

- 8t – Kran Hallenschiff 2

2) Laststufe 5t
e = 1,0m (Katzstellung)

Position: 8 t Kranbahn 5 t e=1 m

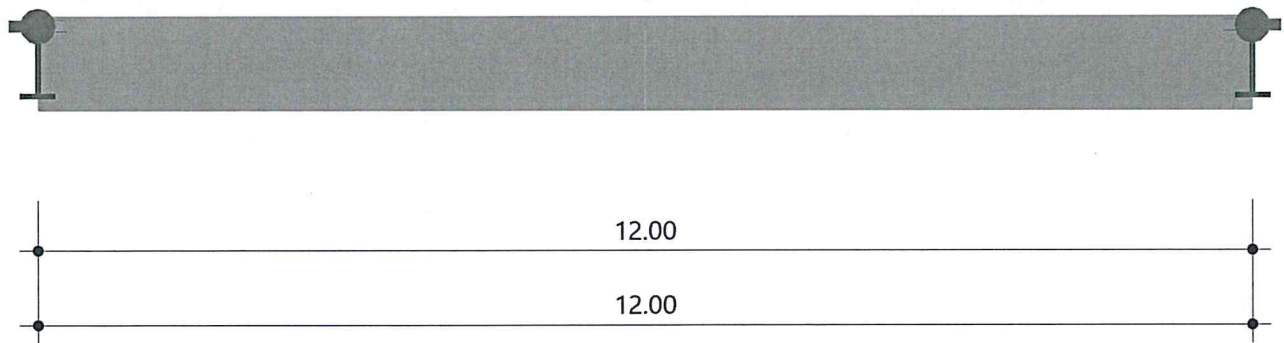
Kranbahnträger (x64) S9+ 01/2024 (FRILO R-2024-1/P08)

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
Systemtragfahigkeit	:	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 : Wolbwiderstandsmoment
 max_w : Einheitsverwolbung
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 [cm²]	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/mm²]		
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											

Quersteifen

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 *) Ω _{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

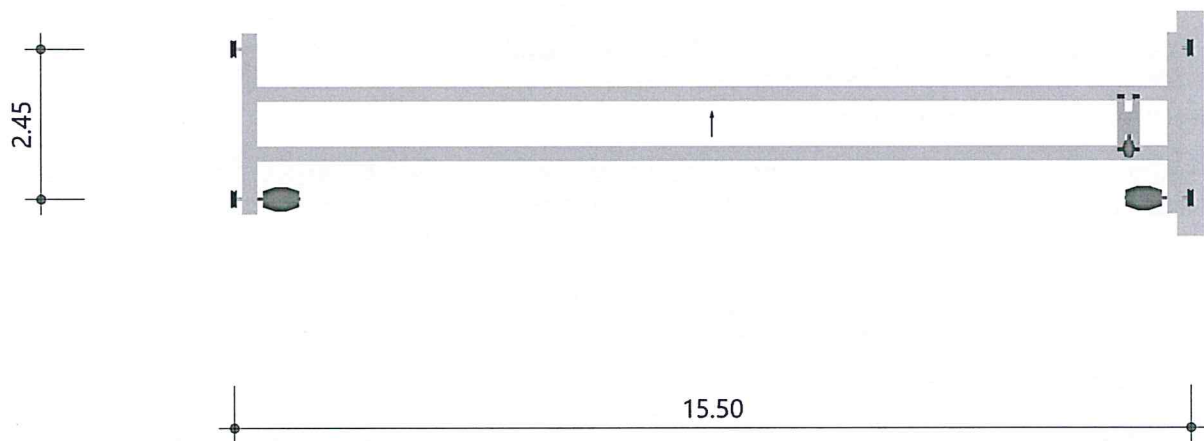
*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

Belastung

Kransystem und Krane

Kranparameter

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



Kran

Kran [Nr]	Bezeichnung	Q _{cb} [kN]	Q _{crab} [kN]	Q _c [kN]	e _{min} [m]	Q _h [kN]	HC	Si	System	Spurführung	v ₀ [m/min]	v _h [m/min]
1	Kran 1	42.0	10.0	52.0	1.00	50.0	2	3	IFF	Spurkranz	31.50	8.00

Q_{cb} : Eigengewicht der Kranbrücke
Q_{crab} : Eigengewicht der Lastaufnahmekatze
Q_c : Gesamteigengewicht des Kranes
e_{min} : Katztstellung
Q_h : Hublast
HC : Hubklasse
Si : Beanspruchungsgruppe
System : Kranfahrssystem
Spurführung : Spurführungssystem
v₀ : Nenngeschwindigkeit
v_h : 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.

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	23.4	2.45				-490	Qh,2,1,max,ncrane=1
2	z	23.4	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	5.3	2.45			0		HT,2,1,ncrane=1
3	x	0.52	2.45					Mx(HT,2,1,ncrane= 1)
2	y	-5.3	0.00			0		HT,2,2,ncrane=1
3	x	-0.52	0.00					Mx(HT,2,2,ncrane= 1)

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

Lastfall 5: Kran 1 - Schräglaufräfte HS

Art	in/um	Pli	a [m]	Pre	l [m]	ey [mm]	ez [mm]	Bemerkungen zur Last
2	y	9.6	2.45			0		HS,2,1,ncrane=1
3	x	0.94	2.45					Mx(HS,2,1,ncrane=1)
Einwirkungsgruppe 121 - Kranlastgruppe - Qh Einzellasten werden als bewegte Lasten angesetzt								

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	21	1	0.0	-22.8	39.6	213.6	0.19
0.12	21	1	-1.3	-22.8	39.6	213.6	0.19
0.23	21	1	-2.6	-22.8	39.6	213.6	0.19
0.35	21	1	-3.9	-22.7	39.5	213.6	0.19
0.47	21	1	-5.2	-22.6	39.5	213.6	0.19
0.58	21	1	-6.5	-22.5	39.5	213.6	0.18
0.70	21	1	-7.7	-22.4	39.5	213.6	0.18
0.82	21	1	-9.0	-22.2	39.5	213.6	0.18
0.93	21	1	-10.3	-22.0	39.5	213.6	0.18
1.05	21	1	-11.6	-21.8	39.5	213.6	0.18
1.17	4	1	38.3	7.1	40.2	213.6	0.19
1.28	4	1	41.7	7.0	43.4	213.6	0.20
1.40	4	1	45.0	6.9	46.6	213.6	0.22
1.52	4	1	48.3	6.8	49.7	213.6	0.23
1.63	4	1	51.5	6.7	52.8	213.6	0.25
1.75	4	1	54.6	6.6	55.8	213.6	0.26
1.87	4	1	57.7	6.5	58.7	213.6	0.27
1.98	4	1	60.6	6.4	61.6	213.6	0.29
2.10	4	1	63.5	6.3	64.5	213.6	0.30
2.22	4	1	66.4	6.1	67.2	213.6	0.31
2.33	4	1	69.1	6.0	69.9	213.6	0.33
2.45	4	1	71.9	5.9	72.6	213.6	0.34
2.57	4	1	74.6	5.7	75.2	213.6	0.35
2.69	4	1	77.2	5.6	77.8	213.6	0.36
2.81	4	1	79.8	5.4	80.3	213.6	0.38
2.93	4	1	82.3	5.3	82.8	213.6	0.39
3.05	4	1	84.7	5.1	85.2	213.6	0.40
3.17	4	1	87.1	5.0	87.5	213.6	0.41
3.29	4	1	89.4	4.8	89.8	213.6	0.42
3.41	4	1	91.6	4.7	92.0	213.6	0.43
3.52	4	1	93.8	4.5	94.2	213.6	0.44
3.64	4	1	96.0	4.3	96.3	213.6	0.45
4.12	4	1	104.0	3.7	104.2	213.6	0.49
4.24	4	1	105.8	3.5	106.0	213.6	0.50
4.36	4	1	106.3	3.4	106.5	213.6	0.50
4.48	4	1	106.8	3.2	106.9	213.6	0.50
4.60	4	1	107.2	3.0	107.4	213.6	0.50
4.72	4	1	107.7	2.8	107.8	213.6	0.50
4.84	4	1	108.1	2.6	108.2	213.6	0.51
4.96	4	1	108.4	2.4	108.5	213.6	0.51

x [m]	Pkt	Qkl	σ_x [N/mm ²]	τ [N/mm ²]	σ_v [N/mm ²]	f_{yd} [N/mm ²]	η
5.08	4	1	108.8	2.2	108.8	213.6	0.51
5.20	4	1	109.1	2.0	109.2	213.6	0.51
5.32	4	1	109.4	1.8	109.4	213.6	0.51
5.43	4	1	109.7	1.6	109.7	213.6	0.51
5.55	4	1	109.9	1.4	110.0	213.6	0.51
5.67	4	1	110.2	1.2	110.2	213.6	0.52
5.79	4	1	110.4	1.0	110.4	213.6	0.52
5.91	4	1	110.6	0.7	110.6	213.6	0.52
6.15	4	1	110.9	0.3	110.9	213.6	0.52
6.27	4	1	111.1	0.02	111.1	213.6	0.52
6.39	4	1	111.2	0.2	111.2	213.6	0.52
6.51	4	1	111.3	0.5	111.3	213.6	0.52
6.63	4	1	111.4	0.7	111.4	213.6	0.52
6.75	4	1	111.5	1.0	111.5	213.6	0.52
6.87	4	1	109.9	1.2	109.9	213.6	0.51
6.99	4	1	108.3	1.5	108.3	213.6	0.51
7.11	4	1	106.7	1.7	106.7	213.6	0.50
7.23	4	1	105.0	2.0	105.0	213.6	0.49
7.34	4	1	103.3	2.2	103.4	213.6	0.48
7.46	4	1	101.6	2.5	101.6	213.6	0.48
7.58	4	1	99.8	2.7	99.9	213.6	0.47
8.30	4	1	88.6	4.1	88.8	213.6	0.42
8.66	4	1	82.4	4.8	82.8	213.6	0.39
8.78	4	1	80.3	5.0	80.8	213.6	0.38
8.90	4	1	78.1	5.2	78.6	213.6	0.37
9.02	4	1	75.9	5.4	76.5	213.6	0.36
9.14	4	1	73.6	5.6	74.2	213.6	0.35
9.25	4	1	71.3	5.8	72.0	213.6	0.34
9.37	4	1	68.9	6.0	69.7	213.6	0.33
9.49	4	1	66.4	6.2	67.3	213.6	0.31
9.61	4	1	63.9	6.3	64.9	213.6	0.30
9.73	4	1	61.4	6.5	62.4	213.6	0.29
9.85	4	1	58.8	6.7	59.9	213.6	0.28
9.97	4	1	56.1	6.8	57.3	213.6	0.27
10.09	4	1	53.4	7.0	54.7	213.6	0.26
10.21	4	1	50.6	7.1	52.0	213.6	0.24
10.33	4	1	47.7	7.2	49.3	213.6	0.23
10.45	4	1	44.7	7.4	46.5	213.6	0.22
10.57	4	1	41.7	7.5	43.7	213.6	0.20
10.69	21	1	-13.3	23.0	42.1	213.6	0.20
10.81	21	1	-12.1	23.3	42.2	213.6	0.20
10.93	21	1	-10.9	23.6	42.4	213.6	0.20
11.05	21	1	-9.7	23.9	42.5	213.6	0.20
11.16	21	1	-8.5	24.1	42.6	213.6	0.20
11.28	21	1	-7.3	24.3	42.8	213.6	0.20
11.40	21	1	-6.1	24.5	42.9	213.6	0.20
11.52	21	1	-4.9	24.7	43.0	213.6	0.20
11.64	21	1	-3.7	24.8	43.1	213.6	0.20
11.76	21	1	-2.4	24.9	43.1	213.6	0.20
11.88	21	1	-1.2	24.9	43.2	213.6	0.20
12.00	21	1	0.0	24.9	43.2	213.6	0.20

Lokale Radlasteinleitung am Obergurt bei x = 0.12 m

$$\eta = 0.29 \leq 1 \quad \text{Nachweis erfüllt}$$

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	$I_{rf} = 40.7$	cm ⁴
	Schwerpunkt	$e_1 = 21$	mm		Kranschiene	$I_r = 11.3$	cm ⁴
	Stegdick	$t_w = 8$	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]	σ _{oz,Ed}	τ _{oxz,Ed}	τ _{,Ed} [N/mm ²]	τ	σ _{x,Ed}	σ _v	η
0.12	58.7	55.4	11.1	20.1	31.1	0.0	68.2	0.29
11.88	58.7	55.4	11.1	17.0	28.1	-1.8	64.9	0.28

Q_{r,Ed} : Bemessungswert der Radlast einschließlich Schwingbeiwert
 σ_{oz,Ed} : Q_{r,Ed}/(x_w*t_w) Lokale Druckspannung aus zentrischer Radlasteinleitung
 τ_{oxz,Ed} : 0,2 * σ_{oz,Ed} Schubspannung infolge Radlasteinleitung
 τ_{||,Ed} : Schubspannungen aus globaler Tragwirkung
 τ_{||} : Summe der Schubspannungen
 σ_{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 = 4.24 m

$$\eta = 0.25 \leq 1 \quad \text{Nachweis erfüllt}$$

Scherfestigkeit der Schweißnaht	f _{w,Rd} = 207.8 N/mm ²	f _u * sqrt(3) / (β _w * γ _{M2})
Schweißnahtdicke	a _w = 6 mm	
effektive Lastausbreitungslänge	s _s = 96 mm	l _{eff} - 2 * 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	γ _{M2} = 1.25	
Korrelationsbeiwert	β _w = 0.80	

x [m]	Q _{r,d} [kN]	σ _{w,Qr} [N/mm ²]	H _{r,d} [kN]	σ _{w,Hr} [N/mm ²]	V _{z,d} [kN]	τ _{w,Vz} [N/mm ²]	σ _{vgl,d} [N/mm ²]	η
4.24	58.7	50.7	10.7	9.3	116.0	0.1	51.6	0.25
6.75	58.7	50.7	10.7	9.3	115.7	0.1	51.6	0.25

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

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

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

Bemessungswerte:	F_{Ed} =	58.7 kN	Radlast einschließlich Schwingbeiwert
	$M_{y,Ed}$ =	318.42 kNm	Biegemoment
	$V_{z,Ed}$ =	-5.8 kN	Querkraft

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

$F_{Ed}/F_{R,d}$ =	$F_{R,d}$ =	322.9 kN	
Ideale Verzweigungslast	η_2 =	0.18 <= 1	
starre Lastausbreitungslänge	F_{cr} =	667.5	
Beiwerte	s =	96 mm	$l_{eff} = 2 \cdot t_{Flansch}$
	m1 =	31.25	
	m2 =	106.58	
Beulwert	k_F =	6.04	
Schlankheitsgrad	Λ_F =	1.06	
Abminderungsfaktor	χ_F =	0.47	
	l_y =	402 mm	
wirksame Lastausbreitungslänge	l_{eff} =	189 mm	$l_y \cdot \chi_F$

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

$V_{Ed}/V_{b,Rd}$ =	$V_{b,Rd}$ =	1037.3 kN	
	η_3 =	0.01 <= 1	
Schlankheitsgrad	M_{Rd} =	626.04 kNm	Interaktion M/N nicht erforderlich
Abminderungsfaktor	Λ_w =	0.211	
	χ_w =	1.20	

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

η_1 =	0.33 <= 1
W_{eff} =	4074.3 cm ³

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

$\eta_{7.2}$ =	0.32 <= 1	$(\eta_1 + 0.8 \cdot \eta_2)/1.4$
----------------	-----------	-----------------------------------

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

η_{DIN} =	0.00 <= 1
----------------	-----------

Nachweisführung

η_{max} =	0.33 <= 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 - Schräglaufkräfte 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	Pkt	Qkl	σ_x	τ	σ_v	f_{yd}	η
[m]			[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	
0.00	21	1	0.0	-34.0	58.8	213.6	0.28
0.12	21	1	-1.4	-33.9	58.8	213.6	0.28
0.23	21	1	-2.7	-33.9	58.8	213.6	0.28
0.35	21	1	-4.1	-33.8	58.6	213.6	0.27
0.47	21	1	-5.4	-33.6	58.5	213.6	0.27
0.58	21	1	-6.8	-33.5	58.3	213.6	0.27
0.70	21	1	-8.1	-33.2	58.1	213.6	0.27
0.82	21	1	-9.5	-33.0	57.9	213.6	0.27
0.93	21	1	-10.8	-32.7	57.6	213.6	0.27
1.05	21	1	-12.2	-32.4	57.4	213.6	0.27
1.17	21	1	-13.5	-32.0	57.1	213.6	0.27

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	21	1	-14.8	-31.6	56.8	213.6	0.27
1.40	21	1	-16.2	-31.2	56.4	213.6	0.26
1.52	21	1	-17.5	-30.8	56.1	213.6	0.26
1.63	21	1	-18.9	-30.3	55.8	213.6	0.26
1.75	4	1	54.1	9.9	56.7	213.6	0.27
1.87	4	1	56.9	9.7	59.3	213.6	0.28
1.98	4	1	59.7	9.5	61.9	213.6	0.29
2.10	4	1	62.4	9.3	64.4	213.6	0.30
2.22	4	1	65.0	9.1	66.9	213.6	0.31
2.33	4	1	67.5	8.9	69.2	213.6	0.32
2.45	4	1	69.9	8.7	71.6	213.6	0.33
2.57	4	1	72.4	8.5	73.8	213.6	0.35
2.69	4	1	74.7	8.3	76.1	213.6	0.36
2.81	4	1	77.0	8.0	78.2	213.6	0.37
2.93	4	1	79.2	7.8	80.3	213.6	0.38
3.05	4	1	81.3	7.5	82.4	213.6	0.39
3.17	4	1	83.4	7.3	84.4	213.6	0.39
3.29	4	2	85.4	7.0	86.3	213.6	0.40
3.41	4	2	87.3	6.7	88.1	213.6	0.41
3.52	4	2	89.2	6.5	89.9	213.6	0.42
3.64	4	2	91.0	6.2	91.7	213.6	0.43
3.76	4	2	92.8	5.9	93.4	213.6	0.44
3.88	4	2	94.5	5.6	95.0	213.6	0.44
4.36	4	2	96.0	4.5	96.4	213.6	0.45
4.48	4	2	96.4	4.2	96.7	213.6	0.45
4.60	4	2	96.7	3.9	97.0	213.6	0.45
4.72	4	2	97.0	3.6	97.2	213.6	0.46
4.84	4	3	97.4	3.3	97.5	213.6	0.46
4.96	4	3	97.7	2.9	97.8	213.6	0.46
5.08	33	3	-98.2	2.2	98.3	213.6	0.46
5.20	33	3	-99.6	1.9	99.6	213.6	0.47
5.32	33	3	-100.9	1.7	100.9	213.6	0.47
5.43	33	3	-102.2	1.4	102.2	213.6	0.48
5.55	33	3	-103.5	1.1	103.5	213.6	0.48
5.67	33	3	-104.8	0.8	104.8	213.6	0.49
5.79	33	3	-106.0	0.6	106.0	213.6	0.50
5.91	33	3	-107.2	0.3	107.2	213.6	0.50
6.03	33	3	-108.4	0.01	108.4	213.6	0.51
6.15	33	3	-109.6	0.3	109.6	213.6	0.51
6.27	33	3	-110.7	0.6	110.8	213.6	0.52
6.39	33	3	-111.9	0.9	111.9	213.6	0.52
6.51	33	3	-109.8	1.2	109.8	213.6	0.51
6.63	33	3	-107.6	1.5	107.7	213.6	0.50
6.75	33	3	-105.5	1.7	105.5	213.6	0.49
6.87	33	3	-103.3	2.0	103.4	213.6	0.48
6.99	33	3	-101.1	2.3	101.2	213.6	0.47
7.11	33	3	-98.9	2.6	99.0	213.6	0.46
7.23	33	3	-96.7	2.9	96.8	213.6	0.45
7.34	33	3	-94.4	3.1	94.6	213.6	0.44
7.46	33	3	-92.2	3.4	92.3	213.6	0.43
7.58	33	3	-89.9	3.6	90.1	213.6	0.42
7.70	33	3	-87.6	3.9	87.8	213.6	0.41
8.06	4	3	81.5	5.6	82.1	213.6	0.38
8.18	4	3	80.0	5.9	80.6	213.6	0.38
8.30	4	3	78.4	6.2	79.1	213.6	0.37
8.42	4	3	76.7	6.4	77.5	213.6	0.36
8.54	4	3	75.0	6.7	75.9	213.6	0.36
8.66	4	3	73.3	7.0	74.3	213.6	0.35
8.78	4	3	71.6	7.2	72.6	213.6	0.34
8.90	4	3	69.7	7.5	70.9	213.6	0.33
9.02	4	3	67.9	7.7	69.2	213.6	0.32
9.14	4	3	66.0	8.0	67.4	213.6	0.32
9.25	4	3	64.0	8.2	65.6	213.6	0.31
9.37	4	3	62.0	8.4	63.7	213.6	0.30
9.49	4	3	59.9	8.7	61.7	213.6	0.29
9.61	4	3	57.8	8.9	59.8	213.6	0.28
9.73	4	3	55.6	9.1	57.7	213.6	0.27
9.85	4	3	53.3	9.3	55.7	213.6	0.26

x [m]	Pkt	Qkl	σ_x [N/mm ²]	τ [N/mm ²]	σ_v [N/mm ²]	f_{yd} [N/mm ²]	η
9.97	4	2	51.0	9.5	53.6	213.6	0.25
10.09	21	2	-17.8	29.1	53.4	213.6	0.25
10.21	21	2	-16.7	29.6	53.9	213.6	0.25
10.33	21	2	-15.6	30.1	54.4	213.6	0.25
10.45	21	2	-14.5	30.5	54.8	213.6	0.26
10.57	21	2	-13.4	31.0	55.3	213.6	0.26
10.69	21	2	-12.3	31.4	55.7	213.6	0.26
10.81	21	2	-11.2	31.7	56.1	213.6	0.26
10.93	21	2	-10.1	32.1	56.5	213.6	0.26
11.05	21	2	-9.0	32.4	56.8	213.6	0.27
11.16	21	2	-7.9	32.7	57.2	213.6	0.27
11.28	21	2	-6.8	32.9	57.4	213.6	0.27
11.40	21	2	-5.6	33.1	57.7	213.6	0.27
11.52	21	2	-4.5	33.3	57.9	213.6	0.27
11.64	21	2	-3.4	33.5	58.0	213.6	0.27
11.76	21	2	-2.3	33.6	58.2	213.6	0.27
11.88	21	1	-1.1	33.6	58.2	213.6	0.27
12.00	21	1	0.0	33.6	58.3	213.6	0.27

Lokale Radlasteinleitung am Obergurt bei x = 0.12 m

$$\eta = 0.26 \leq 1 \quad \text{Nachweis erfüllt}$$

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	$I_{rf} = 40.7$ 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]	$\sigma_{oz,Ed}$	$\tau_{oxz,Ed}$	$\tau_{ ,Ed}$ [N/mm ²]	$\tau_{ }$	$\sigma_{x,Ed}$	σ_v	η
0.12	52.1	49.2	9.8	18.7	28.5	0.0	61.2	0.26
11.88	52.1	49.2	9.8	16.8	26.6	-1.6	59.0	0.25

$Q_{r,Ed}$: 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 = 6.39 m

$$\eta = 0.22 \leq 1 \quad \text{Nachweis erfüllt}$$

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
3.88	52.1	45.0	0.0	0.0	104.2	0.1	45.0	0.22
6.39	52.1	45.0	13.0	11.2	104.0	0.1	46.4	0.22

$Q_{r,d}$: vertikale Radlast
 $\sigma_{w,Qr}$: $= Q_{r,d} / (2 \cdot a_w \cdot s_s)$ Spannung infolge vertikaler Radlast
 $H_{r,d}$: horizontale Radlast
 $\sigma_{w,Hr}$: $= H_{r,d} / (2 \cdot a_w \cdot s_s)$ 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 $x = 6.39$ m

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

Bemessungswerte:	$F_{Ed} =$	52.1 kN	Radlast einschließlich Schwingbeiwert
	$M_{y,Ed} =$	285.84 kNm	Biegemoment
	$V_{z,Ed} =$	-45.3 kN	Querkraft

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

	$F_{R,d} =$	322.9 kN	
$F_{Ed}/F_{R,d} =$	$\eta_2 =$	0.16 ≤ 1	
Ideale Verzweigungslast	$F_{cr} =$	667.5	
starre Lastausbreitungslänge	s =	96 mm	$l_{eff} = 2 \cdot t_{Flansch}$
Beiwerte	$m_1 =$	31.25	
	$m_2 =$	106.58	
Beulwert	$k_F =$	6.04	
Schlankheitsgrad	$\Lambda_F =$	1.06	
Abminderungsfaktor	$\chi_F =$	0.47	
	$I_y =$	402 mm	
wirksame Lastausbreitungslänge	$L_{eff} =$	189 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	
$V_{Ed}/V_{b,Rd} =$	$\eta_3 =$	0.04 ≤ 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 $\gamma_{M0} = 1.00$

$$\eta_1 = 0.30 \leq 1$$

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

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

$$\eta_{7.2} = 0.29 \leq 1 \quad (\eta_1 + 0.8 \cdot \eta_2)/1.4$$

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

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

Nachweisführung

$$\eta_{max} = 0.30 \leq 1$$

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

$$x_{dy} = 5.79 \text{ m}$$

Horizontale Verschiebung des Schubmittelpunktes

$$d_{y0} = 0.3 \text{ cm}$$

Verdrehung des Trägers um die x-Achse

$$\phi_x = 0.0189 \text{ rad}$$

Abstand zwischen Schubmittelpunkt und Lastangriffspunkt

$$e_{M,z} = 87 \text{ mm}$$

Horizontale Verformung am Lastangriffspunkt

$$\delta_y = 0.5 \text{ cm}$$

Grenzwert für die horizontale Verformung

$$\delta_{y,lim} = 2.0 \text{ cm}$$

Nachweis für horizontale Verformung

$$\delta_y / \delta_{y,lim} = 0.24$$

Nachweisstelle für vertikale Verformungen

$$x_{dz} = 6.03 \text{ m}$$

Vertikale Verschiebung des Schubmittelpunktes

$$\delta_z = 0.6 \text{ cm}$$

Grenzwert für die vertikale Verformung

$$\delta_{z,lim} = 2.4 \text{ cm}$$

Nachweis für vertikale Verformung

$$\delta_z / \delta_{z,lim} = 0.25$$

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 4: LG 13: Qc+Qh+HS - 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	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 $\phi \cdot \gamma \cdot \psi$: 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 $\phi_x = 0.0321 \text{ rad}$
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 $\delta_z = 0.6 \text{ cm}$
Grenzwert für die vertikale Verformung $\delta_{z,lim} = 2.4 \text{ cm}$
Nachweis für vertikale Verformung $\delta_z / \delta_{z,lim} = 0.25$

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	$\phi \cdot \gamma \cdot \psi$
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

$\phi \cdot \gamma \cdot \psi$

: Überlagerungsfaktor

Eingangswerte Ermüdungsnachweis

Teilsicherheitsbeiwerte

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

Ermüdungsnachweis am Querschnitt

Querschnittspunkt 4(Profil) Kerbfall σ_x 160 σ_y 160 τ_{xz} 100 bei $x = 6.75$ m

$\eta = 0.17 \leq 1$ Nachweis erfüllt

x	Nr.		λ_σ λ_τ	$\Delta\sigma_c$ $\Delta\tau_c$	σ_{max} τ_{max}	σ_{min} τ_{min}	$\Delta\sigma_{E,2}$ $\Delta\tau_{E,2}$	η_σ η_τ	η_I
[m]					[N/mm ²]				
6.75	4	σ	0.397	160.0	80.3	10.9	27.5	0.17	
		τ	0.575	100.0	1.0	0.2	0.5	0.01	0.01

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 $(\eta_\sigma)^2 + (\eta_\tau)^2$

Lokale Radlasteinleitung am Obergurt bei $x = 0.12$ m

$\eta = 0.39 \leq 1$ Nachweis erfüllt

Kranschiene :	Höhe	$h_{eff} = 35$	mm	Obergurt :	Breite	$b_{eff} = 97$	mm
	Breite	$b_r = 50$	mm		Dicke	$t_o = 12$	mm
Querschnitt :	Fläche	$A_{eff} = 29.1$	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	$I_{f,eff} = 1.4$		cm ⁴
Lastausbreitungslänge :	effektiv	$l_{eff} = 135$	mm				
	gesamt	$x_w = 147$	mm	Unterkante	Obergurt	$z = 6$	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		$\eta = 2.66$					
		$T_{Ed} = 0.51$	kNm			$\sigma_{T,Ed} = 21.1$	N/mm ²

x	$Q_{r,Ed}$		λ_σ	$\Delta\sigma_c$	σ_{max}	σ_{min}	$\Delta\sigma_{E,2}$	η_σ	λ_τ	$\Delta\tau_c$	τ_{max}	τ_{min}	$\Delta\tau_{E,2}$	η_τ
[m]	[kN]				[N/mm ²]						[N/mm ²]			
0.12	41.0	z	0.500	71.0	55.9	0.0	28.0	0.39	0.660	80.0	-1.8	-13.1	16.7	0.21
11.88	41.0	z	0.500	71.0	55.9	0.0	28.0	0.39	0.660	80.0	-1.8	-13.1	16.7	0.21

$Q_{r,Ed}$

: 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 * tFlansch
	leff =	135 mm	
statisches Moment der Schiene	SSchiene =	30.6 cm ³	
Schadensäquivalenzfaktor	λσ =	0.500	
konstante Spannungsschwingbreite Kerbfall	Δσc =	71.0 N/mm ²	
maximale Normalspannung	σmax =	30.7 N/mm ²	
minimale Normalspannung	σmin =	0.0 N/mm ²	
schadensäquivalente Spannungsschwingbreite	ΔσE,2 =	15.3 N/mm ²	λ*(σmax-σmin)
γF,f*ΔσE,2/(Δσc/γM,f) =	ησ =	0.22 <= 1	Nachweis erfüllt

Zusammenfassung aller Berechnungsergebnisse

Auslastung - Tragsicherheit

Nr	Kranberfahrt	Querschnitt	Lokale Lasteinleitung	Stegbeulen
1	LG 1: Qc+Qh+HT - STR P/T	0.52	0.29	0.33
2	LG 5: Qc+Qh+HS - STR P/T	0.52	0.26	0.30

Auslastung - Gebrauchstauglichkeit

Nr	Kranberfahrt	Verformungsnachweis Y			Verformungsnachweis Z		
		Vmax [cm]	δlim [cm]	η	Wmax [cm]	δlim [cm]	η
3	LG 12: Qc+Qh+HT - SERV	0.48	2.00	0.24	0.61	2.40	0.25
4	LG 13: Qc+Qh+HS - SERV	1.39	2.00	0.69	0.61	2.40	0.25

Nr	Kranberfahrt	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 - Ermdung

Nr	Kranberfahrt	Querschnitt	Lokale Lasteinleitung	Schweinaht Schiene
5	LG 14: Qc+Qh - FAT	0.17	0.39	0.22