

- 8t – Kran Hallenschiff 2

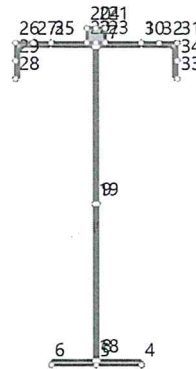
1) Laststufe 8t Maximallast
 $e = 1,0\text{m}$ (Katzstellung)

Punkt	O-Punkt		S-Punkt		M-Punkt		Verwölbung ω [cm ²]	Kerbfallart	Kerbfall		
	y ₀ [mm]	z ₀ [mm]	y _s [mm]	z _s [mm]	y _m [mm]	z _m [mm]			σ_x	σ_z	τ_{xz}
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 Profil	90	71	80
4	-125	450	-125	585	-125	707	1043.9		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 Schweißnaht	80	71	80
23	-25	-450	-25	-315	-25	-193	0.0		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				

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]		
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											

Spannungspunkte

Maßstab 1 : 20



Quersteifen

Nr	x ₀ [m]	t ₀ [mm]	a _w [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

Position: 8t Kranbahn Maximallast 8 t e=1 m

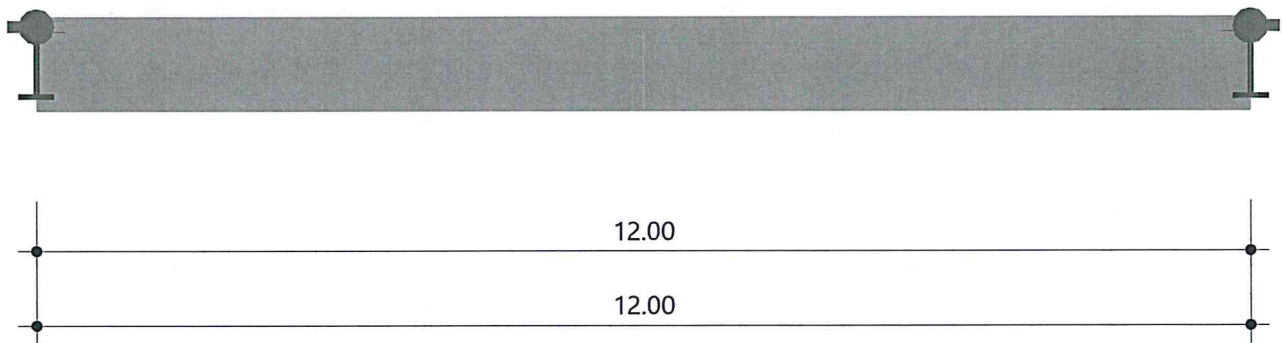
Kranbahntrager (x64) S9+ 01/2024 (FRILO R-2024-1/P08)

Grundparameter

Bemessungsnorm	:	DIN EN 1993-6/NA-2010-12
Sicherheitskonzept/Lastkombinatorik	:	DIN EN 1990/NA:2010-12
Kombination standiger 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 primarer Torsion	:	berucksichtigt
Schubspannungen infolge sekundarer Torsion	:	berucksichtigt
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



Kranbahntrager

Gesamtlange = 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	:	Flachentraghheitsmoment um die y-Achse
I_z	:	Flachentraghheitsmoment um die z-Achse
I_t	:	Torsionstraghheitsmoment
I_w	:	Wolbwiderstandsmoment
max_w	:	Einheitsverwolbung
A	:	Flache
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)

h₁ = 864 mm

s = 8 mm

Obergurt

b_o = 250 mmt_o = 12 mm

Untergurt

b_u = 250 mmt_u = 12 mma_{wo} = 6 mma_{wu} = 6 mm

Kranschiene Flachstahl 50X40 (mittragend)

Schweißnahtdicke

a_w = 6 mm

Abmessungen

h = 40 mm

b = 50 mm

Abnutzung

h_{red} = 30 mmh_{red,fat} = 35 mm

Winkel L 100x100x10

Achismaß - horizontal

l_h = 95 mm

Sh = 10 mm

Achismaß - vertikal

l_v = 95 mm

Sv = 10 mm

Gesamtquerschnitt

Schwerpunkt zu Profilmitte

z_s = -135 mm

Schwerpunkt zu Stegmitte

z_s = -135 mm

Schwerpunkt zu Schubmittelpunkt

z_m = -257 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}
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	a _w	Kerbfall, Schweißnaht	
	[m]	[mm]	[mm]	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 *)
		Φ_x [kNm/rad]	Φ_y [kNm/rad]	Φ_z [kNm/rad]	$\Omega_{y,z}$ [kNm³]
1	0.00	-1	0.0	0.0	0.00
2	12.00	-1	0.0	0.0	0.00

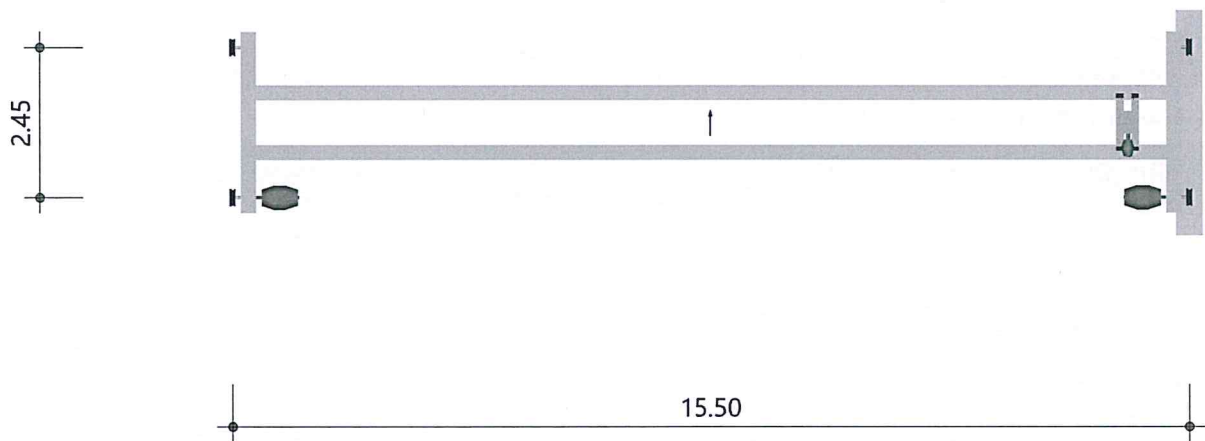
*) -1 = starr, 0 = frei, > 0 = elastisch

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	80.0	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	37.4	52.6	10.8	6.5	13.1
				1	10.8	2.6	13.4	15.2	1.7	3.3
	2	2.45	2.45	2	15.2	37.4	52.6	10.8	-6.5	0.0
				1	10.8	2.6	13.4	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	37.4	2.45				-490	Qh,2,1,max,ncrane=1
2	z	37.4	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	6.5	2.45			0		HT,2,1,ncrane=1
3	x	0.63	2.45					Mx(HT,2,1,ncrane= 1)
2	y	-6.5	0.00			0		HT,2,2,ncrane=1
3	x	-0.63	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	13.1	2.45			0		HS,2,1,ncrane=1
3	x	1.28	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	-30.0	52.0	213.6	0.24
0.12	21	1	-1.7	-30.0	52.0	213.6	0.24
0.23	21	1	-3.4	-29.9	52.0	213.6	0.24
0.35	21	1	-5.1	-29.8	51.9	213.6	0.24
0.47	21	1	-6.8	-29.7	51.9	213.6	0.24
0.58	21	1	-8.5	-29.5	51.8	213.6	0.24
0.70	21	1	-10.2	-29.3	51.8	213.6	0.24
0.82	21	1	-11.9	-29.1	51.8	213.6	0.24
0.93	21	1	-13.6	-28.8	51.7	213.6	0.24
1.05	21	1	-15.3	-28.5	51.7	213.6	0.24
1.17	4	1	51.5	9.3	53.9	213.6	0.25
1.28	4	1	55.9	9.2	58.1	213.6	0.27
1.40	4	1	60.3	9.0	62.3	213.6	0.29
1.52	4	1	64.5	8.9	66.4	213.6	0.31
1.63	4	1	68.7	8.7	70.3	213.6	0.33
1.75	4	1	72.7	8.6	74.2	213.6	0.35
1.87	4	1	76.6	8.4	78.0	213.6	0.37
1.98	4	1	80.4	8.3	81.7	213.6	0.38
2.10	4	1	84.2	8.1	85.3	213.6	0.40
2.22	4	1	87.8	7.9	88.8	213.6	0.42
2.33	4	1	91.3	7.8	92.3	213.6	0.43
2.45	4	1	94.7	7.6	95.6	213.6	0.45
2.57	4	1	98.1	7.4	98.9	213.6	0.46
2.69	4	1	101.4	7.2	102.2	213.6	0.48
2.81	4	1	104.6	7.0	105.3	213.6	0.49
2.93	4	1	107.7	6.8	108.4	213.6	0.51
3.05	4	1	110.8	6.6	111.4	213.6	0.52
3.17	4	1	113.7	6.4	114.3	213.6	0.53
3.29	4	1	116.6	6.2	117.1	213.6	0.55
3.41	4	1	119.4	5.9	119.8	213.6	0.56
3.52	4	1	122.1	5.7	122.5	213.6	0.57
3.64	4	1	124.7	5.5	125.1	213.6	0.59
3.76	4	1	127.3	5.3	127.6	213.6	0.60
3.88	4	1	129.7	5.1	130.0	213.6	0.61
4.24	4	1	136.7	4.5	137.0	213.6	0.64
4.36	4	1	137.2	4.2	137.4	213.6	0.64
4.48	4	1	137.7	4.0	137.8	213.6	0.65
4.60	4	1	138.1	3.8	138.3	213.6	0.65
4.72	4	1	138.5	3.6	138.6	213.6	0.65
4.84	4	1	138.9	3.3	139.0	213.6	0.65

x [m]	Pkt	Qkl	σ_x [N/mm ²]	τ [N/mm ²]	σ_v [N/mm ²]	f_{yd} [N/mm ²]	η
4.96	4	1	139.2	3.1	139.3	213.6	0.65
5.08	4	1	139.6	2.8	139.7	213.6	0.65
5.20	4	1	139.9	2.6	140.0	213.6	0.66
5.32	4	1	140.2	2.3	140.3	213.6	0.66
5.43	4	1	140.5	2.0	140.5	213.6	0.66
5.55	4	1	140.8	1.8	140.8	213.6	0.66
5.67	4	1	141.0	1.5	141.1	213.6	0.66
5.79	4	1	141.3	1.2	141.3	213.6	0.66
5.91	4	1	141.5	0.9	141.5	213.6	0.66
6.15	4	1	142.0	0.3	142.0	213.6	0.66
6.27	4	1	142.2	0.01	142.2	213.6	0.67
6.39	4	1	142.4	0.3	142.4	213.6	0.67
6.51	4	1	142.5	0.6	142.5	213.6	0.67
6.63	4	1	142.7	0.9	142.7	213.6	0.67
6.75	4	1	142.9	1.3	142.9	213.6	0.67
6.87	4	1	140.9	1.6	140.9	213.6	0.66
6.99	4	1	138.9	1.9	138.9	213.6	0.65
7.11	4	1	136.8	2.2	136.9	213.6	0.64
7.23	4	1	134.7	2.5	134.8	213.6	0.63
7.34	4	1	132.7	2.9	132.7	213.6	0.62
7.46	4	1	130.5	3.2	130.6	213.6	0.61
7.58	4	1	128.4	3.5	128.5	213.6	0.60
7.70	4	1	126.2	3.8	126.3	213.6	0.59
8.30	4	1	114.6	5.3	114.9	213.6	0.54
8.54	4	1	109.6	5.8	110.1	213.6	0.52
8.66	4	1	107.0	6.1	107.6	213.6	0.50
8.78	4	1	104.4	6.4	105.0	213.6	0.49
8.90	4	1	101.7	6.7	102.4	213.6	0.48
9.02	4	1	99.0	6.9	99.7	213.6	0.47
9.14	4	1	96.1	7.2	96.9	213.6	0.45
9.25	4	1	93.2	7.4	94.1	213.6	0.44
9.37	4	1	90.3	7.7	91.2	213.6	0.43
9.49	4	1	87.2	7.9	88.3	213.6	0.41
9.61	4	1	84.1	8.2	85.2	213.6	0.40
9.73	4	1	80.8	8.4	82.1	213.6	0.38
9.85	4	1	77.5	8.6	79.0	213.6	0.37
9.97	4	1	74.1	8.8	75.7	213.6	0.35
10.09	4	1	70.6	9.0	72.3	213.6	0.34
10.21	4	1	67.1	9.2	68.9	213.6	0.32
10.33	4	1	63.4	9.4	65.4	213.6	0.31
10.45	4	1	59.6	9.6	61.8	213.6	0.29
10.57	4	1	55.7	9.7	58.2	213.6	0.27
10.69	21	1	-17.4	29.9	54.6	213.6	0.26
10.81	21	1	-15.8	30.3	54.9	213.6	0.26
10.93	21	1	-14.3	30.7	55.1	213.6	0.26
11.05	21	1	-12.7	31.1	55.3	213.6	0.26
11.16	21	1	-11.1	31.4	55.5	213.6	0.26
11.28	21	1	-9.5	31.7	55.7	213.6	0.26
11.40	21	1	-7.9	31.9	55.9	213.6	0.26
11.52	21	1	-6.3	32.1	56.0	213.6	0.26
11.64	21	1	-4.8	32.3	56.1	213.6	0.26
11.76	21	1	-3.2	32.4	56.2	213.6	0.26
11.88	21	1	-1.6	32.5	56.3	213.6	0.26
12.00	21	1	0.0	32.5	56.3	213.6	0.26

Lokale Radlasteinleitung am Obergurt bei x = 0.12 m

$$\eta = 0.39 \leq 1 \quad \text{Nachweis erfüllt}$$

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	80.4	75.9	15.2	26.4	41.5	0.0	92.4	0.39
11.88	80.4	75.9	15.2	22.5	37.6	-2.4	88.2	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 $\sigma_v / f_{y,d}$

Nachweis der Schweißnaht zwischen Schiene und Obergurt bei x = 4.24 m

$$\eta = 0.34 \leq 1 \quad \text{Nachweis erfüllt}$$

Scherfestigkeit der Schweißnaht $f_{w,Rd} = 207.8 \text{ N/mm}^2$ $f_u \cdot \sqrt{3} / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$
 Schweißnahtdicke $a_w = 6 \text{ mm}$
 effektive Lastausbreitungslänge $s_s = 96 \text{ mm}$ $l_{eff} - 2 \cdot t_{Flansch}$
 $l_{eff} = 120 \text{ mm}$
 statisches Moment der Schiene $S_{Schiene} = 22.5 \text{ cm}^3$
 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
4.24	80.4	69.5	13.1	11.3	154.6	0.1	70.4	0.34
6.75	80.4	69.5	13.1	11.3	154.1	0.1	70.4	0.34

$Q_{r,d}$: 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 $x = 5.43$ m

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

Bemessungswerte: $F_{Ed} = 80.4$ kN Radlast einschließlich Schwingbeiwert
 $M_{y,Ed} = 423.00$ kNm Biegemoment
 $V_{z,Ed} = -8.4$ kN Querkraft

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

$F_{R,d} = 322.9$ kN
 $\eta_2 = 0.25 \leq 1$
 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 $\chi_F = 0.47$
 $l_y = 402$ mm
 wirksame Lastausbreitungslänge $l_{eff} = 189$ mm $l_y \cdot \chi_F$

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

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

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

$\eta_1 = 0.44 \leq 1$
 $W_{eff} = 4074.3$ cm³

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

$\eta_{7.2} = 0.43 \leq 1$ $(\eta_1 + 0.8 \cdot \eta_2)/1.4$

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

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

Nachweisführung

$\eta_{max} = 0.44 \leq 1$

Nachweis erfüllt

Kranfahrt 2: LG 5: Qc+Qh+HS - 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 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
 $\phi \cdot \gamma \cdot \psi$: 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	-47.1	81.6	213.6	0.38
0.12	21	1	-1.8	-47.1	81.5	213.6	0.38
0.23	21	1	-3.5	-47.0	81.4	213.6	0.38
0.35	21	1	-5.3	-46.8	81.2	213.6	0.38
0.47	21	1	-7.1	-46.6	81.0	213.6	0.38
0.58	21	1	-8.9	-46.3	80.7	213.6	0.38
0.70	21	1	-10.7	-46.0	80.4	213.6	0.38
0.82	21	1	-12.4	-45.6	80.0	213.6	0.37
0.93	21	1	-14.2	-45.2	79.6	213.6	0.37
1.05	21	1	-16.0	-44.7	79.1	213.6	0.37
1.17	21	1	-17.8	-44.2	78.6	213.6	0.37

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	-19.6	-43.6	78.1	213.6	0.37
1.40	21	1	-21.4	-43.0	77.5	213.6	0.36
1.52	21	1	-23.1	-42.4	77.0	213.6	0.36
1.63	21	1	-24.9	-41.7	76.4	213.6	0.36
1.75	4	1	74.0	13.6	77.7	213.6	0.36
1.87	4	1	77.7	13.3	81.1	213.6	0.38
1.98	4	1	81.2	13.1	84.3	213.6	0.39
2.10	4	2	84.6	12.8	87.5	213.6	0.41
2.22	4	2	87.9	12.5	90.5	213.6	0.42
2.33	4	2	91.1	12.2	93.5	213.6	0.44
2.45	4	2	94.1	11.9	96.3	213.6	0.45
2.57	4	2	97.1	11.6	99.1	213.6	0.46
2.69	4	2	99.9	11.3	101.8	213.6	0.48
2.81	4	2	102.7	10.9	104.4	213.6	0.49
2.93	4	2	105.3	10.6	106.9	213.6	0.50
3.05	4	2	107.9	10.2	109.3	213.6	0.51
3.17	4	2	110.3	9.9	111.6	213.6	0.52
3.29	4	2	112.6	9.5	113.8	213.6	0.53
3.41	4	2	114.9	9.2	116.0	213.6	0.54
3.52	4	2	117.0	8.8	118.0	213.6	0.55
3.64	4	2	119.1	8.4	120.0	213.6	0.56
3.76	4	2	121.1	8.0	121.9	213.6	0.57
3.88	4	2	123.0	7.6	123.7	213.6	0.58
4.00	4	3	123.3	7.3	123.9	213.6	0.58
4.24	33	3	-125.2	5.4	125.6	213.6	0.59
4.36	33	3	-127.3	5.0	127.6	213.6	0.60
4.48	33	3	-129.4	4.7	129.7	213.6	0.61
4.60	33	3	-131.5	4.4	131.7	213.6	0.62
4.72	33	3	-133.5	4.0	133.7	213.6	0.63
4.84	33	3	-135.5	3.7	135.6	213.6	0.63
4.96	33	3	-137.4	3.3	137.5	213.6	0.64
5.08	33	3	-139.3	3.0	139.4	213.6	0.65
5.20	33	3	-141.2	2.6	141.3	213.6	0.66
5.32	33	3	-143.1	2.2	143.1	213.6	0.67
5.43	33	3	-144.9	1.9	144.9	213.6	0.68
5.55	33	3	-146.7	1.5	146.7	213.6	0.69
5.67	33	3	-148.5	1.1	148.5	213.6	0.70
5.79	33	3	-150.2	0.7	150.2	213.6	0.70
5.91	33	3	-151.9	0.4	151.9	213.6	0.71
6.03	33	3	-153.6	0.02	153.6	213.6	0.72
6.15	33	3	-155.2	0.4	155.2	213.6	0.73
6.27	33	3	-156.8	0.8	156.8	213.6	0.73
6.39	33	3	-158.3	1.2	158.3	213.6	0.74
6.51	33	3	-155.3	1.6	155.3	213.6	0.73
6.63	33	3	-152.3	2.0	152.3	213.6	0.71
6.75	33	3	-149.2	2.4	149.2	213.6	0.70
6.87	33	3	-146.0	2.7	146.1	213.6	0.68
6.99	33	3	-142.9	3.1	143.0	213.6	0.67
7.11	33	3	-139.7	3.5	139.9	213.6	0.65
7.23	33	3	-136.5	3.9	136.7	213.6	0.64
7.34	33	3	-133.3	4.2	133.5	213.6	0.62
7.46	33	3	-130.0	4.6	130.3	213.6	0.61
7.58	33	3	-126.8	4.9	127.1	213.6	0.59
7.70	33	3	-123.5	5.3	123.8	213.6	0.58
7.82	33	3	-120.2	5.6	120.6	213.6	0.56
8.06	33	3	-113.5	6.3	114.0	213.6	0.53
8.18	33	3	-110.1	6.6	110.7	213.6	0.52
8.30	33	3	-106.8	7.0	107.5	213.6	0.50
8.42	33	3	-103.4	7.3	104.2	213.6	0.49
8.54	33	3	-100.0	7.6	100.9	213.6	0.47
8.66	4	3	96.6	9.5	98.0	213.6	0.46
8.78	4	3	94.5	9.9	96.1	213.6	0.45
8.90	4	3	92.3	10.2	94.0	213.6	0.44
9.02	4	3	90.1	10.6	91.9	213.6	0.43
9.14	4	3	87.8	10.9	89.8	213.6	0.42
9.25	4	3	85.4	11.2	87.6	213.6	0.41
9.37	4	3	82.9	11.6	85.3	213.6	0.40
9.49	4	3	80.3	11.9	82.9	213.6	0.39

x [m]	Pkt	Qkl	σ_x [N/mm ²]	τ [N/mm ²]	σ_v [N/mm ²]	f_{yd} [N/mm ²]	η
9.61	4	3	77.6	12.2	80.4	213.6	0.38
9.73	4	3	74.9	12.5	77.9	213.6	0.36
9.85	4	3	72.0	12.7	75.3	213.6	0.35
9.97	4	3	69.1	13.0	72.7	213.6	0.34
10.09	21	3	-23.4	39.9	73.0	213.6	0.34
10.21	21	3	-21.9	40.7	73.7	213.6	0.35
10.33	21	3	-20.5	41.4	74.5	213.6	0.35
10.45	21	3	-19.0	42.0	75.2	213.6	0.35
10.57	21	3	-17.5	42.6	75.9	213.6	0.36
10.69	21	3	-16.1	43.2	76.6	213.6	0.36
10.81	21	3	-14.6	43.8	77.2	213.6	0.36
10.93	21	2	-13.2	44.3	77.8	213.6	0.36
11.05	21	2	-11.7	44.7	78.4	213.6	0.37
11.16	21	2	-10.2	45.1	78.9	213.6	0.37
11.28	21	2	-8.8	45.5	79.3	213.6	0.37
11.40	21	2	-7.3	45.8	79.7	213.6	0.37
11.52	21	2	-5.9	46.1	80.0	213.6	0.37
11.64	21	2	-4.4	46.3	80.3	213.6	0.38
11.76	21	2	-2.9	46.4	80.5	213.6	0.38
11.88	21	2	-1.5	46.5	80.6	213.6	0.38
12.00	21	1	0.0	46.5	80.6	213.6	0.38

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	$I_{rf} = 40.7$	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	Unterkante	Obergurt	$z = 6$	mm
	gesamt	$x_w = 132$	mm				

x [m]	$Q_{r,Ed}$ [kN]	$\sigma_{oz,Ed}$	$\tau_{tox,Ed}$	$\tau_{ ,Ed}$	$\tau_{ }$	$\sigma_{x,Ed}$	σ_v	η
0.12	71.0	67.0	13.4	24.6	38.0	0.0	82.8	0.35
11.88	71.0	67.0	13.4	22.0	35.4	-2.1	79.7	0.34

$Q_{r,Ed}$: Bemessungswert der Radlast einschließlich Schwingbeiwert
 $\sigma_{oz,Ed}$: $Q_{r,Ed}/(x_w \cdot t_w)$ Lokale Druckspannung aus zentrischer Radlasteinleitung
 $\tau_{tox,Ed}$: $0.2 \cdot \sigma_{oz,Ed}$ 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

$$\eta = 0.30 \leq 1 \quad \text{Nachweis erfüllt}$$

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	71.0	61.4	0.0	0.0	137.9	0.1	61.4	0.30
6.39	71.0	61.4	17.7	15.3	137.5	0.1	63.3	0.30

$Q_{r,d}$: 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} =	71.0 kN	Radlast einschließlich Schwingbeiwert
	$M_{y,Ed}$ =	376.82 kNm	Biegemoment
	$V_{z,Ed}$ =	9.4 kN	Querkraft

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

	$F_{R,d}$ =	322.9 kN	
$F_{Ed}/F_{R,d}$ =	η_2 =	0.22 <= 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	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 $\gamma_{M1} = 1.10$

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

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

$$\eta_1 = 0.39 <= 1$$

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

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

$$\eta_{7.2} = 0.38 <= 1 \quad (\eta_1 + 0.8 \cdot \eta_2)/1.4$$

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

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

Nachweisführung

$$\eta_{max} = 0.39 <= 1$$

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

$$x_{dy} = 5.91 \text{ m}$$

Horizontale Verschiebung des Schubmittelpunktes

$$d_{y0} = 0.4 \text{ cm}$$

Verdrehung des Trägers um die x-Achse

$$\phi_x = 0.0251 \text{ rad}$$

Abstand zwischen Schubmittelpunkt und Lastangriffspunkt

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

Horizontale Verformung am Lastangriffspunkt

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

Grenzwert für die horizontale Verformung

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

Nachweis für horizontale Verformung

$$\delta_y / \delta_{y,lim} = 0.32$$

Nachweisstelle für vertikale Verformungen

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

Vertikale Verschiebung des Schubmittelpunktes

$$\delta_z = 0.8 \text{ cm}$$

Grenzwert für die vertikale Verformung

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

Nachweis für vertikale Verformung

$$\delta_z / \delta_{z,lim} = 0.33$$

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	$\phi^* \gamma^* \psi$
1	Eigengewicht		1.00	1.00	1.00	1.00
2	Kran 1 - Kraneigengewicht $Q_{c, max}$	13	1.00	1.00	1.00	1.00
3	Kran 1 - Kranbetrieb $Q_{h, max}$	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 $d_{y0} = 1.6 \text{ cm}$
 Verdrehung des Trägers um die x-Achse $\phi_x = 0.0431 \text{ rad}$
 Abstand zwischen Schubmittelpunkt und Lastangriffspunkt $e_{M, z} = 87 \text{ mm}$
 Horizontale Verformung am Lastangriffspunkt $\delta_y = 2.0 \text{ cm}$
 Grenzwert für die horizontale Verformung $\delta_{y, lim} = 2.0 \text{ cm}$
 Nachweis für horizontale Verformung $\delta_y / \delta_{y, lim} = 0.99$

Nachweisstelle für vertikale Verformungen $x_{dz} = 6.03 \text{ m}$
 Vertikale Verschiebung des Schubmittelpunktes $\delta_z = 0.8 \text{ cm}$
 Grenzwert für die vertikale Verformung $\delta_{z, lim} = 2.4 \text{ cm}$
 Nachweis für vertikale Verformung $\delta_z / \delta_{z, lim} = 0.33$

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 $Q_{c,max}$	14	1.05	1.00	1.00	1.05
3	Kran 1 - Kranbetrieb $Q_{h,max}$	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 4(Profil) Kerbfall σ_x 160 σ_y 160 τ_{xz} 100 bei x =6.75 m

$\eta = 0.23 \leq 1$ 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/mm²]					
6.75	4	σ	0.397	160.0	103.1	10.9	36.6	0.23	
		τ	0.575	100.0	1.3	0.2	0.7	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

:

$=\gamma_{F,f}*\Delta\sigma_{E,2}/(\Delta\sigma_c/\gamma_{M,f})$

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

:

$=\gamma_{F,f}*\Delta\tau_{E,2}/(\Delta\tau_c/\gamma_{M,f})$

η_I

:

Interaktion $(\eta_\sigma)^3 + (\eta_\tau)^5$

Lokale Radlasteinleitung am Obergurt bei x = 0.12 m

$\eta = 0.54 \leq 1$ 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	$A_{eff} = 29.1$	cm²	I_y effektiv :	gesamt	$I_{rf} = 57.9$	cm⁴
	Schwerpunkt	$e_1 = 24$	mm	Kranschiene	$I_r = 17.9$		cm⁴
	Stegdicke	$t_w = 8$	mm	Obergurt	$I_{f,eff} = 1.4$		cm⁴
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	$I_t = 54.5$		cm⁴
Beiwert		$\eta = 2.66$					
		$T_{Ed} = 0.70$	kNm			$\sigma_{T,Ed} = 28.9$	N/mm²

Nachweis der Schweißnaht zwischen Schiene und Obergurt bei x = 5.32 m

Schweißnahtdicke	$a_w = 6 \text{ mm}$	
effektive Lastausbreitungslänge	$s_s = 111 \text{ mm}$	$l_{eff} - 2 * t_{Flansch}$
	$l_{eff} = 135 \text{ mm}$	
statisches Moment der Schiene	$S_{Schiene} = 30.6 \text{ cm}^3$	
Schadensäquivalenzfaktor	$\lambda_\sigma = 0.500$	
konstante Spannungsschwingbreite Kerbfall	$\Delta\sigma_c = 71.0 \text{ N/mm}^2$	
maximale Normalspannung	$\sigma_{max} = 41.9 \text{ N/mm}^2$	
minimale Normalspannung	$\sigma_{min} = 0.0 \text{ N/mm}^2$	
schadensäquivalente Spannungsschwingbreite	$\Delta\sigma_{E,2} = 21.0 \text{ N/mm}^2$	$\lambda * (\sigma_{max} - \sigma_{min})$
$\gamma_{F,f} * \Delta\sigma_{E,2} / (\Delta\sigma_c / \gamma_{M,f}) =$	$\eta_\sigma = 0.30 \leq 1$	Nachweis erfüllt

Zusammenfassung aller Berechnungsergebnisse**Auslastung - Tragsicherheit**

Nr	Kranüberfahrt	Querschnitt	Lokale Lasteinleitung	Stegbeulen
1	LG 1: Qc+Qh+HT - STR P/T	0.67	0.39	0.44
2	LG 5: Qc+Qh+HS - STR P/T	0.74	0.35	0.39

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	0.64	2.00	0.32	0.80	2.40	0.33
4	LG 13: Qc+Qh+HS - SERV	1.97	2.00	0.99	0.80	2.40	0.33

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	0.23	0.54	0.30