

Kanton St. Gallen



Gemeinde Schmerikon

# Ausbau Goldbergbach

## Goldbergbach

Abschnitt km 0.00 - 250.42 (GN10)

### Statik

## Durchlass Goldbergbach

Bereich Kantonsstrasse / SBB

		<b>Projekt Nr.</b> 21238	<b>Einlage Nr.</b> 3335		
<b>Studie</b>	<b>Projektverfasser:</b> <b>Schällibaum AG</b> Ingenieure und Architekten Ebnaterstrasse 143 9630 Wattwil T 071 / 987 60 90 wattwil@schaellibaum.ch	<b>Erstellt</b>		<b>Gepr.</b>	<b>Datum</b>
<b>Vorprojekt</b>		MuF		rhy	26.04.2023
<b>Auflageprojekt</b>		A	rhy	rhy	27.10.2023
<b>Submission</b>					
<b>Ausführungsprojekt</b>		Dateiname			
<b>Abschlussakten</b>		<b>Format</b>		A4	



# Durchlass Goldbergbach

Schmerikon

## Statik

Bauherr

Gemeinde Schmerikon  
Hauptstrasse 16  
8716 Schmerikon

Sachbearbeitung

S. Muhtari  
Wattwil, November 2022

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>1) .....</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen .....</b>	<b>2) .....</b>
2.1	Normen.....	.....
2.2	Richtlinien und Normalien.....	.....
2.3	Baugrund.....	.....
2.4	Tragwerkskonzept.....	.....
1.1.	Objektskizzen, Übersichtspläne.....	.....
<b>3</b>	<b>Tragwerksanalyse .....</b>	<b>10) .....</b>
3.1	Baustoffe .....	.....
3.2	Ständige Einwirkungen (Bahnbereich).....	.....
3.3	Veränderliche Einwirkungen (Bahnbereich) .....	.....
3.4	aussergewöhnliche Einwirkungen (Bahnbereich) .....	.....
3.5	Details Einwirkungen .....	.....
<b>4</b>	<b>Statische Überprüfung.....</b>	<b>28) .....</b>
4.1	Bemessungssituation .....	.....
4.2	Schnittkräfte (Bahnbereich).....	.....
4.3	Nachweise Tragsicherheit GZT 2 (Bahnbereich) .....	.....
4.4	Nachweise Ermüdung GZT 4 (Bahnbereich).....	.....
4.5	Nachweise Gebrauchstauglichkeit (Bahnbereich).....	.....
<b>5</b>	<b>Bemessung Foundation.....</b>	<b>59) .....</b>
5.1	Bemessungssituation .....	.....
5.2	Statisches System und Belastungen (Bahnbereich).....	.....
5.3	Schnittkräfte (Bahnbereich).....	.....
5.4	Nachweis Tragsicherheit (Bahnbereich) .....	.....
5.5	Nachweis Gebrauchstauglichkeit (Bahnbereich).....	.....
<b>6</b>	<b>Schnittkräftevergleich zwischen Bahn und Strasse .....</b>	<b>73) .....</b>
6.1	Details Einwirkungen.....	.....
6.2	Schnittkräfte .....	.....
6.3	Nachweise Tragsicherheit GZT 2 (Strassenbereich).....	.....
6.4	Nachweise Ermüdung GZT 4 (Strassenbereich).....	.....
<b>7</b>	<b>Bewehrungsskizze.....</b>	<b>99) .....</b>

# 1 Zusammenfassung

Der Durchlass Goldbergbach wird als geschlossene Rahmenkonstruktion in schlaff bewehrtem Stahlbeton ausgebildet. Die Spannweite beträgt 1.70 m und die statische Höhe 1.30 m. Die Fundation erfolgt in Bachschutt. Die Deckenplatte ist mit einem Dachgefälle ausgebildet. Die Stärke beträgt in der Mitte 35 cm und im Randbereich 30 cm. Die Wände sind mit 30 cm Stärke projektiert.

Die vorliegende Statik weist die Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks nach Norm SIA 261 ff nach.

Erfüllungsfaktoren der Statik nach Norm SIA 260 ff mit linear elastischer Berechnung:

■ GZT 2	Biegung Feld Decke	<b>S = 2.80</b>
	Biegung Rahmeneck	<b>S = 3.70</b>
	Biegung Wand unten	<b>S = 3.00</b>
	Querkraft Fundation	<b>S = 1.69</b>
■ GZT 4	Biegung Feld Fundation	<b>S = 3.50 (Dauerfestigkeit)</b>
	Biegung Ecke Fundation	<b>S = 1.90 (Dauerfestigkeit)</b>
	Querkraft Beton	<b>S = 1.60</b>

In allen Fällen wurde die konstruktive Minimalbewehrung massgebend.

# 2 Grundlagen

## 2.1 Normen

- SIA 260 (2013) Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
- SIA 261 (2020) Einwirkungen auf Tragwerke
- SIA 261/1 (2020) Einwirkungen auf Tragwerke, ergänzende Festlegung
- SIA 262 (2013) Betonbau
- SIA 262/1 (2019) Betonbau, ergänzende Festlegung

## 2.2 Richtlinien und Normalien

- AB-EBV Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung
- PAIngB Projektierungsassistent Ingenieurbau – Brücken
- AQV SBB Ausführungs- und Qualitätsvorschriften

## 2.3 Baugrund

Gemäss vorhandenen Unterlagen der Baugrunduntersuchung, Bonanomi Gübeli AG vom 22.03.2022 wird sich das Bauwerk im Bachschutt befinden.

Beschreibung geotechnisch unterteilbarer Schichten	Feuchtraumgewicht	Kohäsion	Reibungswinkel	k-Wert	Zusammen-drückungsmodul		Einaxiale Druckfestigkeit	Mantelreibung	Abbauklasse SN 640 S70	Bemerkung
	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\phi'$ [°]	$k_f$ [m/s]	$M_{E1}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$M_{E2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]				
Auffüllungen	18.5-19.5	0-2	32-34	$10^{-4}$ - $10^{-5}$	6-8	10-12	60-120	--	3	
Moräne, umgel.	19-19.5	0-2	28-32*	$10^{-5}$ - $10^{-6}$	8-10	10-15	80-100	0.025	3	
Grundmoräne	21-21.5	10-50	34-36*	$10^{-7}$ - $10^{-9}$	50-60	>200	>800	>0.1	3-(4)	
Bachschutt	20-20.5	0	34-36	$10^{-3}$ - $10^{-4}$	45-50	>180	>600	>0.05	3	
Deltaschüttung, kiesig	20-20.5	0	34-35	$10^{-4}$ - $10^{-5}$	20-25	75-90	120-300	0.04-0.05	3	
Deltanahe Seeablagerungen	19.5-20	0	33-34*	$10^{-4}$ - $10^{-6}$	8-15	25-35	80-150	0.025-0.03	3	

1 kN/m<sup>3</sup> = 0.1 t/m<sup>3</sup>

1 kN/m<sup>2</sup> = 0.1 t/m<sup>2</sup> = 0.01 kg/cm<sup>2</sup>

1 MN/m<sup>2</sup> = 100 t/m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>

\* Siltig-feinsandige Sedimente neigen bei Wasserzutritt zu Gefügebruch. Entsprechend verschlechtern sich die Reibungswinkel um Werte bis zu 10°!

Sowohl der Bachschutt als auch die Deltaablagerungen sind konsolidierbar, womit ihre Tragfähigkeit massgeblich erhöht wird.

In dieser Statik wird konservativ mit folgenden Werten gerechnet:

$$\text{Reibungswinkel } \Phi = 30^\circ$$

$$\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$k_0 = 1 - \sin(\Phi) = 0.5$$

## 2.4 Tragwerkskonzept

### 2.4.1 Objektskizzen, Übersichtspläne

#### Schnitt C-C 1:50

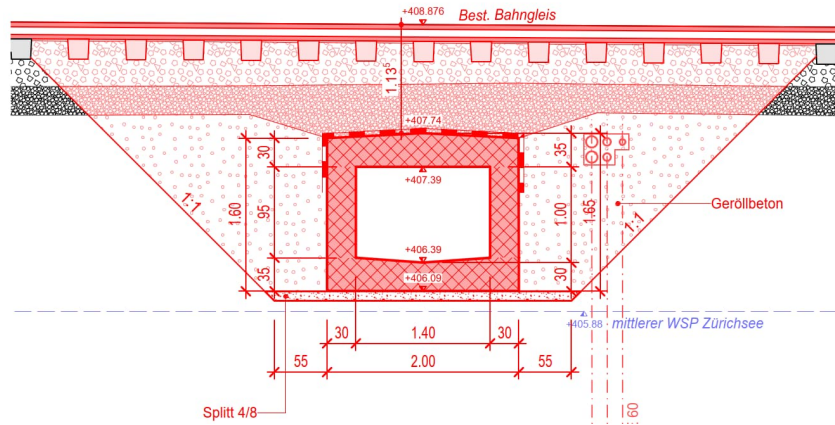


Abbildung 1: Schnitt Bahngleis (ohne Massstab)

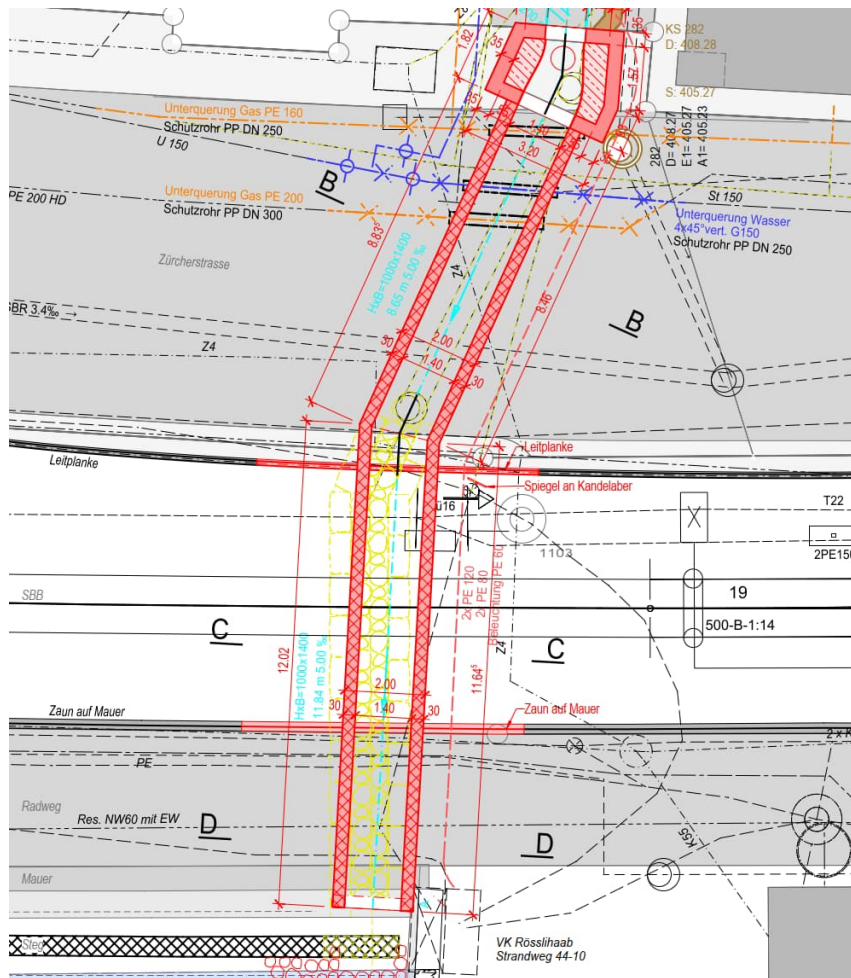


Abbildung 2: Situation (ohne Massstab)

## Tragsystem

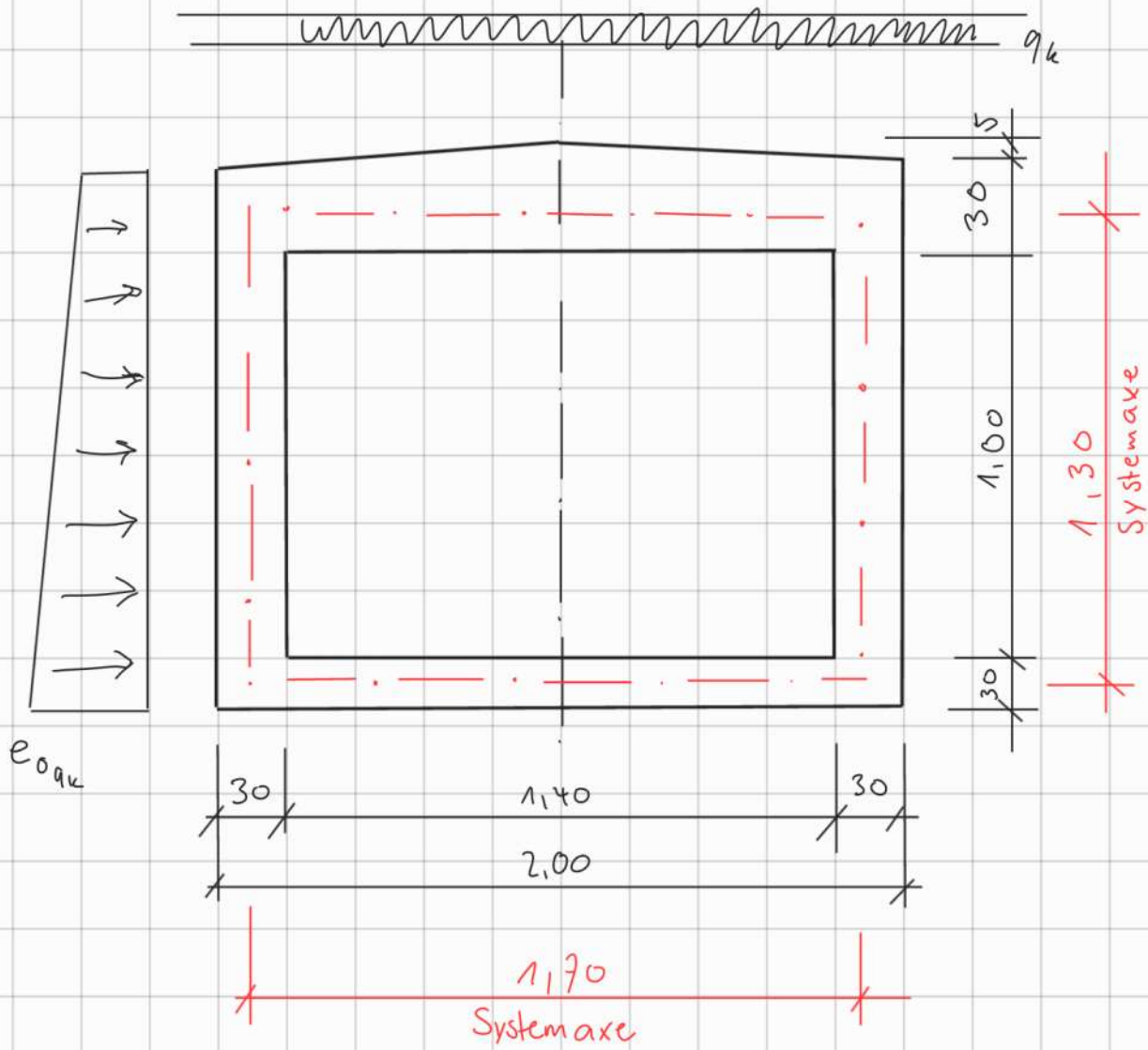
**Tragsystem**

Die statischen Systeme, jeweils für Bahnbereich und Strassenbereich, sind auf den nächsten Seiten abgebildet.

**Tragwerksmodell**

Für die statische Berechnung wird ein 3D-Plattenmodell erstellt. Es wird angenommen, dass die Schnittkräfte im Bereich der Bahn massgebend sind. Die Gegenüberstellung der Schnittkräfte zwischen Bahnbereich und Strassenbereich wird anschliessend aufgeführt und verglichen.

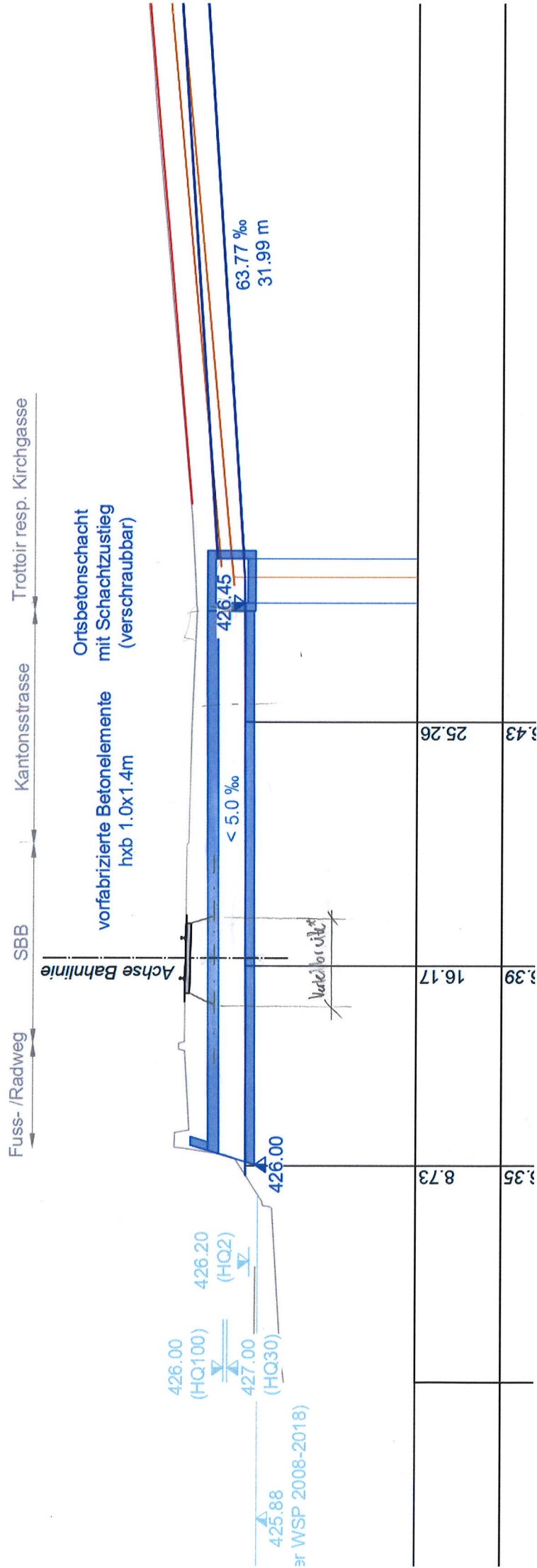
# Statisches System





1:200

Bereich Bahn



\*  $(1.0 - 0.16 - 0.12) / 4 \cdot 2 + 2.6 + 0.30 = 3.22m$  bis Systemaxe

Öl Schiene - Öl Bauwerk  
 Höhe Schiene  
 Höhe Schwellen  
 Schwellen  
 Deckenstärke

**Projekt:**

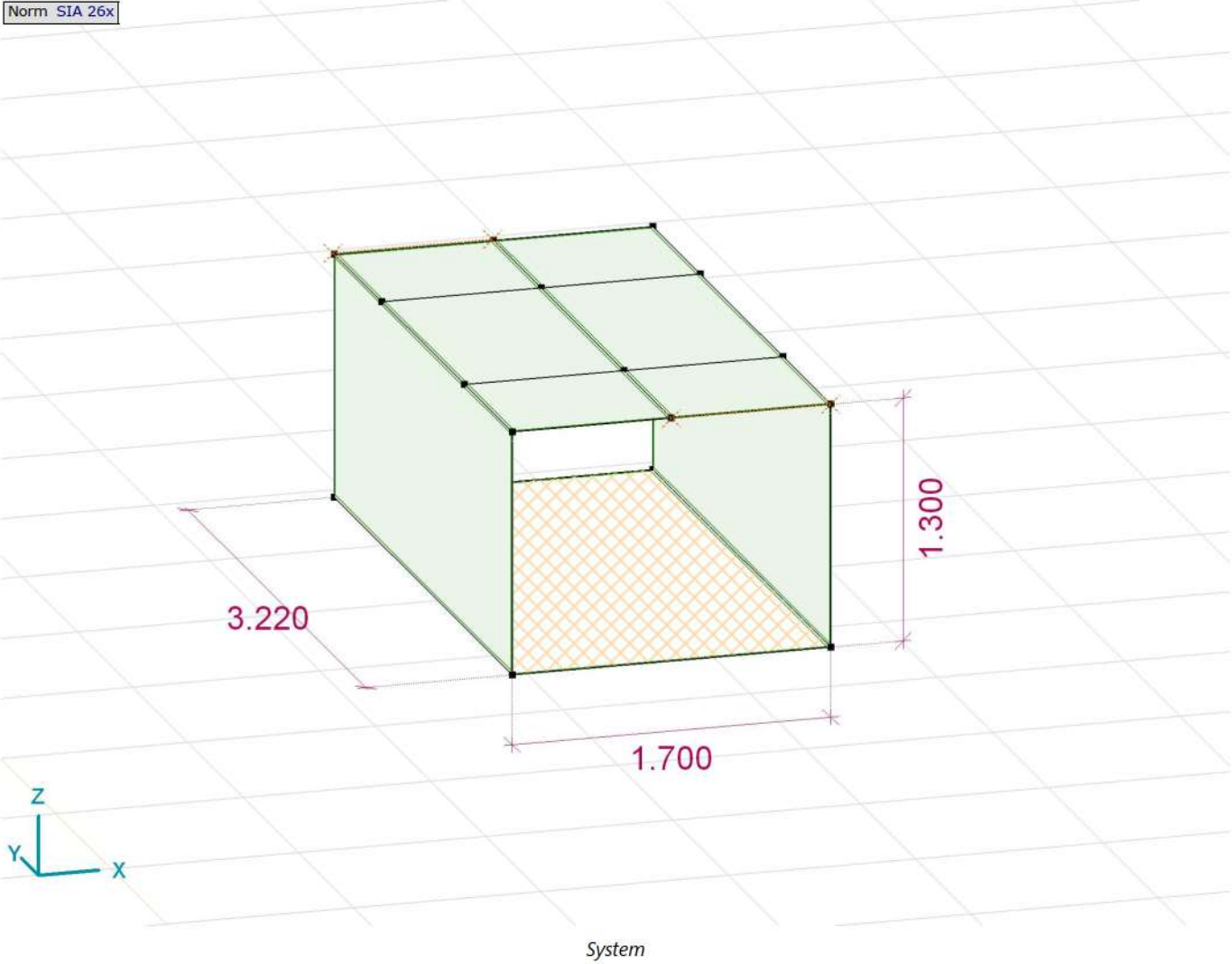
Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs

24.10.2022

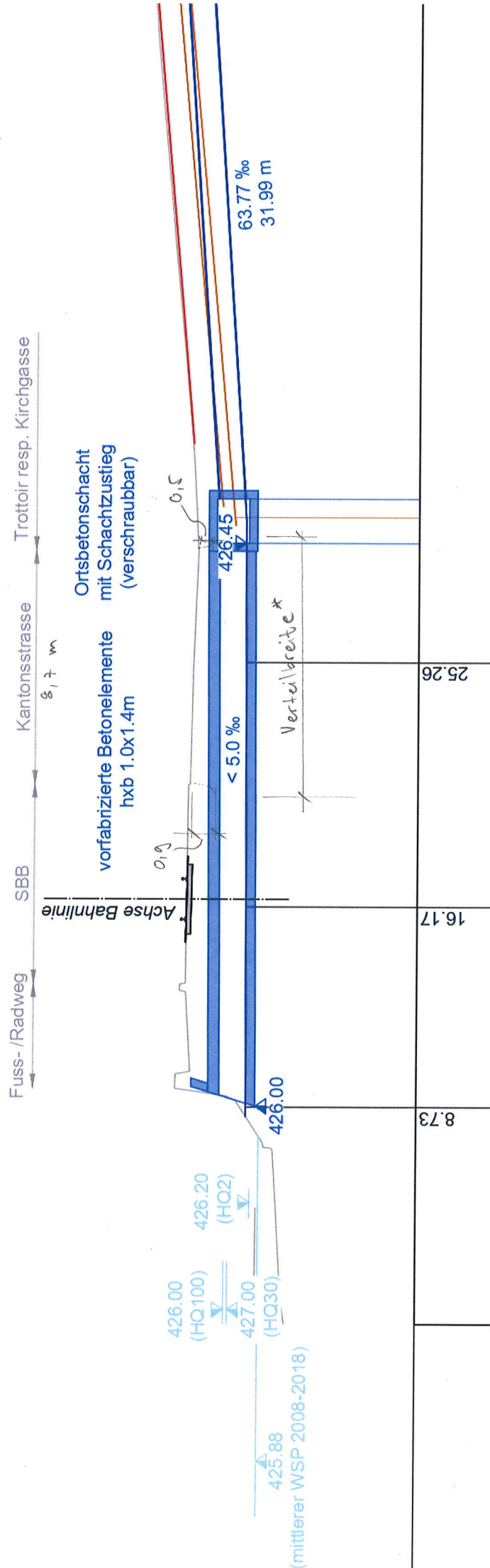
Seite 7)

Norm SIA 26x



1:200

Bereich Kantonsstrasse



$$0.75/4 + 0.35/4 + 8.7 + 0.3 = 9.275 \text{ m bis Systemaxe}$$

$$0.75/4 + 0.35/4 + 8.7 + 0.3 = 9.275 \text{ m bis Systemaxe}$$

\* links rechts  
 Verkehrsfläche  
 Schotterbreite

**Projekt:**

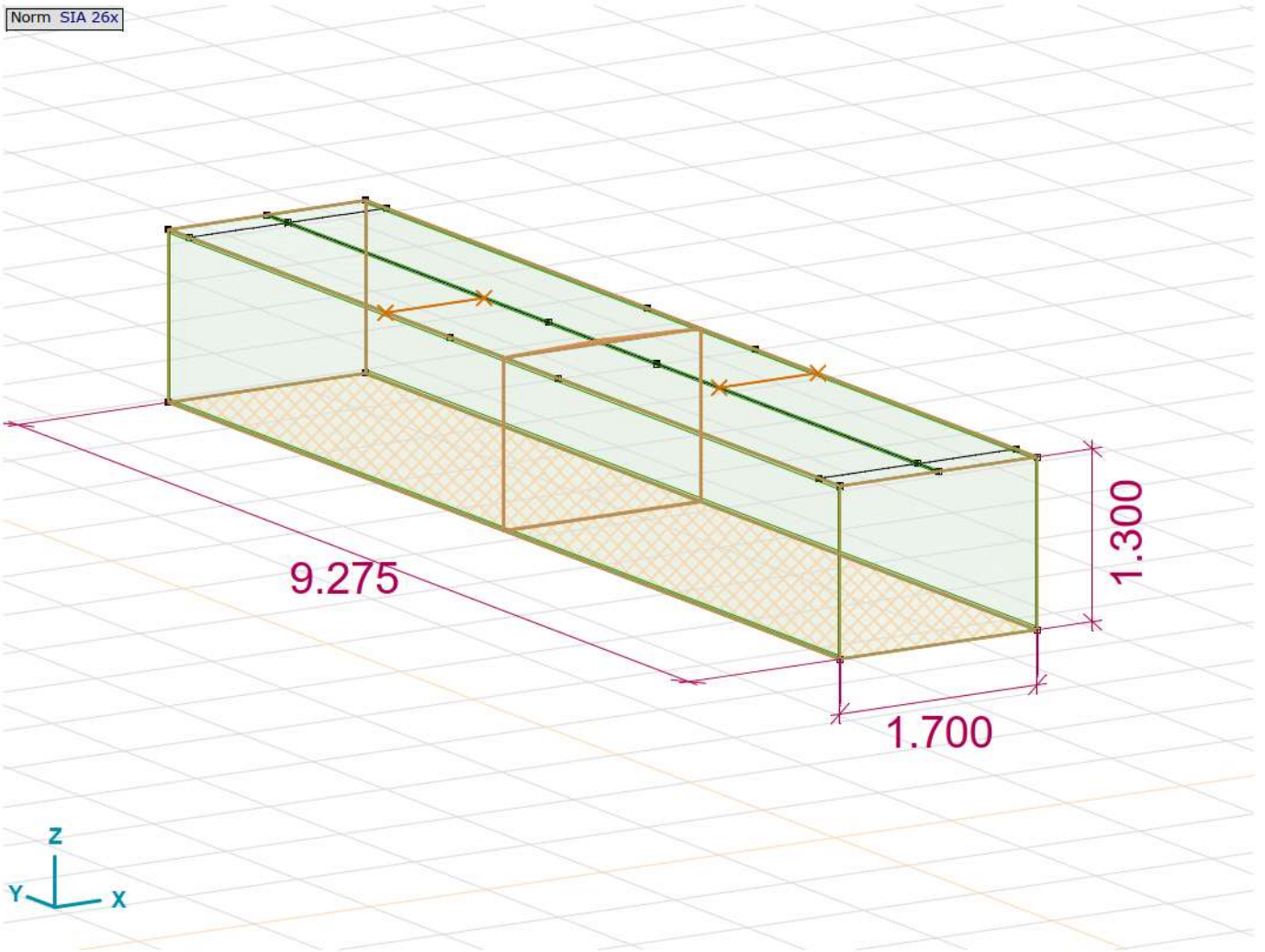
Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_Kanton\_schmalere.axs**

9)

27.10.2022

Norm SIA 26x



statisches System

# 3 Tragwerksanalyse

## 3.1 Baustoffe

Die Baustoffkennwerte werden basierend auf den Planangaben und der SIA 269/2 bestimmt.

- Beton  $f_{cd} = 20.0 \text{ N/mm}^2$   
 $\tau_{cd} = 1.1 \text{ N/mm}^2$
- Bewehrung  $f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$
- Betondeckung Schlaffe Bewehrung 40 mm

### 3.2 Ständige Einwirkungen (Bahnbereich)

- Eigengewicht

- Beton  $g_k = 25 \text{ kN/m}^3$

- Auflast

- PBD + Schutzschicht  $g_k = 24 \text{ kN/m}^3$   $H = 5 \text{ cm} \rightarrow g_k = 1.2 \text{ kN/m}^2$

- Schotter (inkl. 10 cm Hebungsreserve)  $g_k = 18 \text{ kN/m}^3$   $H = 94 \text{ cm} \rightarrow g_k = 16.9 \text{ kN/m}^2$

- Betonschwelle  $g_k = 2.8 \text{ kN/St.}$   $a = 0.6 \text{ m} \rightarrow g_k = 2.8 \text{ kN/m}$

- Schiene  $g_k = 1.7 \text{ kN/m} \rightarrow g_k = 1.7 \text{ kN/m}$

- Erddruck Erdruchdruck

### 3.3 Veränderliche Einwirkungen (Bahnbereich)

- Bahnlasten

- Lastmodell 1  $Q_k = 250 \text{ kN}$  Klassifizierungsbeiwert  $\alpha = 1.33$   
Dyn. Beiwert  $\Phi_{\text{dyn}} = 1.67$

- Anfahr- / Bremskräfte  $Q_{Ak} = 56.1 \text{ kN}$

- $Q_{Bk,act} = 34 \text{ kN}$

- Schlingerkräfte  $Q_{Sk,act} = 100 \text{ kN}$

- Erddruck veränderlich  $q_{k,act} = 24.3 \text{ kN/m}^2$

### 3.4 aussergewöhnliche Einwirkungen (Bahnbereich)

- Erdbeben Nicht massgebend

- Entgleisung Entgleisungsmodell 1:  $q = 137 \text{ kN/m}^2$

- Entgleisungsmodell 2:  $q = 275 \text{ kN/m}^2$

### 3.5 Details Einwirkungen

Auf nachfolgenden Seiten sind die Details der Einwirkungen im Bahnbereich zusammengestellt.

## Einwirkungen ständig

### • Eigengewicht + Auflasten

- ▷ Beton  $\rho = 25 \text{ kN/m}^3$
- ▷ PBD + Schutzschicht  $S_{\text{cm}}, \rho = 24 \text{ kN/m}^3$   
 $\hookrightarrow q_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$
- ▷ Schotter  $84 \text{ cm}, \rho = 18 \text{ kN/m}^3$   
 $+ 10 \text{ cm Hebungreserve}$   
 $\hookrightarrow q_k = 16,9 \text{ kN/m}^2$
- ▷ Schwelle + Schiene  $2,8 \text{ kN/m} + 1,7 \text{ kN/m}$   
 $\hookrightarrow q_k = 4,5 \text{ kN/m}^2$

### pro m'-Streifen der Unterführung

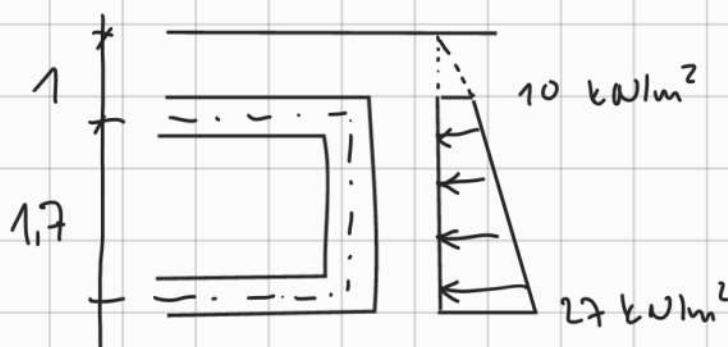
- ▷ Eigengewicht Beton: am System 3D-Modell generiert
- ▷ Auflast:  $1,2 + 16,9 + 4,5/1,75 = \underline{\underline{20,7 \text{ kN/m}^2}}$

### • Erddruck ständig

Erddruck

$$e_0 = k_0 \cdot z \cdot \rho$$

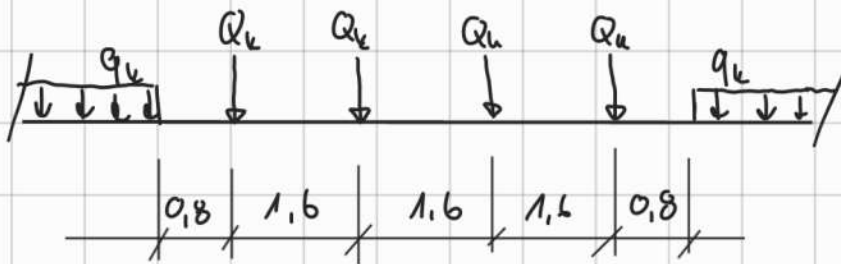
$$k_0 = 0,5 ; \rho = 20 \text{ kN/m}^3$$



## Einwirkungen veränderlich

gem. SIA 261 Bahnlasten vertikal

$$Q_k = 250 \text{ kN} \quad (\text{LM 1})$$



Klassifizierungsbeiwert  $\alpha = 1,33$  (gem. SIA 261)

dynamischer Beiwert  $\phi = 1,67$

$$l_{\phi} = \frac{1,3 \cdot (l_{s1} + l_r + l_{s2})}{3} = \frac{1,3 \cdot (1,3 + 1,7 + 1,3)}{3} = 1,86 \text{ m}$$

Verteilung der Achslasten:

- Querrichtung: 3,22 m (vgl. S. ...)
  - Längsrichtung: 1,60 m (Abstand  $Q_k$ )
- }  $\frac{Q_k}{3,22 \cdot 1,6} = 48,5 \text{ kN/m}^2$

- Erddruck infolge Bahnlasten

$$e_{vL} = q_k \cdot k_0 = 48,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,5 = 24,3 \text{ kN/m}^2$$

$$q_k = \frac{250 \text{ kN}}{3,22 \text{ m} \cdot 1,6 \text{ m}} = 48,5 \text{ kN/m}^2$$



• Anfahr- und Bremskräfte

$$Q_{Bk,act} = 20 \cdot l = 20 \cdot 1,7 = 34 \text{ kN}$$

$$Q_{Ak,act} = 33 \cdot l = 33 \cdot 1,7 = 56,1 \text{ kN}$$

Verteilung in Querrichtung auf  $b = 3,22 \text{ m}$

$$q_{Ak,act} = \frac{56,1 \text{ kN}}{(3,22 \cdot 3,22)} = 5,4 \text{ kN/m}^2$$

Durch die integrale Bauweise wirkt im Falle einer Brems/Anfahrkraft ein erhöhter Erddruck entgegen. Es wird der Ansatz gem. Sachstandsbericht integrale Brücken von W. Kaufmann verwendet.

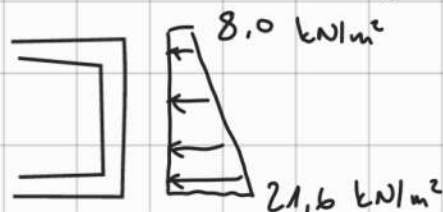
$$k^* = \left( \frac{\Delta h}{0,05 \cdot H} \right)^{0,4} \cdot k_p \approx k_0$$

$$k^* = \left( \frac{1}{0,05 \cdot 1300} \right)^{0,4} \cdot 4,8 = 0,903$$

↳ im Lastfall Anfahr-/Bremskraft wird die Differenz von  $k^*$  und  $k_0$  in zur Anfahr-/Bremskraft entgegengesetzter Richtung angesetzt.

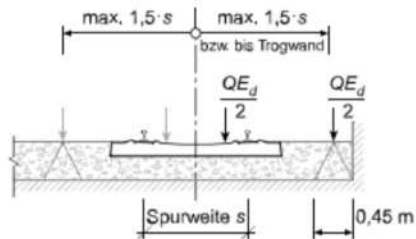
$$\begin{array}{ll} k^* = 0,9 & 180\% \rightarrow \\ k_0 = 0,5 & 100\% \end{array}$$

Erddruck bei Verschiebung:



# Entgleisung

- Entgleisungsmodell 1:



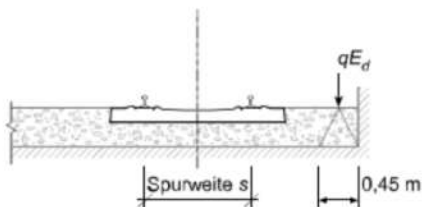
Verteilung Längsrichtung  
gem. LM1 : 1,6 m

$$Q_{Ed} = 350 \text{ kN}$$

verteilt auf  $(0,45 + 0,35) \cdot 1,6 \text{ m}$

$$\rightarrow \frac{350 \cdot 0,5}{0,80 \cdot 1,6} = 136,8 \text{ kN/m}^2$$

- Entgleisungsmodell 2:



$$q_{Ed} = 220 \text{ kN/m}$$

Verteilung auf  $0,45 + 0,35 \text{ m}$

$$\rightarrow \frac{220 \text{ kN/m}}{0,80} = 275 \text{ kN/m}^2$$

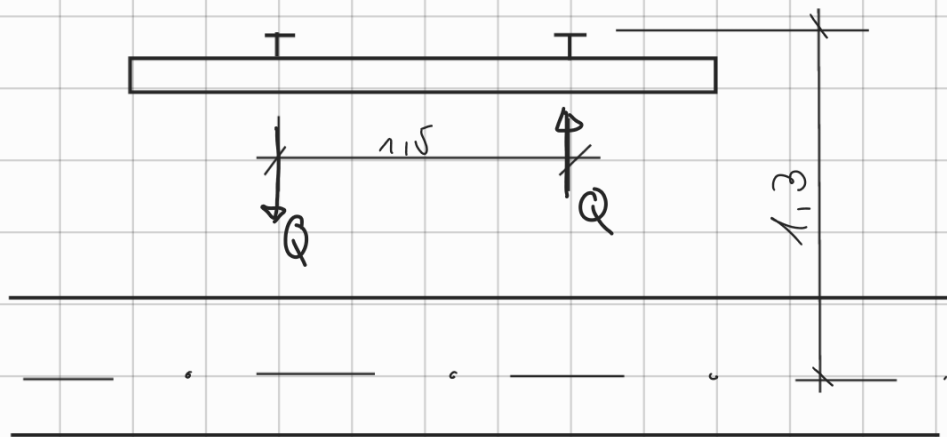
## Schlingerkraft

$$Q_{sk} = 100 \text{ kN}$$

Verteilung auf 1,6 m (längs)

$$q_{sk} = 100 / 1,6 = \underline{\underline{62,5 \text{ kN/m}'}}$$

$$M_{q_{sk}} = q_{sk} \cdot h = 62,5 \cdot 1,30 = \underline{\underline{81,3 \text{ kNm/m}}}$$



$$Q_{s(\text{angsel})} = \frac{81,3 \text{ kNm/m}}{1,15 \text{ m}} = \underline{\underline{54,2 \text{ kN/m}'}} \text{ auf } 1,6 \text{ m Länge (1x)}$$

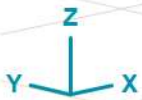
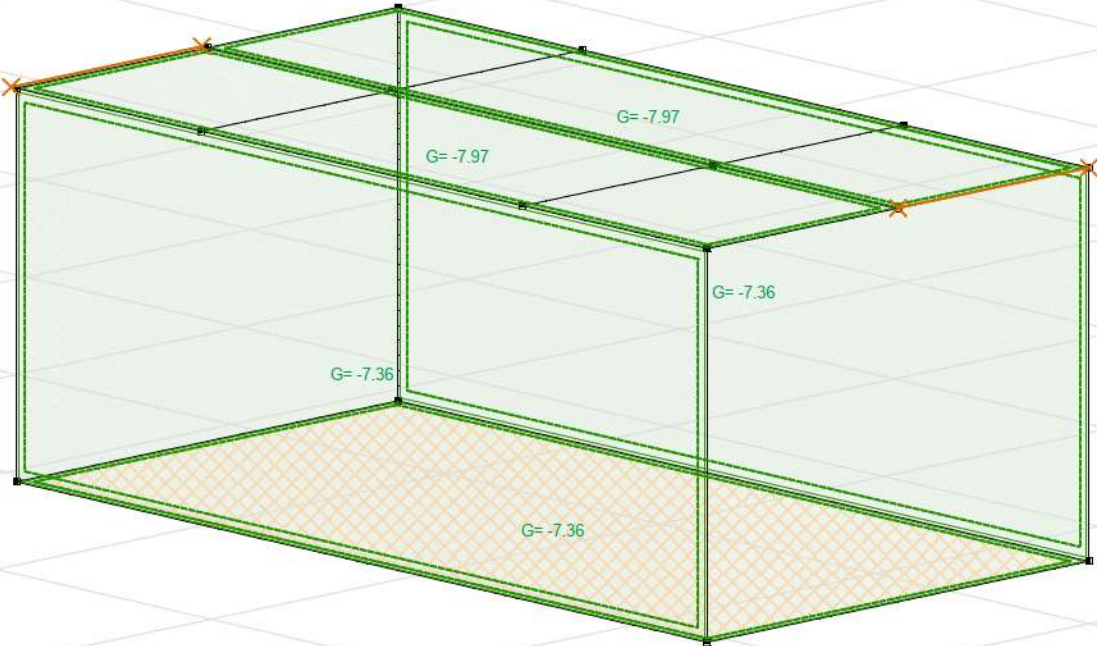
**Projekt:**

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

24.10.2022

Norm SIA 26x  
Fall : Eigengewicht



Eigengewicht

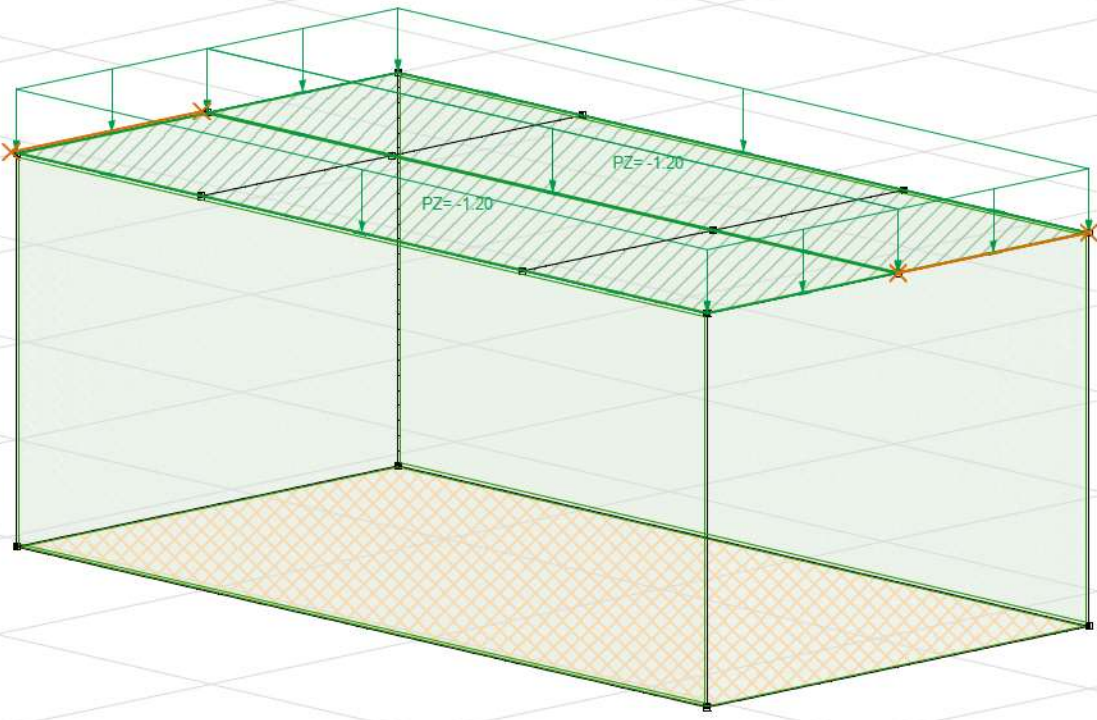
**Projekt:**

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

24.10.2022

Norm SIA 26x  
Fall : PBD+SS



PBD+SS

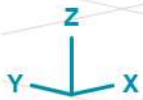
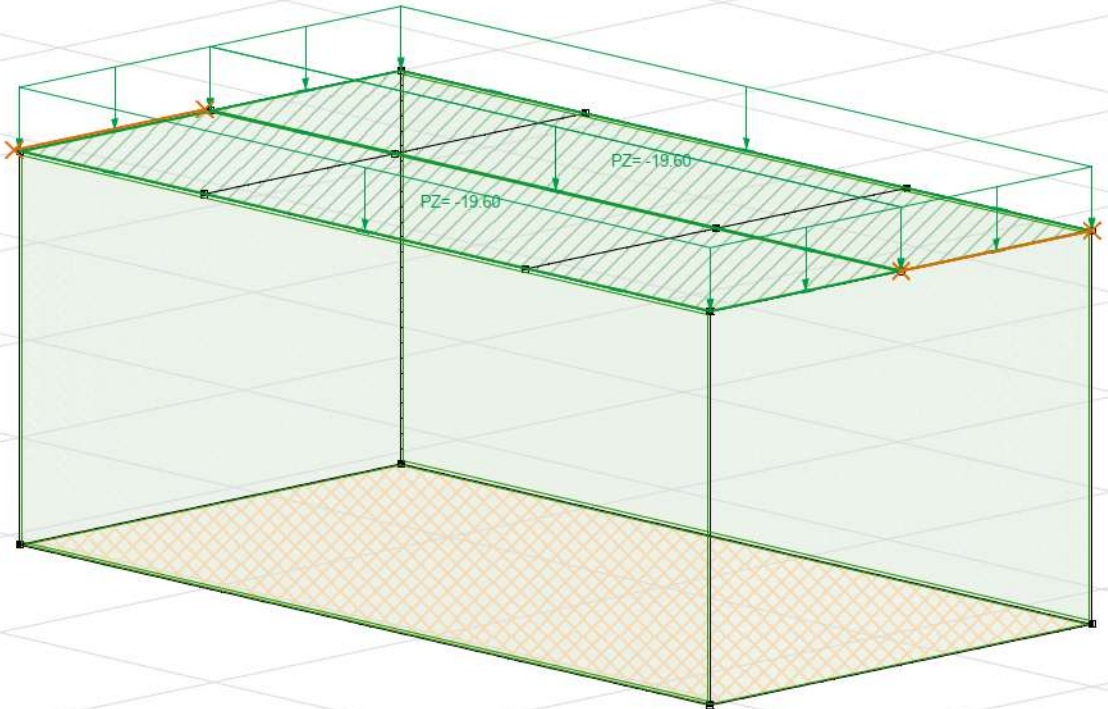
**Projekt:**

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

24.10.2022

Norm SIA 26x  
Fall : Schotter



Schotter

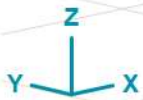
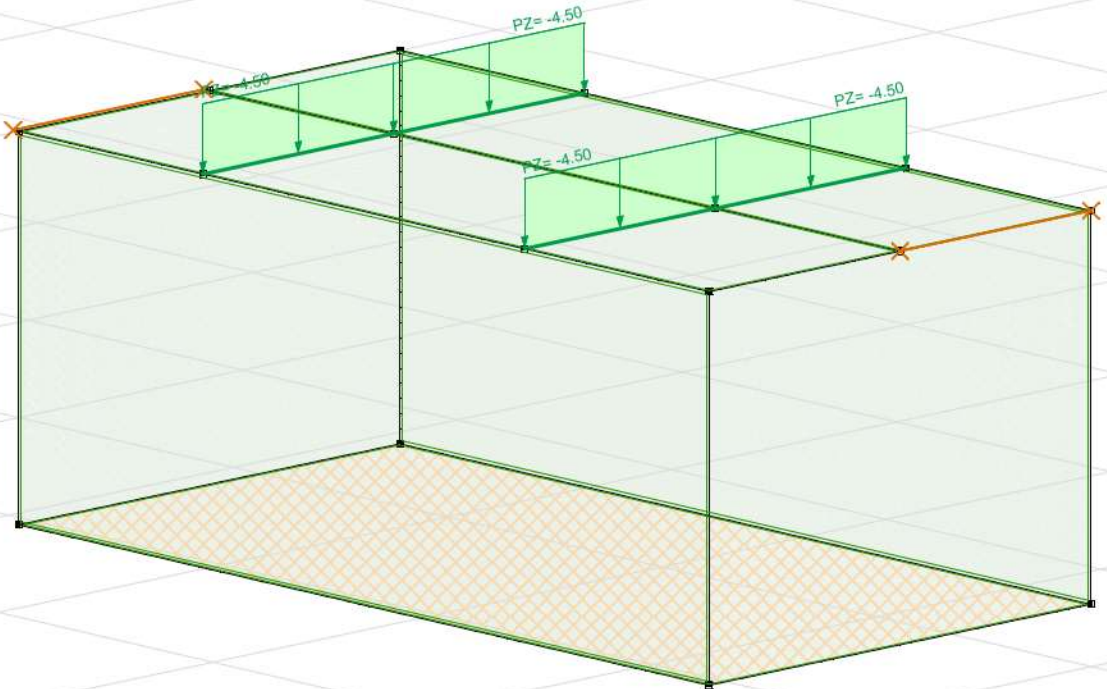
**Projekt:**

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

24.10.2022

Norm	SIA 26x
Fall	: Schwelle+Schiene



Schwelle+Schiene

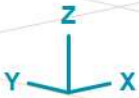
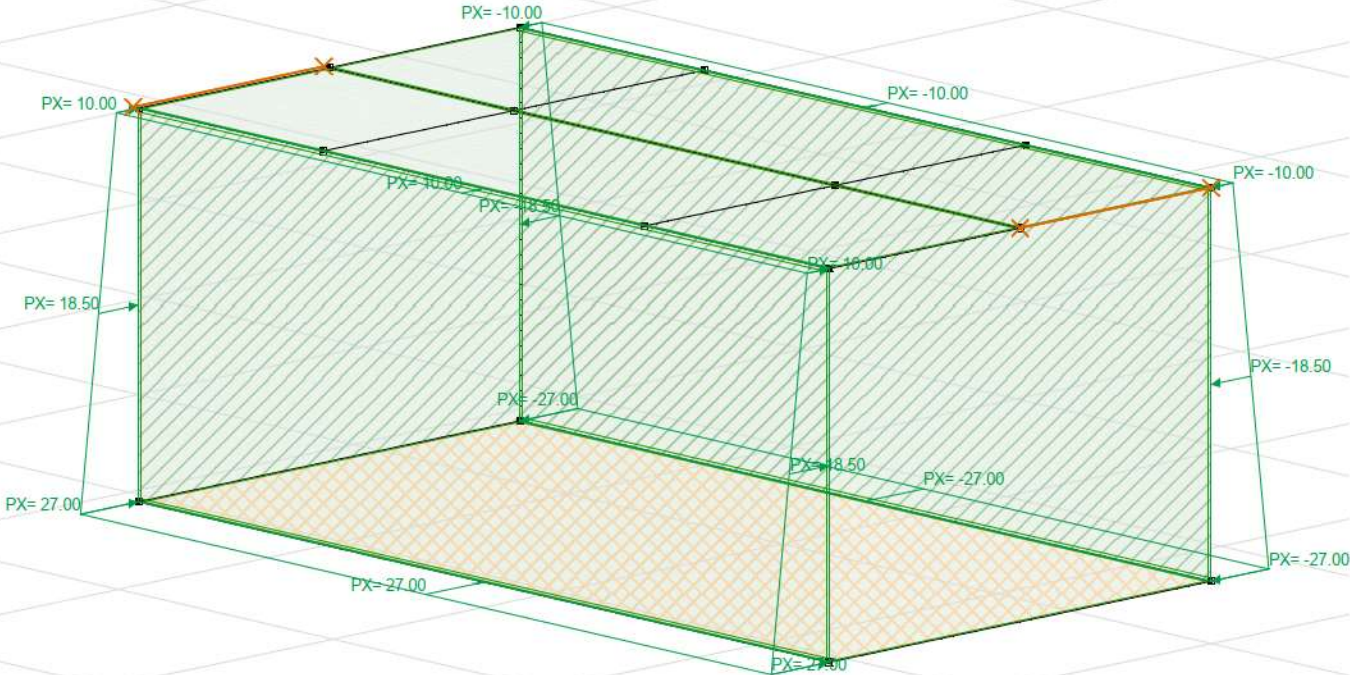
**Projekt:**

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

24.10.2022

Norm	SIA 26x
Fall	: Erdruckdruck



Erdruckdruck



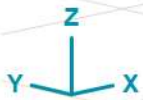
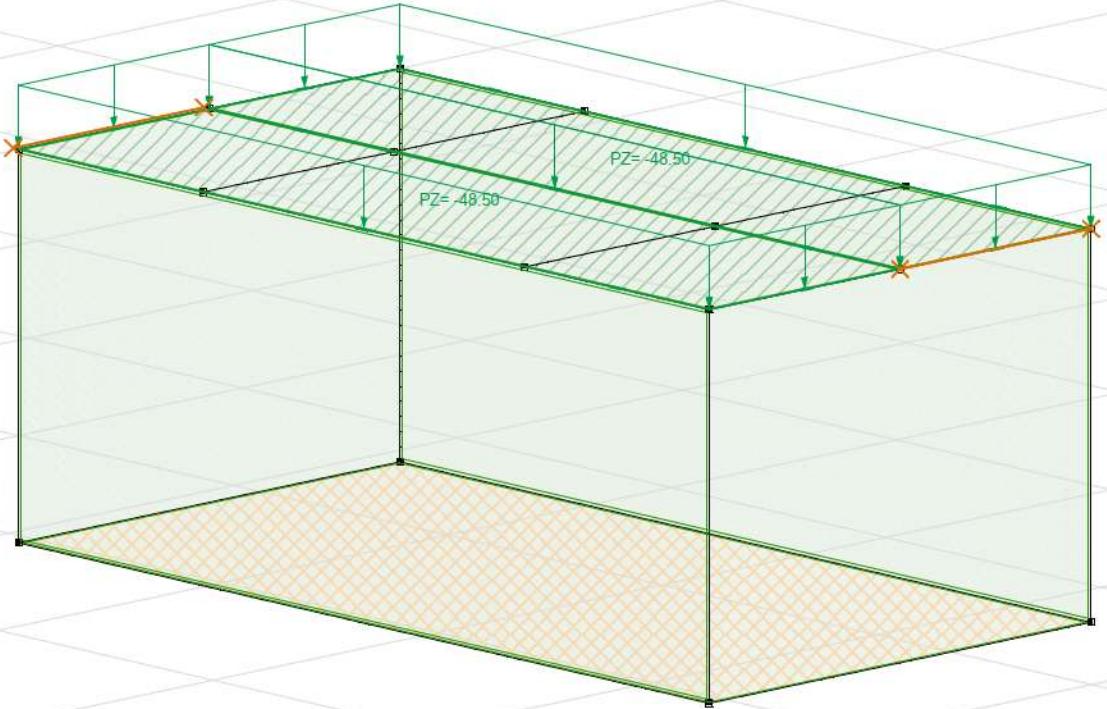
**Projekt:**

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

24.10.2022

Norm	SIA 26x
Fall	: LM1



LM1

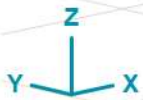
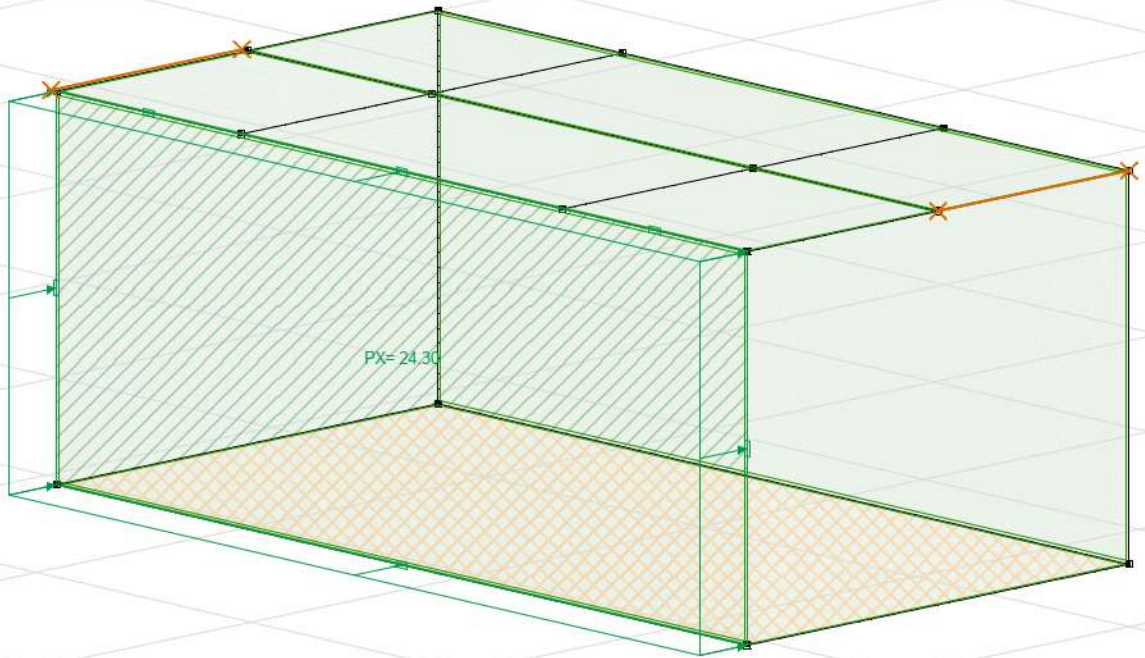
**Projekt:**

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

24.10.2022

Norm SIA 26x  
Fall : Erddruckbahn



Erddruck\_Bahn

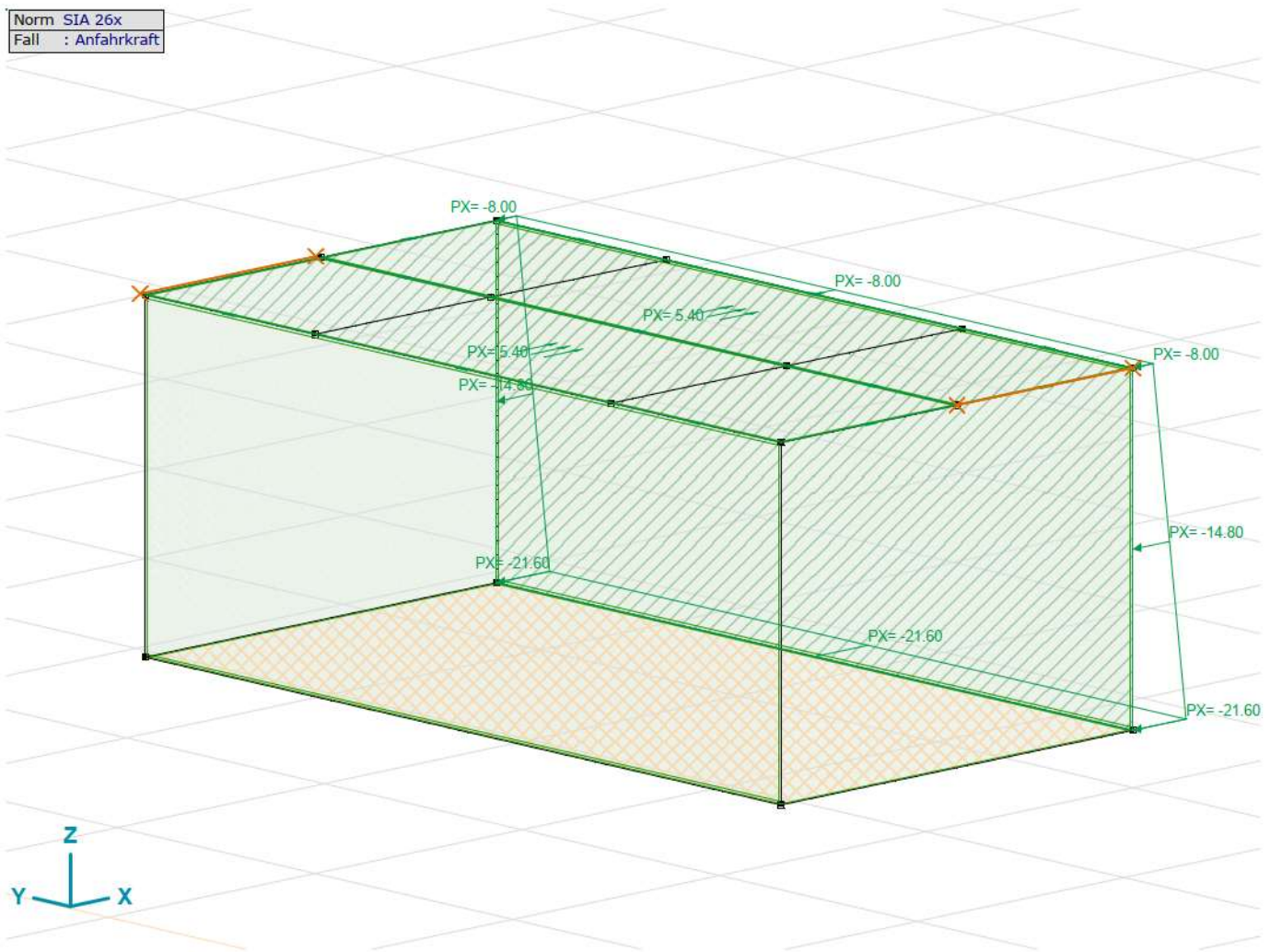
**Projekt:**

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

24.10.2022

Norm	SIA 26x
Fall	: Anfahrkraft



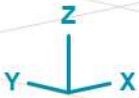
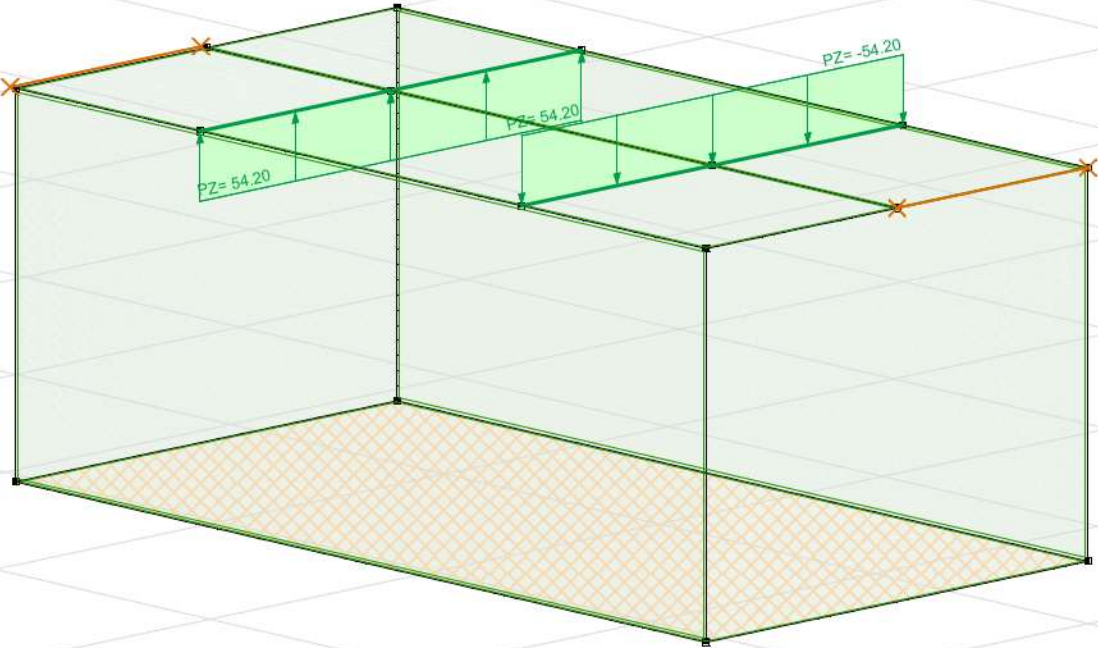
Anfahrkraft

**Projekt:**

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

Norm SIA 26x  
Fall : Schlingerkraft



Schlingerkraft

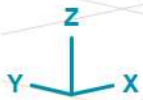
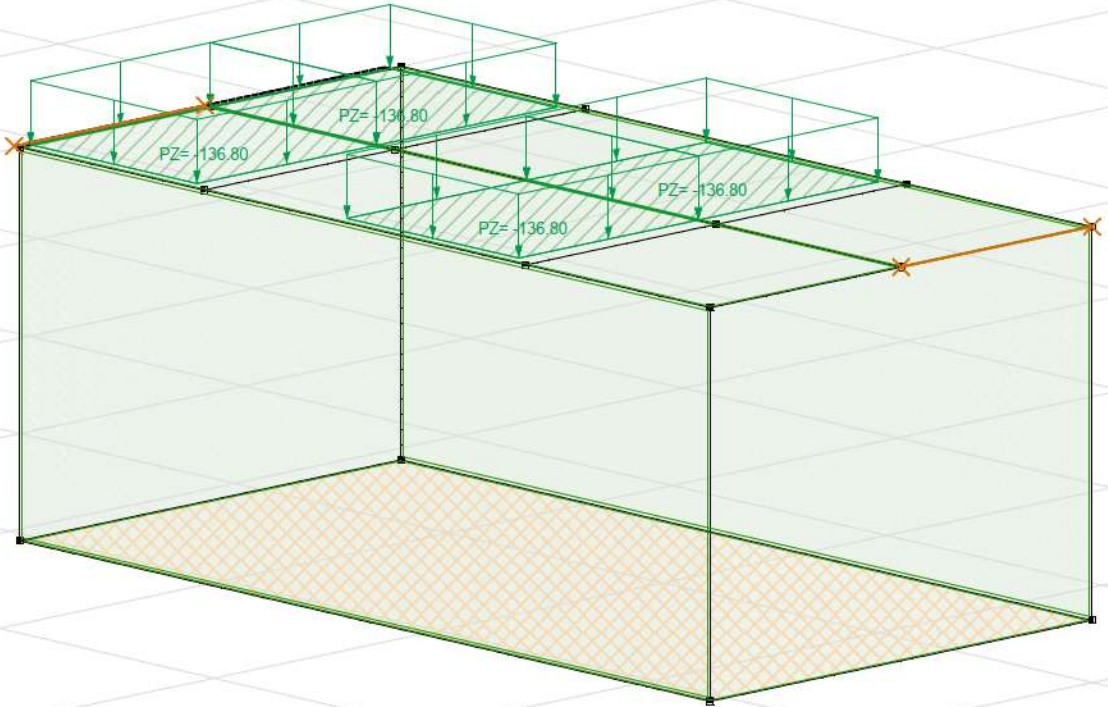
**Projekt:**

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

24.10.2022

Norm SIA 26x  
Fall : Entgleisung\_M1



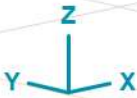
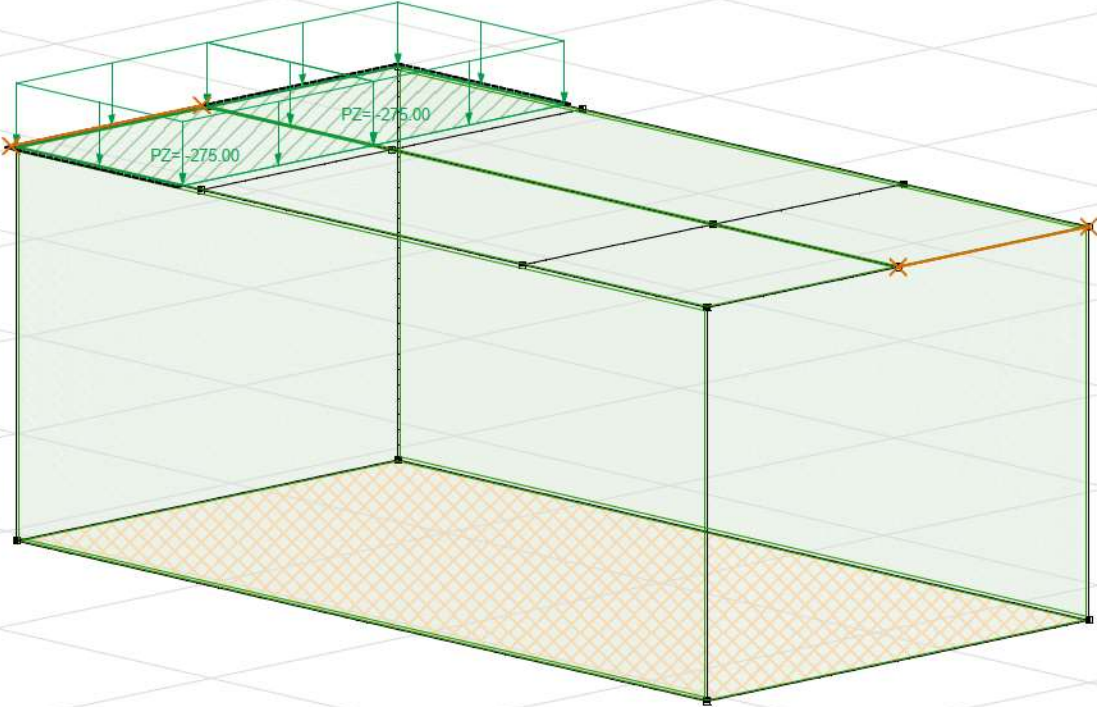
Entgleisung\_LM1

**Projekt:**

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

Norm SIA 26x  
Fall : Entgleisung\_M2



Entgleisung\_LM2

# 4 Statische Überprüfung

## 4.1 Bemessungssituation

### Tragsicherheit

#### Grenzzustand Typ 2: Bruch Tragwerk

GB 1:

---

Eigengewicht	$\gamma_G$	=	1.35
Auflast	$\gamma_G$	=	1.35
Erddruck	$\gamma_G$	=	1.35
Bahnlasten	$\gamma_Q$	=	1.45
	$\alpha$	=	1.33
	$\Phi_{dyn}$	=	1.67
Strassenlasten	$\gamma_Q$	=	1.50

#### Grenzzustand Typ 4: Ermüdung Tragwerk

GB 1:

---

Eigengewicht	$\gamma_G$	=	1.00
Auflast	$\gamma_G$	=	1.00
Erddruck	$\gamma_G$	=	1.00
Bahnlasten	$\gamma_Q$	=	1.00
	$\alpha$	=	1.00
	$\Phi_{dyn}$	=	1.67
Bahnlasten	$\gamma_Q$	=	1.00

## 4.2 Schnittkräfte (Bahnbereich)

### GZT 2

■ Biegung	Feld Decke	$m_{Ed}$	=	47 kNm/m
	Rahmeneck Decke	$m_{Ed}$	=	-30 kNm/m
	Feld Fund.	$m_{Ed}$	=	-45 kNm/m
	Rahmeneck Fund.	$m_{Ed}$	=	36 kNm/m
	Wand	$m_{Ed}$	=	-20 kNm/m
■ Querkraft	Foundation	$V_{Ed}$	=	187 kN/m

### GZT 4 – Ermüdung Dauerfestigkeit (Bahnbereich)

■ Biegung	Feld Fund., total	$m_{Ed}$	=	-83.9 kNm/m
	Feld Fund., ständig	$m_{Ed}$	=	-26.1 kNm/m
	Rahmeneck Fund., total	$m_{Ed}$	=	59.9 kNm/m
	Rahmeneck Fund., ständig	$m_{Ed}$	=	23.7 kNm/m



**Schnittkräfte GZT2 - Riegel oben (l=3.22 m)**

	M <sub>Feld</sub> [kNm]	M <sub>Eck</sub> [kNm]	V [kN]	dyn. Beiwert	ψ	M <sub>d,Feld</sub> [kNm]	M <sub>d,Eck</sub> [kNm]	V <sub>d</sub> [kN]
Eigengewicht	7.6	-2.0	22.0	-	1.35	10.3	-2.73645	29.68515
Auflast	18.9	-8.6	64.7	-	1.35	25.6	-11.6	87.3
Erddruck staendig	-4.7	-3.8	1.0		1.35	-6.3	-5.2	1.3
Bahnlast vertikal (inkl. 33% Achslastüberschreitung)	38.9	-17.7	132.9	1.67	1.45	125.2	-56.9	427.9
Bahnlast als Erddruck horiz.	-3.2	-16.5	15.6	1.00	0.7	-2.2	-11.5	10.9
Anfahrtslast Bahn	-1.9	-5.0	3.5	1.00	1.45	-2.7	-7.2	5.0
Schlingerkraft	0.0	0.0	0.0	1.67	1.45	0.0	0.0	0.0
Entgleisung 1	53.1	-24.6	172.6	1.00	1.00	53.1	-24.6	172.6
Entgleisung 2	52.2	-24.9	181.4	1.00	1.00	52.2	-24.9	181.4
<b>Summe Lastkombination 1</b>	<b>massgebend</b>					<b>149.7</b>	<b>-95.1</b>	<b>562.1</b>
Summe Lastkombination 3 (Entgl.)	nicht massgebend					82.7	-44.0	299.7
<b>Schnittkräfte AxisVM</b>						<b>150.0</b>	<b>-95.1</b>	<b>559.4</b>
Abweichung						-0.2%	0.0%	0.5%

**Schnittkräfte GZT2 - Riegel unten (l=3.22 m)**

	M <sub>Feld</sub> [kNm]	M <sub>Eck</sub> [kNm]	V [kN]	dyn. Beiwert	ψ	M <sub>d,Feld</sub> [kNm]	M <sub>d,Eck</sub> [kNm]	V <sub>d</sub> [kN]
Eigengewicht	-13.0	9.4	52.6	-	1.35	-17.5	12.63735	71.0559
Auflast	-16.8	10.6	64.6	-	1.35	-22.7	14.3	87.2
Erddruck staendig	3.7	3.7	0.0		1.35	5.0	5.0	0.0
Bahnlast vertikal (inkl. 1.33 Klassifizierungsbeiwert)	-34.6	21.7	132.8	1.67	1.45	-111.6	69.9	427.8
Bahnlast als Erddruck horiz.	2.4	21.5	16.3	1.00	0.7	1.7	15.1	11.4
Anfahrtslast Bahn	1.5	0.2	4.3	1.00	1.45	2.1	0.3	6.2
Schlingerkraft	0.0	0.0	0.0	1.67	1.45	0.0	0.0	0.0
Entgleisung 1	-45.2	27.9	172.5	1.00	1.00	-45.2	27.9	172.5
Entgleisung 2	-47.5	29.4	181.3	1.00	1.00	-47.5	29.4	181.3
<b>Summe Lastkombination 1</b>	<b>massgebend</b>					<b>-143.0</b>	<b>117.1</b>	<b>603.7</b>
Summe Lastkombination 3 (Entgl.)	nicht massgebend					-80.5	59.8	330.8
<b>Schnittkräfte AxisVM</b>						<b>-143.6</b>	<b>117.1</b>	<b>603.7</b>
Abweichung						-0.4%	0.0%	0.0%

**Schnittkräfte GZT2 - Stiel (l=3.22 m)**

	M <sub>Feld</sub> [kNm]	M <sub>Eck</sub> [kNm]	V [kN]	dyn. Beiwert	ψ	M <sub>d,Feld</sub> [kNm]	M <sub>d,Eck</sub> [kNm]	V <sub>d</sub> [kN]
Eigengewicht	-5.7	-9.4	5.6	-	1.35	-7.7	-12.65085	7.6113
Auflast	-9.6	-10.6	1.5	-	1.35	-12.9	-14.3	2.1
Erddruck staendig	8.8	-3.7	44.5		1.35	11.9	-5.0	60.1
Bahnlast vertikal (inkl. 1.33 Klassifizierungsbeiwert)	-19.7	-21.7	3.1	1.67	1.45	-63.5	-70.0	9.9
Bahnlast als Erddruck horiz.	11.4	-21.5	76.1	1.00	0.7	8.0	-15.1	53.3
Anfahrtslast Bahn	0.9	-0.2	1.6	1.00	1.45	1.3	-0.3	2.4
Schlingerkraft	0.0	0.0	0.0	1.67	1.45	0.0	0.0	0.0
Entgleisung 1	-28.0	-26.3	2.6	1.00	1.00	-28.0	-26.3	2.6
Entgleisung 2	-29.4	-27.2	3.4	1.00	1.00	-29.4	-27.2	3.4
<b>Summe Lastkombination 1</b>	<b>massgebend</b>					<b>-63.0</b>	<b>-117.2</b>	<b>135.3</b>
Summe Lastkombination 3 (Entgl.)	nicht massgebend					-36.7	-58.2	72.4
<b>Schnittkräfte AxisVM</b>						<b>-62.9</b>	<b>-117.2</b>	<b>135.4</b>
Abweichung						0.0%	0.0%	0.0%

**Schnittkräfte GZT4 - Riegel oben (l=3.22 m)**

	M <sub>Feld</sub> [kNm]	M <sub>Eck</sub> [kNm]	V [kN]	dyn. Beiwert	ψ	M <sub>d,Feld</sub> [kNm]	M <sub>d,Eck</sub> [kNm]	V <sub>d</sub> [kN]
Eigengewicht	7.6	-2.0	22.0	-	1	7.6	-2	22
Auflast	18.9	-8.6	64.7	-	1	18.9	-8.6	64.7
Erddruck staendig	-4.7	-3.8	1.0		1	-4.7	-3.8	1.0
Bahnlast vertikal	38.9	-17.7	132.9	1.67	1	65.0	-29.6	221.9
<b>Summe Lastkombination 2</b>						<b>86.8</b>	<b>-44.0</b>	<b>309.6</b>
Staedig						21.8	-14.4	87.7
<b>Delta</b>						<b>65.0</b>	<b>-29.6</b>	<b>221.9</b>

**Schnittkräfte GZT4 - Riegel unten (l=3.22 m)**

	M <sub>Feld</sub> [kNm]	M <sub>Eck</sub> [kNm]	V [kN]	dyn. Beiwert	ψ	M <sub>d,Feld</sub> [kNm]	M <sub>d,Eck</sub> [kNm]	V <sub>d</sub> [kN]
Eigengewicht	-13.0	9.4	52.6	-	1	-13.0	9.4	52.6
Auflast	-16.8	10.6	64.6	-	1	-16.8	10.6	64.6
Erddruck staendig	3.7	3.7	0.0		1	3.7	3.7	0.0
Bahnlast vertikal	-34.6	21.7	132.8	1.67	1	-57.8	36.2	221.8
<b>Summe Lastkombination 2</b>						<b>-83.9</b>	<b>59.9</b>	<b>339.0</b>
Staedig						-26.1	23.7	117.2
<b>Delta</b>						<b>-57.8</b>	<b>36.2</b>	<b>221.8</b>

**Projekt:**

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmalere.axs**

24.10.2022

## Benutzerdefinierte Lastkombinationen aus Lastfällen

	Name	Typ	ST1	Eigengewicht (EG+AL)	PBD+SS (EG+AL)	Schotter (EG+AL)	Schwelle+Schiene (EG+AL)	Erdruhedruck (Erdruhedruck)	Erddruck_Bahn (Erddruck_Bahn)	LM1 (Bahnlast)	Anfahrkraft (Anfahrt-Brems)	Schlingerkraft (Schlinger)
1	1. Lk	GZ Typ 2	0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	0.70	3.22	1.45	2.42
2	2. Lk GZT 4	-	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0	1.67	0	0
3	3. Lk Entgl.	GZ Typ 2	0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0
4	4. Lk quasiständig	-	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0	0	0	0

	Entgleisung_LM1 (Entgleisung)	Entgleisung_LM2 (Entgleisung)	Bemerkung
1	0	0	
2	0	0	
3	1.00	0	
4	0	0	

Name: Name der Lastkombination; Typ: Lastkombinationstyp;

ST1, Eigengewicht (EG+AL), PBD+SS (EG+AL), Schotter (EG+AL), Erdruhedruck (Erdruhedruck), Erddruckgahn (Erddruckgahn), LM1 (Bahnlast), Anfahrkraft (Anfahrt-Brems), Schlingerkraft (Schlinger), Entgleisung, M1 (Entgleisung), Entgleisung...

**Projekt:**

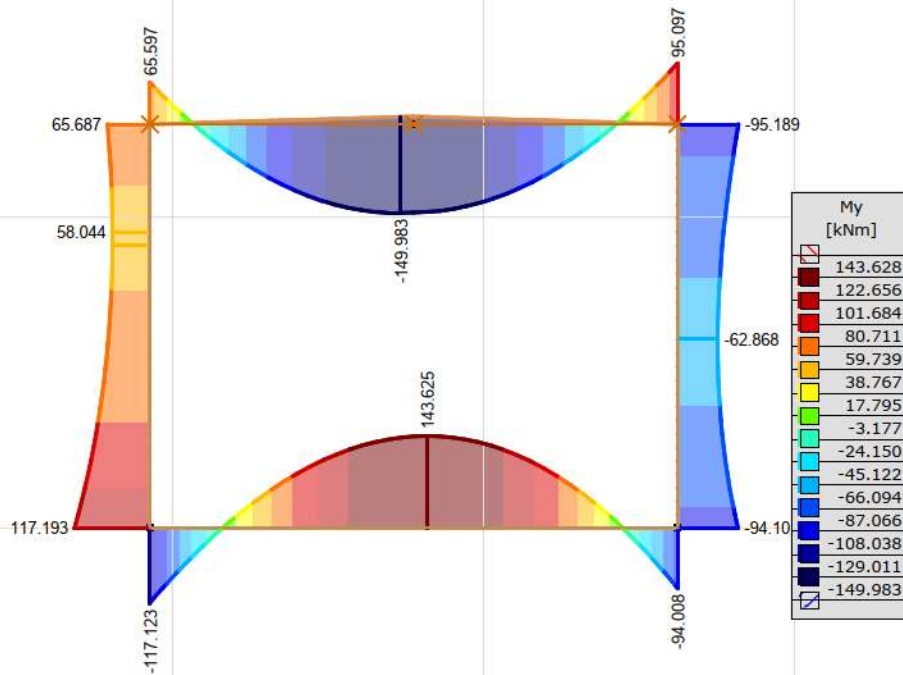
32)

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs

24.10.2022

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: 1. Lk
E (P)	: 1.08E-6
E (W)	: 1.08E-6
E (ER)	: 4.40E-9
Komp.	: My [kNm]
Max	: 143.625
Min	: -149.983



[I], Linear, 1. Lk (GZ Typ 2), My, Ausgefülltes Diagramm, Vorderansicht

**Projekt:**

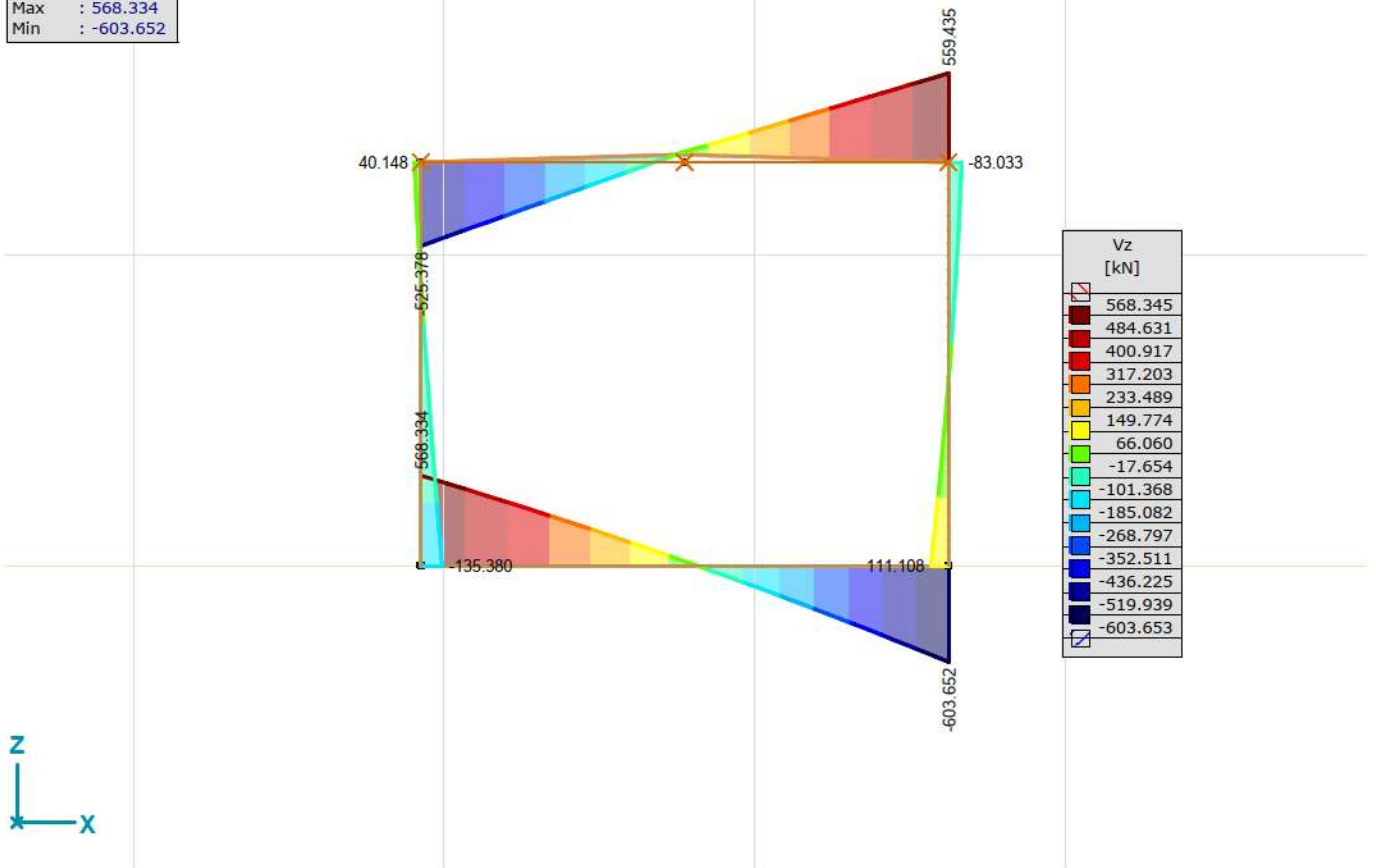
33)

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

24.10.2022

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: 1. Lk
E (P)	: 1.08E-6
E (W)	: 1.08E-6
E (ER)	: 4.40E-9
Komp.	: Vz [kN]
Max	: 568.334
Min	: -603.652



[I], Linear, 1. Lk (GZ Typ 2), Vz, Ausgefülltes Diagramm, Vorderansicht

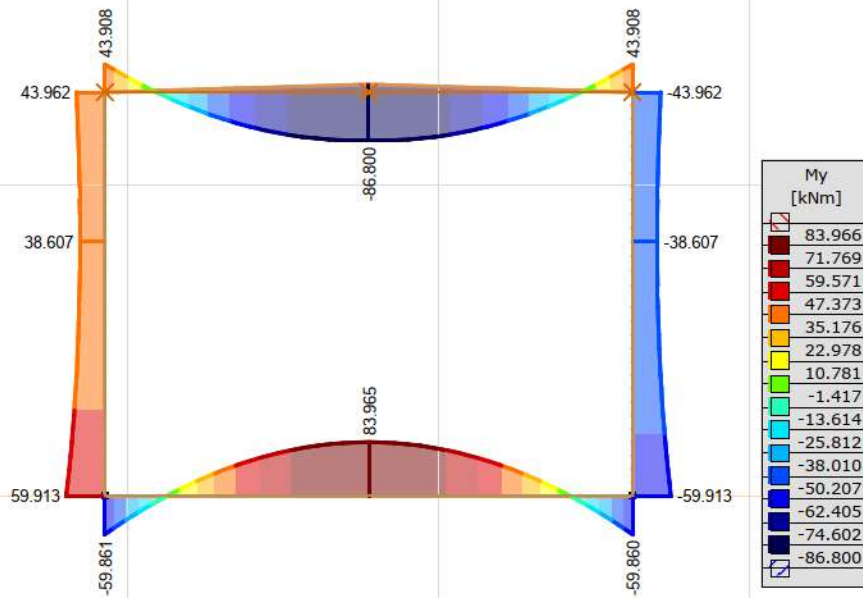
**Projekt:**

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

24.10.2022

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: 2. Lk GZT 4
E (P)	: 1.08E-6
E (W)	: 1.08E-6
E (ER)	: 4.40E-9
Komp.	: My [kNm]
Max	: 83.965
Min	: -86.800



[1], Linear, 2. Lk GZT 4, My, Ausgefülltes Diagramm, Vorderansicht

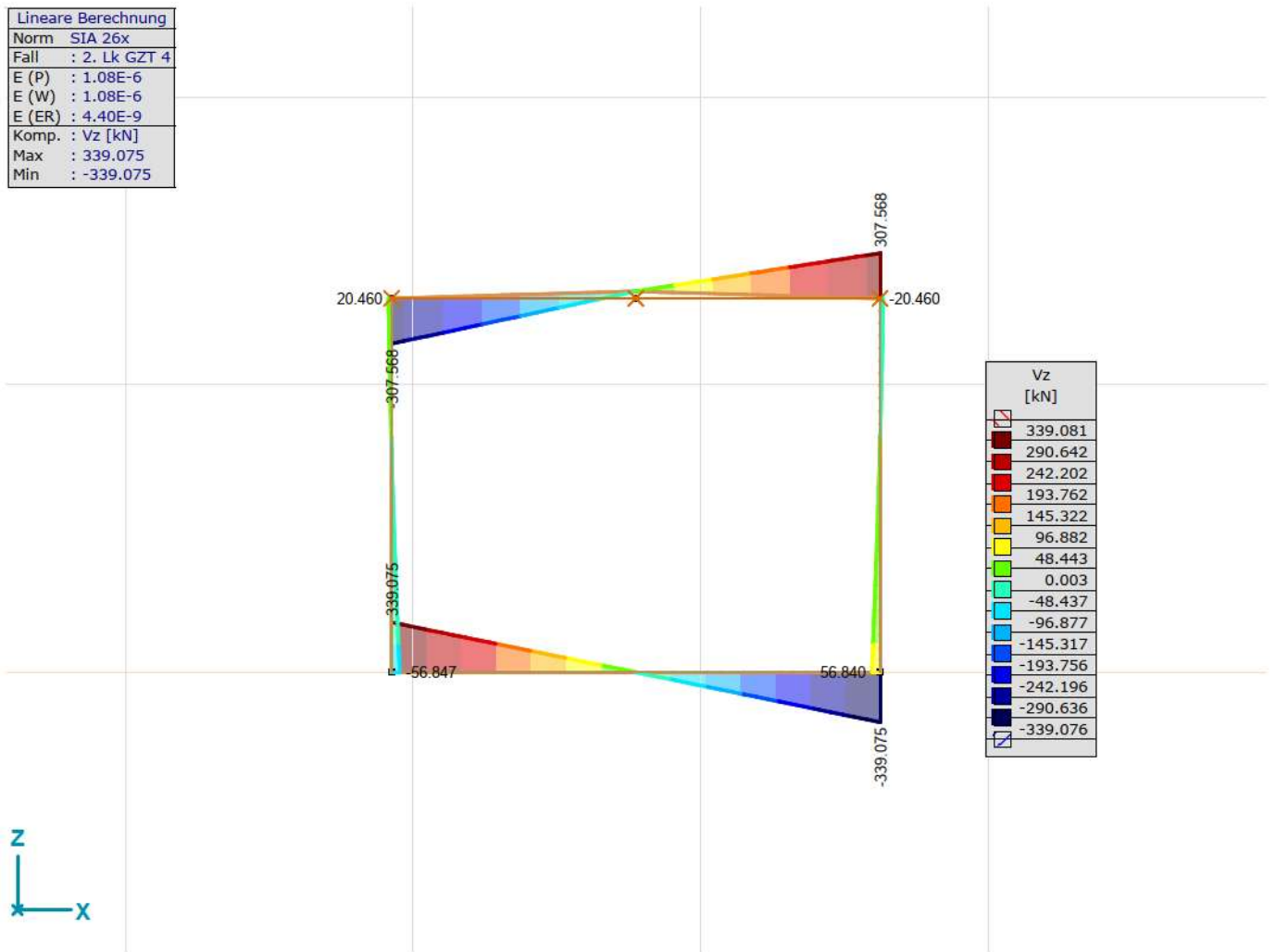
**Projekt:**

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

24.10.2022

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: 2. Lk GZT 4
E (P)	: 1.08E-6
E (W)	: 1.08E-6
E (ER)	: 4.40E-9
Komp.	: Vz [kN]
Max	: 339.075
Min	: -339.075



[!], Linear, 2. Lk GZT 4, Vz, Ausgefülltes Diagramm, Vorderansicht

**Projekt:**

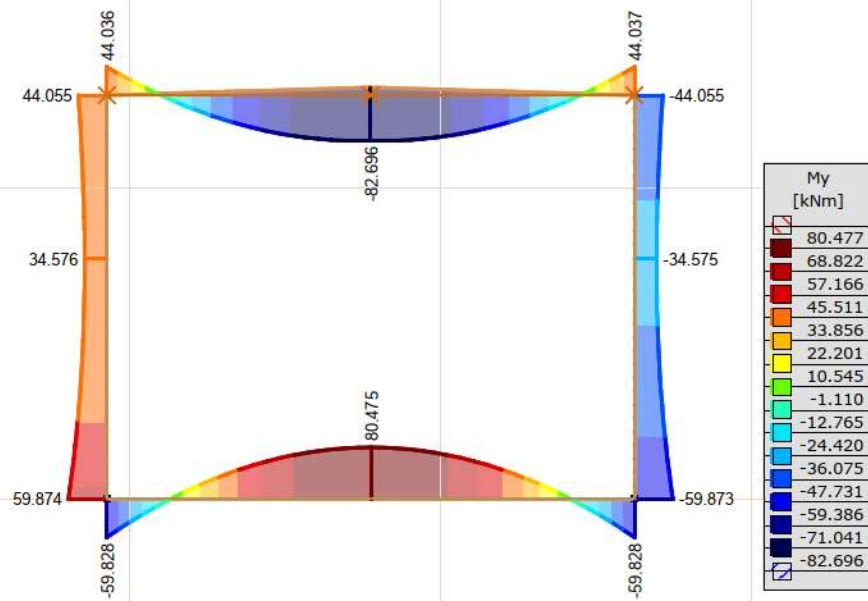
36)

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

24.10.2022

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: 3. Lk Entgl.
E (P)	: 1.08E-6
E (W)	: 1.08E-6
E (ER)	: 4.40E-9
Komp.	: My [kNm]
Max	: 80.475
Min	: -82.696



[!], Linear, 3. Lk Entgl. (GZ Typ 2), My, Ausgefülltes Diagramm, Vorderansicht

**Projekt:**

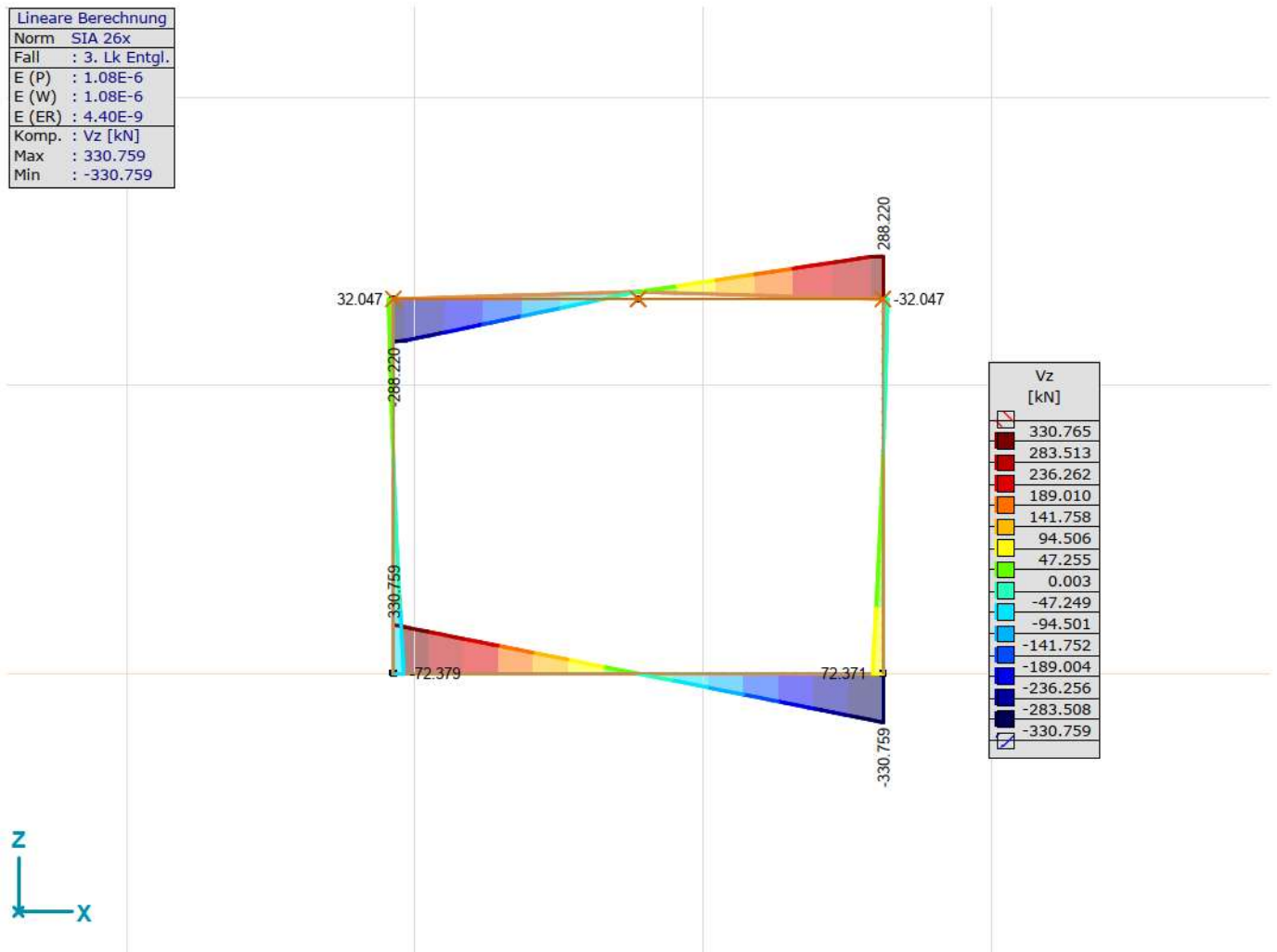
37)

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

24.10.2022

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: 3. Lk Entgl.
E (P)	: 1.08E-6
E (W)	: 1.08E-6
E (ER)	: 4.40E-9
Komp.	: Vz [kN]
Max	: 330.759
Min	: -330.759



[I], Linear, 3. Lk Entgl. (GZ Typ 2), Vz, Ausgefülltes Diagramm, Vorderansicht



**Projekt:**

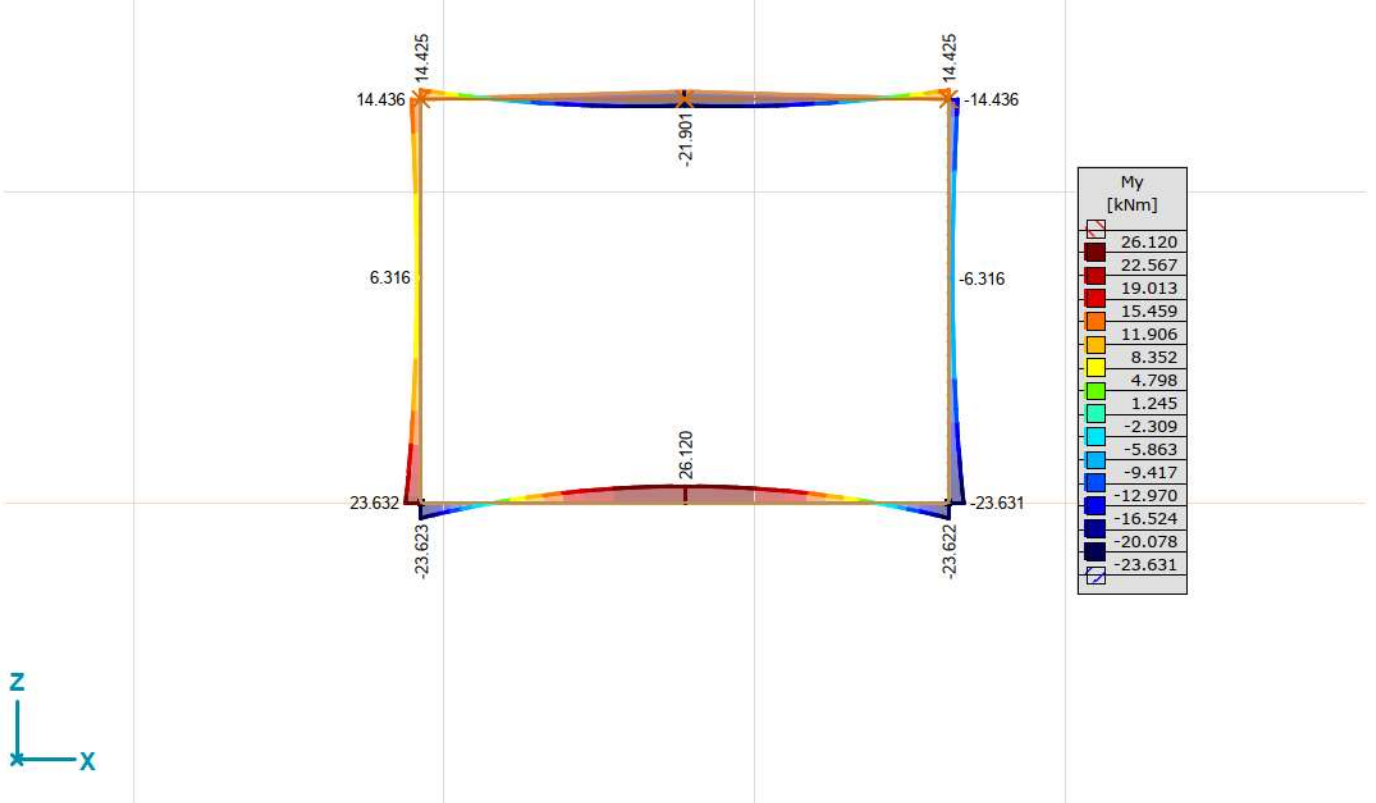
38)

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

24.10.2022

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: 4. Lk quasiständig
E (P)	: 1.08E-6
E (W)	: 1.08E-6
E (ER)	: 4.40E-9
Komp.	: My [kNm]
Max	: 26.120
Min	: -23.631



[1], Linear, 4. Lk quasiständig, My, Ausgefülltes Diagramm, Vorderansicht

**Projekt:**

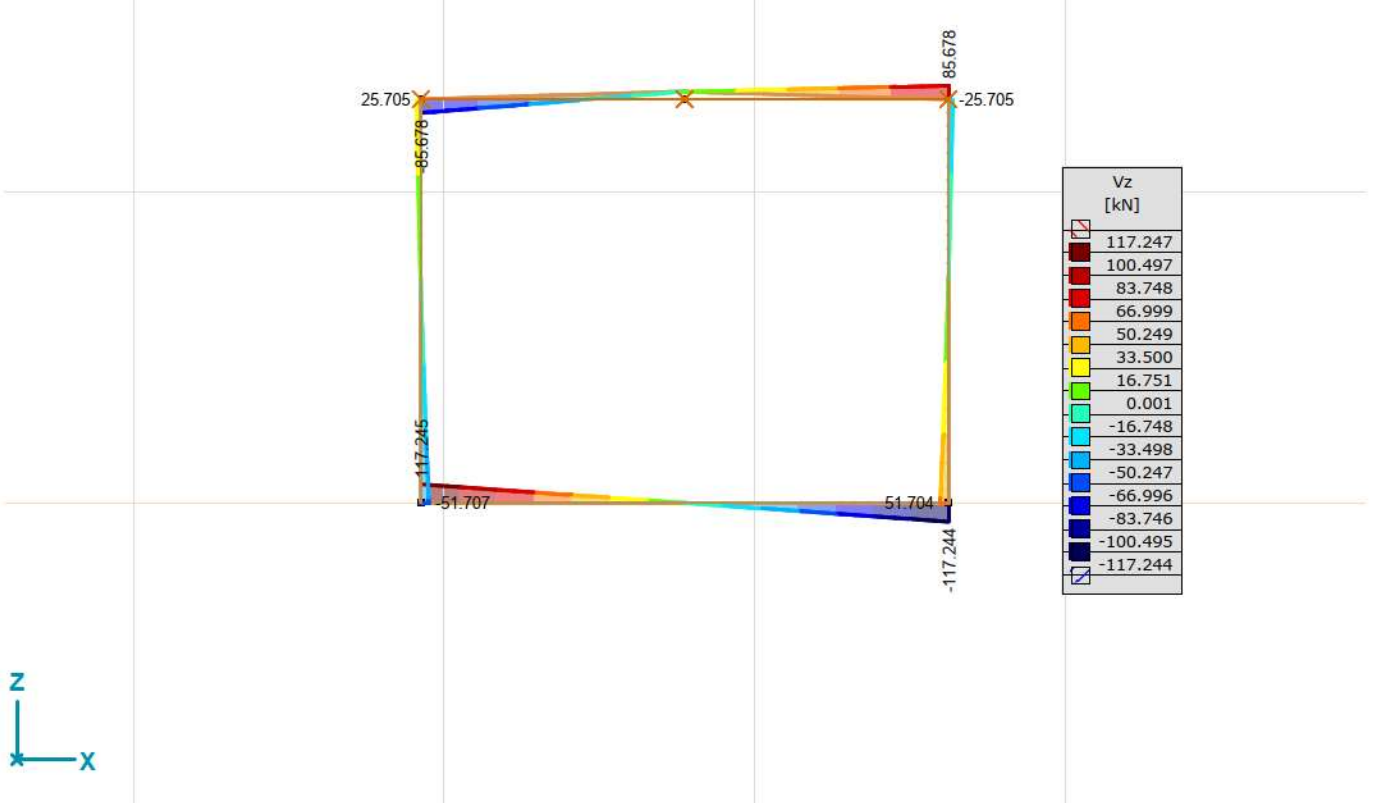
39)

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

24.10.2022

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: 4. Lk quasiständig
E (P)	: 1.08E-6
E (W)	: 1.08E-6
E (ER)	: 4.40E-9
Komp.	: Vz [kN]
Max	: 117.245
Min	: -117.244



[I], Linear, 4. Lk quasiständig, Vz, Ausgefülltes Diagramm, Vorderansicht

### **4.3 Nachweise Tragsicherheit GZT 2 (Bahnbereich)**

# Nachweise Tragsicherheit Typ 2

41)

## • Biegetragsicherheit (vgl. ff.)

o Decke Feld :  $M_d = 46,6 \text{ kNm} < M_{rd} = 130,3 \text{ kNm}$   
 $\phi 14 \text{ mm}, t = 150 \text{ mm}$   
 $h = 350 \text{ mm}$   
(Mindestbewehrung massg.)

$$s = \frac{130,3}{46,6} = \underline{\underline{2,8}} > 1,0 \text{ i.o.} \checkmark$$

o Decke Rahmeneck :  $M_d = 29,5 \text{ kNm} < M_{rd} = 108 \text{ kNm}$   
 $\phi 14 \text{ mm}, t = 150 \text{ mm}$   
 $h = 300 \text{ mm}$   
(Mindestbewehrung massg.)

$$s = \frac{108}{29,5} = \underline{\underline{3,7}} > 1,0 \text{ i.o.} \checkmark$$

o Fund. Feld :  $M_d = 44,6 \text{ kNm} < M_{rd} = 108 \text{ kNm}$   
 $\phi 14 \text{ mm}, t = 150 \text{ mm}$   
 $h = 300 \text{ mm}$   
(Mindestbewehrung massg.)

$$s = \frac{108}{44,6} = \underline{\underline{2,4}} > 1,0 \text{ i.o.} \checkmark$$

o Fund. Rahmeneck :  $M_d = 36,4 \text{ kNm} < M_{rd} = 108 \text{ kNm}$   
 $\phi 14 \text{ mm}, t = 150 \text{ mm}$   
 $h = 300 \text{ mm}$   
(Mindestbewehrung massg.)

$$s = \frac{108}{36,4} = \underline{\underline{3,0}} > 1,0 \text{ i.o.} \checkmark$$

◦ Wand oben:

nicht massgebend

◦ Wand unten:

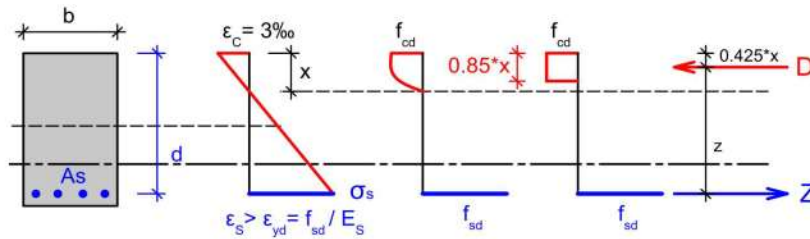
$\phi 14 \text{ mm}$ ,  $t = 150 \text{ mm}$

$h = 300 \text{ mm}$

(Mindestbewehrung massg.)

$$M_d = 36.4 \text{ kNm} < M_{rd} = 108 \text{ kNm}$$

$$s = \frac{108}{36.4} = \underline{\underline{3.0}} > 1.0 \text{ i.o.} \checkmark$$



<b>Querschnitt</b>	<b>b</b>	<b>1'000 mm</b>	<b>Breite</b>
	<b>h</b>	<b>350 mm</b>	<b>Plattenstärke</b>
	$\varnothing_{As}$	14 mm	$\varnothing$ Bewehrung
	e	40 mm	Eisenüberdeckung
	d	303 mm	
	s	150 mm	Teilung
	n	6.67 Stück	
	$A_s$	1'026 mm <sup>2</sup>	← Mindestbewehrung
	$f_{cd}$	20 N/mm <sup>2</sup>	
	$f_{sd}$	435 N/mm <sup>2</sup>	

**Einwirkung**  $M_d$  **46.6 kNm**

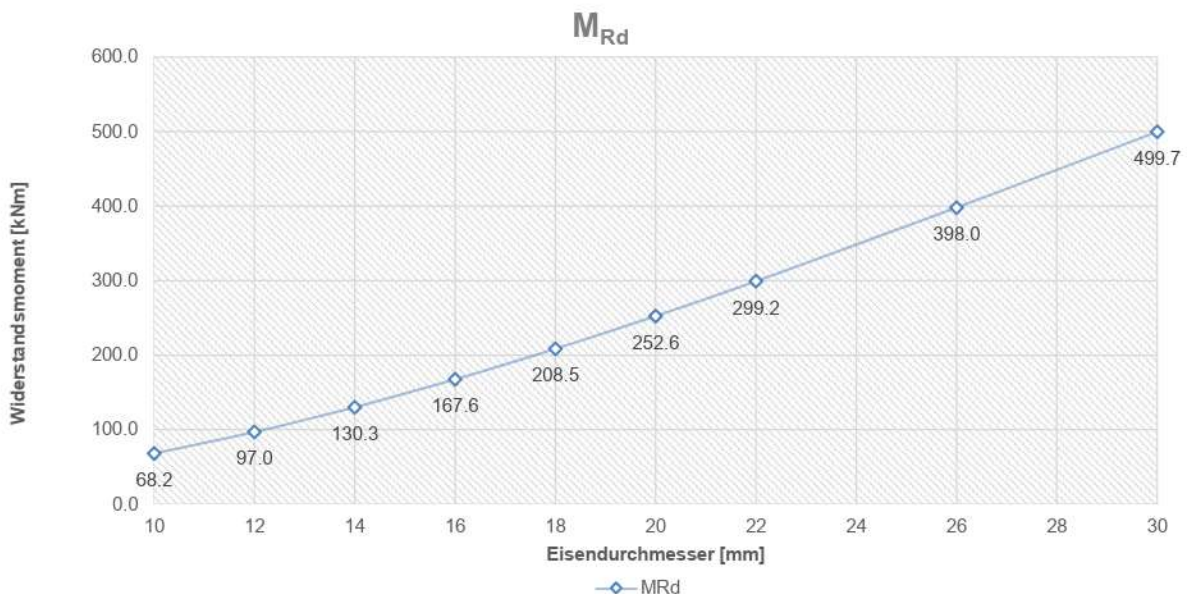
**Nachweis** x 26.26 mm

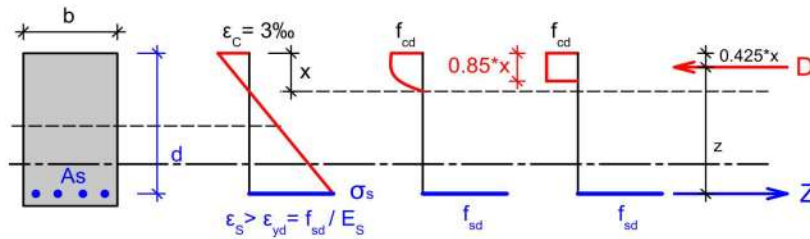
$$x = \frac{A_s \cdot f_{sd}}{0.85 \cdot b \cdot f_{cd}}$$

$M_{Rd}$  **130.3** >  $M_d$  **46.6 kNm** → **i.O.**  $M_{Rd} = Z \cdot z = A_s \cdot f_{sd} (d - k_2 \cdot x)$

Traglastfaktor  $S (M_{Rd}/M_d) = 2.80$

Durchm.	Fläche	$A_s$	$D_R = Z_R$	x	Stahlfluss bei Betonbr. x < d/2	$M_{Rd}$	$m_{Rd}$
mm	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	kN	mm		kNm	kNm/m
8	50	335	145.77	8.57	i.O.	44.1	44.1
10	79	524	227.77	13.40	i.O.	68.2	68.2
12	113	754	327.98	19.29	i.O.	97.0	97.0
14	154	1026	446.42	26.26	i.O.	130.3	130.3
16	201	1340	583.08	34.30	i.O.	167.6	167.6
18	254	1696	737.96	43.41	i.O.	208.5	208.5
20	314	2094	911.06	53.59	i.O.	252.6	252.6
22	380	2534	1'102.38	64.85	i.O.	299.2	299.2
26	531	3540	1'539.69	90.57	i.O.	398.0	398.0
30	707	4712	2'049.89	120.58	i.O.	499.7	499.7
34	908	6053	2'632.97	154.88	i.O.	598.1	598.1





Querschnitt	<b>b</b>	<b>1'000 mm</b>	<b>Breite</b>
	<b>h</b>	<b>300 mm</b>	<b>Plattenstärke</b>
	∅ <sub>As</sub>	14 mm	∅ Bewehrung
	e	40 mm	Eisenüberdeckung
	d	253 mm	
	s	150 mm	Teilung
	n	6.67 Stück	
	A <sub>s</sub>	1'026 mm <sup>2</sup>	← Mindestbewehrung
	f <sub>cd</sub>	20 N/mm <sup>2</sup>	
	f <sub>sd</sub>	435 N/mm <sup>2</sup>	

Einwirkung **M<sub>d</sub>** **29.5 kNm**

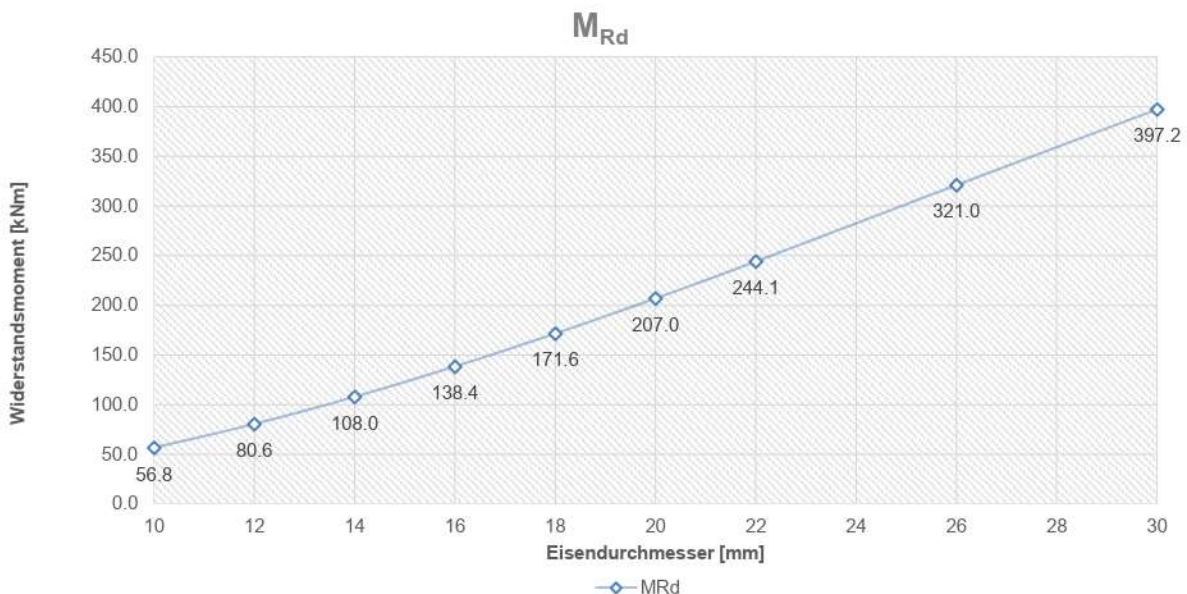
Nachweis **x** 26.26 mm

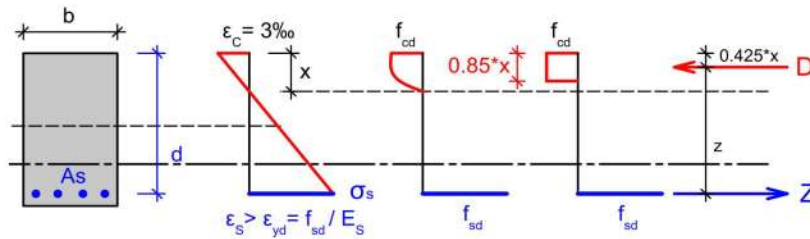
$$x = \frac{A_s \cdot f_{sd}}{0.85 \cdot b \cdot f_{cd}}$$

**M<sub>Rd</sub>** **108.0** > **M<sub>d</sub>** **29.5 kNm** → **i.O.**  $M_{Rd} = Z \cdot z = A_s \cdot f_{sd} (d - k_2 \cdot x)$

Traglastfaktor S (M<sub>Rd</sub>/M<sub>d</sub>) = 3.66

Durchm.	Fläche	A <sub>s</sub>	D <sub>R</sub> = Z <sub>R</sub>	x	Stahlfluss bei Betonbr. x < d/2	M <sub>Rd</sub>	m <sub>Rd</sub>
mm	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	kN	mm		kNm	kNm/m
8	50	335	145.77	8.57	i.O.	36.8	36.8
10	79	524	227.77	13.40	i.O.	56.8	56.8
12	113	754	327.98	19.29	i.O.	80.6	80.6
14	154	1026	446.42	26.26	i.O.	108.0	108.0
16	201	1340	583.08	34.30	i.O.	138.4	138.4
18	254	1696	737.96	43.41	i.O.	171.6	171.6
20	314	2094	911.06	53.59	i.O.	207.0	207.0
22	380	2534	1'102.38	64.85	i.O.	244.1	244.1
26	531	3540	1'539.69	90.57	i.O.	321.0	321.0
30	707	4712	2'049.89	120.58	i.O.	397.2	397.2
34	908	6053	2'632.97	154.88	i.O.	466.5	466.5





Querschnitt	<b>b</b>	<b>1'000 mm</b>	<b>Breite</b>
	<b>h</b>	<b>300 mm</b>	<b>Plattenstärke</b>
	∅ <sub>As</sub>	14 mm	∅ Bewehrung
	e	40 mm	Eisenüberdeckung
	d	253 mm	
	s	150 mm	Teilung
	n	6.67 Stück	
	A <sub>s</sub>	1'026 mm <sup>2</sup>	← Mindestbewehrung
	f <sub>cd</sub>	20 N/mm <sup>2</sup>	
	f <sub>sd</sub>	435 N/mm <sup>2</sup>	

Einwirkung **M<sub>d</sub>** **44.6 kNm**

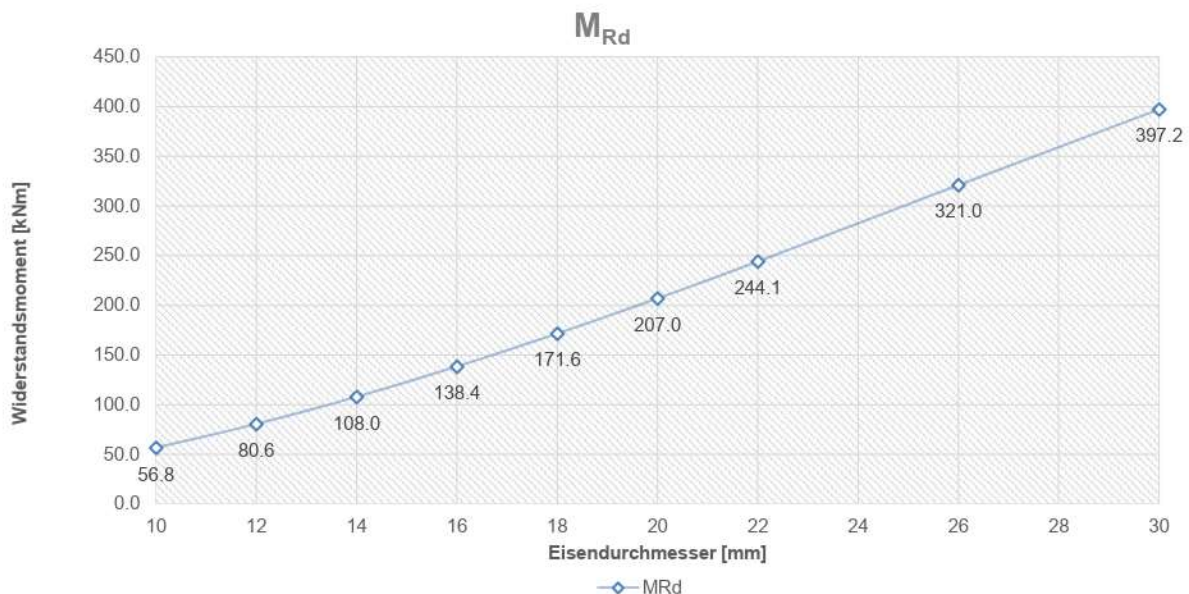
Nachweis **x** 26.26 mm

$$x = \frac{A_s \cdot f_{sd}}{0.85 \cdot b \cdot f_{cd}}$$

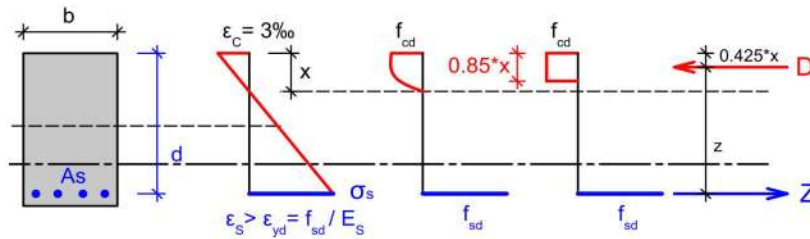
**M<sub>Rd</sub>** **108.0** > **M<sub>d</sub>** **44.6 kNm** → **i.O.**  $M_{Rd} = Z \cdot z = A_s \cdot f_{sd} (d - k_2 \cdot x)$

Traglastfaktor S (M<sub>Rd</sub>/M<sub>d</sub>) = 2.42

Durchm.	Fläche	A <sub>s</sub>	D <sub>R</sub> = Z <sub>R</sub>	x	Stahlfluss bei Betonbr.	M <sub>Rd</sub>	m <sub>Rd</sub>
mm	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	kN	mm	x < d/2	kNm	kNm/m
8	50	335	145.77	8.57	i.O.	36.8	36.8
10	79	524	227.77	13.40	i.O.	56.8	56.8
12	113	754	327.98	19.29	i.O.	80.6	80.6
14	154	1026	446.42	26.26	i.O.	108.0	108.0
16	201	1340	583.08	34.30	i.O.	138.4	138.4
18	254	1696	737.96	43.41	i.O.	171.6	171.6
20	314	2094	911.06	53.59	i.O.	207.0	207.0
22	380	2534	1'102.38	64.85	i.O.	244.1	244.1
26	531	3540	1'539.69	90.57	i.O.	321.0	321.0
30	707	4712	2'049.89	120.58	i.O.	397.2	397.2
34	908	6053	2'632.97	154.88	i.O.	466.5	466.5







Querschnitt	<b>b</b>	<b>1'000 mm</b>	<b>Breite</b>
	<b>h</b>	<b>300 mm</b>	<b>Plattenstärke</b>
	∅ <sub>As</sub>	14 mm	∅ Bewehrung
	e	40 mm	Eisenüberdeckung
	d	253 mm	
	s	150 mm	Teilung
	n	6.67 Stück	
	A <sub>s</sub>	1'026 mm <sup>2</sup>	← Mindestbewehrung
	f <sub>cd</sub>	20 N/mm <sup>2</sup>	
	f <sub>sd</sub>	435 N/mm <sup>2</sup>	

Einwirkung **M<sub>d</sub>** **36.4 kNm**

Nachweis **x** 26.26 mm

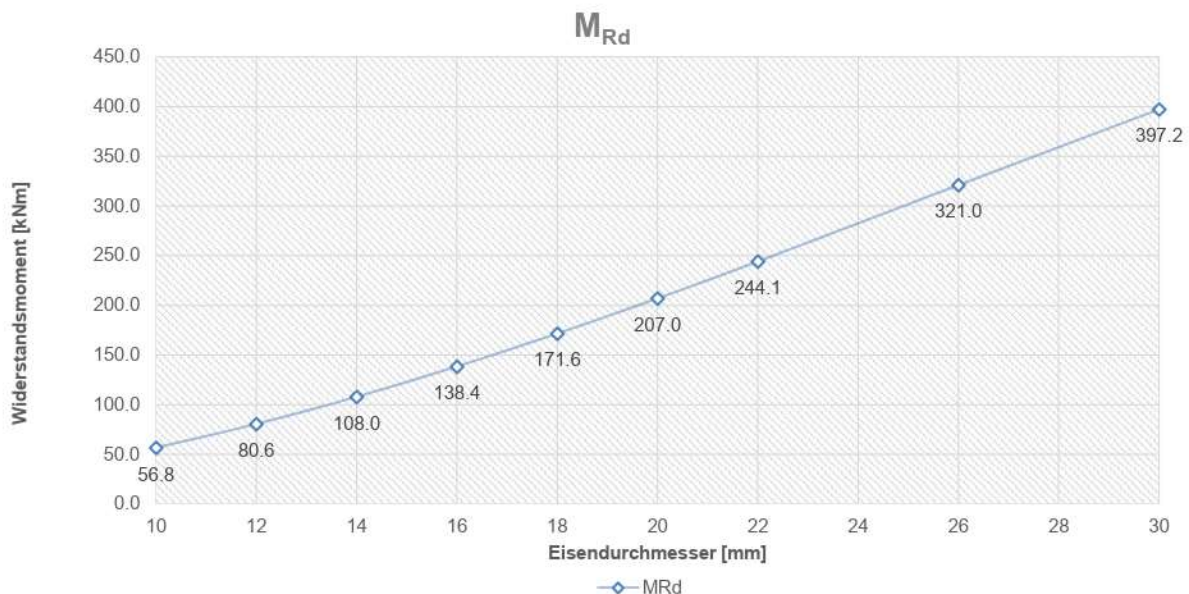
$$x = \frac{A_s \cdot f_{sd}}{0.85 \cdot b \cdot f_{cd}}$$

**M<sub>Rd</sub>** 108.0 > **M<sub>d</sub>** 36.4 kNm → i.O

$$M_{Rd} = Z \cdot z = A_s \cdot f_{sd} (d - k_2 \cdot x)$$

Traglastfaktor S (M<sub>Rd</sub>/M<sub>d</sub>) = 2.97

Durchm.	Fläche	A <sub>s</sub>	D <sub>R</sub> = Z <sub>R</sub>	x	Stahlfluss bei Betonbr. x < d/2	M <sub>Rd</sub>	m <sub>Rd</sub>
mm	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	kN	mm		kNm	kNm/m
8	50	335	145.77	8.57	i.O.	36.8	36.8
10	79	524	227.77	13.40	i.O.	56.8	56.8
12	113	754	327.98	19.29	i.O.	80.6	80.6
14	154	1026	446.42	26.26	i.O.	108.0	108.0
16	201	1340	583.08	34.30	i.O.	138.4	138.4
18	254	1696	737.96	43.41	i.O.	171.6	171.6
20	314	2094	911.06	53.59	i.O.	207.0	207.0
22	380	2534	1'102.38	64.85	i.O.	244.1	244.1
26	531	3540	1'539.69	90.57	i.O.	321.0	321.0
30	707	4712	2'049.89	120.58	i.O.	397.2	397.2
34	908	6053	2'632.97	154.88	i.O.	466.5	466.5



- Querkraft

$$\text{Fund.} \quad V_{Ed, \max} = \frac{604 \text{ kN}}{3,22 \text{ m}} = 188 \text{ kN/m'}$$

massgebender Schnitt bei  $d_u/2$  ab  
 Auflagerend  $\rightarrow 0,3/2 + 0,3/2 = 0,3 \text{ m ab Axe}$

$$V_{Ed, \text{massg}} = \frac{369}{3,22} = 115 \text{ kN/m'}$$

$$M_{zy} = \frac{-52}{3,22} = 16 \text{ kNm/m'}$$

### Näherungsstufe I:

$$0,16 \cdot d = 0,16 \cdot 0,3 \text{ m} = 0,18 \text{ m}$$

$$\epsilon_u = \frac{f_{sd}}{E_s} = \frac{435}{205'000} = 0,00212$$

$$k_g = \frac{48}{16 + D_{\max}} = \frac{48}{16 + 32} = 1,0$$

$$k_d = \frac{1}{(1 + \epsilon_u \cdot d \cdot k_g)} = \frac{1}{(1 + 0,00212 \cdot 300 \cdot 1,0)} = 0,651$$

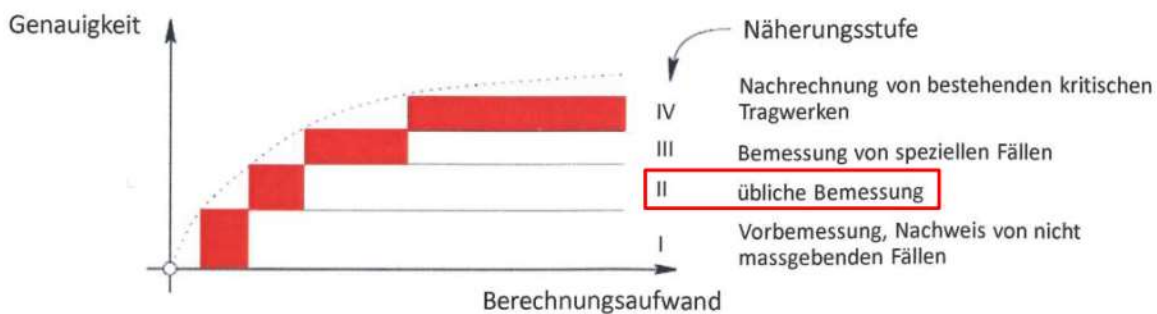
$$U_{Rd} = k_d \cdot \tau_{ca} \cdot d_u = 0,651 \cdot 1,1 \cdot 253 = 181 \text{ kN/m}$$

$$\underline{\underline{V_{Ed, \text{massg}} = 107 \text{ kN/m'} < U_{Rd} = 181 \text{ kN/m'} \quad \text{i. O. } \checkmark}}$$

Nachweis nach SIA 262 (2013)

Querschnitt	<b>h</b>	<b>300 mm</b>	<b>Plattenhöhe</b> Plattenbreite (Betrachtung 1 m Streifen) Eisenüberdeckung Ø Bewehrung Teilung Eisenüberdeckung $h-e-\delta_{as}/2$
	b	1'000 mm	
	e	40 mm	
	$\delta_{as}$	14 mm	
	s	150 mm	
	<b>d<sub>v</sub></b>	<b>253 mm</b>	
	<b>A<sub>s</sub></b>	1'026 mm <sup>2</sup> /m	
Material	<b>f<sub>cd</sub></b>	<b>20 N/mm<sup>2</sup></b>	Gröstkorn Beton
	<b>τ<sub>cd</sub></b>	<b>1.1 N/mm<sup>2</sup></b>	
	<b>f<sub>sd</sub></b>	<b>435 N/mm<sup>2</sup></b>	
	<b>D<sub>max</sub></b>	<b>32 mm</b>	
Einwirkung	<b>V<sub>d</sub></b>	<b>115 kN/m</b>	

**Näherungsstufen** (Quelle: Vortrag TFB AG Querkraft- Durchstanzsicherheit Fahrbahnplatten, 08.09.2015, Aurelio Muttoni)



## Näherungsstufe I

Beiwerte	$\epsilon_v$	0.00212	$\epsilon_v = \frac{f_{sd}}{E_s}$	
	$k_g$	1.00	$k_g = \frac{48}{16 + D_{max}}$	$D_{max}$ in mm
	$k_d$	0.651	$k_d = \frac{1}{1 + \epsilon_v d k_g}$	d in mm

$$V_{Rd} = k_d \tau_{cd} d_v = 181.1 \text{ kN/m} > V_d = 115 \text{ kN/m} \quad \text{i.O.} \quad S = 1.57$$

## Näherungsstufe II

Einwirkung	<b>m<sub>d</sub></b>	<b>-66 kNm/m</b>	
	<b>m<sub>Rd</sub></b>	<b>108.0 kNm/m</b>	
Beiwerte	$\epsilon_v$	-0.00130	$\epsilon_v = \frac{f_{sd}}{E_s} \frac{m_d}{m_{Rd}}$
	$k_g$	1.00	$k_g = \frac{48}{16 + D_{max}}$ $D_{max}$ in mm
	$k_d$	1.489	$k_d = \frac{1}{1 + \epsilon_v d k_g}$ d in mm

$$V_{Rd} = k_d \tau_{cd} d_v = 414.3 \text{ kN/m} > V_d = 115 \text{ kN/m} \quad \text{i.O.} \quad S = 3.6$$

#### **4.4 Nachweise Ermüdung GZT 4 (Bahnbereich)**

# Nachweis Ermüdung Trag 4

50)

- Biegung - Dauerfestigkeit

Fund. Feldmoment:

$$M_{Qfat} = \frac{-26,1 \text{ kNm}}{3,22 \text{ m}} = -8,1 \text{ kNm/m} \rightarrow a_s = \phi 14/150$$

$$\Delta \sigma_{sd}(Qfat) = 33 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta \sigma_{sd, fat, act} = 145 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta \sigma_{sd, 0} = 0,8 \cdot 145 = 116 \text{ N/mm}^2$$

$$\underline{\underline{\Delta \sigma_{sd}(Qfat) = 33 \text{ N/mm}^2 < \Delta \sigma_{sd, 0} = 116 \text{ N/mm}^2 \quad i. O. \checkmark}}$$

$$s = \frac{116}{33} = \underline{\underline{3,5 > 1,0}}$$

Fund. Rahmeneck:

$$M_{Qfat} = \frac{23,7 \text{ kNm}}{3,22 \text{ m}} = 7,4 \text{ kNm/m} \rightarrow a_s = \phi 14/150$$

$$\Delta \sigma_{sd}(Qfat) = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta \sigma_{sd, fat, act} = 145 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta \sigma_{sd, 0} = 0,8 \cdot 145 \cdot 0,506 = 58 \text{ N/mm}^2$$

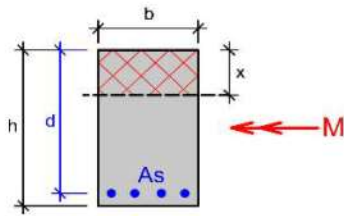
Abbiegeradius  $d_z$

$$\underline{\underline{\Delta \sigma_{sd}(Qfat) = 30 \text{ N/mm}^2 < \Delta \sigma_{sd, 0} = 58 \text{ N/mm}^2 \quad i. O. \checkmark}}$$

$$s = \frac{58}{30} = \underline{\underline{1,9 > 1,0}}$$

# Ermüdung | Bewehrung (schlaff)

Riegel unten, Feld



<b>Einwirkung</b>	$M_{fat}$	8.1 kNm	
<b>Querschnitt</b>	$h$	300 mm	<b>Höhe</b>
	$b$	1'000 mm	<b>Breite</b>
	$e$	40 mm	Eisenüberdeckung
	$\varnothing A_s$	14 mm	$\varnothing$ Bewehrung
	$s$	150 mm	Teilung
	$d$	253 mm	Eisenüberdeckung $h-e-\varnothing_{As}/2$
	$A_s$	1'026 mm <sup>2</sup>	

<b>Material</b>	$f_{cd}$	20.0 N/mm <sup>2</sup>	wird nicht benötigt
	$f_{sd}$	435 N/mm <sup>2</sup>	
	$E_s$	205'000 N/mm <sup>2</sup>	
	$E_c$	34'000 N/mm <sup>2</sup>	
	$n$	6.0	(kurzfristige Einwirkung)

<b>Spannung</b>	$x$	50.1 mm	$x = n \cdot \frac{A_s}{b} \cdot \left[ \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{n \cdot A_s}} - 1 \right]$
	$I$	296'655'161 mm <sup>4</sup>	$I_I = \frac{b \cdot x^3}{3} + (d-x)^2 \cdot n \cdot A_s$
	$\Delta\sigma_{sd}(Q_{fat})$	33 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s = n \cdot \frac{M}{I_I} \cdot (d-x)$

**Nachweis**

Dauerfestigkeit

4.3.8.2.3 Der Ermüdungsnachweis erfolgt zunächst für die Dauerfestigkeit:

$$\Delta\sigma_{sd}(Q_{fat}) \leq \Delta\sigma_{sd,D}$$

$\Delta\sigma_{sd,fat}$  145 N/mm<sup>2</sup> mit  $\Delta\sigma_{sd,D} \cong 0,8 \Delta\sigma_{sd,fat}$

$\Delta\sigma_{sd,D}$  116 N/mm<sup>2</sup> >  $\Delta\sigma_{sd}(Q_{fat})$  33 N/mm<sup>2</sup>

**i.O --> kein Nachweis Betriebsfestigkeit erforderlich**

Betriebsfestigkeit

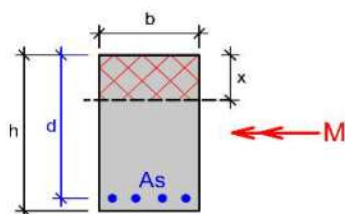
$$\Delta\sigma_{ed} = \lambda \Delta\sigma_{sd}(Q_{fat}) \leq \Delta\sigma_{sd,fat}$$

$\lambda_1$	0.70	gem. SIA 261, Anhang G
$\lambda_2$	1.00	gem. SIA 261, Anhang G
$\lambda_3$	1.00	gem. SIA 261, Anhang G
$\lambda_4$	1.00	gem. SIA 261, Anhang G
$\lambda$	0.70	$\lambda = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4$ jedoch $\lambda \leq \lambda_{max}$

$\lambda \Delta\sigma_{sd}(Q_{fat})$  23 N/mm<sup>2</sup>  $\lambda \Delta\sigma_{sd}(Q_{fat})$

$\Delta\sigma_{sd,fat}$  145 N/mm<sup>2</sup> >  $\lambda \Delta\sigma_{sd}(Q_{fat})$  23 N/mm<sup>2</sup>

**i.O --> Nachweis Betriebsfestigkeit erfüllt**



<b>Einwirkung</b>	$M_{fat}$	7.4 kNm	
<b>Querschnitt</b>	$h$	300 mm	<b>Höhe</b>
	$b$	1'000 mm	<b>Breite</b>
	$e$	40 mm	Eisenüberdeckung
	$\varnothing A_s$	14 mm	$\varnothing$ Bewehrung
	$s$	150 mm	Teilung
	$d$	253 mm	Eisenüberdeckung $h-e-\varnothing_{As}/2$
	$A_s$	1'026 mm <sup>2</sup>	

<b>Material</b>	$f_{cd}$	20.0 N/mm <sup>2</sup>	wird nicht benötigt
	$f_{sd}$	435 N/mm <sup>2</sup>	
	$E_s$	205'000 N/mm <sup>2</sup>	
	$E_c$	34'000 N/mm <sup>2</sup>	
	$n$	6.0	(kurzfristige Einwirkung)

<b>Spannung</b>	$x$	50.1 mm	$x = n \cdot \frac{A_s}{b} \cdot \left[ \sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot d}{n \cdot A_s}} - 1 \right]$
	$I$	296'655'161 mm <sup>4</sup>	$I_I = \frac{b \cdot x^3}{3} + (d-x)^2 \cdot n \cdot A_s$
	$\Delta\sigma_{sd}(Q_{fat})$	30 N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s = n \cdot \frac{M}{I_I} \cdot (d-x)$

**Nachweis**
**Dauerfestigkeit**

4.3.8.2.3 Der Ermüdungsnachweis erfolgt zunächst für die Dauerfestigkeit:

$$\Delta\sigma_{sd}(Q_{fat}) \leq \Delta\sigma_{sd,D}$$

$$\Delta\sigma_{sd,fat} \quad 73 \text{ N/mm}^2 \quad \text{mit} \quad \Delta\sigma_{sd,D} \cong 0,8 \Delta\sigma_{sd,fat}$$

$$\Delta\sigma_{sd,D} \quad 58 \text{ N/mm}^2 > \Delta\sigma_{sd}(Q_{fat}) \quad 30 \text{ N/mm}^2$$

**i.O --> kein Nachweis Betriebsfestigkeit erforderlich**
**Betriebsfestigkeit**

$$\Delta\sigma_{ed} = \lambda \Delta\sigma_{sd}(Q_{fat}) \leq \Delta\sigma_{sd,fat}$$

$\lambda_1$	0.70	gem. SIA 261, Anhang G
$\lambda_2$	1.00	gem. SIA 261, Anhang G
$\lambda_3$	1.00	gem. SIA 261, Anhang G
$\lambda_4$	1.00	gem. SIA 261, Anhang G
$\lambda$	0.70	$\lambda = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4$ jedoch $\lambda \leq \lambda_{max}$

$$\lambda \Delta\sigma_{sd}(Q_{fat}) \quad 21 \text{ N/mm}^2 \quad \lambda \Delta\sigma_{sd}(Q_{fat})$$

$$\Delta\sigma_{sd,fat} \quad 73 \text{ N/mm}^2 > \lambda \Delta\sigma_{sd}(Q_{fat}) \quad 21 \text{ N/mm}^2$$

**i.O --> Nachweis Betriebsfestigkeit erfüllt**

## Nachweis Ermüdung Querkraft

$$\left. \begin{aligned} V_{\text{ständig}} &= \frac{117,2 \text{ kN}}{3,22 \text{ m}} = 36,4 \text{ kN} \\ V_{\text{Qfat}} &= \frac{221,8 \text{ kN}}{3,22 \text{ m}} = 68,9 \text{ kN} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{am Max.} \\ \rightarrow \text{konservativ} \end{array}$$

$$V_{d\max} \leq 0,5 \cdot V_{Rd} + 0,45 \cdot V_{d\min} \leq 0,9 \cdot V_{Rd}$$

$$68,9 \leq 0,5 \cdot 181 + 0,45 \cdot 36,4 \leq 0,9 \cdot 181$$

$$\underline{\underline{69 \text{ kN} < 107 \text{ kN} < 163 \text{ kN}}}$$

$$S = \frac{107}{69} = 1,6$$



## **4.5 Nachweise Gebrauchstauglichkeit (Bahnbereich)**

## Verformung:

□ Durchbiegung ständige Lasten

$$w_{zul} \leq l/700 = 1700/700 = 2,4 \text{ mm}$$

$$w_c = 0,01 \text{ mm}$$

→ gerissener Zustand

$$\underline{\underline{w_{eff} = 0,07 \text{ mm} < w_{zul} = 2,4 \text{ mm} \quad \checkmark \text{ i.O.}}}$$

□ Durchbiegung häufige Lasten

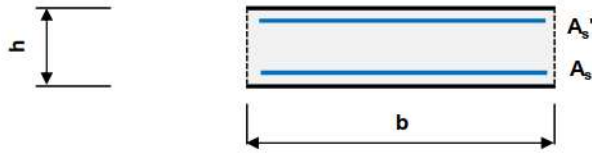
$$w_{zul} \leq l/500 = 1700/500 = 3,4 \text{ mm}$$

$$w_c = 0,09 \text{ mm}$$

→ gerissener Zustand

$$\underline{\underline{w_{eff} = 0,5 \text{ mm} < w_{zul} = 3,5 \text{ mm} \quad \checkmark \text{ i.O.}}}$$

# Durchbiegung | vollständig gerissener Zustand



## quasi-ständige Lasten

$w_c$	0.01 mm	am ungerissenen QS	Teilung	150 mm
$\rho$	0.00331	Bewehrungsgehalt unten	Durchmesser	14 mm
$\rho'$	0.00331	Bewehrungsgehalt oben	$A_s$	1025.73 mm <sup>2</sup> /m
$\varphi$	2	Kriechzahl	Eisenüberd.	40 mm
<b>h</b>	<b>350 mm</b>	<b>Plattenstärke</b>	<b>obere Bewehrung (<math>A_s'</math>)</b>	
d	310 mm	Statische Höhe	Teilung	150 mm
b	1000 mm	Plattenbreite	Durchmesser	14 mm
			$A_s'$	1025.73 mm <sup>2</sup> /m

Vergrößerungsfaktor 6.96

L 1700 mm  
 $w_{zul} = L / 700$

Auszug SIA 262 (2013)

4.4.3.2.5 Für den vollständig gerissenen Zustand kann die Durchbiegung wie folgt abgeschätzt werden:

$$w = \frac{1 - 20\rho'}{10\rho^{0.7}} (0.75 + 0.1\varphi) \left(\frac{h}{d}\right)^3 w_c \quad (102)$$

<b>w</b>	<b>0.07 mm</b>	<	<b>w<sub>zul</sub></b>	<b>2.43 mm</b>	→	<b>i.O</b>
	(L/24441)			(L/700)		

## häufige Lasten

$w_c$	0.09 mm	am ungerissenen QS	Teilung	150 mm
$\rho$	0.00410	Bewehrungsgehalt unten	Durchmesser	14 mm
$\rho'$	0.00410	Bewehrungsgehalt oben	$A_s$	1025.73 mm <sup>2</sup> /m
$\varphi$	0	Kriechzahl	Eisenüberd.	50 mm
<b>h</b>	<b>300 mm</b>	<b>Plattenstärke</b>	<b>obere Bewehrung</b>	
d	250 mm	Statische Höhe	Teilung	150 mm
b	1000 mm	Plattenbreite	Durchmesser	14 mm
			$A_s'$	1025.73 mm <sup>2</sup> /m

Vergrößerungsfaktor 5.58

L 1700 mm  
 $w_{zul} = L / 500$

Auszug SIA 262 (2013)

4.4.3.2.5 Für den vollständig gerissenen Zustand kann die Durchbiegung wie folgt abgeschätzt werden:

$$w = \frac{1 - 20\rho'}{10\rho^{0.7}} (0.75 + 0.1\varphi) \left(\frac{h}{d}\right)^3 w_c \quad (102)$$

<b>w</b>	<b>0.50 mm</b>	<	<b>w<sub>zul</sub></b>	<b>3.40 mm</b>	→	<b>i.O</b>
	(L/3388)			(L/500)		

## Mindestbewehrung

- Begrenzung der Rissbreiten beim Erreichen von  $f_{ctd}$  unter aufgezogenen / behinderten Verformungen

$$\sigma_{s,adm} = \sqrt{\frac{9 \cdot E_s \cdot f_{ctm} \cdot w_{nom}}{\phi_s}}$$

→ erhöhte Anforderungen:  $w_{nom} = 0,5 \text{ mm}$   
für  $\phi 12$  und  $\phi 14$ :  $\sigma_{s,adm} = 435 \text{ N/mm}^2$

- Überbau

Zugquerschnitt:  $h = 350 \text{ mm}$

$$k_t = \frac{1}{1 + 0,5 \cdot t} = \frac{1}{1 + 0,5 \cdot 0,35} = 0,85$$

$$f_{ctd} = 0,85 \cdot 2,9 \text{ N/mm}^2 = 2,47 \text{ N/mm}^2$$

$$a_{s,min} = \frac{350 \text{ mm} \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 2,47 \text{ N/mm}^2}{2 \cdot 435 \text{ N/mm}^2} = 993 \text{ mm}^2$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{\phi 14 / 150}} \quad (1'030 \text{ mm}^2)$$

- Stiel / Fund.

Zugquerschnitt:  $h = 300 \text{ mm}$

$$k_t = 0,87$$

$$f_{ctd} = 2,52 \text{ N/mm}^2$$

$$a_{s,min} = 869 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{\phi 14 / 150}} \quad (1'030 \text{ mm}^2)$$

- Verhindern eines Fließens der Bewehrung für häufige Lastfälle

$$\sigma_s \leq f_{sd} - 80 \text{ N/mm}^2 = 355 \text{ N/mm}^2$$

- Überbau  $h = 350 \text{ mm}$

$$M_{\text{häufig}} = 58 / 3,22 = 18 \text{ kNm}$$

$$a_s = \phi 14 / 150 \rightarrow 1030 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_s = \frac{18 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 350 \cdot 1030} = \underline{\underline{56 \text{ N/mm}^2}} < 355 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark \text{ i.O.}$$

- Stiel / Fund.  $h = 300 \text{ mm}$

$$M_{\text{häufig}} = 59,5 / 3,22 = 18,5 \text{ kNm}$$

$$a_s = \phi 14 / 150 \rightarrow 1030 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_s = \frac{18,5 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 300 \cdot 1030} = \underline{\underline{67 \text{ N/mm}^2}} < 355 \text{ N/mm}^2 \quad \checkmark \text{ i.O.}$$

# 5 Bemessung Foundation

## 5.1 Bemessungssituation

### Tragsicherheit Endzustand

#### Grenzzustand Typ 2: Bruch Tragwerk

GB 1, Endzustand: Strassenlasten

---

Eigengewicht	$\gamma_G$	=	1.35
Auflast	$\gamma_G$	=	1.35
Erddruck	$\gamma_G$	=	1.35
Bahnlasten	$\gamma_Q$	=	1.45

GB 3, Endzustand: Aussergewöhnliche Situation „Erdbeben“

---

➤ Nicht massgebend

#### Grenzzustand Typ 4: Ermüdung

GB 4, Endzustand: Ermüdung

---

➤ Nicht massgebend

#### Grenzzustand Typ 1: Gesamtstabilität

GB 5, Endzustand: Gesamtstabilität

---

Eigengewicht	$\gamma_G$	=	1.10
Auflast	$\gamma_G$	=	1.10
Erddruck	$\gamma_G$	=	1.35
Bahnlasten	$\gamma_Q$	=	1.45

### Gebrauchstauglichkeit Endzustand

Minimalbewehrung: für Zugquerschnitt / Biegequerschnitt

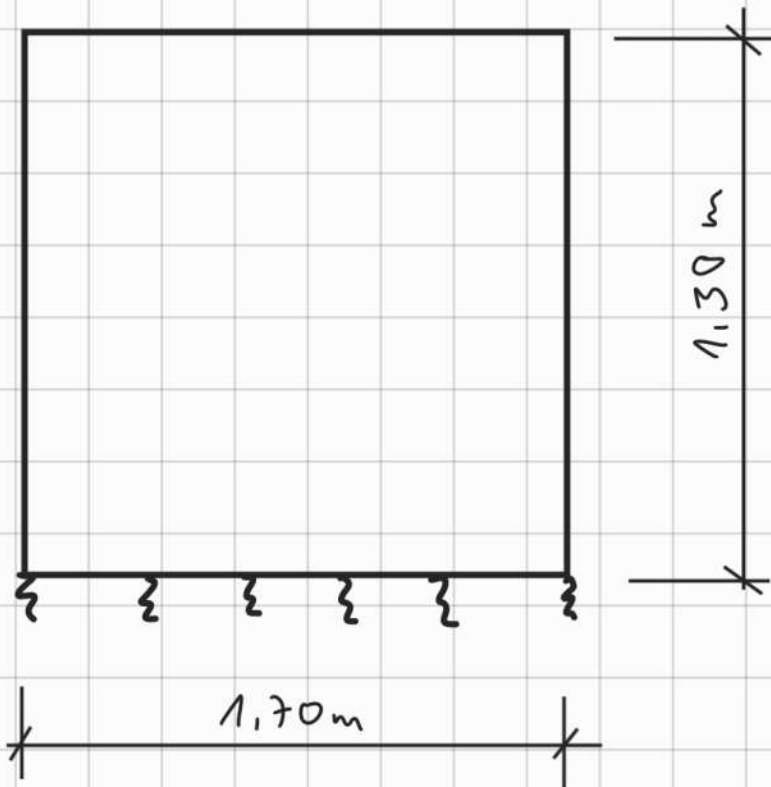
---

Spannungen: Kriterium erhöhte Anforderung (gem. Korrigenda C1 zur Norm SIA 262:2013)

- Verhindern spröden Versagens beim Erreichen von  $f_{ctd}$ .
- Verhindern eines Fließens der Bewehrung für häufige Lastfälle.
- Begrenzung der Rissbreiten (unter aufgezwungenen oder behinderten Verformungen bzw. für quasi-ständige Lastfälle) beim Erreichen von  $f_{ctd}$ .

## 5.2 Statisches System und Belastungen (Bahnbereich)

## Statisches System und Belastungen



horizontal wird die Reibung vernachlässigt, durch Anordnen der Minimalbewehrung zur Beschränkung der Rissbreiten unter behinderten Verformungen, können allfällige Zugkräfte in der Fundation aufgenommen werden.



### 5.3 Schnittkräfte (Bahnbereich)

## Schnittkräfte

- innere Tragsicherheit
  - ↳ Vgl. Kapitel Tragsicherheit
  
- äussere Tragsicherheit
  - ↳ keine Stabilitätsprobleme
  
- Gebrauchstauglichkeit
  - ↳ Reaktionen vgl. Kapitel Gebrauchstauglichkeit

## 5.4 Nachweis Tragsicherheit (Bahnbereich)

## Nachweis Tragsicherheit

- innere Tragsicherheit
  - ↳ vgl. Kapitel Tragsicherheit
  
- äussere Tragsicherheit
  - ↳ keine Stabilitätsprobleme

## 5.5 Nachweis Gebrauchstauglichkeit (Bahnbereich)

## Nachweis Gebrauchstauglichkeit

### □ Bodenpressung

ständig :	• Rahmen	= 27 kN/m
	• Auflast Schwelle/Schiene	= 3 kN/m
	• Auflast Schotter	= 20 kN/m
	• Auflast PBD+SS	= 1 kN/m

$$\Rightarrow \text{total ständig} = 51 \text{ kN/m}$$

veränderlich :	• $Q_{k1}$	= 49 kN/m
----------------	------------	-----------

$$\Rightarrow \text{total veränderlich} = 49 \text{ kN/m}$$

$$\text{Gebrauchslast } F_{z,k} = 49 \text{ kN/m} + 51 \text{ kN/m} = 100 \text{ kN/m}$$

$$\text{Fläche } A = (1,70 \text{ m} + 2 \cdot 0,15 \text{ m}) \cdot 1 = 2,0 \text{ m}^2$$

$$\text{Bodenpressung } \sigma_B = \frac{100}{2,0} = 50 \text{ kN/m}^2$$

$\Rightarrow$  Das Bauwerk weist sehr geringe Bodenpressungen auf ( $\sigma_B < 100 \text{ kN/m}^2$ )

$\rightarrow$  Setzungen werden nicht im Detail betrachtet.

**Projekt:**

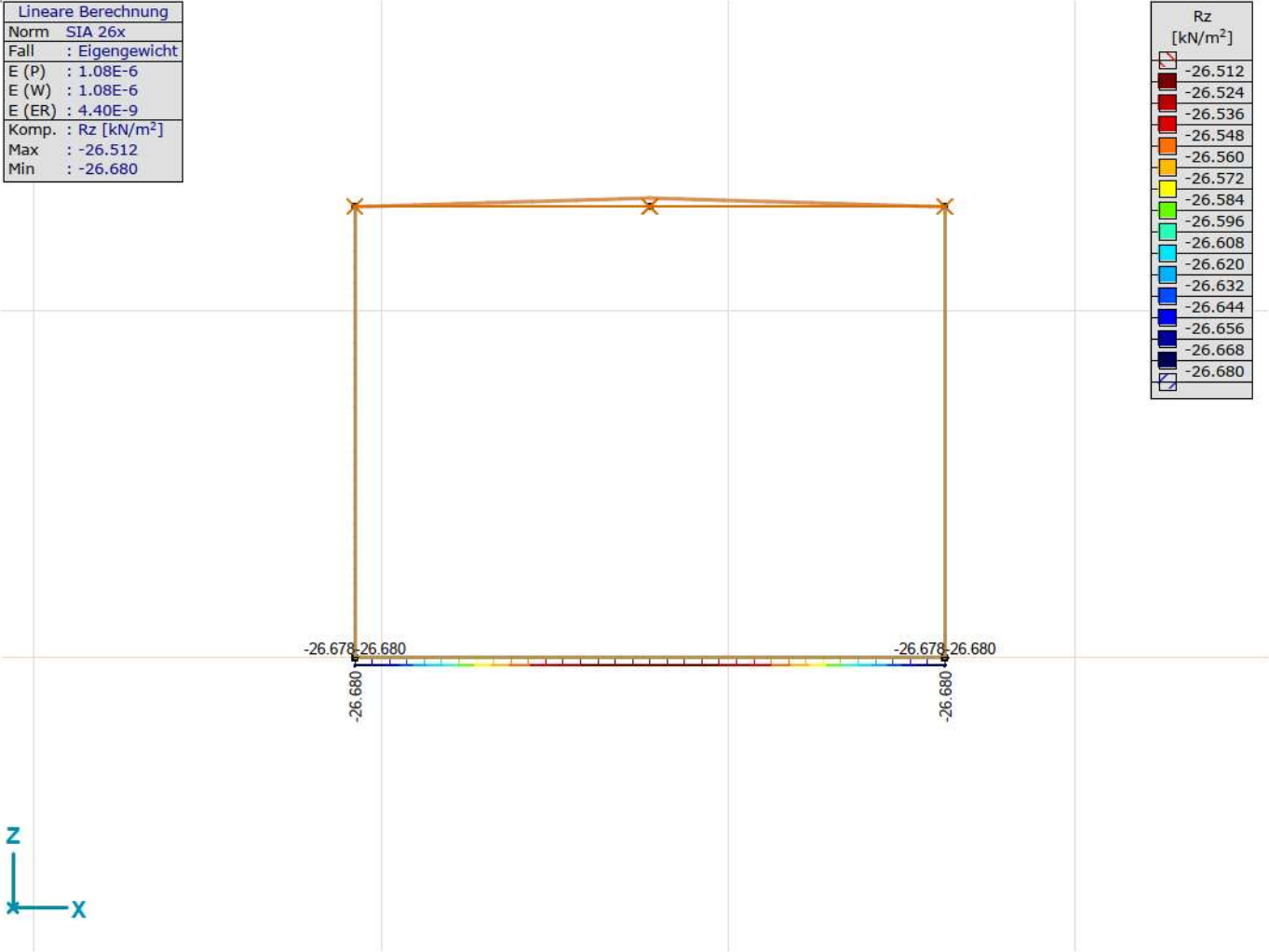
Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs

24.10.2022

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: Eigengewicht
E (P)	: 1.08E-6
E (W)	: 1.08E-6
E (ER)	: 4.40E-9
Komp.	: Rz [kN/m <sup>2</sup> ]
Max	: -26.512
Min	: -26.680

Rz	
[kN/m <sup>2</sup> ]	
	-26.512
	-26.524
	-26.536
	-26.548
	-26.560
	-26.572
	-26.584
	-26.596
	-26.608
	-26.620
	-26.632
	-26.644
	-26.656
	-26.668
	-26.680



[!], Linear, Eigengewicht, Rz (Flächenaufleger), Diagramm, Vorderansicht

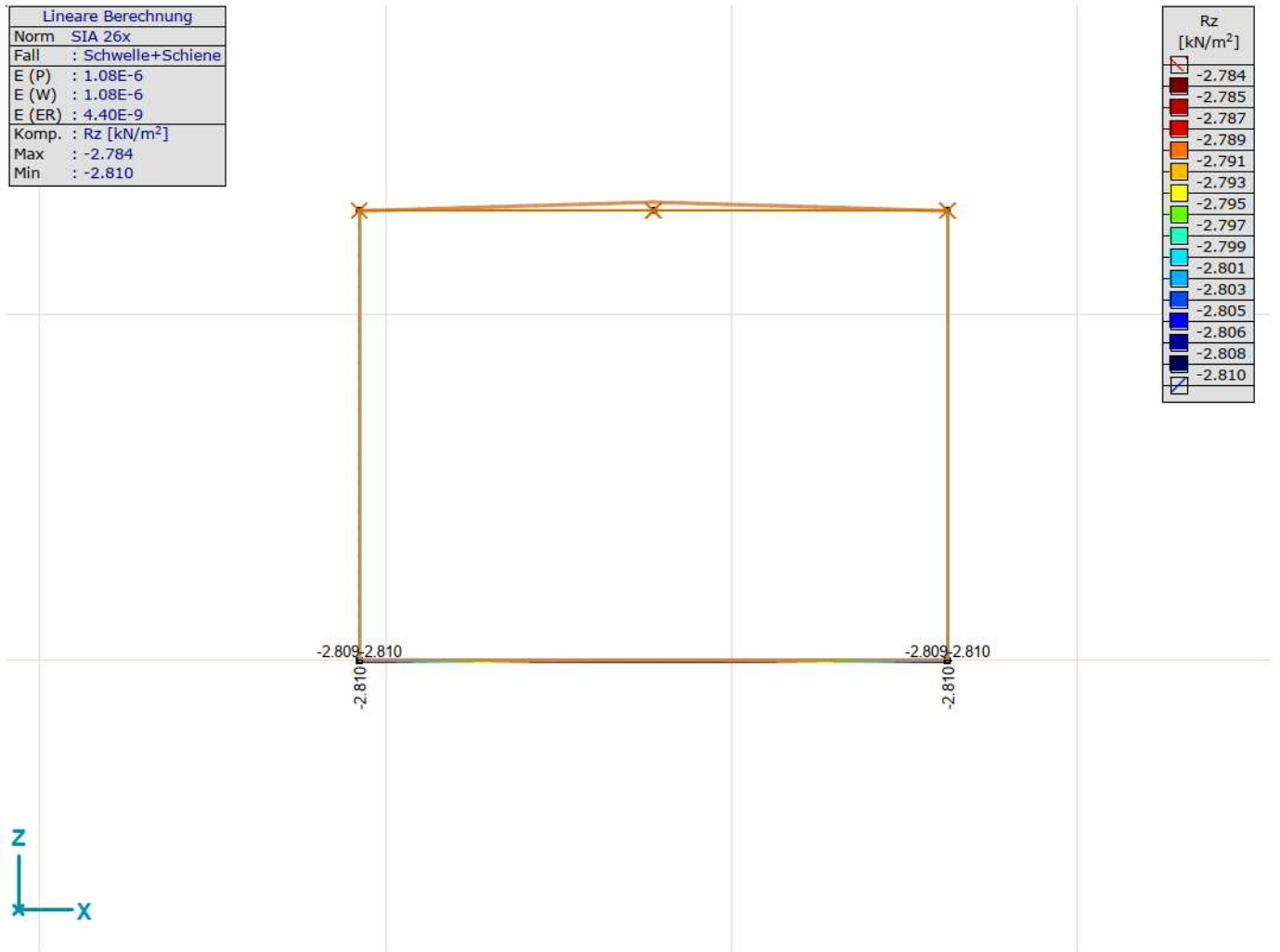
**Projekt:**

69)

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

24.10.2022



[I], Linear, Schwelle+Schiene, Rz (Flächenaufleger), Diagramm, Vorderansicht



**Projekt:**

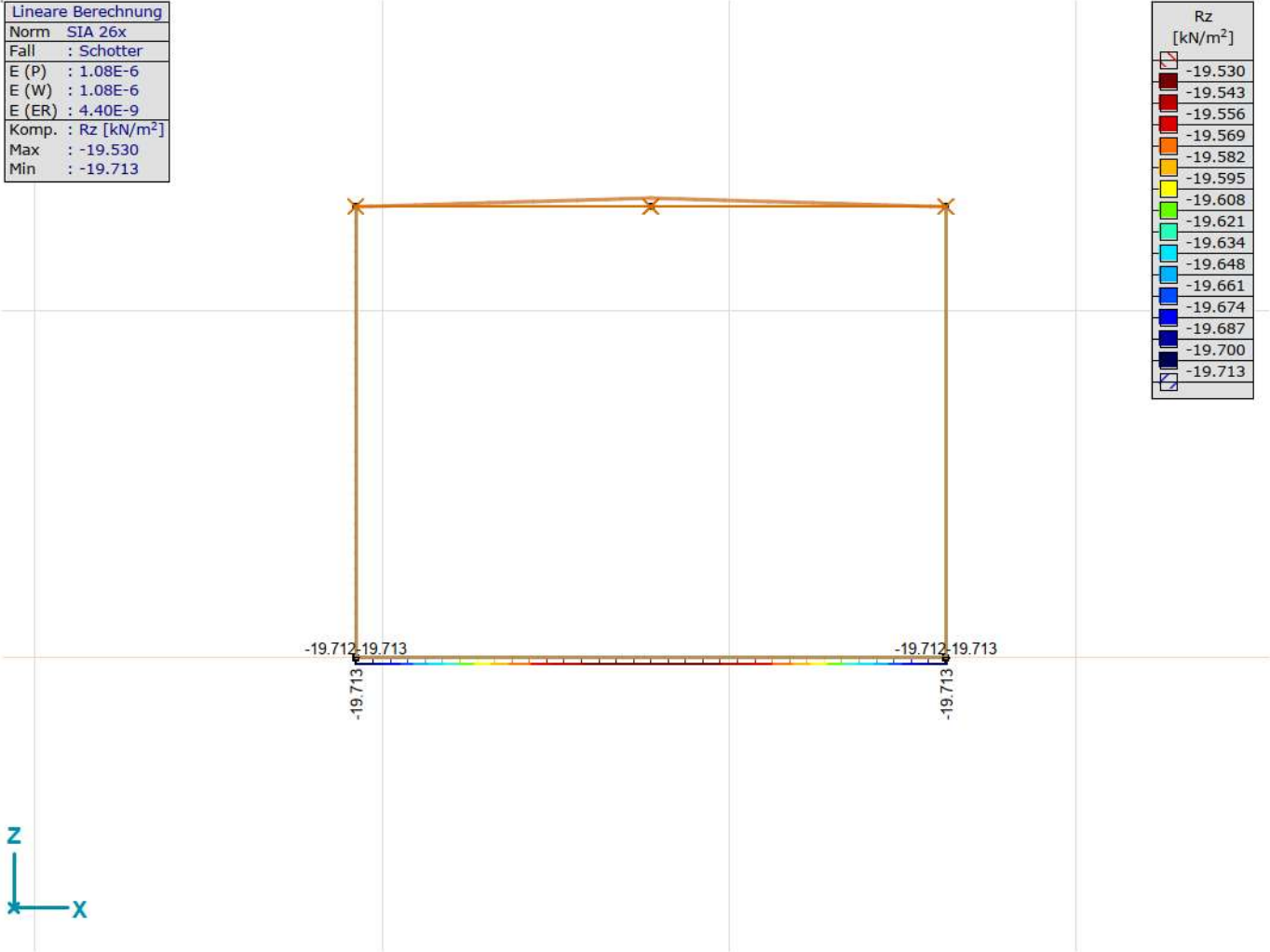
Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

24.10.2022

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: Schotter
E (P)	: 1.08E-6
E (W)	: 1.08E-6
E (ER)	: 4.40E-9
Komp.	: Rz [kN/m <sup>2</sup> ]
Max	: -19.530
Min	: -19.713

Rz	
[kN/m <sup>2</sup> ]	
	-19.530
	-19.543
	-19.556
	-19.569
	-19.582
	-19.595
	-19.608
	-19.621
	-19.634
	-19.648
	-19.661
	-19.674
	-19.687
	-19.700
	-19.713



[[J], Linear, Schotter, Rz (Flächenaufleger), Diagramm, Vorderansicht

**Projekt:**

71)

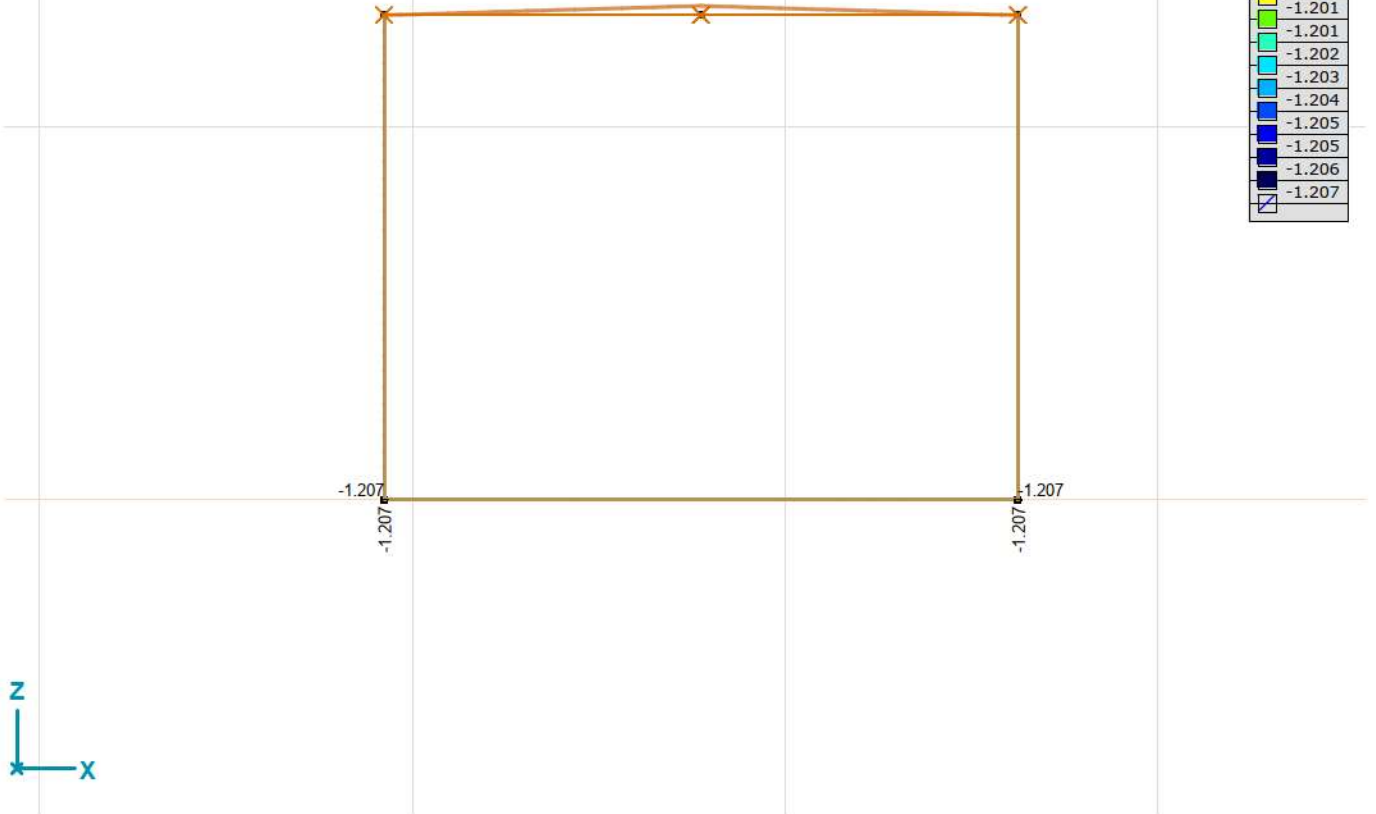
Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

24.10.2022

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: PBD+SS
E (P)	: 1.08E-6
E (W)	: 1.08E-6
E (ER)	: 4.40E-9
Komp.	: Rz [kN/m <sup>2</sup> ]
Max	: -1.196
Min	: -1.207

Rz [kN/m <sup>2</sup> ]	
█	-1.196
█	-1.197
█	-1.197
█	-1.198
█	-1.199
█	-1.200
█	-1.201
█	-1.201
█	-1.202
█	-1.203
█	-1.204
█	-1.205
█	-1.205
█	-1.206
█	-1.207



[I], Linear, PBD+SS, Rz (Flächenaufleger), Diagramm, Vorderansicht

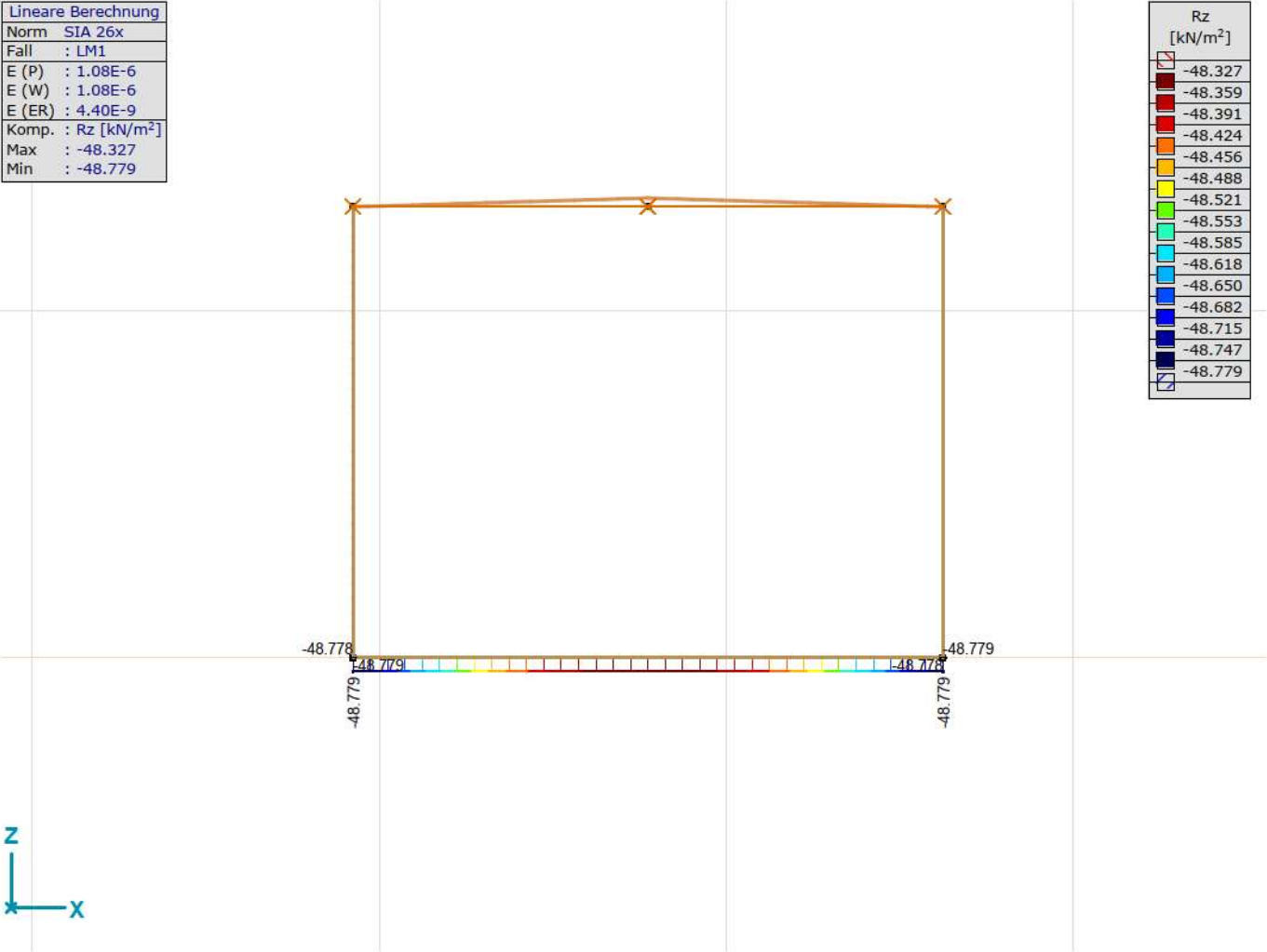
**Projekt:**

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_SBB\_schmaler.axs**

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: LM1
E (P)	: 1.08E-6
E (W)	: 1.08E-6
E (ER)	: 4.40E-9
Komp.	: Rz [kN/m <sup>2</sup> ]
Max	: -48.327
Min	: -48.779

Rz [kN/m <sup>2</sup> ]	
	-48.327
	-48.359
	-48.391
	-48.424
	-48.456
	-48.488
	-48.521
	-48.553
	-48.585
	-48.618
	-48.650
	-48.682
	-48.715
	-48.747
	-48.779



[I], Linear, LM1, Rz (Flächenaufleger), Diagramm, Vorderansicht

## 6 Schnittkräftevergleich zwischen Bahn und Strasse

## **6.1 Details Einwirkungen**

Auf nachfolgenden Seiten sind die Details der Einwirkungen im Strassenbereich zusammengestellt.

## Einwirkungen ständig

### • Eigengewicht + Auflasten

▷ Beton

▷ Belag

3,5+10cm

↳

$$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$$

$$q_k = 3,24 \text{ kN/m}^2$$

▷ Fundamentschicht

70-3,5-10cm

↳

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$q_k = 11,3 \text{ kN/m}^2$$

pro m'-Streifen des Durchlasses

▷ Eigengewicht Beton: am System 3D-Modell generiert

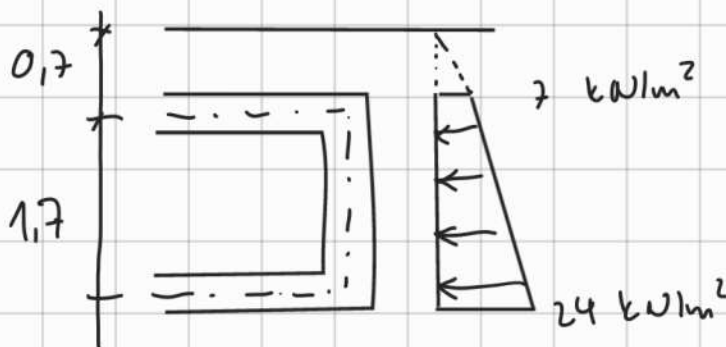
▷ Auflast:  $3,24 + 11,3 \text{ kN/m}^2 = \underline{\underline{14,54 \text{ kN/m}^2}}$

### • Erddruck ständig

Erddruck

$$e_0 = k_0 \cdot z \cdot \gamma$$

$$k_0 = 0,5 ; \gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$



## Einwirkungen veränderlich

gem. SIA 261 Strassenlasten vertikal

Strassenbreite:  $8,7 \text{ m} \rightarrow \frac{8,7}{3} = 2,9$   
 $\rightarrow 2$  fiktive Fahrstreifen

fiktive Fahrstreifenbreite:  $3 \text{ m}$

Restfläche:  $9,275 - 2 \times 3 = 3,275 \text{ m}$

fiktive Fahrspur 1:

$$Q_{k1} = 2 \times 300 \text{ kN}; \quad \alpha = 0,9$$

$$Q_{k1} = 0,9 \cdot 300 \text{ kN} = 270 \text{ kN} = \frac{270}{0,875} \text{ kN/m}^2$$

$$q_{k1} = 0,9 \cdot 9 \text{ kN/m}^2 = 8,1 \text{ kN/m}^2$$

fiktive Fahrspur 2:

$$Q_{k2} = 0,9 \cdot 200 \text{ kN} = 180 \text{ kN} = \frac{180}{0,875} \text{ kN/m}^2$$

$$q_{k2} = 0,9 \cdot 2,5 \text{ kN/m}^2 = 2,25 \text{ kN/m}^2$$

Anfahr- und Bremskräfte:

$$Q_{Ak} = Q_{Bk} = 1,2 \cdot \alpha_{a1} \cdot Q_{k1} + 0,1 \cdot \alpha_{a1} \cdot q_{k1} \cdot b_1 \cdot l$$

$$Q_{Ak} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 300 + 0,1 \cdot 0,9 \cdot 2,5 \cdot 3 \cdot 1,7 = Q_{Bk}$$

$$Q_{Ak} = 325,2 \text{ kN} = Q_{Bk} < 900 \text{ kN} \rightarrow i. a.$$

$$Q_{Au} = \frac{325,2 \text{ kN}}{3 \cdot 1,7 \text{ m}} = 63,8 \text{ kN/m}^2$$

**Projekt:**

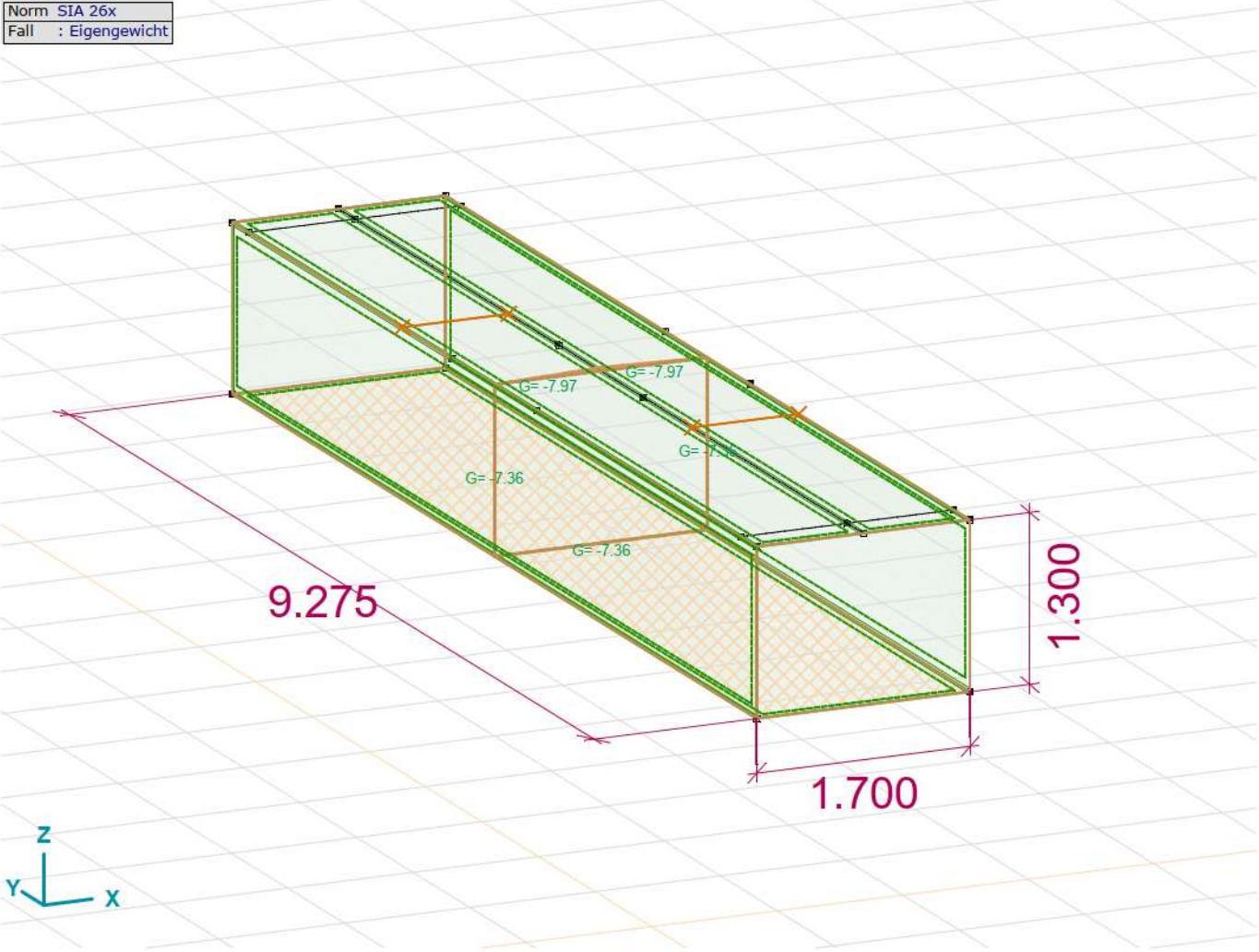
77)

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: DU\_Goldbergbach\_Bereich\_Kanton\_schmaler.axs

27.10.2022

Norm	SIA 26x
Fall	: Eigengewicht



Eigengewicht



**Projekt:**

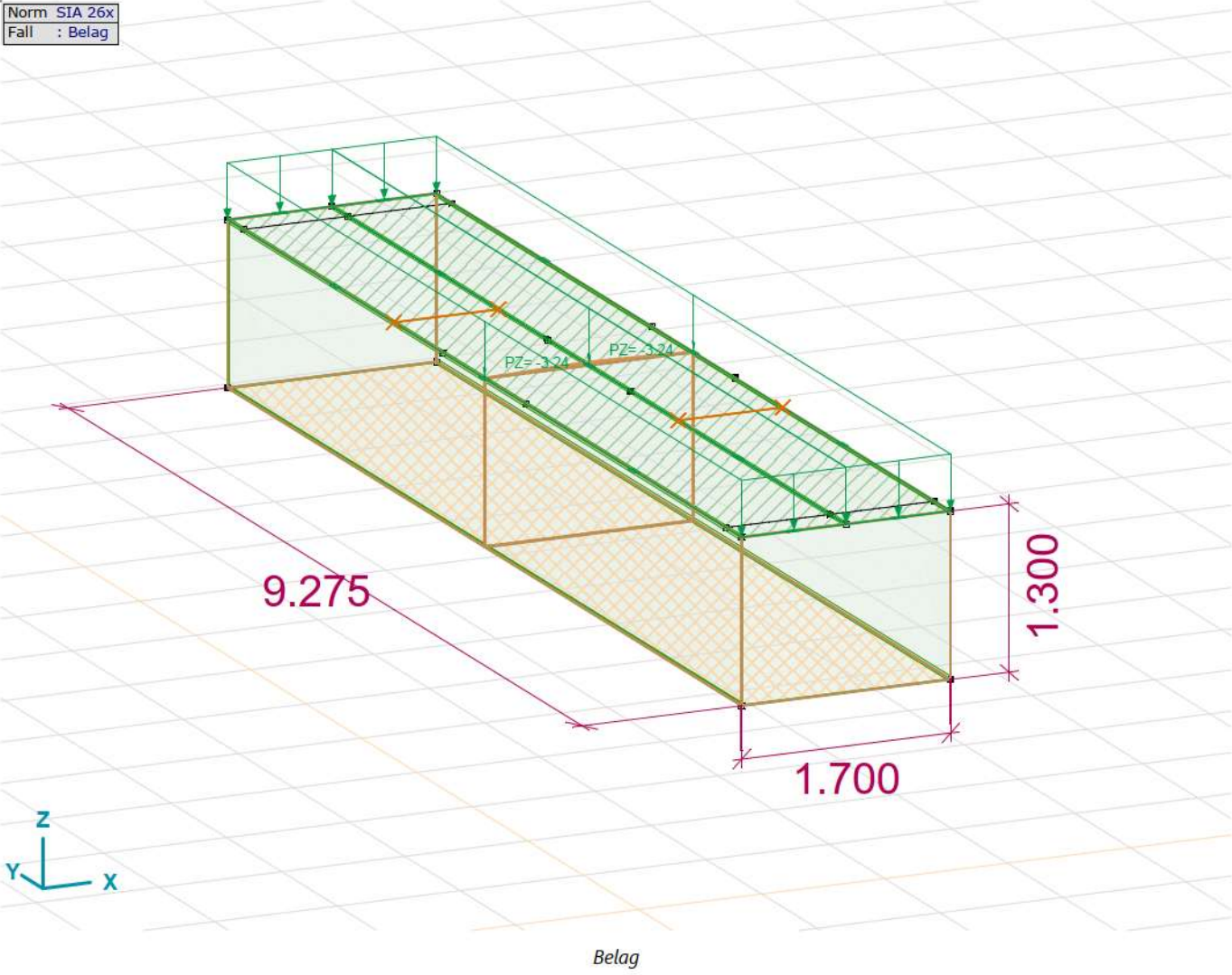
78)

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_Kanton\_schmalere.axs**

27.10.2022

Norm	SIA 26x
Fall	: Belag



**Projekt:**

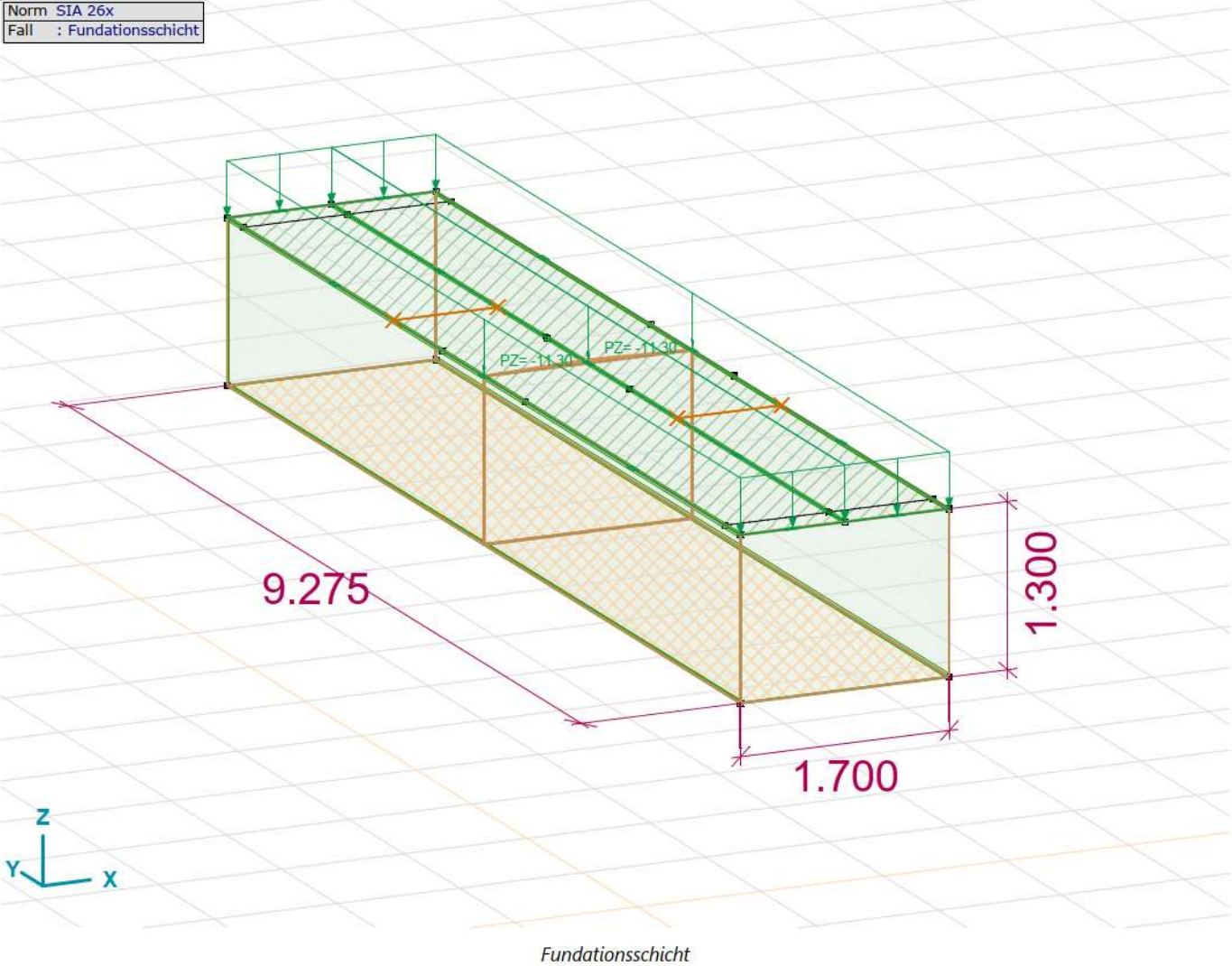
Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_Kanton\_schmalere.axs**

79)

27.10.2022

Norm	SIA 26x
Fall	: Fundationsschicht



**Projekt:**

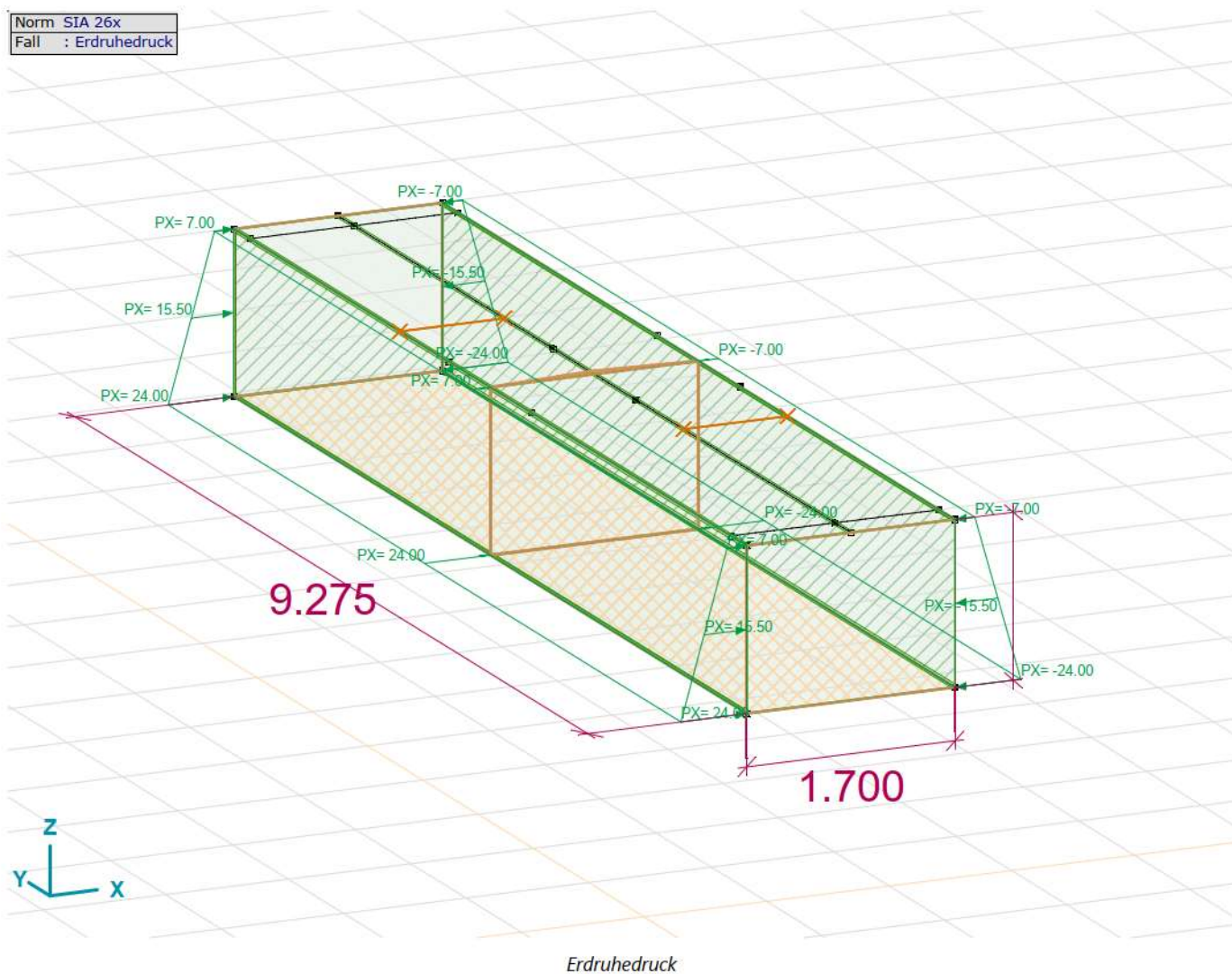
80)

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_Kanton\_schmaler.axs**

27.10.2022

Norm SIA 26x  
Fall : Erdruehdruck



**Projekt:**

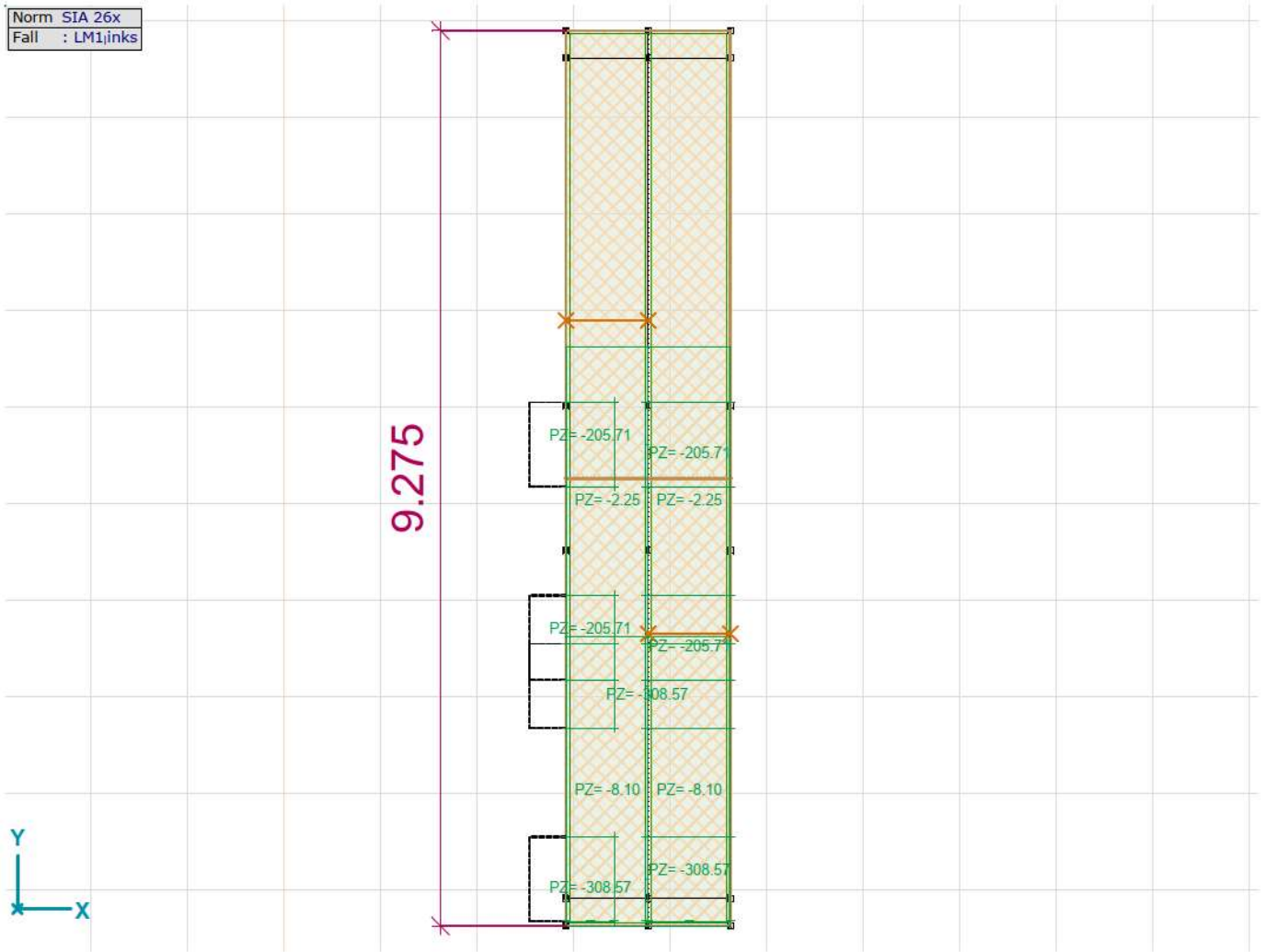
Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_Kanton\_schmaler.axs**

81)

27.10.2022

Norm SIA 26x  
Fall : LM1\_inks



LM1\_links, Oberansicht

**Projekt:**

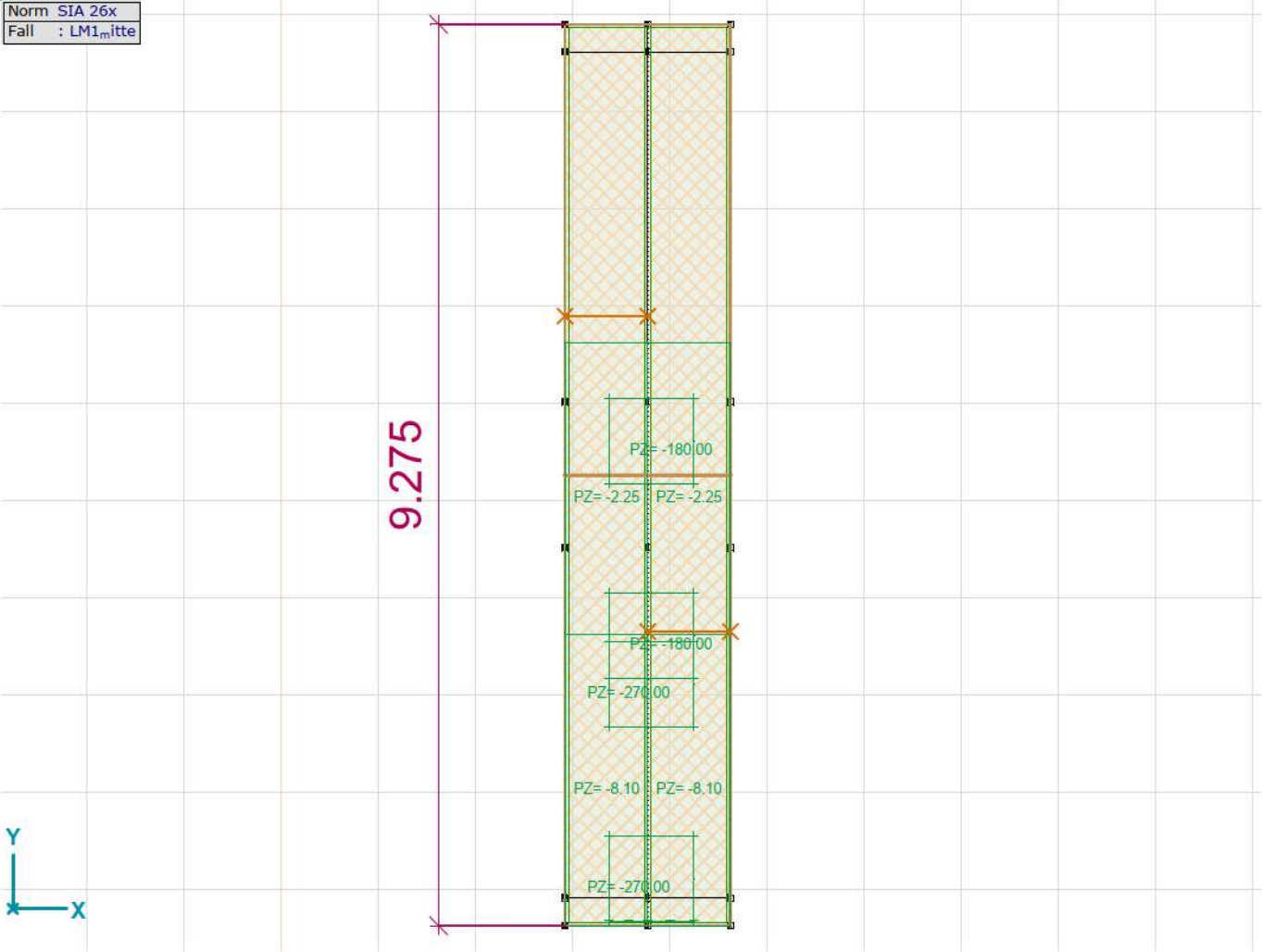
Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_Kanton\_schmaler.axs**

82)

27.10.2022

Norm SIA 26x  
Fall : LM1\_mitte



LM1\_mitte, Oberansicht

**Projekt:**

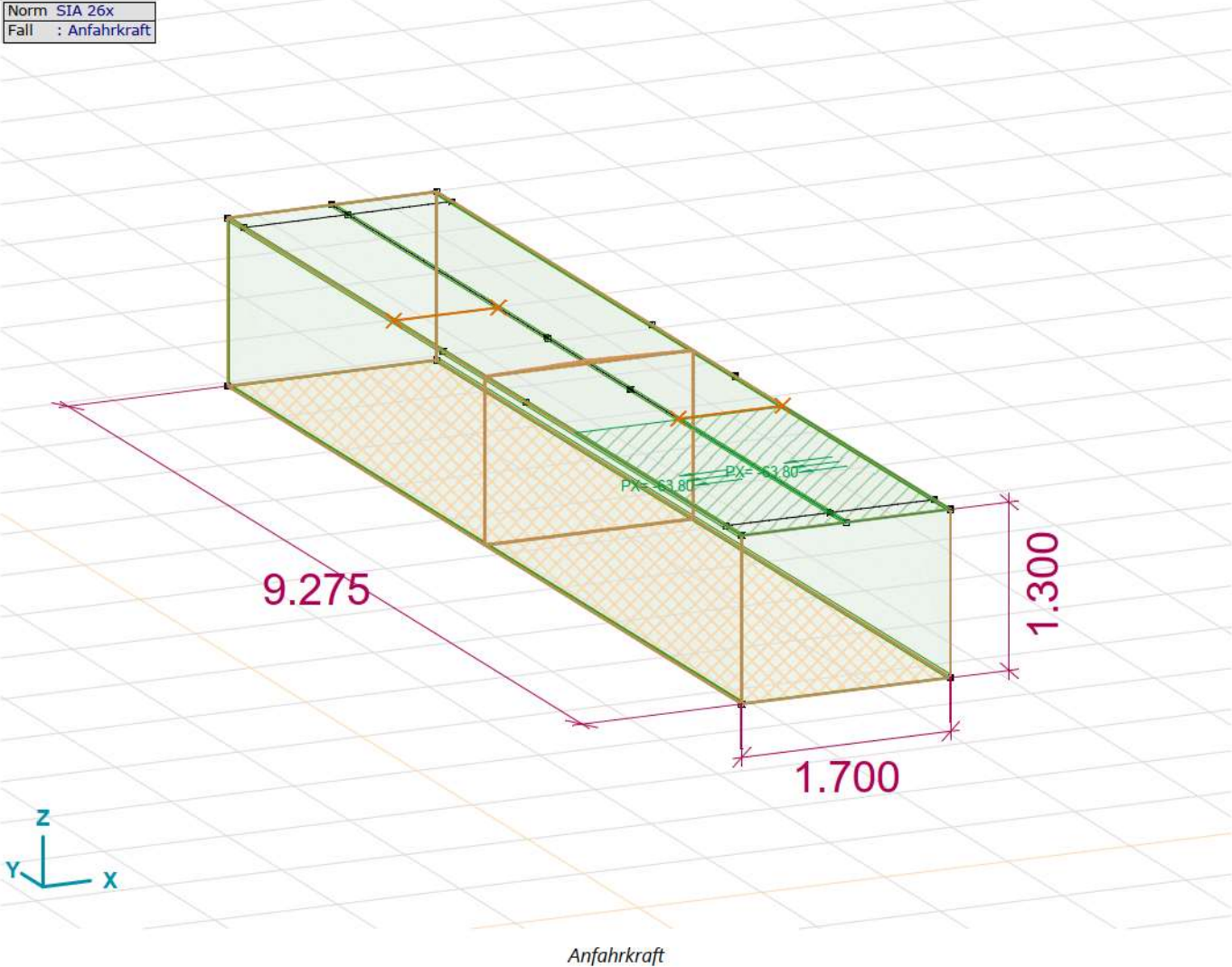
Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_Kanton\_schmalere.axs**

83)

27.10.2022

Norm	SIA 26x
Fall	: Anfahrkraft



**Projekt:**

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_Kanton\_schmaler.axs**

27.10.2022

Seite 1

## Benutzerdefinierte Lastkombinationen aus Lastfällen

	Name	Typ	ST1	Eigengewicht (EG+AL)	Belag (EG+AL)	Fundationsschicht (EG+AL)	Erdruehdruck (Erdruehdruck)	LM1_inks (Strassenlast)	LM1_mitte (Strassenlast)	Anfahrkraft (Anfahr-Bremskraft)	Bemerkung
1	1. Lk	GZ Typ 2	0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.50	0	1.50	
2	2. Lk GZT 4	-	0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0	0	
3	3. Lk quasiständig	-	0	1.00	1.00	1.00	1.00	0	0	0	
4	4. Lk LM1+Anfahrt	GZ Typ 2	0	0	0	0	0	1.50	0	1.50	

Name: Name der Lastkombination; Typ: Lastkombinationstyp; ST1, Eigengewicht (EG+AL), Belag (EG+AL), Fundationsschicht (EG+AL), Erdruehdruck (Erdruehdruck), LM1\_inks (Strassenlast), LM1\_mitte (Strassenlast), Anfahrkraft (Anfahr-Bremskraft); Faktor;

## 6.2 Schnittkräfte



### Schnittkräftevergleich Bahn - Kantonsstrasse

#### Schnittkräfte Vergleich Bahn - Kantonsstrasse (Biegung/Querkraft)

(Bereich Strasse: L = 9.275 m ; Bereich SBB: L = 3.22 m)

	M <sub>Feld</sub> [kNm]	M <sub>Eck</sub> [kNm]	V [kN]	dyn. Beiwert	ψ	M <sub>d,Feld</sub> [kNm]	M <sub>d,Eck</sub> [kNm]	V <sub>d</sub> [kN]
Strassenlast vertikal + Anfahrtslast	198.0	-207.4	550.4	-	1.5	297.0	-311.0	825.6
Bahnlast vertikal (inkl. 33% Achslastüberschreitung)	38.9	-21.7	132.9	1.67	1.45	125.2	-69.9	427.9
Anfahrtslast Bahn	-1.9	-0.2	3.5	1.00	1.45	-2.7	-0.3	5.0
<b>Strassenlast L = 1 m</b>						<b>32.0</b>	<b>-33.5</b>	<b>89.0</b>
<b>Bahnlast L = 1 m</b>						<b>38.0</b>	<b>-21.8</b>	<b>134.5</b>

#### Schnittkräfte Vergleich Bahn - Kantonsstrasse (Ermüdung Biegung)

(Bereich Strasse: L = 9.275 m ; Bereich SBB: L = 3.22 m)

	M <sub>Feld</sub> [kNm]	M <sub>Eck</sub> [kNm]	dyn. Beiwert	ψ	M <sub>d,Feld</sub> [kNm]	M <sub>d,Eck</sub> [kNm]
Ständige Lasten Bereich Strasse	-58.3	54.6	-	1	-58.3	54.626
Ständige Lasten Bereich Bahn	-26.1	23.7		1	-26.1	23.7
<b>Ständige Lasten Bereich Strasse L = 1 m</b>					<b>-6.3</b>	<b>5.9</b>
<b>Ständige Lasten Bereich Bahn L = 1 m</b>					<b>-8.1</b>	<b>7.4</b>

#### Schnittkräfte Vergleich Bahn - Kantonsstrasse (Ermüdung Querkraft)

(Bereich Strasse: L = 9.275 m ; Bereich SBB: L = 3.22 m)

	V <sub>quasi-ständig</sub> [kN]	V <sub>GZT4</sub> [kN]	V <sub>Qfat</sub> [kN]	dyn. Beiwert	ψ	V <sub>q-s,d</sub> [kN]	V <sub>qfat,d</sub> [kN]
Strassenlast vertikal	266.3	946.5	680.2	-	1	266.3	680.2
Bahnlast vertikal	70.2	203.0	132.8	1.67	1	117.2	221.8
<b>Strassenlast L = 1 m</b>						<b>28.7</b>	<b>73.3</b>
<b>Bahnlast L = 1 m</b>						<b>36.4</b>	<b>68.9</b>

massgebend

Für die definitive Bemessung muss der Biegenachweis im Eckmoment, sowie der Nachweis der Ermüdung Querkraft noch im Bereich der Strasse geführt werden. Ansonsten ist der Bereich der Bahn massgebend für die Bemessung des Durchlasses. Die einzelnen Nachweise des Bereichs der Strasse werden mit der ermittelten Mindestbewehrung geführt und sind auf den nachfolgenden Seiten ersichtlich.

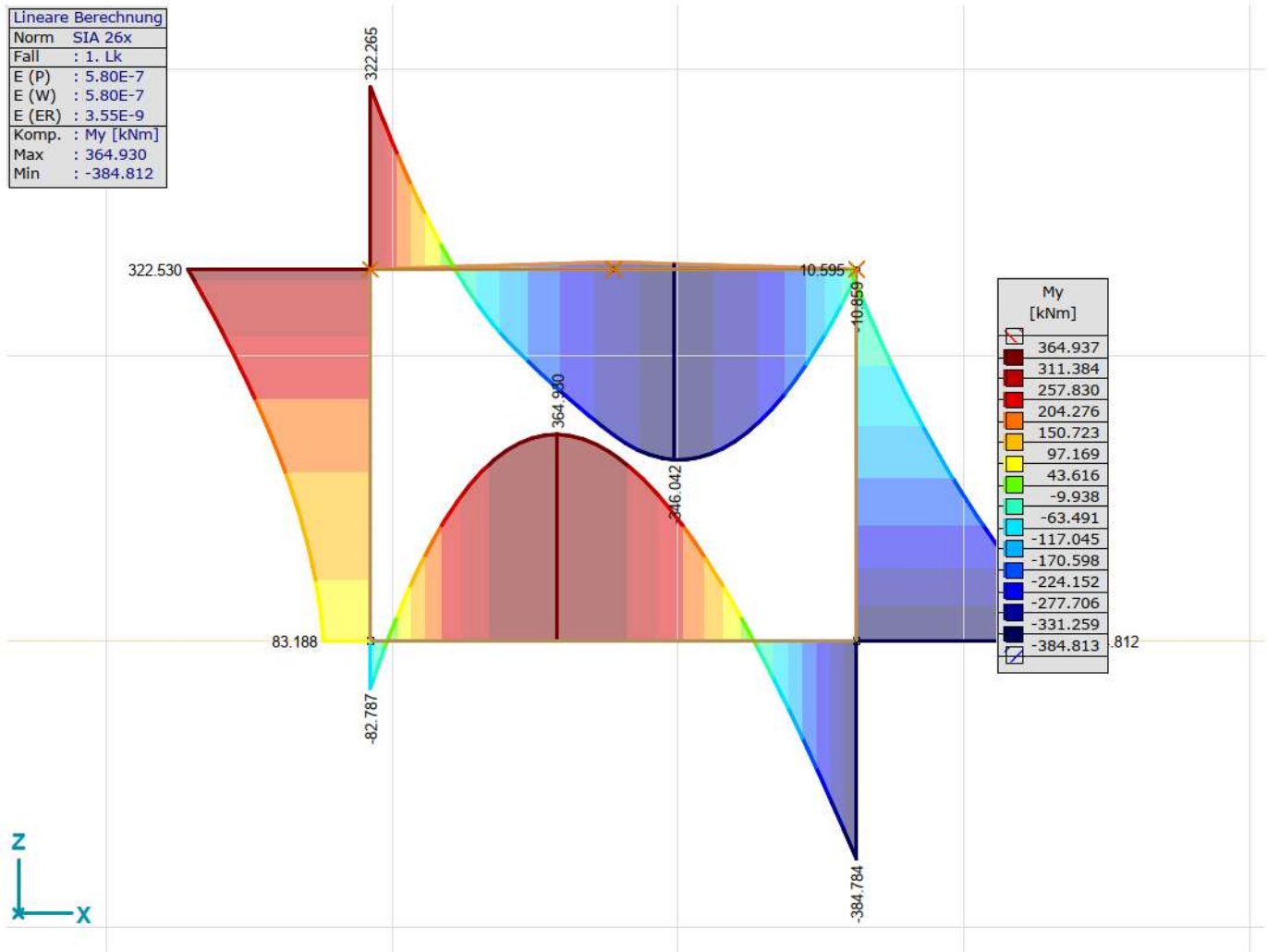
**Projekt:**

87)

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: DU\_Goldbergbach\_Bereich\_Kanton\_schmaler.axs

27.10.2022



[I], Linear, 1. Lk (GZ Typ 2), My, Ausgefülltes Diagramm, Vorderansicht

**Projekt:**

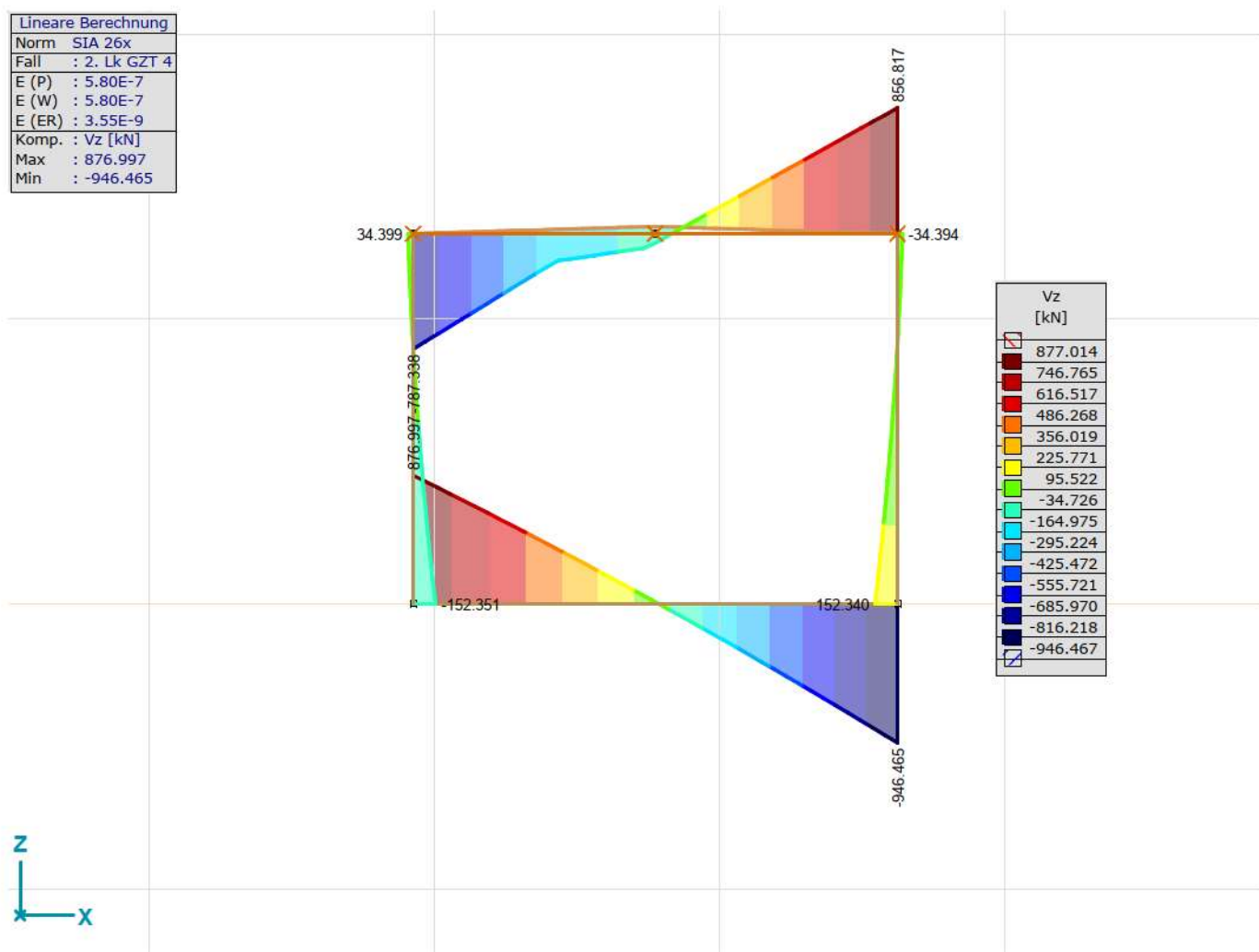
88)

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_Kanton\_schmaler.axs**

27.10.2022

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: 2. Lk GZT 4
E (P)	: 5.80E-7
E (W)	: 5.80E-7
E (ER)	: 3.55E-9
Komp.	: Vz [kN]
Max	: 876.997
Min	: -946.465



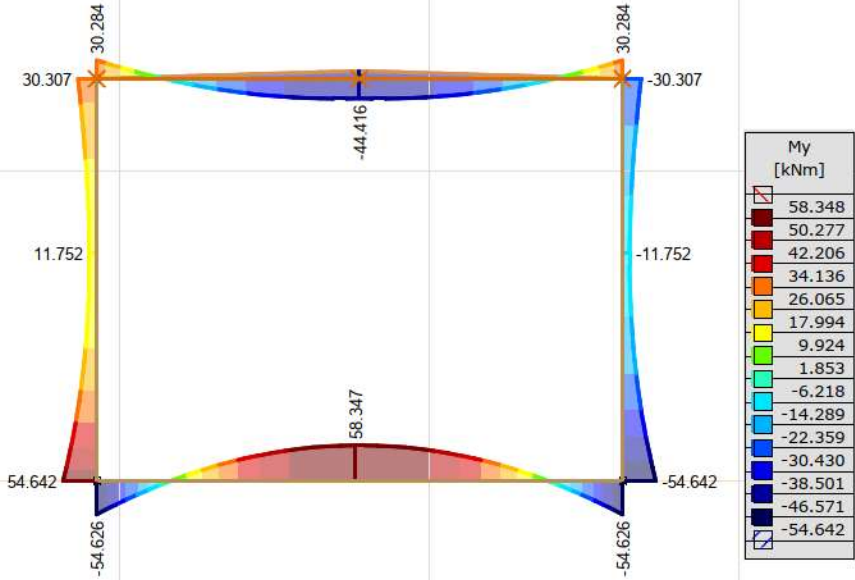
[1], Linear, 2. Lk GZT 4, Vz, Ausgefülltes Diagramm, Vorderansicht

**Projekt:**

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_Kanton\_schmaler.axs**

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: 3. Lk quasiständig
E (P)	: 5.80E-7
E (W)	: 5.80E-7
E (ER)	: 3.55E-9
Komp.	: My [kNm]
Max	: 58.347
Min	: -54.642



[I], Linear, 3. Lk quasiständig, My, Ausgefülltes Diagramm, Vorderansicht

**Projekt:**

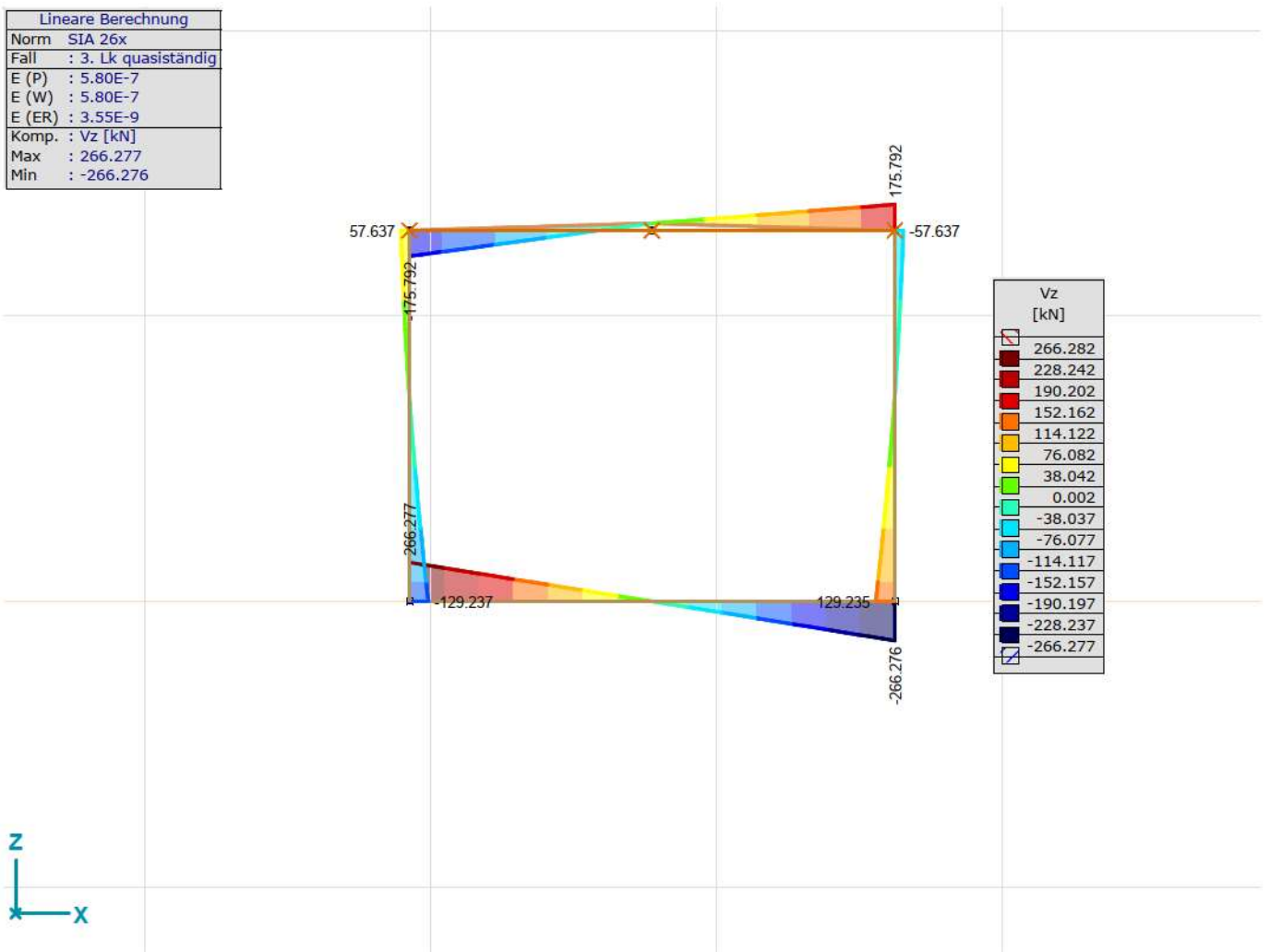
90)

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_Kanton\_schmaler.axs**

27.10.2022

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: 3. Lk quasiständig
E (P)	: 5.80E-7
E (W)	: 5.80E-7
E (ER)	: 3.55E-9
Komp.	: Vz [kN]
Max	: 266.277
Min	: -266.276



[1], Linear, 3. Lk quasiständig, Vz, Ausgefülltes Diagramm, Vorderansicht

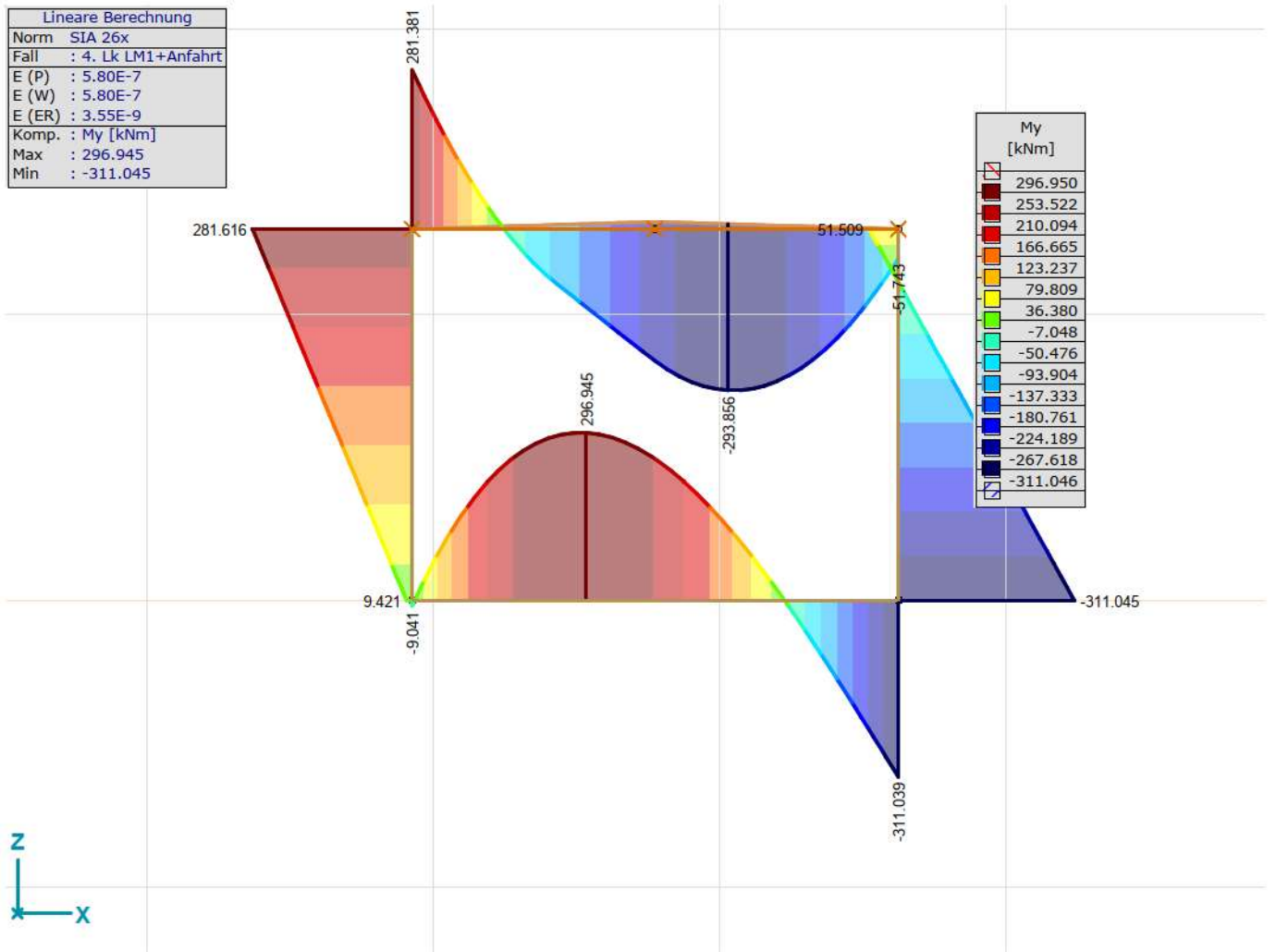
**Projekt:**

91)

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_Kanton\_schmaler.axs**

27.10.2022



[1], Linear, 4. Lk LM1+Anfahrt (GZ Typ 2), My, Ausgefülltes Diagramm, Vorderansicht

**Projekt:**

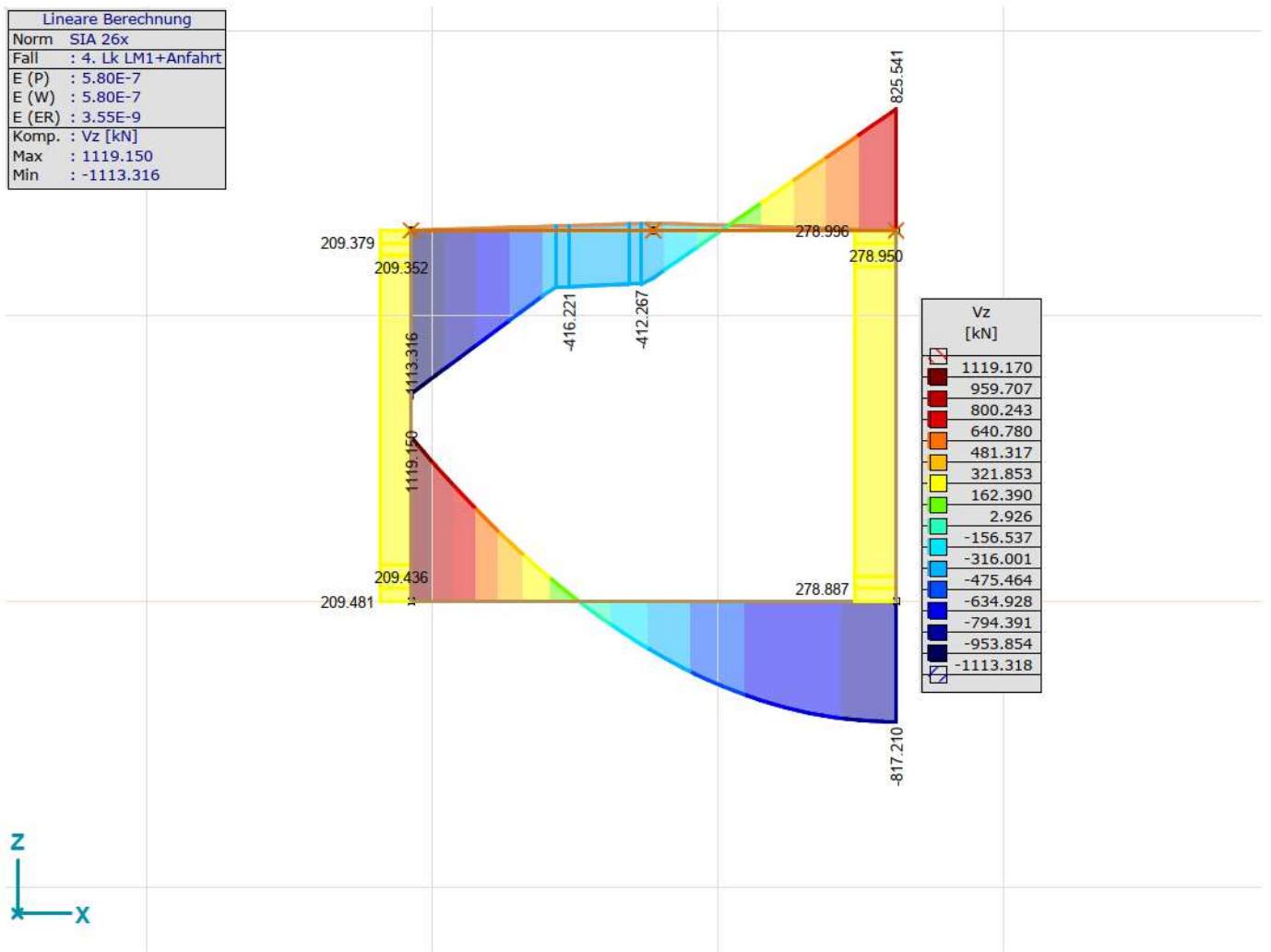
92)

Bearbeiter: Schällibaum AG

Modell: **DU\_Goldbergbach\_Bereich\_Kanton\_schmaler.axs**

27.10.2022

Lineare Berechnung	
Norm	SIA 26x
Fall	: 4. Lk LM1+Anfahrt
E (P)	: 5.80E-7
E (W)	: 5.80E-7
E (ER)	: 3.55E-9
Komp.	: Vz [kN]
Max	: 1119.150
Min	: -1113.316



[1], Linear, 4. Lk LM1+Anfahrt (GZ Typ 2), Vz, Ausgefülltes Diagramm, Vorderansicht

### **6.3 Nachweise Tragsicherheit GZT 2 (Strassenbereich)**



## Nachweise Tragsicherheit Typ 2

94)

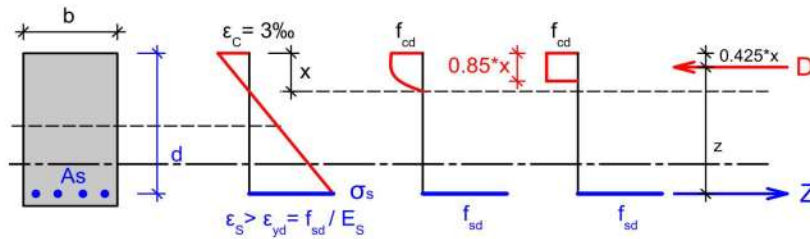
- Biegetragsicherheit (vgl. ff.)

o Fund. Rahmeneck:  
 $\phi 14 \text{ mm}$ ,  $t = 150 \text{ mm}$   
 $h = 300 \text{ mm}$

(Mindestbewehrung massg.)

$$M_d = 41,5 \text{ kNm} < M_{Rd} = 108 \text{ kNm}$$

$$s = \frac{108}{41,5} = \underline{\underline{2,6}} > \underline{\underline{1,0}} \text{ i.O.} \checkmark$$



Querschnitt	<b>b</b>	<b>1'000 mm</b>	<b>Breite</b>
	<b>h</b>	<b>300 mm</b>	<b>Plattenstärke</b>
	∅ <sub>As</sub>	14 mm	∅ Bewehrung
	e	40 mm	Eisenüberdeckung
	d	253 mm	
	s	150 mm	Teilung
	n	6.67 Stück	
	A <sub>s</sub>	1'026 mm <sup>2</sup>	← Mindestbewehrung
	f <sub>cd</sub>	20 N/mm <sup>2</sup>	
	f <sub>sd</sub>	435 N/mm <sup>2</sup>	

Einwirkung **M<sub>d</sub>** **41.5 kNm**

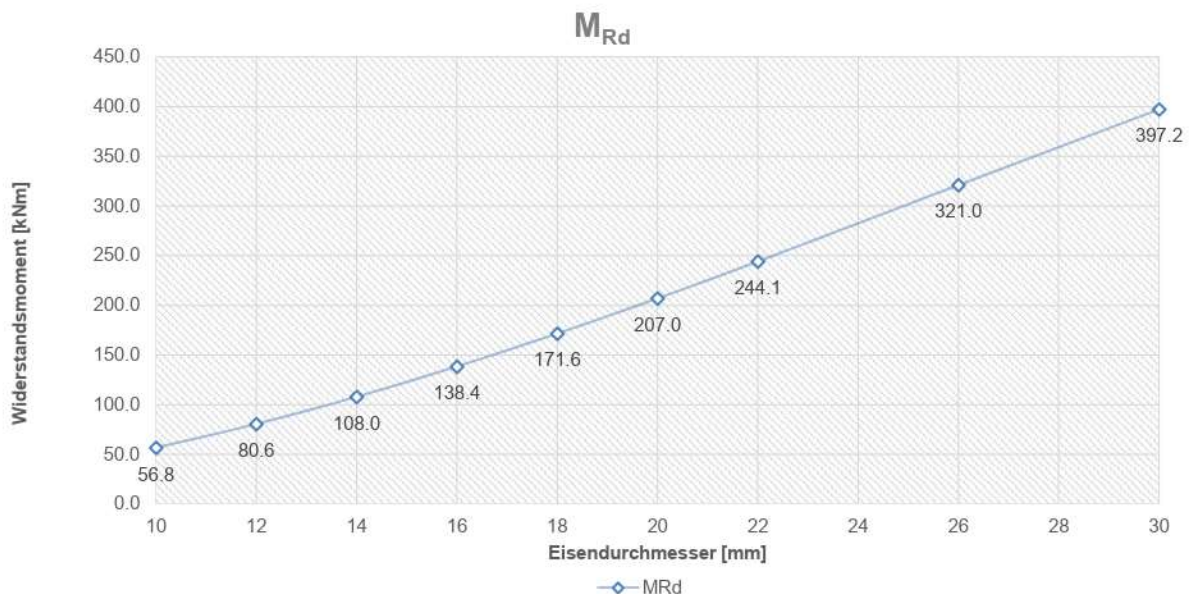
Nachweis **x** 26.26 mm

$$x = \frac{A_s \cdot f_{sd}}{0.85 \cdot b \cdot f_{cd}}$$

**M<sub>Rd</sub>** **108.0** > **M<sub>d</sub>** **41.5 kNm** → **i.O.**  $M_{Rd} = Z \cdot z = A_s \cdot f_{sd} (d - k_2 \cdot x)$

Traglastfaktor S (M<sub>Rd</sub>/M<sub>d</sub>) = 2.60

Durchm.	Fläche	A <sub>s</sub>	D <sub>R</sub> = Z <sub>R</sub>	x	Stahlfluss bei Betonbr.	M <sub>Rd</sub>	m <sub>Rd</sub>
mm	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	kN	mm	x < d/2	kNm	kNm/m
8	50	335	145.77	8.57	i.O.	36.8	36.8
10	79	524	227.77	13.40	i.O.	56.8	56.8
12	113	754	327.98	19.29	i.O.	80.6	80.6
14	154	1026	446.42	26.26	i.O.	108.0	108.0
16	201	1340	583.08	34.30	i.O.	138.4	138.4
18	254	1696	737.96	43.41	i.O.	171.6	171.6
20	314	2094	911.06	53.59	i.O.	207.0	207.0
22	380	2534	1'102.38	64.85	i.O.	244.1	244.1
26	531	3540	1'539.69	90.57	i.O.	321.0	321.0
30	707	4712	2'049.89	120.58	i.O.	397.2	397.2
34	908	6053	2'632.97	154.88	i.O.	466.5	466.5



## **6.4 Nachweise Ermüdung GZT 4 (Strassenbereich)**

## Nachweis Ermüdung Querkraft

$$\begin{array}{l} V_{\text{ständig}} = \frac{266,3}{9,275} = 28,7 \text{ kN} \\ V_{\text{Gfat}} = \frac{680,2}{9,275} = 73,3 \text{ kN} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} V_{\text{ständig}} \\ V_{\text{Gfat}} \end{array}} \right\} \begin{array}{l} \text{am Max.} \\ \rightarrow \text{konservativ} \end{array}$$

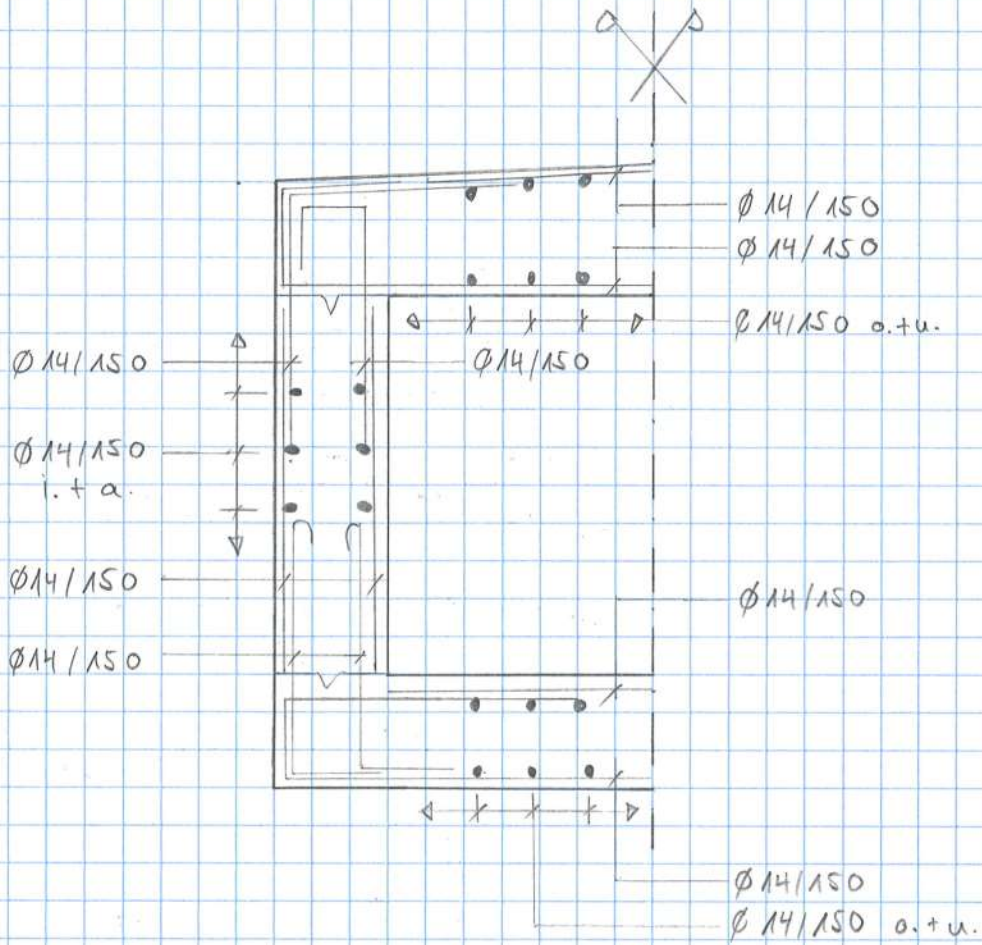
$$V_{d\max} \leq 0,5 \cdot V_{Rd} + 0,45 \cdot V_{d\min} \leq 0,9 \cdot V_{Rd}$$

$$73,3 \leq 0,5 \cdot 181 + 0,45 \cdot 28,7 \leq 0,9 \cdot 181$$

$$\underline{73 \text{ kN} < 103 \text{ kN} < 163 \text{ kN}} \quad \checkmark \text{i.O.}$$

$$S = \frac{103}{73} = 1,4$$

# 7 Bewehrungsskizze



Schällibaum AG Wattwil, smu, Oktober 2022