

# Vorprojekt Ersatzneubau Zaunbrücke



## PROJEKTBASIS

---

Projektverfasser:

**Basler & Hofmann AG**

Kriens, 20.08.2021

Peter Tschümperlin

# Inhalt

<b>1</b>	<b>ALLGEMEINES.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>TRAGWERKSKONZEPT .....</b>	<b>3</b>
2.1	Konzeptionelle Überlegungen .....	3
2.2	Tragsystem.....	5
2.3	Abmessungen .....	5
2.4	Baustoffe.....	5
2.5	Baugrundverhältnisse / Geologie und Hydrologie .....	6
2.6	Konstruktionsdetails .....	7
2.7	Bauverfahren .....	7
<b>3</b>	<b>EINWIRKUNGEN .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>TRAG- UND ERMÜDUNGSSICHERHEIT .....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT UND DAUERHAFTIGKEIT .....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>ANNAHMEN FÜR DIE TRAGWERKS- UND BERECHNUNGSMODELLE .....</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>WEITERE PROJEKTRELEVANTE BEDINGUNGEN .....</b>	<b>11</b>
7.1	Akzeptierte Risiken .....	11
	<b>GRUNDLAGEN .....</b>	<b>12</b>

# 1 Allgemeines

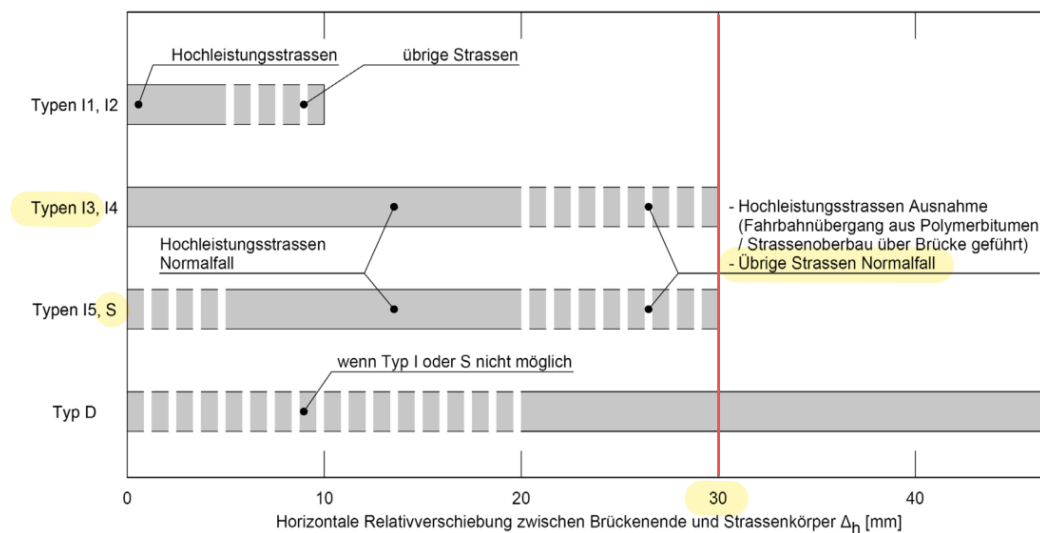
- Grundlage der vorliegenden Projektbasis bildet die Nutzungsvereinbarung [5].

## 2 Tragwerkskonzept

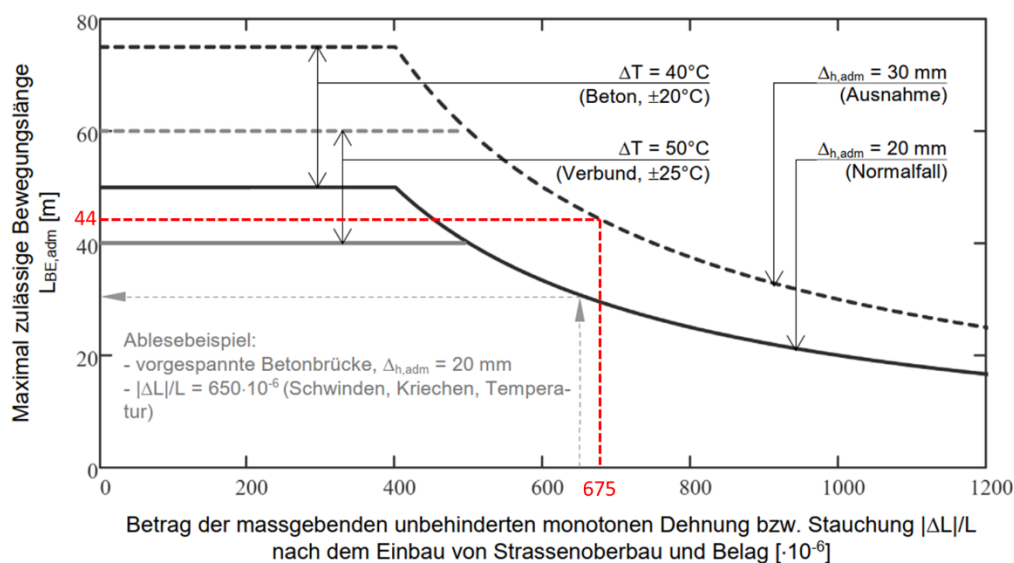
### 2.1 Konzeptionelle Überlegungen

Der Bauherr wünscht grundsätzlich ein möglichst integrales, robustes Brückensystem, das wenig Unterhalt verursacht (vgl. Nutzungsvereinbarung Kap. 4.2). Die Brückenenden werden deshalb integral (Widerlager Ost) resp. semi-integral (Widerlager West) ausgebildet.

Die zulässige Relativverschiebung am Brückenende  $\Delta_{h,adm}$  beträgt 30 mm (Richtwert gemäss ASTRA 12004 für "übrige Strassen", d.h. nicht Hochleistungsstrassen). Bei einer Betonbrücke mit einer Bewegungslänge von  $L_{BE} = 44$  m ist gemäss Bild 2.1 oben eine unbehinderte monotone Dehnung bzw. Stauchung von maximal  $675 \cdot 10^{-6}$  zulässig.



**Bild 2.1** Einsatzbereiche der Ausführungstypen des Brückenendes (gem. ASTRA 12004)



**Bild 2.2** Maximal zulässige Bewegungslänge für ein (semi-)integrales Brückenende einer geraden Brücke, unter Voraussetzung vernachlässigbarer horizontaler Überbauverschiebungen infolge horizontaler und vertikaler Einwirkungen (gem. ASTRA 12004)

Für die Konzeptwahl wird das vereinfachte Verfahren gemäss ASTRA 12004 "Konstruktive Einzelheiten von Brücken: Kapitel 3" angewendet, für welches folgende Voraussetzungen gelten:

- \_ Die Brücke ist im Grundriss gerade oder leicht gekrümmt.
- \_ Die Lage des Festpunktes ist zuverlässig bekannt (östliches Widerlager, Bewegungslänge ca. 44 m)
- \_ Horizontale Überbauverschiebungen infolge horizontaler und vertikaler Einwirkungen sind vernachlässigbar.

Die Verschiebungen an den Brückenenden werden für die Konzeptwahl wie folgt für unbehinderte Längenänderungen des Überbaus abgeschätzt.

Annahmen:

- \_ Vorspannung nach 14 Tagen
- \_ Einbau Strassenoberbau und Belag 90 Tage nach dem Betonieren des Überbaus ( $t=90d$ )

**Tabelle 2.1 Betrag der monotone Relativverschiebung ab Einbau von Strassenoberbau und Belag**

Einwirkung	$ \Delta L  / L \cdot 10^{-6}$	$\Delta h$ mit $L = 44 \text{ m}$
<b>Temperatur</b> $\Delta T = -20^\circ\text{C}$	200	8.8 mm
<b>Schwinden</b> $\varepsilon_{cs} (t_s=14d, t=90d) = 0.22 \text{ ‰}$	220	9.7 mm
<b>Kriechen</b> $\varphi = 2.0 - 0.76 = 1.12$ <b>infolge Vorspannung</b> $P_{0k} = 2 \times 4 \times 4297 \text{ kN}$ bei mittlerem Überbauquerschnitt $A \approx 6.86 \text{ m}^2$ (elastische Verkürzung 7.2 mm)	200	8.9 mm
<b>Total monotone Relativverschiebung</b>	<b>620</b>	<b>27.4 mm</b>

**Tabelle 2.2 Amplitude der zyklischen Relativverschiebung infolge Temperatur (häufiger Lastfall)**

Einwirkung	$ \Delta L  / L \cdot 10^{-6}$	$\Delta h$ mit $L = 44 \text{ m}$
Temperatur $\Delta T = 40^\circ\text{C} (\pm 20^\circ\text{C})$	400	17.6 mm
Horizontalkräfte aus Verkehr	vernachlässigbar	vernachlässigbar
<b>Total zyklische Relativverschiebung</b>	<b>400</b>	<b>17.6 mm</b>

Die vorgespannte Zaunbrücke liegt mit einer Bewegungslänge von 44 m gerade noch im Bereich, in dem eine integrale Ausführung möglich ist. Da Zwängungen bei der vorgespannten Brücke grundsätzlich als problematisch erachtet werden (Dekomprimierung in Feldmitte) und die Ausbildung eines nachgiebigen Widerlagers als schwierig erachtet werden sind folgende Ausführungstypen für das Brückenende vorgesehen:

- \_ talseitig (WL West): integrales Brückenende Typ I3 mit Schleppplatte
- \_ bergseitig (WL Ost): semiintegrales Brückenende Typ S1 mit Lagern und Schleppplatte

Auf Fahrbahnübergänge kann damit komplett verzichtet werden und Brückenlager sind nur beim bergseitigen gut zugänglichen und bezüglich Hochwasser unkritischen Widerlager erforderlich.

## 2.2 Tragsystem

1-feldrige, schiefwinklige und leicht gekrümmte, semi-integrale Brücke mit längsvorgespanntem Hohlkasten

## 2.3 Abmessungen

Hauptabmessungen der neuen Brücke:

- Brückenlänge            45 m                    (ohne Schleppplatten)
- Spannweite            44 m
- Fahrbahnbreite        9.20 m
- Gesamtbreite        10.20 m

## 2.4 Baustoffe

Tabelle 2.3 Neue Baustoffe

Baustoff	Bezeichnung	Kennwerte	Bemerkungen
<b>Beton</b>			
– Bohrpfähle	Sorte P2 unter Wasser C25/30 D <sub>max</sub> 32	$f_{cd} = 16.5 \text{ N/mm}^2$ $f_{ctm} = 2.6 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{cd} = 1.00 \text{ N/mm}^2$ $E_{cm} = 32'000 \text{ N/mm}^2$	Gesteinskörnungen aus Alluvialkies mit Beiwert $k_E = 10'000$
– Pfahlbankette, Widerlager, Hohlkasten, Schleppplatten	Sorte F (T3) C30/37 XC4, XD3, XF2 (CH) D <sub>max</sub> 32 AAR-P2	$f_{cd} = 20.0 \text{ N/mm}^2$ $f_{ctm} = 2.9 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{cd} = 1.10 \text{ N/mm}^2$ $E_{cm} = 33'600 \text{ N/mm}^2$	Gesteinskörnungen aus Alluvialkies mit Beiwert $k_E = 10'000$
– Bordüren	Sorte G (T4) C30/37 XC4, XD3, XF4 (CH) D <sub>max</sub> 32 AAR-P2	$f_{cd} = 20.0 \text{ N/mm}^2$ $f_{ctm} = 2.9 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{cd} = 1.10 \text{ N/mm}^2$ $E_{cm} = 33'600 \text{ N/mm}^2$	Gesteinskörnungen aus Alluvialkies mit Beiwert $k_E = 10'000$
<b>Betonstahl</b>	B500B	$f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$ $E_s = 205'000 \text{ N/mm}^2$	
<b>Spannstahl</b>	Y1860S7-15.7	$f_{pd} = 1390 \text{ N/mm}^2$ $E_p = 195 \text{ kN/mm}^2$	Korrosionsschutz Kategorie c
<b>Abdichtung</b>	PBD mit PMMA-Versiegelung	5 mm	vollflächig aufgeflämmt
<b>Beläge</b>	Deckschicht AC 11 S Binderschicht MA 11 S Schuttschicht MA 11 S	40 mm 35 mm 40 mm	Absplittung 4/8 mm
<b>Leitschranke</b>	LS 2x150'180 2.00 m mit aufgeschraubten Fussplatten		gemäss ASTRA FHB K

## 2.5 Baugrundverhältnisse / Geologie und Hydrologie

Die Baugrundverhältnisse im Bereich der Zaunbrücke wurden im Sommer 2020 durch zwei Kernbohrungen aufgeschlossen und durch die Geotest AG ausgewertet [1].

**Tabelle 2.4 Charakteristische Werte  $x_k$ ,**  
in Klammern Extremwerte  $x_{extr}$  und mittlere Erwartungswerte  $x_m$  gem. Geotest [1]

Bodenschicht	Feuchtraum- gewicht	Kohäsion	Reibungs- winkel	Zusammendrückungsmodul	
	$\gamma_{ek}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\phi_k$ [°]	Erstbelastung $M_{Ek}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Wiederbelast. $M_{Ek'}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
<b>Hangschutt (HS)</b> Dammschüttung Aareschotter	<b>21</b> (20-31-23)	<b>0</b>	<b>36</b> (34-38-42)	<b>56</b> (50-60-100)	<b>132</b> (100-120-150)
<b>Blockschutt (BS)</b> Aareschotter, sandig- kiesig	<b>21</b> (20-31-23)	<b>0</b>	<b>36</b> (34-38-42)	<b>56</b> (50-60-100)	<b>132</b> (100-120-150)

Die charakteristischen Werte lassen sich durch  $x_k = x_m - a \cdot (x_m - x_{extr})$  und dem Zuverlässigkeitswert  $a = 0.4$  berechnen.

Der Baugrund im Bereich der Zaunbrücke weist eine gute Tragfähigkeit auf. Im mitteldicht bis dicht gelagerten Reibungsboden sind nur geringe, schnell abklingende Setzungen zu erwarten. Daher ist die Flachfundation von Brücke und angrenzenden Stützmauern grundsätzlich möglich. Um Spannungsspitzen im durch grosse Blöcke durchzogenen Boden zu verhindern, ist grosser Wert auf eine gut verdichtete, kiesige Kofferschicht.

Die Widerlager liegen nahe am Gewässer und deutlich oberhalb der Gewässersohle. Um die Flachfundation unterhalb der Gewässersohle und somit Kolksicher auszubilden, wären sehr grosse und aufwändige Aushubarbeiten notwendig. Deshalb wird die Pfahlfundation als wirtschaftlicher eingeschätzt.

Für die Vordimensionierung der Bohrpfähle werden folgende Widerstände angenommen:

- Mantelreibung  $\sigma_{s,k} = 150 \text{ kN/m}^2$
- Spitzenwiderstand
  - Tragsicherheit  $\sigma_{b,k} = 6000 \text{ kN/m}$  mit Pfahlsetzung  $s/D = 0.10$
  - Gebrauchstauglichkeit  $\sigma_{b,k} = 3200 \text{ kN/m}$  mit Pfahlsetzung  $s/D = 0.03$

Der Felsuntergrund wurde mit den Sondierungen bis in 20 m Tiefe vermutlich nicht aufgeschlossen, wobei nicht ausgeschlossen werden kann, dass es sich bei einem im unteren Bereich erbohrten Block um anstehenden Fels handelt.

### Hydrogeologische Verhältnisse

Bei den Sondierungen wurden im Untergrund punktuell Grund- bzw. Hangwasser angetroffen. Bei den Pegelmessungen am 08.09.2020 wichen die Wasserspiegel beidseits der Zaunbrücke deutlich voneinander ab. Dies ist wahrscheinlich auf die Beeinflussung einer lokalen Hangwasserzirkulation zurückzuführen.

Das Grundwasser im Bereich der Lutschine ist starken jahreszeitlichen Schwankungen ausgesetzt, mit hohen Pegeln während der Schnee- und Gletscherschmelze und vergleichsweise tiefen Pegeln in den Herbst- und Wintermonaten. Im Extremfall ist davon auszugehen, dass der Grundwasserpegel angrenzend an das Flussbett bis auf den entsprechenden Hochwasserpegel der Lutschine ansteigen kann.

## 2.6 Konstruktionsdetails

- \_ Bordüren 50 cm breit (gem. ASTRA 12004) mit physischer Tropfkante
- \_ integrale, steifes Brückenende Typ I3 mit Schleppplatte WL West (gem. ASTRA 12004)
- \_ semi-integrales Brückenende Typ S1 mit Lagern und Schleppplatte bei WL Ost
- \_ Foundation Widerlager auf Bohrpfählen

## 2.7 Bauverfahren

Die neue Brücke kann aufgrund der neuen Linienführung unabhängig von der bestehenden Brücke erstellt werden. Jedoch kann es sein, die Kantonsstrasse KS 221 phasenweise infolge Bauarbeiten nur einspurig befahrbar ist.

Die Baugruben können grundsätzlich frei geböscht werden. Die erforderlichen Platzverhältnisse für spezifische Geräte (z.B. Pfahlbohrgerät) sind in den nächsten Projektphasen genauer festzulegen.

Ohne Zwischenabstützung ist für die Erstellung des Überbaus mit einer Spannweite von ca. 44 m ein obenliegendes Lehrgerüst erforderlich. Mit Zwischenabstützungen beidseits des Hauptgerinnes könnte allenfalls ein untenliegendes, deutlich günstigeres Lehrgerüst reichen. Dies ist im Bauprojekt unter Berücksichtigung der wasserbaulichen Aspekte genauer zu prüfen.

Annahmen für die Vordimensionierung der Brücke:

- \_ Die Vorspannung erfolgt nach 14 Tagen.
- \_ Der Belag wird nach ca. 60 Tagen erstellt.

### 3 Einwirkungen

In Tabelle 3.1 sind die berücksichtigten Einwirkungen aufgeführt und stichwortartig erläutert.

**Tabelle 3.1 Einwirkungen**

Einwirkung	Massnahmen	Weiterbearbeitung	Ann. für Tragwerksanalyse + Bemessung
<b>Eigenlasten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bemessung</li> <li>– Ausführungskontrollen</li> </ul>	Statik Kontrollplan	$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ (Beton)
<b>Auflasten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bemessung</li> <li>– Ausführungskontrollen</li> <li>– Überwachung während Nutzung betreffend Änderungen</li> </ul>	Statik Kontrollplan Überwachungsplan	Belag $2.16 \text{ kN/m}^2$ FZRS $0.5 \text{ kN/m}$
<b>Vorspannung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bemessung</li> <li>– Ausführungskontrollen</li> </ul>	Statik Kontrollplan	$P_{0k} = 10 \times 3711 \text{ kN}$ $P_{\infty}/P_0 = 0.85$
<b>Schwinden</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bemessung</li> </ul>	Statik	$\epsilon_{cs} (t=\infty, t=21d) = 0.25 \text{ ‰}$
<b>Kriechen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bemessung</li> </ul>	Statik	$\phi (t=\infty, t_0=14d) = 2.0$
<b>Temperatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bemessung</li> </ul>	Statik	$\Delta T_{1k} = \pm 20^\circ$ $\Delta T_{2k} = + 12^\circ$ ob. warm $\Delta T_{2k} = - 4^\circ$ ob. kalt
<b>Schnee</b>	nicht weiterverfolgt, da nicht massgebend	–	
<b>Wind</b>	nicht weiterverfolgt, da nicht massgebend	–	
<b>Erddruck</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bemessung</li> <li>– Ausführungskontrollen (Baugrubenabschluss, Aushub)</li> <li>– Überprüfung der angenommenen Baugrundverhältnisse während Ausführung</li> <li>– Kontrolle von Hinterfüllungsmaterial</li> </ul>	Statik Kontrollplan  Kontrollplan  Kontrollplan	vgl. Tabelle 2.4
<b>Setzungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bemessung</li> </ul>	Statik	Pfahlkopfsetzung $s/D = 0.02$ unter ständigen Lasten
<b>Verkehrslast (Endzustand)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bemessung</li> </ul>	Statik	<b>Lastmodell 1</b> mit $\alpha_{Qi} = \alpha_{qi} = \alpha_{qr} = 0.9$ <b>Lastmodell 3 / Typ III</b> $Q_k = 900 \text{ kN}$ , $n = 4$ $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$
<b>Anfahr- und Bremskräfte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bemessung</li> </ul>	Statik	$Q_{Ak} = Q_{Bk} = 425 \text{ kN}$



Einwirkung	Massnahmen	Weiterbearbeitung	Ann. für Tragwerksanalyse + Bemessung
<b>Erdbeben</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bemessung</li> <li>– Massnahmen gemäss SIA 261</li> </ul>	Statik (Bau- und Ausführungsprojekt)	BKW II Zone Z2 Baugrundklasse C
<b>Hochwasser</b>	nicht weiterverfolgt, Brücke liegt über dem Freibord	–	
<b>Anprall</b>	nicht weiterverfolgt, da tragende Elemente unterhalb der Brücke, und kein untenliegender Verkehrsträger	–	
<b>Brand</b>	akzeptiertes Risiko	–	

## 4 Trag- und Ermüdungssicherheit

Getrennt nach dem Bauzustand (Tabelle 4.1) und dem Betriebszustand (Tabelle 4.2) nennen die nachfolgenden Tabellen für den **Nachweis der Tragsicherheit** die Gefährdungsbilder.

**Tabelle 4.1 Gefährdungsbilder für Bauzustand**

Gefährdungsbild	Leiteinwirkung	Grenzzustand	Begleiteinwirkung/en
<b>Eigengewicht</b> (Lehrgerüst, Schalung, Beton)	Eigengewicht	Typ 2	Auflasten

**Tabelle 4.2 Gefährdungsbilder für Endzustand**

Gefährdungsbild	Leiteinwirkung	Grenzzustand	Begleiteinwirkung/en
<b>Verkehrslast</b>	Verkehrslast	Typ 2 Typ 4	Eigengewicht, Auflasten, Erddruck, Vorspannung, Schwinden, Kriechen
<b>Temperatur</b>	Temperatur	Typ 2	Vorspannung, Schwinden, Kriechen, Anfahr- und Bremskräfte
<b>Erdbeben</b>	Erdbeben	Typ 2	Eigengewicht, Auflasten, Erddruck

## 5 Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit

Die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und die Dauerhaftigkeit sind zusammen mit den Massnahmen in Tabelle 5.1 zusammengestellt.

**Tabelle 5.1 Anforderungen**

Anforderung	Massnahmen	Weiterbearbeitung	Annahmen / Erläuterungen
<b>Steifigkeit</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bemessung</li> <li>– Vorspannung</li> </ul>	Statik	SIA 260, Tabelle 7
<b>Rissbeschränkung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mindestbewehrung</li> <li>– Vorspannung</li> <li>– sorgfältige Nachbehandlung</li> <li>– Ausführungskontrollen</li> </ul>	Statik  Kontrollplan	generell erhöhte Anforderungen bezüglich Rissbildung, hohe Anforderungen für Bordüren  Nachbehandlungs-kategorie NBK 4
<b>Korrosionsschutz Bewehrung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bewehrungsüberdeckung - generell 40 mm - Bordüren 55 mm</li> <li>– wirksame Entwässerung</li> <li>– vollflächige Brückenabdichtung</li> <li>– Ausführungskontrollen</li> <li>– periodische Reinigung</li> </ul>	Bau- / Ausführungsprojekt  Kontrollplan Unterhaltsplan	

Die Tabelle 5.2 nennt für den **Nachweis der Gebrauchstauglichkeit** die Bemessungssituationen.

**Tabelle 5.2 Bemessungssituationen**

Bemessungssituation	Leiteinwirkung	Lastfalltyp	Begleiteinwirkung/en
<b>Temperatur</b>	Temperatur	selten + häufig quasi-ständig	Anfahrkraft, Vorspannung Vorspannung
<b>Verkehrslast</b>	Verkehrslast	selten + häufig	Temperatur

## 6 Annahmen für die Tragwerks- und Berechnungsmodelle

Tabelle 6.1 Tragwerks- und Berechnungsmodelle

Nachweis	Tragwerks- / Berechnungsmodell	Bemerkungen
<b>Überbau</b> (Hohlkasten)	räumliches Stabmodell (für globale Auswirkungen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Überbau als Strukturlinie inkl. Vorspannung (konstanter Querschnittsverlauf)</li> <li>– Widerlagerwand (WL West) als Stab mit konstantem Querschnitt, biegesteif mit Überbau und Pfahlbankett verbunden</li> <li>– Lagerung WL Ost als in Längsrichtung bewegliche Lager</li> <li>– Pfähle als horizontal und vertikal elastisch gebettete Vertikalstäbe</li> </ul>
<b>Widerlager</b>		
<b>Pfahlfundation</b>		
<b>Gesamtstabilität</b>	starrer Körper	

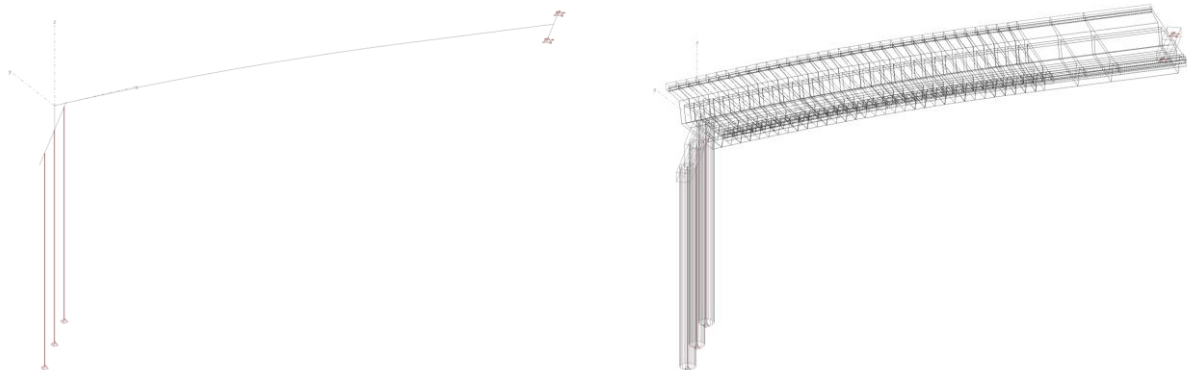


Bild 6.1 räumliches Stabmodell (rechts als Drahtmodell mit Visualisierung der Querschnitte)

## 7 Weitere projektrelevante Bedingungen

### 7.1 Akzeptierte Risiken

Die Bauherrschaft akzeptiert als Risiko:

- Sabotage
- Vandalismus
- Brand und Explosion auf oder unter der Brücke (geringes Risiko)

Für diese Risiken werden nebst einer generell robusten Bauweise keine spezifischen Massnahmen ergriffen.

**Grundlagen**

- [1] Nutzungsvereinbarung vom 20.08.2021
- [2] Norm SIA 260 (2013) Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
- [3] Norm SIA 261 (2020) Einwirkungen auf Tragwerke
- [4] Norm SIA 261/1 (2020) Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen
- [5] Norm SIA 262 (2013) Betonbau
- [6] Norm SIA 262/1 (2019) Betonbau – Ergänzende Festlegungen
- [7] Norm SIA 267 (2013) Geotechnik
- [8] Norm SIA 267/1 (2013) Geotechnik – Ergänzende Festlegungen
- [1] TBA, Bautechnische Details Kunstbauten, Stand 2020
- [2] ASTRA 12004, Richtlinie für konstruktive Einzelheiten von Brücken, Bern, revidierte Ausgabe 2020
- [3] ASTRA, Richtlinie für Fahrzeugrückhaltesysteme, Bern, 2013
- [4] Baugrunduntersuchung Lütschental, Zaunbrücke, Geotest AG, 01.10.2020
- [5] Arbeitspapier Wasserbau Ey- und Zaunbrücke, Mätzener & Wyss Bauingenieure AG, 02.12.2020