

A-643 Hochwasserschutz Emme – Objekt 05

Faktenblatt

08.11.2018, rev. 27.02.2019

Hydraulische Lasten auf die Brücke Bätterkinden – Utzenstorf

1 Ausgangslage

Für das Hochwasserschutzprojekt Objekt 05 ist die Strassenbrücke ein zentrales Element. Mit den geplanten Massnahmen kann der Hochwasserschutz deutlich verbessert werden. Wegen der bestehenden Randbedingungen (z.B. dem Wehr) kann im Brückenquerschnitt das geforderte Freibord nach KOHS jedoch nicht ganz erreicht werden. Verklausungen können deshalb auch im Projektzustand nicht ausgeschlossen werden. An Stelle eines Neubaus der Brücke kommen auch Massnahmen an der Brücke selbst, welche die Wahrscheinlichkeit von Verklausungen minimieren, in Frage. Dabei ist es ein wichtiges Kriterium, ob die bestehende Brücke den Lasten im EHQ-Fall ($1.3 \times HQ_{100} = 820 \text{ m}^3/\text{s}$) Stand halten kann resp. ein Abschieben der Brücke ausgeschlossen werden kann. Diese Beurteilung muss durch ein spezialisiertes Ingenieurbüro erfolgen. HZP liefert dazu die zu erwartenden Lasten auf den Brückenträger und den im Gerinne stehenden Pfeiler(-verbund). In diesem Faktenblatt wird die Bestimmung der Lasten dokumentiert.

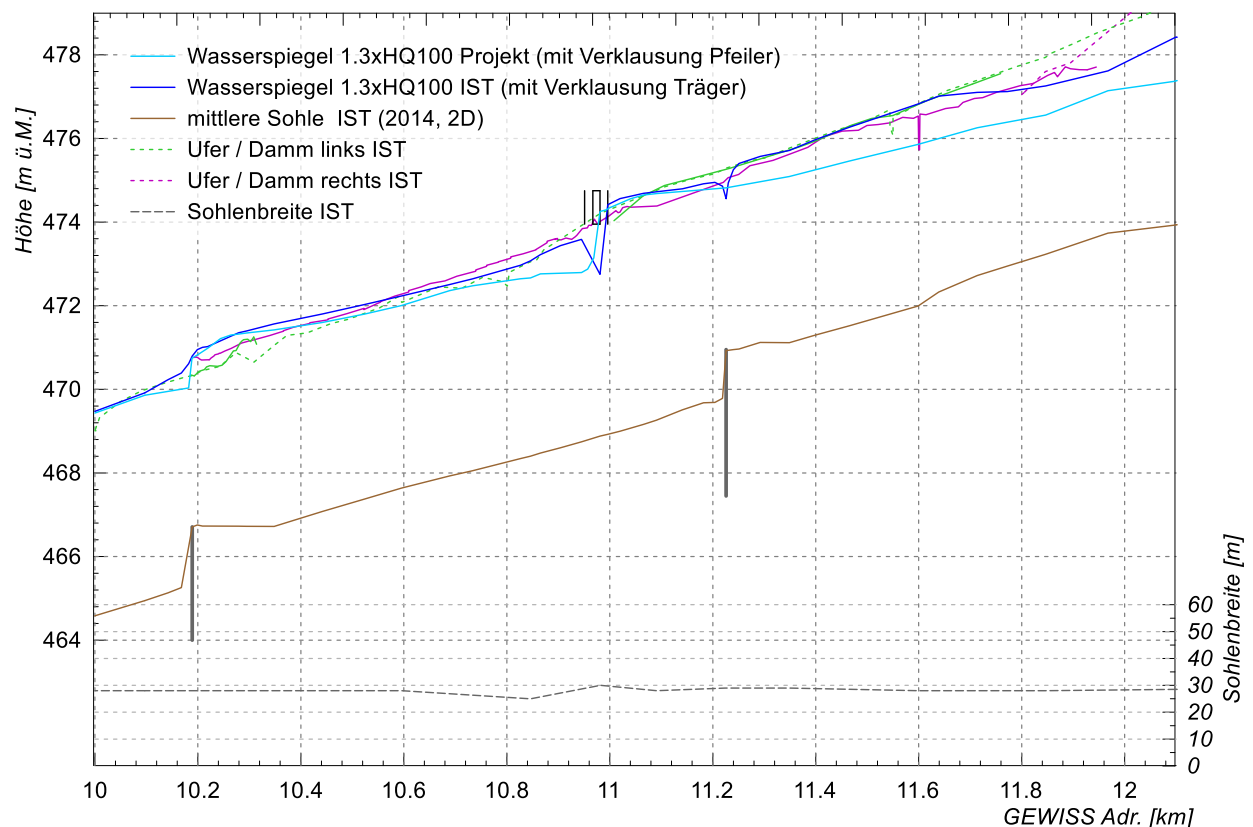


Abb. 1 Längsprofil mit Wasserspiegel EHQ ($1.3 \times HQ_{100}$) für den IST- und Projektzustand

2 Methode

Für die Belastung der Brückenelemente sind die hydrostatischen und die hydrodynamischen Kräfte, insbesondere die Druck- und die Auftriebskraft massgebend.

Hydrodynamische Druckkraft (F_D , drag force):

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho \cdot v^2 \cdot s \quad [\text{kN/m}']$$

Hydrostatische Druckkraft (F_s):

$$F_s = \rho \cdot g \cdot \frac{s^2}{2} \quad [\text{kN/m}']$$

Auftrieb (F_L , lift force):

$$F_L = \frac{1}{2} \cdot C_L \cdot \rho \cdot v^2 \cdot b \quad [\text{kN/m}']$$

mit

ρ – Dichte Wasser	[kg/m ³]
g – Erdbeschleunigung	[m/s ²]
v – mittlere Fließgeschwindigkeit im Anströmbereich	[m/s]
s – Einstauhöhe	[m]
b – Breite der Brücke (in Fließrichtung)	[m]
C_L – «lift» Koeffizient	[-]
C_D – «drag» Koeffizient	[-]

Die Einstauhöhe s und die mittlere Anströmgeschwindigkeit v wurden mit dem 2D Modell ermittelt. Die Koeffizienten C_D und C_L sind abhängig von der Einstautiefe und der Untersicht der Brücke [2].

3 Annahmen zur Berechnung der hydraulischen Belastungen der Brücke

3.1 Situation IST-Zustand

Im IST Zustand wird der Brückenträger unterwasserseitig eingestaut. Aufgrund der Brückengeometrie und der Einstauhöhe wird darum ein C_D Wert von 1.5 für den Träger gewählt. Im Verkläungsbereich unterhalb des Trägers kann der C_D Wert jedoch wegen der noch vorhandenen Durchlässigkeit halbiert werden (0.75). Für den Auftrieb wird aufgrund des unterwasserseitigen Einstaus die volle Breite angesetzt (vgl. Abb. 2).

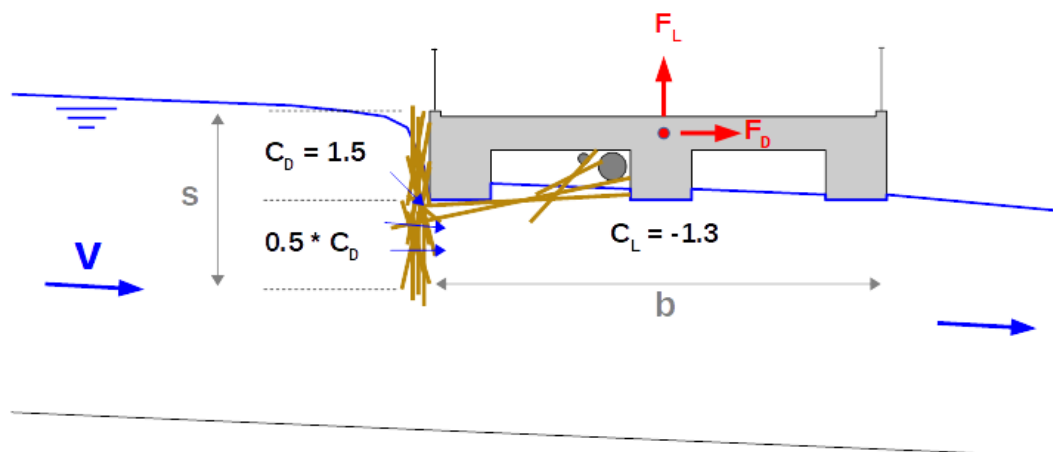


Abb. 2 Schematische Darstellung der Strassenbrücke für den IST-Zustand im EQ Fall mit einer Verkläung des Brückenträgers.

3.2 Situation Projektzustand

Im Projektzustand erfolgt der Aufstau wegen einer Verkläung des neu im Gerinne stehenden Pfeilers (Abb. 4). Die Einstautiefe im EQ Fall ist oberwasserseitig gegenüber dem Ist Zustand leicht reduziert. Unterwasserseitig wird der Wasserspiegel durch die Aufweitung deutlich abgesenkt, wodurch der Träger hier nicht mehr eingestaut wird (vgl. Abb. 3). Für die Berechnung des Auftriebs werden deshalb nur noch 20% der Breite angesetzt.

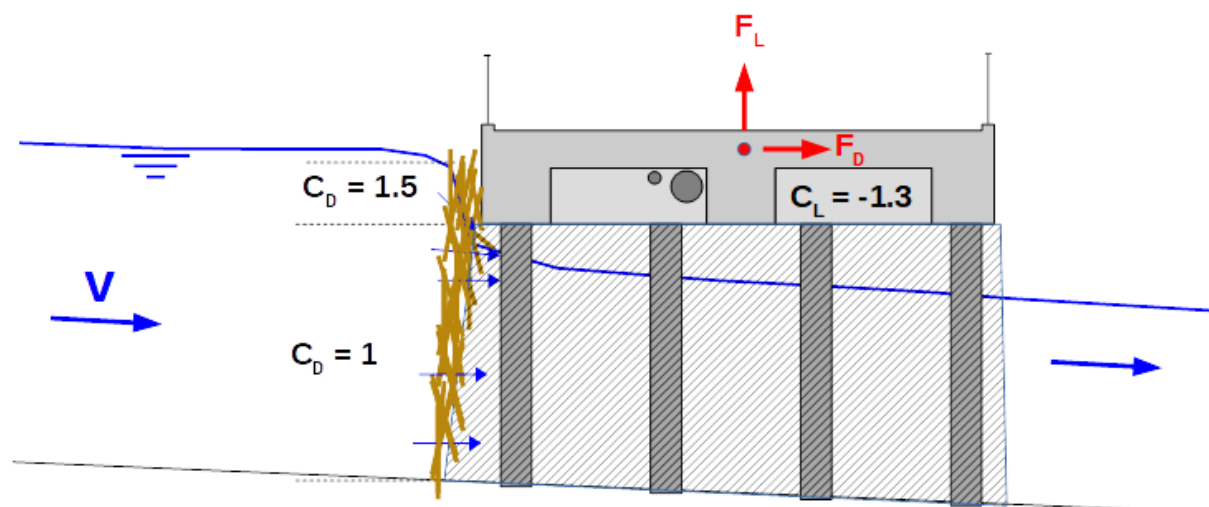


Abb. 3 Schematische Darstellung der Strassenbrücke für den Projektzustand im EQ Fall mit einer Verkläung des im Gerinne stehenden Pfeilerverbunds.

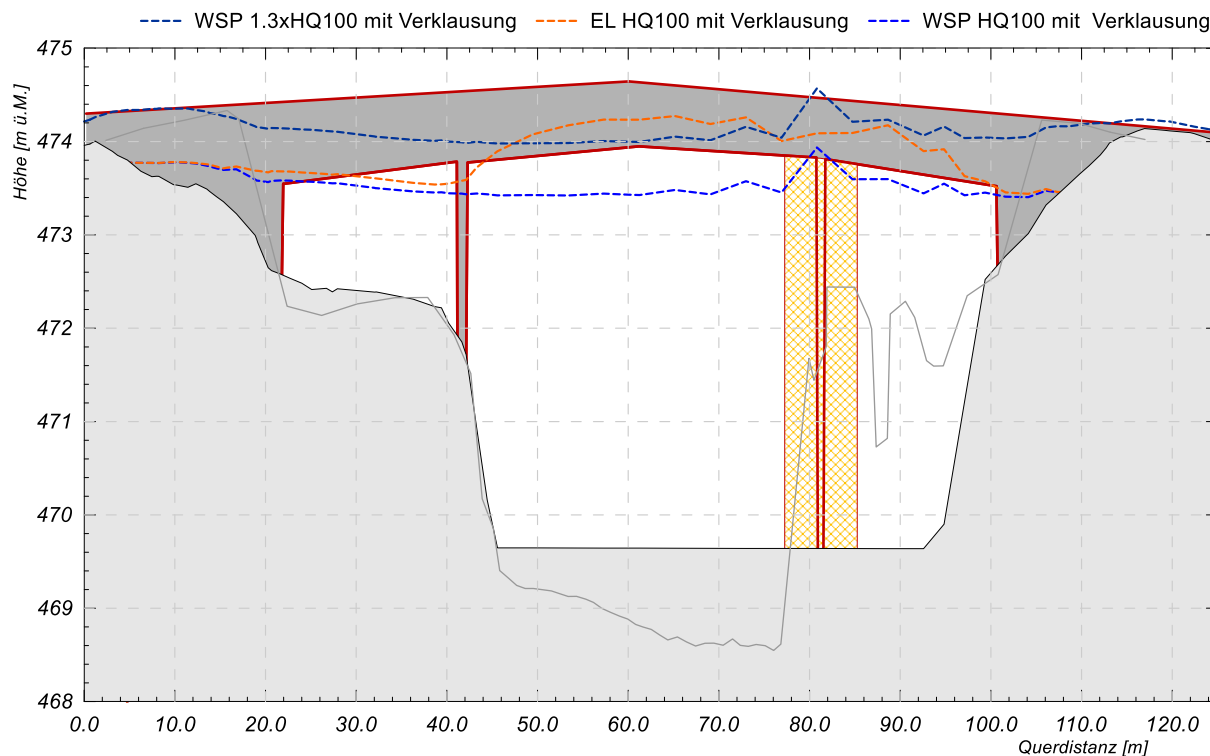


Abb. 4 Schema des Szenarios im Projektzustand mit Pfeilverkläusung

4 Belastung Brücke

4.1 Belastung des Brückenträgers

Die Druckkräfte auf den Brückenträger können im Projektzustand gegenüber dem IST Zustand in etwa halbiert werden und liegen bei rund 10 kN/m' (hydrostatisch + -dynamische Druckkräfte). Die Auftriebskräfte können aufgrund der deutlichen Absenkung der Wasserspiegel im Unterwasser der Brücke mit 20 kN/m' noch stärker reduziert werden (vgl. Tab. 1). Die Aufprallkräfte / Einzellasten liegen bei 60-80 kN (Annahme Baum mit einem Gewicht von 1t)

Tab. 1 Berechnete Druck- und Auftriebskräfte auf den Brückenträger für den IST- und den Projektzustand

	Träger		
	IST-Zustand 1.3xHQ100	Projektzustand 1.3xHQ100	
Einstauhöhe Träger s (oberwasserseitig)	1.05	0.85	[m]
Verkläusung Träger	1.00	-	[m]
Hydrodynamische Druckkraft F_D	17.0	8.8	[kN/m']
Hydrostatische Druckkraft F_S	2.8	1.5	[kN/m']
Auftriebskraft F_L	-110.0	-20.0	[kN/m']

4.2 Verteilung der Lasten im Projektzustand

Aufgrund einer Auswertung und Beurteilung der Modellresultate wurde die Verteilung der Lasten wie folgt definiert:

- Hydrodynamische Kraft (F_D): Ganzes Mittelfeld + 1/2 Randfeld
- Auftrieb (F_L): Ganzes Mittelfeld + 1/2 Randfeld, 20% des Querschnitts
- Hydrostatische Kraft F_S : Ganzes Mittelfeld + volle Randfelder

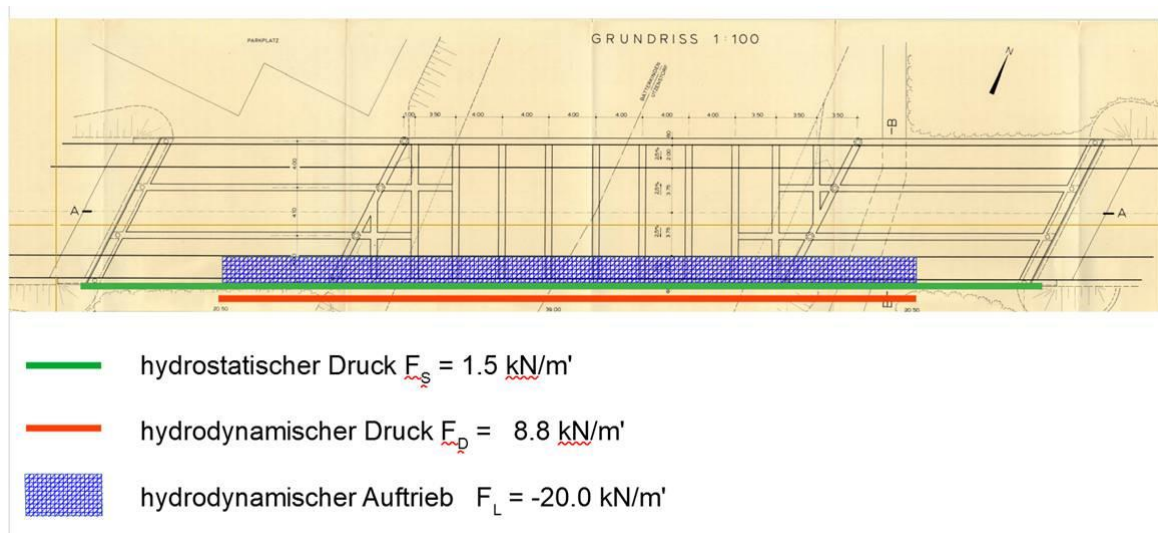


Abb. 5 Verteilung der Lasten im Projektzustand

4.3 Belastung des Pfeilers

Im Projektzustand stehen neu 4 Brückenpfeiler im Gerinne, welche im Projektzustand zu einem Verbund zusammengefasst werden. Da die Pfeiler sehr exponiert sind und eine Verklausung im Hochwasserfall wahrscheinlich ist, werden die hydraulischen Belastungen auch auf den Pfeilerverbund bestimmt. Dabei wird angenommen, dass die Verklausung eine Breite von 2x4m aufweist und über die gesamte angeströmte Pfeilerhöhe (4.2 m) erfolgt. Der Koeffizient C_D wird aufgrund der Wasserdurchlässigkeit der Verklausung gegenüber dem Wert für den Träger reduziert ($C_D=1$). Mit diesen Annahmen ergeben sich im EHQ-Fall Druckkräfte von rund 250 kN auf den Pfeiler (hydrostatisch + dynamische Druckkräfte). Die Aufprallkräfte / Einzellasten liegen wie beim Träger bei 60-80 kN (Annahme Baum mit einem Gewicht von 1t).

4.4 Kolkiefen Pfeiler

Das Fundament des Pfeilers wird im Projekt gegen Auskolkungen gesichert.

5 Anmerkung

Aufgrund der starken Abhängigkeit der Kräfte von den entsprechenden Koeffizienten C_D und C_L , welche mit Unsicherheiten behaftet sind, wird empfohlen die berechneten Kräfte für die Beurteilung der Brücke um 25 % zu erhöhen.

Sollten die Abklärungen zeigen, dass ein Neubau der Brücke notwendig ist, sollten auch Massnahmen am Wehr geprüft werden. Durch eine Absenkung der festen Schwelle besteht grundsätzlich das Potential, die Sohle im Brückenbereich und damit die Wasserspiegel noch etwas abzusenken und damit die Lasten auf den Brückenträger zu reduzieren.

Aarau, den 8.11.2018, rev. 27.02.2019

Hunziker, Zarn & Partner AG
Ingenieurbüro für Fluss- und Wasserbau

Dirk Schroer, Dipl. Umwelting. ETH

Roni Hunziker, Dipl. Bauing. ETH

Literatur.

- [1] Schutz vor Naturgefahren, Verein kantonaler Feuerversicherungen, 2005
- [2] Hydrodynamic Forces on Inundated Bridge Decks, US Department of Transportation, Mai 2009