

Statische Berechnung

Projekt Nr.:	Musterprojekt
Teilbereich:	Muster-Katzbahnträger
Tragwerksplanung:	Musterbüro Hauptstraße 1; 12345 Musterstadt
aufgestellt am:	29.01.2021

Projekt: Musterprojekt Muster-Katzbahnträger	Position:	Datum: 29.01.2021
---	------------------	--------------------------

Seite: 1

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Inhalt	1
Vorbemerkungen.....	2
Pos 1) Katzträger, Last in Feldmitte	5
Pos 2) Katzträger, Last am Kragarm	11
Schlussseite	18

Projekt: Musterprojekt Muster-Katzbahnträger	Position:	Datum: 29.01.2021
---	------------------	--------------------------

Vorbemerkungen

Aufgabe

Im Folgenden wird die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit der wesentlichen tragenden Bauteilen eines Kranträgers mit Unterflansch-Laufkatze nachgewiesen (Katzbahnträger)
Ebenso wird ein Ermüdungsnachweis für den Träger im Breich des maximalen Moments geführt.

Verbindungen und Lastweiterleitung im Bestand ist nicht Bestandteil der Berechnung.

Krantyp

HC	2	Hubklasse
v_h	0,3 m/s	konstante Hubgeschwindigkeit
phi_2_min	1,1	=WAHL(HC ...
beta_2	0,34	=WAHL(HC ...
Phi_2	1,202	=phi_2_min ...
BK	S1	Beanspruchungsklasse

Projekt: Musterprojekt Muster-Katzbahnträger	Position: 1	Datum: 29.01.2021
--	--------------------	--------------------------

Seite: 5

Katzträger mit Unterflanschlaufkatze als Einfeldträger

Kranlasten

G _c	4,9 kN	Gewicht Laufkatze bis Kranhaken
G _h	32 kN	Hublast bzw Nutzlast des Krans

Geometrie

L	11 m	Stützweite des Kranträgers
n	1,4 cm	Abstand Radlast vom Profilrand
x _e	20 cm	Anfahrmaß zum Trägerende
x _w	100 cm	Radabstand 1,5 b = 45

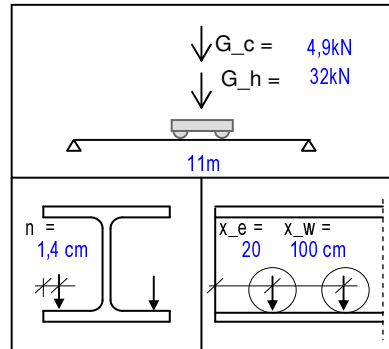
Schwingbeiwert

phi ₁	1,1 -	Schwingbeiwert für Eigengewicht des Krans
phi ₂	1,202 -	Schwingbeiwert für Hublast

Linienlast

g _k	1,12 kN/m	Eigengewicht des Katzträgers mit Anbauten
----------------	-----------	---

Querschnitt



Bezeichnung	Kurzzeichen	Abfrage aus:	Favoriten_Data
Favoriten	HEA 360		Favoriten_kz
W _{el_y}	1891	cm ³	Widerstandsmoment
W _{el_z}	526	cm ³	Widerstandsmoment
A _{v_z}	49	cm ²	Fläche zur Ermittlung von V _{pl,z} ,R _d
b	30	cm	Trägerbreite
I _y	33090	cm ⁴	Flächenträgheitsmoment
Gew	112	kg/m	Gewicht

Ergebnisse, wie folgt:

Durchbiegung	0,7	
Querschnitt	0,1	0,5
BGDK	0,7	
Flansch_GZT	0,2	
Flansch_GZG	0,6	0,7
Ermüdung	0,4	
MAX	0,69	

Material

f _{y_k}	23,5 kN/cm ²	Streckgrenze
E	21 000 kN/cm ²	E-Modul

Grenzzustand der Tragsicherheit

1) vereinfacht Einzellast in Feldmitte

F _{v_k}	43,854 kN	=G _c *phi ₁ +pt ...	vertikale Last
F _{h_k}	1,845 kN	=0,05*(G _h +G _c) ...	horizontale Last
M _{y_Ed}	185,69 kNm	=(1,35*F _{v_k} *L ...	
M _{z_Ed}	6,85 kNm	=1,35*F _{h_k} *L ...	
zug _{A_Ed}	37,92 kN	=1,35*F _{v_k} /2 ...	
R _k	10,96 kN	=F _{v_k} /4 ...	Radlast incl phi ohne Sicherheitsbeiwerte

2) Last am Auflager

max _{Ad}	67,52 kN	=1,35*F _{v_k} +1 ...	maximale Auflagerkraft am bei Last direkt über dem Auflager
-------------------	----------	-------------------------------	---

3) Culmann'sche Laststellung im Folgenden nicht weiter brücksichtigt (sichere Seite)

171,23 kNm = (L/2-x_w/100/4)²*2*(1,35*F_{v_k}/2)/L+1,35*(g_k*L²/8)

4) Querschnittsnachweis elastisch, Torsion vernachlässigt (nur Obergurt für Tragwirkung um z-Achse):

gamma _{M0}	1,00		Sicherheitsbeiwert
V _{pl_z_Rd}	664,2 kN	=f _{y_k} /gamma ...	plastische Grenzquerkraft in Richtung z-Achse
	0,1	=zug_{A_Ed}/(0,5*V_{pl_z_Rd})	< 1
Sigma _{Ed}	12,43 kN/cm ²	=M _{y_Ed} *100/ ...	
	0,53	=Sigma_{Ed}/(f_{y_k}/gamma_{M0})	< 1

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

R _{k_ser}	9,23 kN	=(G _h +G _c)/4 ...	Radlast ohne phi ohne Sicherheitsbeiwerte
M _{y_Ed_ser}	118,42 kNm	=1*(G _h +G _c) ...	
M _{z_Ed_ser}	5,07 kNm	=1*F _{h_k} *L/4 ...	
V _{z_Ed_ser}	24,61 kN	=(G _h +G _c)/2 ...	

Durchbiegung nach NA7.3(1):

delta _{z_nutz}	1,47 cm	=1/48*(G _h +G _c) ...	
L _{500stel}	2,20 cm	=L/500*100	
delta _{max}	2,50 cm	=2,5	
	0,67	=delta_{z_nutz}/MIN(L_{500stel};delta_{max})	< 1

Grenzzustand der Ermüdung, wenn relevant

phi _{fat1}	1,05	=(1+phi ₁)/2 ...	Schwingbeiwert für Ermüdung DIN EN 1991-3/2.12.1(7)
phi _{fat2}	1,101	=(1+phi ₂)/2 ...	Schwingbeiwert für Ermüdung DIN EN 1991-3/2.12.1(7)
R _{k_fat}	10,09425 kN	=(G _c *phi _{fat1} ...	Radlast für Ermüdung
M _{y_Ed_fat}	111,04 kNm	=1*(G _c *phi _{fat2} ...	Bemessungsmoment für Ermüdung

Projekt: Musterprojekt Muster-Katzbahnträger	Position: 1	Datum: 29.01.2021
--	--------------------	--------------------------

Stabilitätsnachweis - DIN EN 1993-6 Anhang A, mit Vereinfachung nach Seeßelberg [1] Formel (13-17)

Belastung:

M _y _Ed	185,69 kNm	Bemessungsmoment Biegung um y (Betrag eingeben)
M _z _Ed	6,85 kNm	Bemessungsmoment Biegung um z (Betrag eingeben)

System:

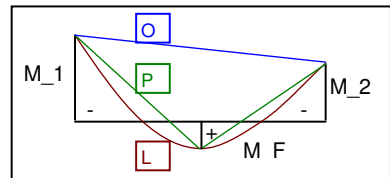
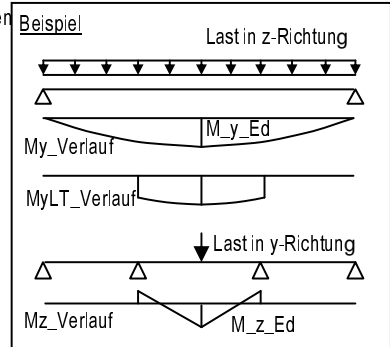
L	11 m	Stablänge
beta _y	1	Knicklängenbeiwert für Knicken um y
L _{cr_y}	1100 cm	=L*beta _y *100
beta _z	1	Knicklängenbeiwert für Knicken um z
L _{cr_z}	1100 cm	=L*beta _z *100 Knicklänge
L _{cr_LT}	1100 cm	=L*beta _z *100 Knicklänge für Biegedrillknicken

Schnittgrößenverlauf

My_Verlauf	P	kNm	O=ohne Lastangriff im Abschnitt / P=Punktlast / L=Linienlast
M _{Fy}	185,69	kNm	Feldmoment mit Vorzeichen siehe Skizze
M _{1y}	0,00	kNm	Randmoment um y-Achse, wo in z-Richtung gestützt
M _{2y}	0,00	kNm	Randmoment M ₁ > M ₂
psi _y	0		=WENN(M _{2y} = ...

My _{LT} _Verlauf	P	kNm	O=ohne Lastangriff im Abschnitt / P=Punktlast / L=Linienlast
M _{LT_Fy}	185,69	kNm	Feldmoment mit Vorzeichen siehe Skizze
M _{LT_1y}	0,00	kNm	Randmoment um y-Achse, wo in y-Richtung gestützt
M _{LT_2y}	0,00	kNm	Randmoment M ₁ > M ₂
psi _{LT_y}	0		=WENN(M _{LT_2y} = ...

Mz_Verlauf	P	kNm	O=ohne Lastangriff im Abschnitt / P=Punktlast / L=Linienlast
M _{Fz}	6,85	kNm	Feldmoment mit Vorzeichen siehe Skizze
M _{1z}	0,00	kNm	Randmoment um z-Achse, am Auflager in y-Richtung
M _{2z}	0,00	kNm	Randmoment M ₁ > M ₂
psi _z	0		=WENN(M _{2z} = ...



Querschnitt

Bezeichnung	Kurzzeichen	Abfrage aus:	Favoriten_Data
Favoriten	HEA 360		Favoriten_kz
h	350	mm	Höhe
b	300	mm	Breite
t _w	10,0	mm	Stegdicke
t _f	17,5	mm	Flanschdicke
r	27,0	mm	Ausrundungsradius (Doppel-T_profil)
d	261	mm	Steghöhe bis Ausrundungsradius / Durchmesser bei Rohr
c	118	mm	Flansch-Auskragung
A	142,76	cm ²	Querschnittsfläche
I _y	33089,8	cm ⁴	Flächenmoment 2. Grades um die y-Achse
W _{el_y}	1890,84	cm ³	elastisches Widerstandsmoment um die y-Achse
i _y	15,22	cm	Trägheitsradius um die y-Achse
I _z	7886,8	cm ⁴	Flächenmoment 2. Grades um die z-Achse
W _{el_z}	525,79	cm ³	elastisches Widerstandsmoment um die z-Achse
i _z	7,43	cm	Trägheitsradius um die z-Achse
I _T	148,82	cm ⁴	Torsionsflächenmoment 2. Grades
I _w	2176576,2	cm ⁶	Wölbflächenmoment 2. Grades zum Schubmittelpunkt
W _{pl_y}	2088,5	cm ³	Plastisches Widerstandsmoment um die y-Achse
W _{pl_z}	802,3	cm ³	Plastisches Widerstandsmoment um die z-Achse
QK _{My_235}	1	cm ³	Querschnittsfläche für Biegung um y
QK _{Mz_235}	1	cm ³	Querschnittsfläche für Biegung um z
KL _y	b		Knicklinie für Knicken um die y-Achse (nicht für S460)
KL _z	c		Knicklinie für Knicken um die z-Achse (nicht für S460)

Projekt: Musterprojekt Muster-Katzbahnträger	Position: 1	Datum: 29.01.2021
--	--------------------	--------------------------

Seite: 7

Stahlsorte

f _y	23,5	kN/cm ²	Streckgrenze
E	21000,0	kN/cm ²	E-Modul
gamma _{M1}	1,1		1,1
lambda ₁	93,91		=PI()(E/f _y) ^{0,5} ...
alpha _y	0,34		=WAHL(VERGL...
alpha _z	0,49		=WAHL(VERGL...

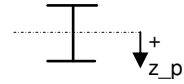
Teilsicherheitsbeiwert
Materialbeiwert
Imperfektionsbeiwert
Imperfektionsbeiwert

charakteristische Widerstandswerte (elastisch bis QK3)

M _y R _k	444,3	kNm	=W _{el_y} *f _y /1...
M _z R _k	123,6	kNm	=W _{el_z} *f _y /1...

Ideelles Biegedrillknickmoment für gewalzte doppel-T-Profile

z _p	-17,5	cm	=h/2/10 z.B. für Lastenleitung am Obergurt
zeta _{sonder}	1,35		=WENN(My_LT ...)
zeta	1,35		=zeta _{sonder} oder manuell ermittelt



N _{cr_z}	1351	kN	=PI() ² *E*I _z /L...
c _w	34,15	cm	=((L _w +0,039*L...
M _{cr_18800}	622,87	kNm	=zeta*N _{cr_z} (1...
M _{cr}	622,87	kNm	=M _{cr_18800} oder manuell ermittelt

...
Momentenbeiwert ζ
ideelle Verzweigungslast
Drehradius
für Walzprofile, DIN 18800-2
Ideelles Biegedrillknickmoment

Abminderungsbeiwerte für Biegedrillknicken

KL _{LT}	b		=WENN(h/b<=...
alpha _{LT}	0,34		=WAHL(VERGL...
beta _w	0,75		Definition
lambda _{LT_0_quer}	0,4		Definition
W _y	1891		=W _{el_y} Widerstandsmoment
lambda _{LT_quer}	0,845		=WURZEL(W...
phi _{LT}	0,843		=0,5*(1+alpha...
chi _{LT}	0,792		=MIN(1/(phi _{LT} ...

Knicklinie für Biegedrillknicken
Imperfektionsbeiwert
Korrekturfaktor
Plateaulänge
bis Querschnittsklasse 3 (sichere Seite)
Schlankheitsgrad
Φ zur Ermittlung von χ_{LT}
Abminderungsbeiwert χ_{LT}

Nachweis nach DIN EN 1993-6 Anhang A, mit Vereinfachung nach Seeßelberg [1] Formel (13-17)

0,690 = M_yEd / (χ_{LT} * M_{y,Rk} / γ_{M1}) + 0,9 * 2 * M_zEd / (M_zR_k / γ_{M1}) **< 1**

Einzelwerte

$$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + 0,9 * \frac{2 * M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} < 1$$

0,58 + 0,90 * 0,12 = 0,69

Literatur

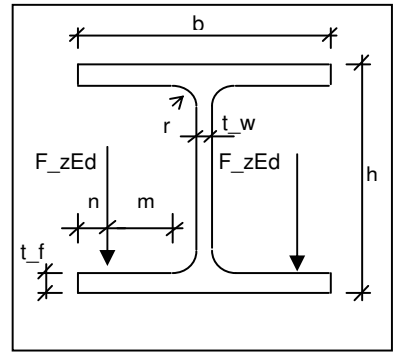
[1] Seeßelberg, C.: Kranbahnen Bemessung und konstruktive Gestaltung nach Eurocode; Beuth Verlag, 5. Auflage, Berlin 2016

Projekt: Musterprojekt Muster-Katzbahnträger	Position: 1	Datum: 29.01.2021
--	--------------------	--------------------------

Unterflanschbiegung nach DIN EN 1993-6/6.7 - parallele Flansche – Grenzzustand der Tragsicherheit

Walzprofil

Reihe	Kurzzeichen	Abfrage aus:	Favoriten_Data
Favoriten	HEA 360		Favoriten_kz
h	35,0	cm	Höhe
b	30,0	cm	Breite
t _w	1,0	cm	Stegdicke
t _f	1,8	cm	Flanschdicke
r	2,7	cm	Ausrundungsradius
W _{el_y}	1890,8	cm ³	Widerstandmoment
I _z	7887	cm ⁴	Trägheitsmoment
W _{el_z}	525,8	cm ³	Widerstandmoment
I _y	33089,8	cm ⁴	Trägheitsmoment

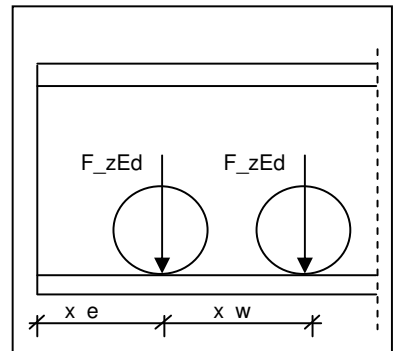


Stahlsorte

f _y	23,5	kN/cm ²	Streckgrenze
gamma_M0	1,00		Sicherheitsbeiwert

Flanschbiegung erzeugende Belastung und Geometrie

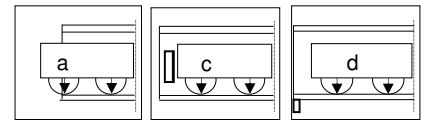
n	1,40	cm	Abstand vom Profilrand
x _e	20,00	cm	
x _w	100,00	cm	
F _{zk}	10,96	kN	Radlast charakteristisch
gamma_f	1,35		Sicherheitsbeiwert für Last
F _{zEd}	14,80	kN	= gamma_f * F _{zk} Radlast Desingwert
m	10,94	cm	= 0,5*(b-t _w)-0, ...
x _{e1}	34,90	cm	= 2*WURZEL(2) * ...
W _{el_y_FI}	1990,4		elastisches Widerstandsmoment in Flanschmitte



Beanspruchung aus Haupttragwirkung am Trägerend

M _{ra_y_Ed}	0,00	kNm	Bemessungsmoment um die starke Achse
M _{ra_z_Ed}	0,00	kNm	Bemessungsmoment um die schwache Achse
sigma _{ra_f_Ed}	0,0	kN/cm ²	=(M _{ra_y_Ed} * ...
Ende	ungestützt		

a = Radlast direkt am ungestützten Ende (x_e = ca. 0)
 b = Radlast nicht am Trägerend (x_e > x_{e1})
 c = Radlast am ungsstützen Rand (x_e < x_{e1})
 d = Radlast am gestützten Rand (x_e < x_{e1})



Beanspruchung aus Haupttragwirkung im Feld

M _{fe_y_Ed}	185,69	kNm	Bemessungsmoment um die starke Achse
M _{fe_z_Ed}	6,85	kNm	Bemessungsmoment um die schwache Achse
sigma _{fe_f_Ed}	10,63	kN/cm ²	=(M _{fe_y_Ed} * ...

effektive Länge des Flansches

l _{eff_a}	24,68	cm	= 2*(m+n)
l _{eff_b}	69,81	cm	= WENN(x _w > ...
l _{eff_c}	37,45	cm	=WENN(x _w >: ...
l _{eff_d}	70,13	cm	=WENN(x _w >: ...
l _{eff_ra}	37,45	cm	=WENN(x _e >x ...
l _{eff_fe}	69,81	cm	=l _{eff_b} ...

Beanspruchbarkeit des Unterflansches F_{f,Rd}

F _{ra_f_Rd}	61,59	kN	=l _{eff_ra} * t _f ² ...	am Trägerende
F _{fe_f_Rd}	91,30	kN	=l _{eff_fe} * t _f ² ...	im Feld

Nachweis **0,24** =F_{zEd} / MIN(F_{ra_f_Rd}; F_{fe_f_Rd}) < 1

Projekt: Musterprojekt Muster-Katzbahnträger	Position: 1	Datum: 29.01.2021
--	--------------------	--------------------------

Unterflanschbiegung nach DIN EN 1993-6/5.8 - parallele Flansche – Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Reihe	Kurzzeichen	Abfrage aus:	Favoriten_Data
Favoriten	HEA 360		Favoriten_kz
h	35,0	cm	Höhe
b	30,0	cm	Breite
t_w	1,0	cm	Stegdicke
t_f	1,8	cm	Flanschdicke
r	2,7	cm	Ausrundungsradius
W_el_y	1890,8	cm³	Widerstandmoment
I_z	7887	cm⁴	Trägheitsmoment
W_el_z	525,8	cm³	Widerstandmoment
f_y	23,5	kN/cm²	Streckgrenze
gamma_M0	1,00		Sicherheitsbeiwert

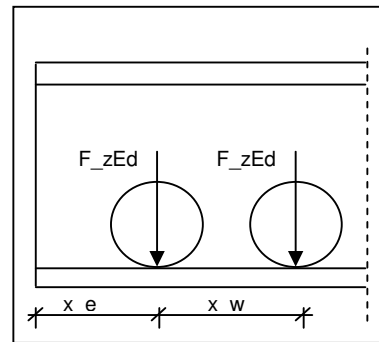
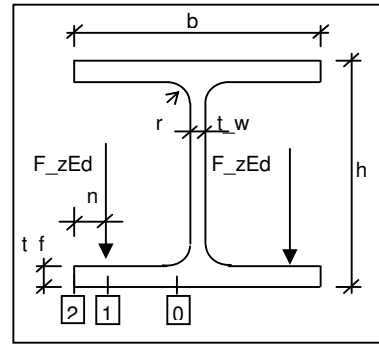
Beanspruchung aus Haupttragwirkung mit Tragwirkungssplitting:

M_yEd	118,42	kNm	Bemessungsmoment um die starke Achse
M_zEd	5,07	kNm	Bemessungsmoment um die schwache Achse
V_zEd	24,61	kN	Bemessungsquerkraft bei M_yd und M_zd
Sigma_xhaupt_2	8,2	kN/cm²	=(M_yEd*100) ...
W_z_1	290,0	cm³	=I_z/(b/2-n)/2 ...
Sigma_xhaupt_1	8,0	kN/cm²	=(M_yEd*100) ...
W_z_0	7886,8	cm³	=I_z/(t_w/2)/2 ...
Sigma_xhaupt_0	6,3	kN/cm²	=(M_yEd*100) ...

Flanschbiegungserzeugende Belastung

n	1,4	cm	Abstand vom Profilrand
x_e	20	cm	
x_w	100	cm	
F_zk	9,225	kN	Radlast charakteristisch
gamma_f	1		Sicherheitsbeiwert für Last
F_zEd	9,23	kN	= gamma_f * F_zk

Radlast Desingwert



örtliche Flanschbiegung für parallele Flansche

my	0,10	= n * 2/(b-t_w) ...
c_x0	0,19	=0,05-0,58 * my ...
c_x1	2,32	=2,23-1,49*my+ ...
c_x2	2,21	=0,73-1,58*my+ ...
c_y0	-1,90	=-2,11+1,977*n ...
c_y1	0,53	=10,108-7,408* ...
c_y2	0,00	0 ...
.	1,00	=WENN(x_w < ...
f_xw	1	Faktor zur Berücksichtigung eng benachbarter Radlasten wenn x_w < 1,5b, Siehe DIN EN 1993-6/5.8(7)
Sigma_F_x0	0,43	=c_x0 * F_zEd/t ...
Sigma_F_x1	5,25	=c_x1 * F_zEd/t ...
Sigma_F_x2	4,99	=c_x2 * F_zEd/t ...
Sigma_F_y0	-4,30	=c_y0 * F_zEd/t ...
Sigma_F_y1	1,20	=c_y1 * F_zEd/t ...
Sigma_F_y2	0,00	=c_y2 * F_zEd/t ...

Sigma_F 'abgemindert mit 0,75 wg. örtlichen Spannungsspitzen

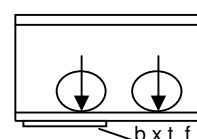
Überlagerung mit Hauptspannungen

Tau_0	0,70	= V_zEd / (h*t_w) ...	Schubspannung im Punkt 0
Sigma_x0	6,76	=Sigma_F_x0 + ...	Hauptspannungen
Sigma_x1	13,26	=Sigma_F_x1 + ...	
Sigma_x2	13,18	=Sigma_F_x2 + ...	
Sigma_y0	-4,30	=Sigma_F_y0 ...	
Sigma_y1	1,20	=Sigma_F_y1 ...	
Sigma_y2	0,00	=Sigma_F_y2 ...	
sigma_v0	9,74	=(Sigma_x0^2+ ...	
sigma_v1	12,70	=(Sigma_x1^2+ ...	
sigma_v2	13,18	=(Sigma_x2^2+ ...	
	0,56	=MAX(sigma_.....) / f_y / gamma_M0	< 1

Nachweis, wenn x_e < b

wenn Nachweis nicht erfüllt ggf. konstruktive Verstärkung am Trägerende

sigma_oy_end_Ed	15,92	=(5,6-3,225*my ...
Randnachweis	0,68	= sigma_oy_en ...
	0,68	=WENN(x_e > b; 0; WENN(Randnachweis < 1; Randnachweis; "Verstärkung!")) < 1 sonst Verstärkung



Projekt: Musterprojekt Muster-Katzbahnträger	Position: 1	Datum: 29.01.2021
---	--------------------	--------------------------

Ermüdungsnachweis

BK	S1	Beanspruchungsklasse	
lambda_sigma	0,250	Schadensäquivalenter Beiwert	DIN EN 1991-3 Tab 2.12
lambda_tau	0,436	Schadensäquivalenter Beiwert	DIN EN 1991-3 Tab 2.12
gamma_Ff	1,0	Teilsicherheitsbeiwert für Last bei Ermüdung	(DIN EN 1993-1-9/Tab. 3.1)
gamma_Mf	1,6	Teilsicherheitsbeiwert für Material bei Ermüdung	(DIN EN 1993-6 NA/Tab.NA.3)
delta_sigma_c	16,0 kN/cm ²	Kerbfall Normalspannung (16,0kN/m ² bei Walzträger; DIN EN 1993-1-9/Tab 8.1)	
sigma_serv	13,26	maximale Sapnung aus Nachweis der Flaschbiegung unter Gebrauchslast im Feld, wie vor (incl Trägergewicht und Horizontallast = sichere Seite)	
phi_fat_max	1,101	Größter Schingbeiwert aus phi_fat1 und phi_fat2, wie vor	
delta_sigma	14,6 kN/cm ²	=sigma_serv*p ...	
delta_sigma_E2	3,65 kN/cm ²	=lambda_sigm ..	
0,37		=gamma_Ff*delta_sigma_E2/(delta_sigma_c/gamma_Mf)	< 1

$$\frac{\gamma_{Ff} * \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}} < 1$$

Projekt: Musterprojekt Muster-Katzbahnträger	Position: 2	Datum: 29.01.2021
--	--------------------	--------------------------

Seite: 11

Katzträger mit Unterflanschlaufkatze als Kragträger

Kranlasten

G _c	4,9 kN	Gewicht Laufkatze bis Kranhaken
G _h	32 kN	Hublast bzw Nutzlast des Krans

Geometrie

L	3,02 m	Stützweite des Kranträgers
n	1,4 cm	Abstand Radlast vom Profilrand
x _e	20 cm	Anfahrmaß zum Trägerende
x _w	100 cm	Radabstand 1,5 b = 45

Schwingbeiwert

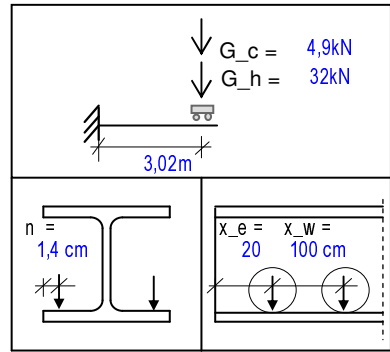
phi ₁	1,1 -	Schwingbeiwert für Eigengewicht des Krans
phi ₂	1,202 -	Schwingbeiwert für Hublast

Linienlast

g _k	1,12 kN/m	Eigengewicht des Katzträgers mit Anbauten
----------------	-----------	---

Querschnitt

Bezeichnung	Kurzzeichen	Abfrage aus:	Favoriten_Data
Favoriten	HEA 360		Favoriten_kz
W _{el_y}	1891	cm ³	Widerstandsmoment
W _{el_z}	526	cm ³	Widerstandsmoment
A _{v_z}	49	cm ²	Fläche zur Ermittlung von V _{pl,z} ,R _d
b	30	cm	Trägerbreite
I _y	33090	cm ⁴	Flächenträgheitsmoment
Gew	112	kg/m	Gewicht



Ergebnisse, wie folgt:

Durchbiegung	0,4	
Querschnitt	0,2	0,5
BGDK	0,6	
Flansch_GZT	0,2	
Flansch_GZG	0,2	0,7
Ermüdung	0,1	
MAX	0,68	

Material

f _{y_k}	23,5 kN/cm ²	Streckgrenze
E	21 000 kN/cm ²	E-Modul

Grenzzustand der Tragsicherheit

1) vereinfacht Einzellast in Feldmitte

F _{v_k}	43,854 kN	=G _c *phi ₁ +pt ...	vertikale Last
F _{h_k}	1,845 kN	=0,05*(G _h +G ...	horizontale Last
M _{y_Ed}	185,69 kNm	=(1,35*F _{v_k} *L ...	
M _{z_Ed}	7,52 kNm	=1,35*F _{h_k} *L ...	
zug _{A_Ed}	63,77 kN	=1,35*F _{v_k} +1 ...	
R _k	10,96 kN	=F _{v_k} /4 ...	Radlast incl. phi ohne Sicherheitsbeiwerte
2) Last am Auflager			
max _{Ad}	63,77 kN	=1,35*F _{v_k} +1 ...	maximale Auflagerkraft am bei Last direkt über dem Auflager

3) Querschnittsnachweis elastisch, Torsion vernachlässigt (nur Obergurt für Tragwirkung um z-Achse):

gamma _{M0}	1,00	1,00	Sicherheitsbeiwert
V _{pl_z_Rd}	664,2 kN	= f _{y_k} /gamma _{mz} ...	plastische Grenzquerkraft in Richtung z-Achse
	0,2	=zug_{A_Ed}/(0,5*V_{pl_z_Rd})	< 1
Sigma _{Ed}	12,68 kN/cm ²	=M _{y_Ed} *100/ ...	
	0,54	=Sigma_{Ed}/(f_{y_k}/gamma_{M0})	< 1

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

R _{k_ser}	9,23 kN	=(G _h +G _c)/4 ...	Radlast ohne phi ohne Sicherheitsbeiwerte
M _{y_Ed_ser}	116,55 kNm	=1*(G _c +G _h) ...	
M _{z_Ed_ser}	5,57 kNm	= 1*F _{h_k} *L ...	
V _{z_Ed_ser}	20,14 kN	=(G _h +G _c)/2 ...	

Durchbiegung (hier doppelter Wert von Träger auf zwei Stützen angenommen = L/250)

delta _{z_nutz}	0,49 cm	=1/3*(G _h +G _t ...	
L _{250stel}	1,21 cm	=L/250*100	
delta _{max}	2,50 cm	=2,5	
	0,40	=delta_{z_nutz}/MIN(L_{250stel};delta_{max})	< 1

Grenzzustand der Ermüdung, wenn relevant

phi _{fat1}	1,05	=(1+phi ₁)/2	Schwingbeiwert für Ermüdung DIN EN 1991-3/2.12.1(7)
phi _{fat2}	1,101	=(1+phi ₂)/2	Schwingbeiwert für Ermüdung DIN EN 1991-3/2.12.1(7)
R _{k_fat}	10,09425 kN	=(G _c *phi _{fat1} ...	Radlast für Ermüdung
M _{y_Ed_fat}	121,94 kNm	=1*(G _c *phi _{fat1} ...	Bemessungsmoment für Ermüdung

Projekt: Musterprojekt Muster-Katzbahnträger	Position: 2	Datum: 29.01.2021
--	--------------------	--------------------------

Stabilitätsnachweis - DIN EN 1993-6 Anhang A, mit Vereinfachung nach Seeßelberg [1] Formel (13-17)

Belastung:

M _y _Ed	185,69 kNm	Bemessungsmoment Biegung um y (Betrag eingeben)
M _z _Ed	7,52 kNm	Bemessungsmoment Biegung um z (Betrag eingeben)

System:

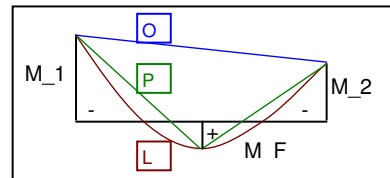
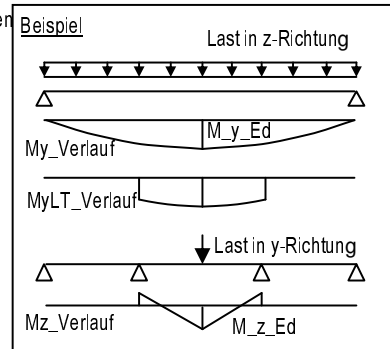
L	3,02 m	Stablänge
beta _y	2	Knicklängenbeiwert für Knicken um y
L _{cr_y}	604 cm	=L*beta _y *100
beta _z	2	Knicklängenbeiwert für Knicken um z
L _{cr_z}	604 cm	=L*beta _z *100 Knicklänge
L _{cr_LT}	604 cm	=L*beta _z *100 Knicklänge für Biegedrillknicken

Schnittgrößenverlauf

My_Verlauf	0 kNm	0=ohne Lastangriff im Abschnitt / P=Punktlast / L=Linienlast
M _{Fy}	0,00 kNm	Feldmoment mit Vorzeichen siehe Skizze
M _{1y}	185,69 kNm	Randmoment um y-Achse, wo in z-Richtung gestützt
M _{2y}	0,00 kNm	Randmoment $ M_1 > M_2 $
psi _y	0	=WENN(M _{2y} = ...

My _{LT} _Verlauf	0 kNm	0=ohne Lastangriff im Abschnitt / P=Punktlast / L=Linienlast
M _{LT_Fy}	0,00 kNm	Feldmoment mit Vorzeichen siehe Skizze
M _{LT_1y}	185,69 kNm	Randmoment um y-Achse, wo in y-Richtung gestützt
M _{LT_2y}	0,00 kNm	Randmoment $ M_1 > M_2 $
psi _{LT_y}	0	=WENN(M _{LT_2y} = ...

Mz_Verlauf	0 kNm	0=ohne Lastangriff im Abschnitt / P=Punktlast / L=Linienlast
M _{Fz}	0,00 kNm	Feldmoment mit Vorzeichen siehe Skizze
M _{1z}	7,52 kNm	Randmoment um z-Achse, am Auflager in y-Richtung
M _{2z}	0,00 kNm	Randmoment $ M_1 > M_2 $
psi _z	0	=WENN(M _{2z} = ...



Querschnitt

Bezeichnung	Kurzzeichen	Abfrage aus:	Favoriten_Data
Favoriten	HEA 360		Favoriten_kz
h	350 mm		Höhe
b	300 mm		Breite
t _w	10,0 mm		Stegdicke
t _f	17,5 mm		Flanschdicke
r	27,0 mm		Ausrundungsradius (Doppel-T_profil)
d	261 mm		Steghöhe bis Ausrundungsradius / Durchmesser bei Rohr
c	118 mm		Flansch-Auskragung
A	142,76 cm ²		Querschnittsfläche
I _y	33089,8 cm ⁴		Flächenmoment 2. Grades um die y-Achse
W _{el_y}	1890,84 cm ³		elastisches Widerstandsmoment um die y-Achse
i _y	15,22 cm		Trägheitsradius um die y-Achse
I _z	7886,8 cm ⁴		Flächenmoment 2. Grades um die z-Achse
W _{el_z}	525,79 cm ³		elastisches Widerstandsmoment um die z-Achse
i _z	7,43 cm		Trägheitsradius um die z-Achse
I _T	148,82 cm ⁴		Torsionsflächenmoment 2. Grades
I _w	2176576,2 cm ⁶		Wölbflächenmoment 2. Grades zum Schubmittelpunkt
W _{pl_y}	2088,5 cm ³		Plastisches Widerstandsmoment um die y-Achse
W _{pl_z}	802,3 cm ³		Plastisches Widerstandsmoment um die z-Achse
QK_My_235	1 cm ³		Querschnittsklasse für Biegung um y
QK_My_235	1 cm ³		Querschnittsklasse für Biegung um z
KL _y	b		Knicklinie für Knicken um die y-Achse (nicht für S460)
KL _z	c		Knicklinie für Knicken um die z-Achse (nicht für S460)

Projekt: Musterprojekt Muster-Katzbahnträger	Position: 2	Datum: 29.01.2021
---	--------------------	--------------------------

Seite: 13

Stahlsorte

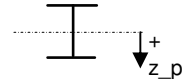
f_y	23,5	kN/cm ²	Streckgrenze	
E	21000,0	kN/cm ²	E-Modul	
gamma_M1	1,1		1,1	Teilsicherheitsbeiwert
lambda_1	93,91		=PI()(E/f_y)^0,5	Materialbeiwert
alpha_y	0,34		=WAHL(VERGL...	Imperfektionsbeiwert
alpha_z	0,49		=WAHL(VERGLEICH(KL_z;{"a_0";"a ";" "b ";" "c ";" "d ";" });0;0,13;0,21;0,34;0,49;0,76)	Imperfektionsbeiwert

charakteristische Widerstandswerte

M_y_Rk	444,3	kNm	=W_el_y*f_y/100
M_z_Rk	123,6	kNm	=W_el_z*f_y/100

Ideeles Biegedrillknickmoment für gewalzte doppel-T-Profile

z_p	-17,5	cm	=h/2/10	z.B. für Lastenleitung am Obergurt
z_p	0,0	cm		Lasteinleitung im Bezug auf Schwerpunkt
zeta_sonder	1,77		=WENN(My_LT_Verlauf="O";1,77-0,77*psi_y;WENN(My_LT_Verlauf="L";WENN(UND(M_LT_2y ...	
zeta	1,77		=zeta_sonder oder manuell ermittelt	Momentebeiwert ζ
N_cr_z	4481	kN	=PI()^2*E*_I_z/L_cr_LT^2	ideelle Verzweigungslast
c_	23,33	cm	=(l_w+0,039*L_cr_LT^2*_I_T)/I_z^0,5	Drehradius
M_cr_18800	1850,55	kNm	=zeta*N_cr_z*(WURZEL(c_^2+0,25*z_p^2))+0,5*z_p/100	für Walzprofile, DIN 18800-2
M_cr	1850,55	kNm	=M_cr_18800 oder manuell ermittelt	Ideeles Biegedrillknickmoment



Abminderungsbeiwerte für Biegedrillknicken

KL_LT	b		=WENN(h/b<=2;"b ";" "c ")	Knicklinie für Biegedrillknicken
alpha_LT	0,34		=WAHL(VERGLEICH(KL_LT;{"a ";" "b ";" "c ";" "d ";" });0,21;0,34;0,49;0,76)	Imperfektionsbeiwert
beta_	0,75		Definition	Korrekturfaktor
lambda_LT_0_quer	0,4		Definition	Plateaulänge
W_y	1891		=W_el_y	Widerstandsmoment bis Querschnittsklasse 3 (sichere Seite)
lambda_LT_quer	0,490		=WURZEL(W_y*f_y/100/M_cr)	Schlankheitsgrad
phi_LT	0,605		=0,5*(1+alpha_LT*(lambda_LT_quer-lambda_LT_0_quer)+beta_*lambda_LT_q	Φ zur Ermittlung von χ _{LT}
chi_LT	0,964		=MIN(1/(phi_LT+(WURZEL(phi_LT^2-beta_*lambda_LT_quer^2 ...	Abminderungsbeiwert χ _{LT}

Nachweis nach DIN EN 1993-6 Anhang A, mit Vereinfachung nach Seeßelberg [1] Formel (13-17)

0,597 = M_y_Ed/(chi_LT*M_y_Rk/gamma_M1)+0,9*2*M_z_Ed/(M_z_Rk/gamma_M1) **< 1**

Einzelwerte =

$$\frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + 0,9 * \frac{2 * M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} < 1$$

0,48 + 0,90 * 0,13 = 0,60

Literatur

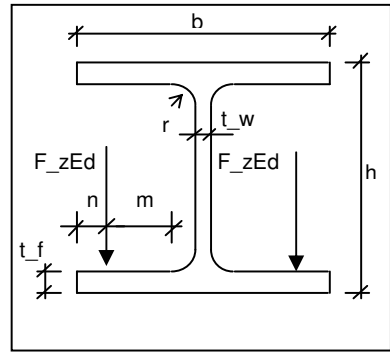
- [1] Seeßelberg, C.: Kranbahnen Bemessung und konstruktive Gestaltung nach Eurocode; Beuth Verlag, 5. Auflage, Berlin 2016

Projekt: Musterprojekt Muster-Katzbahnträger	Position: 2	Datum: 29.01.2021
--	--------------------	--------------------------

Unterflanschbiegung nach DIN EN 1993-6/6.7 - parallele Flansche – Grenzzustand der Tragsicherheit

Walzprofil

Reihe	Kurzzeichen	Abfrage aus:	Favoriten_Data
Favoriten	HEA 360		Favoriten_kz
h	35,0	cm	Höhe
b	30,0	cm	Breite
t _w	1,0	cm	Stegdicke
t _f	1,8	cm	Flanschdicke
r	2,7	cm	Ausrundungsradius
W _{el_y}	1890,8	cm ³	Widerstandmoment
I _z	7887	cm ⁴	Trägheitsmoment
W _{el_z}	525,8	cm ³	Widerstandmoment
I _y	33089,8	cm ⁴	Trägheitsmoment

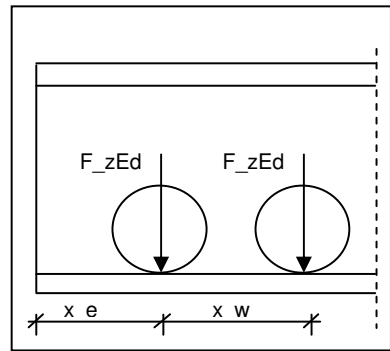


Stahlsorte

f _y	23,5	kN/cm ²	Streckgrenze
gamma_M0	1,00		Sicherheitsbeiwert

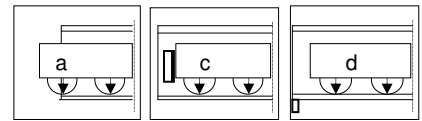
Flanschbiegung erzeugende Belastung und Geometrie

n	1,40	cm	Abstand vom Profilrand
x _e	20,00	cm	
x _w	100,00	cm	
F _{zk}	10,96	kN	Radlast charakteristisch
gamma_f	1,35		Sicherheitsbeiwert für Last
F _{zEd}	14,80	kN	= gamma_f * F _{zk} Radlast Desingwert
m	10,94	cm	= 0,5 * (b - t _w) - 0, ...
x _{e1}	34,90	cm	= 2 * WURZEL(2) * ...
W _{el_y_FI}	1990,4		elastisches Widerstandsmoment in Flanschmitte



Beanspruchung aus Haupttragwirkung am Trägerrand

M _{ra_y_Ed}	0,00	kNm	Bemessungsmoment um die starke Achse
M _{ra_z_Ed}	0,00	kNm	Bemessungsmoment um die schwache Achse
sigma _{ra_f_Ed}	0,0	kN/cm ²	=(M _{ra_y_Ed} * ...
Ende	ungestützt		a = Radlast direkt am ungestützten Ende (x _e = ca. 0) b = Radlast nicht am Trägerrand (x _e > x _{e1}) c = Radlast am ungsstützen Rand (x _e < x _{e1}) d = Radlast am gestützten Rand (x _e < x _{e1})



Beanspruchung aus Haupttragwirkung im Feld

M _{fe_y_Ed}	0,00	kNm	Bemessungsmoment um die starke Achse
M _{fe_z_Ed}	0,00	kNm	Bemessungsmoment um die schwache Achse
sigma _{fe_f_Ed}	0,0	kN/cm ²	=(M _{fe_y_Ed} * ...

effektive Länge des Flansches

l _{eff_a}	24,68	cm	= 2 * (m + n)	
l _{eff_b}	69,81	cm	= WENN(x _w > ...	
l _{eff_c}	37,45	cm	= WENN(x _w >:
l _{eff_d}	70,13	cm	= WENN(x _w >:
l _{eff_ra}	37,45	cm	= WENN(x _e > x
l _{eff_fe}	69,81	cm	= l _{eff_b}	

Beanspruchbarkeit des Unterflansches F_{f,Rd}

F _{ra_f_Rd}	61,59	kN	= l _{eff_ra} * t _f ² ...	am Trägerende
F _{fe_f_Rd}	114,80	kN	= l _{eff_fe} * t _f ² ...	im Feld

Nachweis **0,24** = F_{zEd} / MIN(F_{ra_f_Rd}; F_{fe_f_Rd}) < 1

Projekt: Musterprojekt Muster-Katzbahnträger	Position: 2	Datum: 29.01.2021
--	-------------	-------------------

Unterflanschbiegung nach DIN EN 1993-6/5.8 - parallele Flansche – Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Reihe	Kurzzeichen	Abfrage aus:	Favoriten_Data
Favoriten	HEA 360		Favoriten_kz
h	35,0	cm	Höhe
b	30,0	cm	Breite
t_w	1,0	cm	Stegdicke
t_f	1,8	cm	Flanschdicke
r	2,7	cm	Ausrundungsradius
W_el_y	1890,8	cm³	Widerstandmoment
I_z	7887	cm⁴	Trägheitsmoment
W_el_z	525,8	cm³	Widerstandmoment
f_y	23,5	kN/cm²	Streckgrenze
gamma_M0	1,00		Sicherheitsbeiwert

Beanspruchung aus Haupttragwirkung mit Tragwirkungssplitting:

M_yEd	0,00	kNm	Bemessungsmoment um die starke Achse
M_zEd	0,00	kNm	Bemessungsmoment um die schwache Achse
V_zEd	0,00	kN	Bemessungsquerkraft bei M_yd und M_zd
Sigma_xhaupt_2	0,0	kN/cm²	=(M_yEd*100) ...
W_z_1	290,0	cm³	=I_z/(b/2-n)/2 ...
Sigma_xhaupt_1	0,0	kN/cm²	=(M_yEd*100) ...
W_z_0	7886,8	cm³	=I_z/(t_w/2)/2 ...
Sigma_xhaupt_0	0,0	kN/cm²	=(M_yEd*100) ...

Flanschbiegungserzeugende Belastung

n	1,4	cm	Abstand vom Profilrand
x_e	20	cm	
x_w	100	cm	
F_zk	9,225	kN	Radlast charakteristisch
gamma_f	1		Sicherheitsbeiwert für Last
F_zEd	9,23	kN	= gamma_f * F_zk ...

Radlast Desingwert

örtliche Flanschbiegung für parallele Flansche

my	0,10		= n * 2/(b-t_w) ...
c_x0	0,19		=0,05-0,58 * my ...
c_x1	2,32		=2,23-1,49*my+ ...
c_x2	2,21		=0,73-1,58*my+ ...
c_y0	-1,90		=-2,11+1,977*n ...
c_y1	0,53		=10,108-7,408* ...
c_y2	0,00		0,0 ...
.	1,00		=WENN(x_w < ...
f_xw	1		Faktor zur Berücksichtigung eng benachbarter Radlasten wenn x_w < 1,5b, Siehe DIN EN 1993-6/5.8(7)
Sigma_F_x0	0,43		=c_x0 * F_zEd/t ...
Sigma_F_x1	5,25		=c_x1 * F_zEd/t ...
Sigma_F_x2	4,99		=c_x2 * F_zEd/t ...
Sigma_F_y0	-4,30		=c_y0 * F_zEd/t ...
Sigma_F_y1	1,20		=c_y1 * F_zEd/t ...
Sigma_F_y2	0,00		=c_y2 * F_zEd/t ...

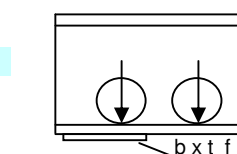
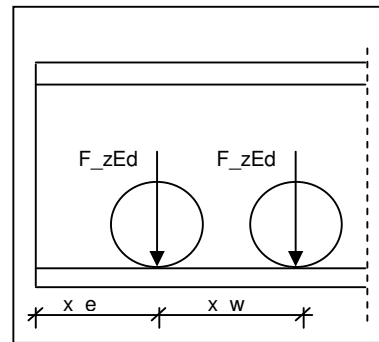
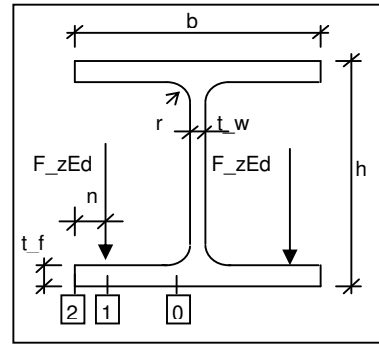
Sigma_F 'abgemindert mit 0,75 wg. örtlichen Spannungsspitzen

Überlagerung mit Hauptspannungen

Tau_0	0,00		= V_zEd / (h*t_w) ...	Schubspannung im Punkt 0
Sigma_x0	0,43		=Sigma_F_x0 + ...	Hauptspannungen
Sigma_x1	5,25		=Sigma_F_x1 + ...	
Sigma_x2	4,99		=Sigma_F_x2 + ...	
Sigma_y0	-4,30		=Sigma_F_y0 ...	
Sigma_y1	1,20		=Sigma_F_y1 ...	
Sigma_y2	0,00		=Sigma_F_y2 ...	
sigma_v0	4,54		=(Sigma_x0^2+ ...	
sigma_v1	4,76		=(Sigma_x1^2+ ...	
sigma_v2	4,99		=(Sigma_x2^2+ ...	
	0,22		=MAX(sigma_v0,...)/ f_y / gamma_M0	< 1

Nachweis, wenn x_e < b wenn Nachweis nicht erfüllt ggf. konstruktive Verstärkung am Trägerende

sigma_oy_end_Ed	15,92		=(5,6-3,225*my ...
Randnachweis	0,68		= sigma_oy_en ...
	0,68		=WENN(x_e > b ...



< 1 sonst Verstärkung

Projekt: Musterprojekt Muster-Katzbahnträger	Position: 2	Datum: 29.01.2021
--	--------------------	--------------------------

Ermüdungsnachweis

BK	S1	Beanspruchungsklasse	
lambda_sigma	0,250	Schadensäquivalenter Beiwert	DIN EN 1991-3 Tab 2.12
lambda_tau	0,436	Schadensäquivalenter Beiwert	DIN EN 1991-3 Tab 2.12
gamma_Ff	1,0	Teilsicherheitsbeiwert für Last bei Ermüdung	(DIN EN 1993-1-9/Tab. 3.1)
gamma_Mf	1,6	Teilsicherheitsbeiwert für Material bei Ermüdung	(DIN EN 1993-6 NA/Tab.NA.3)
delta_sigma_c	16,0 kN/cm ²	Kerbfall Normalspannung (16,0kN/m ² bei Walzträger; DIN EN 1993-1-9/Tab 8.1)	
sigma_serv	5,25	maximale Sapnnung aus Nachweis der Flaschbiegung unter Gebrauchslast im Feld, wie vor (incl Trägergewicht und Horizontallast = sichere Seite)	
phi_fat_max	1,101	Größter Schingbeiwert aus phi_fat1 und phi_fat2, wie vor	
delta_sigma	5,8 kN/cm ²	=sigma_serv*f ...	
delta_sigma_E2	1,44 kN/cm ²	=lambda_sigm ...	

0,14

=gamma_Ff*delta_sigma_E2/(delta_sigma_c/gamma_Mf)

< 1

$$\frac{\gamma_{Ff} * \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}} < 1$$

Projekt: Musterprojekt Muster-Katzbahnträger	Position:	Datum: 29.01.2021
---	------------------	--------------------------

Schlussseite

Die Statische Berechnung umfasst 18 Seiten.

Musterstadt, den 29.01.2021