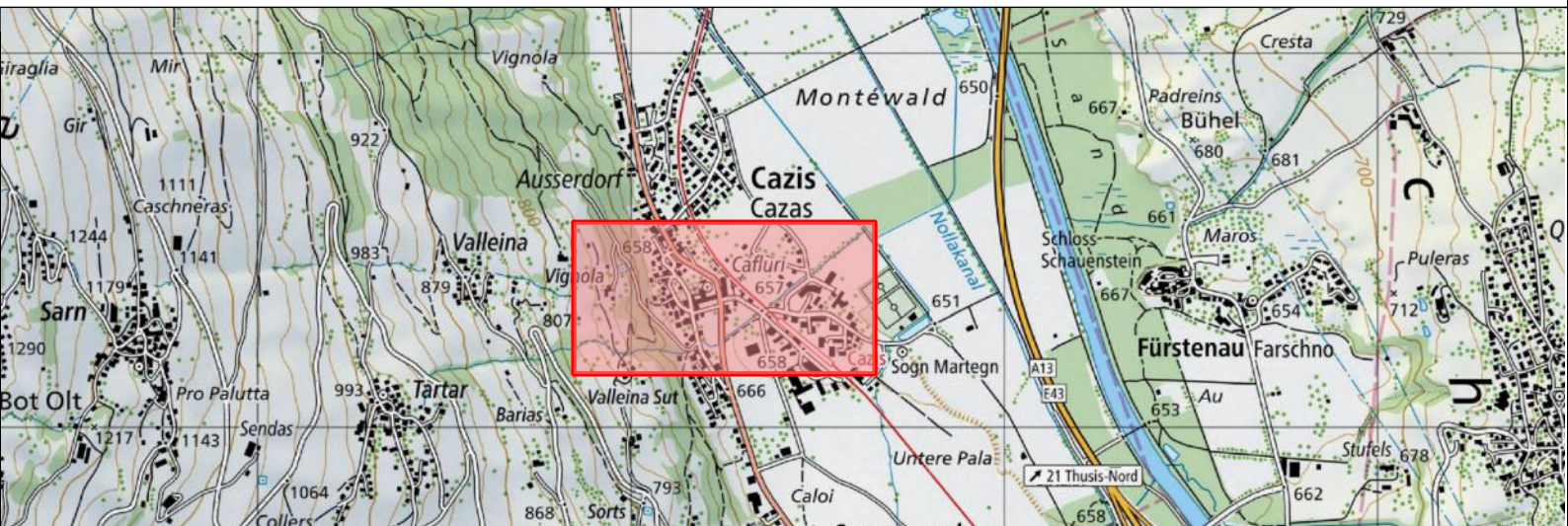


# Hochwasserschutz Kettbach

## Auflageprojekt



## Teilprojekt Durchlass RhB Projektbasis

**IMPRESSUM**

**Vertragspartner**

Auftragnehmer	
<b>Casutt Wyrsch Zwicky AG</b>	
Dipl. Bauingenieure und Planer	
Sägenstrasse 97	
7000 Chur	
Tel. :	081 287 10 50
E-Mail :	info@cwz.ch
Verfasser:	G. Blumenthal

Auftraggeber	
<b>Tiefbauamt Graubünden</b>	
Wasserbau	
Loëstrasse 14	
7001 Chur	
Tel. :	081 257 38 49
E-Mail :	richard.kaech@tba.gr.ch
Kontaktperson:	R. Käch


**Änderungsverzeichnis**

Version	Anpassung / Änderung	Verfasser	Datum
1.0	Grundversion	G. Blumenthal	28.11.2025

**Verteiler**

Firma	Name	Version															
Tiefbauamt Graubünden	R. Käch	1.0															
Gemeinde Cazis	R. Patt	1.0															
Rhätische Bahn AG	A. Berweger	1.0															
Holinger AG	L. Giovanoli	1.0															

**Allg. Informationen**

<b>Dateiname:</b>	2025.11.28 Projektbasis.docx
<b>Aktuelle Version:</b>	1.0
<b>Anzahl Seiten:</b>	13
<b>Unterschrift Auftragnehmer:</b>	

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>IMPRESSUM</b> .....	
<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	
<b>1. GRUNDLAGEN</b> .....	<b>1</b>
1.1 NORMEN.....	1
1.2 WEISUNGEN, RICHTLINIEN UND VERORDNUNGEN .....	1
1.3 PROJEKTGRUNDLAGEN.....	1
1.4 LITERATUR.....	1
<b>2. NUTZUNG</b> .....	<b>2</b>
2.1 NUTZUNG FÜR DEN BAHNVERKEHR UND STRASSENVERKEHR .....	2
2.2 GEPLANTE NUTZUNGSDAUER.....	2
2.3 NUTZUNGSZUSTÄNDE.....	2
<b>3. EINWIRKUNGEN</b> .....	<b>3</b>
3.1 STÄNDIGE EINWIRKUNGEN .....	3
3.2 VERÄNDERLICHE EINWIRKUNGEN .....	3
3.3 AUSSERGEWÖHNLICHE EINWIRKUNGEN.....	5
<b>4. GEFÄHRDUNGSBILDER UND BEMESSUNGSSITUATIONEN</b> .....	<b>6</b>
4.1 TRAGSICHERHEIT.....	6
4.2 GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT .....	7
<b>5. ANFORDERUNGEN AN DIE TRAGSICHERHEIT, GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT UND DAUERHAFTIGKEIT</b> .....	<b>7</b>
5.1 ANFORDERUNGEN TRAGSICHERHEIT.....	7
5.2 ANFORDERUNGEN GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT.....	7
5.3 ANFORDERUNGEN DAUERHAFTIGKEIT .....	8
<b>6. ANNAHMEN FÜR DIE TRAGWERKS- UND BERECHNUNGSMODELLE</b> .....	<b>9</b>
6.1 STATISCHES MODELL.....	9
6.2 BAUSTOFFE.....	9
<b>7. AKZEPTIERTE RISIKEN</b> .....	<b>10</b>

## 1. GRUNDLAGEN

Das vorliegende Dokument stützt sich auf die Nutzungsvereinbarung vom November 2025 ab.

### 1.1 Normen

#### Neubaunormen

- SIA 260 (2013) Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
- SIA 261 (2020) Einwirkungen auf Tragwerke
- SIA 261/1 (2020) Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen
- SIA 262 (2013) Betonbau
- SIA 262/1 (2019) Betonbau – Ergänzende Festlegungen
- SIA 267 (2013) Geotechnik
- SIA 267/1 (2013) Geotechnik – Ergänzende Festlegungen

### 1.2 Weisungen, Richtlinien und Verordnungen

- R RTE 20'512 (2023) Lichtraumprofil Meterspur
- R RTE 22'540 (2011) Fahrbahnpraxis Meter- und Spezialspur
- RhB W Nr. 2330 (2015) Weisungen für die Projektierung von Kunstbauten der RhB
- RhB W Nr. 2331 (2013) Weisungen für die Projektierung von Gerüsten bei der RhB
- AB-EBV (2020) Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung, Anhang Nr. 1
- Richtlinie BAV (2020) Erdbebensicherheit von Eisenbahnanlagen

### 1.3 Projektgrundlagen

- Nutzungsvereinbarung RhB, CWZ, November 2025
- Vorprojekt, Holinger AG, November 2024
- Bahnplan RhB, Dezember 2024
- Pläne Fahrleitungsmasten Nr. 9 bis Nr.14 RhB, Dezember 2007
- Kabelanlageplan RhB, Oktober 2022
- Plan Schrankenanlage, Dezember 2022
- Gleisgeometrie RhB, Februar 2025 (Ist Lage wird übernommen)
- Geologische Baugrunduntersuchung, CSD Ingenieure, 04.06.2025
- Grundlagevermessung, HMQ, 13.03.2025
- Technischer Bericht, Fanger Elementtechnik AG, 02.10.2025

### 1.4 Literatur

- Bodenmechanik und Grundbau, Lang/Huder/Amann/Puzrin, 9. Auflage
- Vorlesung Massivbau, Leonhardt
- Vorlesung Massivbau, Oelhafen

## 2. NUTZUNG

### 2.1 Nutzung für den Bahnverkehr und Strassenverkehr

Der Durchlass wird durch den Schmalspurbahnverkehr überfahren. Es gilt das Lastmodell 6 und 7 nach SIA 261 (2020) für die Strecke Rodels-Realta – Cazis. Das Lastmodell 5 als Betriebslastmodell der RhB für die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit und der Ermüdungssicherheit. Auf dem Bauwerk gilt das Lichtraumprofil RhB Stammnetz neu (StN neu). Die Zugsfrequenzen belaufen sich auf 120 Züge pro Tag und das Verkehrsvolumen beträgt  $9.86 \times 10^6$  t/Jahr. (Gilt für eine Gleisanlage bzw. Spur)

Der Durchlass wird auch durch den lokalen Strassenverkehr befahren. Es gilt das Lastmodell 1 mit  $\alpha = 0.9$  für den 40 Tonnen Verkehr.

### 2.2 Geplante Nutzungsdauer

Das Bauwerk wird für eine Nutzungsperiode von 100 Jahren ausgelegt.

### 2.3 Nutzungszustände

Im Rahmen der Nutzung werden folgende physikalische Gegebenheiten und Bedingungen (Einwirkungen) untersucht:

Tab. 1: Nutzungszustände

Nutzungszustand	Erläuterung	Dauer der Einwirkung
Eigenlasten	Tragkonstruktion	ständig
Auflasten	Koffer, Schotter, Oberbau, Belag	ständig
Vorspannung	Zusammenspannen der vorgefertigten Elemente (Konstruktiv)	ständig
Erddruck	Erddruck aus Hinterfüllung und Erdauflast Erddruck infolge vertikalen Bahnverkehrslasten / Strassenverkehr	ständig häufig
Setzungen	Zwängungen aus unterschiedlichen Setzungen der Foundationen	quasi-ständig
Schnee	Schnee auf Bauwerk: Meereshöhe 660 m ü. M. mit der Bezugshöhe von + 0 m.	häufig
Wind	Wind an Bauwerk: Geländekategorie III, Referenzstaudruck $q_{p0} = 1.3 \text{ kN/m}^2$	selten
Temperatur	Zwängungen aus gleichmässiger und linearer Temperaturänderung	häufig
Schwinden / Kriechen	Zwängungen durch neue Betonbauteile	ständig
Nutzlast Dienstwege	Nutzlast auf Dienstweg $q_k = 4.0 \text{ kN/m}^2$	selten
Strassenverkehr	Strassenverkehr auf Bauwerk: Lastmodell 1 mit zwei Fahrspuren	häufig selten
Schmalspurbahnverkehr	Bahnlasten auf Bauwerk: Lastmodell 6 und Lastmodell 7 repräsentieren die statische Wirkung von Rollbockverkehr / Lastmodell 5 als Betriebslastmodell der RhB	häufig selten
Erdbeben	Bauwerksklasse II, Erdbebenzone Z2, Baugrundklasse C	aussergewöhnlich
Entgleisung	Lastmodell 5 mit Entgleisungsmodell 1 oder 2	aussergewöhnlich
Hochwasser	HQ <sub>100</sub> und HQ <sub>300</sub> Wasserdruck im Kanal	aussergewöhnlich
Brand	Gilt als akzeptiertes Risiko und wird nicht weiter untersucht.	-
Explosion	Gilt als akzeptiertes Risiko und wird nicht weiter untersucht.	-

### 3. EINWIRKUNGEN

#### 3.1 Ständige Einwirkungen

Tab. 2: Ständige Einwirkungen

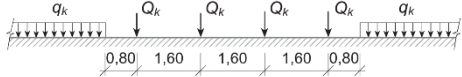
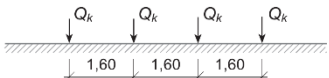
Einwirkungen	Massnahmen	Weiterbearbeitung	Annahmen für Tragwerkanalyse und Bemessung
Eigenlast	– Bemessung – Ausführungskontrollen	– Statische Berechnung – Kontrollplan	Beton bewehrt: $\gamma_B = 25 \text{ kN/m}^3$
Auflast	– Bemessung – Ausführungskontrollen – Überwachung während der Nutzung	– Statische Berechnung – Kontrollplan	Erdmaterial: $\gamma_E = 21 \text{ kN/m}^3$ Gleisschotter: $\gamma_G = 18 \text{ kN/m}^3$ Gleisrost: $1.5 \text{ kN/m}$ Belag: $\gamma_B = 24 \text{ kN/m}^3$ Geländer: $0.2 \text{ kN/m}$ Pflasterung: $\gamma_{NS} = 27 \text{ kN/m}^3$
Vorspannung (Konstruktiv)	– Bemessung – Ausführungskontrollen	– Statische Berechnung – Kontrollplan	Dywidag Stangen Y1050H - 32 WR $F_{pRd} = 734 \text{ kN}$ $P_0 = 590 \text{ kN}$
Erddruck	– Bemessung (gemäss Anhang der NV RhB, S. 6) – Überprüfung der angenommenen Baugrundverhältnisse während der Ausführung	– Statische Berechnung – Kontrollplan	Baugrundkennwerte $\gamma_{ek} = 21 \text{ kN/m}^3$ Hinterfüllung $\varphi'_k = 34^\circ$ $c'_k = 0 \text{ kN/m}^3$ Erdrudruck $k_0 = 0.44$ (Rahmentr.) Bahnverkehr $q_k = 52 \text{ kN/m}^2$
Wasserdruck	– Ausbildung von Drainagen	– Ausführungsprojekt	- keine besonderen Nachweise erforderlich
Setzungen	Das neue Bauwerk wird als geschlossenes Rahmentragwerk ausgeführt. Die Lasten können so auf die gesamte Bodenplatte abgegeben werden. Das neue Bauwerk generiert somit nicht grössere Flächenpressungen als das bestehende Erdmaterial mit Kanalrohr. Mit aufgezwungenen Verformungen wie Setzungen und Verschiebungen infolge lastabhängigen und lastunabhängigen Baugrundverformungen wird nicht mehr gerechnet. → keine besonderen Nachweise und Massnahmen erforderlich		

#### 3.2 Veränderliche Einwirkungen

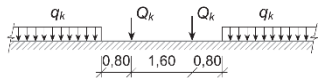
Tab. 3: Veränderliche Einwirkungen Teil 1

Einwirkungen	Massnahmen	Weiterbearbeitung	Annahmen für Tragwerkanalyse und Bemessung
Schnee	– Bemessung → Wird nicht weiter untersucht, da die verteilte Verkehrsbelastung grösser ausfällt.		$h_0 = 660 + 0 = 660 \text{ m ü. M.}$ $s_k = 1.8 \text{ kN/m}^2$ , $q_{sk} = 1.8 \text{ kN/m}^2$ $\mu = 1.0$ $C_e = C_T = 1.0$
	– Bemessung als Begleitwirkung zum Verkehr – Bemessung Dienstweg	– Statische Berechnung	$q_{sk} = 1.8 \text{ kN/m}^2$ → Berücksichtigung im Gehwegbereich und Restfläche
Wind	Die auftretenden Horizontalkräfte aus Wind können über die Seitenwände in den massiven Baukörper und somit in den Baugrund abgetragen werden. → keine besonderen Nachweise und Massnahmen erforderlich		

Tab. 4: Veränderliche Einwirkungen Teil 2

Einwirkungen	Massnahmen	Weiterbearbeitung	Annahmen für Tragwerkanalyse und Bemessung
Temperatur	Die Duktilität des Rahmentragwerks ist ausreichend. Die auftretenden Zwängungen werden durch das Umlagevermögen mit entsprechender Rissbildung abgebaut. → keine besonderen Nachweise und Massnahmen erforderlich		Temperaturausdehnungskoeffizient: $\alpha_{T,Beton} = 10^{-5} / ^\circ C$ Gleichmässige Temperaturänderung: $\Delta T_{1K,Beton} = \pm 20 ^\circ C$ $\Delta T_{1K,Mauerwerk} = \pm 15 ^\circ C$
Schwinden / Kriechen	Die Einflüsse von Kriechen und Schwinden werden nicht weiter untersucht. Es wird davon ausgegangen, dass mittels Rissbildung die Zwängungen abgebaut werden. Mit der Wahl einer ausreichenden Bewehrung wird eine duktile Gestaltung sowie eine ausreichende Rissweitenbegrenzung angestrebt.		
Nutzlast auf Dienstwegen	– Bemessung Dienstweg	– Statische Berechnung	$q_k = 4.0 \text{ kN/m}^2$
	– Wird nicht weiter untersucht, da die Schneelast grösser ist als die Nutzlast.		$Q_k = 2.0 \text{ kN (20 cm x 20 cm)}$  $Q_k$ muss nicht mit $q_k$ kombiniert werden
Strassenverkehr	– Bemessung (Lastmodell 1)	– Statische Berechnung Vertikale Einwirkungen	Strassenlasten gemäss SIA 261 (2020) $\alpha_{Qi} = \alpha_{qi} = 0.9$ $Q_{k1} = 300 \text{ kN}$ mit $\alpha_{Q1} = 0.9$ $Q_{k2} = 200 \text{ kN}$ mit $\alpha_{Q2} = 0.9$ $q_{k1} = 9.0 \text{ kN/m}^2$ mit $\alpha_{q1} = 0.9$ $q_{k2} = 2.5 \text{ kN/m}^2$ mit $\alpha_{q2} = 0.9$ $q_{kr} = 2.5 \text{ kN/m}^2$ mit $\alpha_{qr} = 0.9$ $Q_{Ak} = Q_{Bk} = 330 \text{ kN}$
		Horizontale Einwirkungen (Anfahr- und Bremskraft) Erddruckberechnungen	$q_k = 15 \text{ kN/m}^2$
Schmalspurbahnverkehr	– Bemessung (gemäss normbezogene Bestimmungen, Kap. 6 der Nutzungsvereinbarung) – Überprüfung bei Veränderungen im Rollmaterial und/oder Heraufsetzung der Streckengeschwindigkeit – Tragsicherheit LM 6 oder LM7 – Gebrauchstauglichkeit und Ermüdungssicherheit LM 5	– Statische Berechnung	Geschwindigkeit: $v_d = 120 \text{ km/h}$ Frequenz: 120 Züge/Tag Dynamischer Beiwert Durchlass: $\Phi = 1.67$ Beiwert zur Klassifizierung der Normallastmodelle: LM 6, LM 7: $\alpha = 1.13$ Bahnlasten LM 6: $q_k = 70 \text{ kN/m}^1$ $4 * Q_k = 4 * 160 \text{ kN}$  Bahnlasten LM 7: $4 * Q_k = 4 * 200 \text{ kN}$  Schlingerkraft LM 6, 7: $Q_{Sk} = 80 \text{ kN}$ Anfahr- / Bremskraft: $Q_{Ak} = 0.30 * (\sum Q_k + q_k * l_q) = 120 \text{ kN}$ $Q_{Bk} = 0.25 * (\sum Q_k + q_k * l_q) = 100 \text{ kN}$

Tab. 5: Veränderliche Einwirkungen Teil 3

Einwirkungen	Massnahmen	Weiterbearbeitung	Annahmen für Tragwerkanalyse und Bemessung
Ermüdung	– Bemessung	– Statische Berechnung	Bahnlasten LM 5: $\alpha = 1.00$ $q_k = 50 \text{ kN/m}^1$ $2 * Q_k = 2 * 160 \text{ kN}$ 

### 3.3 Aussergewöhnliche Einwirkungen

Tab. 6: Aussergewöhnliche Einwirkungen

Einwirkungen	Massnahmen	Weiterbearbeitung	Annahmen für Tragwerkanalyse und Bemessung
<b>Erdbeben</b>	– Bemessung	– Statische Berechnung (Anwendung Ersatzkraftverfahren gemäss Kap. 5 der NV)	Erdbebenzone Z2: $a_{gd} = 1.0 \text{ m/s}^2$ Bauwerksklasse II: $\gamma_f = 1.2$ Baugrundklasse C: $S = 1.45$ $T_B = 0.10$ $T_C = 0.4$ $T_D = 2.0$ Verhaltensbeiwert Stahlbeton: $q = 2.0$
<b>Entgleisung</b>	– Bemessung (gemäss besonderer Vorgaben Bauherrschaft, Kap. 4 der Nutzungsvereinbarung)	– Statische Berechnung	Bahnlasten LM 5 Entgleisungs-LM 1: $q_{Ed} = 70 \text{ kN/m}$ $Q_{Ed} = 220 \text{ kN}$ Entgleisungs-LM 2 (unter 20 m): $q_{Ed} = 140 \text{ kN/m}$
<b>Hochwasser</b>	– Bemessung	– Statische Berechnung	Wasserdruck: $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$ Der Innendruck im Kanal durch das Wasser kompensiert teilweise den Aussendruck infolge Erddruck. Aufgrund dieses Druckausgleichs ist keine relevante Beanspruchung der Kanalwandung zu erwarten. Eine gesonderte Untersuchung des Innendrucks ist daher nicht erforderlich und wird im Rahmen dieser Betrachtung nicht weitergeführt. → keine besonderen Nachweise und Massnahmen erforderlich
<b>Brand / Explosion</b>	Begrenzte Tragwerksschäden infolge Brand / Explosion sind akzeptiert. Die tragenden Bauwerkteile bestehen aus nicht brennbarem Material. → keine besonderen Nachweise und Massnahmen erforderlich		

## 4. GEFÄHRDUNGSBILDER UND BEMESSUNGSSITUATIONEN

Gefährdungsbilder zeigen mögliche kritische Situationen von unterschiedlichen physikalischen Einwirkungen auf, welche zum Versagen des Bauwerks führen können. In der daraus entstehenden Bemessungssituation werden jeweils pro Gefährdungsbild mögliche Kombinationen und Anordnungen von Einwirkungen mit unterschiedlicher Gewichtung (Leitgefah, Begleitumstände) zu kritischen Lastfällen zusammengestellt. Die Gefährdungsbilder resp. Bemessungssituationen stellen die Basis für die Nachweise der Tragsicherheit resp. Gebrauchstauglichkeit dar.

### 4.1 Tragsicherheit

Tab. 7: Grenzzustände der Tragsicherheit

Gefährdungsbild	GFB 1 Strassen- verkehr	GFB 2 Bahnverkehr	GFB 3 Ermüdung	GFB 4 Entgleisung	GFB 5 Erdbeben
<b>Grenzzustand gemäss SIA 260 (2013), Zif. 4.4.3 ff</b>	<b>GZ Typ 2</b>	<b>GZ Typ 2</b>	<b>GZ Typ 4</b>	<b>GZ Typ 2</b>	<b>GZ Typ 2</b>
<b>Ständige Einwirkungen</b>					
- Eigenlasten	1.35 / 0.80	1.35 / 0.80	1.00	1.00	1.00
- Auflasten	1.35 / 0.80	1.35 / 0.80	1.00	1.00	1.00
- Vorspannung (inkl. Spannverluste) <sup>(1)</sup>	(1.00)	(1.00)	(1.00)	(1.00)	(1.00)
<b>Einwirkungen aus dem Baugrund</b>					
- Erddruck (ständig)	1.35 / 0.70	1.35 / 0.70	0.70	0.70	0.70
- Erddruck aus Strassenverkehr	1.35	-	-	-	-
- Erddruck aus Bahnlasten	-	1.35	1.00	-	0.30
<b>Veränderliche Einwirkungen</b>					
- Schnee	0.95 / 0.00	0.95 / 0.00	-	-	-
- Nutzlast Dienstweg	-	-	-	-	-
- Strassenverkehr	1.50	-	-	-	-
- Bahnverkehr	-	1.45	1.00	-	0.30
<b>Aussergewöhnliche Einwirkungen</b>					
- Entgleisung LM 1 oder LM 2	-	-	-	1.00	-
- Erdbeben	-	-	-	-	1.00

(1) Für den Nachweis der Tragwerksbereiche mit Spannverankerungen ist die Spannkraft als Leiteinwirkung mit  $\gamma_p = 1.20$  für mehrere Spannglieder und  $\gamma_p = 1.50$  für einzelne Spannglieder zu erhöhen.

## 4.2 Gebrauchstauglichkeit

Für die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit ist der Bahnverkehr mit dem Lastmodell 5 massgebend. Die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit sind bei Strassenbrücken weniger streng formuliert und daher nicht massgebend.

Tab. 8: Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Gefährdungsbild	NZ 1 Komfort	NZ 2 Aussehen	NZ 3 Beg. Rissbreiten
<b>Lastfall</b>	<b>häufig</b>	<b>quasi-ständig</b>	<b>häufig</b>
<b>Ständige Einwirkungen</b>			
- Eigenlasten	(1.00)	1.00	1.00
- Auflasten	(1.00)	1.00	1.00
- Vorspannung (inkl. Spannverluste)	(1.00)	(1.00)	(1.00)
<b>Einwirkungen aus dem Baugrund</b>			
- Erddruck	(0.70)	0.70	0.70
- Erddruck aus Bahnlasten	0.70	-	0.70
<b>Veränderliche Einwirkungen</b>			
- Schnee	-	-	-
- Nutzlast Dienstweg	-	-	-
- Bahnverkehr (LM 5)	1.00	-	1.00

## 5. ANFORDERUNGEN AN DIE TRAGSICHERHEIT, GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT UND DAUERHAFTIGKEIT

### 5.1 Anforderungen Tragsicherheit

Tab. 9: Anforderungen Tragsicherheit

Anforderung	Massnahmen	Weiterbearbeitung	Annahmen für Tragwerkanalyse und Bemessung
Tragwiderstand des Tragwerks oder eines Bauteils	– Bemessung / Nachweis	– Statische Berechnung	Tragwerksnormen SIA 260 Grenzzustand Typ 1 bis 4

### 5.2 Anforderungen Gebrauchstauglichkeit

Tab. 10: Anforderungen Gebrauchstauglichkeit

Anforderung	Massnahmen	Weiterbearbeitung	Annahmen für Tragwerkanalyse und Bemessung
Funktionstüchtigkeit	– Bemessung / Nachweis	– Endzustand	Bahnlasten LM 5 Durchbiegung unter dem Lastfall häufig: $w_{adm} \leq l/(15v-400)$
Aussehen	– Bemessung / Nachweis	– Statische Berechnung	Durchbiegung unter dem Lastfall quasi-ständig: $w \leq l/700$

### 5.3 Anforderungen Dauerhaftigkeit

Tab. 11: Anforderungen Dauerhaftigkeit Teil 1

Anforderung	Massnahmen	Weiterbearbeitung	Annahmen für Tragwerkanalyse und Bemessung	
Wirksame Entwässerung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Quergefälle Dach 3.1 %</li> <li>– Längsgefälle Durchlass 2.3 %</li> <li>– Periodische Reinigung Entwässerungsleitungen und Durchlass</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ausführungsprojekt</li> <li>– Kontrollplan</li> <li>– Unterhaltsdienst</li> </ul>	-	
Dichtigkeit Durchlass	<ul style="list-style-type: none"> <li>– PBD Abdichtung auf Dachplatte inkl. oberer Teil der Wand</li> <li>– Elementstösse mit 30 cm breitem PBD-Bahnstreifen über die Stossfugen geklebt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ausführungsprojekt</li> <li>– Kontrollplan</li> </ul>	-	
Bachsohle	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Pflasterung als Erosionsschicht mit Natursteinen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ausführungsprojekt</li> </ul>		
Rissbeschränkung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mindestbewehrung</li> <li>– Nachbehandlung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Statische Berechnung</li> <li>– Ausführungsprojekt</li> <li>– Kontrollplan</li> </ul>	Erhöhte Anforderungen:	Vorfabrizierte Elemente
Korrosionsschutz Bewehrung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Wirksame Entwässerung</li> <li>– Dichter Überdeckungsbeton XF4</li> <li>– Überdeckung allgemein 40 mm</li> <li>– Abdichtung</li> <li>– Ausführungskontrollen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ausführungsprojekt</li> <li>– Kontrollplan</li> </ul>	-	
Korrosionsschutz der Zugstangen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Spannglieder gemäss System Fanger ohne Hüllrohr, nachträgliche Verfüllung mit Injektionsmörtel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ausführungsprojekt</li> <li>– Kontrollplan</li> </ul>	-	
Korrosionsschutz Geländer	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Feuerverzinkung &gt; 80 µm</li> <li>– Ausführungskontrollen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ausführungsprojekt</li> <li>– Kontrollplan</li> </ul>	-	
Erdung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Keine Erdung zwischen den einzelnen Elementen erforderlich. (Angaben durch RhB Leiter Engineering Energie / Fahrleitung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– keine</li> </ul>	-	

Im Kontrollplan (Ausführungsprojekt) werden die Art und der Umfang der Prüfungen, Zuständigkeiten und die weiteren Regelungen bezüglich Ausführungskontrollen festgehalten.

## 6. ANNAHMEN FÜR DIE TRAGWERKS- UND BERECHNUNGSMODELLE

### 6.1 Statisches Modell

Die statische Berechnung des Durchlasses wurde am Stabmodell im Stabstatik-Programm (Statik 9 und Fagus 9, Cubus AG) durchgeführt.

Die detaillierten Einwirkungen und deren Kombinationen sind unter Kapitel 3 und 4 aufgeführt. Sämtliche Bauteile werden entsprechend der Auswirkungen aus der Tragsicherheitsbetrachtung sowie hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit dimensioniert.

### 6.2 Baustoffe

Tab. 12: Materialkennwerte am neuen Bauwerk

Baustoff	Bauteil / Bezeichnung	Festigkeitskennwerte
Konstruktionsbeton (Fanger AG) (vorfabrizierte Elemente)	C 40/50 XC4, XD3, XF4 (CH) D <sub>max</sub> 16 CI 0.10, C2/C3	$f_{cd} = 24.0 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{cd} = 1.25 \text{ N/mm}^2$ $f_{ctm} = 3.5 \text{ N/mm}^2$ $E_{cm} = 36'000 \text{ N/mm}^2$
Konstruktionsbeton (Ortbeton)	C 30/37 XC4, XD3, XF4 (CH) D <sub>max</sub> 32 CI 0.10, C2/C3	$f_{cd} = 20.0 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{cd} = 1.10 \text{ N/mm}^2$ $f_{ctm} = 2.9 \text{ N/mm}^2$ $E_{cm} = 34'000 \text{ N/mm}^2$
Betonstahl	B500B	$f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$ $E_s = 205'000 \text{ N/mm}^2$ $k_s = 1.08$ $\epsilon_{ud} = 0.045$
Vorspannung	Y1050H – 32 WR	$f_{pk} = 1'050 \text{ N/mm}^2$ $f_{p0.1k} = 950 \text{ N/mm}^2$
Baustahl Geländer	S235 JR G2, feuerverzinkt t ≤ 40 mm	$f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$ $f_{uk} = 360 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{yk} = 135 \text{ N/mm}^2$ $E_m = 210'000 \text{ N/mm}^2$
Schrauben Geländer	SBS 4.6, feuerverzinkt	$f_{yb} = 240 \text{ N/mm}^2$ $f_{ub} = 400 \text{ N/mm}^2$
Hinterfüllung	Ragazer Erdbeton	C 12/15 XF2 (CH) ME >120 MN/m <sup>2</sup> (nach 28 Tagen)
	Auffüllung UG 0/45	$\gamma_{ek} = 21 \text{ kN/m}^3$ $c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$ $\phi'_k = 34^\circ$ ME > 60 MN/m <sup>2</sup>
Baugrund	Nollasedimente	$\gamma_{ek} = 20 \text{ kN/m}^3$ $c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$ $\phi'_k = 27^\circ$ ME <sub>1</sub> = 15 MN/m <sup>2</sup> ME <sub>2</sub> = 45 MN/m <sup>2</sup>

## **7. AKZEPTIERTE RISIKEN**

- Sabotage und Vandalismus
- Brand
- Explosion
- Murgänge über  $M_{100}$  (Ausbau Geschiebesammler)
- Hochwasser über  $HQ_{300}$