber der Kote EHQ0 von 457.90 m.ü.M. beträgt 2.30 m. Dieses eher grosse Mass berücksichtigt eine mögliche Auflandung der Flusssohle im Lauf der Zeit.

Geologie:

Grundlage: Baugrundmodell der „Tragweite“ / Vogt Ingenieure vom 5.4.2017.

Das Baugrundmodell wurde basierend auf vorhandenen Unterlagen und Erfahrungen erstellt. Zur Verifikation zentraler Annahmen ist geplant, zu Beginn der Baumassnahmen von den temporären Schüttungen im Fluss aus ergänzende Baugrunduntersuchungen durchzuführen.

Die Felssohle des Tales ist mit 300-400 m mächtigen, meist tonig-siltigen, in den obersten 20-50 m mehrheitlich siltig-sandigen Seeablagerungen bedeckt. Über den Seeablagerungen liegen die kiesig-sandigen Rheinschotter. Im Projektgebiet weisen sie eine Mächtigkeit von 30-35 m auf. Die Rheinschotter bestehen zur Hauptsache aus sauberen bis leicht siltigen Kiesen, angerundet bis gerundet. Zwischen den Kiesen sind feinkörnigere Zwischenschichten aus siltigem Sand mit wenig Kies eingelagert.

Direkt unterhalb der Taloberfläche stehen Überschwemmungsablagerungen an (siltiger Feinsand bis feinsandiger Silt). Auf der Vaduzer Seite ist aufgrund von Sondierschlitzten (die im Zusammenhang mit der Erstellung einer Interventionspiste am luftseitigen Dammfuss gemacht wurden) bekannt, dass die Überschwemmungsablagerungen auch direkt unterhalb der Aufstandsfläche der Rheindämme vorhanden sind. Sie weisen in diesem Bereich eine Mächtigkeit von ca. 2 m auf. Auf Schweizer Seite ist am Projektstandort nicht bekannt, ob der Rheindamm auf Überschwemmungssedimenten lagert oder nicht. Dieser Umstand ist für das gegenständliche Projekt auch nicht von wesentlicher Bedeutung (der M_E -Wert der Überschwemmungssedimente variiert zwischen 10 und 30 MN/m², derjenige des Dammkerns zwischen 15 und 30 MN/m²). Im Bereich des Rheinbetts ist die Schicht der Überschwemmungsablagerungen aufgrund der Eintiefung der Rheinsohle nicht vorhanden.

Die Dammschüttung wurde mit anstehendem Material aus der unmittelbaren Umgebung künstlich geschüttet. Es handelt sich in erster Linie um gerundete Kiese mit mehr oder weniger Steinanteil. Diese Kiese enthalten wenig bis viel Sand und weisen meist nur einen untergeordneten Siltanteil auf. Der Dammquerschnitt ist lokal heterogen aufgebaut, d. h. nicht zwingend horizontal geschichtet – sondern es ist eher zu erwarten, dass die

feinkörnigeren Schichten im Damminneren vorhanden sind. Entsprechend den damals verfügbaren Methoden wurden die Schüttungen kaum verdichtet.

Die Lage des Grundwasserspiegels korreliert mit dem Rheinwasserspiegel.

Während der Ausführung der künstlichen Halbinseln wird die Schichtfolge für die Pfahlfundation der Pfeiler durch Sondierbohrungen oder CPTu-Sondierungen überprüft. Damit können auch die Werte der Pfahldimensionierung überprüft werden.

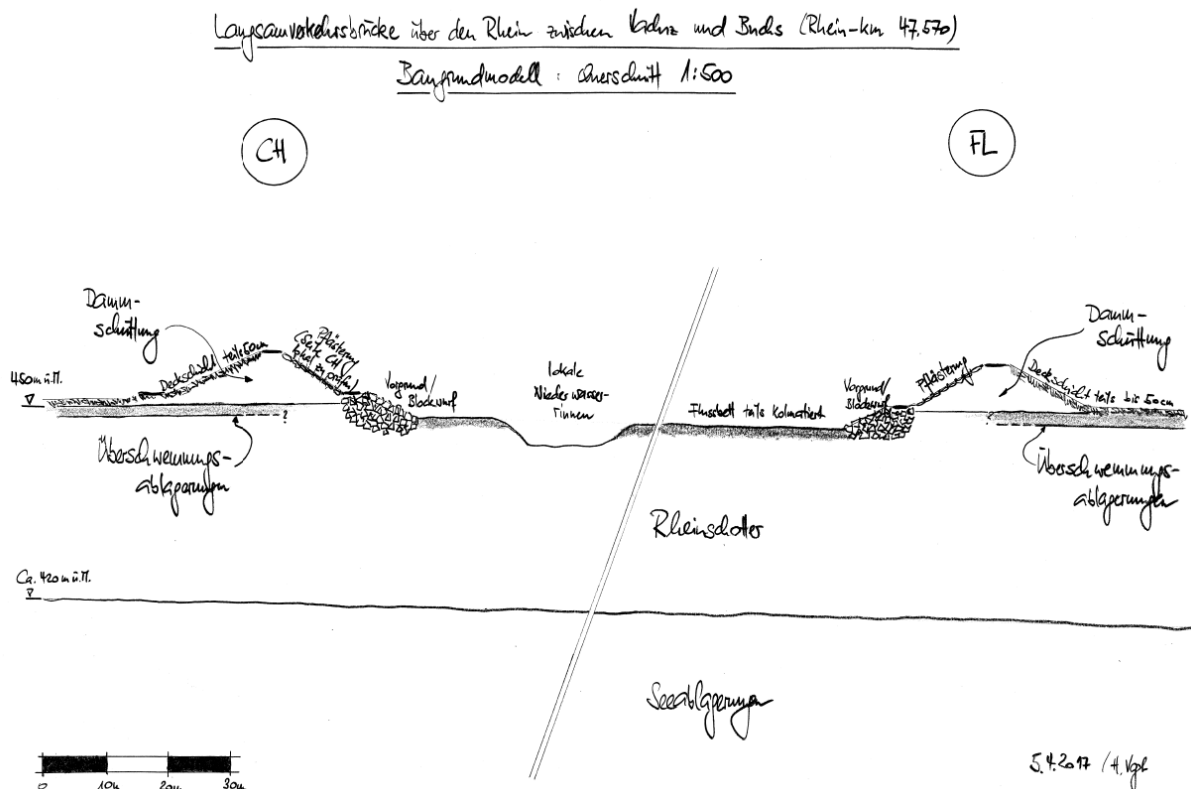


Abb. 3: Baugrundmodell

Bodenkennwerte	$\varphi'_k [^\circ]$	c'_k	$\gamma [kN/m^3]$	$M_E [MN/m^2]$
Dammschüttung, grob	35-37	0	19-20	20-40
Dammschüttung, fein (eher im Kern)	30-32	0	19-20	15-30
Deckschicht (Überschwemmungsablagerung)	30-34	0	19-20	10-30
Rheinschotter, Hauptbestandteil	35-37	0	20-21	40-60
Rheinschotter, Zwischenschichten	32-34	0	20-21	30-50

Abb. 4: Charakteristische Baugrundeigenschaften (Minimal- und Maximalwerte)

Normen:

Für die Projektierung gelten folgende Normen:

Norm SIA 260/2013 Grundlagen der Projektierung von Tragwerken

Norm SIA 261/2014 Einwirkungen auf Tragwerke

Norm SIA 262/2013 Betonbau

Norm SIA 264/2013 Stahlbau

Norm SIA 267/2014 Geotechnik

Weitere Normen und Richtlinien des SIA, VSS und ASTRA

4. Konzept

Eine dreifeldrige Brücke in Stahl ist für die vorliegende Aufgabe technisch sinnvoll, architektonisch adäquat und wirtschaftlich vorteilhaft.

Die Gründe dafür sind:

- die Eingriffe in den Flussraum beschränken sich auf vier Punkte: zwei Pfeiler und zwei Widerlager.
- der Überbau kann im Taktschiebepverfahren eingebaut werden. Dies führt zu keinen montagebedingten Eingriffen in den Flussraum.
- die Anforderungen des Hochwasserschutzes sind im fertigen Zustand wie während des Baus erfüllt.
- der Stahlkastenträger eignet sich gut für den Einschub, da er über seine ganze Breite provisorisch abgestützt werden kann.
- die variable Höhe des Trägers minimiert die Erhöhung der Dämme bei den Anschlüssen der Brücke.
- das untenliegende Tragwerk als „Ergänzung der Dämme“ nimmt Bezug auf die landschaftliche Situation und das Empfinden der Benutzer wie Betrachter.
- die Brücke lässt sich bei einer späteren Rheinaufweitung problemlos verlängern.
- die Einzelheiten des Brückentragwerks können einfach und robust ausgebildet werden.

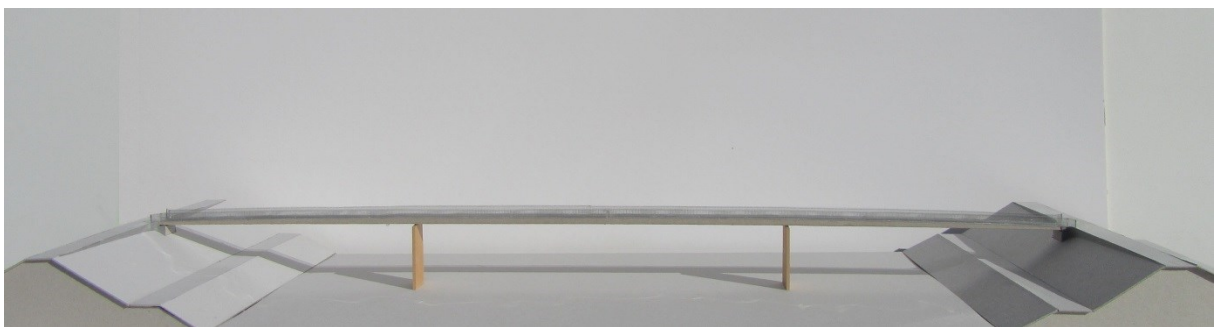


Abb. 5: Arbeitsmodell

5. Statisch-konstruktive Gestaltung



Abb. 6: Statisches System; die Pfeiler sind in den Grossbohrpfählen elastisch eingespannt. Quer zur Brückenachse ist der Überbau an allen vier Auflagerpunkten gehalten.

Die Brücke besteht aus einem schwimmend gelagerten Dreifeldträger. Pfeiler und Widerlager bestehen aus Beton, der Überbau ist ein luftdicht geschweisster Hohlkasten aus wetterfestem Stahl. Der Brückenträger ist an den Flusspfeilern allseits fixiert und an den Widerlagern längs verschieblich gelagert.

Der Brückenträger ist ein fünfzelliger Hohlkasten. Er wird alle 5.585 m durch Querschotten versteift. Die Spannweiten entsprechen $8 \times 5.585 = 44.680$ m in den Randfeldern und $11 \times 5.585 = 61.435$ m im Mittelfeld. Die oberen und die unteren Kastenplatten sind durch die sechs längs durchlaufenden Stege versteift. Die Stege sorgen während des Einschubs für die Krafteinleitung der temporären Auflagerkräfte - die Position dieser Kräfte variiert ja während des Einschubs über die ganze Trägerlänge.

Bei der Herstellung der Kastenelemente werden zuerst die inneren Längsrippen in längeren Stücken auf die untere Kastenplatte geschweisst. Die Querschotten dienen als Distanzhalter. Die obere Kastenplatte ist in drei Teile gegliedert: die äusseren beiden decken die zwei äusseren Hohlzellen ab, der Mittelteil schliesst den Kasten über der mittleren Zelle. Damit kann die Verbindung zwischen dem jeweils zweiten Steg mit der oberen Kastenplatte von aussen her geschweisst werden. Die Platten sind jeweils 5.585 m lang und können damit von oben auf die Querschotte geschweisst werden. Zuletzt wird der Kasten durch Anschweissen der äusseren Stege geschlossen. Die Kastenplatten sind 15 mm stark, die Stege messen 12 mm. Bei den an die Pfeiler anschliessenden Feldern ist die untere Kastenplatte auf 18 mm verstärkt.

Der Brückenträger weist eine variable Höhe auf. Die untere Kastenplatte verläuft in einer horizontalen Ebene, die obere folgt einer kubischen Parabel mit Ursprung in Brückenmitte. Dieser Höhenverlauf führt zu ausgewogenen Spannungen in Bau- und Endzustand.

Der Stahlkasten ist trotz seiner Schlankheit steif. Aufgrund der bisherigen Berechnungen sind keine unzumutbaren Schwingungen zu erwarten. Falls der Benutzungskomfort der Brücke durch Schwingungen wider Erwarten nicht gewährleistet sein sollte, ist es möglich, in den Feldmitten der drei Öffnungen je einen Schwingungsdämpfer anzuordnen; diese kämen ins Innere des Hohlkastens zu liegen.

Die Wasserableitung erfolgt über das Dachgefälle des Querschnitts zu den seitlichen Rändern. Dort wird es von Einläufen gefasst und über Fallrohre direkt in den Rhein geleitet. Die Fugen bei den Widerlagern werden mit beweglichen und wasserdichten Fahrbahnübergängen geschlossen. Falls im Lauf der Zeit dort dennoch Wasser eindringt, wird es hinter den Brückenlager durch eine grosszügig bemessene Nut aufgefangen und abgeleitet. Diese Bauteile sind gut zugänglich und jederzeit inspizierbar. Sie können einfach gereinigt werden.

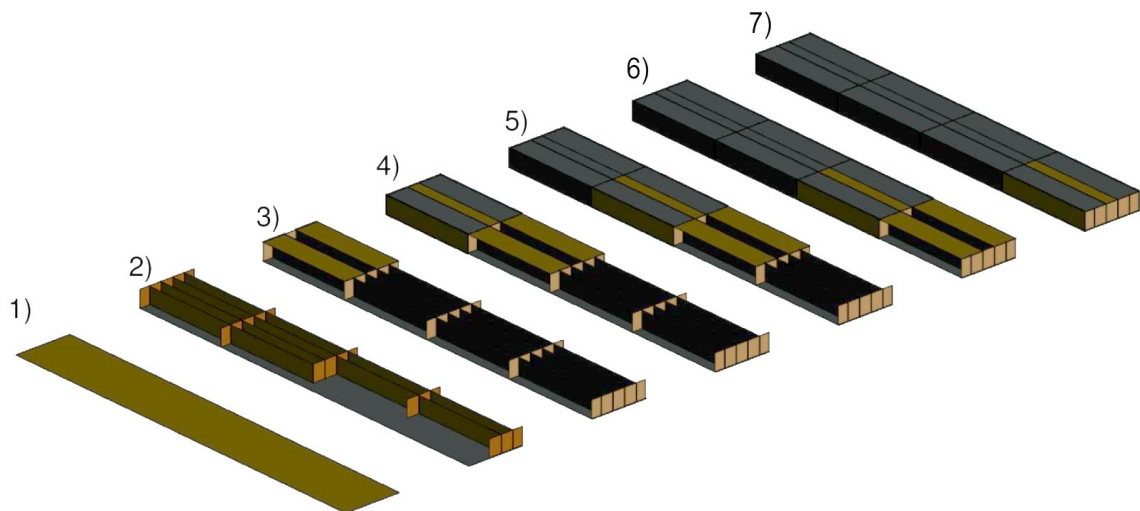


Abb. 7: Prinzip des Zusammenbaus der Kastenelemente

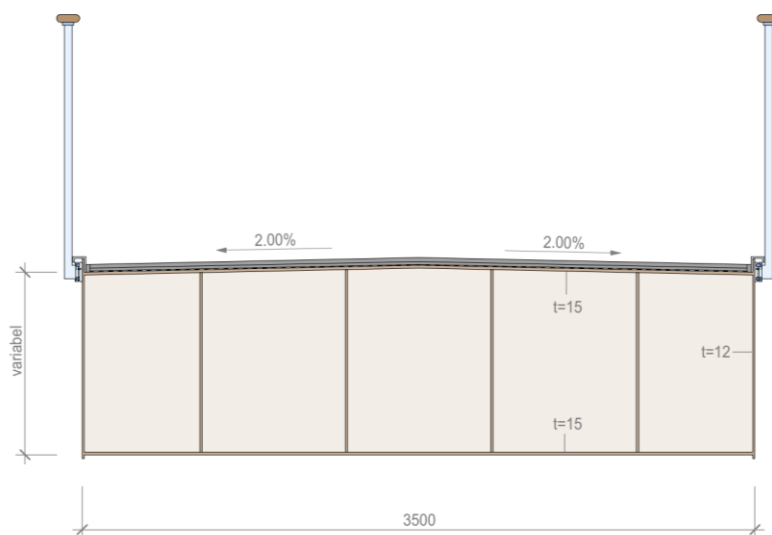


Abb. 8: Querschnitt im Mittelfeld

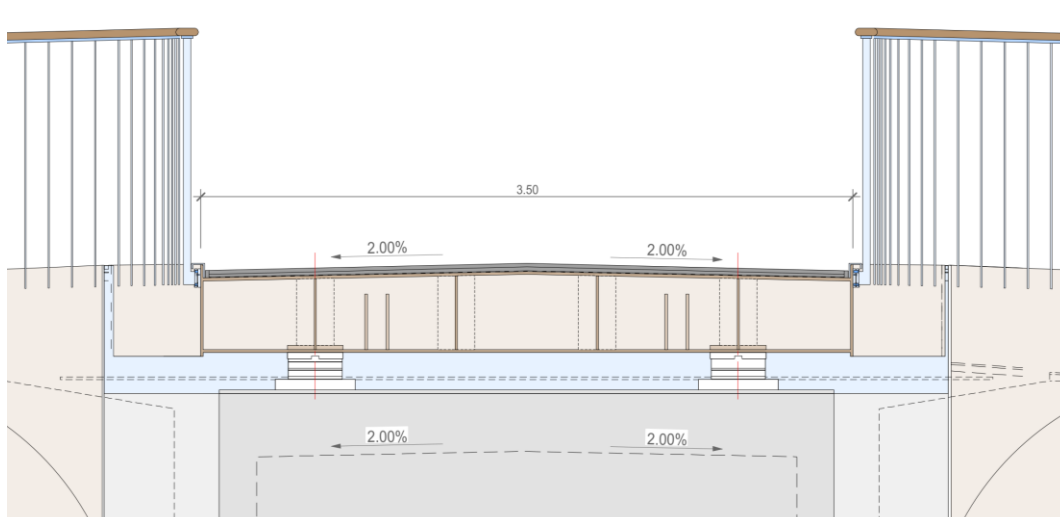


Abb. 9: Querschnitt bei Widerlager

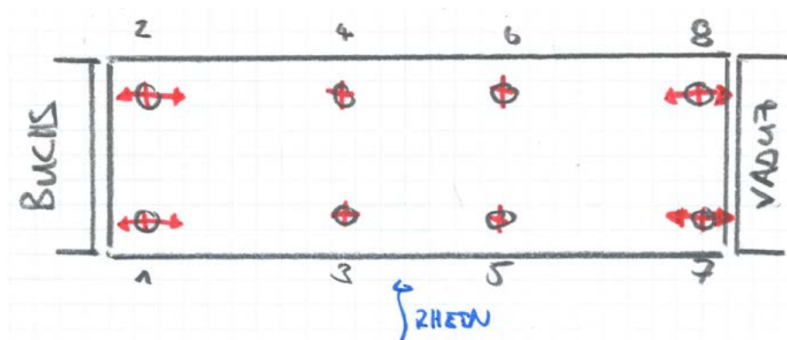
Der Stahlkasten besteht aus Stahl S 355 J2 W. Der Beton für Pfeiler und Widerlager entspricht der Sorte SG1 (C30/37, XD3, XF1, XC4); für die Fundamente wird ein C25/30 verwendet. Als Betonstahl wird B 500 B eingesetzt.

Das Lagerungskonzept für den Endzustand entspricht in Brückenlängsrichtung einer schwimmenden Lagerung, bei welcher der Bewegungsruhepunkt unter Temperaturbeanspruchung in der Brückenmitte liegt. Hierzu werden auf den schlanken Flusspfeilern je zwei feste Elastomerlager angeordnet.

Auf beiden Widerlagern werden je zwei längsverschiebbliche Elastomerlager angeordnet, um Temperaturdehnungen frei zuzulassen. In Querrichtung sind sie unverschieblich, um entsprechende Horizontalkräfte abzutragen und differentielle Querverschiebungen im Fahrbahnübergang zu verhindern.

Alle horizontalen Einwirkungen in Brückenlängsrichtung werden somit über die beiden Pfeiler abgetragen.

In Längsrichtung der Brücke werden auf beiden Widerlagern ausserhalb des normalen Bewegungsbereichs Anschläge angeordnet, die bei ausserordentlichen Einwirkungen Schäden am Brückenträger durch Anprallen verhindern.



LAGERSPEZIFIKATION

Lager Typ	Elastomerlager, mit Ankerplatten
Lager 3 / 4 / 5 / 6	allseitig fest, z.B. mageba Reston-Block, Typ B, NBf o.glw.
Lager 1 / 2 / 7 / 8	einseitig beweglich (längs) z.B. mageba Reston-Block, Typ C (mit eingelassener PTFE-Scheibe), NBe o.glw.

Abb. 10: Schema der Lagerung

6. Architektonische Gestaltung

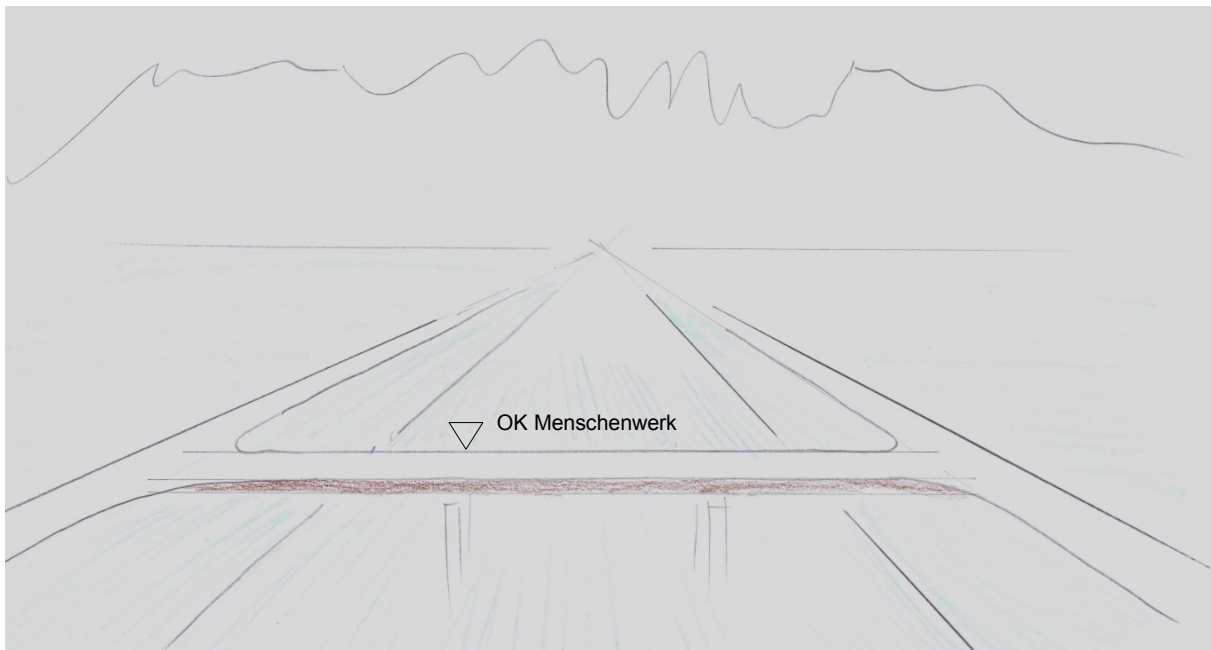


Abb. 11: Landschaftsbezug im grossen Massstab: Damm = Brücke = Damm: ungestörte Weite

Es gehört zu den Eigenheiten der Landschaft des St. Galler Rheintals, dass sie zwar von hohen Bergen umgeben und damit räumlich begrenzt ist, durch grossmassstäbliche menschliche Eingriffe wie die kilometerweit geradlinigen Eisenbahnlinien oder die Rheindämme jedoch Perspektiven von überraschenden Dimensionen vermittelt. Auch die Rheindamm-Landschaft am Standort der geplanten Brücke vermittelt das Gefühl einer grossen Weite, wenn man auf der Dammkrone steht. Die Brücke gliedert sich in diese Umgebung stimmig ein. Sie bildet sozusagen eine Fortsetzung des Damms mit anderen Mitteln. Die Oberkanten der Dämme; die weitherum höchsten Erhebungen des Terrains, die die obere Grenze des menschlichen Eingriffs bilden, werden auch durch die Brücke respektiert. Die BenutzerInnen der Brücke stehen wie auf den Dämmen immer zuoberst. Dadurch wird die Kontinuität der Dammlandschaft auch für das menschliche Auge bewahrt. Die Zusammengehörigkeit von Damm und Brücke wird durch die metallenen Stützwände des Dammwegs auf der Flussseite unterstrichen; ein signifikantes Detail.

Die Vorschrift, die Unterkante der Brücke oberhalb der bestehenden Dammkrone anzuordnen, führt zwangsläufig zu einer Erhöhung der Dämme bei den Brückenanschlüssen. Eine Trogbrücke wird nach den vorangehenden Ausführungen aus Gründen des Landschaftsbezugs nicht als adäquat betrachtet. Deshalb müssen beide Dämme um das Mass der Kastenhöhe über den Auflagern aufgeschüttet werden. Die zu den Widerlagern hin abnehmende Höhe des Kastenträgers trägt dazu bei, diese Höhe gering zu halten. Die verbleibende Aufschüttung wird entlang des Dammwegs weit auslaufend (Gefälle 1.8 %) geschüttet. Auf der Aussenseite des Damms wird die bestehende Schütteebe nach oben weitergeführt; auf der Flussseite wird eine kleine „Stützmauer“ ausgebildet. Die flussseitige Kante des Wegs knickt folgerichtig im Grundriss etwas zum Rhein hin ab und führt diskret zur Brücke hin. Wie bei Gartengestaltungen häufig anzutreffen, bestehen die verhältnismässig niederen Wegeinfassungen aus wetterfestem Stahl. Damit wird ein starker Bezug zum Brückentragwerk geschaffen.

Das Geländer besteht aus einem Staketengeländer in Edelstahl. Der Handlauf dient bei 1.30 m Höhe vorwiegend einem Verweilen auf der Brücke. Aus diesem Grund besteht er aus einem Eichenbrett mit einem liegenden Rechteckquerschnitt und gerundeten Schmalseiten.

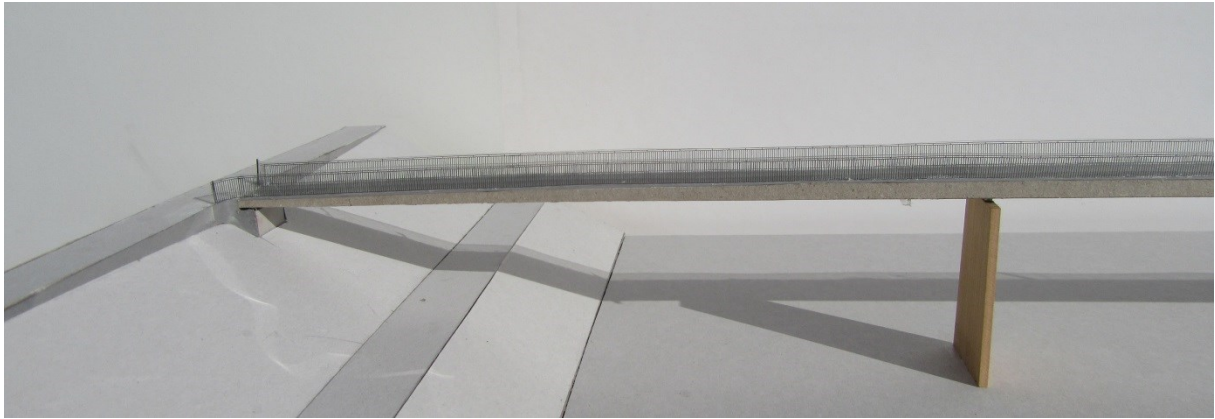


Abb. 12: Anschluss an den Damm im Arbeitsmodell...

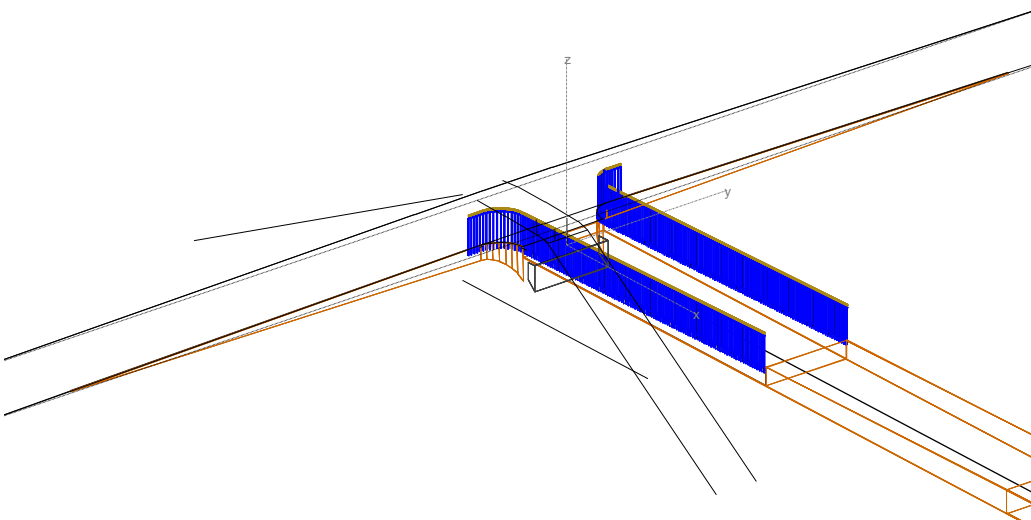


Abb. 13: ...dann aufkonstruiert...

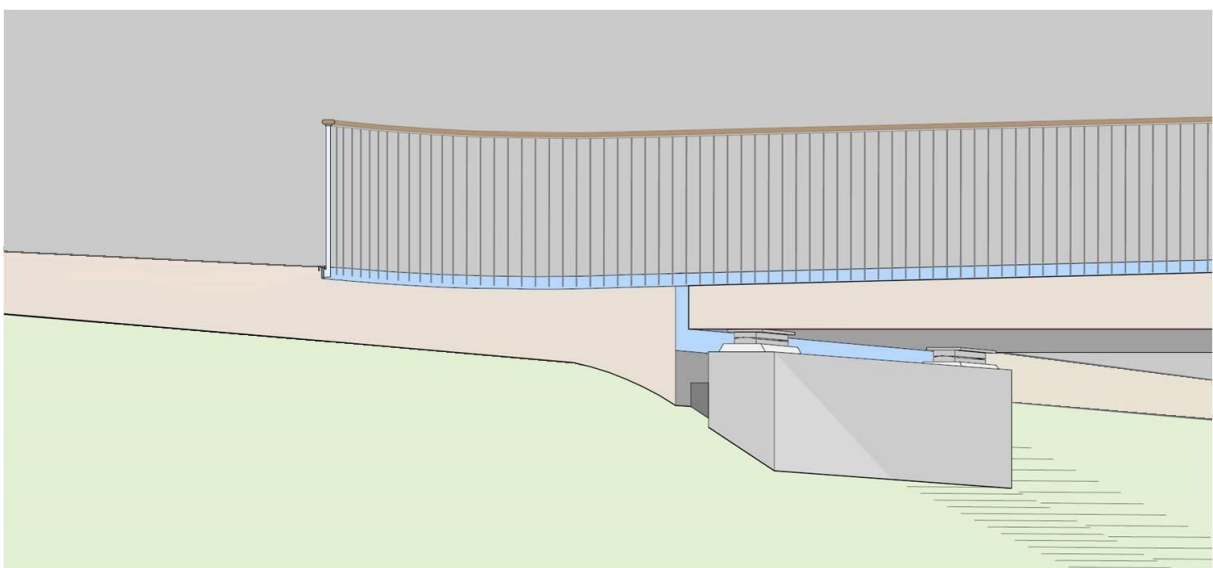


Abb. 14: ...und in der definitiven Version

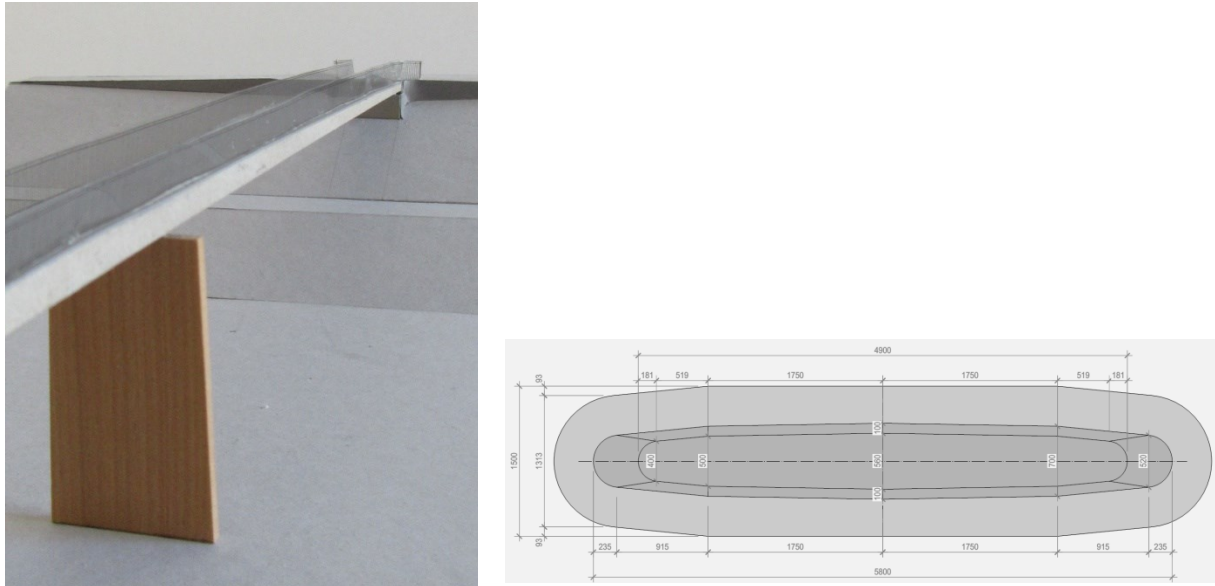


Abb. 15: Flusspfeiler, Modellfoto und Querschnitt

Die Flusspfeiler sind im Querschnitt hydrodynamisch geformt. Die sich zuspitzende Form lässt die Pfeiler in Flussrichtung elegant aussehen. Quer dazu wirken die vorstehenden Pfeiler vertrauensserweckend stark gegen die Angriffe des „Wildbachs“ Rhein.

Die Oberflächen der Pfeiler und Widerlager (soweit Beton) sind fein gestockt. Die Ausdruckskraft roh behandelter Materialien entspricht dem Grundgedanken des Projekts. Das Stocken des Betons nimmt Alterungsvorgänge vorweg. Es lässt die Pfeiler wie grosse Felsblöcke erscheinen. Die wasserberührenden Pfeilerflächen werden dabei mit grosszügig bemessenen Bewehrungsüberdeckungen versehen. Die gestockte Fläche reagiert auch wenig empfindlich auf allfällige Verunreinigungen aus regulären Korrosionsprodukten des wetterfesten Stahls des Überbaus.

Durch den Bauvorgang (Kapitel 12) bedingt, liegen die Pfahlbankette relativ hoch. Bei Niedrigwasser ist es möglich, dass sie über den Flusspiegel herausragen. Ihre Form und Oberfläche wird deshalb mit der gleichen Sorgfalt behandelt wie die der Pfeiler.

7. Flussbau

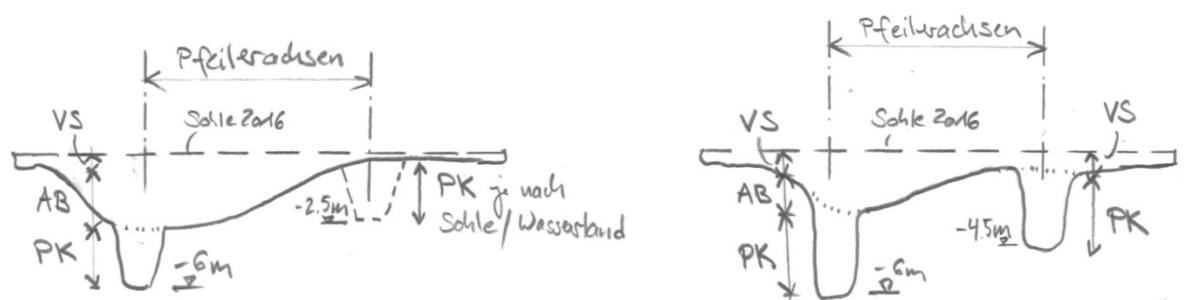
Grundlage: Langsamverkehrsbrücke Buchs - Vaduz, Flussbautechnisches Gutachten, Entwurf 0.4 vom 29.06.2017, erstellt durch Hunziker, Zarn & Partner, Domat/Ems und diverse Gespräche.

Die Brücke liegt bei Rhein-km 47.6, rund 2 km oberhalb der Blockrampe Buchs, die beim Rhein-km 49.5 das Flussbett stabilisiert.

Die beiden Flusspfeiler sind schmal und hydrodynamisch geformt. Sie sind beim Auflager des Brückenträgers 56 cm breit. Diese Breite wächst bis zur Oberkante des Pfahlbanketts auf 76 cm an. Die Oberkante des Pfahlbanketts liegt auf Kote 450.70 m ü. M., die Unterkante auf 449.20 m ü. M. Der Abflussquerschnitt wird durch die schlanken Pfeiler kaum reduziert. Die Auswirkungen auf die Wasserspiegel und auf die Fließgeschwindigkeit dürfen vernachlässigt werden.

Die neue Rheinbrücke liegt im Alpenrheinabschnitt mit alternierenden Bänken. Die Pfeiler liegen im Bereich dieser Bänke. Die Sohlenform bei alternierenden Bänken führt zu beachtlichen „morphologischen Kolken“ mit Tiefen von bis zu 3.5 m in den Uferbereichen. Solche Kolkiefen sind bei Abflüssen im Bereich von 500 m³/s zu erwarten, weil sich bei diesen Verhältnissen noch markante Querströmungen ausbilden können. Bei den Querprofilaufnahmen 2011 wurden im Nahbereich der neuen Rheinbrücke Kolkiefen von bis zu 3 m beobachtet. Die Profilaufnahmen von 2007 und 2011 zeigen, dass sich dieser Kolk sowohl am rechten als auch am linken Ufer entwickeln kann.

Mit zunehmendem Abfluss nehmen die Kolkiefen ab, weil sich die Querströmungen weniger stark ausbilden können. So muss etwa bei Abflüssen um 1'500 m³/s noch mit morphologischen Kolken mit einer Tiefe von rund 1.5 m gerechnet werden. Infolge Schwemmholzanlagerungen können sich jedoch bei den Pfeilern zusätzliche „Pfeilerkolke“ von bis zu 4 m Tiefe bilden.



Mittlerer Abfluss

Hochwasserabfluss

Abb. 16: mögliche Szenarien der Kolkausbildung um die Pfeiler (VS: variable Sohle, AB: alternierende Bänke, PK: Pfeilerkolk)

Die Rheinsohle hat sich bzw. wurde in der Vergangenheit substantiell eingetieft. Nach dem Einsturz der Strassenbrücke Buchs – Schaan im Jahre 1972 wurden als Massnahme alle Kiesentnahmen aus dem Alpenrhein unterhalb von Bad Ragaz eingestellt und die beiden Blockrampen am Eilhorn und bei Buchs gebaut. Weil die eingestürzte Strassenbrücke auch zwei Pfeiler im Bereich der Kolke der alternierenden Bänke hatte, wurde damals der Grundsatz formuliert, dass zwischen der Landquart- und der Illmündung nur noch Brücken mit einer oder ohne Abstützung erstellt werden sollen. Eine derartige Anordnung hätte für die vorliegende Brücke zu einer in Bau- und Endzustand (und künftiger Erweiterung) viel aufwändigeren Konstruktion geführt. Umso mehr muss den Kolkvorgängen grosse Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Künftige Flussaufweitung:

Bei einer künftigen Flussaufweitung sind stärkere Querströmungen als heute möglich. Entsprechend sind grössere Anlagerungen von Holz möglich. Bei extremen Hochwassern können Kolke von bis zu 11 m Tiefe auftreten. Die Schrägströmungen können mit Winkeln bis zu 45° auf die Pfeiler treffen. Staudrücke wirken sich auf eine entsprechend grössere Fläche aus. Dies ist in den statischen Berechnungen berücksichtigt.

Massnahmen:

Die Pfähle werden auf den heutigen Zustand wie auch auf die künftige Flussaufweitung hin dimensioniert. Dies ist sinnvoll, da nachträgliche Verstärkungen oder Verlängerungen von Pfählen nicht möglich sind und eine Ergänzung der bestehenden Pfähle mit grossem Aufwand verbunden wäre.

Zur Gewährleistung der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit der Brücke bei heutigen und künftigen Kolkvorgängen werden folgende Massnahmen getroffen:

- Abtiefen der Bohrpfähle der Flusspfähle bis auf 15 m Tiefe unter die Flusssohle
- Abrasionsschutz der Pfähle gegen die Wirkung von morphologischen Kolken auf die obersten 4.5 m Pfahllänge
- Bemessen der Pfeiler und ihrer Foundationen auf Kolk, Staudruck aus angeschwemmtem Holz und Anprall von Holzstämmen

Diese Massnahmen werden nachfolgend im Einzelnen beschrieben.

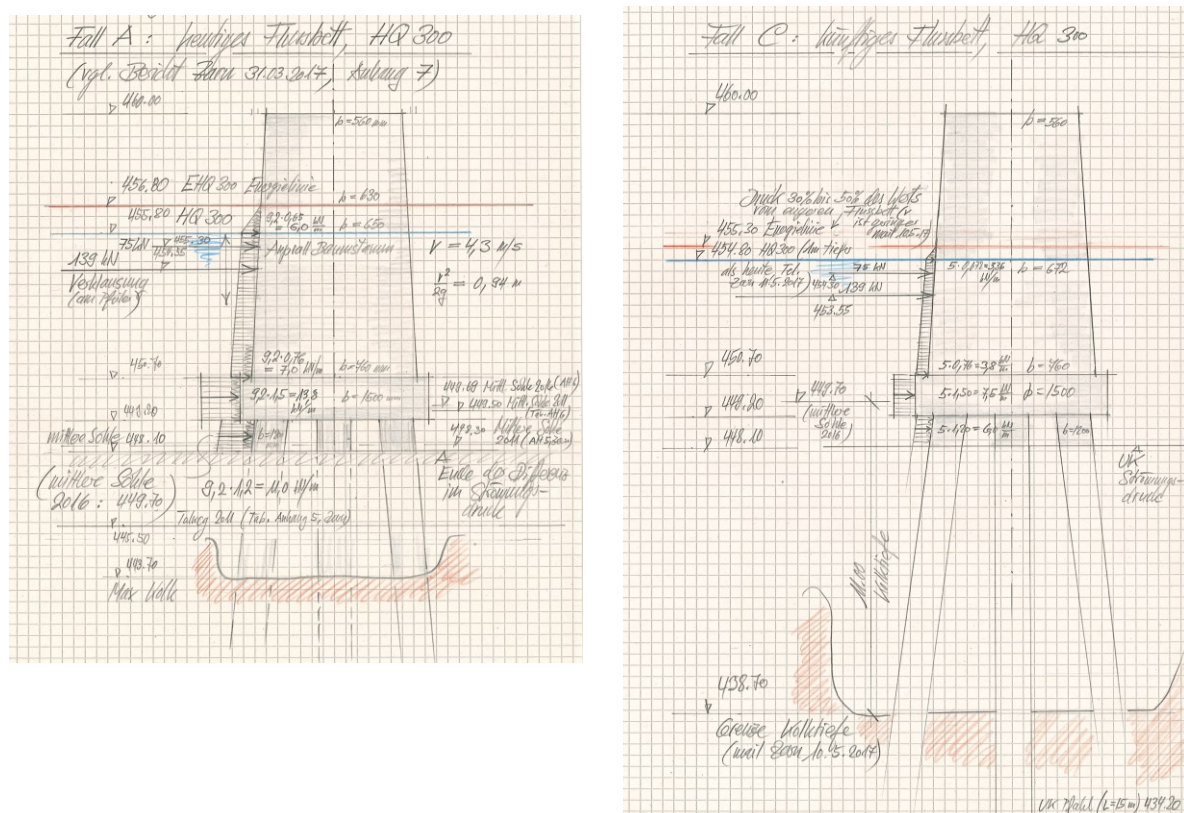


Abb. 17: Pfählung eines Flusspfeilers und Einwirkungen in Fließrichtung bei einem Hochwasser HQ300, links heutiges, rechts künftiges Flussbett: Einwirkungen aus der Anströmung (9.2 kN/m^2 , resp. 5 kN/m^2), einem Strömungsdruck infolge Holzanlagerung (139 kN Ersatzkraft) und einem anprallenden Baumstamm (75 kN).

8. Foundationen

Flusspfeiler

Die Flusspfeiler sind auf je drei Grossbohrpfählen (Durchmesser 118 cm) gegründet. Sie werden auf 15 m unter das Pfahlbankett abgeteuft. Sie sorgen für eine elastische Einspannung der Pfeiler in Richtung der Brückenachse. Quer zur Brücke, in Fliessrichtung des Rheins, bilden sie zusammen mit den Pfahlbanketten und den Pfeilerscheiben kräftige Rahmen.

Die Pfahlbankette werden relativ hochliegend in wiederverwendbaren Stahlkasten hergestellt. Zuerst werden die Kasten mit einer Schicht Unterwasserbeton abgedichtet. Nach dem Auspumpen der Kasten werden die Pfahlköpfe bearbeitet und die Pfahlbankette bewehrt und betoniert.

Die äusseren Bohrpfähle der Dreiergruppe von Pfählen werden mit einer Neigung von 1:10 ausgeführt. Ein grosser Teil der Lasten wird bei Kolken über den Spitzenwiderstand der Pfähle abgetragen. In diesem Bereich ist der Abstand der Pfahlachsen grösser als das Dreifache des Durchmessers. Der Kolk aus Schräganströmung wird durch die Länge des Pfahlbanketts bestimmt. Dank der Neigung der Pfähle wird das Pfahlbankett so kurz als möglich und damit auch die Kolkentiefe minimiert.

Aus den heutigen alternierenden Bänken und den daraus resultierenden Schrägströmungen sind „morphologische“ Kolke und Pfeilerkolke möglich, die in Extremfällen in ihrer Summe bis 6 m tief werden. Zum Schutz der unzugänglichen und nur schwer zu inspizierenden Pfähle gegen Abrasion durch die morphologischen Kolke werden sie in den obersten 4.5 m mit Stahl ummantelt. Eine Abrasion des Pfeilerbetons wurde in der Vergangenheit nur bei Brücken, die im Mündungsbereich von Wildbächen stehen, beobachtet. Bei der vorliegenden Brücke ist dies nicht der Fall. Auf einen Abrasionsschutz der Pfeiler in Form einer Natursteinvorlage wird verzichtet. Die Fläche der Pfahlbankette wird mit einem zementgebundenen Oberflächenschutz mit abrasionsbeständigen Zuschlagstoffen versehen. Eine Verklausung des Flussquerschnitts ist nicht möglich. Das Freibord von über 1.5 m ist auch bei Extremhochwassern ausreichend und die Feldweiten der Brücke sind für eine Verklausung zu gross. Holzanlagerungen bei den Pfeilern sind möglich. Solche Anlagerungen können die Bildung des Pfeilerkolks begünstigen und die Belastung des Pfeilers vergrössern. Diese Effekte sind in der Bemessung der Pfeiler und der Pfähle berücksichtigt.

Die Foundationen der Flusspfeiler erhalten einen Kolkenschutz aus Naturstein-Blöcken, die sorgfältig in die Flusssohle eingebunden werden. Sie reichen bis unter die Kolkentiefe der alternierenden Bänke, also 4.5 m unter die Unterkante des Pfahlbanketts.

Für die Brücke kann unter Berücksichtigung möglicher Kolke eine ausreichende Stabilität nachgewiesen werden. Als zusätzliche einfache Sicherheitsmassnahme werden die Widerlager mit Anschlägen in Brückenlängsrichtung versehen. Die normalen Temperaturbewegungen werden dadurch nicht beeinflusst, einer Schrägstellung der Pfeiler bei ganz aussergewöhnlichen Kolkverhältnissen werden damit jedoch Grenzen gesetzt.

Bei einer künftigen Flussaufweitung verändern sich die Strömungsverhältnisse. Bei grossen Hochwassern sind grössere morphologische Kolke möglich. Es sind Pfeilerkolke bis 8.5 m Tiefe denkbar. Ein Nachrüsten der auf die heutigen Verhältnisse ausgelegten Foundation auf die Flussaufweitung wäre sehr aufwändig. Aus diesem Grund wird nach Rücksprache mit den Experten vorgeschlagen, die Pfähle bis auf 15 m Tiefe unter die Pfahlbankette zu führen und bezüglich Tragsicherheit mit einer Kolkentiefe von 11 m zu rechnen. Die Tiefe von 4.5 m der Stahlummantelung der Pfähle ist auch im Fall einer künftigen Flussaufweitung genügend.

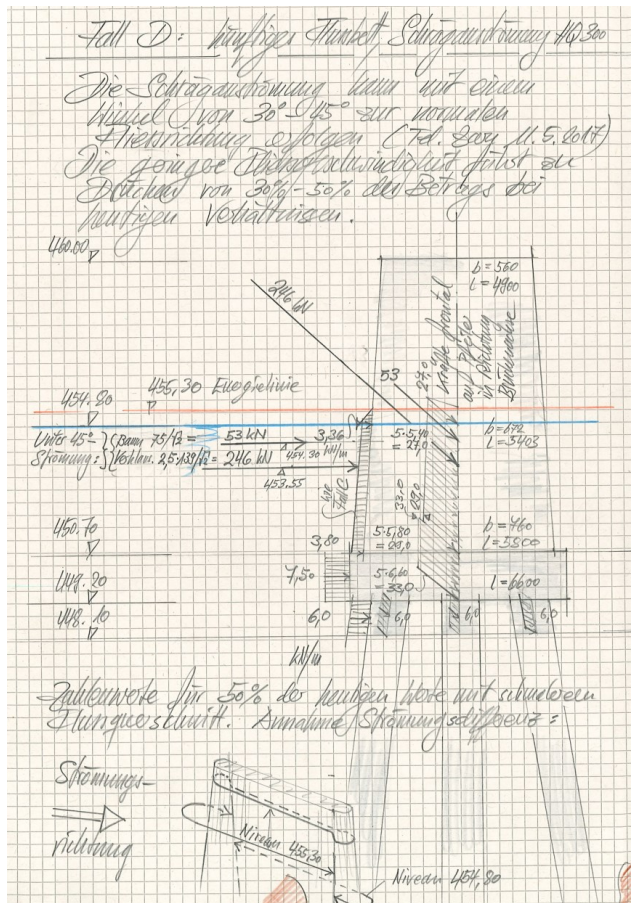


Abb. 18: Einwirkungen im aufgeweiteten Fluss unter HQ300 mit schräger Anströmung

In Bezug auf die Gebrauchstauglichkeit (Verformungsverhalten in Brückenlängsrichtung) im aufgeweiteten Fluss sind gegenwärtig keine gesicherten Aussagen möglich, da die gegenseitigen Abhängigkeiten der Kolk-tiefen noch nicht bestimmbar sind. Durch entsprechende Ausbildung der Fundation und der Lager beim Bau des neuen dritten Pfeilers wird man auf die neue Situation reagieren. Beispielsweise könnte die schwimmende Lagerung des Überbaus dann in eine Lagerung mit einem festen Lager auf Pfeiler 3 überführt werden, um bleibende Schrägstellungen infolge gleichzeitig an mehreren Pfeilern auftretenden Kolken zu vermeiden.

Widerlager

Die Widerlager ruhen auf je 15 Mikroböhrpfählen (Durchmesser 21 cm). Sie reichen bis auf Kote 451.00 m ü. M. Damit nehmen sie Rücksicht auf das Grundwasserschutzareal der Schweizer Seite. Die Pfähle werden im Winter betoniert, wenn der Grundwasserspiegel (der mit dem Flusswasserspiegel korreliert) unter dieser Kote liegt. Die Pfähle werden räumlich gespreizt. Damit werden die Lasten der Widerlager breit über die relativ weichen Bodenschichten verteilt. Zur Aufnahme der Horizontalkräfte während des Einschubs werden auf der Vaduzer Seite zwei zusätzliche Pfähle unter 45° Neigung angeordnet.

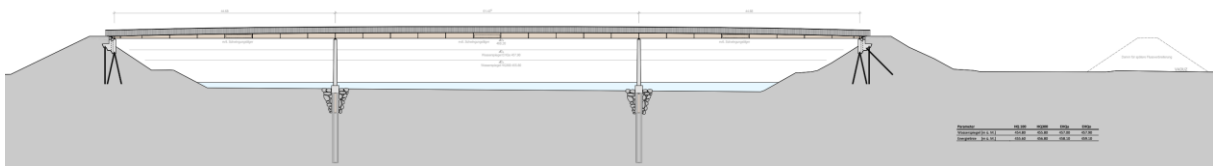


Abb. 19: Längsschnitt durch die Brücke mit Fundationen

9. Geometrie

Die Oberkante des Trägers folgt einer kubischen Parabel:

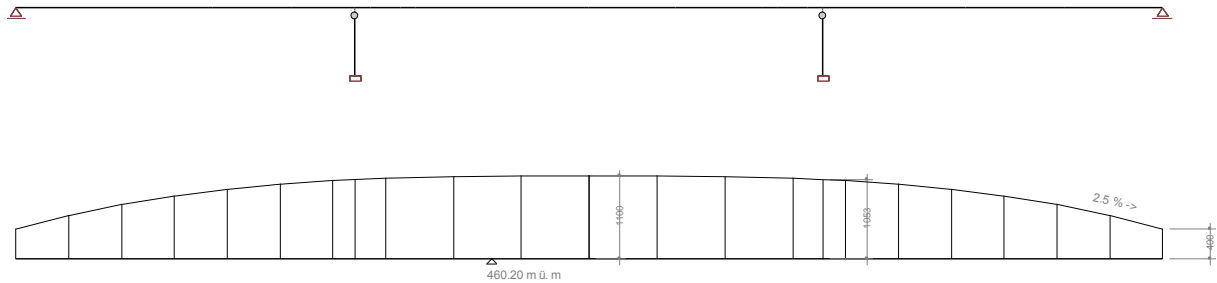


Abb. 20: Längsprofil des Brückenträgers, 10-fach überhöht

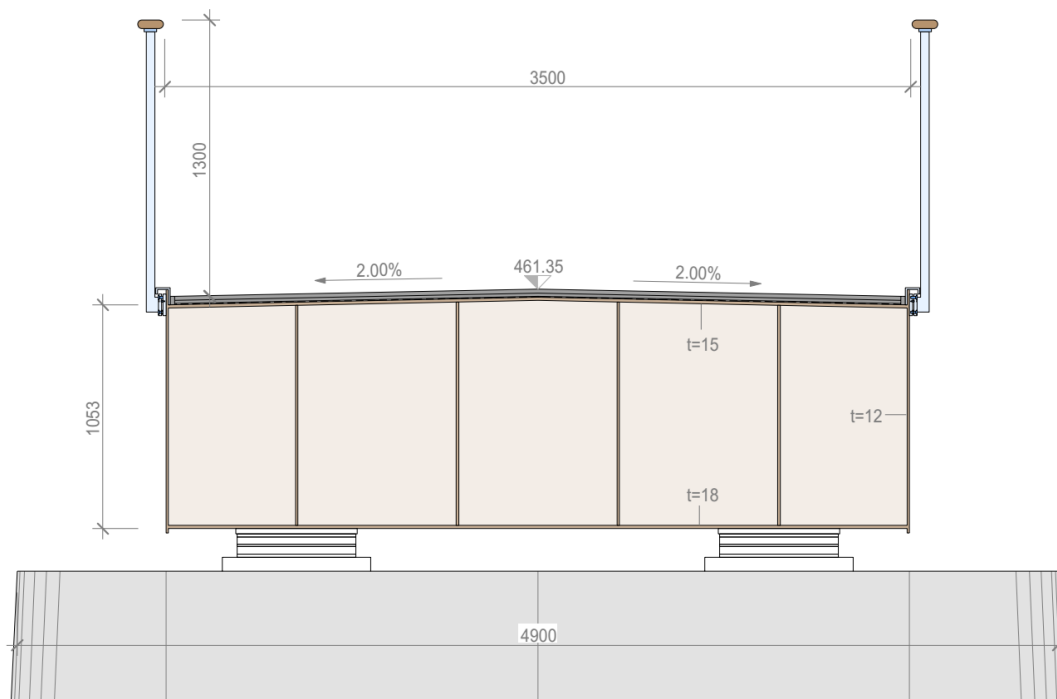


Abb. 21: Querschnitt des Brückenträgers über den Stützen

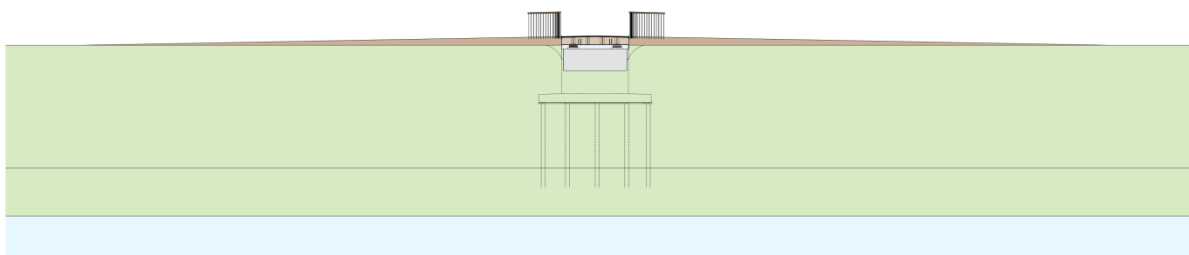


Abb. 22: Dammerhöhung mit beidseitigem Gefälle von 1.8%

10. Dauerhaftigkeit und Unterhalt

Ein wichtiges Kriterium für die Dauerhaftigkeit ist der Umgang mit Regenwasser. Der Gehweg (oder die Fahrrad-Fahrbahn) ist mit einem zweischichtigen Gussasphaltbelag versehen. Die Deckschicht wird mit Quarzsand abgestreut. Der Stahlkasten ist mit Flüssigkunststoff abgedichtet. Zur Sicherstellung des Verbunds zum Gussasphalt dient eine Abstreifung in „Naturgranitrot“ (auf der Abdichtung). Die Ränder sind mit Thormafler-Abdichtungen versehen. Das Meteorwasser fließt über das Quer- und Längsgefälle des Gehwegs zu den Rändern des Belags und wird dort von einem Edelstahl-Winkel gefasst. Über Abläufe und Fallrohre gelangt das Wasser in den Rhein. Damit ist die Möglichkeit, später einen Winterdienst mit Salzeinsatz vorzunehmen, gegeben. Die wetterfesten Stahl-Stege werden bei Schlagregen kurzfristig durchnässt. Seitliches Wasser kann entlang der unteren Kante sofort abtropfen und es besteht keine Gefahr der Verschmutzung durch korrosionsstimulierende feuchte Ablagerungen aus Laub oder Fäkalien von Tieren. Eine gelegentliche Salzeinwirkung auf die Stege aus künftigem Winterdienst ist nach Auskunft des Korrosionsschutzexperten unbedenklich; umso mehr, weil bis dann die selbstbildende Schutzschicht des wetterfesten Stahls voll ausgeprägt sein wird.

Die Geländer in Edelstahl sind in Elementen gefertigt und seitlich unter den Abtropfkanten an den Kastenträger geschraubt. Bei Schäden aus mechanischer Gewalteinwirkung sind sie einfach auszuwechseln. Die Kombination von Edelstahl und wetterfestem Stahl bietet keine Probleme, solange das Wasser vom Edelstahl auf den wetterfesten Stahl gelangt und nicht umgekehrt.

Das Innere des Hohlkastens ist luftdicht vom Aussenklima getrennt. Dadurch wird der anfänglich enthaltene Sauerstoff mit seiner Feuchte in der Oberfläche des wetterfesten Stahls gebunden und es besteht keine Korrosionsgefahr. Schwingungsdämpfer werden - falls notwendig - in vom Hohlraum abgetrennte, von oben her zugängliche Nischen gesetzt.

Die wetterfesten Stahlteile sind mit einem Abrostungszuschlag von mindestens 2 mm bemessen. Die Fahrbahnübergänge sind an quer zur Brückenachse verlaufenden Blechen aus Edelstahl A4 angeschlossen. Es ist problemlos möglich, Edelstahl mit wetterfestem Stahl zu verschweißen. Zur Verwendung von wetterfestem Stahl in der vorliegenden Brücke und zur Grösse des Abrostungszuschlags liegt eine Stellungnahme der Kontraktion Rickenbacher GmbH, Hombrechtikon, vor.

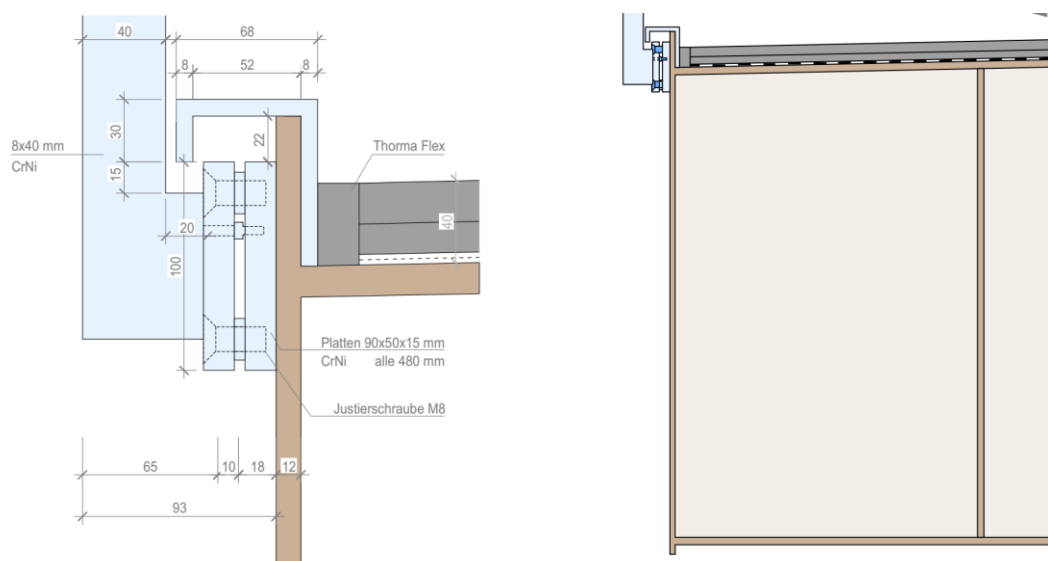


Abb. 23: Wasser tropft schadlos ab, oben wie unten am Träger

11. Entwässerung

Der Querschnitt besitzt ein symmetrisches Quergefälle. Damit wird die Mitte der Brücke nach einem Regen rasch wasserfrei, bei der Schneerräumung gibt es keine nicht erfassten Kehlen und die Übergänge zu den Dammwegen sind ohne geometrische Komplikationen möglich. Die Lage der Entwässerungen ist in der quasi-horizontalen Mittelpartie am dichtesten, gegen die Widerlager hin dürfen die Abstände grösser werden. Die Einläufe bestehen aus Edelstahl. Es gibt mehrere Sicherheitsebenen, die ein Eindringen von Wasser in den Kasten des Brückenträgers verhindern: zunächst wird der Wassereinlauf auf allen Seiten mit dem Bitumenverguss des Thorma Flex-Anschlusses abgedichtet. Auf Ebene Oberkante Kastenplatte besteht eine umlaufende wasserdichte Schweissnaht. Das Edelstahl-Fallrohr verläuft in einem Schacht, der mit einem grösseren Rohr aus wetterfestem Stahl ebenfalls wasserdicht in den Brückenkasten eingeschweisst wird, das ist die dritte Dichtungsstufe. Der Edelstahl-Einsatz kann wahlweise bereits beim Zusammenbau des Trägers in der Werkstatt oder auch erst nach dem Einschieben der Brücke montiert werden. Der Einlauf ist so perforiert, dass die 12 x 22 mm Maximalöffnungen nach Liechtensteiner Behindertengesetz eingehalten sind. Der Deckel wird festgeschraubt.

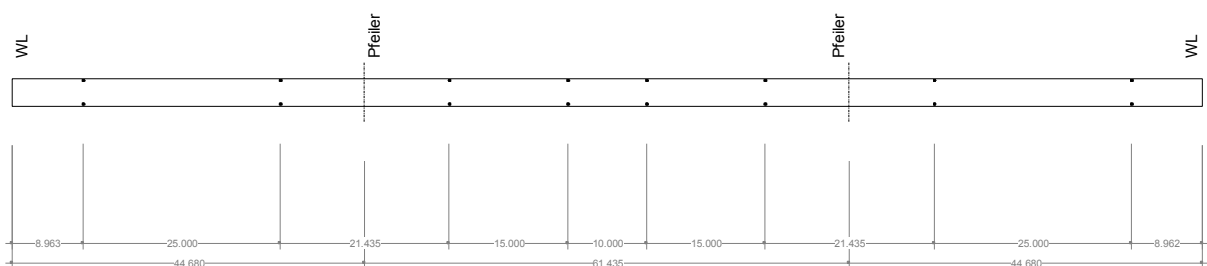


Abb. 24: Lage der Entwässerungen (Draufsicht Brückenträger)

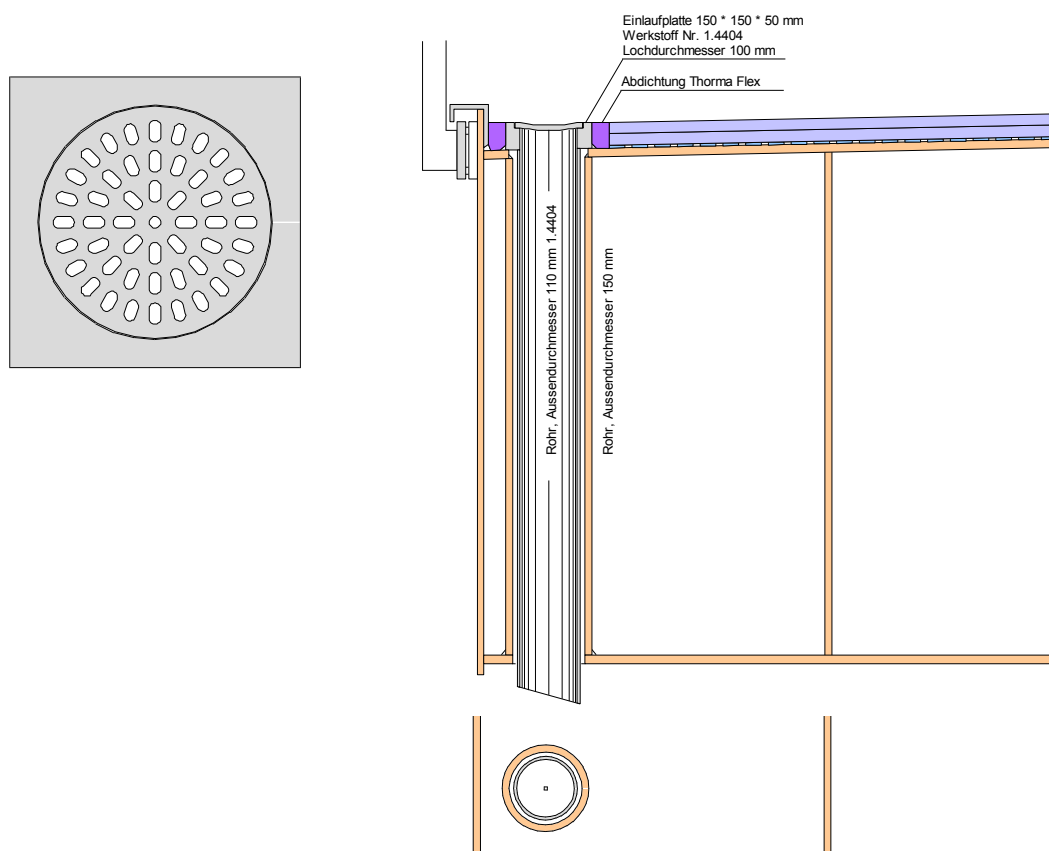


Abb. 25: Querschnitt (oben), Horizontalschnitt (unten) und Deckel (unten links) der Entwässerung

12. Statische Berechnungen

Die Kastenplatten erfüllen überall die Voraussetzungen der Querschnittsklasse 2, die Stege diejenigen der Querschnittsklasse 3. Damit können die Nachweise elastisch geführt werden (EE). Im vorsichtig angenommenen abgerosteten Zustand wird die Querschnittsklasse 3 nicht mehr überall erfüllt. Der dann vorhandene Tragwiderstand (EER) ist jedoch nur etwa 5% geringer als im Anfangszustand. Die Tragsicherheitsnachweise sind auch dann mit Reserven erfüllt.

Besondere statische Anforderungen stellen die Bauzustände während des Vorschubs. Die Auswirkungen wurden für jeden Bauzustand untersucht. Ein kraftgesteuert regulierbarer, unten gelenkig gelagerter Hilfspylon mit beidseitigen Abspannungen ist derart positioniert, dass er zum Zeitpunkt der grössten Auskragung des Trägers über dem Mittelfeld genau über dem Pfeiler Seite Vaduz steht. Die Abspannung reduziert die Biegemomente der grossen Auskragungen im Bauzustand.

Der Vorschub erfolgt über jeweils vier Pressen pro Auflager. Die Pressen sind auf die Achsen der inneren Längsrippen ausgerichtet. Die Längsrippen werden massgebend im Bauzustand beansprucht; sie leiten die Auflagerkräfte der Pressen während des Vorschubs zu den Querschotten und damit in alle Stege, gleichzeitig sichern sie die untere Kastenplatte gegen Beulen bei den während des Vorschubs praktisch in jedem Schnitt auftretenden negativen Biegemomenten.

Die Aufnahme der Windkräfte bietet keine besonderen Probleme. Auch die Erdbebeneinwirkungen erzeugen in Querrichtung nur mässige Spannungen in Überbau und Pfeilern. In Längsrichtung nimmt der schwimmend gelagerte Überbau die Erdbebeneinwirkungen mit Schwingungen bis zu 60 mm Amplitude auf. Die beweglichen Lager nehmen diese Bewegungen auf, Schäden an den Fahrbahnübergängen sind jedoch möglich.

Die Eigenfrequenzen des Überbaus betragen 1.01, 1.53, 1.92 und 3.92 Hz in vertikaler Richtung. Unter normalem Betrieb durch Fussgänger entstehen dadurch keine unzumutbaren Schwingungen. Ein mutwilliges Aufschaukeln der Brücke ist nicht möglich. Der „dynamic impact“ für fühlbare Stösse (ohne Resonanzerscheinung) bleibt gering (durch Verformungsbetrachtung nachgewiesen). In Querrichtung beträgt die Frequenz 2.68 Hz und ist damit weit höher als der kritische Wert von 1.3 Hz. In vertikaler Richtung ist einzig die Frequenz von 1.92 Hz kritisch. Eine gewisse Unsicherheit in der Einschätzung der Strukturdämpfung und des Empfindens der Benutzer beim Auftreten dieser dritten Eigenfrequenz besteht. Aus diesem Grund werden Vorbereitungen getroffen, die die allfällige spätere Montage von Schwingungsdämpfern in den Feldmitten erlauben.

13. Bauausführung

Der Rheindamm der Liechtensteiner Seite wird die ausschliessliche Baustellenzufahrt bilden. Der Rheindamm kann mit 40 t - Fahrzeugen befahren werden.

Wie an anderen Orten am Rhein auch schon ausgeführt, werden im Rhein künstliche Halbinseln für den Bau der Pfeiler geschaffen. Das Schüttmaterial dazu darf aus dem Flussbett gewonnen werden. Nach Abschluss der Bauarbeiten wird der ursprüngliche Zustand des Flussbetts wiederhergestellt.

Das Bauprogramm geht davon aus, dass die Bauarbeiten im Januar 2018 beginnen. Um die gegen Hochwasser heiklen Arbeiten vor Eintreten der Schneeschmelze fertigstellen zu können, müssen die künstlichen Halbinseln auf beiden Seiten des Flusses gleichzeitig erstellt werden, damit an den Fundationen und an den Pfeilern zeitlich parallel oder in kurzer Folge nacheinander gearbeitet werden kann.

Der gleichzeitige Bau der Pfeiler mit künstlichen Schüttungen führt im verbleibenden Flussbett zu einer Vertiefung der Sohle. Die provisorischen Schüttungen müssen mit Blocksteinen gegen Erosion und Kolk geschützt werden. Das zwanzigjährige Winterhochwasser (Januar, Februar, 200 m³/s) erreicht - ohne Kolkbildung, sonst tiefer - die Kote 452.10 m ü. M. Auf diese Mindestkote werden die Spundwände ausgelegt.

Die Flusspfeiler stehen auf verrohrten Grossbohrpfählen, die von diesen künstlichen Schüttungen aus erstellt werden. Die Pfahlbankette werden im Schutz von Spundwänden gebaut. Im Innern des Spundwandkastens wird eine Dichtungsschicht aus Unterwasserbeton eingebracht. Anschliessend werden die Kasten ausgepumpt, die Pfahlköpfe bearbeitet und das Pfahlbankett erstellt.

Nun werden die Pfeiler in Ortbeton hochgezogen. Am Pfeilerkopf werden die Gerüste für den Taktvorschub montiert. Anschliessend können die künstlichen Schüttungen im Rhein rückgebaut werden.

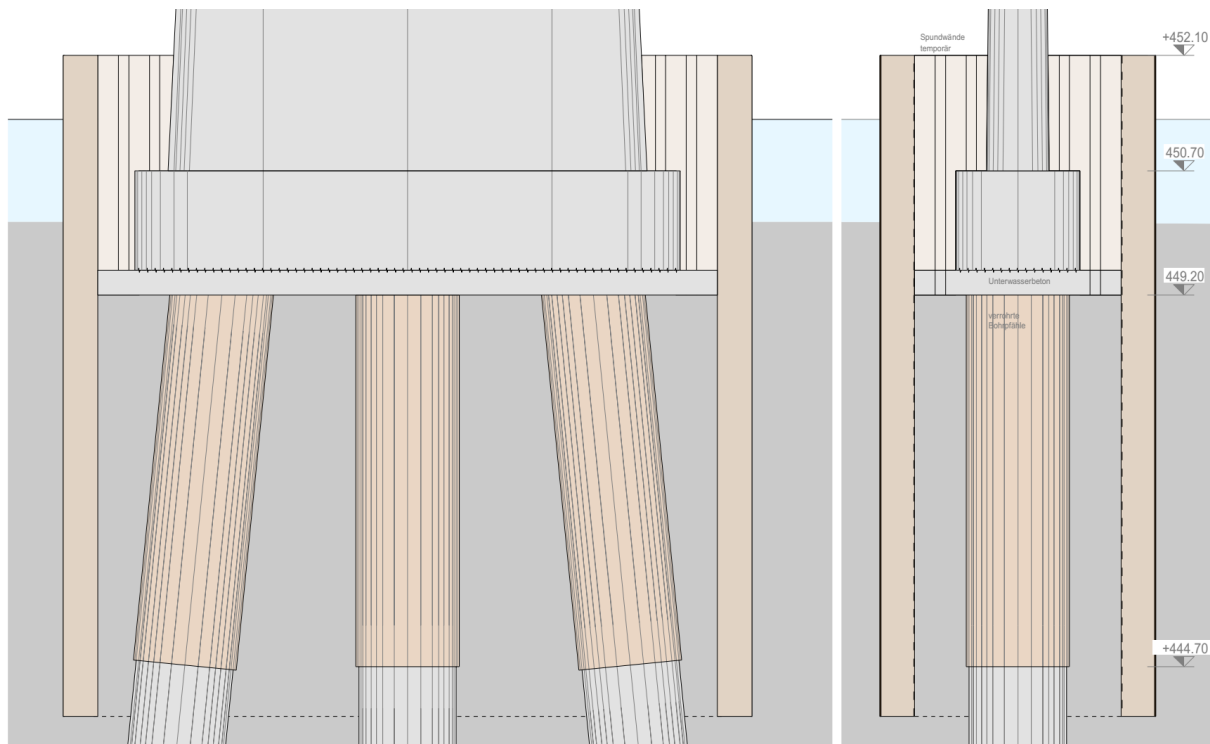


Abb. 26: Erstellen der Pfahlbankette mit offenem Spundwandkasten

Parallel dazu erfolgt das Erstellen der Widerlager. Die Oberkante des landseitigen Teils des Widerlagers wird zunächst gleich hoch wie das Bankett der Lager betoniert. Damit kann der Vorschub des Überbaus in seiner definitiven Höhenlage erfolgen.

Die Arbeiten an den Foundationen werden in engem Kontakt mit der Rheinunternehmung geplant und durchgeführt.

Die Lage der Pfähle bei den Widerlagern ist während des Baus präzise einzumessen und zu dokumentieren. Diese Angaben können etwa beim späteren Bau von Schmaldichtungswänden wichtig sein.

Vor Baubeginn wird ein detailliertes Programm des Baus der Pfeiler zu Händen der Rheinbauleitung erstellt. Darin wird auch geregelt, wer mit den Arbeiten wo beginnt und wie hoch die temporären Zufahrten zu den Pfeilern geschüttet werden. Die Beobachtung des Wasserregimes wird geregelt und ein Sicherheitsdispositiv mit Alarmregelung aufgebaut. Darin sind die Verantwortlichkeiten und die Ansprechpartner bestimmt.

Für den Taktvorschub werden auf der Vaduzer Seite in der Ebene hinter dem Damm eine Einhausung und ein Stützpfeiler erstellt. Der Zusammenbau erfolgt mit sechs Schüssen von $4 \times 5.585 = 22.340$ m und $5 \times 5.585 = 37.925$ m Länge (plus Überstand zum Schweissen). Mit dieser Einteilung ist bei relativ geringem Landbedarf für die provisorischen Installationen ein rationeller Vorschub möglich. Der Vorschub erfolgt über ein Litzenzuggerät, das beim Widerlager Seite Vaduz installiert wird. Die Brücke wird über 4 Gleitelemente pro Auflager geführt. Die Gleitelemente befinden sich unter den Längsaussteifungen. Zur Aufnahme der Horizontalkräfte werden beim Widerlager Seite Vaduz zwei zusätzliche schräg verlaufende Mikropfähle eingebaut.

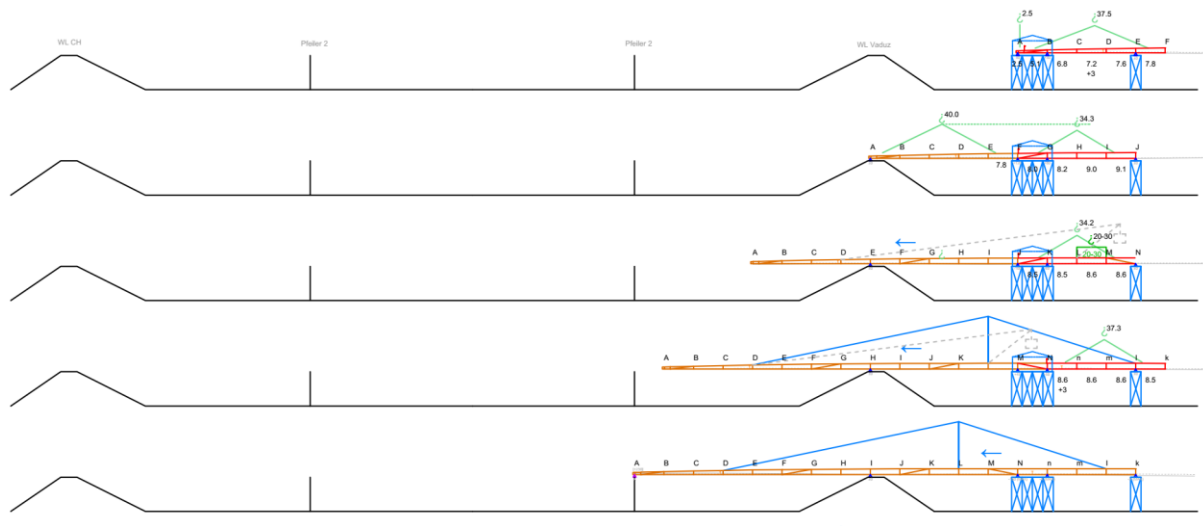
Auf den vorderen späteren Pfeilerquerschnitt wird ein Hilfspylon mit zwei Abspannungen gestellt. Die in ihm wirkende Druckkraft kann an seinem Fuss mit zwei hydraulischen Pressen reguliert werden. Pylon und Abspannungen reduzieren die Schnittkräfte im Träger in den Bauzuständen mit grosser Auskragung. Auch können dadurch die Verformungen so gesteuert werden, dass zum Auffahren auf die Pfeiler kein Vorbauschnabel notwendig wird.

Die Erschliessung der Pfeilerköpfe erfolgt während des Vorschubs über den Brückenträger auf die früher vorbereiteten Gerüste.

Die nach aussen vorstehenden Pfeiler dienen zur Aufnahme der Führungslager während des Vorschubs.

Nach dem Einschub werden landseitig der Brücke die Bleche über die Widerlager gestülpt und mit Beton vergossen. Anschliessend wird der Kasten abgedichtet und der Gussasphaltbelag aufgebracht. Schliesslich werden die Brückengeländer montiert und die Zufahrten fertiggestellt.

Die Projektverfasser haben mit einer Kranunternehmung die Variante, die Brücke in grossen Segmenten mit einem Schwerlastkran einzuheben, diskutiert. Dabei stünde der Kran nicht auf dem Damm, sondern am landseitigen Dammfuss. Diese Variante der Bauausführung kann interessant sein, man möchte sich jedoch nicht von diesem Verfahren abhängig machen. Die Brücke wird demnach weiterhin zur Ausführung im Taktschiebeverfahren projektiert; die Möglichkeit, eine Unternehmervariante mit Schwerlastkränen zu offerieren, wird aber erlaubt.

**Montage Schuss 1 + WL-Bauteil**

- Einheben Schuss 1 und WL-Bauteil (Position -179 m)
- Korrektur Überhöhung und Durchbiegung bei Verschlusslager auf Schweiss-Montagegerüst (ca. 30 mm)
- Verschweissen (Auf- und Abbau Einhausung)

Allgemeines

- Krankapazität zum Einheben Schüsse ca. 45 t x 20 m (ohne Montageeinrichtung, Haken, Seile ect.)
- Heben und Absenken der Verschlusslager auf Schweiss-Montagegerüst ca ± 150 mm (Ausrichten Schüsse zum Verschweissen)
- Heben und Absenken Verschlusslager auch auf Hilfs-Montagegerüst ca ± 150 mm (Kompensation Durchbiegungen, mehr Flexibilität, Absenken wenn Brücke Verschlusslager "verlässt")

Montage Schuss 2

- Versetzen Schuss 1 und WL-Bauteil mit Kran (auf Position -151 m)
- Einheben Schuss 2
- Korrektur Überhöhung und Durchbiegung bei Verschlusslager auf Schweiss-Montagegerüst (mind. 120 mm)
- Verschweissen (Auf- und Abbau Einhausung)
- Montage Verschlussinstallation
- Absenken Verschlusslager Hilfs-Montagegerüst

Montage Schuss 3

- Verschieben Brücke um 22 m (auf Position -128.60 m)
- Brücke an Position fixieren
- Einheben Schuss 3
- Korrektur Überhöhung und Durchbiegung bei Verschlusslager auf Schweiss-Montagegerüst (mind. 100 mm)
- Verschweissen (Auf- und Abbau Einhausung)
- Aufbringen Gegenbalast 20-30 t (Abstellen auf Querschotten oder Anhängen an Pylon)
- Absenken Verschlusslager Hilfs-Montagegerüst

Montage Schuss 4

- Verschieben Brücke um 17 m (auf Position -111.80 m)
- Brücke an Position fixieren
- Einheben Schuss 4
- Korrektur Überhöhung und Durchbiegung bei Verschlusslager auf Schweiss-Montagegerüst (mind. 50 mm)
- Verschweissen (Auf- und Abbau Einhausung)
- Entfernen Gegenbalast
- Umsetzen Haltepunkte Verschieben
- Aufbau Pylon
- Absenken Verschlusslager Hilfs-Montagegerüst

Überfahren Pfeiler 1

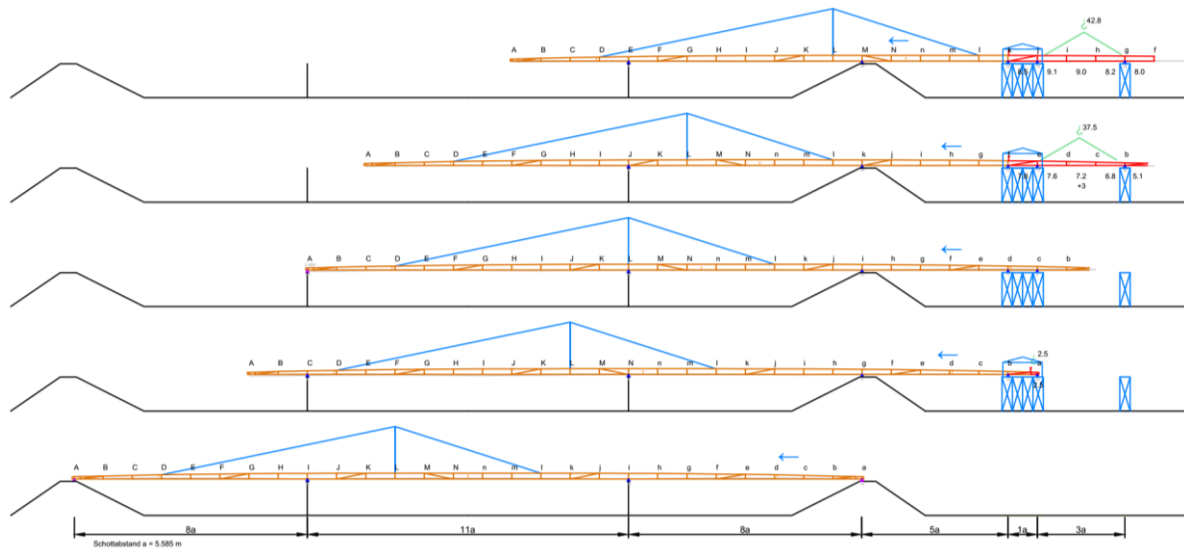
- Möglichst weit Absenken Verschlusslager im Hinterland (Heben Spitze)
- Verschieben Brücke um 5 m (auf Position -106.20 m)
- Überfahren Pfeiler, Aufsetzen auf Verschlusslager Pfeiler 1

37 Erforderliche Krankapazität [t] (ohne Montageeinrichtungen)

6.8 Gewicht Brücke bei Einschub pro "Kammer" [t]

30 Höhenkorrektur [mm] infolge Überhöhung (ohne Durchbiegungen)

Abb. 27: Phasen 1 – 5 des Taktvorschubs (Diagonalstriche bezeichnen Stösse der Schüsse)

**Montage Schuss 5**

- Verschiebe Brücke um 22 m (auf Position -83.90 m)
- Brücke an Position fixieren
- Einheben Schuss 5 (maximales Gewicht)
- Korrektur Überhöhung und Durchbiegung bei Verschieblager auf Schweiß-Montagegerüst (mind. 70 mm)
- Verschweißen (Auf- und Abbau Einhausung)
- Umsetzen Haltepunkte Verschiebe
- Absenken Verschieblager Hilfs-Montagegerüst

Montage Schuss 6

- Verschiebe Brücke um 28 m (auf Position -55.90 m)
- Brücke an Position fixieren
- Einheben Schuss 6
- Korrektur Überhöhung und Durchbiegung bei Verschieblager auf Schweiß-Montagegerüst (mind. 75 mm)
- Verschweißen (Auf- und Abbau Einhausung)
- Absenken Verschieblager Hilfs-Montagegerüst

Überfahren Pfeiler 2

- Verschiebe Brücke um 11 m (auf Position -44.70 m)
- Überfahren Pfeiler, Aufsetzen auf Verschieblager Pfeiler 2

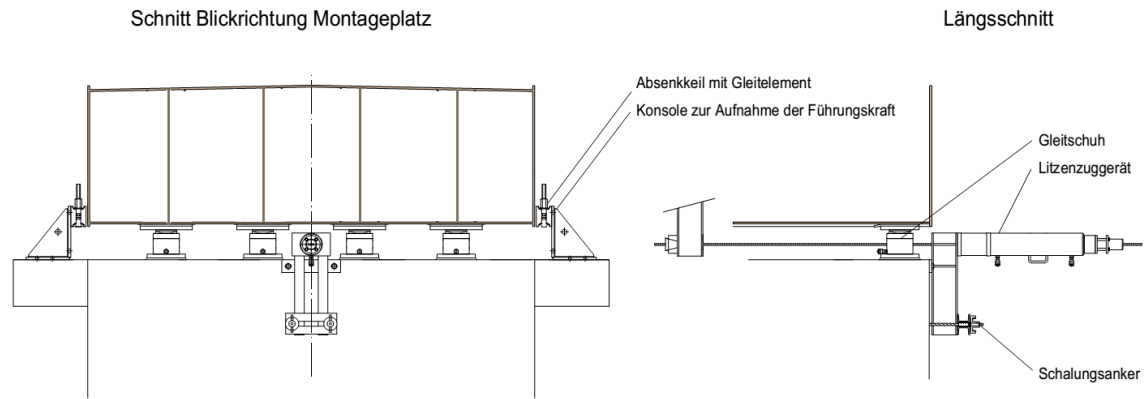
Montage WL-Bauteil

- Verschiebe Brücke um 11 m (auf Position -33.60 m)
- Brücke an Position fixieren
- Einheben WL-Bauteil
- Korrektur Überhöhung und Durchbiegung bei Verschieblager auf Schweiß-Montagegerüst (mind. 55 mm)
- Verschweißen (Auf- und Abbau Einhausung)
- Umsetzen Haltepunkte Verschiebe

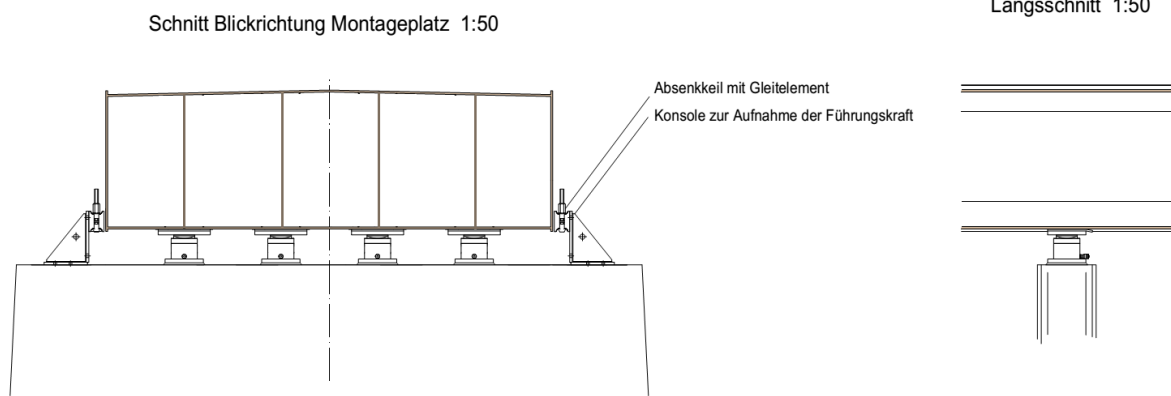
Überfahren WL CH - Endposition

- Verschiebe Brücke um 34 m (auf Position 0 m)
- Überfahren WL, Aufsetzen auf WL

Abb. 28: Phasen 6 – 10 des Taktvorschubs



Verschubinstallation Widerlager Vaduz



Verschubinstallation Pfeiler 1+2

Abb. 29: Details des Taktvorschubs

14. Bauprogramm

Langsamverkehrsbrücke Rhein																										
Rheinau - Obere Rüttigasse																										
Terminprogramm (02.08.2017)																										
Conzett Bronzini Partner Ing., Chur																										
	2017													2018												
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D					
Vorb. Auflage-/Einleitungsverfahren																										
Auflage-/Einleitungsverfahren																										
Start Ausschreibung																										
Erarbeiten Submissionsunterlagen																										
Prüfung Submissionsunterlagen																										
Publikation																										
Submission																										
Offertkontrolle																										
Vergabeanträge und Vergabe																										
Dossier im Stadtrat Buchs 14.11.2017																										
Bürgerversammlung Buchs 27.11.2017																										
Baubeschluss und Rekursfrist																										
Startsitzung Unternehmung (m. Vorbehalt)																										
Avor Bauunternehmung (m. Vorbehalt)																										
Werkstattplanung Stahlbau																										
Spezialtiefbau im Rhein																										
Pfeiler im Rhein																										
Rückbau Installationen im Rhein																										
Widerlager Seite Buchs																										
Widerlager Seite Vaduz																										
Installation Montage Einschub																										
Produktion Stahlbau																										
Montage Stahlbau																										
Abdichtung / Belag																										
Anpassung Dammwege																										
Fertigstellungsarbeiten																										
Eröffnung																										

Abb. 30: Bauprogramm. Mit Rücksicht auf die Grundwasserproblematik wird der Bau des Buchser Widerlagers auf den Februar terminiert

15. Umgebung und Umwelt

Die Zufahrt zur Baustelle erfolgt ausschliesslich über die Liechtensteiner Dammstrasse vom Stadion Vaduz her. Der Bauunternehmer kann die Strasse für seine Zwecke sperren. Die Zufahrt über die Rüttistrasse ist verboten. Die Einfahrt von der Rampe zur Dammstrasse in die landseitig dem Dammfuss entlang führende tiefere Strasse ist ohne bauliche Massnahmen möglich. Die beschränkt tragfähige Brücke über den Binnenkanal muss nicht benutzt werden.

Die Sperrungen der Dammstrasse müssen geplant und rechtzeitig angekündigt werden. Radfahrer müssen an den richtigen Orten auf Umfahrungen eingewiesen werden. Während der Turniere des FC Vaduz und des Liechtensteiner Fussballverbandes darf die Dammstrasse nicht gesperrt werden.

Die Grabarbeiten für Bau und Installation der Brücke erfolgen in grösserem Abstand als 10 m von der Hochdruck-Gasleitung, die auf Liechtensteiner Gebiet parallel zum Rhein verläuft. In Absprache mit dem Betreiber ist kein Bewilligungsverfahren notwendig, wenn dieser Abstand eingehalten wird. Die Leitung liegt mindestens 1.50 m tief und stellt im Bereich der darüber führenden Strassen keine Probleme.

Im Rahmen der ökologischen Baubegleitung durch einen Spezialisten werden insbesondere das Deponieren des Humus und die Begrenzung der Bodendrucke untersucht.

Die Entwässerung der Brücke erfolgt direkt in den Rhein. Bei einer Fussgänger- und Radwegbrücke gibt es keine Havarien von Motorfahrzeugen. Damit sind keine Verschmutzungen des Rheins möglich.

Auf eine Beleuchtung der Brücke wird verzichtet. Die Uferwege sind auch nicht beleuchtet. Die Brücke weist keine dunklen unübersichtlichen Stellen auf.

Für die Verkehrszählung besteht ein unabhängig realisierbares Projekt. Sie ist nicht Teil des vorliegenden Brückenprojekts.

Der abgesplittete Gussasphalt-Belag ist skating-tauglich.

Die Wegweiser entlang der Brücke und ihrer Umgebung werden sich auf die Angabe der Zielorte beschränken. Der „Fünfschlösser-Radweg“ führt nicht über die Brücke und wird deshalb auch nicht erwähnt.

Aus Sicherheitsgründen werden Pferde und Reiter auf der Brücke nicht zugelassen. Die Geländer sind auf Radfahrer ausgelegt und wären bei einem Sturz eines Reiters vom Pferd wirkungslos. Bei der relativ schmalen Brücke könnten Pferde im Schritt bei den übrigen Benutzern der Brücke ein Unbehagen auslösen.

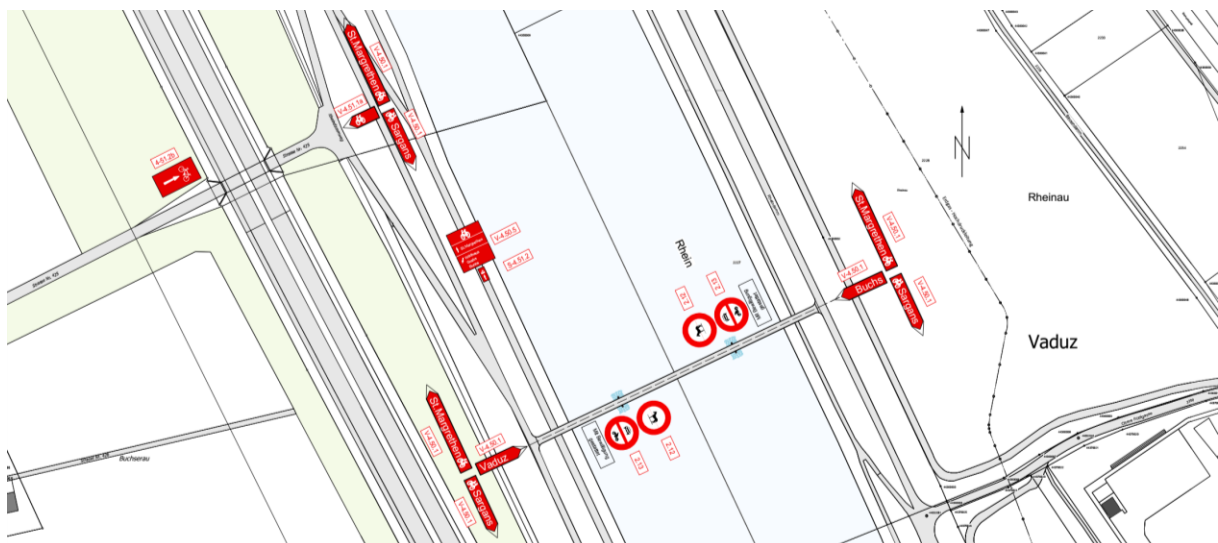


Abb. 31: Signalisation der Brücke und ihrer Umgebung

16. Spätere Verlängerung

Für die längerfristig geplante Rheinaufweitung kann die Brücke verlängert werden. Zu diesem Zweck werden unabhängig von der bestehenden Brücke ein neuer Pfeiler (in der landseitigen Böschung des heutigen Damms Seite Vaduz) und ein neues Widerlager (flach gegründet in der Ebene) erstellt. Die Spannweiten betragen im Randfeld 45 m (wie heute) und im zweiten östlichen Feld 55 m.

Der Bauvorgang der Verlängerung wird stark vom übergeordneten Programm der Dammverschiebung abhängig sein. Er wird deshalb hier nur grob betrachtet, um die Machbarkeit aufzuzeigen. Die Verlängerung der Brücke könnte beispielsweise so erfolgen:

Der oberste Teil des bestehenden östlichen Widerlagers wird rückgebaut, sodass man die östliche Hälfte des Brückenüberbaus Richtung Osten verschieben kann. Das neue, 54 m lange Trägerstück wird auf der bestehenden Brücke montiert. Es wird bei der Brückenmitte auf den bestehenden Überbau und auf den Pfeiler Seite Vaduz abgestützt. Bei diesem Pfeiler erfolgt das Abstützen mit einem Rahmen auf die vorstehenden Pfeilerpartien, sodass der bestehende Überbau davon nicht berührt wird. Daraufhin wird der bestehende Träger in der Mitte getrennt. Die östliche Hälfte wird zum neuen Widerlager hin verschoben. Eine Hilfsstütze zwischen neuem Pfeiler und neuem Widerlager verringert die Spannweiten für das Randfeld. Abspannungen und Pylon sind für diesen Verschub nicht notwendig. Nun kann der neue Trägerteil abgesenkt und mit den anderen Brückenteilen verbunden werden.

Das neue Trägerstück gibt relativ geringe Kräfte auf den Kragarm der Hauptöffnung ab, da es relativ nahe bei seinem Schwerpunkt auf dem Vaduzer Pfeiler liegt. Die daraus entstehenden Spannungen in den Kastenquerschnitten bleiben innerhalb der zulässigen Grenzen. Die Deformation des Kragarms muss vor dem Verschweissen des neuen Trägerteils durch Anheben des Trägers über dem Buchser Pfeiler kompensiert werden.

Das neue Trägerstück besitzt einen konstanten Querschnitt. Da die kubische Parabel der Oberkante der bestehenden Brücke bei der Trennstelle in Brückenmitte eine Krümmung Null besitzt, ist eine Kontinuität der Brückengeometrie gewährleistet und man wird nach kurzer Zeit, wenn die Erscheinung der Oberfläche des neuen Teils sich dem Bestand angeglichen hat, keinen Unterschied zwischen den einzelnen Brückenteilen mehr erkennen.

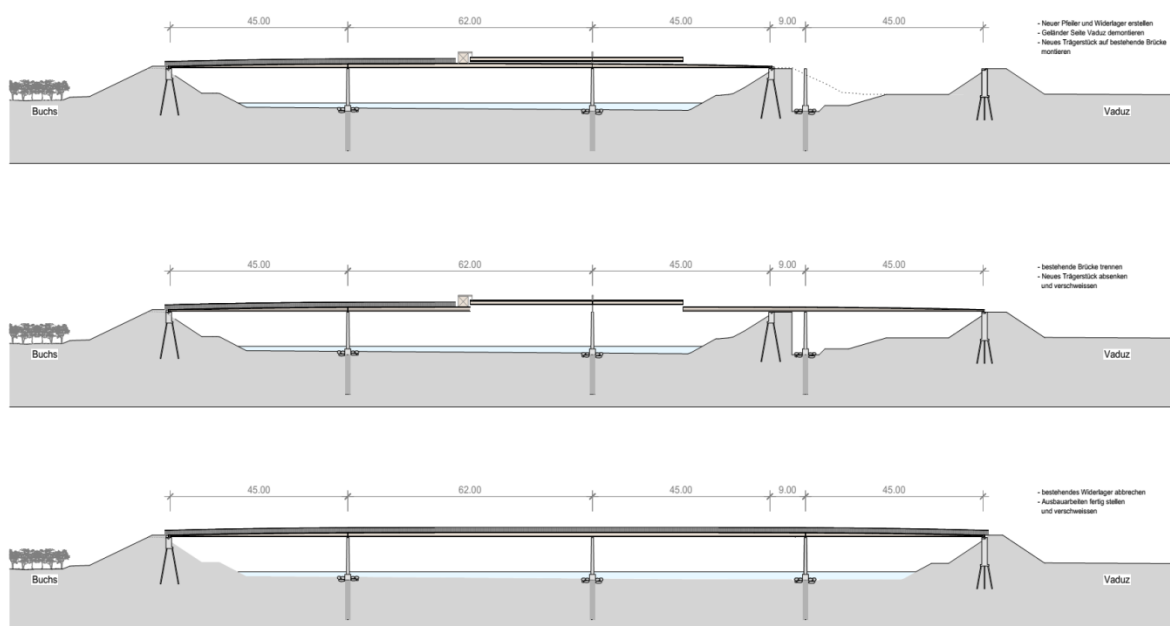


Abb. 32: Prinzip der Brückenverlängerung

17. Veränderungen gegenüber dem Wettbewerbsprojekt**Massnahme:****Kosten:***Kursiv hell die Werte vom 15.05.2017*

Zur Verbesserung des Verkehrsflusses werden die Einlenker zwischen den Dammwegen und der Brücke neu mit einem Radius von 3 m ausgeführt.	nicht relevant
Wegen des Verzichts auf das Räumfahrzeugs entfallen die entsprechenden Mehrkosten.	50'000.-
Die Anzahl Mikrobohrpfähle unter den Widerlagern wird mit Rücksicht auf den Grundwasserspiegel erhöht.	12'000.- 15'600.-
Seite Vaduz werden unter dem Widerlager zwei zusätzliche Mikropfähle eingeführt, um die Horizontalkräfte des Trägervorschubs in die tragfähigen Schichten zu leiten.	4'400.- 4'400.-
Die Anzahl Pfähle der Flusspfeiler wird aufgrund der heutigen und künftigen Kolkgefahr (bei Flussaufweitung) erhöht und die Pfähle verlängert.	40'000.- 40'000.-
Als Abrasionsschutz werden die obersten 4.5 m der Pfähle der Flusspfeiler mit einem Stahlmantel versehen.	40'500.- 40'500.-
Die Pfahlbankette werden mit einem Abrasionsschutz versehen.	6'200.- 6'200.-
Erdarbeiten, Aushub: Minderausmass innerhalb Spundwänden	0.- -3'500.-
Spundwände statt Senkkasten	0.- 21'400.-
Die gleichzeitige Ausführung der beiden künstlichen Halbinseln verlangt wegen der Verengung des Flussprofils eine höhere Schüttung und einen Erosions- und Kolschutz:	
- Verwendung von Flussskies für die künstlichen Halbinseln anstelle von zugeführtem Material (ein Anteil Zu- und Abführen bleibt)	-18'000.- -18'000.-
- Verstärkter Kolschutz für künstliche Halbinseln	58'000.- 58'000.-
Der Kolschutz mit Steinblöcken wird bis auf 4 m unter die Bankette hinuntergeführt.	87'000.- 87'000.-
Entwässerungen	0.- 27'500.-
Genauerer Ausmass Widerlagerbeton	0.- 8'100.-
Die Widerlager werden mit Anschlägen in Brückenlängsrichtung versehen.	8'000.- 8'000.-
Zwischentotal	288'100.- 295'200.-
Die Anteile Baustelleninstallation 10%, Regie 3%, Prüfungen 2% und Unvorhergesehenes 10% erhöhen sich proportional dazu. Dies entspricht zusammen einem Zuschlag von $(10\%+3\%+2\%+10\%) = 25\%$, ergibt (Zahl angepasst für gerundeten KV-Betrag)	71'466.- 73'266.-
Differenz exkl. MwSt.	359'566.- 368'466.-
Kostenschätzung Wettbewerb exkl. MwSt.	3'214'234.-
<i>Kostenvoranschlag 15.05.2017 exkl. MwSt.</i>	3'573'800.-
Kostenvoranschlag 02.08.2017 exkl. MwSt.	3'582'700.-
8% Mehrwertsteuer	285'900.- 286'600.-
<i>Kostenvoranschlag 15.05.2017 inkl. MwSt.</i>	3'859'700.-
Kostenvoranschlag 02.08.2017 inkl. MwSt.	3'869'300.-

Wesentliche Änderungen sind der Verzicht auf das Räumfahrzeug, die Spundwände statt den Senkkasten und die Entwässerungen.

18. Kosten

Die Kosten betragen mit einer Genauigkeit von +/- 10%:

111–117	Baustelleneinrichtung, Regiearbeiten, Prüfungen	481'600.-
171	Pfähle	196'700.-
172	Abdichtungen Kastenträger	43'200.-
211	Baugruben und Erdbau	28'400.-
213	Wasserbau (inkl. Schüttungen Pfeiler)	502'400.-
221-223	Koffermaterial, Abschlusswände, Beläge	156'400.-
237	Kanalisationen und Entwässerungen	27'500.-
241	Ortbetonbau	109'100.-
244	Lager und Fahrbahnübergänge	67'000.-
281	Geländer	288'000.-
321	Montagebau in Stahl	1'400'000.-
Unvorhergesehenes		282'400.-
Zwischenbausumme 2		3'582'700.-
Mehrwertsteuer 8%		286'600.-
Total inkl. MWSt., exkl. Honorare		3'869'300.-