

Position: 8 t Kranbahn 5 t e=1 m k40 aw=4 S 3

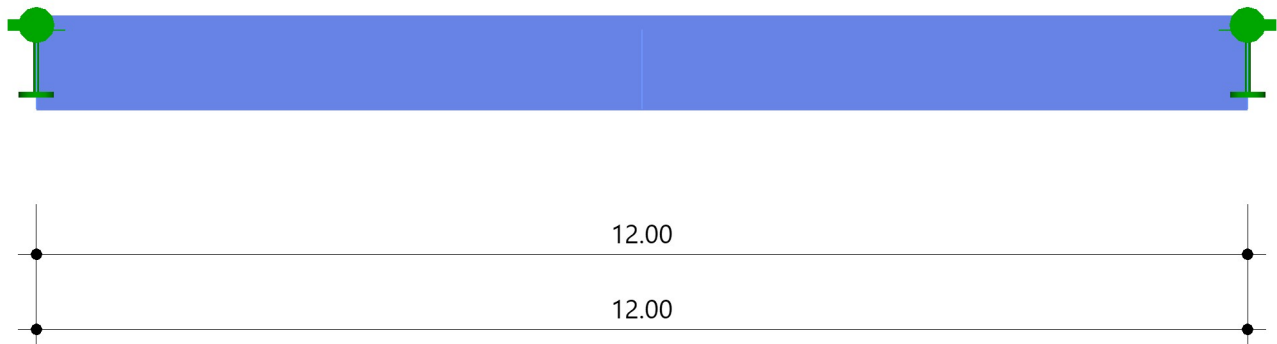
Kranbahnträger (x64) S9+ 01/2025 (FRILO R-2025-1/P03)

Grundparameter

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-6/NA-2010-12
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Kombination ständiger Lasten	:	untereinander mit $\gamma_{G,sup}$ und $\gamma_{G,inf}$
Querschnittsbemessung	:	elastisch
Systemtragfähigkeit	:	Theorie II. Ordnung
Bemessungskonzept	:	Konzept der Schadenstoleranz
Inspektionsintervalle	:	4
Schubspannungen infolge primärer Torsion	:	berücksichtigt
Schubspannungen infolge sekundärer Torsion	:	berücksichtigt
Bemessungssituation Gebrauchstauglichkeit	:	charakteristisch
Nachweis Absolutverformung in y mit δ_{lim}	=	2.0 cm
Nachweis Absolutverformung in z mit δ_{lim}	=	2.4 cm

System

Maßstab 1 : 75



Kranbahnträger

Gesamtlänge = 12.00 m
Material S235

Querschnitt Kranbahn Standard

Statische Werte

Bezeichnung	I_y [cm ⁴]	I_z [cm ⁴]	I_t [cm ⁴]	I_w [cm ⁶]	max_w [cm ²]	A [cm ²]	z_s [mm]	z_M [mm]
Kranbahn Standard	215905.1	18367.8	111.5	12098789	-1044.3	168.4	-96	-297
Schiene 75 %	215889.7	18357.4	84.9	12098789	-1044.3	168.4	-96	-297
Schiene 87.5 %	215896.3	18362.6	97.3	12098789	-1044.3	168.4	-96	-297

I_y : Flächenträgheitsmoment um die y-Achse
 I_z : Flächenträgheitsmoment um die z-Achse
 I_t : Torsionsträgheitsmoment
 I_w : Wölbwiderstandsmoment
 max_w : Einheitsverwölbung
A : Fläche
 z_s : Abstand des Schwerpunkts zum Nullpunkt
 z_M : Abstand des Schubmittelpunkts zum Schwerpunkt

Abmessungen

Profil ASB 286/900	h = 900 mm	(geschweißt)
Steg (lichte Höhe)	h ₁ = 868 mm	s = 8 mm
Obergurt	b _o = 250 mm	t _o = 12 mm
Untergurt	b _u = 250 mm	t _u = 12 mm
	aw _o = 4 mm	aw _u = 4 mm
Kranschiene Flachstahl 50X40 (nicht mittragend)		
Abmessungen	h = 40 mm	b = 50 mm
Abnutzung	h _{red} = 30 mm	h _{red,fat} = 35 mm
Winkel L 100x100x10		
Achsmaß - horizontal	l _h = 95 mm	Sh = 10 mm
Achsmaß - vertikal	l _v = 95 mm	Sv = 10 mm
Gesamtquerschnitt		
Schwerpunkt zu Profilmitte	z _s = -96 mm	Schwerpunkt zu Stegmitte
Schwerpunkt zu Schubmittelpunkt	z _m = -297 mm	z _s = -96 mm

Spannungspunkte

Punkt	O-Punkt		S-Punkt		M-Punkt		Verwölbung ω [cm ²]	Kerbfall		
	y _o [mm]	z _o [mm]	y _s [mm]	z _s [mm]	y _m [mm]	z _m [mm]		σ _x	σ _z	τ _{xz}
								[N/mm ²]		
1	-125	-450	-125	-354	-125	-153	-65.7	100	36	80
2	0	-450	0	-354	0	-153	0.0			
3	125	-450	125	-354	125	-153	65.7	100	36	80
4	-125	450	-125	546	-125	747	1044.3	160	160	100
5	0	450	0	546	0	747	0.0			
6	125	450	125	546	125	747	-1044.3	160	160	100
7	-4	-438	-4	-342	-4	-141	0.0	100	36	80
8	-4	438	-4	534	-4	735	0.0	100	36	80
9	-4	0	-4	96	-4	297	0.0			
17	4	-438	4	-342	4	-141	0.0	100	36	80
18	4	438	4	534	4	735	0.0	100	36	80
19	4	0	4	96	4	297	0.0			
25	125	-449	125	-353	125	-152	65.7			
26	225	-449	225	-353	225	-152	115.6	160	160	100
27	175	-449	175	-353	175	-152	0.0			
28	225	-349	225	-253	225	-52	324.6	160	160	100
29	225	-399	225	-303	225	-102	0.0			
30	-125	-449	-125	-353	-125	-152	-65.7			
31	-225	-449	-225	-353	-225	-152	-115.6	160	160	100
32	-175	-449	-175	-353	-175	-152	0.0			
33	-225	-349	-225	-253	-225	-52	-324.6	160	160	100
34	-225	-399	-225	-303	-225	-102	0.0			
O-Punkt : Koordinaten des Originalpunkts S-Punkt : Koordinaten des Schwerpunkts bezogen auf den Originalpunkt M-Punkt : Koordinaten des Schubmittelpunkts bezogen auf den Schwerpunkt Kerbfall : zulässige Spannungen des Kerbfalls										

Querstreifen

Nr	x _o [m]	t _o [mm]	aw [mm]	Kerbfall, Schweißnaht	
				Steg [N/mm ²]	Flansch [N/mm ²]
1	0.00	10	4	80	80
2	6.00	10	4	80	80
3	12.00	10	4	80	80

Auflager

Lagerbedingungen - Verschiebung

Nr	x [m]	Verschiebungen *)		Abstände	
		v [kN/m]	w [kN/m]	y [mm]	z [mm]
1	0.00	-1	-1	0	0
2	12.00	-1	-1	0	0

*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

Lagerbedingungen - Verdrehungen

Nr	x [m]	Verdrehungen ^{*)}			Verwölbung ^{*)} $\Omega_{y,z}$ [kNm ³]
		Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]	
1	0.00	-1	0.0	0.0	0.00
2	12.00	-1	0.0	0.0	0.00

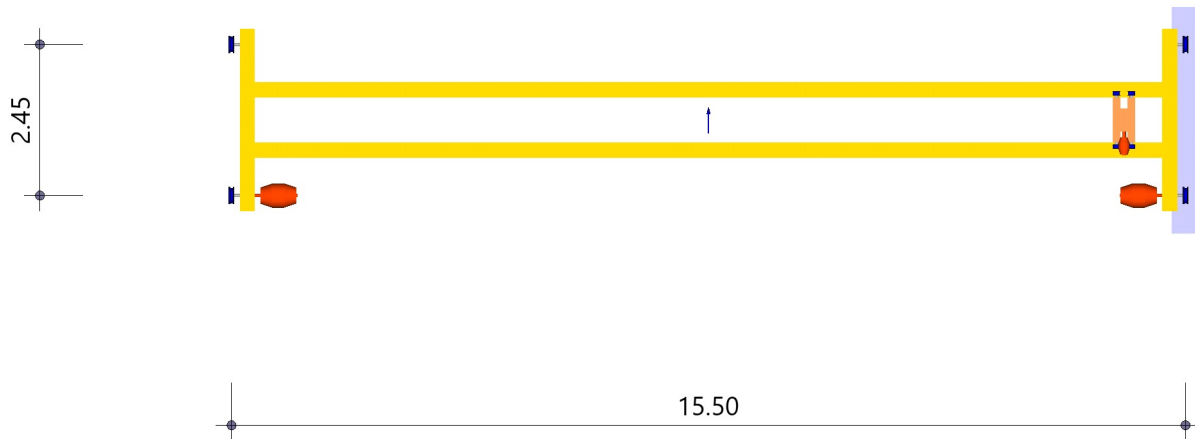
^{*)} -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

Belastung

Kransystem und Krane

Kranparameter

Kranart : Aufgesetzter Brückenlaufkran
Anzahl Krane = 1
Spannweite Kranbrücke = 15.50 m
Erdbebenlasten : nicht berücksichtigt



Kran

Kran [Nr]	Bezeichnung	Qcb [kN]	Qcrab [kN]	Qc [kN]	emin [m]	Qh [kN]	HC	Si	System	Spurführung	v0 [m/min]	vh [m/min]
1	Kran 1	42.0	10.0	52.0	1.00	50.0	2	3	IFF	Spurkranz	31.50	8.00

Qcb : Eigengewicht der Kranbrücke
Qcrab : Eigengewicht der Lastaufnahmekatze
Qc : Gesamtgewicht des Kranes
emin : Katzentstellung
Qh : Hublast
HC : Hubklasse
Si : Beanspruchungsgruppe
System : Kranfahrersystem
Spurführung : Spurführungssystem
v0 : Nenngeschwindigkeit
vh : Hubgeschwindigkeit

Kranlasten

Kran [Nr]	Achse [j]	ai [m]	ei [m]	Kranbahn [k]	Qc [kN]	Qh [kN]	Qr [kN]	Qr,min [kN]	HT [kN]	HS [kN]
1	1	0.00	0.00	2	15.2	23.4	38.6	10.8	5.3	9.6
				1	10.8	1.6	12.4	15.2	1.7	3.1
	2	2.45	2.45	2	15.2	23.4	38.6	10.8	-5.3	0.0
				1	10.8	1.6	12.4	15.2	-1.7	0.0

Achse : Nummer der Kranachse
ai : Abstand zur nächsten vorderen Radachse.
ei : Abstand der Achse zum Führungsmittel.
Kranbahn : Kranbahn 1 oder 2 (Kranbahn 2 wird bemessen)
Qc : maximale vertikale Radlast aus Eigengewicht des Kranes
Qh : maximale vertikale Radlast aus Hublast des Kranes
Qr : maximale vertikale Radlast auf Kranbahn k in Achse j
Qr,min : minimale vertikale Radlast auf Kranbahn k in Achse j
HT : Massekräfte infolge Beschleunigung auf Kranbahn k in Achse j.
HS : Seitenreaktionskraft infolge Schräglauf auf Kranbahn k in Achse j.

Berechnung nach DIN EN 1993-6/NA-2010-12**Kranfahrt 1: LG 1: Qc+Qh+HT - STR P/T****Überlagerungsfaktoren**

Nr.	Lastfall	LG	ϕ	γ	ψ	$\phi*\gamma*\psi$
1	Eigengewicht		1.00	1.35	1.00	1.35
2	Kran 1 - Kraneigengewicht Qc,max	1	1.10	1.35	1.00	1.49
3	Kran 1 - Kranbetrieb Qh,max	1	1.15	1.35	1.00	1.55
4	Kran 1 - Massekräfte HT	1	1.50	1.35	1.00	2.03

LG : Lastgruppe 1 ständige Bemessungssituation infolge Kranbetrieb (STR)
 ϕ : Schwingbeiwert
 γ : Teilsicherheitsbeiwert
 ψ : Kombinationsbeiwert
 $\phi*\gamma*\psi$: Überlagerungsfaktor

Querschnittsnachweis nach Gleichung 6.1 - Theorie II. Ordnung $\gamma_{M0} = 1.10$

x [m]	Pkt	Qkl	σ_x [N/mm ²]	τ [N/mm ²]	σ_v [N/mm ²]	f_{yd} [N/mm ²]	η
0.00	19	1	0.0	-16.9	29.2	213.6	0.14
0.12	9	1	0.4	-16.8	29.1	213.6	0.14
0.23	9	1	0.8	-16.8	29.1	213.6	0.14
0.35	9	1	1.2	-16.7	29.0	213.6	0.14
0.47	9	1	1.6	-16.7	28.9	213.6	0.14
0.58	9	1	2.0	-16.6	28.8	213.6	0.13
0.70	9	1	2.4	-16.5	28.7	213.6	0.13
0.82	4	1	28.0	7.2	30.6	213.6	0.14
0.93	4	1	31.7	7.1	34.0	213.6	0.16
1.05	4	1	35.3	7.1	37.4	213.6	0.17
1.17	4	1	38.9	7.0	40.7	213.6	0.19
1.28	4	1	42.3	6.9	44.0	213.6	0.21
1.40	4	1	45.7	6.8	47.2	213.6	0.22
1.52	4	1	49.0	6.7	50.4	213.6	0.24
1.63	4	1	52.3	6.6	53.5	213.6	0.25
1.75	4	1	55.4	6.5	56.6	213.6	0.26
1.87	4	1	58.5	6.4	59.6	213.6	0.28
1.98	4	1	61.5	6.3	62.5	213.6	0.29
2.10	4	1	64.5	6.2	65.4	213.6	0.31
2.22	4	1	67.4	6.0	68.2	213.6	0.32
2.33	4	1	70.2	5.9	70.9	213.6	0.33
2.45	4	1	72.9	5.8	73.6	213.6	0.34
2.57	4	1	75.6	5.6	76.3	213.6	0.36
2.69	4	1	78.3	5.5	78.9	213.6	0.37
2.81	4	1	80.9	5.3	81.4	213.6	0.38
2.93	4	1	83.4	5.2	83.9	213.6	0.39
3.05	4	1	85.9	5.0	86.4	213.6	0.40
3.17	4	1	88.3	4.9	88.7	213.6	0.42
3.29	4	1	90.7	4.7	91.0	213.6	0.43
3.41	4	1	92.9	4.6	93.3	213.6	0.44
3.52	4	1	95.1	4.4	95.5	213.6	0.45
3.64	4	1	97.3	4.3	97.6	213.6	0.46
3.88	4	1	101.4	3.9	101.7	213.6	0.48
4.24	4	1	107.2	3.5	107.3	213.6	0.50
4.36	4	1	107.7	3.3	107.9	213.6	0.50
4.48	4	1	108.2	3.1	108.4	213.6	0.51
4.60	4	1	108.7	3.0	108.8	213.6	0.51
4.72	4	1	109.2	2.8	109.3	213.6	0.51
4.84	4	1	109.6	2.6	109.7	213.6	0.51
4.96	4	1	110.0	2.4	110.1	213.6	0.52
5.08	4	1	110.3	2.2	110.4	213.6	0.52
5.20	4	1	110.7	2.0	110.7	213.6	0.52
5.32	4	1	111.0	1.8	111.0	213.6	0.52
5.43	4	1	111.3	1.6	111.3	213.6	0.52
5.55	4	1	111.5	1.4	111.6	213.6	0.52
5.67	4	1	111.8	1.2	111.8	213.6	0.52
5.79	4	1	112.0	1.0	112.0	213.6	0.52
5.91	4	1	112.2	0.7	112.2	213.6	0.53
6.15	4	1	112.5	0.3	112.5	213.6	0.53
6.27	4	1	112.7	0.05	112.7	213.6	0.53

x [m]	Pkt	Qkl	σ_x [N/mm ²]	τ [N/mm ²]	σ_v [N/mm ²]	f_{yd} [N/mm ²]	η
6.39	4	1	112.8	0.2	112.8	213.6	0.53
6.51	4	1	112.9	0.4	112.9	213.6	0.53
6.63	4	1	112.9	0.7	112.9	213.6	0.53
6.75	4	1	113.0	0.9	113.0	213.6	0.53
6.87	4	1	111.4	1.2	111.4	213.6	0.52
6.99	4	1	109.8	1.4	109.8	213.6	0.51
7.11	4	1	108.2	1.7	108.2	213.6	0.51
7.23	4	1	106.5	1.9	106.6	213.6	0.50
7.34	4	1	104.8	2.2	104.9	213.6	0.49
7.46	4	1	103.1	2.4	103.2	213.6	0.48
7.58	4	1	101.4	2.7	101.5	213.6	0.47
8.30	4	1	90.1	4.0	90.3	213.6	0.42
8.66	4	1	83.9	4.7	84.3	213.6	0.39
8.78	4	1	81.7	4.9	82.1	213.6	0.38
8.90	4	1	79.5	5.1	80.0	213.6	0.37
9.02	4	1	77.2	5.3	77.8	213.6	0.36
9.14	4	1	74.9	5.5	75.5	213.6	0.35
9.25	4	1	72.6	5.7	73.2	213.6	0.34
9.37	4	1	70.1	5.9	70.9	213.6	0.33
9.49	4	1	67.7	6.1	68.5	213.6	0.32
9.61	4	1	65.1	6.2	66.0	213.6	0.31
9.73	4	1	62.5	6.4	63.5	213.6	0.30
9.85	4	1	59.9	6.6	60.9	213.6	0.29
9.97	4	1	57.1	6.7	58.3	213.6	0.27
10.09	4	1	54.4	6.9	55.6	213.6	0.26
10.21	4	1	51.5	7.0	52.9	213.6	0.25
10.33	4	1	48.6	7.2	50.1	213.6	0.23
10.45	4	1	45.6	7.3	47.3	213.6	0.22
10.57	4	1	42.5	7.4	44.4	213.6	0.21
10.69	4	1	39.4	7.5	41.5	213.6	0.19
10.81	4	1	36.2	7.6	38.5	213.6	0.18
10.93	4	1	32.9	7.7	35.5	213.6	0.17
11.05	4	1	29.5	7.8	32.5	213.6	0.15
11.16	4	1	26.1	7.9	29.5	213.6	0.14
11.28	19	1	2.1	15.4	26.8	213.6	0.13
11.40	19	1	1.8	15.5	26.9	213.6	0.13
11.52	19	1	1.4	15.6	27.0	213.6	0.13
11.64	19	1	1.1	15.6	27.1	213.6	0.13
11.76	19	1	0.7	15.7	27.2	213.6	0.13
11.88	19	1	0.4	15.8	27.3	213.6	0.13
12.00	19	1	0.0	15.8	27.4	213.6	0.13

Lokale Radlasteinleitung am Obergurt bei x = 0.12 m

$$\eta = 0.40 \leq 1 \text{ Nachweis erfüllt}$$

Kranschiene :	Höhe	$h_{eff} = 30$	mm	Obergurt :	Breite	$b_{eff} = 92$	mm
	Breite	$b_r = 50$	mm		Dicke	$t_o = 12$	mm
Querschnitt :	Fläche	$A_{eff} = 26.0$	cm ²	I_y effektiv :	gesamt	$I_{rf} = 40.6$	cm ⁴
	Schwerpunkt	$e_1 = 21$	mm	Kranschiene	$I_r = 11.3$	cm ⁴	
	Stegdicke	$t_w = 8$	mm	Obergurt	$I_{f,eff} = 1.3$	cm ⁴	
Lastausbreitungslänge :	effektiv	$l_{eff} = 81$	mm				
	gesamt	$x_w = 89$	mm	Unterkante	Obergurt	$z = 4$	mm

x [m]	$Q_{r,Ed}$ [kN]	$\sigma_{Oz,Ed}$	$\tau_{Oxz,Ed}$	$\tau_{ ,Ed}$	$\tau_{ }$	$\sigma_{x,Ed}$	σ_v	η
0.12	58.7	82.1	16.4	19.5	35.9	0.0	93.2	0.40
11.88	58.7	82.1	16.4	16.4	32.8	-2.2	90.4	0.38

$Q_{r,Ed}$: Bemessungswert der Radlast einschließlich Schwingbeiwert
 $\sigma_{Oz,Ed}$: $Q_{r,Ed}/(x_w \cdot t_w)$ Lokale Druckspannung aus zentrischer Radlasteinleitung
 $\tau_{Oxz,Ed}$: $0,2 \cdot \sigma_{Oz,Ed}$ Schubspannung infolge Radlasteinleitung
 $\tau_{||,Ed}$: Schubspannungen aus globaler Tragwirkung
 $\tau_{||}$: Summe der Schubspannungen
 $\sigma_{x,Ed}$: Normalspannungen aus globaler Tragwirkung in x-Richtung
 σ_v : Vergleichsspannung
 η : Auslastungsgrad σ_v / f_{yd}

Nachweis auf Stegbeulen im Feld bei $x = 5.43$ m

Abmessungen a = 6000 mm Länge = Abstand der Quersteifen
Beulfeld: b = 876 mm Breite = Steghöhe
t_w = 8 mm Dicke = Stegdicke

Bemessungswerte: F_{Ed} = 58.7 kN Radlast einschließlich Schwingbeiwert
M_{y,Ed} = 318.41 kNm Biegemoment
V_{z,Ed} = 53.2 kN Querkraft

Beanspruchbarkeit des Steges : Plattenbeulen bei Querbelaugung EN1993-1-5 Abs.6 $\gamma_{M1} = 1.10$

F_{R,d} = 306.9 kN
F_{Ed}/F_{R,d} = $\eta_2 = 0.19 \leq 1$
Ideale Verzweigungslast F_{cr} = 667.5
starre Lastausbreitungslänge s = 57 mm $l_{eff} = 2 \cdot t_{Flansch}$
Beiwerte m₁ = 31.25
m₂ = 106.58
Beulwert k_F = 6.04
Schlankheitsgrad $\Lambda_F = 1.01$
Abminderungsfaktor $\chi_F = 0.49$
l_y = 363 mm
wirksame Lastausbreitungslänge l_{eff} = 180 mm $l_y \cdot \chi_F$

Beanspruchbarkeit des Steges : Schubbeulen EN1993-1-5 Abs.5 $\gamma_{M1} = 1.10$

V_{b,Rd} = 1037.3 kN
V_{Ed}/V_{b,Rd} = $\eta_3 = 0.05 \leq 1$
M_{Rd} = 626.04 kNm Interaktion M/N nicht erforderlich
Schlankheitsgrad $\Lambda_W = 0.211$
Abminderungsfaktor $\chi_W = 1.20$

Nachweis der Längsspannungen mit wirksamen Querschnittsgrößen $\gamma_{M0} = 1.00$

$\eta_1 = 0.34 \leq 1$
W_{eff} = 3955.5 cm³

Interaktion zwischen Biegung und Querlast nach EN1993-1-5 Gl(7.2)

$\eta_{7.2} = 0.33 \leq 1$ $(\eta_1 + 0.8 \cdot \eta_2)/1.4$

Interaktion zwischen Querkraft und Querlast nach DIN EN1993-1-5/NA Gl(NA.7)

$\eta_{DIN} = 0.00 \leq 1$

Nachweisführung $\eta_{max} = 0.34 \leq 1$ Nachweis erfüllt

Kranfahrt 2: LG 5: Q_c+Q_h+H_S - STR P/T**Überlagerungsfaktoren**

Nr.	Lastfall	LG	ϕ	γ	ψ	$\phi \cdot \gamma \cdot \psi$
1	Eigengewicht		1.00	1.35	1.00	1.35
2	Kran 1 - Kraneigengewicht Q _{c,max}	5	1.00	1.35	1.00	1.35
3	Kran 1 - Kranbetrieb Q _{h,max}	5	1.00	1.35	1.00	1.35
5	Kran 1 - Schräglaufräfte H _S	5	1.00	1.35	1.00	1.35
LG : Lastgruppe 5 ständige Bemessungssituation infolge Kranbetrieb (STR) ϕ : Schwingbeiwert γ : Teilsicherheitsbeiwert ψ : Kombinationsbeiwert $\phi \cdot \gamma \cdot \psi$: Überlagerungsfaktor						

Querschnittsnachweis nach Gleichung 6.1 - Theorie II. Ordnung $\gamma_{M0} = 1.10$

x [m]	Pkt	Q _{kl}	σ_x [N/mm ²]	τ [N/mm ²]	σ_v [N/mm ²]	f _{yd} [N/mm ²]	η
0.00	19	1	0.0	-18.7	32.4	213.6	0.15
0.12	19	1	0.4	-18.7	32.3	213.6	0.15
0.23	19	1	0.8	-18.6	32.2	213.6	0.15
0.35	19	1	1.2	-18.5	32.1	213.6	0.15
0.47	19	1	1.5	-18.5	32.0	213.6	0.15
0.58	19	1	1.9	-18.4	31.9	213.6	0.15
0.70	19	1	2.3	-18.3	31.8	213.6	0.15
0.82	4	1	28.4	10.8	34.0	213.6	0.16
0.93	4	1	32.0	10.7	37.0	213.6	0.17
1.05	4	1	35.6	10.6	40.0	213.6	0.19
1.17	4	1	39.0	10.5	43.1	213.6	0.20

x [m]	Pkt	Qkl	σ_x [N/mm ²]	τ [N/mm ²]	σ_v [N/mm ²]	f_{yd} [N/mm ²]	η
1.28	4	1	42.4	10.4	46.0	213.6	0.22
1.40	4	1	45.6	10.2	49.0	213.6	0.23
1.52	4	1	48.8	10.1	51.8	213.6	0.24
1.63	4	1	51.9	9.9	54.6	213.6	0.26
1.75	4	1	54.8	9.8	57.4	213.6	0.27
1.87	4	1	57.7	9.6	60.1	213.6	0.28
1.98	4	1	60.5	9.4	62.7	213.6	0.29
2.10	4	1	63.2	9.2	65.2	213.6	0.31
2.22	4	1	65.9	9.0	67.7	213.6	0.32
2.33	4	1	68.4	8.8	70.1	213.6	0.33
2.45	4	1	70.9	8.6	72.4	213.6	0.34
2.57	4	1	73.3	8.4	74.8	213.6	0.35
2.69	4	1	75.7	8.2	77.0	213.6	0.36
2.81	4	1	78.0	7.9	79.2	213.6	0.37
2.93	4	1	80.2	7.7	81.3	213.6	0.38
3.05	4	1	82.3	7.4	83.3	213.6	0.39
3.17	4	1	84.4	7.2	85.3	213.6	0.40
3.29	4	1	86.4	6.9	87.2	213.6	0.41
3.41	4	1	88.4	6.7	89.1	213.6	0.42
3.52	4	1	90.2	6.4	90.9	213.6	0.43
3.64	4	1	92.0	6.1	92.6	213.6	0.43
3.76	4	1	93.8	5.9	94.3	213.6	0.44
3.88	4	1	95.4	5.6	95.9	213.6	0.45
4.36	4	1	97.2	4.4	97.5	213.6	0.46
4.48	31	1	-97.8	4.5	98.1	213.6	0.46
4.60	31	1	-99.2	4.2	99.5	213.6	0.47
4.72	31	1	-100.6	3.9	100.8	213.6	0.47
4.84	31	1	-101.9	3.7	102.1	213.6	0.48
4.96	31	1	-103.3	3.4	103.5	213.6	0.48
5.08	31	1	-104.6	3.1	104.7	213.6	0.49
5.20	31	1	-105.9	2.8	106.0	213.6	0.50
5.32	31	1	-107.2	2.5	107.3	213.6	0.50
5.43	31	2	-108.5	2.2	108.5	213.6	0.51
5.55	31	2	-109.7	1.9	109.7	213.6	0.51
5.55	31	2	-109.7	2.0	109.7	213.6	0.51
5.67	31	2	-110.9	1.7	110.9	213.6	0.52
5.79	31	2	-112.1	1.4	112.1	213.6	0.52
5.91	31	2	-113.3	1.1	113.3	213.6	0.53
6.03	31	2	-114.4	0.8	114.4	213.6	0.54
6.15	31	2	-115.5	1.0	115.6	213.6	0.54
6.27	31	2	-116.6	1.3	116.7	213.6	0.55
6.39	31	2	-117.7	-1.0	117.7	213.6	0.55
6.39	31	2	-117.7	-1.6	117.7	213.6	0.55
6.51	31	2	-115.4	-2.7	115.5	213.6	0.54
6.63	33	2	-113.2	1.4	113.3	213.6	0.53
6.75	33	2	-111.0	1.7	111.0	213.6	0.52
6.87	33	2	-108.7	2.0	108.8	213.6	0.51
6.99	33	2	-106.4	2.2	106.5	213.6	0.50
7.11	33	2	-104.1	2.5	104.2	213.6	0.49
7.23	33	2	-101.8	2.8	101.9	213.6	0.48
7.34	33	2	-99.5	3.1	99.6	213.6	0.47
7.46	33	2	-97.1	3.3	97.3	213.6	0.46
7.58	33	2	-94.7	3.6	94.9	213.6	0.44
7.70	33	2	-92.3	3.8	92.6	213.6	0.43
8.06	33	2	-85.0	4.6	85.4	213.6	0.40
8.18	33	2	-82.6	4.8	83.0	213.6	0.39
8.30	33	2	-80.1	5.1	80.6	213.6	0.38
8.42	4	2	78.2	6.3	78.9	213.6	0.37
8.54	4	2	76.5	6.6	77.3	213.6	0.36
8.66	4	2	74.7	6.9	75.7	213.6	0.35
8.78	4	2	72.9	7.1	74.0	213.6	0.35
8.90	4	2	71.1	7.4	72.3	213.6	0.34
9.02	4	1	69.2	7.7	70.5	213.6	0.33
9.14	4	1	67.3	7.9	68.7	213.6	0.32
9.25	4	1	65.3	8.1	66.8	213.6	0.31
9.37	4	1	63.2	8.4	64.9	213.6	0.30
9.49	4	1	61.1	8.6	62.9	213.6	0.29
9.61	4	1	59.0	8.8	60.9	213.6	0.29

x [m]	Pkt	Qkl	σ_x [N/mm ²]	τ [N/mm ²]	σ_v [N/mm ²]	f_{yd} [N/mm ²]	η
9.73	4	1	56.7	9.0	58.8	213.6	0.28
9.85	4	1	54.4	9.2	56.7	213.6	0.27
9.97	4	1	52.1	9.4	54.5	213.6	0.26
10.09	4	1	49.6	9.6	52.3	213.6	0.24
10.21	4	1	47.1	9.8	50.0	213.6	0.23
10.33	4	1	44.5	9.9	47.7	213.6	0.22
10.45	4	1	41.9	10.1	45.4	213.6	0.21
10.57	4	1	39.1	10.2	43.0	213.6	0.20
10.69	4	1	36.3	10.4	40.5	213.6	0.19
10.81	4	1	33.4	10.5	38.1	213.6	0.18
10.93	4	1	30.5	10.6	35.6	213.6	0.17
11.05	4	1	27.4	10.7	33.1	213.6	0.15
11.16	4	1	24.3	10.8	30.7	213.6	0.14
11.28	4	1	21.1	10.9	28.3	213.6	0.13
11.40	19	1	1.6	16.0	27.8	213.6	0.13
11.52	19	1	1.3	16.1	27.9	213.6	0.13
11.64	19	1	0.9	16.2	28.0	213.6	0.13
11.76	19	1	0.6	16.2	28.1	213.6	0.13
11.88	19	1	0.3	16.3	28.2	213.6	0.13
12.00	19	1	0.0	16.3	28.3	213.6	0.13

Lokale Radlasteinleitung am Obergurt bei x = 0.12 m

$$\eta = 0.35 \leq 1 \quad \text{Nachweis erfüllt}$$

Kranschiene :	Höhe	$h_{eff} = 30$	mm	Obergurt :	Breite	$b_{eff} = 92$	mm
	Breite	$b_r = 50$	mm		Dicke	$t_o = 12$	mm
Querschnitt :	Fläche	$A_{eff} = 26.0$	cm ²	I_y effektiv :	gesamt	$I_{rf} = 40.6$	cm ⁴
	Schwerpunkt	$e_1 = 21$	mm		Kranschiene	$I_r = 11.3$	cm ⁴
	Stegdicke	$t_w = 8$	mm		Obergurt	$I_{f,eff} = 1.3$	cm ⁴
Lastausbreitungslänge :	effektiv	$l_{eff} = 81$	mm	Unterkante	Obergurt	$z = 4$	mm
	gesamt	$x_w = 89$	mm				

x [m]	$Q_{r,Ed}$ [kN]	$\sigma_{oz,Ed}$	$\tau_{oxz,Ed}$	$\tau_{ ,Ed}$	$\tau_{ }$	$\sigma_{x,Ed}$	σ_v	η
0.12	52.1	72.8	14.6	18.2	32.7	0.0	83.2	0.35
11.88	52.1	72.8	14.6	16.3	30.8	-1.9	81.2	0.35

$Q_{r,Ed}$: Bemessungswert der Radlast einschließlich Schwingbeiwert
 $\sigma_{oz,Ed}$: $Q_{r,Ed}/(x_w \cdot t_w)$ Lokale Druckspannung aus zentrischer Radlasteinleitung
 $\tau_{oxz,Ed}$: $0,2 \cdot \sigma_{oz,Ed}$ Schubspannung infolge Radlasteinleitung
 $\tau_{||,Ed}$: Schubspannungen aus globaler Tragwirkung
 $\tau_{||}$: Summe der Schubspannungen
 $\sigma_{x,Ed}$: Normalspannungen aus globaler Tragwirkung in x-Richtung
 σ_v : Vergleichsspannung
 η : Auslastungsgrad σ_v / f_{yd}

Nachweis auf Stegbeulen im Feld bei $x = 6.39$ m

Abmessungen $a = 6000$ mm Länge = Abstand der Quersteifen
 Beulfeld: $b = 876$ mm Breite = Steghöhe
 $t_w = 8$ mm Dicke = Stegdicke

Bemessungswerte: $F_{Ed} = 52.1$ kN Radlast einschließlich Schwingbeiwert
 $M_{y,Ed} = 285.84$ kNm Biegemoment
 $V_{z,Ed} = 6.7$ kN Querkraft

Beanspruchbarkeit des Steges : Plattenbeulen bei Querbelastung EN1993-1-5 Abs.6 $\gamma_{M1} = 1.10$

$F_{R,d} = 306.9$ kN
 $F_{Ed}/F_{R,d} = \eta_2 = 0.17 \leq 1$
 Ideale Verzweigungslast $F_{cr} = 667.5$
 starre Lastausbreitungslänge $s = 57$ mm $l_{eff} = 2 \cdot t_{Flansch}$
 Beiwerte $m_1 = 31.25$
 $m_2 = 106.58$
 Beulwert $k_F = 6.04$
 Schlankheitsgrad $\Lambda_F = 1.01$
 Abminderungsfaktor $\chi_F = 0.49$
 $I_y = 363$ mm
 wirksame Lastausbreitungslänge $L_{eff} = 180$ mm $I_y \cdot \chi_F$

Beanspruchbarkeit des Steges : Schubbeulen EN1993-1-5 Abs.5 $\gamma_{M1} = 1.10$

$V_{b,Rd} = 1037.3$ kN
 $V_{Ed}/V_{b,Rd} = \eta_3 = 0.01 \leq 1$
 $M_{Rd} = 626.04$ kNm Interaktion M/N nicht erforderlich
 Schlankheitsgrad $\Lambda_w = 0.211$
 Abminderungsfaktor $\chi_w = 1.20$

Nachweis der Längsspannungen mit wirksamen Querschnittsgrößen $\gamma_{M0} = 1.00$

$\eta_1 = 0.31 \leq 1$
 $W_{eff} = 3955.5$ cm³

Interaktion zwischen Biegung und Querlast nach EN1993-1-5 Gl(7.2)

$\eta_{7.2} = 0.30 \leq 1$ $(\eta_1 + 0.8 \cdot \eta_2)/1.4$

Interaktion zwischen Querkraft und Querlast nach DIN EN1993-1-5/NA Gl(NA.7)

$\eta_{DIN} = 0.00 \leq 1$

Nachweisführung

$\eta_{max} = 0.31 \leq 1$

Nachweis erfüllt

Kranfahrt 3: LG 12: Qc+Qh+HT - SERV**Überlagerungsfaktoren**

Nr.	Lastfall	LG	ϕ	γ	ψ	$\phi \cdot \gamma \cdot \psi$
1	Eigengewicht		1.00	1.00	1.00	1.00
2	Kran 1 - Kraneigengewicht Qc,max	12	1.00	1.00	1.00	1.00
3	Kran 1 - Kranbetrieb Qh,max	12	1.00	1.00	1.00	1.00
4	Kran 1 - Massekräfte HT	12	1.00	1.00	1.00	1.00
LG : Lastgruppe 12 Verformungen (SERV) ϕ : Schwingbeiwert γ : Teilsicherheitsbeiwert ψ : Kombinationsbeiwert $\phi \cdot \gamma \cdot \psi$: Überlagerungsfaktor						

Verformungsnachweis

Teilsicherheitsfaktor für Widerstände $\gamma_{M,f} = 1.00$
 Nachweisstelle für horizontale Verformungen $x_{dy} = 5.79$ m
 Horizontale Verschiebung des Schubmittelpunktes $d_{y0} = 0.3$ cm
 Verdrehung des Trägers um die x-Achse $\phi_x = 0.0192$ rad
 Abstand zwischen Schubmittelpunkt und Lastangriffspunkt $e_{M,z} = 87$ mm
 Horizontale Verformung am Lastangriffspunkt $\delta_y = 0.5$ cm
 Grenzwert für die horizontale Verformung $\delta_{y,lim} = 2.0$ cm
 Nachweis für horizontale Verformung $\delta_y / \delta_{y,lim} = 0.24$

Nachweisstelle für vertikale Verformungen $x_{dz} = 6.03$ m
 Vertikale Verschiebung des Schubmittelpunktes $\delta_z = 0.7$ cm
 Grenzwert für die vertikale Verformung $\delta_{z,lim} = 2.4$ cm
 Nachweis für vertikale Verformung $\delta_z / \delta_{z,lim} = 0.28$

Vorverformungen: parabelförmig

Nr.	min x[m]	max x[m]	max y[cm]	max z[cm]	max theta[rad]
1	0.00	12.00	4.0	0.0	0.0

Kranbahnspezifische Nachweise

Nachweis auf Stegblechatmen

Steghöhe $h_w = 868 \text{ mm}$
Stegdicke $t_w = 8 \text{ mm}$

nach EN 1993-6, Absatz 7.4 : $h_w / t_w = 109 < 120$ Nachweis erfüllt

Schwingungsbeschränkung des Unterflansches

Abstand der seitlichen Halterung $L = 12.00 \text{ m}$
Trägheitsradius $i_{z,fu} = 60 \text{ mm}$

nach EN 1993-6, Absatz 7.6 : $L / i_{z,fu} = 201 < 250$ Nachweis erfüllt

Kranfahrt 4: LG 13: Qc+Qh+HS - SERV

Überlagerungsfaktoren

Nr.	Lastfall	LG	ϕ	γ	ψ	$\phi * \gamma * \psi$
1	Eigengewicht		1.00	1.00	1.00	1.00
2	Kran 1 - Kraneigengewicht Qc,max	13	1.00	1.00	1.00	1.00
3	Kran 1 - Kranbetrieb Qh,max	13	1.00	1.00	1.00	1.00
5	Kran 1 - Schräglaufräfte HS	13	1.00	1.00	1.00	1.00
LG : Lastgruppe 13 Verformungen (SERV) ϕ : Schwingbeiwert γ : Teilsicherheitsbeiwert ψ : Kombinationsbeiwert $\phi * \gamma * \psi$: Überlagerungsfaktor						

Verformungsnachweis

Teilsicherheitsfaktor für Widerstände $\gamma_{M,f} = 1.00$
Nachweisstelle für horizontale Verformungen $x_{dy} = 6.03 \text{ m}$
Horizontale Verschiebung des Schubmittelpunktes $d_{y0} = 1.1 \text{ cm}$
Verdrehung des Trägers um die x-Achse $\phi_x = 0.0323 \text{ rad}$
Abstand zwischen Schubmittelpunkt und Lastangriffspunkt $e_{M,z} = 87 \text{ mm}$
Horizontale Verformung am Lastangriffspunkt $\delta_y = 1.4 \text{ cm}$
Grenzwert für die horizontale Verformung $\delta_{y,lim} = 2.0 \text{ cm}$
Nachweis für horizontale Verformung $\delta_y / \delta_{y,lim} = 0.69$

Nachweisstelle für vertikale Verformungen $x_{dz} = 6.03 \text{ m}$
Vertikale Verschiebung des Schubmittelpunktes $\delta_z = 0.7 \text{ cm}$
Grenzwert für die vertikale Verformung $\delta_{z,lim} = 2.4 \text{ cm}$
Nachweis für vertikale Verformung $\delta_z / \delta_{z,lim} = 0.28$

Vorverformungen: parabelförmig

Nr.	min x[m]	max x[m]	max y[cm]	max z[cm]	max theta[rad]
1	0.00	12.00	4.0	0.0	0.0

Kranbahnspezifische Nachweise

Nachweis auf Stegblechatmen

Steghöhe $h_w = 868 \text{ mm}$
Stegdicke $t_w = 8 \text{ mm}$

nach EN 1993-6, Absatz 7.4 : $h_w / t_w = 109 < 120$ Nachweis erfüllt

Schwingungsbeschränkung des Unterflansches

Abstand der seitlichen Halterung $L = 12.00 \text{ m}$
Trägheitsradius $i_{z,fu} = 60 \text{ mm}$

nach EN 1993-6, Absatz 7.6 : $L / i_{z,fu} = 201 < 250$ Nachweis erfüllt

Kranfahrt 5: LG 14: Qc+Qh - FAT

Überlagerungsfaktoren

Nr.	Lastfall	LG	ϕ	γ	ψ	$\phi*\gamma*\psi$
1	Eigengewicht		1.00	1.00	1.00	1.00
2	Kran 1 - Kraneigengewicht Qc,max	14	1.05	1.00	1.00	1.05
3	Kran 1 - Kranbetrieb Qh,max	14	1.07	1.00	1.00	1.07

LG : Lastgruppe 14 Ermüdung (FAT)
 ϕ : Schwingbeiwert
 γ : Teilsicherheitsbeiwert
 ψ : Kombinationsbeiwert
 $\phi*\gamma*\psi$: Überlagerungsfaktor

Eingangswerte Ermüdungsnachweis

Teilsicherheitsbeiwerte

Teilsicherheitsfaktor für Widerstände $\gamma_{M,f} = 1.00$
Teilsicherheitsfaktor für Einwirkungen $\gamma_{F,f} = 1.00$

Ermüdungsnachweis am Querschnitt

Querschnittspunkt 18 Kerbfall σ_x 100 σ_y 36 τ_{xz} 80 bei x =6.63 m

$\eta = 0.19 \leq 1$ Nachweis erfüllt

x	Nr.		λ_σ	$\Delta\sigma_c$	$\sigma_{\max}$	$\sigma_{\min}$	$\Delta\sigma_{E,2}$	η_σ	
[m]			λ_τ	$\Delta\tau_c$	$\tau_{\max}$	$\tau_{\min}$	$\Delta\tau_{E,2}$	η_τ	η_I
				[N/mm ²]					
6.63	18	σ	0.397	100.0	55.4	6.5	19.4	0.19	
		τ	0.575	80.0	4.2	-2.9	4.1	0.05	0.01

Nr. : Querschnitts-/Kerbfallpunkt
 λ_σ : Schadensäquivalenzfaktor
 $\Delta\sigma_c$: konstante Spannungsschwingbreite Kerbfall
 $\sigma_{\max}$: maximale Normalspannung
 $\sigma_{\min}$: minimale Normalspannung
 $\Delta\sigma_{E,2}$: schadensäquivalente Spannungsschwingbreite $=\lambda(\sigma_{\max}-\sigma_{\min})$
 η_σ : $=\gamma_{F,f}*\Delta\sigma_{E,2}/(\Delta\sigma_c/\gamma_{M,f})$
 λ_τ : Schadensäquivalenzfaktor
 $\Delta\tau_c$: konstante Spannungsschwingbreite Kerbfall
 $\tau_{\max}$: maximale Schubspannung
 $\tau_{\min}$: minimale Schubspannung
 $\Delta\tau_{E,2}$: schadensäquivalente Spannungsschwingbreite $=\lambda(\tau_{\max}-\tau_{\min})$
 η_τ : $\eta_I=\gamma_{F,f}*\Delta\tau_{E,2}/(\Delta\tau_c/\gamma_{M,f})$
 η_I : Interaktion $(\eta_\sigma)^3 + (\eta_\tau)^5$

Lokale Radlasteinleitung am Obergurt bei x = 0.12 m

$\eta = 0.99 \leq 1$ Nachweis erfüllt

Kranschiene :	Höhe	$h_{\text{eff}} = 35$	mm	Obergurt :	Breite	$b_{\text{eff}} = 97$	mm
	Breite	$b_r = 50$	mm		Dicke	$t_o = 12$	mm
Querschnitt :	Fläche	$A_{\text{eff}} = 29.1$	cm ²	I_y effektiv :	gesamt	$I_{rf} = 57.9$	cm ⁴
	Schwerpunkt	$e_1 = 24$	mm	Kranschiene	$I_r = 17.9$		cm ⁴
	Stegdicke	$t_w = 8$	mm	Obergurt	$I_{f,\text{eff}} = 1.4$		cm ⁴
Lastausbreitungslänge :	effektiv	$l_{\text{eff}} = 94$	mm				
	gesamt	$x_w = 102$	mm	Unterkante	Obergurt	$z = 4$	mm

Werte für die Ermittlung der Spannungen infolge exzentrischer Radlast

Querstreifen	Abstand	$a = 6.00$	m	Exzentrizität	Radlast	$e_y = 13$	mm
	Steghöhe	$h_w = 876$	mm	Flansch/Kranschiene		$I_t = 54.5$	cm ⁴
Beiwert		$\eta = 2.66$					
		$T_{\text{Ed}} = 0.51$	kNm			$\sigma_{\text{TEd}} = 21.1$	N/mm ²

x	$Q_{r,\text{Ed}}$		λ_σ	$\Delta\sigma_c$	$\sigma_{\max}$	$\sigma_{\min}$	$\Delta\sigma_{E,2}$	η_σ	λ_τ	$\Delta\tau_c$	$\tau_{\max}$	$\tau_{\min}$	$\Delta\tau_{E,2}$	η_τ
[m]	[kN]			[N/mm ²]						[N/mm ²]				
0.12	41.0	z	0.500	36.0	71.5	0.0	35.7	0.99	0.660	80.0	-1.7	-12.7	20.5	0.26
11.88	41.0	z	0.500	36.0	71.5	0.0	35.7	0.99	0.660	80.0	-1.7	-12.7	20.5	0.26

$Q_{r,\text{Ed}}$: Bemessungswert der Radlast einschließlich Schwingbeiwert

Zusammenfassung aller Berechnungsergebnisse**Auslastung - Tragsicherheit**

Nr	Kranüberfahrt	Querschnitt	Lokale Lasteinleitung	Stegbeulen
1	LG 1: Qc+Qh+HT - STR P/T	0.53	0.40	0.34
2	LG 5: Qc+Qh+HS - STR P/T	0.55	0.35	0.31

Auslastung - Gebrauchstauglichkeit

Nr	Kranüberfahrt	Verformungsnachweis Y			Verformungsnachweis Z		
		$v_{\max}$ [cm]	$\delta_{\lim}$ [cm]	η	$w_{\max}$ [cm]	$\delta_{\lim}$ [cm]	η
3	LG 12: Qc+Qh+HT - SERV	0.49	2.00	0.24	0.66	2.40	0.28
4	LG 13: Qc+Qh+HS - SERV	1.39	2.00	0.69	0.66	2.40	0.28

Nr	Kranüberfahrt	Stegblechatmen	Unterflanschschwingung
3	LG 12: Qc+Qh+HT - SERV	0.90	0.80
4	LG 13: Qc+Qh+HS - SERV	0.90	0.80

Auslastung - Ermüdung

Nr	Kranüberfahrt	Querschnitt	Lokale Lasteinleitung
5	LG 14: Qc+Qh - FAT	0.19	0.99