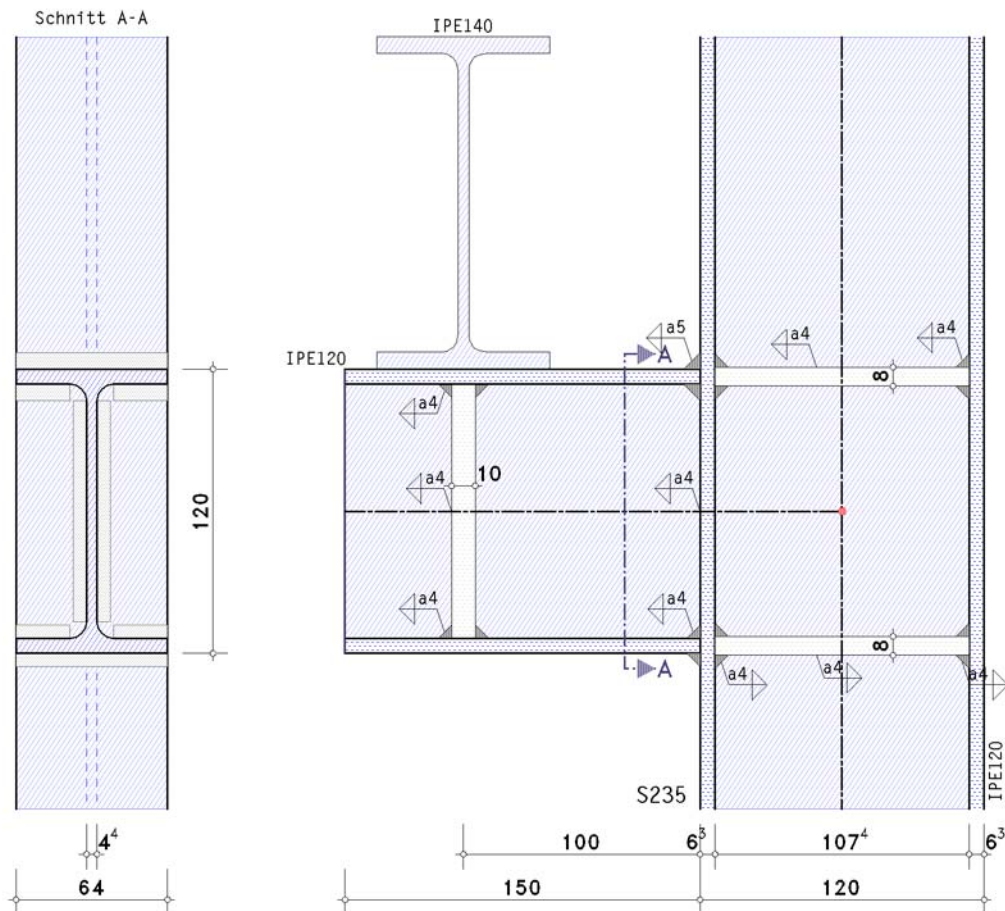
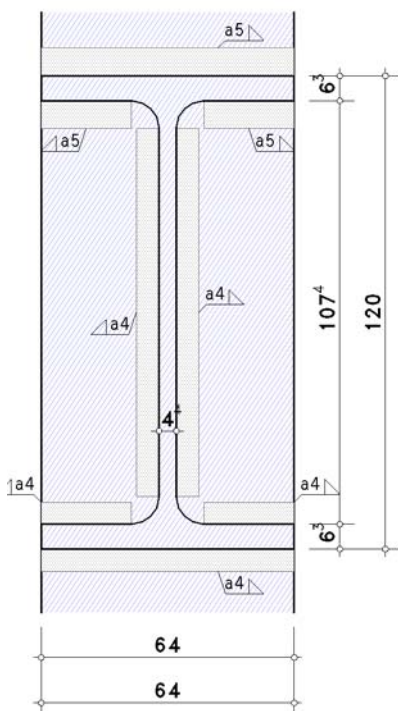


1. Eingabeprotokoll



Details (Schnitt A - A)



Stahlsorte

Stahlgüte S235

Parameter der Stütze

Profil IPE120

Verstärkung des Profils durch Quersteifen (Stegsteifen in Höhe von Trägerzug- und -druckflansch, $d_{st} = 113.7$ mm):

Dicke $t_{st} = 8.0$ mm, Breite $b_{st} = 29.8$ mm, Länge $l_{st} = 107.4$ mm

Aussparung an den Steifen $c_{st} = 10.5$ mm

Schweißnähte $a_{st,f} = 4.0$ mm, $a_{st,w} = 4.0$ mm

Parameter des Trägers

Profil IPE120

Verstärkung des Profils durch Quersteifen:

Dicke $t_{st} = 10.0$ mm, Breite $b_{st} = 29.8$ mm, Länge $l_{st} = 107.4$ mm

Aussparung an den Steifen $c_{st} = 10.5$ mm

Schweißnähte $a_{st,f} = 4.0$ mm, $a_{st,w} = 4.0$ mm

Schweißnähte

Trägerflansch oben: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 5.0$ mm

Trägersteg: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0$ mm

Trägerflansch unten: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0$ mm

75% der Druckspannung wird über Kontakt abgetragen

Parameter der Verbindung

geschweißter Anschluss

Abstand der Querbelaugung $\Delta a = 100.0$ mm

Nachweis der Lasteinleitung:

Querbelaugung auf dem Obergurt der Konsole aus einem Lastträger (Trägerkreuzung) Profil IPE140

Nachweis der Ermüdung:

Schadensäquivalenzfaktoren $\lambda_{\sigma} = 1.000$, $\lambda_{\tau} = 1.000$

Ermittlung der Tragfähigkeiten

Nachweis der Konsole-Stützenverbindung, Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

Nachweis der Lasteinleitung, Trägerkreuzung, Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

Ermüdungsnachweise der Verbindung sowie des Konsolprofils, Grenzzustand der Ermüdung (GZE)

Konsolbelastung und Schnittgrößen im Schnittpunkt der Systemachsen (GZT)

Lk	$F_{2,Ed}$ kN
--	--
1	40.00

$F_{2,Ed}$: Belastung der Konsole

Konsolbelastung (GZE)

Lk	$F_{2,Ed}$ kN
--	--
1	5.00
2	15.00

$F_{2,Ed}$: Belastung der Konsole

Materialsicherheitsbeiwerte (GZT)

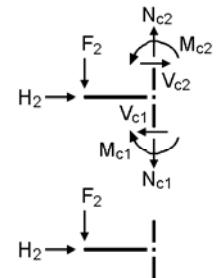
Beanspruchbarkeit von Querschnitten $\gamma_{M0} = 1.00$

Beanspruchbarkeit von Bauteilen bei Stabilitätsversagen $\gamma_{M1} = 1.10$

Beanspruchbarkeit von Schrauben, Schweißnähten, Blechen auf Lochleibung $\gamma_{M2} = 1.25$

Materialsicherheitsbeiwert (GZE)

Bemessungskonzept: Schadenstoleranz, Schadensfolgen: hoch $\Rightarrow$ Ermüdungsfestigkeit $\gamma_{Mf} = 1.15$



2. Nachweise

2.1. Ergebnistabelle (GZT)

2.1.1. Ausnutzungen

Lk	U_j	U_l	$U_{j,b}$	$U_{j,\sigma}$	$U_{j,\tau}$	$U_{j,w}$	$U_{j,r}$	$U_{l,\sigma}$	$U_{l,r}$	U
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1	0.640	0.512	0.640	0.428	0.501	0.369	0.375	0.512	0.356	0.640*

U_j : res. Ausnutzung aus Träger-Stütze-Anschluss; U_l : res. Ausnutzung aus Lasteinleitung; $U_{j,b}$: Querschnittsausnutzung Träger

$U_{j,\sigma}$: Ausnutzung aus Biegung; $U_{j,\tau}$: Ausnutzung aus Querkraft; $U_{j,w}$: Ausnutzung aus Schweißnaht

$U_{j,r}$: Ausnutzung aus Steifen/Rippen; $U_{l,\sigma}$: Ausnutzung aus Spannungen am Steganschnitt; $U_{l,r}$: Ausnutzung aus Rippen

U : Ausnutzung der Verbindung

*) maximale Ausnutzung

2.2. Anschluss an die Stütze (GZT)

Biegesteifer Trägeranschluss EC 3-1-8 (12.10), NA: Deutschland

Datencheck

ok

2.2.1. Ergebnistabelle

Ausnutzung

Lk	$U_{\sigma,b}$	U_m	U_{wp}	U_{cf}	U_{sb}	U_{ss}	U
--	--	--	--	--	--	--	--
1	0.640	0.428	0.428	0.501	0.369	0.375	0.640*

$U_{\sigma,b}$: Spannungsausnutzung am Träger; U_m : Ausnutzung aus Biegung; U_{wp} : Ausnutzung aus Schub im Stützensteg

U_{cf} : Ausnutzung aus Schub im Stützenflansch; U_{sb} : Ausnutzung aus Schweißnaht; U_{ss} : Ausnutzung aus Steifen/Rippen

U : Ausnutzung der Verbindung

*) maximale Ausnutzung

2.2.2. Endergebnis

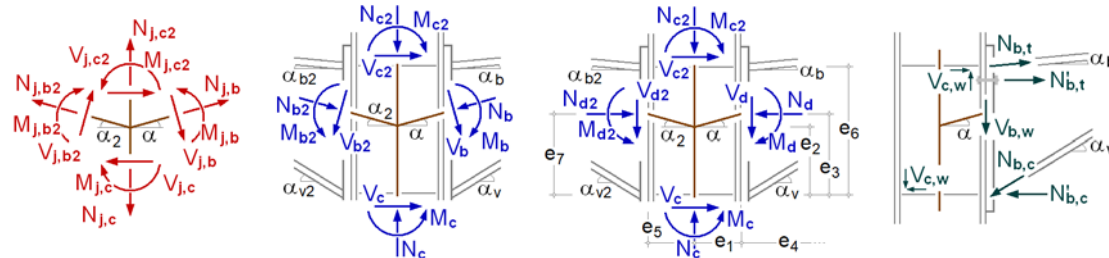
Maximale Ausnutzung: $\max U = 0.640 < 1$ ok

2.2.3. Lk 1 (maßgebend)

2.2.3.1. Bemessungsgrößen

Knotenschnittgrößen Anschnitt Anschluss $\perp$ zur Anschlussebene

Teilschnittgrößen



Neigungswinkel: $\alpha_b = \alpha = \alpha_v = 0^\circ$

Abstände: $e_1 = 60.0$ mm, $e_3 = 56.8$ mm, $e_2 = 56.8$ mm, $e_6 = 113.7$ mm

Schnittgrößen senkrecht zu den Anschlussebenen

Anschnitt Träger

$M_d = 4.00$ kNm, $V_d = 40.00$ kN

Teilschnittgrößen

$N_{b,t} = -N_d \cdot z_{bu}/z_b + M_d/z_b = 35.18$ kN, $z_b = 113.7$ mm, $z_{bu} = 56.9$ mm

$N_{b,c} = N_d \cdot z_{bo}/z_b + M_d/z_b = 35.18$ kN, $z_b = 113.7$ mm, $z_{bo} = 56.9$ mm

$V_{b,t} = -N_{b,t} \cdot \sin(\alpha_b) = 0.00$ kN, $V_{b,c} = N_{b,c} \cdot \sin(\alpha_v) = 0.00$ kN, $V_{b,w} = V_d - V_{b,t} - V_{b,c} = 40.00$ kN

2.2.3.2. Querschnittstragfähigkeit im Anschnitt

elastischer Spannungsnachweis für $M_y = -4.00$ kNm, $V_z = 40.00$ kN

Nachweis: $\sigma_v = 150.35$ N/mm² < $\sigma_{v,Rd} = 235.00$ N/mm² $\Rightarrow U_\sigma = 0.640 < 1$ ok

c/t-Verhältnis: einseitig gestützt: Ausnutzung $U_{c/t} = 0.145 < 1$ ok

beidseitig gestützt: Ausnutzung $U_{c/t} = 0.086 < 1$ ok

2.2.3.3. Anschlussstragfähigkeit

Übertragungsparameter: $\beta_j = 1.00$

2.2.3.3.1. Biegetragfähigkeit

Abstand der Zugkraft vom Druckpunkt: $z = 113.7$ mm

Tragfähigkeit

$F_{Rd} = 82.2$ kN

Tragfähigkeit der Flansche (Druck)

$\Sigma F_{c,Rd}^* = 164.5$ kN

Biegetragfähigkeit

$M_{j,Rd} = F_{Rd} \cdot z = 9.4$ kNm

Zugtragfähigkeit

$N_{j,t,Rd} = F_{t,Rd} = 120.3$ kN

Drucktragfähigkeit

$N_{j,c,Rd} = \Sigma F_{c,Rd}^* = 164.5$ kN

2.2.3.3.2. Schubtragfähigkeit

Schubtragfähigkeit des Stützenflanschs

$V_{cf,Rd} = 79.84$ kN

Schubtragfähigkeit des Stützenstegs

$V_{wp,Rd} = 82.2$ kN

2.2.3.3.3. Gesamt

$$M_{j,Rd} = 9.4 \text{ kNm} \quad N_{j,t,Rd} = 120.3 \text{ kN} \quad N_{j,c,Rd} = 164.5 \text{ kN} \quad V_{wp,Rd} = 82.2 \text{ kN} \quad V_{cf,Rd} = 79.8 \text{ kN}$$

2.2.3.4. Nachweise

2.2.3.4.1. Nachweis der Anschluss Tragfähigkeit mit der Komponentenmethode

Biegemoment: $M_{Ed} = M_d = 4.00 \text{ kNm}$
 Querkraft: $V_{Ed} = |V_d| = 40.00 \text{ kN}$
 Schubkraft: $V_{c,w,Ed} = M_d/z - (V_{c1} - V_{c2})/2 = 35.18 \text{ kN}, \quad z = 113.7 \text{ mm}$
 Schubkraft: $V_{b,w,Ed} = 40.00 \text{ kN}$

$$M_{Ed}/M_{j,Rd} = 0.428 < 1 \quad \text{ok}$$

$$V_{c,w,Ed}/V_{wp,Rd} = 0.428 < 1 \quad \text{ok}$$

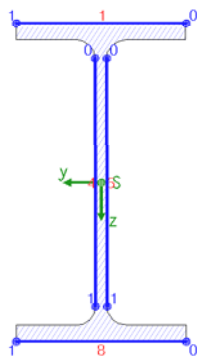
$$V_{b,w,Ed}/V_{cf,Rd} = 0.501 < 1 \quad \text{ok}$$

2.2.3.4.2. Nachweis der Schweißnähte am Trägerprofil

Naht 1: Trägerflansch mit Zug außen Nähte 2,3: Trägerflansch mit Zug innen
 Naht 8: Trägerflansch mit Druck außen Nähte 4,5: Trägersteg beidseitig
 Nähte 6,7: Trägerflansch mit Druck innen

Naht 1: Nahtdicke $a = 5.0 \text{ mm} > a_{\max} = 0.7 \cdot t_{\min} = 4.4 \text{ mm}$ (Schweisstechnik, s. DIN 18800) !!
 Naht 2: Nahtdicke $a = 5.0 \text{ mm} > a_{\max} = 0.7 \cdot t_{\min} = 4.4 \text{ mm}$ (Schweisstechnik, s. DIN 18800) !!
 Naht 2: wirksame Nahtlänge $l_{\text{eff}} = 22.8 \text{ mm} < 30 \text{ mm} \Rightarrow$ statisch nicht wirksam !!
 Naht 2: wirksame Nahtlänge $l_{\text{eff}} = 22.8 \text{ mm} < 6 \cdot a = 30.0 \text{ mm} \Rightarrow$ statisch nicht wirksam !!
 Naht 4: Nahtdicke $a = 4.0 \text{ mm} > a_{\max} = 0.7 \cdot t_{\min} = 3.1 \text{ mm}$ (Schweisstechnik, s. DIN 18800) !!
 Naht 6: wirksame Nahtlänge $l_{\text{eff}} = 22.8 \text{ mm} < 30 \text{ mm} \Rightarrow$ statisch nicht wirksam !!
 Naht 6: wirksame Nahtlänge $l_{\text{eff}} = 22.8 \text{ mm} < 6 \cdot a = 24.0 \text{ mm} \Rightarrow$ statisch nicht wirksam !!

Berechnungsquerschnitt:



Naht 1:	$a_w = 5.0 \text{ mm}$	$l_w = 64.0 \text{ mm}$
Naht 4:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 93.4 \text{ mm}$
Naht 5:	siehe Naht 4	
Naht 8:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 64.0 \text{ mm}$

Bemessungsgrößen bezogen auf den Schwerpunkt des Profils:

$$M_{y,Ed} = -4.00 \text{ kNm}, \quad V_{z,Ed} = 40.00 \text{ kN}$$

Querschnittswerte bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts:

$$\Sigma A_w = 13.23 \text{ cm}^2, \quad A_{w,z} = 7.47 \text{ cm}^2, \quad \Sigma l_w = 31.5 \text{ cm}$$

$$I_{w,y} = 260.56 \text{ cm}^4, \quad I_{w,z} = 20.02 \text{ cm}^4, \quad \Delta z_w = -2.9 \text{ mm}$$

Nachweise in den Endpunkten der Nähte:

75% Spannungsabtrag über Druckkontakt

Naht 1, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 87.65 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow U_w = 0.344 < 1 \quad \text{ok}$
Naht 4, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 67.24 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{w,z} = 53.53 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.369 < 1 \quad \text{ok}$
Pkt. 1:	$\sigma_{w,x} = -19.04 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{w,z} = 53.53 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.268 < 1 \quad \text{ok}$
Naht 8, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = -24.14 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow U_w = 0.095 < 1 \quad \text{ok}$

Ergebnis:

Naht 4, Pkt. 0: $\sigma_{w,x} = 67.24 \text{ N/mm}^2 \quad \tau_{w,z} = 53.53 \text{ N/mm}^2$
 Max: $\sigma_{1,w,Ed} = 132.81 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 360.00 \text{ N/mm}^2$,
 $\sigma_{2,w,Ed} = 47.54 \text{ N/mm}^2 < f_{2w,d} = 259.20 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.369 < 1 \quad \text{ok}$

2.2.3.4.3. Nachweis der Stegsteifen

Drucksteife (unten)

$$F_{c,Ed} = 36.29 \text{ kN}$$

Kräfte je Rippe

$$F = 0.5 \cdot F_{c,Ed} \cdot (b_f - 2 \cdot r - t_w) / b_f = 12.93 \text{ kN}, \quad H = F \cdot e_F / e_H = 2.43 \text{ kN}$$

Voraussetzung: Steifen nicht beulgefährdet: Q-Klasse 1 $\leq 3 \quad \text{ok}$

Querschnitt am Flansch

$$\text{Drucktragfähigkeit } N_{c,Rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 36.28 \text{ kN}$$

$$\text{Bemessungsgröße: } F_{Ed} = (F^2 + 3 \cdot H^2)^{1/2} = 13.59 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 13.59 \text{ kN} < F_{Rd} = 36.28 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.375 < 1 \quad \text{ok}$$

Querschnitt am Steg

$$\text{Schubtragfähigkeit } V_{Rd} = (A_v \cdot f_y) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0}) = 93.78 \text{ kN}$$

$$\text{Bemessungsgröße: } F_{Ed} = F = 12.93 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 12.93 \text{ kN} < F_{Rd} = 93.78 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.138 < 1 \text{ ok}$$

Schweißnähte am Flansch

Bemessungsgrößen: $F_{Ed}(\sigma_s) = F / (2 \cdot b_1) = 334.92 \text{ kN/m}$, $F_{Ed}(\tau_p) = H / (2 \cdot b_1) = 62.84 \text{ kN/m}$, $b_1 = 19.3 \text{ mm}$

75% Spannungsabtrag über Druckkontakt

$$\sigma_{1,w,Ed} = 22.01 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 360.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.061 < 1 \text{ ok}$$

$$\sigma_{2,w,Ed} = 20.93 \text{ N/mm}^2 < f_{2w,d} = 259.20 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.081 < 1 \text{ ok}$$

Schweißnähte am Steg

Bemessungsgröße: $F_{Ed}(\tau_p) = F / (2 \cdot l_1) = 74.81 \text{ kN/m}$, $l_1 = 86.4 \text{ mm}$

75% Spannungsabtrag über Druckkontakt

Nahtdicke $a = 4.0 \text{ mm} > a_{\max} = 0.7 \cdot t_{\min} = 3.1 \text{ mm}$ (Schweisstechnik, s. DIN 18800) !!

$$\sigma_{1,w,Ed} = 8.10 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 360.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.022 < 1 \text{ ok}$$

Zugsteife (oben)

$$F_{t,Ed} = 36.29 \text{ kN}$$

Kräfte je Rippe

$$F = 0.5 \cdot F_{t,Ed} \cdot (b_f - 2 \cdot r - t_w) / b_f = 12.93 \text{ kN}, \quad H = F \cdot e_F / e_H = 2.43 \text{ kN}$$

Querschnitt am Flansch

Zugtragfähigkeit $N_{t,Rd} = 36.28 \text{ kN}$

Bemessungsgröße: $F_{Ed} = (F^2 + 3 \cdot H^2)^{1/2} = 13.59 \text{ kN}$

$$F_{Ed} = 13.59 \text{ kN} < F_{Rd} = 36.28 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.375 < 1 \text{ ok}$$

Querschnitt am Steg

Schubtragfähigkeit $V_{Rd} = (A_v \cdot f_y) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0}) = 93.78 \text{ kN}$

Bemessungsgröße: $F_{Ed} = F = 12.93 \text{ kN}$

$$F_{Ed} = 12.93 \text{ kN} < F_{Rd} = 93.78 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.138 < 1 \text{ ok}$$

Schweißnähte am Flansch

Bemessungsgrößen: $F_{Ed}(\sigma_s) = F / (2 \cdot b_1) = 334.92 \text{ kN/m}$, $F_{Ed}(\tau_p) = H / (2 \cdot b_1) = 62.84 \text{ kN/m}$, $b_1 = 19.3 \text{ mm}$

$$\sigma_{1,w,Ed} = 88.04 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 360.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.245 < 1 \text{ ok}$$

$$\sigma_{2,w,Ed} = 83.73 \text{ N/mm}^2 < f_{2w,d} = 259.20 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.323 < 1 \text{ ok}$$

Schweißnähte am Steg

Bemessungsgröße: $F_{Ed}(\tau_p) = F / (2 \cdot l_1) = 74.81 \text{ kN/m}$, $l_1 = 86.4 \text{ mm}$

Nahtdicke $a = 4.0 \text{ mm} > a_{\max} = 0.7 \cdot t_{\min} = 3.1 \text{ mm}$ (Schweisstechnik, s. DIN 18800) !!

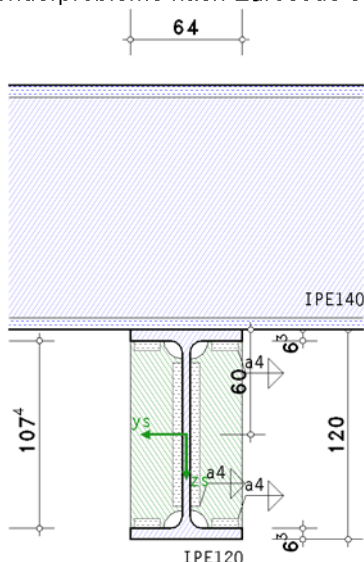
$$\sigma_{1,w,Ed} = 32.40 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 360.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.090 < 1 \text{ ok}$$

2.2.3.4.4. Nachweisergebnis

Maximale Ausnutzung: $\max U = 0.640 < 1$ ok

2.3. Lasteinleitung in die Konsole (GZT)

Sonderprobleme nach Eurocode 3 EC 3-1-5 (10.19), NA: Deutschland



Voraussetzung: Flanschinduziertes Stegbeulen ist ausgeschlossen.

Voraussetzung: Platten-/Schubbeulen ist ausgeschlossen.

Voraussetzung: Quersteifen dienen als starre Lagerung des Blechfelds.

Voraussetzung: Lokales Beulen der Steifen ist ausgeschlossen.

2.3.1. Ergebnistabelle

Lk	$F_{z,Ed}$ kN	V_{Ed} kN	U_r ---	U_σ ---	U ---
1	40.00	40.00	0.356	0.512	0.512*

$F_{z,Ed}$: vertikale Einzellast aus einem Lastträger; V_{Ed} : Bemessungsgrößen im Querschnitt; U_r : Ausnutzung aus Rippen

U_σ : Ausnutzung aus Spannungen am Steganschnitt; U : Ausnutzung aus Lasteinleitung

*) maximale Ausnutzung

2.3.2. Endergebnis

Maximale Ausnutzung [Lk 1]: $\max U = 0.512 < 1$ ok

2.3.3. Lk 1 (maßgebend)

Querschnittswerte: $A = 13.21 \text{ cm}^2$, $z_s = 60.0 \text{ mm}$, $I_y = 317.76 \text{ cm}^4$, $y_s = 0.0 \text{ mm}$, $I_z = 27.67 \text{ cm}^4$

Lasteinzugsbreite durch den Träger $s_s' = 2 \cdot t_f + t_w + 1.172 \cdot r = 25.2 \text{ mm}$

Lasteinzugslänge durch den Lastträger $s_s = 2 \cdot t_f + t_w + 1.172 \cdot r = 26.7 \text{ mm}$

Zur Info: Lagerpressung $F_{z,Ed,GZT}/(s_s \cdot s_s') = 59.44 \text{ N/mm}^2$

wirksame Lasteinleitungslänge $l_{eff} = s_s + 2 \cdot t_f = 39.3 \text{ mm}$

Länge der starren Lasteinleitung:

bezogen auf die Flanschaußenkante $s_s = l_{eff} - 2 \cdot t_f = 26.7 \text{ mm}$ / auf den Steganschnitt $s_w = l_{eff} + 2 \cdot r = 53.3 \text{ mm}$

2.3.3.1. Stegpressung (GZT)

zulässige Spannungen: $\sigma_{Rd} = f_y / \gamma_{M0} = 235.0 \text{ N/mm}^2$, $\tau_{Rd} = f_y / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0}) = 135.7 \text{ N/mm}^2$

Lastübertragung durch Quersteifen (Rippen):

Kräfte je Rippe

$F = 0.5 \cdot F_{c,Ed} \cdot (b_f - 2 \cdot r - t_w) / b_f = 14.25 \text{ kN}$, $H = F \cdot e_F / e_H = 2.67 \text{ kN}$

Steglastanteil $F_{c,Ed} - 2 \cdot F = 11.50 \text{ kN}$

Voraussetzung: Steifen nicht beulgefährdet: Q-Klasse $1 \leq 3$ ok

Hinweis: $b_R > 25.8 \text{ mm} \Rightarrow$ Umschweißung nicht möglich, auf Korrosionsschutz achten !!

Querschnitt am Flansch

Drucktragfähigkeit $N_{c,Rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 45.36 \text{ kN}$

Bemessungsgröße: $F_{Ed} = (F^2 + 3 \cdot H^2)^{1/2} = 14.98 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 14.98 \text{ kN} < F_{Rd} = 45.36 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.330 < 1$ ok

Querschnitt am Steg

Schubtragfähigkeit $V_{Rd} = (A_v \cdot f_y) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0}) = 117.23 \text{ kN}$

Bemessungsgröße: $F_{Ed} = F = 14.25 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 14.25 \text{ kN} < F_{Rd} = 117.23 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.122 < 1$ ok

Schweißnähte am Flansch

Bemessungsgrößen: $F_{Ed}(\sigma_s) = F / (2 \cdot b_1) = 369.17 \text{ kN/m}$, $F_{Ed}(\tau_p) = H / (2 \cdot b_1) = 69.26 \text{ kN/m}$, $b_1 = 19.3 \text{ mm}$

$\sigma_{1,w,Ed} = 97.04 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 360.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.270 < 1$ ok

$\sigma_{2,w,Ed} = 92.29 \text{ N/mm}^2 < f_{2w,d} = 259.20 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.356 < 1$ ok

Schweißnähte am Steg

Bemessungsgröße: $F_{Ed}(\tau_p) = F / (2 \cdot l_1) = 82.47 \text{ kN/m}$, $l_1 = 86.4 \text{ mm}$

Nahtdicke $a = 4.0 \text{ mm} > a_{max} = 0.7 \cdot t_{min} = 3.1 \text{ mm}$ (Schweisstechnik, s. DIN 18800) !!

$\sigma_{1,w,Ed} = 35.71 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 360.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.099 < 1$ ok

Gesamt: Ausnutzung der Rippen $U_R = 0.356 < 1$ ok

Einzellastpressung am Steganschnitt:

reduzierte Querbelastung $F_{z,Ed} = 11.5 \text{ kN}$

lokale Spannungen $\sigma_{\sigma z,Ed} = -49.0 \text{ N/mm}^2$

$|\sigma_{\sigma z,Ed}| = 49.0 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{Rd} = 235.0 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.209 < 1$ ok

Spannungen am Steganschnitt:

reduzierte Querbelastung $F_{z,Ed} = 11.5 \text{ kN}$

Lk 1: $V_{z,Ed} = 40.0 \text{ kN}$

Spannungen $\tau_{xz,Ed} = 63.4 \text{ N/mm}^2$

$|\tau_{xz,Ed}| = 63.4 \text{ N/mm}^2 < \tau_{Rd} = 135.7 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.468 < 1$ ok

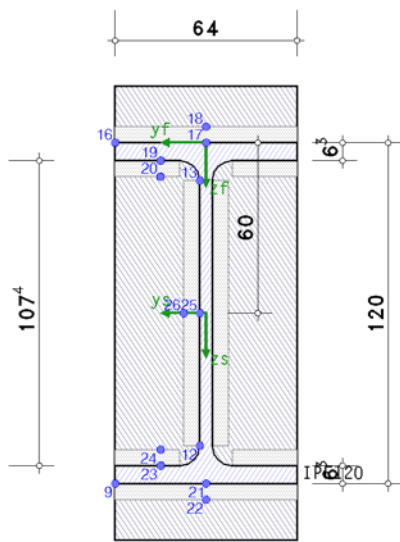
$\sigma_v = 120.3 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{Rd} = 235.0 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.512 < 1$ ok

Ausnutzung am Steganschnitt $\max U_\sigma = 0.512 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung: $\max U = 0.512 < 1$ ok

2.4. Ermüdung der Verbindung Konsole-Stütze (GZE)

Sonderprobleme nach Eurocode 3 EC 3-1-9 (12.10), NA: Deutschland



Kerbfälle / zul. Kerbspannungen bei $N = 2 \cdot 10^6$ Schwingspielen:

Pkt	y _f mm	z _f mm	$\Delta\sigma_{x,Rd}$ N/mm ²	$\Delta\tau_{Rd}$ N/mm ²	$\Delta\sigma_{z,Rd}$ N/mm ²	Kerbpunkt	EC 3-1-9, Tab.
9	32.0	120.0	160.0	0.0	0.0	am Untergurt	8.1(2)
12	2.2	106.7	160.0	100.0	0.0	am Trägersteg	8.1(2) 8.1(6)
13	2.2	13.3	160.0	100.0	160.0	am Trägersteg	8.1(2) 8.1(6) 8.10(1)
16	32.0	0.0	160.0	0.0	0.0	am Obergurt	8.1(2)
° 17	0.0	0.0	36.0	0.0	0.0	am Blech (Obergurt)	8.5(3)
18	0.0	-5.7	80.0	0.0	0.0	am Blech (Obergurt)	8.5(1)
° 19	16.0	6.3	36.0	0.0	0.0	am Blech (Obergurt)	8.5(3)
20	16.0	12.0	80.0	0.0	0.0	am Blech (Obergurt)	8.5(1)
° 21	0.0	120.0	36.0	0.0	0.0	am Blech (Untergurt)	8.5(3)
22	0.0	125.7	80.0	0.0	0.0	am Blech (Untergurt)	8.5(1)
° 23	16.0	113.7	36.0	0.0	0.0	am Blech (Untergurt)	8.5(3)
24	16.0	108.0	80.0	0.0	0.0	am Blech (Untergurt)	8.5(1)
° 25	2.2	60.0	36.0	80.0	0.0	am Blech (Steg)	8.5(3) 8.5(8)
26	7.9	60.0	0.0	100.0	0.0	am Blech (Steg)	8.2(5)

°: Nachweis der Schweißnaht

Belastung

Lk 1: $M_{y,Ed} = -0.50$ kNm, $V_{z,Ed} = 5.00$ kN

Lk 2: $M_{y,Ed} = -1.50$ kNm, $V_{z,Ed} = 15.00$ kN

2.4.1. Ermüdungsnachweis

Querschnittswerte: $A = 13.21$ cm², $z_s = 60.0$ mm, $I_y = 317.76$ cm⁴, $y_s = 0.0$ mm, $I_z = 27.67$ cm⁴

Spannungsschwingbreiten:

Pkt. 21: $y_f = 0.0$ mm, $z_f = 120.0$ mm $\Delta\sigma_{x,Ed} = 20.9$ N/mm²

Spannungsschwingbreiten infolge Ermüdung:

Pkt. 21: $y_f = 0.0$ mm, $z_f = 120.0$ mm $\Delta\sigma_{x,f} = 20.9$ N/mm²

Nachweis der Kerbspannungen:

Pkt. 21: $y = 0.0$ mm, $z = 120.0$ mm $\Delta\sigma_{x,f} = 20.9$ N/mm² < $\Delta\sigma_{x,Rd,f} = 31.3$ N/mm² $\Rightarrow U_{\Delta\sigma x} = 0.667$ ok

Ermüdungsnachweis [Pkt. 21]: $\max U = 0.667 < 1$ ok

2.5. Ermüdung des Konsolprofils (GZE)

Sonderprobleme nach Eurocode 3 EC 3-1-9 (12.10), NA: Deutschland

EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-1, Ausgabe Dezember 2018

EN 1993-1-8, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten -

Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen;

Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009, Ausgabe Dezember 2010

EN 1993-1-8/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-8, Ausgabe Dezember 2010

EN 1993-1-5, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile;

Deutsche Fassung EN 1993-1-5:2006 + AC:2009 + A1:2017 + A2:2019, Ausgabe Oktober 2019

EN 1993-1-5/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-5, Ausgabe Dezember 2010

EN 1993-1-9, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-9: Ermüdung;

Deutsche Fassung EN 1993-1-9:2006 + AC:2009, Ausgabe Dezember 2010

EN 1993-1-9/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-9, Ausgabe Dezember 2010