

- 8t – Kran Hallenschiff 2

3) Laststufe Leerfahrt
e = 1,0m (Katzstellung)

Position: 8 t Kranbahn Leerfahrt e=1 m

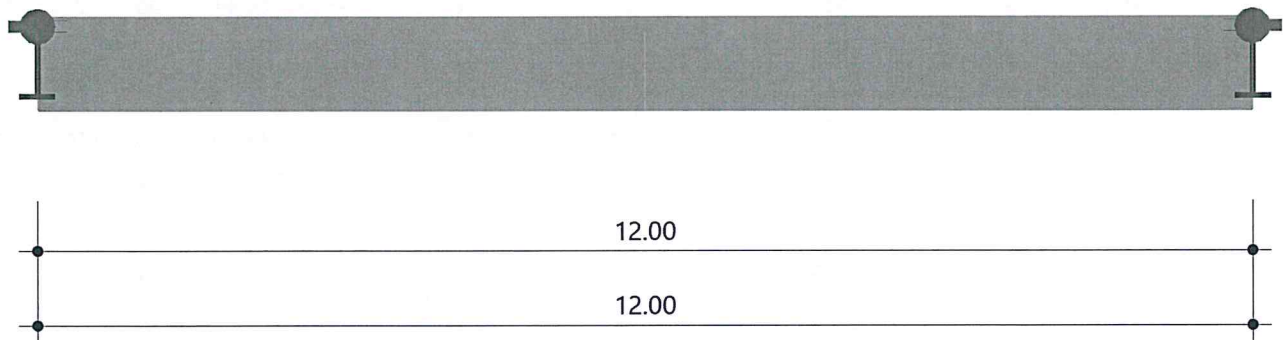
Kranbahnträger (x64) S9+ 01/2024 (FRILO R-2024-1/P08)

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	240941.5	18367.8	131.0	12114363	-1043.9	188.4	-135	-257
Schiene 75 %	234666.9	18357.4	100.5	12113071	-1044.0	183.4	-126	-267
Schiene 87.5 %	237802.1	18362.6	115.0	12113720	-1043.9	185.9	-131	-262

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 = 864 mm	s = 8 mm
Obergurt	b _o = 250 mm	t _o = 12 mm
Untergurt	b _u = 250 mm	t _u = 12 mm
	aw _o = 6 mm	aw _u = 6 mm
Kranschiene Flachstahl 50X40 (mittragend)		
Schweißnahtdicke	aw = 6 mm	
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 = -135 mm	Schwerpunkt zu Stegmitte
Schwerpunkt zu Schubmittelpunkt	z _m = -257 mm	z _s = -135 mm

Spannungspunkte

Punkt	O-Punkt		S-Punkt		M-Punkt		Verwölbung ω [cm ²]	Kerbfallart	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	-315	-125	-193	-66.1	Schweißnaht	90	71	80
2	0	-450	0	-315	0	-193	0.0				
3	125	-450	125	-315	125	-193	66.1	Schweißnaht	90	71	80
4	-125	450	-125	585	-125	707	1043.9	Profil	160	160	100
5	0	450	0	585	0	707	0.0				
6	125	450	125	585	125	707	-1043.9	Profil	160	160	100
7	-4	-438	-4	-303	-4	-181	0.0	Schweißnaht	125	71	80
8	-4	438	-4	573	-4	695	0.0	Schweißnaht	125	71	80
9	-4	0	-4	135	-4	257	0.0				
17	4	-438	4	-303	4	-181	0.0	Schweißnaht	125	71	80
18	4	438	4	573	4	695	0.0	Schweißnaht	125	71	80
19	4	0	4	135	4	257	0.0				
20	25	-490	25	-355	25	-233	0.0				
21	-25	-490	-25	-355	-25	-233	0.0				
22	25	-450	25	-315	25	-193	0.0	Schweißnaht	80	71	80
23	-25	-450	-25	-315	-25	-193	0.0	Schweißnaht	80	71	80
24	0	-490	0	-355	0	-233	0.0				
25	125	-449	125	-314	125	-192	66.1				
26	225	-449	225	-314	225	-192	116.4	Profil	160	160	100
27	175	-449	175	-314	175	-192	0.0				
28	225	-349	225	-214	225	-92	325.4	Profil	160	160	100
29	225	-399	225	-264	225	-142	0.0				
30	-125	-449	-125	-314	-125	-192	-66.1				
31	-225	-449	-225	-314	-225	-192	-116.4	Profil	160	160	100
32	-175	-449	-175	-314	-175	-192	0.0				
33	-225	-349	-225	-214	-225	-92	-325.4	Profil	160	160	100
34	-225	-399	-225	-264	-225	-142	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 Kerbfallart : Kerbfall am Profil oder an der Schweißnaht											

Querstreifen

Nr	x _o	t _o	aw	Kerbfall, Schweißnaht	
	[m]	[mm]	[mm]	Steg [N/mm²]	Flansch [N/mm²]
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

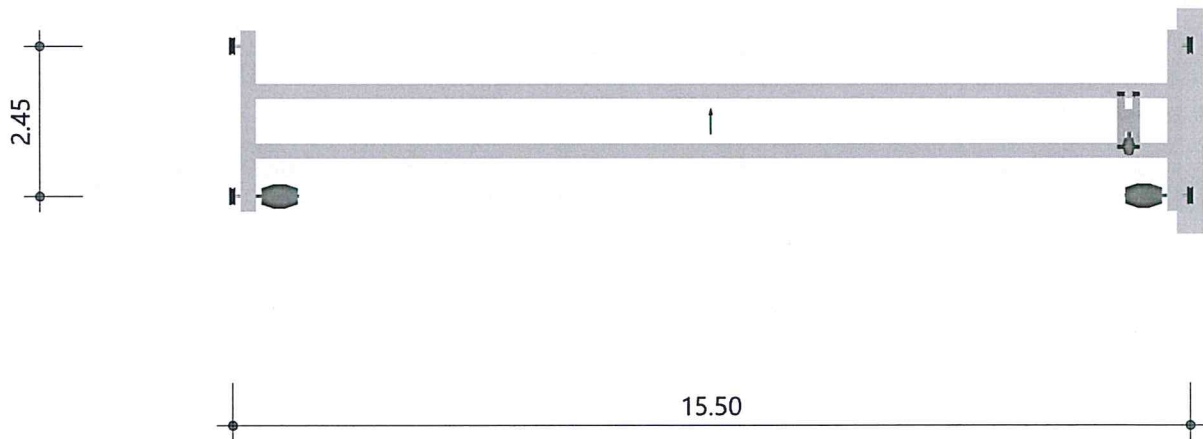
Lagerbedingungen - Verdrehungen

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	0.1	2	3	IFF	Spurkranz	31.50	8.00

Qcb : Eigengewicht der Kranbrücke
 Qcrab : Eigengewicht der Lastaufnahmekatze
 Qc : Gesamteigengewicht des Kranes
 emin : Katzstellung
 Qh : Hublast
 HC : Hubklasse
 Si : Beanspruchungsgruppe
 System : Kranfahrssystem
 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	0.05	15.2	10.8	1.4	3.8
				1	10.8	0.0	10.8	15.2	1.0	2.7
	2	2.45	2.45	2	15.2	0.05	15.2	10.8	-1.4	0.0
				1	10.8	0.0	10.8	15.2	-1.0	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.

Lastdefinitionen

Art 1 =	Gleichlast	kN/m	5 =	Dreieckslast über l	kN/m
2 =	Einzellast	kN	6 =	Trapezlast über l	kN/m
3 =	Einzelmoment	kNm	7 =	Bereichstorsionsmoment	kNm/m
4 =	Trapezlast	kN/m	8 =	Normalkraftverlauf	kN/m

Lastfall 1: Eigengewicht

Art	in/um	Pli	a [m]	Pre	l [m]	ey [mm]	ez [mm]	Bemerkungen zur Last
1	z	1.32				0	0	Träger-g0
1	z	0.16				0	0	Schiene-g1

Einwirkungsgruppe 99 - ständig

in/um : in bzw. um die x,y,z-Achse, oder Verwölbung
 Pli : Lastordinate bei x=a
 Pre : Lastordinate bei x=a+l
 ey : Abstand zum O-Punkt in y-Richtung, oder * : Abstand der Last von der Außenkante des Flansches
 ez : Abstand zum O-Punkt in z-Richtung, * Eingabe relativ zu h

Lastfall 2: Kran 1 - Kraneigengewicht Qc,max

Art	in/um	Pli	a [m]	Pre	l [m]	ey [mm]	ez [mm]	Bemerkungen zur Last
2	z	15.2	2.45				-490	Qc,2,1,max,ncrane=1
2	z	15.2	0.00				-490	Qc,2,2,max,ncrane=1

Einwirkungsgruppe 120 - Kranlastgruppe - Qc
Einzellasten werden als bewegte Lasten angesetzt

Lastfall 3: Kran 1 - Kranbetrieb Qh,max

Art	in/um	Pli	a [m]	Pre	l [m]	ey [mm]	ez [mm]	Bemerkungen zur Last
2	z	0.05	2.45				-490	Qh,2,1,max,ncrane=1
2	z	0.05	0.00				-490	Qh,2,2,max,ncrane=1

Einwirkungsgruppe 121 - Kranlastgruppe - Qh
Einzellasten werden als bewegte Lasten angesetzt

Lastfall 4: Kran 1 - Massekräfte HT

Art	in/um	Pli	a [m]	Pre	l [m]	ey [mm]	ez [mm]	Bemerkungen zur Last
2	y	1.4	2.45			0		HT,2,1,ncrane=1
3	x	0.13	2.45					Mx(HT,2,1,ncrane= 1)
2	y	-1.4	0.00			0		HT,2,2,ncrane=1
3	x	-0.13	0.00					Mx(HT,2,2,ncrane= 1)

Einwirkungsgruppe 121 - Kranlastgruppe - Qh
Einzellasten werden als bewegte Lasten angesetzt

$Q_{r,Ed}$: Bemessungswert der Radlast einschließlich Schwingbeiwert
 $\sigma_{o2,Ed}$: $Q_{r,Ed} / (x_w \cdot t_w)$ Lokale Druckspannung aus zentrischer Radlasteinleitung
 $T_{o2,Ed}$: $0,2 \cdot \sigma_{o2,Ed}$ Schubspannung infolge Radlasteinleitung
 $\tau_{II,Ed}$: Schubspannungen aus globaler Tragwirkung
 τ_{II} : Summe der Schubspannungen
 $\sigma_{x,Ed}$: Normalspannungen aus globaler Tragwirkung in x-Richtung
 σ_v : Vergleichsspannung
 ν : Auslastungsgrad $\sigma_v / f_{y,d}$

Nachweis der Schweißnaht zwischen Schiene und Obergurt bei $x = 4.48$ m

$$\eta = 0.09 \leq 1 \quad \text{Nachweis erfüllt}$$

Scherfestigkeit der Schweißnaht	$f_{w,Rd} = 207.8 \text{ N/mm}^2$	$f_u * \sqrt{3} / (\beta_w * \gamma_{M2})$
Schweißnahtdicke	$a_w = 6 \text{ mm}$	
effektive Lastausbreitungslänge	$s_s = 96 \text{ mm}$	$l_{eff} - 2 * t_{\text{Flansch}}$
	$l_{eff} = 120 \text{ mm}$	
statisches Moment der Schiene	$S_{\text{Schiene}} = 22.5 \text{ cm}^3$	
Zugfestigkeit des Stahls	$f_u = 360.0 \text{ N/mm}^2$	
Teilsicherheitsbeiwert	$\gamma_{M2} = 1.25$	
Korrelationsbeiwert	$\beta_w = 0.80$	

x [m]	$Q_{r,d}$ [kN]	$\sigma_{w,Qr}$ [N/mm ²]	$H_{r,d}$ [kN]	$\sigma_{w,Hr}$ [N/mm ²]	$V_{z,d}$ [kN]	$\tau_{w,Vz}$ [N/mm ²]	$\sigma_{Vgl,d}$ [N/mm ²]	η
4.48	22.6	19.5	2.7	2.4	51.9	0.04	19.7	0.09
6.99	22.6	19.5	2.7	2.4	51.8	0.04	19.7	0.09

$Q_{r,d}$: vertikale Radlast
 $\sigma_{w,Qr}$: $= Q_r / (2 * a_w * s_s)$ Spannung infolge vertikaler Radlast
 $H_{r,d}$: horizontale Radlast
 $\sigma_{w,Hr}$: $= H_r / (2 * a_w * s_s)$ Spannung infolge horizontaler Radlast
 $V_{z,d}$: Querkraft
 $\tau_{w,Vz}$: $= V_{z,d} * S_{\text{Schiene}} / (2 * a_w * I_y)$ Spannung infolge globaler Tragwirkung
 $\sigma_{Vgl,d}$: Vergleichsspannung
 η : $\sigma_{w,Vgl} / f_{w,Rd}$

Nachweis auf Stegbeulen im Feld bei $x = 5.55$ m

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

Bemessungswerte:	$F_{Ed} = 22.6 \text{ kN}$	Radlast einschließlich Schwingbeiwert
	$M_{y,Ed} = 144.49 \text{ kNm}$	Biegemoment
	$V_{z,Ed} = -2.2 \text{ kN}$	Querkraft

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

	$F_{R,d} = 322.9 \text{ kN}$	
$F_{Ed}/F_{R,d} =$	$\eta_2 = 0.07 \leq 1$	
Ideale Verzweigungslast	$F_{cr} = 667.5$	
starre Lastausbreitungslänge	$s = 96 \text{ mm}$	$l_{eff} - 2 * t_{\text{Flansch}}$
Beiwerte	$m_1 = 31.25$	
	$m_2 = 106.58$	
Beulwert	$k_F = 6.04$	
Schlankheitsgrad	$\Lambda_F = 1.06$	
Abminderungsfaktor	$\chi_F = 0.47$	
	$I_y = 402 \text{ mm}$	
wirksame Lastausbreitungslänge	$l_{eff} = 189 \text{ mm}$	$I_y * \chi_F$

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

	$V_{b,Rd} = 1037.3 \text{ kN}$	
$V_{Ed}/V_{b,Rd} =$	$\eta_3 = 0.00 \leq 1$	
	$M_{Rd} = 626.04 \text{ kNm}$	Interaktion M/N nicht erforderlich
Schlankheitsgrad	$\Lambda_w = 0.211$	
Abminderungsfaktor	$\chi_w = 1.20$	

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

$$\eta_1 = 0.15 \leq 1$$

$$W_{eff} = 4074.3 \text{ cm}^3$$

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

$$\eta_{7.2} = 0.14 \leq 1 \quad (\eta_1 + 0.8 * \eta_2) / 1.4$$

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

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

Nachweisführung

$$\eta_{max} = 0.15 \leq 1 \quad \text{Nachweis erfüllt}$$

Kranfahrt 2: LG 5: Qc+Qh+HS - 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	5	1.00	1.35	1.00	1.35
3	Kran 1 - Kranbetrieb Qh,max	5	1.00	1.35	1.00	1.35
5	Kran 1 - Schräglaufräfte HS	5	1.00	1.35	1.00	1.35

LG : Lastgruppe 5 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	21	1	0.0	-14.8	25.7	213.6	0.12
0.12	21	1	-0.6	-14.8	25.7	213.6	0.12
0.23	21	1	-1.3	-14.8	25.7	213.6	0.12
0.35	21	1	-1.9	-14.8	25.6	213.6	0.12
0.47	21	1	-2.6	-14.7	25.6	213.6	0.12
0.58	21	1	-3.2	-14.6	25.5	213.6	0.12
0.70	21	1	-3.8	-14.5	25.5	213.6	0.12
0.82	21	1	-4.4	-14.5	25.4	213.6	0.12
0.93	21	1	-5.1	-14.3	25.3	213.6	0.12
1.05	21	1	-5.7	-14.2	25.3	213.6	0.12
1.17	21	1	-6.3	-14.1	25.2	213.6	0.12
1.28	21	1	-6.9	-13.9	25.1	213.6	0.12
1.40	21	1	-7.5	-13.8	25.0	213.6	0.12
1.52	21	1	-8.1	-13.6	24.9	213.6	0.12
1.63	21	1	-8.7	-13.4	24.8	213.6	0.12
1.75	4	1	24.3	4.4	25.5	213.6	0.12
1.87	4	1	25.7	4.3	26.8	213.6	0.13
1.98	4	1	27.1	4.2	28.1	213.6	0.13
2.10	4	1	28.4	4.1	29.3	213.6	0.14
2.22	4	1	29.7	4.1	30.6	213.6	0.14
2.33	4	1	31.0	4.0	31.8	213.6	0.15
2.45	4	1	32.3	3.9	33.0	213.6	0.15
2.57	4	1	33.5	3.8	34.2	213.6	0.16
2.69	4	1	34.8	3.7	35.3	213.6	0.17
2.81	4	1	36.0	3.6	36.5	213.6	0.17
2.93	4	1	37.1	3.5	37.6	213.6	0.18
3.05	4	1	38.3	3.4	38.7	213.6	0.18
3.17	4	1	39.4	3.3	39.8	213.6	0.19
3.29	4	1	40.5	3.2	40.9	213.6	0.19
3.76	4	1	44.6	2.7	44.8	213.6	0.21
4.12	4	1	47.4	2.3	47.6	213.6	0.22
4.72	4	1	48.9	1.6	49.0	213.6	0.23
5.08	4	1	49.6	1.2	49.6	213.6	0.23
5.20	4	1	49.8	1.1	49.8	213.6	0.23
5.32	4	1	49.9	0.9	50.0	213.6	0.23
5.43	4	1	50.1	0.8	50.1	213.6	0.23
5.55	4	1	50.2	0.6	50.2	213.6	0.24
5.67	4	1	50.4	0.5	50.4	213.6	0.24
5.79	4	1	50.5	0.3	50.5	213.6	0.24
5.91	4	1	50.6	0.2	50.6	213.6	0.24
6.03	4	1	50.6	0.03	50.6	213.6	0.24
6.15	4	2	50.7	0.1	50.7	213.6	0.24
6.27	4	2	50.7	0.3	50.7	213.6	0.24
6.39	4	2	50.8	0.4	50.8	213.6	0.24
6.51	4	2	50.8	0.6	50.8	213.6	0.24
6.63	4	2	50.8	0.8	50.8	213.6	0.24
6.75	4	2	50.1	0.9	50.2	213.6	0.23
6.87	4	2	49.5	1.1	49.5	213.6	0.23
6.99	4	2	48.8	1.2	48.8	213.6	0.23
7.11	4	2	48.1	1.4	48.1	213.6	0.23
7.23	4	2	47.3	1.5	47.4	213.6	0.22
8.42	4	1	39.0	2.9	39.3	213.6	0.18

x [m]	Pkt	Qkl	σ_x [N/mm ²]	τ [N/mm ²]	σ_v [N/mm ²]	f_{yd} [N/mm ²]	η
8.66	4	1	37.1	3.1	37.5	213.6	0.18
8.78	4	1	36.1	3.3	36.5	213.6	0.17
8.90	4	1	35.1	3.4	35.5	213.6	0.17
9.02	4	1	34.0	3.5	34.5	213.6	0.16
9.14	4	1	33.0	3.6	33.5	213.6	0.16
9.25	4	1	31.9	3.7	32.5	213.6	0.15
9.37	4	1	30.8	3.8	31.5	213.6	0.15
9.49	4	1	29.6	3.9	30.4	213.6	0.14
9.61	4	1	28.5	4.0	29.3	213.6	0.14
9.73	4	1	27.3	4.1	28.2	213.6	0.13
9.85	4	1	26.1	4.2	27.1	213.6	0.13
9.97	4	1	24.9	4.2	25.9	213.6	0.12
10.09	4	1	23.6	4.3	24.8	213.6	0.12
10.21	21	1	-8.5	13.2	24.4	213.6	0.11
10.33	21	1	-7.9	13.4	24.6	213.6	0.12
10.45	21	1	-7.4	13.6	24.7	213.6	0.12
10.57	21	1	-6.9	13.8	24.9	213.6	0.12
10.69	21	1	-6.3	14.0	25.0	213.6	0.12
10.81	21	1	-5.7	14.1	25.2	213.6	0.12
10.93	21	1	-5.2	14.3	25.3	213.6	0.12
11.05	21	1	-4.6	14.4	25.4	213.6	0.12
11.16	21	1	-4.1	14.5	25.5	213.6	0.12
11.28	21	1	-3.5	14.6	25.6	213.6	0.12
11.40	21	1	-2.9	14.7	25.7	213.6	0.12
11.52	21	1	-2.3	14.8	25.7	213.6	0.12
11.64	21	1	-1.8	14.8	25.8	213.6	0.12
11.76	21	1	-1.2	14.9	25.8	213.6	0.12
11.88	21	1	-0.6	14.9	25.8	213.6	0.12
12.00	21	1	0.0	14.9	25.8	213.6	0.12

Lokale Radlasteinleitung am Obergurt bei x = 0.12 m

$$\eta = 0.11 \leq 1 \text{ Nachweis erfüllt}$$

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	l_y effektiv :	gesamt	$I_{rf} = 40.7$	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	$l_{eff} = 120$	mm				
	gesamt	$x_w = 132$	mm	Unterkante	Obergurt	$z = 6$	mm

x [m]	$Q_{r,Ed}$ [kN]	$\sigma_{oz,Ed}$	$\tau_{oxz,Ed}$	$\tau_{ ,Ed}$	$\tau_{ }$	$\sigma_{x,Ed}$	σ_v	η
0.12	20.6	19.4	3.9	8.8	12.7	0.0	25.6	0.11
11.88	20.6	19.4	3.9	8.1	12.0	-0.8	24.6	0.10

$Q_{r,Ed}$: 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 der Schweißnaht zwischen Schiene und Obergurt bei x = 6.63 m

$$\eta = 0.09 \leq 1 \text{ Nachweis erfüllt}$$

Scherfestigkeit der Schweißnaht	$f_{w,Rd} = 207.8$	N/mm ²	$f_u \cdot \sqrt{3} / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$
Schweißnahtdicke	$a_w = 6$	mm	
effektive Lastausbreitungslänge	$s_s = 96$	mm	$l_{eff} - 2 \cdot t_{Flansch}$
	$l_{eff} = 120$	mm	
statisches Moment der Schiene	$S_{Schiene} = 22.5$	cm ³	
Zugfestigkeit des Stahls	$f_u = 360.0$	N/mm ²	
Teilsicherheitsbeiwert	$\gamma_{M2} = 1.25$		
Korrelationsbeiwert	$\beta_w = 0.80$		

x [m]	$Q_{r,d}$ [kN]	$\sigma_{w,Qr}$ [N/mm ²]	$H_{r,d}$ [kN]	$\sigma_{w,Hr}$ [N/mm ²]	$V_{z,d}$ [kN]	$\tau_{w,Vz}$ [N/mm ²]	$\sigma_{Vgl,d}$ [N/mm ²]	η
4.12	20.6	17.8	0.0	0.0	48.3	0.04	17.8	0.09
6.63	20.6	17.8	5.1	4.4	48.2	0.04	18.3	0.09

$Q_{r,d}$: vertikale Radlast
 $\sigma_{w,Qr}$: $= Q_r / (2 \cdot a_w \cdot s_s)$ Spannung infolge vertikaler Radlast
 $H_{r,d}$: horizontale Radlast
 $\sigma_{w,Hr}$: $= H_r / (2 \cdot a_w \cdot s_s)$ Spannung infolge horizontaler Radlast
 $V_{z,d}$: Querkraft
 $\tau_{w,Vz}$: $= V_{z,d} \cdot S_{Schiene} / (2 \cdot a_w \cdot I_y)$ Spannung infolge globaler Tragwirkung
 $\sigma_{Vgl,d}$: Vergleichsspannung
 η : $\sigma_{w,Vgl} / f_{w,Rd}$

Nachweis auf Stegbeulen im Feld bei x = 6.63 m

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

Bemessungswerte: $F_{Ed} = 20.6$ kN Radlast einschließlich Schwingbeiwert
 $M_{y,Ed} = 134.47$ kNm Biegemoment
 $V_{z,Ed} = -19.7$ kN Querkraft

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

$F_{R,d} = 322.9$ kN
 $\eta_2 = 0.06 \leq 1$
 $F_{cr} = 667.5$
 $s = 96$ mm $l_{eff} = 2 \cdot t_{Flansch}$
 $m_1 = 31.25$
 $m_2 = 106.58$
 $k_F = 6.04$
 $\Lambda_F = 1.06$
 $\chi_F = 0.47$
 $l_y = 402$ mm
 $l_{eff} = 189$ mm $l_y \cdot \chi_F$
 $F_{Ed}/F_{R,d} =$
 Ideale Verzweigungslast
 starre Lastausbreitungslänge
 Beiwerte
 Beulwert
 Schlankheitsgrad
 Abminderungsfaktor
 wirksame Lastausbreitungslänge

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

$V_{b,Rd} = 1037.3$ kN
 $\eta_3 = 0.02 \leq 1$
 $M_{Rd} = 626.04$ kNm Interaktion M/N nicht erforderlich
 $\Lambda_w = 0.211$
 $\chi_w = 1.20$
 $V_{Ed}/V_{b,Rd} =$

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

$\eta_1 = 0.14 \leq 1$
 $W_{eff} = 4074.3$ cm³

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

$\eta_{7.2} = 0.13 \leq 1$ $(\eta_1 + 0.8 \cdot \eta_2)/1.4$

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

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

Nachweisführung $\eta_{max} = 0.14 \leq 1$ 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}	=	5.91 m
Horizontale Verschiebung des Schubmittelpunktes	d_{y0}	=	0.1 cm
Verdrehung des Trägers um die x-Achse	ϕ_x	=	0.0099 rad
Abstand zwischen Schubmittelpunkt und Lastangriffspunkt	$e_{M,z}$	=	87 mm
Horizontale Verformung am Lastangriffspunkt	δ_y	=	0.2 cm
Grenzwert für die horizontale Verformung	$\delta_{y,lim}$	=	2.0 cm
Nachweis für horizontale Verformung	$\delta_y / \delta_{y,lim}$	=	0.08
Nachweisstelle für vertikale Verformungen	x_{dz}	=	6.03 m
Vertikale Verschiebung des Schubmittelpunktes	δ_z	=	0.3 cm
Grenzwert für die vertikale Verformung	$\delta_{z,lim}$	=	2.4 cm
Nachweis für vertikale Verformung	$\delta_z / \delta_{z,lim}$	=	0.12

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	=	864 mm
Stegdicke	t_w	=	8 mm

nach EN 1993-6, Absatz 7.4 : $h_w / t_w = 108 < 120$ Nachweis erfüllt

Schwingungsbeschränkung des Unterflansches

Abstand der seitlichen Halterung	L	=	12.00 m
Trägheitsradius	$i_{z,fu}$	=	60 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 - Schräglaufkräfte 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 m
Horizontale Verschiebung des Schubmittelpunktes	d_{y0}	=	0.4 cm
Verdrehung des Trägers um die x-Achse	ϕ_x	=	0.0146 rad
Abstand zwischen Schubmittelpunkt und Lastangriffspunkt	$e_{M,z}$	=	87 mm
Horizontale Verformung am Lastangriffspunkt	δ_y	=	0.5 cm
Grenzwert für die horizontale Verformung	$\delta_{y,lim}$	=	2.0 cm
Nachweis für horizontale Verformung	$\delta_y / \delta_{y,lim}$	=	0.26
Nachweisstelle für vertikale Verformungen	x_{dz}	=	6.03 m
Vertikale Verschiebung des Schubmittelpunktes	δ_z	=	0.3 cm
Grenzwert für die vertikale Verformung	$\delta_{z,lim}$	=	2.4 cm
Nachweis für vertikale Verformung	$\delta_z / \delta_{z,lim}$	=	0.12

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 $h_w = 864 \text{ mm}$
 Stegdicke $t_w = 8 \text{ mm}$

nach EN 1993-6, Absatz 7.4 : $h_w / t_w = 108 < 120$ 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 23(Schweißnaht) Kerbfall $\sigma_x 80 \sigma_y 71 \tau_{xz} 80$ bei $x=0.47 \text{ m}$**

$\eta = 0.10 \leq 1$ Nachweis erfüllt

x	Nr.		λ_σ	$\Delta\sigma_c$	σ_{max}	σ_{min}	$\Delta\sigma_{E,2}$	η_σ	
[m]			λ_τ	$\Delta\tau_c$	τ_{max}	τ_{min}	$\Delta\tau_{E,2}$	η_τ	η_I
					[N/mm ²]				
0.47	23	σ	0.397	80.0	-0.5	-2.3	0.7	0.01	
		τ	0.575	80.0	5.9	-8.6	8.3	0.10	0.00

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

Lokale Radlasteinleitung am Obergurt bei $x = 0.12 \text{ m}$

$\eta = 0.15 \leq 1$ Nachweis erfüllt

Kranschiene :	Höhe	$h_{eff} = 35 \text{ mm}$	Obergurt :	Breite	$b_{eff} = 97 \text{ mm}$
	Breite	$b_r = 50 \text{ mm}$		Dicke	$t_o = 12 \text{ mm}$
Querschnitt :	Fläche	$A_{eff} = 29.1 \text{ cm}^2$	ly effektiv :	gesamt	$I_{rf} = 57.9 \text{ cm}^4$
	Schwerpunkt	$e_1 = 24 \text{ mm}$		Kranschiene	$I_r = 17.9 \text{ cm}^4$
	Stegdicke	$t_w = 8 \text{ mm}$		Obergurt	$I_{f,eff} = 1.4 \text{ cm}^4$
Lastausbreitungslänge :	effektiv	$l_{eff} = 135 \text{ mm}$			
	gesamt	$x_w = 147 \text{ mm}$	Unterkante	Obergurt	$z = 6 \text{ mm}$

Werte für die Ermittlung der Spannungen infolge exzentrischer Radlast

Querstreifen	Abstand	$a = 6.00 \text{ m}$	Exzentrizität	Radlast	$e_y = 13 \text{ mm}$
	Steghöhe	$h_w = 876 \text{ mm}$	Flansch/Kranschiene		$I_t = 54.5 \text{ cm}^4$
Beiwert		$\eta = 2.66$			
		$T_{Ed} = 0.20 \text{ kNm}$			$\sigma_{TEd} = 8.2 \text{ N/mm}^2$

x [m]	Q _{r,Ed} [kN]		λ _σ	Δσ _c	σ _{max}	σ _{min}	Δσ _{E,2}	η _σ	λ _τ	Δτ _c	τ _{max}	τ _{min}	Δτ _{E,2}	η _τ
0.12	16.0	z	0.500	71.0	21.8	0.0	10.9	0.15	0.660	80.0	-1.8	-6.2	6.5	0.08
11.88	16.0	z	0.500	71.0	21.8	0.0	10.9	0.15	0.660	80.0	-1.8	-6.2	6.5	0.08

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

Nachweis der Schweißnaht zwischen Schiene und Obergurt bei x = 4.72 m

Schweißnahtdicke	aw =	6 mm	
effektive Lastausbreitungslänge	ss =	111 mm	leff - 2 * t _{Flansch}
	leff =	135 mm	
statisches Moment der Schiene	S _{Schiene} =	30.6 cm ³	
Schadensäquivalenzfaktor	λ _σ =	0.500	
konstante Spannungsschwingbreite Kerbfall	Δσ _c =	71.0 N/mm ²	
maximale Normalspannung	σ _{max} =	12.0 N/mm ²	
minimale Normalspannung	σ _{min} =	0.0 N/mm ²	
schadensäquivalente Spannungsschwingbreite	Δσ _{E,2} =	6.0 N/mm ²	λ*(σ _{max} -σ _{min})
γ _{F,f} *Δσ _{E,2} /(Δσ _c /γ _{M,f}) =	η _σ =	0.08 <= 1	Nachweis erfüllt

Zusammenfassung aller Berechnungsergebnisse

Auslastung - Tragsicherheit

Nr	Kranüberfahrt	Querschnitt	Lokale Lasteinleitung	Stegbeulen
1	LG 1: Qc+Qh+HT - STR P/T	0.26	0.12	0.15
2	LG 5: Qc+Qh+HS - STR P/T	0.24	0.11	0.14

Auslastung - Gebrauchstauglichkeit

Nr	Kranüberfahrt	Verformungsnachweis Y			Verformungsnachweis Z		
		v _{max} [cm]	δ _{lim} [cm]	η	w _{max} [cm]	δ _{lim} [cm]	η
3	LG 12: Qc+Qh+HT - SERV	0.16	2.00	0.08	0.29	2.40	0.12
4	LG 13: Qc+Qh+HS - SERV	0.53	2.00	0.26	0.29	2.40	0.12

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	Schweißnaht Schiene
5	LG 14: Qc+Qh - FAT	0.10	0.15	0.08