

GEMEINDE **Othmarsingen IO**

STRASSE **K267**

BEREICH K116 + 28m

OBJEKT **B-604 Bünzbrücke**

Statische Berechnung

Vorstudien	Vorprojekt	Bauprojekt	Auflageprojekt	Ausführungsprojekt	Ausgeführtes Werk
					

PROJEKTVERFASSEN

Wilhelm + Wahlen
Bauingenieure AG

T 062 837 10 10
info@ww-aarau.ch



BAUHERR

Abteilung Tiefbau
Realisierung
Entfelderstrasse 22
5001 Aarau

Erstellt: CS / 29.09.2025

Inhaltsverzeichnis

1. Projektgrundlagen.....	3
1.1 Normen, Bestimmungen und Richtlinien	3
1.2 Projektspezifische Grundlagen	3
1.3 Statik Software	3
2. Tragwerkskonzept.....	4
2.1 Bauwerksbeschreibung	4
2.2 Baustoffe.....	5
3. Einwirkungen	5
4. Tragsicherheit	6
5. Gebrauchstauglichkeit.....	7
5.1 Gefährdungsbilder	7
5.2 Verformung	7
5.3 Mindestbewehrung	7
6. Gehwegplatte Süd (Neu).....	8
6.1 Geometrie und Abmessungen	8
6.2 Lastannahmen	9
6.3 Lastkombinationen	10
6.4 Tragsicherheitsnachweis	11
6.5 Gebrauchstauglichkeitsnachweis.....	13
7. Gehwegplatte Nord (Bestehend)	14
7.1 Ausgangslage	14
7.2 Materialkennwerte	14
7.3 Geometrie und Abmessungen	15
7.4 Lastannahmen	15
7.5 Lastkombinationen	16
7.6 Tragsicherheitsnachweis	17
7.7 Verstärkung mit CFK-Lamellen.....	17
8. Unterschriften	19

1. Projektgrundlagen

1.1 Normen, Bestimmungen und Richtlinien

- [1] SIA 260, Grundlagen der Projektierung von Tragwerken (2013)
- [2] SIA 261, Einwirkungen auf Tragwerke (2020)
- [3] SIA 261/1, Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen (2020)
- [4] SIA 262, Betonbau (2013 und Vernehmlassungsversion 2025)
- [5] SIA 262/1, Betonbau – Ergänzende Festlegungen (2019)
- [6] SIA 269, Grundlagen der Erhaltung von Tragwerken (2011)
- [7] SIA 269/1, Erhaltung von Tragwerken – Einwirkungen (2011)
- [8] SIA 269/2, Erhaltung von Tragwerken – Betonbau (2011)
- [9] SIA 269/6-1, Erhaltung von Tragwerken – Mauerwerksbau, Teil 1: Natursteinmauerwerk (2011)
- [10] SIA 269/7, Erhaltung von Tragwerken – Geotechnik (2011)
- [11] Versorgungsrouten nach ATRV 22. Dezember 2004
- [12] SIA 2042, Vorbeugung von Schäden durch die Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR) bei Betonbauten (2022)
- [13] Normalien Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung Tiefbau, Integrales Managementsystem (IMS) – www.ag.ch/ims
- [14] Projektierungshandbuch für Ingenieure PHI, Version 2.2 / Mai 2023
- [15] ASTRA 12004 Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken
- [16] VSS-Normen

1.2 Projektspezifische Grundlagen

- [17] Bericht Überprüfung 2023, Wilhelm + Wahlen Bauingenieure AG, 10.12.2024
- [18] Schalungsplan Vorfabrizierter Fussgängersteg, Baudepartement, Abteilung Tiefbau, 1975
- [19] Armierungsplan Vorfabrizierter Fussgängersteg, Baudepartement, Abteilung Tiefbau, 1975
- [20] Schalungsplan Fahrbahnverbreiterung und Gehweg UW, Härdi + Fritschi AG, 1976
- [21] Armierungsplan Fahrbahnverbreiterung und Gehweg UW, Härdi + Fritschi AG, 1976
- [22] Übersichtsplan Fahrbahnverbreiterung und Gehweg UW und OW, Härdi + Fritschi AG, 2002
- [23] Sanierung K267, Situation 1:200, Plan Nr. 002, Sutter AG Liestal, 09.02.2024
- [24] Sanierung K267, Randabschluss 1:200, Plan Nr. 013, Sutter AG Liestal, 09.02.2024
- [25] Sanierung K267, Werkkoordination 1:200, Plan Nr. 017, Sutter AG Liestal, 09.02.2024
- [26] Aktennotiz der Koordinationssitzung K267/B-604 vom 08.01.2024
- [27] Aktennotiz der Abstimmungsbesprechung mit der Gemeinde Othmarsingen vom 24.03.2025
- [28] Stellungnahme ALG/WB, 15. März 2024 und Stellungnahme ALG/GN, 19. März 2024
- [29] Nutzungsvereinbarung Auflageprojekt, Wilhelm + Wahlen Bauingenieure AG, 29.09.2025
- [30] Produktdokumentation S&P C-Laminate, <https://www.sp-reinforcement.ch>

1.3 Statik Software

- [31] CUBUS-Programme Statik-9, Fagus-9

2. Tragwerkskonzept

2.1 Bauwerksbeschreibung

Ausgangslage:

Das Objekt B-604 befindet sich insgesamt in einem annehmbaren Zustand. Das Natursteingewölbe aus dem Jahre 1852 weist keine nennenswerten Schäden auf. Handlungsbedarf besteht hingegen bei den beiden Gehwegauskragungen. Insbesondere beim vorfabrizierten Element oberwasserseitig konnte eine starke Versalzung bis in grosse Tiefen gemessen werden (zurückzuführen auf die fehlende Abdichtung). Beide Gehwege sind nicht für Fahrzeuglasten nach SIA 269ff ausgelegt.

Massnahmen:

Die Gehwegplatte Nord wird mit CFK-Lamellen verstärkt und dadurch für den Strassenverkehr befahrbar.

Der vorfabrizierte Steg oberwasserseitig wird durch eine Ortbetonkonstruktion ersetzt. Die neue Brückenplatte wird als einfacher Balken konzipiert. Sie wird beidseits auf den bestehenden Widerlagern gelagert. Die neue Brückenplatte hat eine Länge von ca. 10.95 m und eine Breite von ca. 3.00 m. Der südliche Gehweg wird durch die neue Konstruktion auf 1.75 m verbreitert und durch einen Konsolkopf und ein Geländer Typ Ga begrenzt. Die Fahrbahn weist ein Dachgefälle von 2% auf. Es ist keine Entwässerung auf der Brücke vorgesehen.

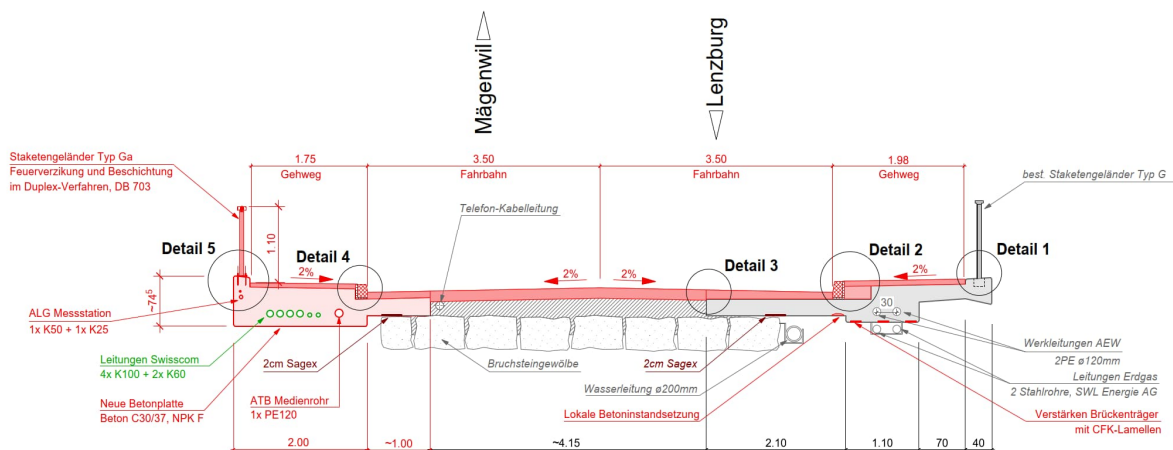


Abb. 1: Brückenquerschnitt mit Massnahmen

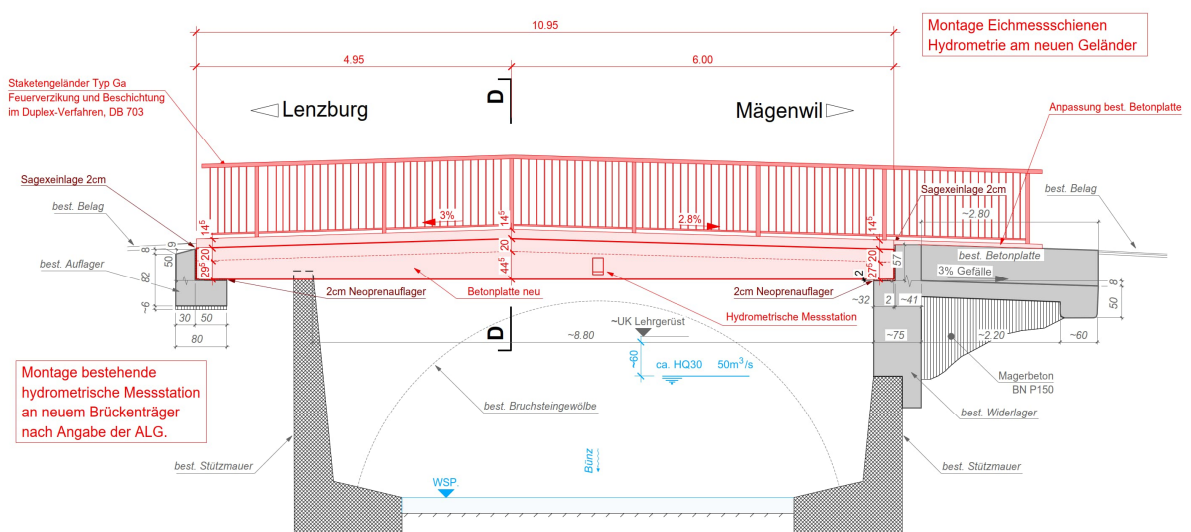


Abb. 2: Längsschnitt neue Gehwegauskragung Süd

2.2 Baustoffe

Tragkonstruktion: Beton gemäss SN 206-1: 2000 («NPK-F», Tiefbaubeton T3)
C 30/37, XC4(CH), XD3 (CH), XF2 (CH), D_{\max} 32, CI 0.10, C3, P3
 $f_{cd} = 20.0 \text{ N/mm}^2$, $f_{ctm} = 2.9 \text{ N/mm}^2$, $\tau_{cd} = 1.1 \text{ N/mm}^2$, $E_{cm} = 34 \text{ kN/mm}^2$

Bewehrungsstahl B500B
 $f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$, $E_s = 205 \text{ kN/mm}^2$

Tragwerksverstärkung mit CFK-Lamellen: Die Materialeigenschaften sind produkteabhängig
z.B. S&P C-Laminate:

Technische Daten

EIGENSCHAFTEN

Mechanische/physikalische Eigenschaften	Prüfverfahren	Einheit	SM*	HM*
Dichte	-	g/cm ³	1,6	1,6
Faservolumengehalt	-	% Vol.	> 68	> 68
E-Modul	ISO 527	kN/mm ²	≥ 170	≥ 205
E-Modul (5% fraktil)	ISO 527	kN/mm ²	≥ 168	≥ 201
Zugfestigkeit	ISO 527	N/mm ²	≥ 2800	≥ 2800
Zugfestigkeit (5% fraktil)	ISO 527	N/mm ²	≥ 2700	≥ 2700
Bruchdehnung	ISO 527	‰	≥ 16	≥ 13,5
Empfohlener Bemessungswert bei 6 ‰ Dehnung**	-	N/mm ²	1000	1200
Empfohlener Bemessungswert bei 8 ‰ Dehnung**	-	N/mm ²	1340	1600
Empfohlener Bemessungswert für eingeschlitzte Lamellen bei 10 ‰ Dehnung**	-	N/mm ²	1680	2010
Tg (DMA und interne Tests)	ASTM D7028-07	°C	> 100	

Durchschnittswerte, sofern nicht anders angegeben

* SM = Standard E-Modul / HM = Hochmodulig

** Die Bemessungswerte sind den nationalen Normen zu entnehmen.

*** Individuell zugeschnittene Längen sind erhältlich.

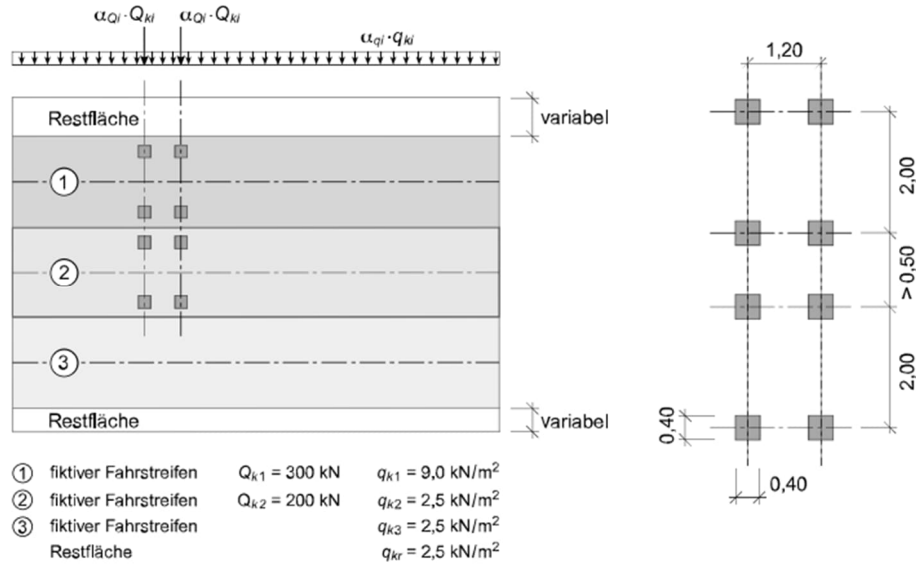
Abb. 3: Materialeigenschaften S&P C-Laminate

3. Einwirkungen

Folgende Einwirkungen werden in der statischen Berechnung berücksichtigt:

- Eigengewicht: Raumlast Beton bewehrt 25 kN/m^3
- Auflast Belag: Raumlast Gussasphaltbelag 24 kN/m^3
Belagsstärke $d = 10 \text{ cm}$ Fahrbahn, $d = 7.5 \text{ cm}$ Gehweg
- Geländer: Staketengeländer, $g = 1.0 \text{ kN/m}$
- Nutzlast Strasse: Strassenverkehr Lastmodell 1, SIA 261, Art. 10 [2]
 $Q_{k1} = 300 \text{ kN}$, $Q_{k2} = 200 \text{ kN}$, $\alpha_{Q1, 2} = 0.90$
 $q_{k1} = 9.0 \text{ kN/m}^2$, $q_{k2, 3, r} = 2.5 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_{q1, 2, 3, r} = 0.90$
- Nutzlast Gehweg OW: Strassenverkehr Lastmodell 1, SIA 261, Art. 10 [2]
 $Q_{k1} = 300 \text{ kN}$, $\alpha_{Q1} = 0.65$
 $q_{k1} = 9.0 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_{q1} = 0.65$
- Nutzlast Gehweg UW: Strassenverkehr Lastmodell 1, SIA 269/1, Art. 10 [7]
 $Q_{k1} = 300 \text{ kN}$, $\alpha_{Q1, \text{act}} = 0.70$
 $q_{k1} = 9.0 \text{ kN/m}^2$, $\alpha_{q1, \text{act}} = 0.40$

Strassenverkehr Lastmodell 1, SIA 261, Figur 11



Im Rahmen der Statischen Berechnung nicht berücksichtigte Einwirkungen:

- Ermüdungslasten
- Erdbeben
- Temperatur
- Wind
- Schnee

4. Tragsicherheit

Nachweis der Tragsicherheit: Grenzzustand Typ 2

$$E_d \leq R_d$$

$$R_d = R_k / \gamma_M$$

Widerstandsfaktoren: $\gamma_C = 1.50$ für Beton, $\gamma_S = 1.15$ für Betonstahl

Brückenplatte im Endzustand:

andauernde Bemessungssituation $E_d = E (\gamma_G G_k, \gamma_P P_k, \gamma_{Q1} Q_{k1}, \psi_{0i} Q_{ki}, X_d, a_d)$ gem. SIA 260 [1]

Gefährdungsbilder	Lastbeiwerte	Lastbeiwerte
Eigengewicht	1.35	0.8
Auflasten	1.35	0.8
Nutzlast (Lastmodell 1)	1.5	1.5

5. Gebrauchstauglichkeit

5.1 Gefährdungsbilder

Nachweis der Durchbiegung: Grenzzustand Lastfall häufig

$E_d = E (G_k, P_k, \psi_{11} Q_{k1}, \psi_{2i} Q_{ki}, X_d, a_d)$ gem. SIA 260 [1]

Gefährdungsbilder	Lastbeiwerte
Eigengewicht	1.0
Auflasten	1.0
Nutzlast (Lastmodell 1)	0.75

Nachweis der Durchbiegung: Grenzzustand Lastfall quasi-ständig

$E_d = E (G_k, P_k, \psi_{2i} Q_{ki}, X_d, a_d)$ gem. SIA 260 [1]

Gefährdungsbilder	Lastbeiwerte
Eigengewicht	1.0
Auflasten	1.0
Nutzlast (Lastmodell 1)	0

5.2 Verformung

Nachweis der Durchbiegung: Grenzzustand Lastfall häufig

$$w_{max} < \frac{L}{500}$$

Nachweis der Durchbiegung: Grenzzustand Lastfall quasi-ständig

$$w_{max} \cdot (1 + \varphi) < \frac{L}{700}$$

5.3 Mindestbewehrung

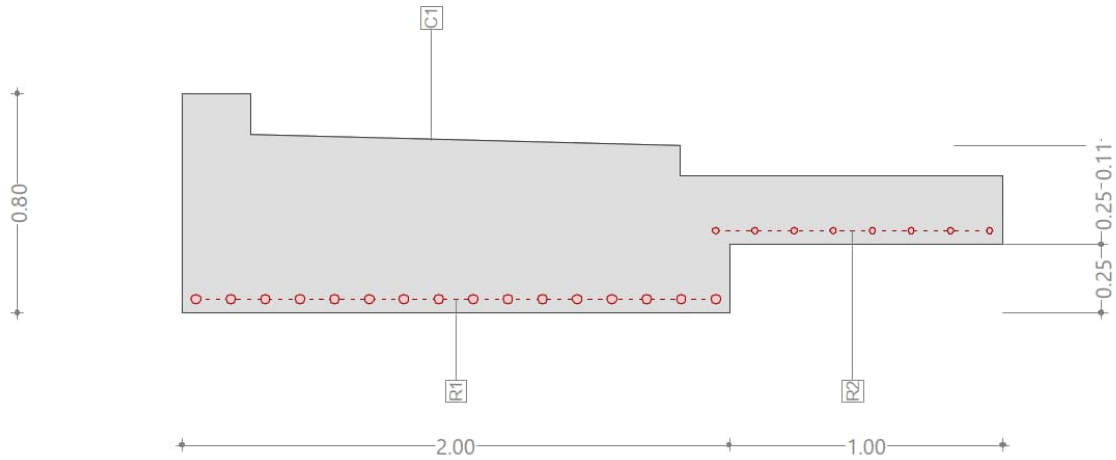
Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreiten für erhöhte Anforderungen gemäss SIA 262 [4], Art. 4.4.2. (inkl. Korrigenda)

6. Gehwegplatte Süd (Neu)

6.1 Geometrie und Abmessungen

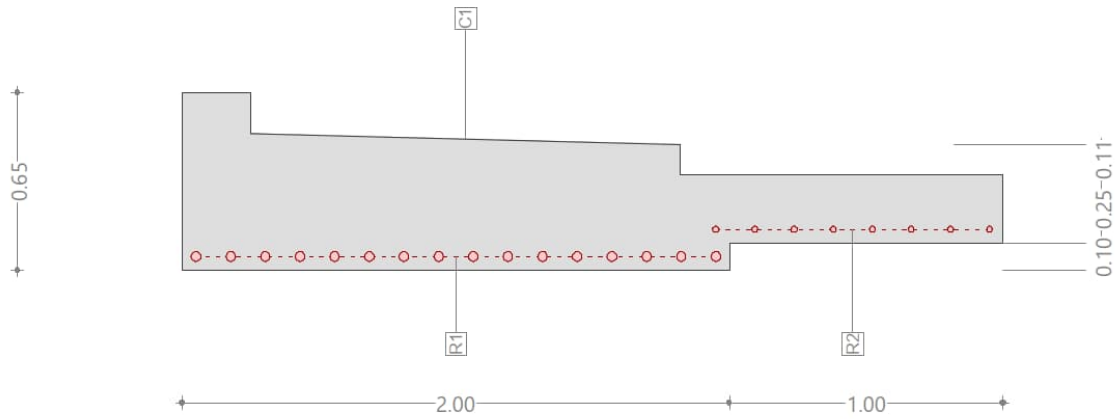
Querschnitt QS3B (C30/37;B500B2): Umriss, Bewehrungen

Mstb. 1 :25.0

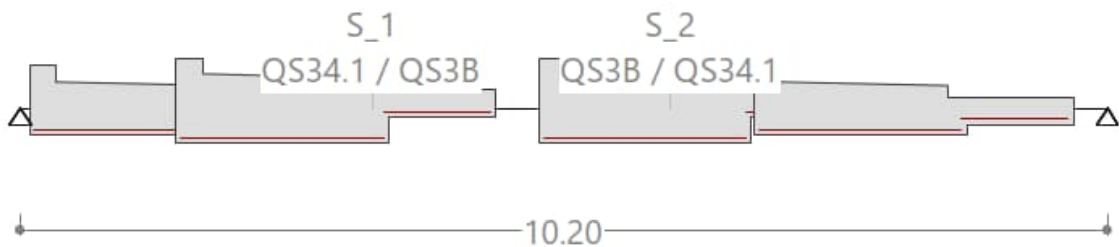


Querschnitt QS34.1 (C30/37;B500B2): Umriss, Bewehrungen

Mstb. 1 :25.0



Struktur

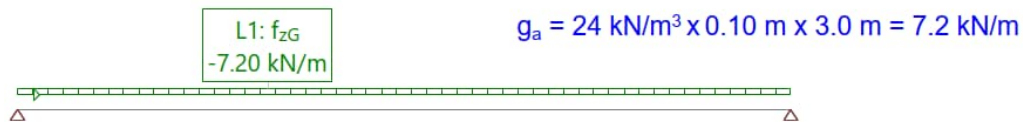


6.2 Lastannahmen

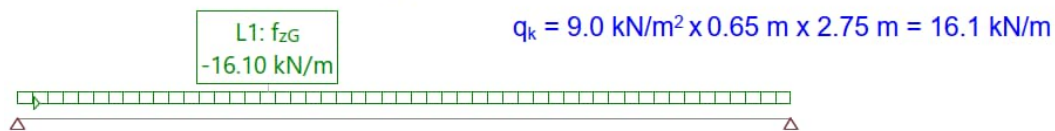
Belastung EG: Eigengewicht



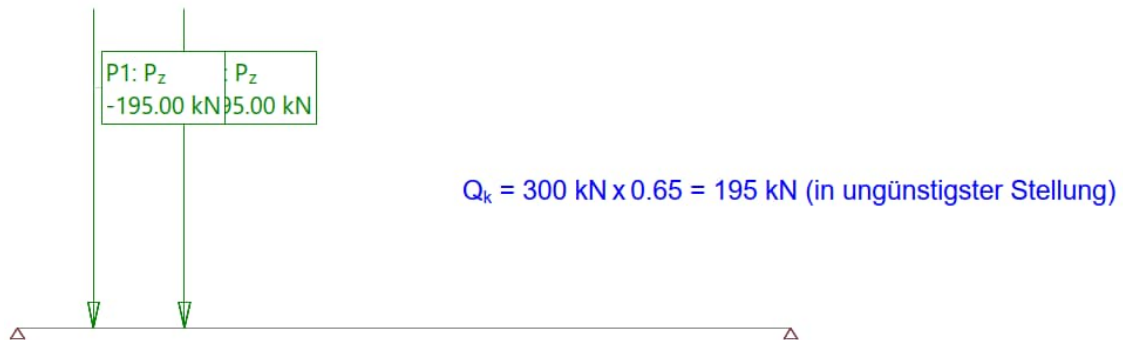
Belastung AL: Gussasphalt



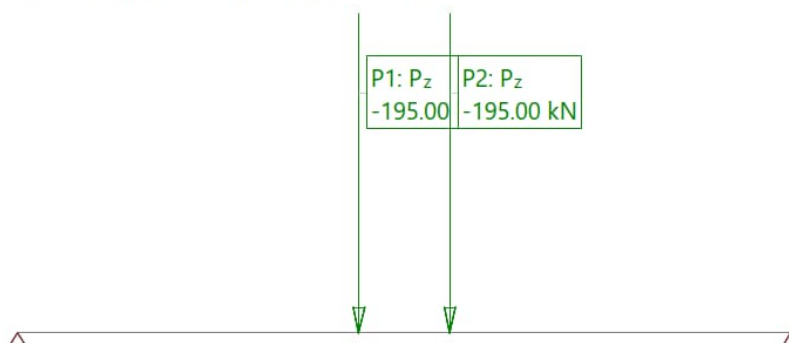
Belastung LM1-q: Lastmodell 1 Linienlast q



Belastung LM1-Q3: Lastmodell 1 Einzellast Q



Belastung LM1-Q1: Lastmodell 1 Einzellast Q



6.3 Lastkombinationen

Grenzwertspezifikation: !GZT

Beschreibung

Standard-Bemessungssituation: Tragsicherheit Grenzzustand Typ 2 (1B)

Einwirkungskombinationen

Nr	Einwirkung Name	Fak	1	2	Einwirkungskombinationen
1	Eigenlast	1	1.35	0.8	
2	Auflasten	1	1.35	0.8	
3	Lastmodell 1	1	1.5	1.5	

Fak : alle Kombinationswerte werden mit diesem Faktor multipliziert

Belastungsüberlagerungen der Einwirkungen

zu Grenzwertspezifikation !GZT

Einwirkung	Alt	additiv	exklusiv	Belastung	Faktor	Komb.
Eigenlast		ständig		EG Eigengewicht	1.000	
Auflasten		ständig		AL Gussasphalt	1.000	
Lastmodell 1		wo massgebend		LM1-q Lastmodell 1 Linienlast q	1.000	
		plus, wo massg.	entwede	LM1-Q1 Lastmodell 1 Einzellast Q	1.000	
			oder	LM1-Q2 Lastmodell 1 Einzellast Q	1.000	
			oder	LM1-Q3 Lastmodell 1 Einzellast Q	1.000	
			oder	LM1-Q4 Lastmodell 1 Einzellast Q	1.000	
			oder	LM1-Q5 Lastmodell 1 Einzellast Q	1.000	

Alt : Alternative Überlagerung

Standard-Bemessungssituation: Gebrauchstauglichkeit häufige Kombination

Einwirkungskombinationen

Nr	Einwirkung Name	Fak	1	Einwirkungskombinationen
1	Eigenlast	1	1	
2	Auflasten	1	1	
3	Lastmodell 1	1	0.75	

Fak : alle Kombinationswerte werden mit diesem Faktor multipliziert

Standard-Bemessungssituation: Gebrauchstauglichkeit quasi-ständige Kombination

Einwirkungskombinationen

Nr	Einwirkung Name	Fak	1	Einwirkungskombinationen
1	Eigenlast	1	1	
2	Auflasten	1	1	
3	Lastmodell 1	1		

Fak : alle Kombinationswerte werden mit diesem Faktor multipliziert

6.4 Tragsicherheitsnachweis

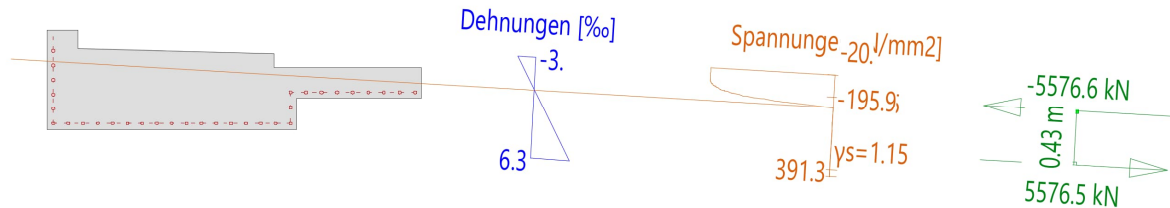
Biegebewehrung

Schnittkraftgrenzwerte M_y [kNm] für: !GZT



Querschnitt QS3B (C30/37;B500B2): Ausnutzung $M_y=2363.0$; $\text{eff}(M,N)=0.98$ erfüllt

Mstb. 1 :54.7



Traglastanalyse Querschnitt (Träger): QS3B

Beanspruchung / Ausnutzung: $\text{eff}(M,N)=0.98$ erfüllt

Nr.	AP	P	N [kN]	Biegung und Normalkraft M_y [kNm]	M_z [kNm]	$\text{eff}(M,N)$ [-]	V_y [kN]	Querkraft und Torsion V_z [kN]	T [kNm]	$\text{eff}(V,T)$ [-]	Gesamt QS $\text{eff}(M,N,V,T)$ [-]
1	!GZT		0	2363.0	0	0.98					

Analyseparameter "IGZT" Norm: SIA

ID	σ - ϵ -Diagramme				Grenzdehnungen			σ_s [N/mm²]	Widerstandsbeiwerte				Diverses		
	c	s	p	a	ϵ_{c1d} [‰]	ϵ_{c2d} [‰]	ϵ_{ud} [‰]		γ_c [-]	γ_s [-]	γ_p [-]	γ_M [-]	α [-]	ϕ [-]	
!GZT	4/0	1	1	1	-2.	-3.	20.		1.5	1.15	1.15	1.05	45.	0.	

Sigma-Epsilon : SIA262 Fig 12 + Fig 16

Maximale Dehnungen und Spannungen

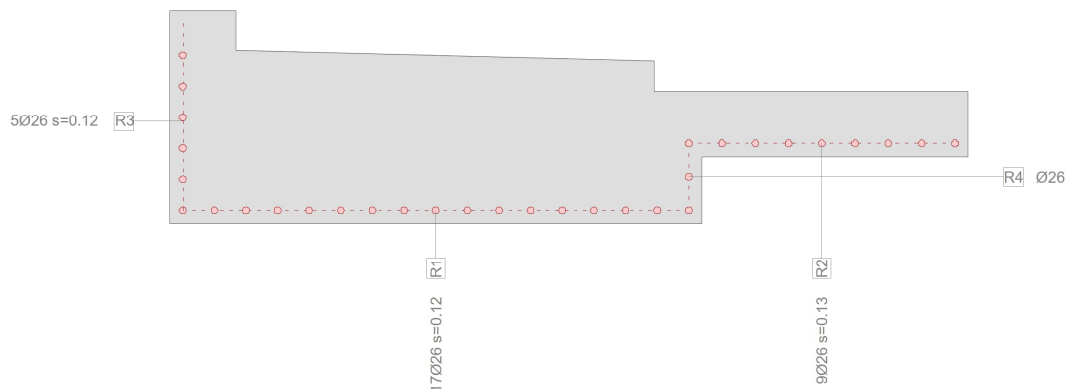
Name	Klasse	y_q [m]	z_q [m]	ϵ [‰]	σ_d [N/mm²]	γ [-]
C1	C30/37	-1.4	0.61	-3.	-20.	1.50
C1	C30/37	-1.65	-0.19	6.3	0.	1.50
R3	B500B2	-1.6	0.44	-1.	-195.9	1.15
R1	B500B2	-1.6	-0.14	5.7	391.3	1.15

Grenz Zustand "IGZT"

N [kN]	Innere Kräfte M_y [kNm]	M_z [kNm]	Dehnung und Krümmungen			Steifigkeiten		
			ϵ_x [‰]	χ_y [km⁻¹]	χ_z [km⁻¹]	N/ϵ_x [kN]	M_y/χ_y [kNm²]	M_z/χ_z [kNm²]
-0.1	2417.6	-0.1	1.7	11.4	0.7	87.22	211205.9	207.53

Querschnitt QS3B (C30/37;B500B2): Umriss, Bewehrungen

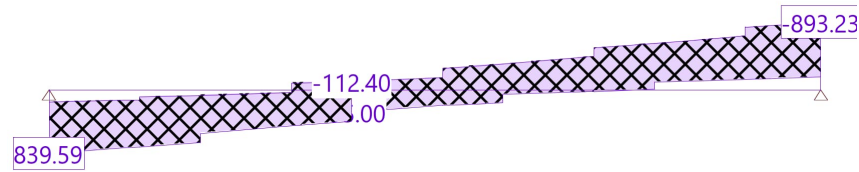
Mstb. 1 :23.3



→ Nachweis erfüllt mit: Ø26 a=12.5 cm

Querkraft:

Schnittkraftgrenzwerte V_z [kN] für: IGZT



Ø 14 a = 12.5 4- schnittig	Ø 14 a = 15 4- schnittig	Ø 12 a = 15 4- schnittig	Ø 14 a = 15 4- schnittig	Ø 14 a = 12.5 4- schnittig
-------------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-------------------------------

$$V_{Rd} = \frac{A_{sw}}{s} * z * f_{sd} * \cot \alpha$$

Bügelbewehrung	A_{sw} [mm ² /m]	V_{Rd} [kN] pro Schnitt
Ø 12 a = 15	754	131.2
Ø 14 a = 15	1026	178.5
Ø 14 a = 12.5	1232	214.4

$$\alpha = 45^\circ$$

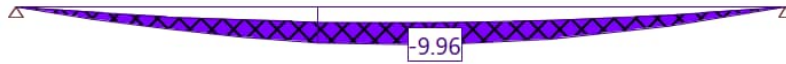
$$z = 400 \text{ mm}$$

$$f_{sd} = 435 \text{ N/mm}^2$$

6.5 Gebrauchstauglichkeitsnachweis

Verformungen:

Verschiebungsgrenzwerte DZ [mm] für: Häufig, Überhöhung: 50.0



Nachweis der Durchbiegung: Grenzzustand Lastfall häufig

$$w_{max} = 10.0 \text{ mm} < \frac{L}{500} = \frac{10'200 \text{ mm}}{500} = 20 \text{ mm} \rightarrow \text{erfüllt}$$

Nachweis der Durchbiegung: Grenzzustand Lastfall quasi-ständig

Verschiebungsgrenzwerte DZ [mm] für: Quasi-Ständig, Überhöhung: 100.0



$$w_{max} = 4.3 \text{ mm} \cdot (1 + \varphi) = 12.9 \text{ mm} < \frac{L}{700} = \frac{10'200 \text{ mm}}{700} = 16 \text{ mm} \rightarrow \text{erfüllt}$$

mit Kriechzahl $\varphi = 2.0$

Mindestbewehrung:

Rissmoment

$$m_r = \frac{f_{ctd} \cdot b h^2}{6} = \frac{2.68 \text{ N/mm}^2 \cdot 1000 \text{ mm/m} \cdot (650 \text{ mm})^2}{6} = 188.7 \text{ kNm/m}$$

$$\text{Wobei } f_{ctd} = k_t \cdot f_{ctm} = \frac{1}{1 + 0.5 \cdot \frac{h}{3}} \cdot f_{ctm} = 2.68 \text{ N/mm}^2$$

Mindestbewehrung

$$a_{s,erf} = \frac{M_r}{0.9 \cdot d \cdot f_{sd}} = \frac{188.7 \text{ kNm/m}}{0.9 \cdot 590 \text{ mm} \cdot 435 \text{ N/mm}^2} = 817 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreiten:
 $\rightarrow \text{Ø14 @15 } (a_s = 1030 \text{ mm}^2/\text{m})$

7. Gehwegplatte Nord (Bestehend)

7.1 Ausgangslage

Statische Überprüfung vgl. Bericht Überprüfung 2023 vom 10.12.2024

Nachweis der Tragsicherheit

Die Biegetragsicherheit und Schubtragsicherheit wurden in den massgebenden Schnitten überprüft.

Biegewiderstand:

Lage	Ausnutzung [$E_{d,act}/R_{d,act}$] Einwirkungen nach Norm SIA 269/1
Gehwegplatte US	1.5

Querkraftwiderstand:

Lage	Ausnutzung [$E_{d,act}/R_{d,act}$] Einwirkungen nach Norm SIA 269/1
Gehwegplatte US	1.0

7.2 Materialkennwerte

Betondruckfestigkeit gemäss Tab. 7, SIA 269/2

Beton BH, bewehrt, Zementgehalt $\geq 300 \text{ kg/m}^2$, $f_{cd} = 12.8 \text{ N/mm}^2$

Die Betondruckfestigkeiten wurden an Bohrkernen $\varnothing 75 \text{ mm}$ gemessen.

Lage	Anzahl BK	Niedrigstes Prüfergebnis Mittelwert Prüfergebnisse	Druckfestigkeitsklasse nach SIA 269/2
Gehwegplatte US	4	55.6 N/mm ² 65.5 N/mm ²	C55/67

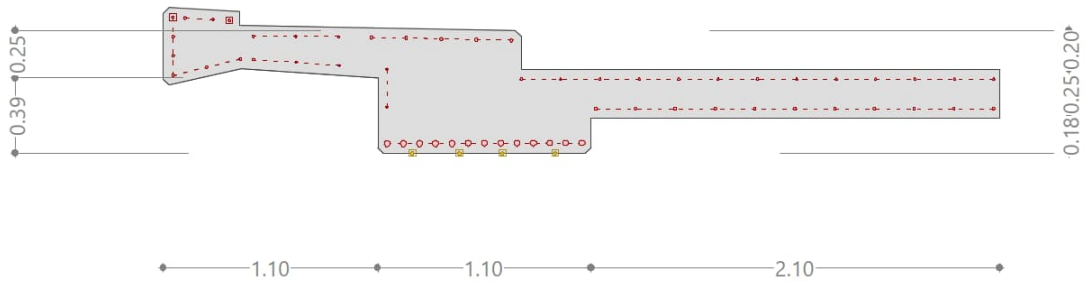
Bewehrung gemäss Tab. 8 und 9, SIA 269/2:

Gehwegplatte US	Stahl III	$f_{sd} = 390 \text{ N/mm}^2$
-----------------	-----------	-------------------------------

7.3 Geometrie und Abmessungen

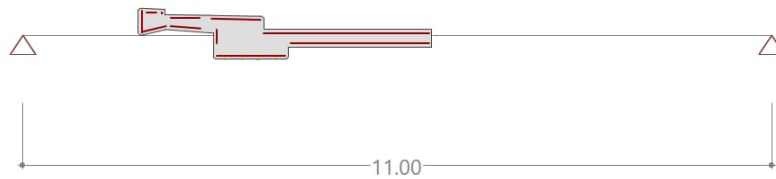
Querschnitt QS4 (C25/30;B500B2;TYP_S): Umriss, Bewehrungen

Mstb. 1 : 35.0



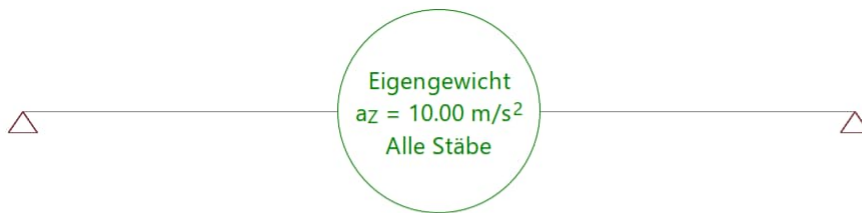
Struktur

Mstb. 1 : 100.0

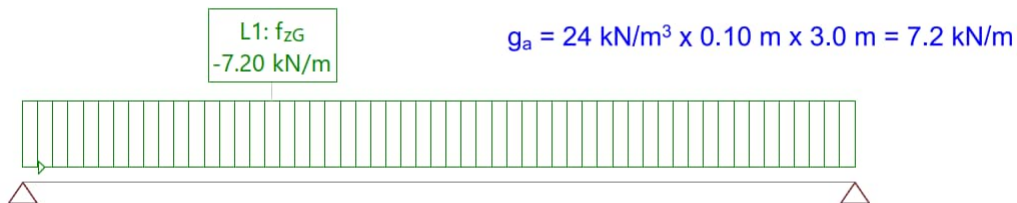


7.4 Lastannahmen

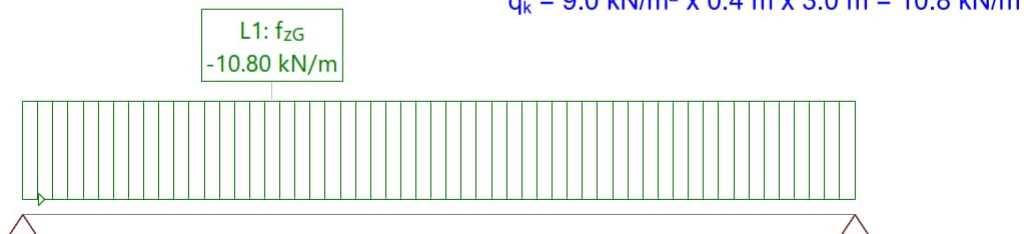
Belastung EG: Eigengewicht



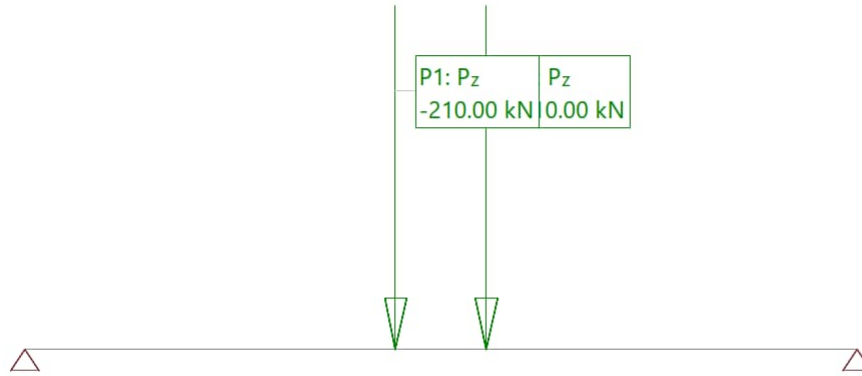
Belastung AL: Gussasphalt



Belastung LM1-q: Lastmodell 1 Linienlast q



Belastung LM1-Q1: Lastmodell 1 Einzellast Q



$$Q_k = 300 \text{ kN} \times 0.7 = 210 \text{ kN (in ungünstigster Stellung)}$$

7.5 Lastkombinationen

Grenzwertspezifikation: !GZT

Beschreibung

Standard-Bemessungssituation: Tragsicherheit Grenzzustand Typ 2 (1B)

Einwirkungskombinationen

Nr	Einwirkung Name	Fak	1	2	Einwirkungskombinationen
1	Eigenlast	1	1.35	0.8	
2	Auflasten	1	1.35	0.8	
3	Lastmodell 1	1	1.5	1.5	

Fak : alle Kombinationswerte werden mit diesem Faktor multipliziert

Belastungsüberlagerungen der Einwirkungen

zu Grenzwertspezifikation !GZT

Einwirkung	Alt	additiv	exklusiv	Belastung	Faktor	Komb.
Eigenlast		ständig		EG Eigengewicht	1.000	
Auflasten		ständig		AL Gussasphalt	1.000	
Lastmodell 1		wo massgebend		LM1-q Lastmodell 1 Linienlast q	1.000	
		plus, wo massg.		LM1-Q1 Lastmodell 1 Einzellast Q	1.000	

Alt : Alternative Überlagerung

7.6 Tragsicherheitsnachweis

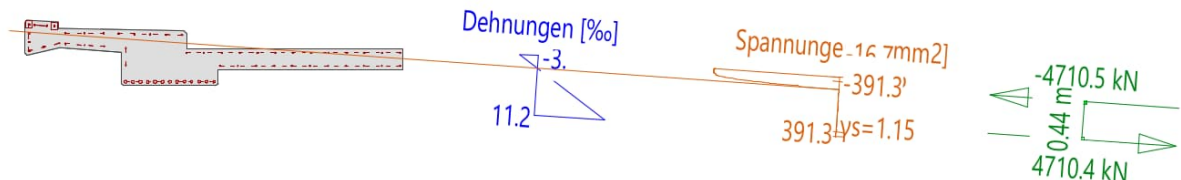
Biegebewehrung

Schnittkraftgrenzwerte M_y [kNm] für !GZT

Mstb. 1 : 100.0

Querschnitt QS4 (C25/30;B500B2;TYP_S): Ausnutzung $M_y=2060.0$; $\text{eff}(M,N)=1$. erfüllt

Mstb. 1 : 78.3



Traglastanalyse Querschnitt (Träger): QS4

Beanspruchung / Ausnutzung: $\text{eff}(M,N)=1$. erfüllt

Nr.	AP	P	Biegung und Normalkraft				V_y [kN]	Querkraft und Torsion		$\text{eff}(V,T)$ [-]	Gesamt QS $\text{eff}(M,N,V,T)$ [-]
			N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	$\text{eff}(M,N)$ [-]		V_z [kN]	T [kNm]		
1	!GZT		0	2060.0	0	1.00					

Analyseparameter "IGZT" Norm: SIA

ID	σ - ϵ -Diagramme				Grenzdehnungen			σ_s [N/mm²]	Widerstandsbeiwerte				Diverses		
	c	s	p	a	ϵ_{c1d} [‰]	ϵ_{c2d} [‰]	ϵ_{ud} [‰]		γ_c [-]	γ_s [-]	γ_p [-]	γ_M [-]	α [-]	ϕ [-]	
!GZT	4/0	1	1	1	-2.	-3.	20.		1.5	1.15	1.15	1.05	45.	0.	

 α : Neigung Betondruckdiagonale ϕ : Kriechzahl

Sigma-Epsilon : SIA262 Fig 12 + Fig 16

Maximale Dehnungen und Spannungen

Name	Klasse	y_q [m]	z_q [m]	ϵ [‰]	σ_d [N/mm²]	γ [-]
C1	C25/30	-0.41	0.45	-3.	-16.7	1.50
C1	C25/30	-1.09	-0.18	11.2	0.	1.50
R5	B500B2	-0.43	0.4	-1.9	-391.3	1.15
R8	B500B2	-1.07	-0.13	10.1	391.3	1.15

Grenz Zustand "IGZT"

N [kN]	Innere Kräfte		Dehnung und Krümmungen			Steifigkeiten		
	M_y [kNm]	M_z [kNm]	ϵ_x [‰]	χ_y [km⁻¹]	χ_z [km⁻¹]	N/ϵ_x [kN]	M_y/χ_y [kNm²]	M_z/χ_z [kNm²]
-0.1	2055.3	-0.1	2.6	20.9	1.5	57.25	98382.19	35.14

 $M_{Rd} = 2060$ kNm $\Delta M_d = 2'678$ kNm – $2'060$ kNm = 618 kNm

7.7 Verstärkung mit CFK-Lamellen

Tragwerksverstärkung
mit CFK-Lamellen:

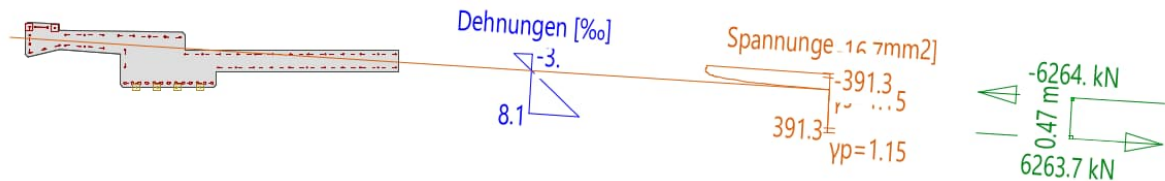
Die Materialeigenschaften sind produkteabhängig

z.B. S&P C-Laminate:

Bemessungswert bei 0.8% Dehnung $f_{pd} = 1'340$ N/mm² $E = 165$ kN/mm² $Z_d = 618$ kNm / 0.9×0.63 m = $1'090$ kN4 CFK-Lamellen 150×1.2 mm ($A_p = 180$ mm²) $R_d = 4 \times 180$ mm² $\times 1'340$ N/mm² = 964.8 kN

Querschnitt QS4 (C25/30;B500B2;TYP_S): Ausnutzung $M_y=2678.0$; $\text{eff}(M,N)=0.91$ erfüllt

Mstb. 1:78.4



Traglastanalyse Querschnitt (Träger): QS4

Beanspruchung / Ausnutzung: $\text{eff}(M,N)=0.91$ erfüllt

Nr.	AP	P	Biegung und Normalkraft				$\text{eff}(M,N)$ [-]	Querkraft und Torsion			$\text{eff}(V,T)$ [-]	Gesamt QS $\text{eff}(M,N,V,T)$ [-]
			N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]			V_y [kN]	V_z [kN]	T [kNm]		
1	!GZT		0	2678.0	0		0.91					

Analyseparameter "IGZT" Norm: SIA

ID	σ - ϵ -Diagramme				Grenzdehnungen			σ_s [N/mm²]	Widerstandsbeiwerte				Diverses		
	c	s	p	a	ϵ_{c1d} [‰]	ϵ_{c2d} [‰]	ϵ_{td} [‰]		γ_c [-]	γ_s [-]	γ_p [-]	γ_M [-]	α [-]	φ [-]	κ
!GZT	4/0	1	1	1	-2.	-3.	20.		1.5	1.15	1.15	1.05	45.	0.	-

 α : Neigung Betondruckdiagonale φ : Kriechzahl κ : Lamellenanalyse: '+' => Berücksichtigung von Verbundbeiwerten $\kappa_s=0.7$ $\kappa_l=0.9$

Sigma-Epsilon : SIA262 Fig 12 + Fig 16

Maximale Dehnungen und Spannungen

Name	Klasse	y_q [m]	z_q [m]	ϵ [‰]	σ_d [N/mm²]	γ [-]
C1	C25/30	-1.83	0.55	-3.	-16.7	1.50
C1	C25/30	-1.09	-0.18	8.1	0.	1.50
P2	B500B2	-1.88	0.5	-2.2	-391.3	1.15
R8	B500B2	-1.07	-0.13	7.2	391.3	1.15
PP1	TYP_S	-0.21	-0.18	15.1	2498.1	1.15
PP4	TYP_S	-0.94	-0.18	15.9	2624.5	1.15

Darstellung mittels Kräftepaar und Hebelarm

	Innere Zug- und Druckkräfte			Momente		z	Geometrische Größen		
	Grund-QS [kN]	Bewehrung [kN]	Summe [kN]	M	Einheit [kNm]		Einheit [m]	x, d	Einheit [m]
Druck F_c	-5467.5	-796.5	-6264.	M_c	-1098.4	z_c	0.18	x_c	0.18
Zug F_s	0.	6263.7	6263.7	M_s	-1849.8	z_s	0.3	d	0.57
N			-0.3	M	-2948.3	z	0.47	x/d	0.32

→ Nachweis erfüllt mit: 4 CFK-Lamellen 150 x 1.2 mm ($A_p = 180 \text{ mm}^2$)

S&P C-Laminate oberflächlich geklebt

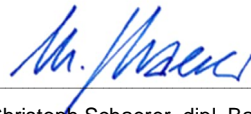
Artikelnummer	Lamellentyp	Breite	Dicke	Querschnitt	Länge
	SM *	mm	mm	mm²	(m)***
LA15005012	50 / 1.2	50	1,2	60	150
LA15005014	50 / 1.4	50	1,4	70	150
LA15006014	60 / 1.4	60	1,4	84	150
LA15008012	80 / 1.2	80	1,2	96	150
LA15008014	80 / 1.4	80	1,4	112	150
LA15009014	90 / 1.4	90	1,4	126	150
LA15010012	100 / 1.2	100	1,2	120	150
LA15010014	100 / 1.4	100	1,4	140	150
LA15012012	120 / 1.2	120	1,2	144	100
LA15012014	120 / 1.4	120	1,4	168	100
LA15015012	150 / 1.2	150	1,2	180	100
LA15015014	150 / 1.4	150	1,4	210	100
LA15012028	120 / 2.8	120	2,8	336	auf Anfrage

8. Unterschriften

Projektverfasser

Aarau, 29.09.2025

Ort, Datum



Christoph Schaerer, dipl. Bauingenieur HTL