



02-5

Gemeinde Diepoldsau und Widnau

Bauobjekt Fuss- und Veloverkehrsbrücke Diepoldsau - Widnau

Plan, Massstab **Hydraulische Berechnung**

Politische Gemeinde Diepoldsau

Politische Gemeinde Widnau

vom Gemeinderat erlassen am: _____

vom Gemeinderat erlassen am: _____

Der Gemeindepräsident:

Der Gemeindepräsident:

Die Ratsschreiberin:

Die Gemeinderatsschreiberin:

Öffentliche Auflage vom: _____

bis: _____

Plan 04870-01.02-5

Ausfertigung für

Format A4

Projekt 04870

Vorstudie

Entwurf

Gezeichnet

Geprüft

Datum

Vorprojekt

Flussbau AG

03.09.2024

Bauprojekt

Genehmigungs- / Auflageprojekt

Ausschreibung

Ausführungsprojekt

Dok. des ausgeführten Werks

Projektverfasser:



Beratende Ingenieure
im Bauwesen

Schwabstraße 43
70197 Stuttgart
Telefon +49 711 648 71-0

bernardo bader architekten

Architekt Bernardo Bader ZT GmbH
Klostergasse 9A, 6900 Bregenz
T|F +43 5574 44440 www.bernardobader.com

Fussgänger- und Veloverkehrsbrücke Widnau - Diepoldsau

Flussbauliches Gutachten
als Grundlage für Projektwettbewerb



Zürich, den 03.09.2024

Auftraggeber

Gemeinde Diepoldsau
Gemeindeplatz 1
9444 Diepoldsau

Gemeinde Widnau
Neugasse 4
9443 Widnau

Projektleiter:

Jürg Thöny
0041 81 287 10 55
juerg.thoeny@cwz.ch

Casutt Wyrsh Zwicky AG
Sägenstrasse 97
CH - 7000 Chur

Projektverfasser / Projektteam



Flussbau AG SAH
dipl. Ing. ETH/SIA flussbau.ch

Holbeinstrasse 34
CH - 8008 Zürich

Projektleiter:

Fabio Wyrsh
0041 44 251 51 74
fabio.wyrsh@flussbau.ch

Sachbearbeiter:

Luca Andrea Franzetti

Projektnummer:

Nr. 24102

Bild Titelblatt: Luftbild mit Standort Böschachweg der geplanten Fussgänger- und Veloverkehrsbrücke Widnau-Diepoldsau (rot) [Google Maps].

Inhalt

1	Einleitung	5
1.1	Aufgabenstellung	5
1.2	Grundlagen	6
1.3	Höhenbezugssystem	6
2	Vorgehen.....	7
2.1	Numerisches Modell	7
2.2	Dimensionierungsgrößen und Randbedingungen	7
3	Resultate für Rheingeometrie im Bestand	10
3.1	Hochwasserspiegel.....	10
3.2	Kolkiefen	12
3.3	Auf Pfeiler wirkende Kräfte	12
3.4	Randbedingungen Bauphase	12
3.5	Pfeilerlage im Hauptgerinne	14
4	Resultate für Rheingeometrie nach Umsetzung Rhesi	15
4.1	Hochwasserspiegel.....	15
4.2	Kolkiefen	17
4.3	Auf Pfeiler wirkende Kräfte	18
4.4	Randbedingungen Bauphase	19
5	Zusammenfassung.....	20

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Die Gemeinden Widnau und Diepoldsau beabsichtigen, eine neue eigenständige Fussgänger- und Veloverkehrsbrücke (FVV) über den Rhein zu erstellen. Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie und einer Variantenevaluation wurde untersucht, wo die Brücke optimal situiert und welche Wirkungen dadurch erzielt werden können [8]. In einem nächsten Schritt ist ein Projektwettbewerb für die in der Studie empfohlene Variante 2.2 vorgesehen (Böschachweg, Weiterführung des Wegs in Richtung Süden entlang des Alten Rheins und Querung des Alten Rheins beim Rohr, Bild 1). Als Grundlage für den Projektwettbewerb soll ein flussbauliches Gutachten erstellt werden, welches die Anforderungen an den Hochwasserschutz aufzeigt. Dabei sind insbesondere die folgenden Randbedingungen für die Konstruktion der Brücke zu definieren:

- minimal erforderlicher Freibord,
- maximal zu erwartende Kolkiefen,
- auf die Pfeiler wirkende Kräfte und
- für die Bauphase geeignetes Zeitfenster inkl. minimal zu gewährleistendem Abflussquerschnitt.

Die Abklärungen sind sowohl für die Geometrie des Rheins im Bestand als auch nach Umsetzung des Hochwasserschutzprojekts Rhesi [4] vorzunehmen.

Die Flussbau AG wurde von den Gemeinden Diepoldsau und Widnau mit der Erarbeitung eines entsprechenden flussbaulichen Gutachtens beauftragt.

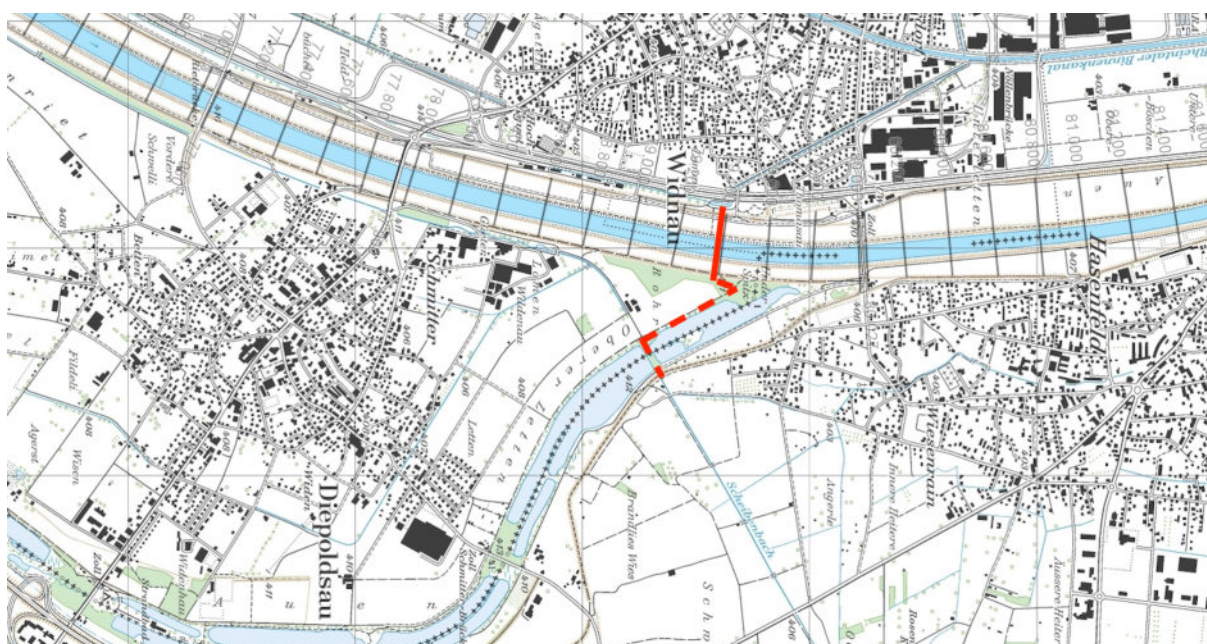


Bild 1 Situation mit Standort Böschachweg der geplanten Fussgänger- und Veloverkehrsbrücke Widnau-Diepoldsau (FVV, rote durchgehende Linie), Weiterführung des Wegs inkl. Querung Alter Rhein (rote gestrichelte Linie) und den vermessenen Rhein-Querprofilen inkl. Kilometrierung [2].

1.2 Grundlagen

Es wurden folgende Grundlagen verwendet:

- [1] Freibord bei Hochwasserschutzprojekten und Gefahrenbeurteilungen. Empfehlungen der Kommission Hochwasserschutz (KOHS). Wasser Energie Luft – 105. Jahrgang, 2013, Heft 1.
- [2] Querprofilmessung 2018/2019, Rheinunternehmung, Markovski Vermessung ZT GmbH. Im Auftrag der Internationalen Rheinregulierung.
- [3] Hochwasserschutz Alpenrhein, Internationale Strecke, km65 – 91, Genehmigungsprojekt, Fachbericht Hydrologie, Hydraulik und Geschiebe (12.06.2023). Flussbau AG. Im Auftrag der Internationalen Rheinregulierung.
- [4] Hochwasserschutz Alpenrhein, Internationale Strecke, km65 – 91, Genehmigungsprojekt (2023). Planungsgemeinschaft Zukunft Alpenrhein. Im Auftrag der Internationalen Rheinregulierung.
- [5] Optimierung von Kolkenschutzmassnahmen an Brückenpfeilern – Detailmodell TU Wien & BAW 1:30 (06.06.2024). Wasser Energie Luft, 116. Jahrgang, Heft 2.
- [6] Hochwasserschutz Alpenrhein – Internationale Strecke, km65 – km91. Kolke an Brückenpfeilern, Modellversuche, Gesamtbericht (November 2022). Technische Universität Wien, Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie. Im Auftrag der Internationalen Rheinregulierung.
- [7] Übersichtsplan 1:1000/500, FVV Brücke Widnau – Diepoldsau (01.05.2024). Casutt Wyrsh Zwicky AG. Im Auftrag der Gemeinden Widnau und Diepoldsau.
- [8] Widnau-Diepoldsau, Langsamverkehrsverbindung über den Rehin, Machbarkeitsstudie (23.04.2021, rev. 11.06.2021). Wälli Ingenieure. Im Auftrag der Gemeinden Widnau und Diepoldsau.

1.3 Höhenbezugssystem

Die Höhenangaben im vorliegenden Gutachten sind in Meter über Meer (m ü.M.) angegeben und beziehen sich auf das schweizerische System mit Referenzpunkt Mittelmeer/Marseille. Die Höhen liegen somit 7cm über dem österreichischen System mit Referenzpunkt Adria/Triest.

2 Vorgehen

2.1 Numerisches Modell

Das vorliegende Gutachten basiert auf 1-dimensionalen hydraulischen und geschiebetechnischen Berechnungen. Für die Rheingeometrie im Bestand wurde das im Rahmen des Projekts Rhesi kalibrierte 4-Kornmodell verwendet [3] (Programm MORMO). Das Modell erstreckt sich von Rhein km 50.0 (Buchs) bis zum unteren Ende der Vorstreckung (Rhein km 94.5) und basiert auf den Vermessungsdaten von 2018/2019 [2]. Für die Berechnungen des Zustands nach Umsetzung von Rhesi wurde dem Modell die Geometrie des Genehmigungsprojekts zugrunde gelegt (Szenario 1.16 [3]).

Die Einbauten, die im Zusammenhang mit dem vorgesehenen Brückenbau erstellt werden, sind im Modell durch eine Abminderung des Abflussquerschnitts berücksichtigt. Die Lage der neuen Brücke wurde bei Rhein km 79.380 angenommen.

2.2 Dimensionierungsgrössen und Randbedingungen

Gemäss Internationaler Rheinregulierung sind für den Bau der neuen Langsamverkehrsbrücke im Bestand das 100-jährliche Hochwasserereignis HQ100 zuzüglich Freibord (bisheriger Staatsvertrag) und im Zustand nach Umsetzung des Projekts Rhesi das Extremhochwasser EHQ zuzüglich Freibord [4] massgebend. Die entsprechenden *Dimensionierungsgrössen* sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Bei neuen Brücken gilt der Freibord als eingehalten, wenn mindestens auf 70% der Länge die Freibordbedingungen erfüllt sind.

Tabelle 1 Dimensionierungsgrössen.

	Dimensionierungsabfluss [m ³ /s]	Freibord freier Fliessquerschnitt [m]	Freibord Brücke [m]
HQ100 (massgebend für Bestand)	3'100	1.0	1.0
HQ300	4'300	-	-
EHQ (massgebend für Rhesi)	5'300	0.6	1.25 ¹

¹ Berechnung nach KOHS aus Maximalwert gemäss Kriterienkatalog zur Definition des Teilfreibords an Brücken $f_t=1.0\text{m}$ [4] und Unschärfe der massgeblichen Sohlenlage $\sigma_{wz}=0.25\text{m}$

Für die Bauphase wurden die massgebenden Dimensionierungsabflüsse in folgende Zeitfenster unterteilt:

- Mai - September: HQ100 = 3'100m³/s
- Oktober - November: 2'000m³/s
- Dezember - April: 1'000m³/s

Die hydraulischen Berechnungen wurden für ein idealisiertes Brückentragwerk durchgeführt, welches aus [7] übernommen wurde. Dieses besteht aus **6 Brückenpfeilern**, wobei für die beiden Randfelder eine Spannweite von ca. 28m und für die übrigen fünf Felder eine Spannweite von ca. 36, 45 und 65m angenommen wurde (siehe Bild 2). Im Bestand kommen so zwei Pfeiler in das heutige Hauptgerinne zu stehen. Die Anordnung wurde so gewählt, da sich aus ihr bezüglich Hochwasserschutz strenge Anforderungen ergeben. Werden diese Anforderungen beim Projektwettbewerb berücksichtigt, ist der geforderte Hochwasserschutz auch bei einer Brücke mit weniger als 6 Pfeilern gewährleistet. Die Breite der strömungszugewandten Seite der einzelnen Pfeiler wurde zu je 1.5m angenommen.

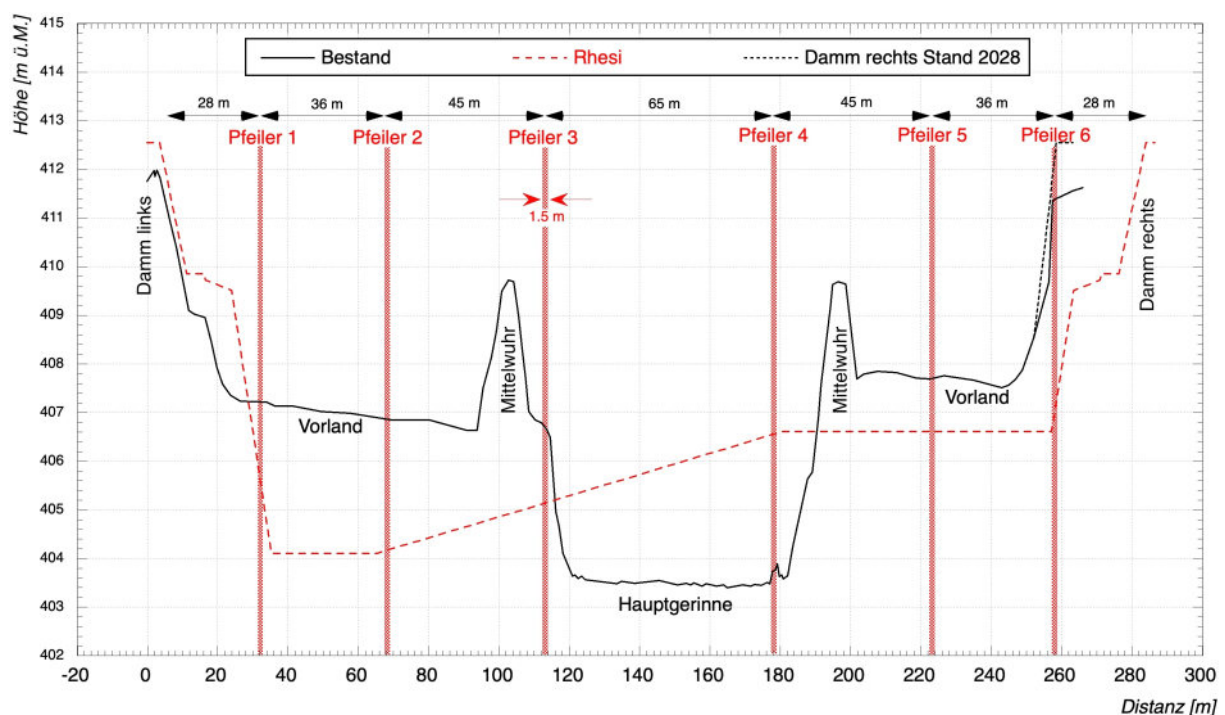


Bild 2 Rheinprofil km 79.380 im Bestand, mit der für den Neubau der Brücke zu erhöhenden Dammoberkante gemäss [7] (Damm rechts Stand 2028) und nach Umsetzung Rhesi. Die für die hydraulischen Berechnungen berücksichtigten Pfeiler sind mit den jeweiligen Spannweiten rot eingezeichnet.

Transportiert der Rhein bei Hochwasser Schwemmholz, können die Brückenpfeiler als Hindernisse wirken. Das Holz sammelt sich bei den Pfeilern an und wird zurückgehalten. Eine solche **Teilverklauung** reduziert den Abflussquerschnitt und führt zu einer Erhöhung des Wasserspiegels rheinaufwärts der Brücke. Für die Masse wurde im Rahmen von physikalischen Modellversuchen am Rhein von einem kegelförmigen Verklauungskörper mit

einer Tiefe von ca. 3.5 – 7m und einer Breite von ca. 10 – 20m ausgegangen [5]. Die Teilverklausung an den Brückenpfeilern wird in Anlehnung daran im hydraulischen Modell vereinfacht wie folgt berücksichtigt:

- Eine Teilverklausung bei vergleichsweise kleinen Abflusstiefen (Vorland Bestand, aussenliegende Pfeiler Rhesi) wird durch die Verbreiterung des Pfeilers über die gesamte Höhe um beidseits 4m berücksichtigt. Wegen der Nähe zur Mittelwuhre wird im Bestand der Pfeiler 3 auch dieser Kategorie zugeordnet. Wegen der Nähe zum Ufer werden die Pfeiler 1 und 6 für den Zustand nach Umsetzung Rhesi der Kategorie der kleinen Abflusstiefen zugeordnet, d.h. es wird beidseitig 4m eingesetzt.
- Eine Teilverklausung bei mittleren Abflusstiefen (innenliegende Pfeiler Rhesi) wird durch die Verbreiterung des Pfeilers über gesamte Höhe um beidseits 3m berücksichtigt.
- Eine Teilverklausung bei grossen Abflusstiefen (Hauptgerinne Bestand) wird durch die Verbreiterung des Hindernisses über gesamte Höhe um beidseits 2m berücksichtigt.

3 Resultate für Rheingeometrie im Bestand

3.1 Hochwasserspiegel

Bild 3 zeigt das hydraulische Längenprofil für die Rheingeometrie im Bestand für den Zustand ohne und mit der geplanten FVV-Brücke. Der Zustand mit Brücke berücksichtigt eine Reduktion des Abflussquerschnitts durch Teilverkläusung an allen 5 Pfeilern.

Sowohl am für die Brücke vorgesehenen Standort als auch flussaufwärts davon verbleibt ohne FVV-Brücke beim HQ100 ein Freibord von 0.8 – 1.5m zu den Dammkronen. Beim HQ300 läuft der Rhein fast bordvoll und zwischen km 78.4 und km 78.6 sind rechtsufrig Ausuferungen möglich. Mit dem durch die Brücke reduzierten Abflussquerschnitt ist flussaufwärts mit einer *Anhebung des Wasserspiegels* um bis zu ca. 16cm bei einem HQ100 und ca. 20cm bei einem HQ300 zu rechnen.

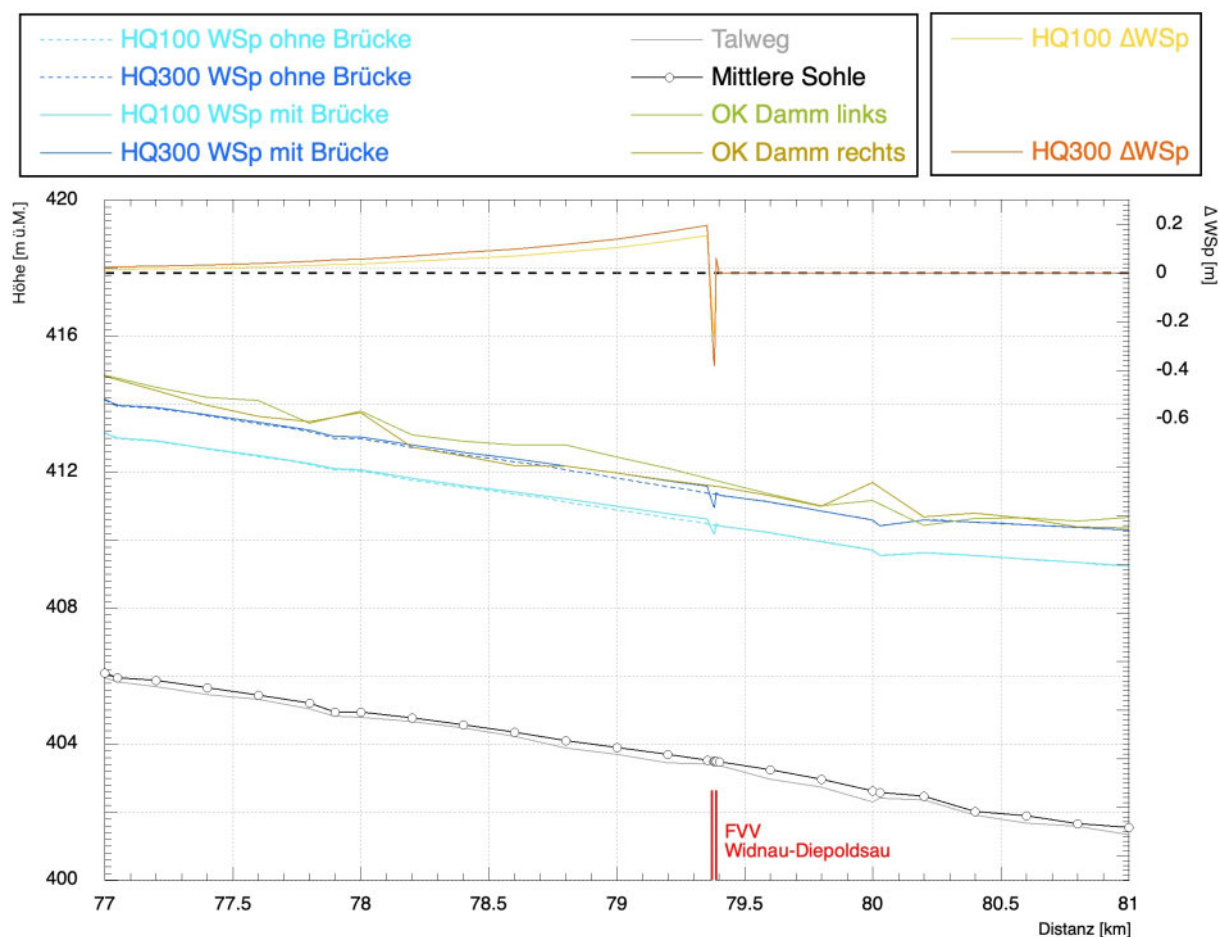


Bild 3 Längenprofil mit Rheingeometrie im Bestand für den Zustand ohne und mit FVV-Brücke (Teilverkläusung berücksichtigt): Mittlere Sohle, Wasserspiegel (WSp) und Wasserspiegel-Differenz ($\Delta WSp = WSp_{mit\ Brücke} - WSp_{ohne\ Brücke}$) bei verschiedenen Abflüssen, Uferlinien (OK Damm).

Bild 4 zeigt den zu den Dammkronen verbleibenden Freibord für den Zustand mit FVV-Brücke unter Berücksichtigung einer Reduktion des Abflussquerschnitts durch Teilverklauung an allen 5 Pfeilern. Der erforderliche Freibord von mindestens 1.0m zwischen dem Wasserspiegel HQ100 und den Dammkronen wird ausser im Abschnitt zwischen km 78.2 und km 78.8 eingehalten. In diesem Bereich ist der erforderliche Freibord gegenüber dem rechten Ufer unterschritten und beträgt im Minimum 0.77m.

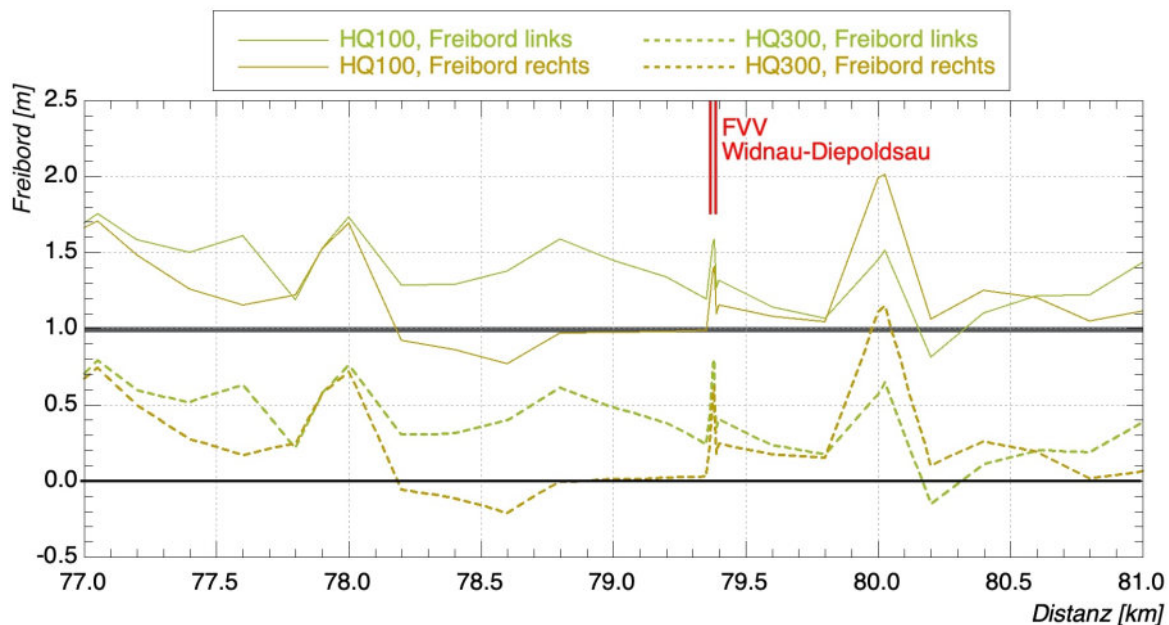


Bild 4 Längsprofil mit Rheingeometrie im Bestand für den Zustand mit FVV-Brücke (Teilverklauung berücksichtigt): Freibord zu den beiden Dammkronen für die Abflüsse HQ100 und HQ300.

Bild 5 zeigt das Querprofil bei km 79.380 für den Zustand mit FVV-Brücke mit den unter Annahme von Teilverklauungen an allen 5 Pfeilern berechneten Hochwasserspiegeln. Der Freibord zwischen dem Wasserspiegel HQ100 und der Unterkante des Brückenträgers muss mindestens 1.0m betragen, damit die Wahrscheinlichkeit von Verklauungen vernachlässigbar ist. Die *Unterkante* darf somit nicht tiefer als **411.63m ü.M.** liegen.

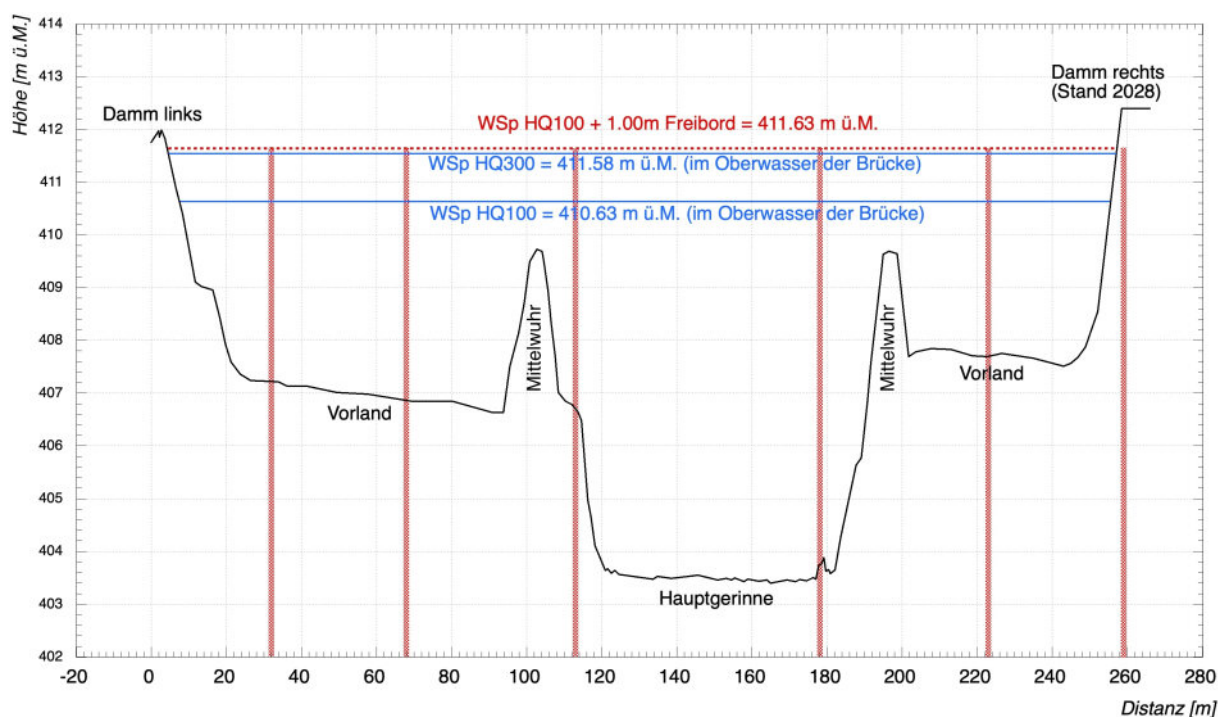


Bild 5 Rheinprofil km 79.380 im Bestand für den Zustand mit FVV-Brücke (Teilverklausung berücksichtigt): Wasserspiegel WSp HQ100 und HQ300 im Oberwasser der Brücke sowie Wasserspiegel WSp HQ100 zuzüglich zur Brückenunterkante erforderlichem Freibord.

3.2 Kolkiefen

Für die maximalen Kolkiefen und somit für die Bauweise zur Sicherung der Pfeiler vor Unterkolkung ist der Zustand mit der Rheingeometrie nach Umsetzung von Rhesi massgebend. Die entsprechenden Resultate finden sich in Kap. 4.2.

3.3 Auf Pfeiler wirkende Kräfte

Für die auf die Pfeiler wirkenden Kräfte ist der Zustand mit der Rheingeometrie nach Umsetzung von Rhesi massgebend. Die entsprechenden Resultate sind in Kap. 4.3 beschrieben.

3.4 Randbedingungen Bauphase

In der Bauphase wird der Abflussquerschnitt durch temporäre Einbauten eingengt. Bei einer Brücke mit 6 Abstützungen werden die mittleren, *ins Hauptgerinne zu liegen kommenden Pfeiler* inkl. Fundament, vorzugsweise im Winterhalbjahr erstellt, da dann tiefere Hochwasserabflüsse zu erwarten sind. Im Winterhalbjahr ist voraussichtlich auch der Bau der *ins Vorland zu liegen kommenden Pfeiler* ohne Dimensionierung der Baugruben auf Hochwasser möglich. Dies, weil gemäss hydraulischer Modellierungen bei einem Hochwasserabfluss von 1'000 m³/s die Mittelwuhren im betrachteten Abschnitt nicht überströmt werden. In der nächsten Projektierungsphase ist diese Annahme basierend auf der Bauphasenplanung zu überprüfen.

Beim berücksichtigten Brückentragwerk ergibt sich die grösste Reduktion des Abflussquerschnitts im Hauptgerinne während dem Bau von Pfeiler 4. Um eine weitere Reduktion des Abflussquerschnitts während dieser Bauphase aufgrund einer möglichen Teilverklauung beim Pfeiler 3 zu vermeiden, wird dieser vorzugsweise erst später erstellt.

Für die Berechnung der Auswirkungen der Einengung auf die Hochwasserspiegel werden vereinfacht folgende Annahmen getroffen (Bild 6):

- Die Baugrube weist eine Breite von 30m auf und wird mittels Spundwand erstellt.
- Pfeiler 4 wird vor Pfeiler 3 erstellt.

Werden die mittleren, ins Hauptgerinne zu liegende kommende Pfeiler, unter Einhaltung der oben genannten Baureihenfolge, während den Monaten *Dezember – April* erstellt, kann das Dimensionierungshochwasser $Q_{Dim} = 1'000\text{m}^3/\text{s}$ (Kap. 2.2) schadlos abgeleitet werden. Unter Berücksichtigung der Anhebung des Wasserspiegels durch die Einengung des Querschnitts gemäss Bild 6 verbleibt flussaufwärts der Baugrube zu den Dammkronen ein Freibord von mindestens 2.8m. Um ein Fluten der Baugrube bis zum Dimensionierungsabfluss $Q_{Dim} = 1'000\text{m}^3/\text{s}$ zu verhindern, müssen die *Spundwände* mindestens eine Höhe von *408.81m ü.M.* aufweisen (kein Freibord eingerechnet).

Die in Bild 6 dargestellte Fundationstiefe der Pfeiler orientiert sich an der maximalen Tiefe des morphologischen Kolks im Zustand nach Umsetzung des Projekts Rhesi (Kap. 4.2).

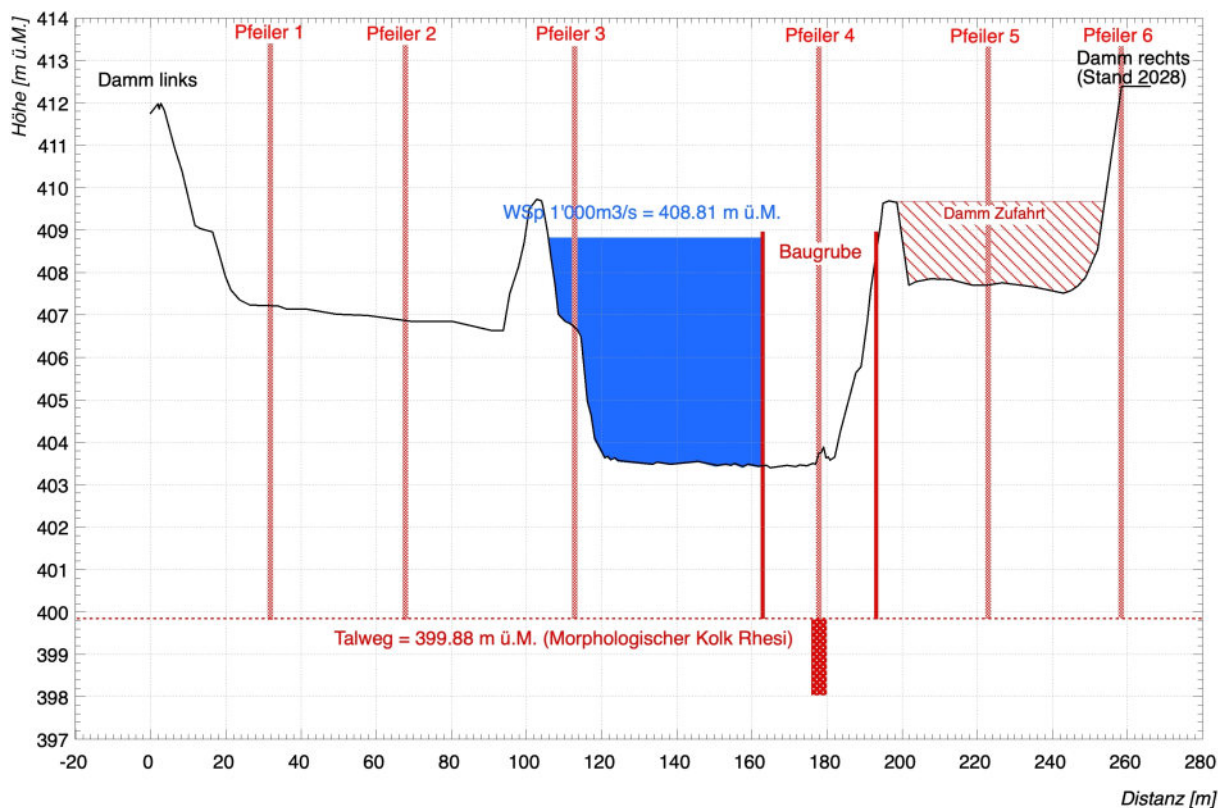


Bild 6 Rheinprofil km 79.380 im Bestand mit Baugrube und Baupiste (Damm Zufahrt) für die Erstellung eines im Hauptgerinne zu liegenden Pfeilers der FVV-Brücke inkl. Fundament. WSp: Wasserspiegel im Oberwasser der Baugrube.

3.5 Pfeilerlage im Hauptgerinne

Mit dem für die hydraulischen Berechnungen verwendeten idealisierten Brückentragwerk kommen zwei Pfeiler ins Hauptgerinne zu stehen. Wird beim Projektwettbewerb eine Anordnung mit einem oder mehreren Pfeilern im Hauptgerinne gewählt, ist folgendes zu beachten:

- Die Wahrscheinlichkeit für Anprallereignisse ist bei im Hauptgerinne angeordneten Pfeilern erhöht.
- Je nach Lage eines im Hauptgerinne angeordneten Pfeilers wird die Wahrscheinlichkeit einer Verklauung zwischen Pfeiler und Mittelwahr erhöht.
- Je nach Lage eines im Hauptgerinne angeordneten Pfeilers erhöht sich bei Hochwasser die hydraulische Belastung der Mittelwahr. Dies erfordert unter Umständen zusätzliche Massnahmen zur Sicherung gegen Erosion.
- Eine Baugrube im Hauptgerinne erhöht bei Hochwasser die hydraulische Belastung auf die Sohle des durchströmten Teils des Hauptgerinnes und auf die Mittelwahr. Es sind temporäre Massnahmen zur Sicherung gegen Erosion erforderlich.

4 Resultate für Rheingeometrie nach Umsetzung Rhesi

4.1 Hochwasserspiegel

In Bild 7 ist das hydraulische Längenprofil mit der Rheingeometrie nach Umsetzung Rhesi für den Zustand ohne und mit der geplanten FVV-Brücke dargestellt. Der Zustand mit Brücke berücksichtigt eine Reduktion des Abflussquerschnitts durch Teilverklauung an allen 6 Pfeilern.

Sowohl am für die Brücke vorgesehenen Standort als auch flussaufwärts davon liegt der Wasserspiegel beim EHQ tiefer als die Dammkronen. Mit dem durch die Brücke reduzierten Abflussquerschnitt ist flussaufwärts mit einer Anhebung des Wasserspiegels um bis zu ca. 17cm zu rechnen.

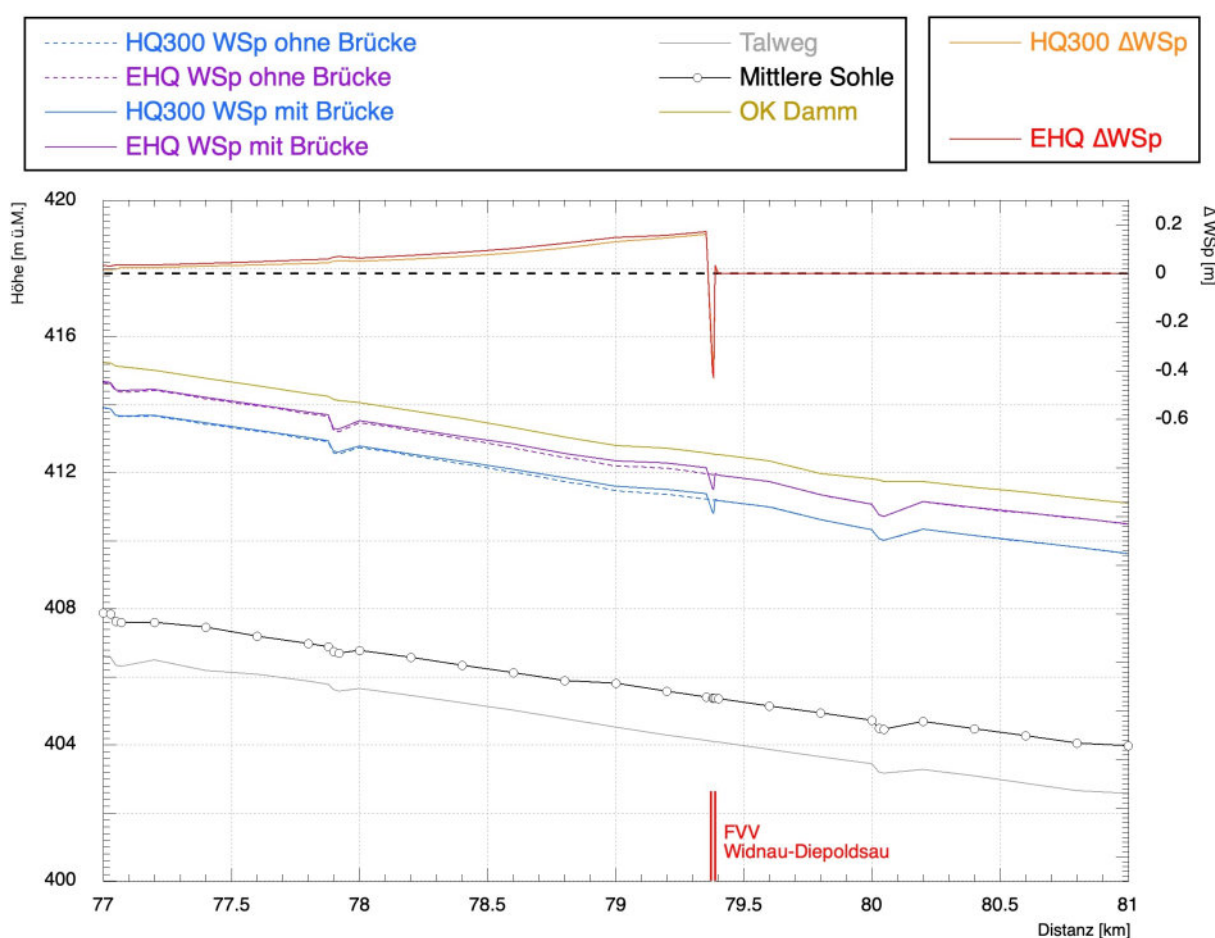


Bild 7 Längenprofil mit Rheingeometrie nach Umsetzung Rhesi ohne und mit FVV-Brücke (Teilverklauung berücksichtigt): Mittlere Sohle, Wasserspiegel (WSp) und Wasserspiegel-Differenz ($\Delta WSp = WSp_{mit\ Brücke} - WSp_{ohne\ Brücke}$) bei verschiedenen Abflüssen, Uferlinien (OK Damm).

Bild 8 zeigt den zu den Dammkronen verbleibenden Freibord für den Zustand mit FVV-Brücke unter Berücksichtigung einer Reduktion des Abflussquerschnitts durch Teilverklauung an allen 6 Pfeilern. Der minimal erforderliche Freibord ist flussaufwärts der Brücke gegenüber beiden Ufern unterschritten und beträgt im Minimum ca. 0.43m.

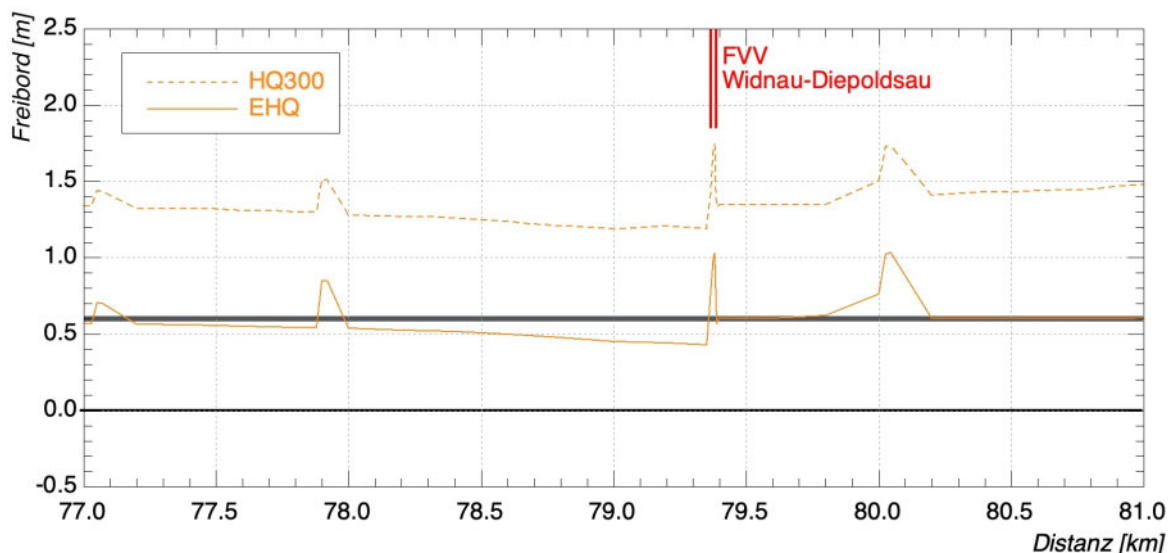


Bild 8 Längsprofil mit Rheingeometrie nach Umsetzung für den Zustand mit FVV-Brücke (Teilverklauung berücksichtigt): Freibord zu den beiden Dammkronen für die Abflüsse HQ300 und EHQ.

Bild 9 zeigt das Querprofil bei km 79.380 für den Zustand mit FVV-Brücke mit den unter Annahme von Teilverklauungen an allen Pfeilern berechneten Hochwasserspiegeln. Der Freibord zwischen dem Wasserspiegel EHQ und der Unterkante des Brückenträgers muss mindestens 1.25m betragen, damit die Wahrscheinlichkeit von Verklauungen vernachlässigbar ist. Die *Unterkante* darf somit (auf mindestens auf 70% der Länge) nicht tiefer als *413.4 m ü.M.* liegen.

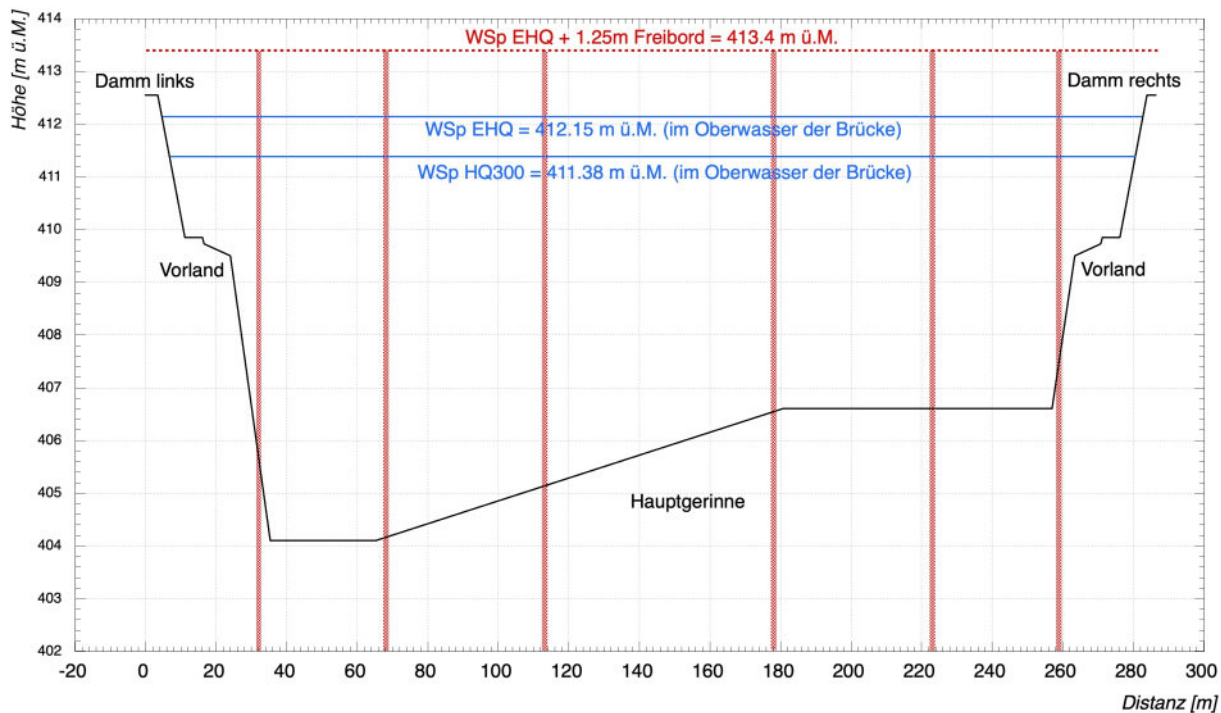


Bild 9 Rheinprofil km 79.380 nach Umsetzung Rhesi für den Zustand mit FVV-Brücke (Teilverklauung berücksichtigt): Wasserspiegel WSp HQ300 und EHQ im Oberwasser der Brücke sowie Wasserspiegel EHQ zuzüglich zur Brückenunterkante erforderlichem Freibord.

4.2 Kolkiefen

Für eine sichere Gründung der FVV-Brücke ist die minimale Sohlenlage im Rhein zu bestimmen. Das Projekt Rhesi sieht vor, die Mittelwuhren zu entfernen und das Hauptgerinne auf Kosten der Vorländer zu verbreitern. Dabei wird sich ein pendelndes Hauptgerinne mit Bänken und *morphologischen Kolken* bilden. Bei Hochwasserabfluss migriert das Hauptgerinne, d.h. Bänke und Kolke werden verlagert und können somit überall innerhalb des durch die neuen Ufersicherungen begrenzten Sohlenbereichs auftreten. Gemäss Genehmigungsprojekt Rhesi [3] ist im Bereich der geplanten Brücke ausgehend von der mittleren Sohle mit maximalen Kolkiefen von ca. 5.5m zu rechnen. Somit ergibt sich ein minimaler Talweg von 399.88 m ü.M. (Bild 10). Aufgrund der Strömungsumlenkung durch den Pfeiler ist zusätzlich zum morphologischen Kolk mit lokalen Erosionen, sogenanntem *Pfeilerkolk*, zu rechnen. Gemäss physikalischen Modellversuchen bei Brücken am Rhein werden Pfeilerkolke von bis zu 4.5m erwartet. Grundsätzlich kann eine Überlagerung der beiden Prozesse nicht ausgeschlossen werden. Entsprechend muss von Kolken bis in eine Tiefe von 395.38 m ü.M. ausgegangen werden.

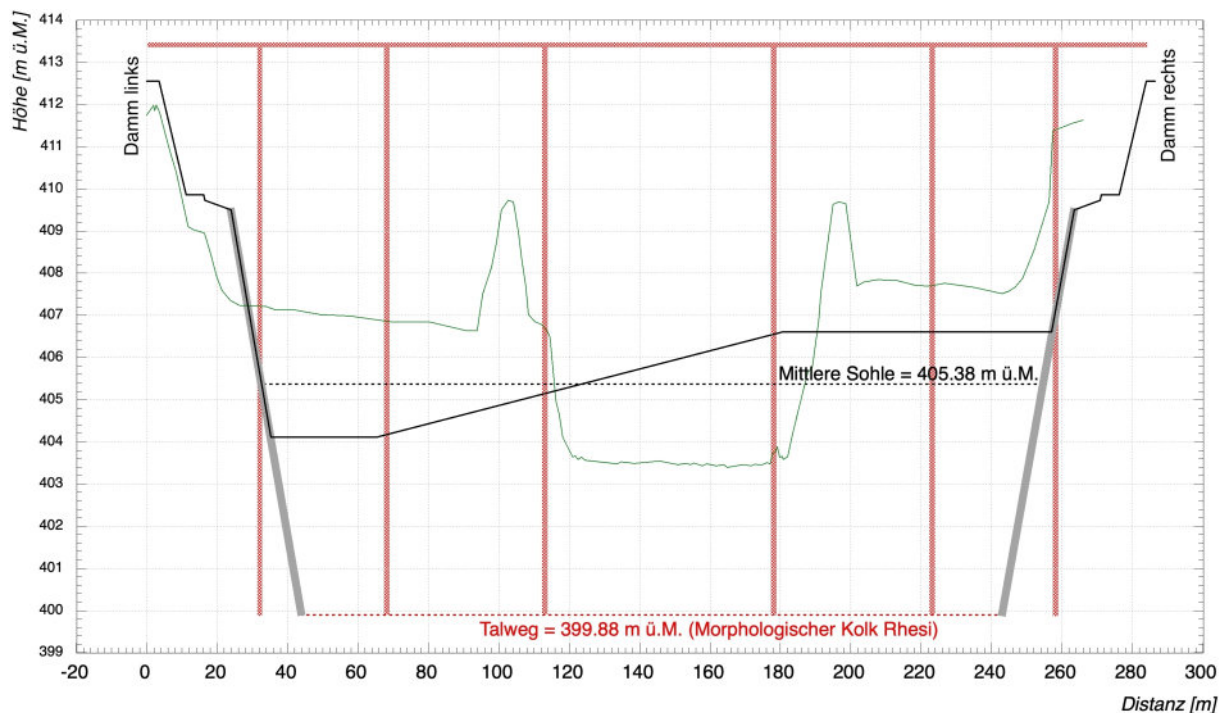


Bild 10 Rheinprofil km 79.380 nach Umsetzung Rhesi mit FVV-Brücke (rot schraffierte Linien), mittlerer Sohle (schwarz gestrichelte Linie), Talweg morphologischer Kolk (rot gestrichelte Linie) und Dammfussssicherung (graue dicke Linien). Die grüne Linie zeigt das Rheinprofil im Bestand.

Die Tiefe der zu erwartenden Kolke ist massgebend für die Fundationstiefe der Brückenpfeiler. Damit die Fundamente nicht unverhältnismässig tief fundiert werden müssen, wird vorgeschlagen ein Kolkschutz einzubringen. Es sind folgende Varianten möglich:

- *Variante 1:*
Erstellen von Flachfundamenten auf Höhe des morphologischen Kolks und Sichern der Fundamente mit Blockteppich (Bild 11). Physikalische Modellversuche haben gezeigt, dass durch Einbringen eines zweilagigen Kolkschutzes aus bis zu 2 – 3t schweren Wasserbausteinen im Umkreis von ca. 10m um den Pfeiler unerwünschte Erosionen verhindert werden können [6] (Bild 11).
- *Variante 2:*
Erstellen von Flachfundamenten auf Höhe des morphologischen Kolks und anschließender Lastabtrag über abrasionsfeste Pfähle.

Bild 11

Versuchsanordnung physikalische Modellversuche mit Blockteppich im Umkreis des Pfeilers zum Schutz gegen Erosion/Pfeilerkolk.

Bild aus [6].



4.3 Auf Pfeiler wirkende Kräfte

Es wurden folgende Lastfälle der beim Dimensionierungshochwasser auf die Pfeiler wirkenden Kräfte untersucht²:

- *Hydrodynamischer Druck auf den Pfeiler:*
Es ist mit einem maximalen hydrodynamischen Druck von ca. 24 kN/m² zu rechnen³.
- *Hydrodynamischer Druck auf den Pfeiler durch Anlagerung von Schwemmholz (Teilverklausung):*
Durch den hydrodynamischen Druck auf angelagertes Schwemmholz ist mit einer maximalen Ersatzkraft von ca. 720 kN auf den Pfeiler zu rechnen⁴.
- *Anprallkraft Baumstamm:*
Beim Anprall eines Baumstamms ist von einer maximalen Kraft von ca. 115 kN auf den Pfeiler auszugehen⁵.

² Höchste Werte aus den Berechnungen für Bestand (HQ300), Bauphase(Q=1'000m³/s) und Rhesi (EHQ).

³ Annahmen: Dichte Wasser $\rho=1.4t/m^3$ (viel Feststoffanteile); Widerstandsbeiwert $c_d=1.5$.

⁴ Annahmen: Fläche Teilverklausung $A=30m^2$; Widerstandsbeiwert $c_d=1.5$.

⁵ Annahmen: Länge Baumstamm $L=15m$; Durchmesser Baumstamm $D=1m$; Dichte Baumstamm= $1000kg/m^3$; $\Delta t=0.5s$.

Die statische Bemessung der Pfeiler ist unter der Annahme vorzunehmen, dass der Lastfall hydrodynamischer Druck in Kombination mit einem der beiden Lastfälle Teilverklausung oder Anprall Baumstamm auftritt.

Schräge Anströmung: Es ist zu berücksichtigen, dass die Pfeiler im Zustand nach Umsetzung von Rhesi schräg angeströmt werden können. Die Lastfälle «hydrodynamischer Druck auf Brückenpfeiler», «Anlagerung von Schwemmholz» und «Anprallkraft Baumstamm» müssen daher zusätzlich 30° schräg wirkend auf die Pfeiler angesetzt werden.

4.4 Randbedingungen Bauphase

Erfolgt die Erstellung der FVV-Brücke nach Umsetzung des Projekts Rhesi, wird analog zur Betrachtung im Bestand (Kap. 3.4) empfohlen, die Bauarbeiten aufgrund der tieferen Hochwasserabflüsse im Winterhalbjahr durchzuführen. Verglichen zum Bestand wird das Hauptgerinne nach der Umsetzung Rhesi breiter. Folglich kann der Dimensionierungsabfluss $Q_{\text{Dim}} = 1'000\text{m}^3/\text{s}$ schadlos abgeleitet werden und, falls die Baugruben auf die im Kap. 3.4 angegebenen Höhen dimensioniert werden, werden diese nicht überflutet.

5 Zusammenfassung

Bei der Konstruktion der FVV-Brücke am Standort Böschachweg (Variante 2.2 [8]) sind aus Sicht Hochwasserschutz folgende Randbedingungen massgebend:

- *Minimal erforderlicher Freibord*
Die Unterkante der Brücke darf mindestens auf 70% der Länge nicht tiefer als 413.4m ü.M. liegen. Massgebend ist der Zustand nach Umsetzung des Projekts Rhesi.
- *Maximal zu erwartende Kolkiefen*
Nach Umsetzung des Projekts Rhesi wird sich ein pendelndes Hauptgerinne mit Bänken und morphologischen Kolken bilden. Aufgrund der Strömungslenkung durch die Pfeiler ist zusätzlich zum morphologischen Kolk mit lokalen Erosionen, sogenanntem Pfeilerkolk, zu rechnen. Die Tiefe der zu erwartenden Kolke ist massgebend für die Fundationstiefe der Pfeiler. Damit die Fundamente nicht unverhältnismässig tief fundiert werden müssen, wird vorgeschlagen, ein Kolkenschutz einzubringen. Als Möglichkeit bieten sich folgende Varianten an:
 - 1) Flachfundationen auf Höhe des morphologischen Kolks (399.88m ü.M.) und sichern der Fundamente mit Blockteppich oder
 - 2) Flachfundationen auf Höhe des morphologischen Kolks (399.88m ü.M.) und anschliessender Lastabtrag mittels abrasionsfesten Pfählen.
- *Wahl der Anzahl Pfeiler*
Bei Hochwasser kann sich bei den Pfeilern Holz ansammeln. Eine solche Teilverklauung reduziert den Abflussquerschnitt und führt zu einer Erhöhung des Wasserspiegels rheinaufwärts der Brücke. Dieser Effekt ist umso grösser, je höher die Anzahl der Pfeiler gewählt wird. Bei 6 Brückenpfeilern beträgt die Erhöhung des Wasserspiegels beim Dimensionierungshochwasser im Bestand ca. 16cm und nach Umsetzung des Projekts Rhesi ca. 17cm. In der nächsten Projektierungsphase ist zu prüfen, ob eine Erhöhung der Dämme flussaufwärts der Brücke erforderlich ist.
- *Auf Pfeiler wirkende Kräfte*
Die statische Bemessung der Pfeiler ist unter der Annahme vorzunehmen, dass der Lastfall hydrodynamischer Druck in Kombination mit einem der beiden Lastfälle Teilverklauung oder Anprall Baumstamm auftritt. Weiter ist zu berücksichtigen, dass die Pfeiler im Zustand nach Umsetzung von Rhesi schräg angeströmt werden können.
- *Randbedingungen Bauphase*
Damit das Dimensionierungshochwasser in der Bauphase schadlos abgeleitet werden kann, sind die Pfeiler der Brücke vorzugsweise in den Monaten Dezember – April zu erstellen. In diesen Monaten ist es unwahrscheinlich, dass die Vorländer geflutet werden. Wir empfehlen die Erstellung eines Alarm- und Notfallkonzepts, in welchem insbesondere auch die Gefahr der Flutung der Vorländer berücksichtigt wird.

Ergänzende Notiz bezüglich Lage und Höhe der Dämme:

Im Projektwettbewerb ist zu berücksichtigen, dass im Bereich der Brücke die Dämme mit der Umsetzung des Projekts Rhesi gegenüber heute um ca. 57 bis 93cm erhöht und der rechtsseitige Damm um ca. 20m landeinwärts verschoben wird.

Ergänzende Notiz bezüglich Unterhalt:

Im Projektwettbewerb sind in jedem Falle auch Überlegungen zum Schwemmholzmanagement während und nach Hochwasserereignissen einfließen zu lassen.

Ergänzende Notiz Querung Alter Rhein:

Nach Umsetzung des Projekts Rhesi wird bei Abflüssen $>5'000\text{m}^3/\text{s}$ zur Gewährleistung der Bauwerksicherheit der Alte Rhein geflutet. Die Querung des Alten Rheins ist daher so zu projektieren, dass der Abflussquerschnitt möglichst wenig eingeschränkt wird.

Povilas Ambrasas

From: Fabio Wyrsch <fabio.wyrsch@flussbau.ch>
Sent: Mittwoch, 17. September 2025 10:48
To: Povilas Ambrasas
Subject: Re: FVV Brücke Diepoldsau-Widnau; Gründungstiefe

Hallo Povilas

Wenn Ihr mit den von Dir aufgeführten Angaben projiziert, ist dem Kolkschutz ausreichend Rechnung getragen.

Beste Grüsse
Fabio

Am 09.09.2025 um 08:23 schrieb Povilas Ambrasas:

Hallo Fabio,

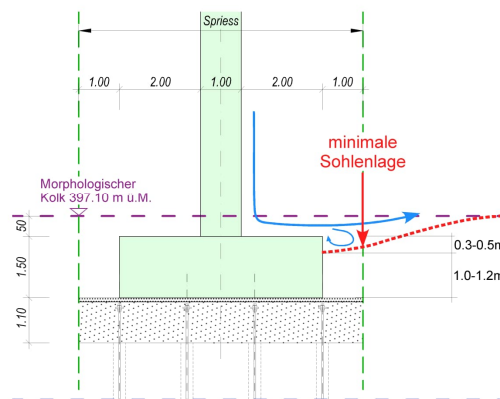
wir sind, wie vor einigen Wochen besprochen, noch am Untersuchen, welche Pfeilerform zur Gestaltung der Brücke passt und gleichzeitig das Schwemmholz nicht verhindert. Inzwischen habe ich eine andere konkrete Frage zu den Empfehlungen im Gutachten bzgl. der Gründungstiefe. Die Gründung soll idealerweise auf Höhe des morphologischen Kolks (399.88 m ü.M.) erstellt werden. Ist damit die Ober- oder Unterkante der Flachgründung bzw. der Pfahlkopfplatte gemeint?

Im Gutachten für die Brücke Au-Lustenau ist die Lage etwas ausführlicher beschrieben, dort ist die Oberkante der Gründungsplatte 0.5m unterhalb des morphologischen Kolks vorgesehen (vgl. Bild). Ich würde annehmen, dass bei der Brücke in Diepoldsau gilt das Gleiche und die Oberkante der Gründungsplatte unterhalb von 399.88m liegen soll und zwar um 0.5m tiefer als der morphologische Kolk.

Für eine kurze Rückmeldung wäre ich dankbar.

Bild 18

Ablenkung des abtauchenden Wassers über die Fundamentplatte mit Ablösung am Übergang zur kiesigen Flusssohle. Dadurch kann die Flusssohle maximal 0.3 - 0.5 m tiefer liegen als OK Fundamentplatte.



Freundliche Grüsse,
Povilas Ambrasas
Tel. +49 711 64871-32

sbp
schlaich
bergemann partner

Stuttgart . Berlin . New York . São Paulo . Shanghai . Paris . Madrid . Los Angeles . Riyadh
sbp se . Schwabstraße 43 . 70197 Stuttgart

MDs: Stefan Kammerer, Christoph Paech, Dr. Ing. Boris Reyher, Frank Schächner, Andreas Schnubel, Michael Werwigk

Board: Dr. Ing. e.h. Knut Göppert, Andreas Keil, Sven Plieninger, Prof. Dr. sc. techn. Mike Schlaich, Michael Stein, Knut Stockhusen

[sbp.de](#) [LinkedIn](#) [Instagram](#) [Facebook](#) [Vimeo](#) [WeChat](#)

--

Fabio Wyrsh
dipl. Ing. ETH
Mediator FHNW

Flussbau AG ^{SAH}
Holbeinstrasse 34
8008 Zürich

Tel.: 044 251 51 74

<http://www.flussbau.ch>

Povilas Ambrasas

From: Fabio Wyrsh <fabio.wyrsh@flussbau.ch>
Sent: Mittwoch, 15. Oktober 2025 13:42
To: Povilas Ambrasas
Cc: Matthias Kastl
Subject: Re: FVV Brücke Diepoldsau-Widnau Stützengeometrie

Guten Tag Povilas

Aus meiner Sicht wird mit der gewählten Pfeilergeometrie dem Hochwasserschutz ausreichend Rechnung getragen. Die rechteckige Form ist zwar grundsätzlich hinsichtlich Hängenbleiben von Schwemmholz ungünstig. Da die Pfeiler jedoch einerseits mit 0.8m Breite sehr schmal und andererseits zur Hauptströmung leicht abgewinkelt angeordnet sind, ist nicht mit einer erhöhten Verklausungswahrscheinlichkeit zu rechnen.

Der Einfluss der Erweiterung der bestehenden linken Dammkrone auf das Abflussprofil ist gering. Die Erweiterung liegt mehrheitlich oberhalb der Kote des massgebenden Dimensionierungsabflusses HQ100. Entsprechend sind die Auswirkungen auf den Hochwasserspiegel vernachlässigbar.

Beste Grüsse
Fabio

Am 13.10.2025 um 11:09 schrieb Povilas Ambrasas:

Guten Tag Fabio,
ergänzend zu der Frage der Stützenform möchte ich mit dir eine mögliche Erweiterung der Dammkronen und der Einfluss auf das Abflussprofil besprechen. Anbei findest du eine Unterlage dazu.

Beste Grüsse,
Povilas Ambrasas

From: Povilas Ambrasas <P.Ambrasas@sbp.de>
Sent: Montag, 6. Oktober 2025 14:25
To: Fabio Wyrsh <fabio.wyrsh@flussbau.ch>
Cc: Matthias Kastl <matthias.kastl@bernardobader.com>
Subject: FVV Brücke Diepoldsau-Widnau Stützengeometrie

Guten Tag Fabio,
wir haben uns die Thematik der Stützengeometrie angeschaut und die Erkenntnisse in der beigelegten Unterlage zusammengefasst. Könnten wir uns hierzu morgen telefonieren?

Beste Grüsse,
Povilas Ambrasas

Povilas Ambrasas
Tel. +49 711 64871-32

sbp

schlaich
bergemann partner

Stuttgart . Berlin . New York . São Paulo . Shanghai . Paris . Madrid . Los Angeles . Riyadh
sbp se . Schwabstraße 43 . 70197 Stuttgart

MDs: Stefan Kammerer, Christoph Paech, Dr. Ing. Boris Reyher, Frank Schächner, Andreas Schnubel,
Michael Werwigk

Board: Dr. Ing. e.h. Knut Göppert, Andreas Keil, Sven Plieninger, Prof. Dr. sc. techn. Mike Schlaich,
Michael Stein, Knut Stockhusen

sbp.de [LinkedIn](#) [Instagram](#) [Facebook](#) [Vimeo](#) [WeChat](#)

--

Fabio Wyrsh
dipl. Ing. ETH
Mediator FHNW

Flussbau AG SAH
Holbeinstrasse 34
8008 Zürich

Tel.: 044 251 51 74

<http://www.flussbau.ch>