



# Erneuerung Waldenburgerbahn Los 6.1 : Haltestelle Hirschlang (exkl.) bis Haltestelle Winkelweg (inkl.)



Auflageprojekt

## Projektbasis

Stützmauer entlang Bahntrasse (WB) und  
Dorfgrasse in der Gemeinde Niederdorf

Version 2.0 | 12 April 2019

Projektverfasser  
IG Lampenstein

Bauherrschaft  
BLT Baselland Transport AG

Lucas Rentsch

Thomas Müller Reto Rotzler

Peter Baumann

## Impressum

---

Auftragsnummer 9670

Auftraggeber BLT, P. Baumann

Datum 12.04.2019

Version 2.0

Autor(en) Antonina Hochuli

Freigabe Lucas Rentsch / David Häner

Verteiler

Datei K:\9000\9670\_MTh\_BLT\_WBZU\_Los6\P500\_Projektierung\P580\_Projektdokumente\PB\9670\_PB\_STM\_Wald  
erburgerbahn\_und\_Dorfgasse.\_Los\_6\_1\_V2\_20190412.docx

Seitenanzahl 24

Copyright

# Inhalt

<b>Änderungsverzeichnis</b>	<b>iii</b>
<b>1 Allgemeines</b>	<b>1</b>
1.1 Einleitung	1
1.2 Objektbeschrieb	1
1.3 Objektskizzen und Übersichtspläne	2
1.4 Abgrenzung	3
<b>2 Tragwerkskonzept</b>	<b>4</b>
2.1 Tragsystem	4
2.2 Wichtigste Abmessungen	4
2.2.1 Stützmauer Seite Waldenburgerbahn	4
2.2.2 Stützmauer Seite Dorfgasse	4
2.3 Baustoffeigenschaften	5
2.4 Konstruktionsdetails	5
2.5 Vorgesehene Bauverfahren	5
<b>3 Anforderungen an Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit</b>	<b>6</b>
3.1 Tragsicherheit	6
3.1.1 Ständige Einwirkungen	6
3.1.2 Veränderliche Einwirkungen	7
3.1.3 Strassenverkehr	9
3.1.4 Abschränkungen	9
3.1.5 Nutzlast infolge der Fahrleitungsmasten (DP1)	9
3.1.6 Veränderliche Einwirkungen aus dem Baugrund	10
3.2 Ermüdung	10
3.3 Aussergewöhnliche Einwirkungen	10
3.3.1 Entgleisung Schmalspurbahnverkehr	10
3.3.2 Erdbeben	12
3.3.3 Wasserdruck	12
3.3.4 Brand	12
3.3.5 Nachweis der Tragsicherheit	12
3.4 Gebrauchstauglichkeit	13
3.4.1 Bemessungssituationen	13
3.5 Dauerhaftigkeit, Gewährleistung vorgesehener Massnahmen inklusive Verantwortlichkeiten, Abläufe	15
3.6 Kontrollen und Korrekturmechanismen	15

---

<b>4</b>	<b>Angenommene Baugrundverhältnisse</b>	<b>16</b>
4.1	Baugrundmodell	16
4.2	Baugrund	16
4.3	Hinterfüllung	16
<b>5</b>	<b>Wesentliche Annahmen für die Tragwerks- und Berechnungsmodelle</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>Akzeptierte Risiken</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>17</b>
7.1	SIA- und VSS-Normen	17
7.2	Richtlinien und Weisungen	17
7.3	Berichte	17
<b>8</b>	<b>Unterschriften</b>	<b>18</b>

## Änderungsverzeichnis

REV.	ÄNDERUNG	URHEBER	DATUM	BEMERKUNG
1.0	Erstellung PB Stufe Bau- und Auflageprojekt	IGLS	27.07.2018	
1.1	Bereinigung nach Prüfung PI	IGLS	29.09.2018	
2.0	Einreichung BAV	IGLS	12.04.2019	

# 1 Allgemeines

## 1.1 Einleitung

Im Rahmen des Erneuerungsprojektes der BLT-Linie 19 „Waldenburgerbahn“ (WB) wird die Bahnstrecke von 750 mm Spurweite auf 1000 mm Spurweite ausgebaut und die Trassierung angepasst. Zwischen km 10.345 und km 11.580 verläuft das angepasste Bahntrasse entlang der Vorderen Frenke. Im Zuge der Erneuerung der WB wird die Vordere Frenke auf einen Hochwasserschutz (HWS) HQ<sub>100</sub> ausgebaut.

## 1.2 Objektbeschreibung

Im Rahmen der Erneuerung der WB werden die Ufer der Vorderen Frenke zwischen km 10.345 und km 11.590 mit den neuen Stützmauern gesichert. Die maximale Höhe der Stützmauer liegt bei ca. 5.30 m und die minimale bei ca. 4.0 m.

Auf der Seite WB wird praktisch durchgängig eine neue Stützmauer erstellt.

Die Stützmauern werden als fugenlose Bauwerke erstellt. Die Wandbreite an der Mauerkrone beträgt 0.40 m, bachseitig werden die Mauern mit einem Anzug 20:1 ausgeführt. Infolge der geplanten Absenkung der Bachsohle der Frenke werden die Stützmauern im Vergleich zu heute wesentlich tiefer fundiert.

Die bahenseitige Stützmauer erstreckt sich zwischen km 10.330 und km 11.590.

Die Stützmauer Dorfstrasse besteht aus zwei Abschnitten, von km 10.330 bis km 10.450 und von km 10.640 bis km 11.194.

### 1.3 Objektskizzen und Übersichtspläne

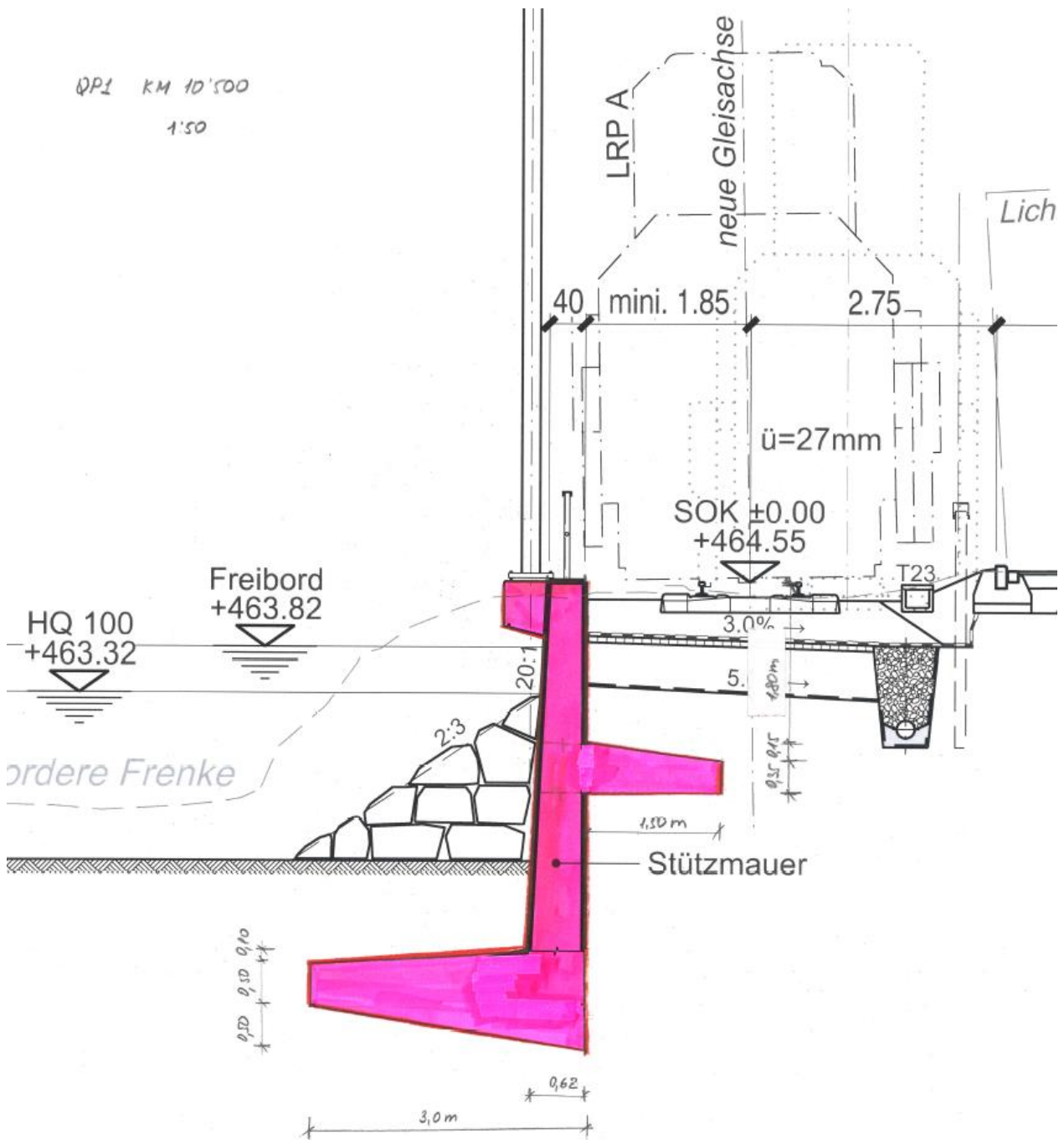


Abbildung 1 Skizze Grundlage für die Bemessung. Massgebender Querschnitt Stützmauer Seite WB. Schnitt ca. bei km 10.500

- Konsole lokal

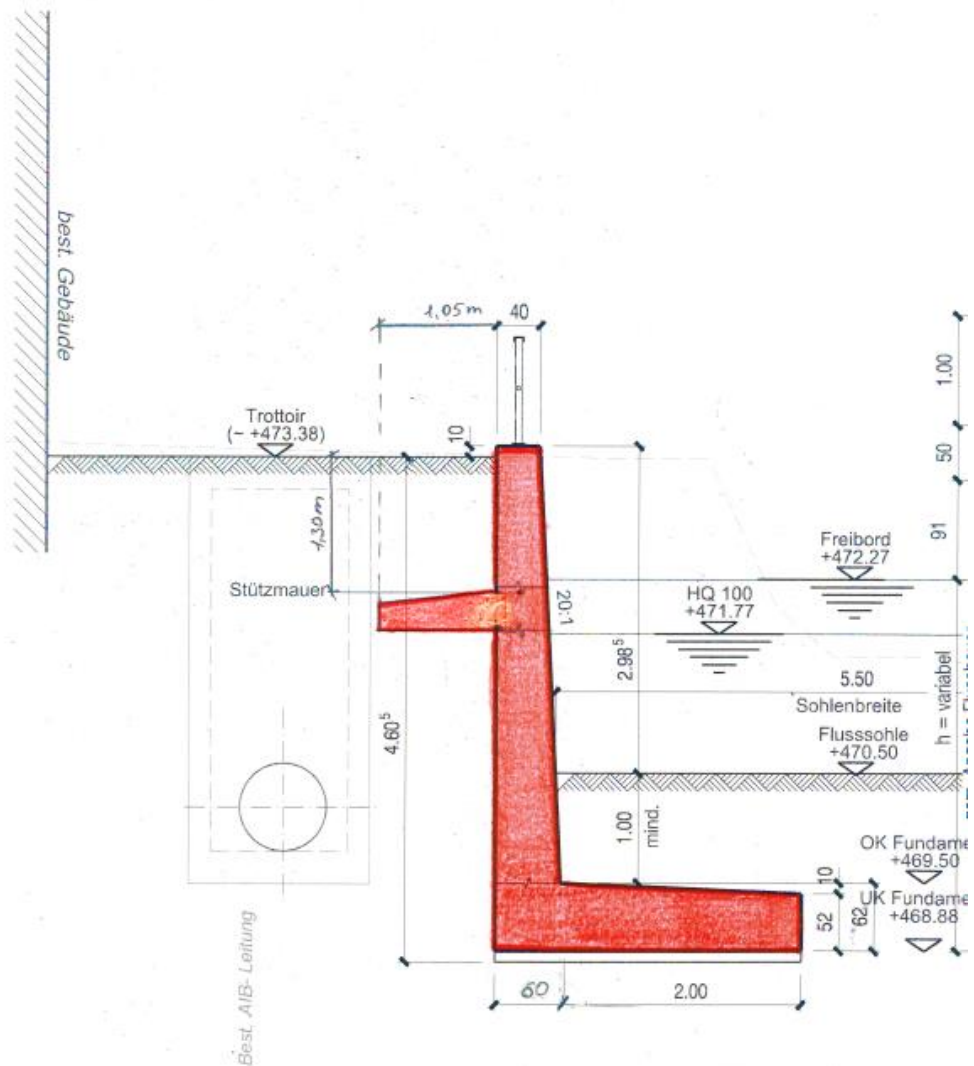


Abbildung 2 Skizze Grundlage für die Bemessung Stützmauer Seite Dorfgasse. Schnitt ca. bei km 11.100<sup>1</sup>

#### 1.4 Abgrenzung

Die vorliegende Projektbasis gilt für die Bemessung sowohl der Stützmauern Seite Walderburgenbahn (linksufrig) als auch für die rechtsufrigen Stützmauer.

<sup>1</sup> Da die Stützmauer Dorfgasse kürzer als die Stützmauer Seite WB ist und auf der ganzen Länge parallel zur Stützmauer WB verläuft, wird das Gleiten nicht massgebend und kann demzufolge auf die schräge Ausbildung der Fundamentsohle verzichtet werden.



## 2 Tragwerkskonzept

### 2.1 Tragsystem

Die geplanten Stützmauern tragen die Seitendrücker bzw. den Erddruck aus Bodeneigenlast und Bahnverkehr sowie den Wasserdruck über die Sohle in den tragfähigen Untergrund ab.

Berechnungsmodell: Stützbauwerk mit Flachfundation

Die Bemessung erfolgt nach den gängigen Verfahren der Baustatik und des Grundbaus. Als Grundlage dienen die SIA-Normen gemäss Auflistung sowie die in dieser Projektbasis zusammengestellten Einwirkungen und Gefährdungsbilder.

Die statischen Berechnungen erfolgen von Hand und mittels Computerprogrammen (Programme von Cubus Engineering Software AG, Zürich).

### 2.2 Wichtigste Abmessungen

#### 2.2.1 Stützmauer Seite Waldenburgerbahn

Wandhöhe ab OK Fundament:	~4.00 m bis ~5.30 m
Wandstärke an der Krone:	40 cm
Anzug	20:1
Fundamentstärke:	ca. 65 cm
Fundamentbreite:	~3.00 m bis ~4.00 m

#### 2.2.2 Stützmauer Seite Dorfgasse

Wandhöhe ab OK Fundament:	~4.00 m bis ~5.00 m
Wandstärke an der Krone:	40 cm
Anzug	20:1
Fundamentstärke:	ca. 65 cm
Fundamentbreite:	~3.00 m bis ~4.00 m

## 2.3 Baustoffeigenschaften

### Betonbauteile

Bauteil(e)	Sorte Tiefbaubetone	Bezeichnung nach SIA 262 und SIA 262 /1 (2013)			
		Betonbezeichnung	Expositions-klasse	Grundlegende Anforderungen	Betonbezeichnung
Stützmauer	NPK G	C 30/37	XC4 (CH) XF4 (CH) XD3 (CH)	D <sub>max</sub> 16 mm Cl 0.10 Konsistenz C3	AAR-P2 beständig gem. Merkblatt SIA 2042

Tabelle 1 Beton

### Betoneigenschaften

Betonsorte SIA 262 Tab. 3	Charakteristischer Wert der Betondruckfestigkeit SIA 262 Tab. 3	Bemessungswert der Betondruckfestigkeit <sup>2</sup> SIA 262 Tab. 8 ( $\gamma_c=1.5$ , SIA 262 2.3.2.3, 2.3.2.6)	Bemessungswert der Schubspannungsgrenze SIA 262 Tab. 8 ( $\gamma_c=1.5$ , $\eta_t=1.0$ SIA 262 2.3.2.4, 2.3.2.6)	Mittelwert des Moduls $E_{cm}$ SIA 262 3.1.2.3.3
C30/37	$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$	$f_{cd} = 20 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{cd} = 1.10 \text{ N/mm}^2$	$E = 33600 \text{ N/mm}^2$

Tabelle 2 Betoneigenschaften

### Betonstahl

	Materialbezeichnung (SIA 262)	Charakteristisches Niveau SIA 262 Tab.5	Bemessungs-Niveau SIA 262 Tab.9, 2.3.2.5, 2.3.2.6	E- Modul SIA 262 3.2.2.4
Betonstahl generell	B 500 B	$f_{sk} = 500 \text{ N/mm}^2$	$f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$	$E = 205\,000 \text{ N/mm}^2$

Tabelle 3 Betonstahl

## 2.4 Konstruktionsdetails

Konsole / Mauerabschluss / Geländer

Konsolen für die Mastfundamente

Das Kapitel wird in der nächsten Projektphase ergänzt. / Vorgaben Gestaltung noch pendent.

## 2.5 Vorgesehene Bauverfahren

Die Stützmauern werden in offener Baugrube in Ort beton erstellt. Aufgrund terminlicher Vorgaben können gegebenenfalls einzelne Elemente auch vorfabriziert werden. Der Bauvorgang wird in der nächsten Projektphase festgelegt.

<sup>2</sup> Zylinderdruckfestigkeit

### 3 Anforderungen an Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit

#### 3.1 Tragsicherheit

##### 3.1.1 Ständige Einwirkungen

##### 3.1.1.1 Eigenlast

Die Eigenlasten werden gemäss SIA 261 Tabellen 28 - 29 ermittelt.

Die Ermittlung der Eigenlast des jeweiligen Bauteils erfolgt mit den Bemessungsprogrammen.

Einwirkung	Last		
Stahlbeton	$\gamma_g=25 \text{ kN/m}^3$	Raumlast	SIA 261 Tab 28
Baustahl	$\gamma_g=78 \text{ kN/m}^3$	Raumlast	SIA 261 Tab 28

Tabelle 4 Eigenlast

##### 3.1.1.2 Auflast

Die Auflasten werden gemäss SIA 261 Tabellen 28 - 29 und den Angaben des Bauherrn für den Betrieb der FL-Maste (FL-Maste DP1) ermittelt.

Einwirkung	Last	
Hinterfüllung	$\gamma_g=21 \text{ kN/m}^3$	Raumlast
FL Maste		
– Vertikale Kraft	$V_{st}= 25 \text{ kN}$	
– Horizontale Kraft	$H_{st}=\pm 5 \text{ kN}$	
– Moment	$M_{st}= \pm 40 \text{ kNm}$	

Tabelle 5 Auflast

### 3.1.1.3 Ständige Einwirkungen aus dem Baugrund

Einwirkung	Erddruckansatz	
Erhöhter aktiver Erddruck	$E_e = 50\%E_0 + 50\%E_a$ (Tragsicherheit) Anteil aus dem Erdruchedruck 50% $K_0 = \frac{(1-\sin(\varphi'_k)) \cdot (1+\sin(\beta))}{\cos(\beta)}$ mit $\beta = 0^\circ$ Anteil aus dem aktiven Erddruck 50% $K_a = \left( \frac{\cos(\alpha + \varphi'_k)}{\left( 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi'_k + \delta_a) \sin(\varphi - \beta_a)}{\cos(\alpha - \delta_a) \cos(\alpha + \beta_a)}} \right) \cos(\alpha)} \right)^2 \cdot \frac{1}{\cos(\alpha - \delta_a)}$ $K_{ah} = K_a \cdot \cos(\alpha - \delta_a)$ $K_{av} = K_a \cdot \sin(\alpha - \delta_a)$	SIA 261 4.3, Tabelle 1  SIA 261 4.3.2.4
Aktiver Erddruck	$E_a$ aussergewöhnliche Einwirkungen	SIA 261 4.3, Tabelle 1
Passiver Erddruck	$E_p$ $K_p = \frac{\cos^2(\varphi'_k - \alpha)}{\left( 1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi'_k - \delta_p) \sin(\varphi + \beta_p)}{\cos(\alpha - \delta_p) \cos(\alpha + \beta_p)}} \right) \cos^2(\alpha) \cdot \cos(\delta_p - \alpha)}$ $K_{ph} = K_p \cdot \cos(\delta_p - \alpha)$ mit $\delta_p = -\frac{\varphi'_k}{2}$ , $\beta_p = 0^\circ$ , $\alpha = 0$	SIA 261 4.3.2.5  nach Coulomb
Verdichtungs- erddruck <sup>34</sup>	$E_v$ $e_v = 25 \text{ kN/m}^2$	SIA 261 4.3.1.6  Für $B \geq 2.50 \text{ m}$ (lichte Breite des Verfüllraumes)

Tabelle 6 Ständige Einwirkungen aus dem Baugrund

### 3.1.2 Veränderliche Einwirkungen

Die Einwirkungen infolge des Schmalspurbahnverkehrs werden nach SIA 261 Kapitel 12 ermittelt.

#### Beiwerte

Der dynamische Beiwert und der Beiwert zur Klassifizierung des Lastmodells 4 werden gemäss SIA 261 Kapitel 12.3 ermittelt:

Dynamischer Beiwert  $\Phi$

$$\Phi = 1.0 \text{ (für Stützmauer und Sohlrücke)}$$

SIA 261 12.3.1

SIA 261 11.3.1.6

<sup>3</sup> Geotechnische Nachweise nach EC7 und DIN 1054, M. Ziegler, 3. Auflage, 2012

<sup>4</sup> Der Verdichtungs-erddruck wird bei der Bemessung der Stützmauern nicht angesetzt, da er nur im Bauzustand auftreten kann, wenn die anderen Lasten nicht vorhanden sind. Im Endzustand können sich die Stützmauern leicht verschieben, dabei wird der Verdichtungsdruck abgebaut.

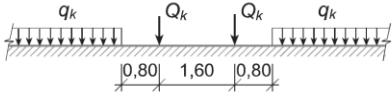
Beiwert zur Klassifizierung des Lastmodells 4

$$\alpha = 1.0$$

SIA 261 12.3.2

**3.1.2.1 Bahnverkehrslasten Lastmodell 4**

Lastmodell gemäss SIA 261 Figur 17, Tabelle 17 und der Nutzungsvereinbarung

Lastmodell	Lastschema	Kennwert Einzellast $Q_k$ [kN]	Kennwert Linienlast $q_k$ [kN/m]
Lastmodell 4		$130 \cdot \Phi \cdot \alpha$	$25 \cdot \Phi \cdot \alpha$

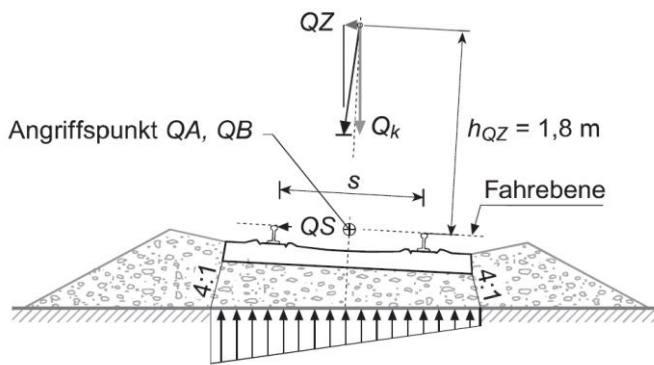


Abbildung 3 Angriffspunkte der Einwirkungen infolge Bahnverkehrs (SIA 261 Figur 14)

**3.1.2.2 Anfahr- und Bremskräfte**

Anfahr- und Bremskräfte

SIA 261 12.2.2.1

Wirken entlang der Stützmauer und sind für die Bemessung der Stützmauer nicht relevant.

**3.1.2.3 Schlingerkraft**

Die Schlingerkräfte werden gemäss SIA 261 12.2.3.2, 11.2.3.1 für die Lastmodelle 4 und 5 ermittelt.

Lastmodell	Schlingerkraft $Q_{Sk}$ [kN]
Lastmodell 4	$50 \cdot \alpha$

Tabelle 7 Schlingerkräfte

**3.1.2.4 Zentrifugalkraft**

Bei der Ausbaugeschwindigkeit von 60 Km/h beträgt der minimale Krümmungsradius auf der geplanten Strecke 100 m. Die Zentrifugalkraft gemäss SIA 261 12.2.4 für die Lastmodelle wird wie folgt ermittelt:

$$QZ_k = \frac{v \cdot v^2 Q_k}{r \cdot g}, \quad qZ_k = \frac{v \cdot v^2 q_k}{r \cdot g},$$

Lastmodell	Zentrifugalkraft	
	QZ <sub>k</sub> [kN]	qZ <sub>k</sub> [kN/m]
Lastmodell 4	$\frac{1.0 \cdot \left(16.67 \frac{m}{s}\right)^2 \cdot 130 \text{ kN}}{100 \text{ m} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}} \cdot \alpha = 37\alpha$	$\frac{1.0 \cdot \left(16.67 \frac{m}{s}\right)^2 \cdot 25 \text{ kN/m}}{100 \text{ m} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}} \cdot \alpha = 7.1\alpha$

Tabelle 8 Zentrifugalkraft

### 3.1.2.5 Einwirkungsgruppen

Die Einwirkungen infolge des Lastmodells 4 werden gemäss SIA 261 12.2.5 berücksichtigt.

### 3.1.2.6 Lastexzentrizität

Die Lastexzentrizität von  $\frac{1}{18}$  der Spurweite infolge ungleichmässiger Beladung gemäss SIA 261 Kap. 12.2.6.2 beträgt:

$$e = 1000 \text{ mm} \cdot \frac{1}{18} = 56 \text{ mm}$$

Es entsteht auch eine Exzentrizität infolge der Überhöhung in den Kurven.

Die Lastexzentrizität hat sehr geringen Einfluss auf die Bemessung der Stützmauer, deshalb wird sie vernachlässigt.

### 3.1.3 Strassenverkehr

Für die Berücksichtigung des Strassenverkehrs kann vereinfacht gemäss SIA 261 10.2.2.8 eine vertikale Flächenlast für die Ermittlung des Erddrucks angesetzt werden. Gemäss SIA 261 Figur 12 beträgt diese Last 9 kN/m<sup>2</sup> bahnseitig<sup>5</sup> resp. 18 9 kN/m<sup>2</sup> Seite Dorfgasse<sup>6</sup>.

Um den Baustellentransport während der Bauzeit zu berücksichtigen, wird in Abweichung zur SIA-Norm eine höhere Last von 20 kN/m<sup>2</sup> angesetzt.

$$q_k = 20.00 \text{ kN/m}^2$$

### 3.1.4 Abschränkungen<sup>7</sup>

$$q_k = 1.60 \text{ kN/m}^2$$

SIA 261 Tabelle 20

### 3.1.5 Nutzlast infolge der Fahrleitungsmasten (DP1)

Angaben des Bauherrn betreffend Nutzlasten [1]a.[12]

Einwirkung	Last
FL Maste (SBB-Fundament DP1) – Horizontale Kraft	H <sub>ver</sub> = ±5 kN

<sup>5</sup> Abschätzung mit h= 5.0 m und a=0m.

<sup>6</sup> Abschätzung mit h= 5.0 m und a=2.0m.

<sup>7</sup> Die Abschränkungen gelten nicht als Leitplanken und werden nicht auf Anprall von Strassen- und Bahnfahrzeugen dimensioniert. Siehe Nutzungsvereinbarung.

- Moment	$M_{ver} = \pm 40 \text{ kNm}$
----------	--------------------------------

### 3.1.6 Veränderliche Einwirkungen aus dem Baugrund

Die Erddrücke<sup>8</sup> aus den veränderlichen Einwirkungen wurden mittels Multiplikation der Streckenlast mit den Erddruckbeiwerten<sup>9</sup> ermittelt.

## 3.2 Ermüdung

Gemäss SIA 261 11.4.2 und 12.4 soll die Tragsicherheit hinsichtlich Ermüdung für das Lastmodell 4 untersucht werden.

Das Verkehrsvolumen wird nach SIA 261 Anhang G für Agglomerationsverkehr<sup>10</sup> mit 250 Zügen/Tag berücksichtigt:

Der globale Schadensäquivalentfaktor:  $\lambda = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4 \leq \lambda_{max}$  SIA 261 G.1.1

Teilfaktoren	$\lambda_1 = 1.0$	SIA 261 Fig. 26
	$\lambda_2 = 1.0$	SIA 261 G.4.2
	$\lambda_3 = 1.0$	SIA 261 G.1.1
	$\lambda_4 = 1.0$	SIA 261 G.4.1
	$\lambda_{max} = 1.4$	SIA 261 G.4.3

$$\lambda = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1.0$$

## 3.3 Aussergewöhnliche Einwirkungen

### 3.3.1 Entgleisung Schmalspurbahnverkehr

Für die Bemessung ist das Lastmodell 4 nach SIA 261 12.5 massgebend:

Entgleisungslastmodell <sup>11</sup>	Grenzzustand	Einzellasten $QE_d$ [kN]	Linienlasten $qE_d$ [kN/m]
Entgleisungslastmodell 1	Typ 2	180	35
Entgleisungslastmodell 2	Typ 1/Typ 2	---	50 <sup>12</sup>

Tabelle 9 Entgleisung nach SIA 261 Tabelle 19, Figur 16

<sup>8</sup> Erhöhter aktiver Erddruck

<sup>9</sup> Ermittlung der Erddruckbeiwerte siehe Kapitel 3.1.1.3

<sup>10</sup> Auf der sicheren Seite bleibend wurde mit  $\lambda_1 = 1.0$  gerechnet.

<sup>11</sup> Gemäss SIA 261 Figur 16

<sup>12</sup> Für die Tragwerkslängen >20 m.

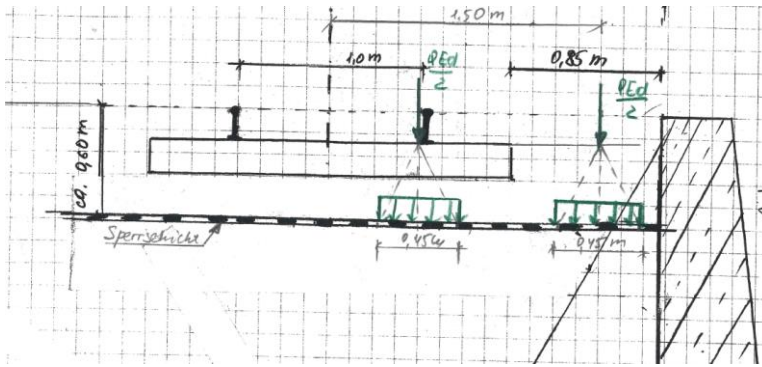


Abbildung 4 Entgleisungslastmodell 1 (Querschnitt)

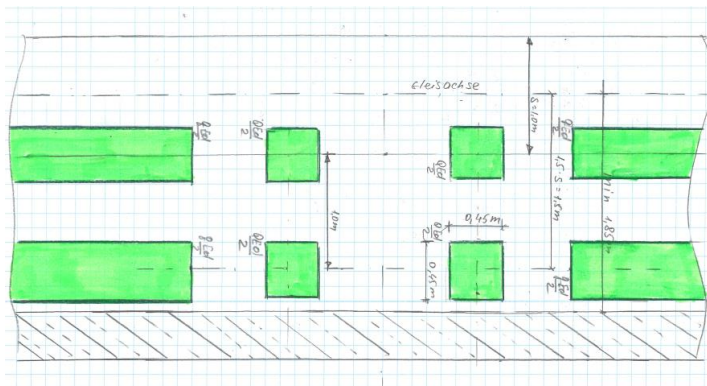


Abbildung 5 Entgleisungslastmodell 1 (Grundriss)

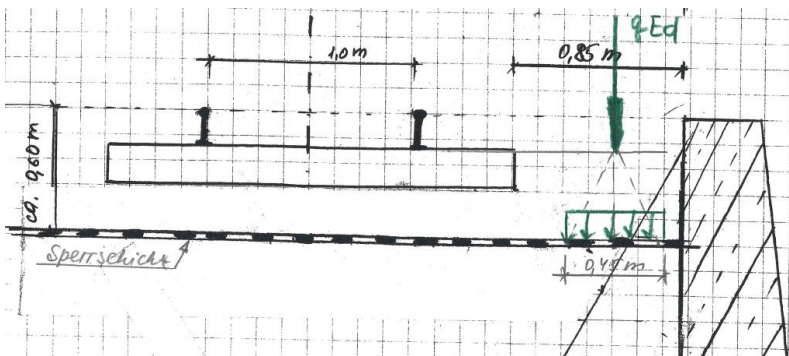


Abbildung 6 Entgleisungslastmodell 2 (Querschnitt)

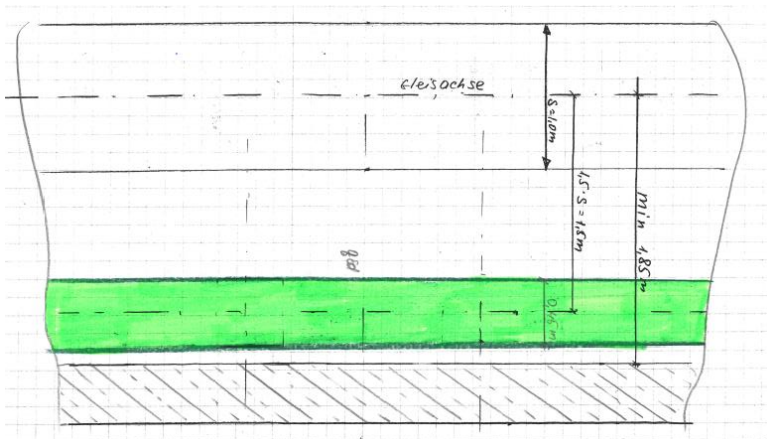


Abbildung 7 Entgleisungslastmodell 2 (Grundriss)



### 3.3.2 Erdbeben

Gefährdungszone Z2		SIA 261 16.2.1
Bodenbeschleunigung:	$a_{gd} = 1.0 \frac{m}{s^2}$	
Bauwerksklasse II		SIA 261 Tab. 25
Bedeutungswert:	$\gamma_f = 1.2[-]$	
(Verkehrswege mit erheblicher Bedeutung)		
Baugrundklasse D		SIA 261 Tab.24
Parameter zur Bestimmung des elastischen Antwortspektrums:		
	$S = 1.35 [-]$	
	$T_B = 0.20 [s]$	
	$T_C = 0.80 [s]$	
	$T_D = 2.0 [s]$	

### 3.3.3 Wasserdruck

Wasserdruck:  $w'_k = 10 \frac{kN}{m^2}$

### 3.3.4 Brand

Es werden keine Anforderungen an den Feuerwiderstand gestellt.

### 3.3.5 Nachweis der Tragsicherheit

Andauernde und vorübergehende Bemessungssituationen SIA 260 4.4.3.4:

$$E_d = E\{\gamma_G G_k, \gamma_P P_k, \gamma_{Q1} Q_{k1}, \psi_{0i} Q_{ki}, X_d, a_d\}$$

Aussergewöhnliche Einwirkungen SIA 260 4.4.3.5:

$$E_d = E\{G_k, P_k, A_d, \psi_{2i} Q_{ki}, X_d, a_d\}$$

Ermüdung SIA 260 4.4.3.8:

$$E_d \leq R_d$$

Die in der Berechnung angesetzten Lastbeiwerte und Reduktionsbeiwerte sind der Norm SIA 260 Tabellen 1<sup>13</sup>, 8<sup>14</sup>, 13<sup>15</sup> entnommen.

<sup>13</sup> Lastbeiwerte für den Nachweis der Tragsicherheit

<sup>14</sup> Reduktionsbeiwerte für Fuss- und Radwegbrücken

<sup>15</sup> Reduktionsbeiwerte für Schmalspurbahnbrücken

### 3.3.5.1 Bemessungssituationen

Einwirkungen		GZ Typ 1	GZ Typ 2	GZ Typ 3	GZ Typ 4
<b>Ständige Einwirkungen</b>					
Eigenlasten	$\gamma_{G, sup}/\gamma_{G, inf}$	1.10/0.90	1.35/0.80	1.0/1.0	1.0
Auflast	$\gamma_{G, sup}/\gamma_{G, inf}$	1.10/0.90	1.35/0.80	1.0/1.0	1.0
<b>Veränderliche Einwirkungen</b>					
Schmalspurbahnverkehr (LM4)	$\gamma_Q$	1.45	1.45	1.25	1.0
Strassenverkehr	$\gamma_Q$	1.50	1.50	1.30	
Nutzlast (veränderliche Einwirkungen FL-maste, Abschrankungen)	$\gamma_Q$	1.50	1.50	1.30	
<b>Einwirkungen aus dem Baugrund</b>					
Erdauflast	$\gamma_{G, sup}/\gamma_{G, inf}$	1.10/0.90	1.35/0.80	1.0/1.0	1.0
Erddruck aus Bodeneigenlast	$\gamma_{G, sup}/\gamma_{G, inf}$	1.35/0.80	1.35/0.70	1.0/1.0	1.0
Erddruck erzeugende Last (ständig)	$\gamma_{G, sup}/\gamma_{G, inf}$	1.35/0.80	1.35/0.70	1.0/1.0	1.0
Erddruck erzeugende Last (veränderlich)	$\gamma_Q$	1.35	1.35	1.0	1.0
Wasserdruck	$\gamma_{G, sup}/\gamma_{G, inf}$	1.05/0.95	1.20/0.90	1.0/1.0	1.0
<b>Aussergewöhnliche Einwirkungen</b>					
Erdbeben		1.0	1.0	1.0	
Entgleisung		1.0	1.0	1.0	

Die Lastkombinationen für die Tragsicherheitsnachweise werden im Programm Larix-7 generiert. Die Nachweise erfolgen mit den Grenzwerten.

Die Lastkombinationen werden im Berechnungsprogramm Larix-7 generiert. Die Bemessung im Grenzzustand Tragsicherheit erfolgt für die massgebenden Grenzwerte.

GZT1: Geotechnische Nachweise (Kippen)

GZT2: Nachweise der inneren Tragsicherheit  
Geotechnische Nachweise (Grundbruch)

GTZ3: Geotechnische Nachweise (Böschungsbruch, Geländebruch)

GZT4: Ermüdung

## 3.4 Gebrauchstauglichkeit

Der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit umfasst gemäss SIA 260 4.3.2 die folgenden Nachweise:

- Funktionstüchtigkeit des Bauwerkes (Verformungen, Dichtigkeit)
- Das Aussehen des Bauwerkes (Risse, Verbindungen)

### 3.4.1 Bemessungssituationen

Andauernde und vorübergehende Bemessungssituationen SIA 260 4.4.4.4:

Seltene Lastfälle:  $E_d = E\{G_k, P_k, Q_{k1}, \psi_{0i}Q_{ki}, X_d, a_d\}$

Häufige Lastfälle:  $E_d = E\{G_k, P_k, \psi_{11}Q_{k1}, \psi_{2i}Q_{ki}, X_d, a_d\}$

Quasi-ständige Lastfälle:  $E_d = E\{G_k, P_k, \psi_{2i}Q_{ki}, X_d, a_d\}$

**Gebrauchsgrenzen gemäss SIA 260 Tabelle 4, SIA 267 5.5.1.2, SIA 267 12.5.1.4**

GZG häufig

gesamte horizontale Auslenkung<sup>16</sup>:  $u \leq \frac{h}{100}$

nur infolge der differentiellen Setzung<sup>17</sup>

$$u \leq \frac{H}{500} \text{ (Verdrehung 2.0 ‰)}$$

GZTG quasi-ständig

gesamte horizontale Auslenkung<sup>18</sup>:  $u \leq \frac{h}{100}$

nur infolge der differentiellen Setzung<sup>17</sup>

$$u \leq \frac{H}{500} \text{ (Verdrehung 2.0 ‰)}$$

Einwirkungen		Seltene Lastfälle $\psi_0$	Häufige Lastfälle $\psi_1$	Quasi-ständige Lastfälle $\psi_2$
<b>Ständige Einwirkungen<sup>19</sup></b>				
Eigenlasten	G <sub>k</sub>	1.0	1.0	1.0
Auflast inkl. Ständige Last aus Fahrleitung	G <sub>k</sub>	1.0	1.0	1.0
<b>Veränderliche Einwirkungen</b>				
Schmalspurbahnverkehr (LM4) <sup>20</sup>	Q <sub>k</sub>	1.0	1.0	---
Strassenverkehr <sup>20</sup>	Q <sub>k</sub>	0.75	0.75	---
Abschränkungen	Q <sub>k</sub>	1.0	---	---
<b>Einwirkungen aus dem Baugrund<sup>19</sup></b>				
Erdauflast	G <sub>k</sub>	1.0	1.0	1.0
Erddruck aus Bodeneigenlast	G <sub>k</sub>	1.0	1.0	1.0
Erddruck erzeugende Last (ständig)	G <sub>k</sub>	1.0	1.0	1.0
Erddruck erzeugende Last (veränderlich)	Q <sub>k</sub>	0.7	0.7	0.7
Wasserdruck	G <sub>k</sub>	0.7	0.7	0.7

<sup>16</sup> Zulässige horizontale Schiefstellung aus ständigen und veränderlichen Lasten für Fahrleitungsfundamente.

<sup>17</sup> Da keine Vorgaben für die Ufermauern bezüglich Verformungen vorhanden sind, wurde vom PV eine Annahme getroffen.

<sup>18</sup> Zulässige horizontale Schiefstellung aus ständigen und veränderlichen Lasten für Fahrleitungsfundamente.

<sup>19</sup> Faktor 1.0 bedeutet, dass die Einwirkung nicht reduziert wird

<sup>20</sup> Die Einwirkungen aus Bahn- und Strassenverkehr werden in der statischen Berechnung als erddruckerzeugende Lasten betrachtet, da sie nicht direkt auf das Bauwerk wirken, sondern den Erddruck erzeugen, welcher auf das Bauwerk wirkt.

Die Lastkombinationen werden im Berechnungsprogramm Larix-7 generiert. Die Bemessung im Grenzzustand Gebrauchstauglichkeit erfolgt für die massgebenden Grenzwerte.

### 3.5 Dauerhaftigkeit, Gewährleistung vorgesehenen Massnahmen inklusive Verantwortlichkeiten, Abläufe

Einwirkungen	Massnahmen	Weiterbearbeitung
Wasserdichtigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung einer fugenlosen (monolithischen) Konstruktion</li> <li>• Sorgfältige Nachbehandlung</li> <li>• Konstruktive Durchbildung: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wand: Erhöhte Anforderungen bezüglich Rissbildung</li> <li>- Fundament: normale Anforderungen bezüglich Rissbildung</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausführungsprojektierung</li> <li>• Kontrollplan</li> <li>• Ausführungskontrollen</li> </ul>
Verformungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximale Verformungen (Auslenkung an der Wandkrone der Stützmauer) gemäss Kap. 3.4</li> <li>• Überwachung während der Nutzung betreffend Änderungen</li> </ul>	SIA 260 Anhang A Tab. 4,
Rissbeschränkung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einlegung der Mindestbewehrung nach SIA 262 Ziff. 4.4.2</li> <li>• Die Mindestbewehrung wird aufgrund der normgemässen Betonkennwerte des projektierten Betons C30/37 und nicht aufgrund der effektiven Betonkennwerte bestimmt.</li> <li>• Geeignete Betonieretappen</li> <li>• Sorgfältige Nachbehandlung</li> <li>• Saubere konstruktive Durchbildung der Bewehrung unter Berücksichtigung von ausreichenden Vibrierlücken</li> <li>• Längsbewehrung aussenliegend</li> <li>• Bewehrungsregelabstand <math>s = 150 \text{ mm}</math></li> </ul>	SIA 262 4.4.2.2
Korrosionsschutz Bewehrung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewehrungsüberdeckung generell: <math>c_{nom} = 55 \text{ mm}</math>,</li> <li>• Wirksame Entwässerung</li> <li>• Gefälle <math>\geq 2 \%</math></li> <li>• Dichter Beton</li> </ul>	SIA 262 Tab. 18
Frost- und Taubeständigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geeignete Betonsorte</li> </ul>	
Dauerhaftigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstruktionsabmessungen gem. den Vorgaben TBA BL (Typenplan T -400)</li> </ul>	

### 3.6 Kontrollen und Korrekturmechanismen

Das Kapitel wird in der nächsten Projektphase ergänzt.

## 4 Angenommene Baugrundverhältnisse

### 4.1 Baugrundmodell

Das für die Berechnung angenommene Baugrundmodell wurde auf Basis des geologischen Berichtes<sup>21</sup> erstellt.

Bodenschicht	Kote OK Schicht <sup>22</sup>	Tiefe ab OK Terrain	Mächtigkeit	Bemerkungen
	[m ü. M.]	[m]	[m]	
Künstliche Auffüllung	ca. 460 <sup>23</sup>	0	2 bis 4 m	
Mischschotter	ca. 452	5	5 bis 10 m	
Obere Süsswassermolasse (Tertiär)	----	---	---	Fels

Tabelle 10 Baugrundmodell

### 4.2 Baugrund

Bodenschicht	Feuchtraumgewicht $\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Kohäsion $c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Innerer Reibungswinkel $\phi_k$ [°]	Zusammen- drückungsmodul $M_{Ek}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Künstliche Auffüllung	---	---	---	---
Mischschotter (mitteldicht)	21	0	34	40
Mischschotter (dicht)	21.5	2	36	75
Obere Süsswassermolasse (Tertiär)	22	35	26	150

Tabelle 11 Bodenmechanische Kennwerte auf dem Kennwertniveau

Die zulässigen Bodenpressungen<sup>24</sup> für den dichtgelagerten Mischschotter liegen ca. bei  $\sigma_{zul}=275$  bis  $300$  kN/m<sup>2</sup>. Für den mitteldicht gelagerten Schotter betragen sie  $\sigma_{zul}=150$  bis  $225$  kN/m<sup>2</sup>.

### 4.3 Hinterfüllung

Hinterfüllung:

$$\text{Kohäsion } c'_k = 0 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{Reibungswinkel } \varphi'_k = 33^\circ$$

$$\text{Raumgewicht } \gamma'_k = 21 \frac{kN}{m^3}$$

<sup>21</sup> Bericht Geotechnisches Institut Basel, WB Zugkunft, Los 6: Bahnhof Hirschlang bis Bahnhof Waldenburg (TP17 - TP 19) vom 13.03.2017

<sup>22</sup> Die tiefsten Koten

<sup>23</sup> Ca. bei km 10.330

<sup>24</sup> Die im geologischen Bericht angegebenen Werte beziehen sich auf die Einzelfundamente mit Breiten  $\leq 2.50$  m und Streifenfundamente mit Breiten  $\leq 1.50$  m.

## 5 Wesentliche Annahmen für die Tragwerks- und Berechnungsmodelle

Erddruckmodell:	Siehe Tabelle 6	
Grundwasser (Hangwasserspiegel):	-2.0 m unter SOK	gemäss NV
Abweichung der Aushubtiefe, Aufschütthöhe:	$\Delta a=0.50$ m	SIA 267 5.3.1.3

Das Bauwerk wird aus Sicht der Statik als eine monolithisch verbundene, sehr lange Stahlbetonkonstruktion betrachtet. Dementsprechend wird die minimale Bewehrung bestimmt.

## 6 Akzeptierte Risiken

Gemäss Nutzungsvereinbarung.

## 7 Grundlagen

### 7.1 SIA- und VSS-Normen

[1]	SIA 260	(2013)	Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
[2]	SIA 261	(2014)	Einwirkungen auf Tragwerke
[3]	SIA 261/1	(2003)	Ergänzende Festlegungen
[4]	SIA 262	(2013)	Betonbau
[5]	SIA 262/1	(2013)	Ergänzende Festlegungen
[6]	SIA 263	(2013)	Stahlbau
[7]	SIA 263/1	(2013)	Ergänzende Festlegungen
[8]	SIA 264	(2014)	Stahl-Beton – Verbundbau
[9]	SIA 264/1	(2014)	Ergänzende Festlegungen
[10]	SIA 267	(2013)	Geotechnik
[11]	SIA 267/1	(2013)	Ergänzende Festlegungen

### 7.2 Richtlinien und Weisungen

- [12] Richtlinien und Weisungen PHI, Projektierungshandbuch für Ingenieure Neubau und Erhaltung von Kunstbauten, Version 2.1, Aarau, 3.11.2016
- [13] 01.6.1 FL-Normfundamente, SBB CFF FFS, Ausgabe 01.02.2012


### 7.3 Berichte

- [B1] Bericht Geotechnisches Institut Basel, WB Zugkunft, Los 6: Bahnhof Hirschlang bis Bahnhof Waldenburg (TP17- TP 19) vom 13.03.2017
- [B2] Nutzungsvereinbarung Steg Veloroute ca. bei km 10.340 vom 27. Juli 2018

## 8 Unterschriften

**Planer:**

IG Lampenstein  
c/o Aegerter & Bosshardt AG



Lucas Rentsch  
Projektleiter IGLS



Thomas Müller  
Projektleiterstellvertreter

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1 Skizze Grundlage für die Bemessung. Massgebender Querschnitt Stützmauer Seite WB. Schnitt ca. bei km 10.500	2
Abbildung 2 Skizze Grundlage für die Bemessung Stützmauer Seite Dorfgasse. Schnitt ca. bei km 11.100	3
Abbildung 3 Angriffspunkte der Einwirkungen infolge Bahnverkehrs (SIA 261 Figur 14)	8
Abbildung 4 Entgleisungslastmodell 1 (Querschnitt)	11
Abbildung 5 Entgleisungslastmodell 1 (Grundriss)	11
Abbildung 6 Entgleisungslastmodell 2 (Querschnitt)	11
Abbildung 7 Entgleisungslastmodell 2 (Grundriss)	11

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1 Beton	5
Tabelle 2 Betoneigenschaften	5
Tabelle 3 Betonstahl	5
Tabelle 4 Eigenlast	6
Tabelle 5 Auflast	6
Tabelle 6 Ständige Einwirkungen aus dem Baugrund	7
Tabelle 7 Schlingerkräfte	8
Tabelle 8 Zentrifugalkraft	9
Tabelle 9 Entgleisung nach SIA 261 Tabelle 19, Figur 16	10
Tabelle 10 Baugrundmodell	16
Tabelle 11 Bodenmechanische Kennwerte auf dem Kennwertniveau	16