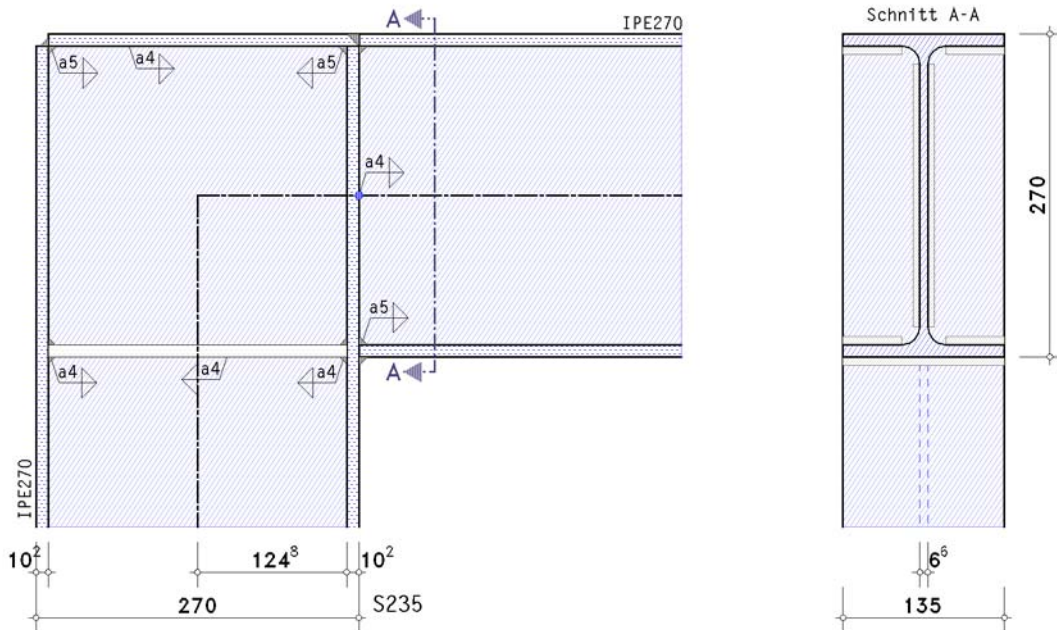


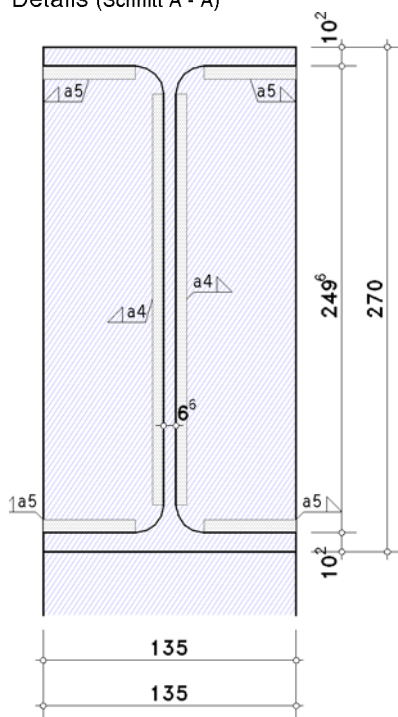
POS. 5: BEISPIEL GESCHWEISST

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

1. Eingabeprotokoll



Details (Schnitt A - A)



Stahlsorte

Stahlgüte S235

Parameter der Stütze

Profil IPE270

Verstärkung des Profils durch Quersteifen (Stegsteifen in Höhe von Trägerzug- und -druckflansch, $d_{st} = 259.8$ mm):

Dicke $t_{st} = 10.0$ mm, Breite $b_{st} = 64.2$ mm, Länge $l_{st} = 249.6$ mm

Aussparung an den Steifen $c_{st} = 22.5$ mm

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

Parameter des Trägers

Profil IPE270

Nachweisparameter

geschweißter Anschluss:

Zugblech: Dicke $t_z = 10.2$ mm, Breite $b_z = 135.0$ mm

Schweißnähte $a_{z,f} = 5.0$ mm, $a_{z,w} = 4.0$ mm

Schweißnähte im Anschluss:

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

Trägersteg: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0$ mm

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

Schnittgrößen im Anschnitt der Verbindung senkrecht zur Anschlussebene

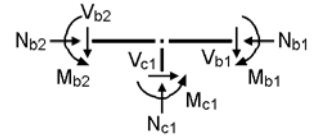
Lk 1: $M_d = 60.00$ kNm $V_d = 120.00$ kN

Materialsicherheitsbeiwerte

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

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

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



Datencheck

ok

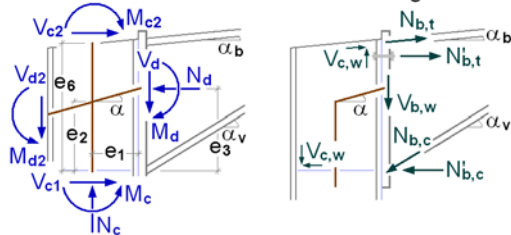
Hinweise

Platten- und Schubbeulen wird nicht untersucht.

2. Lk 1

2.1. Bemessungsgrößen

⊥ zur Anschlussebene



Vorzeichendefinition des EC3: eine positive Normalkraft bedeutet Druck, ein positives Moment erzeugt oben Zug

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

Abstände: $e_1 = 135.0$ mm, $e_3 = 129.9$ mm, $e_2 = 129.9$ mm, $e_6 = 259.8$ mm

Schnittgrößen senkrecht zu den Anschlussebenen

Anschnitt Träger

$M_d = 60.00$ kNm, $V_d = 120.00$ kN

Anschnitt Stütze (unten, berechnet)

$N_c = 120.00$ kN, $M_c = 76.20$ kNm

Teilschnittgrößen

$N_{b,t} = -N_d \cdot z_{bu}/z_b + M_d/z_b = 230.95$ kN, $z_b = 259.8$ mm, $z_{bu} = 129.9$ mm

$N_{b,c} = N_d \cdot z_{bo}/z_b + M_d/z_b = 230.95$ kN, $z_b = 259.8$ mm, $z_{bo} = 129.9$ mm

$V_{b,w} = V_d = 120.00$ kN

2.2. Querschnittstragfähigkeit

Stütze unten

plastischer Querschnittsnachweis für $N = -120.00$ kN, $M_y = -76.20$ kNm

elastische Spannungen: $\max \sigma_x = 15.15$ kN/cm², $\min \sigma_x = -20.38$ kN/cm², $\max \tau = 0.00$ kN/cm²

zul. Normal-/Schubspannung: zul $\sigma_{Rd} = 23.50$ kN/cm², zul $\tau_{Rd} = 13.57$ kN/cm²

Obergurt: Grenznormalkräfte $N_{max,O} = 323.59$ kN, $N_{min,O} = -323.59$ kN

Untergurt: Grenznormalkräfte $N_{max,U} = 323.59$ kN, $N_{min,U} = -323.59$ kN

Steg: Grenznormalkräfte $N_{max,S} = 402.95$ kN, $N_{min,S} = -402.95$ kN

Hauptbieg.: Normalkraft $N = -120.00$ kN, Grenznormalkräfte $N_{max} = 1050.14$ kN, $N_{min} = -1050.14$ kN $\Rightarrow U_N = 0.114$

Moment $M_y = -76.20$ kNm, Grenzmomente $M_{y,max} = 107.92$ kNm, $M_{y,min} = -107.92$ kNm $\Rightarrow U_{My} = 0.706$

Gesamt (ggf. aus Laststeigerung): $\max U = 0.722 < 1$ **ok**

Ausnutzungen: Tragfähigkeit $U_\sigma = 0.722 < 1$ **ok**, c/t-Verhältnis $U_{c/t} = 0.321 < 1$ **ok**

Träger

plastischer Querschnittsnachweis für $M_y = -60.00$ kNm, $V_z = 120.00$ kN

elastische Spannungen: $\max \sigma_x = 13.99$ kN/cm², $\min \sigma_x = -13.99$ kN/cm², $\max \tau = 7.60$ kN/cm²

zul. Normal-/Schubspannung: zul $\sigma_{Rd} = 23.50$ kN/cm², zul $\tau_{Rd} = 13.57$ kN/cm²

Obergurt: Grenznormalkräfte $N_{max,O} = 323.59$ kN, $N_{min,O} = -323.59$ kN

Untergurt: Grenznormalkräfte $N_{max,U} = 323.59$ kN, $N_{min,U} = -323.59$ kN

Steg: Querkraft $V_s = 120.00$ kN, Schubspannung $\tau_s = 7.00$ kN/cm² $\Rightarrow U_{\tau,s} = 0.516$

Grenznormalkräfte $N_{max,S} = 345.21$ kN, $N_{min,S} = -345.21$ kN

Hauptbieg.: Moment $M_y = -60.00$ kNm, Grenzmomente $M_{y,max} = 106.49$ kNm, $M_{y,min} = -106.49$ kNm $\Rightarrow U_{My} = 0.563$

Gesamt (ggf. aus Laststeigerung): $\max U = 0.613 < 1$ **ok**

Ausnutzungen: Tragfähigkeit $U_\sigma = 0.613 < 1$ **ok**, c/t-Verhältnis $U_{c/t} = 0.265 < 1$ **ok**

Geschweißter Trägeranschluss: Grundkomponenten: 1, 2, 3, 7

2.3. Anschlusstragfähigkeit

Übertragungsparameter: $\beta_j = 1.000$

2.3.1. Biegetragfähigkeit

Abstand der Zugkraft vom Druckpunkt: $z = 259.8 \text{ mm}$

Tragfähigkeit (Zug)

maßgebende Grundkomponenten: 3

$$F_{t,Rd} = 317.3 \text{ kN}$$

Abminderungen analog EC 3-1-8, 6.2.7.2(7)

maßgebende Grundkomponenten: 1, 2, 7

$$\text{Gk 1: } F_{Rd} = 317.3 \text{ kN} > V_{wp,Rd}/\beta_j = 282.5 \text{ kN} \Rightarrow F_{Rd} = 282.5 \text{ kN}$$

$$\text{Gk 2: } F_{Rd} = 282.5 \text{ kN} < F_{c,w,Rd} = 288.4 \text{ kN} \Rightarrow F_{Rd} = 282.5 \text{ kN}$$

$$\text{Gk 7: } F_{Rd} = 282.5 \text{ kN} < F_{c,f,Rd} = 437.8 \text{ kN} \Rightarrow F_{Rd} = 282.5 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit (endgültig)

$$F_{Rd} = 282.5 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit der Flansche (Druck)

$$\Sigma F_{c,Rd}^* = 565.0 \text{ kN}$$

Biegetragfähigkeit bezüglich des Druckpunkts

$$M_{j,Rd} = F_{Rd} \cdot z = 73.4 \text{ kNm}$$

Zugtragfähigkeit

$$N_{j,t,Rd} = F_{t,Rd} = 317.3 \text{ kN}$$

Drucktragfähigkeit

$$N_{j,c,Rd} = \Sigma F_{c,Rd}^* = 565.0 \text{ kN}$$

2.3.2. Schubtragfähigkeit

Schubtragfähigkeit des Stützenstegs

maßgebende Grundkomponente: 1

$$V_{wp,Rd}/\beta_j = 282.5 \text{ kN}$$

2.3.3. Gesamt

$$M_{j,Rd} = 73.4 \text{ kNm} \quad N_{j,t,Rd} = 317.3 \text{ kN} \quad N_{j,c,Rd} = 565.0 \text{ kN} \quad V_{wp,Rd}/\beta_j = 282.5 \text{ kN}$$

2.4. Nachweise

2.4.1. Nachweis der Anschlusstragfähigkeit mit der Komponentenmethode

Biegemoment: $M_{Ed} = M_d = 60.00 \text{ kNm}$

senkr. z. Anschlussebene

Querkraft: $V_{Ed} = |V_d| = 120.00 \text{ kN}$

paral. z. Anschlussebene

Schubkraft: $V_{c,w,Ed} = (M_{d1,w} - M_{d2,w})/z - V_d/2 = 235.66 \text{ kN}$, $M_{d1,w} = 61.2 \text{ kNm}$, $M_{d2,w} = 0.0 \text{ kNm}$, $z = 259.8 \text{ mm}$
im Stützensteg

Biegetragfähigkeit

$$M_{Ed}/M_{j,Rd} = 0.818 < 1 \quad \text{ok}$$

Schubtragfähigkeit des Stützenstegs

$$V_{c,w,Ed}/(V_{wp,Rd}/\beta_j) = 0.834 < 1 \quad \text{ok}$$

2.4.2. Nachweis der Anschlusstragfähigkeit mit Teilschnittgrößen

Schubkraft im Stützensteg:

$$V_{c,w,Ed} = (M_{d1,w} - M_{d2,w})/z - V_d/2 = 235.66 \text{ kN}, \quad M_{d1,w} = 61.2 \text{ kNm}, \quad M_{d2,w} = 0.0 \text{ kNm} \\ z = 259.8 \text{ mm}$$

$$\text{Gk 1: } F_{Rd} = V_{wp,Rd}/\beta_j = 282.5 \text{ kN}, \quad F_{Ed} = |V_{c,w,Ed}| = 235.66 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 235.7 \text{ kN} < F_{Rd} = 282.5 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.834 < 1 \quad \text{ok}$$

$$\text{Gk 2: } F_{Rd} = F_{c,w,Rd} = 288.4 \text{ kN}, \quad F_{Ed} = N_{b,c} = 230.95 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 230.9 \text{ kN} < F_{Rd} = 288.4 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.801 < 1 \quad \text{ok}$$

$$\text{Gk 3: } F_{Rd} = F_{t,w,Rd} = 317.3 \text{ kN}, \quad F_{Ed} = N_{b,t} = 230.95 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 230.9 \text{ kN} < F_{Rd} = 317.3 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.728 < 1 \quad \text{ok}$$

$$\text{Gk 7: Flansch: } F_{Rd} = F_{c,f,Rd} = 437.8 \text{ kN}, \quad F_{Ed} = N_{b,c} = 230.95 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 230.9 \text{ kN} < F_{Rd} = 437.8 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.528 < 1 \quad \text{ok}$$

Ausnutzung Teilschnittgrößen $U_{Gk} = 0.834 < 1 \quad \text{ok}$

2.4.3. Nachweis der Schweißnähte am Trägerprofil

Naht 1: Trägerflansch mit Zug außen

Nähte 2,3: Trägerflansch mit Zug innen

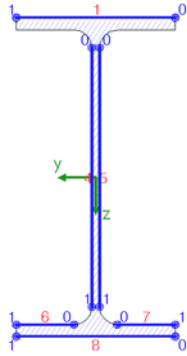
Naht 8: Trägerflansch mit Druck außen

Nähte 4,5: Trägersteg beidseitig

Nähte 6,7: Trägerflansch mit Druck innen

Naht 1: Nahtdicke $a = 10.2 \text{ mm} > a_{\max} = 0.7 \cdot t_{\min} = 7.1 \text{ mm} \quad !!$

Berechnungsquerschnitt:



Naht 1:	$a_w = 10.2 \text{ mm}$	$l_w = 135.0 \text{ mm}$
Naht 4:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 219.6 \text{ mm}$
Naht 5:	siehe Naht 4	
Naht 6:	$a_w = 5.0 \text{ mm}$	$l_w = 49.2 \text{ mm}$
Naht 7:	siehe Naht 6	
Naht 8:	$a_w = 5.0 \text{ mm}$	$l_w = 135.0 \text{ mm}$

Bemessungsgrößen bezogen auf den Schwerpunkt des Profils:

$$M_{y,Ed} = -60.00 \text{ kNm}, \quad V_{z,Ed} = 120.00 \text{ kN}$$

Querschnittswerte bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts:

$$\Sigma A_w = 43.01 \text{ cm}^2, \quad A_{w,z} = 17.57 \text{ cm}^2, \quad \Sigma l_w = 80.8 \text{ cm}$$

$$I_{w,y} = 5186.17 \text{ cm}^4, \quad I_{w,z} = 414.03 \text{ cm}^4, \quad \Delta z_w = -7.8 \text{ mm}$$

Spannungen in den Endpunkten der Nähte:

Naht 1, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 147.21 \text{ N/mm}^2$	
Naht 4, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 118.05 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{w,z} = 68.31 \text{ N/mm}^2$
	Pkt. 1: $\sigma_{w,x} = -136.01 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{w,z} = 68.31 \text{ N/mm}^2$
Naht 5, Pkt. 0:	siehe Naht 4	
	Pkt. 1: siehe Naht 4	
Naht 6, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = -153.36 \text{ N/mm}^2$	
Naht 7, Pkt. 0:	siehe Naht 6	
	Pkt. 1: siehe Naht 6	
Naht 8, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = -165.16 \text{ N/mm}^2$	

Nachweise in den Endpunkten der Nähte:

Nachweis für Naht 1, Pkt. 0:

Spannungen auf der wirksamen Nahtfläche ($\alpha = 45^\circ$):

$$\sigma_{w,Ed} = \sigma_{w,x} = 147.2 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{resultierende Nahtkraft } F_{w,Ed} = \sigma_{w,Ed} \cdot a = 15.02 \text{ kN/cm}$$

$$\text{Tragfähigkeit einer Schweißnaht: } F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 21.20 \text{ kN/cm}, \quad f_{vw,d} = 207.85 \text{ N/mm}^2, \quad a = 10.2 \text{ mm}$$

$$F_{w,Ed} = 15.02 \text{ kN/cm} < F_{w,Rd} = 21.20 \text{ kN/cm} \Rightarrow U = 0.708 < 1 \quad \text{ok}$$

Nachweis für Naht 4, Pkt. 0:

Spannungen auf der wirksamen Nahtfläche ($\alpha = 45^\circ$):

$$\sigma_{w,Ed} = (\sigma_{w,x}^2 + \tau_{w,z}^2)^{1/2} = 136.4 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{resultierende Nahtkraft } F_{w,Ed} = \sigma_{w,Ed} \cdot a = 5.46 \text{ kN/cm}$$

$$\text{Tragfähigkeit einer Schweißnaht: } F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 8.31 \text{ kN/cm}, \quad f_{vw,d} = 207.85 \text{ N/mm}^2, \quad a = 4.0 \text{ mm}$$

$$F_{w,Ed} = 5.46 \text{ kN/cm} < F_{w,Rd} = 8.31 \text{ kN/cm} \Rightarrow U = 0.656 < 1 \quad \text{ok}$$

Nachweis für Naht 4, Pkt. 1:

Spannungen auf der wirksamen Nahtfläche ($\alpha = 45^\circ$):

$$\sigma_{w,Ed} = (\sigma_{w,x}^2 + \tau_{w,z}^2)^{1/2} = 152.2 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{resultierende Nahtkraft } F_{w,Ed} = \sigma_{w,Ed} \cdot a = 6.09 \text{ kN/cm}$$

$$\text{Tragfähigkeit einer Schweißnaht: } F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 8.31 \text{ kN/cm}, \quad f_{vw,d} = 207.85 \text{ N/mm}^2, \quad a = 4.0 \text{ mm}$$

$$F_{w,Ed} = 6.09 \text{ kN/cm} < F_{w,Rd} = 8.31 \text{ kN/cm} \Rightarrow U = 0.732 < 1 \quad \text{ok}$$

Nachweis für Naht 6, Pkt. 0:

Spannungen auf der wirksamen Nahtfläche ($\alpha = 45^\circ$):

$$\sigma_{w,Ed} = \sigma_{w,x} = 153.4 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{resultierende Nahtkraft } F_{w,Ed} = \sigma_{w,Ed} \cdot a = 7.67 \text{ kN/cm}$$

$$\text{Tragfähigkeit einer Schweißnaht: } F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 10.39 \text{ kN/cm}, \quad f_{vw,d} = 207.85 \text{ N/mm}^2, \quad a = 5.0 \text{ mm}$$

$$F_{w,Ed} = 7.67 \text{ kN/cm} < F_{w,Rd} = 10.39 \text{ kN/cm} \Rightarrow U = 0.738 < 1 \quad \text{ok}$$

Nachweis für Naht 8, Pkt. 0:

Spannungen auf der wirksamen Nahtfläche ($\alpha = 45^\circ$):

$$\sigma_{w,Ed} = \sigma_{w,x} = 165.2 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{resultierende Nahtkraft } F_{w,Ed} = \sigma_{w,Ed} \cdot a = 8.26 \text{ kN/cm}$$

$$\text{Tragfähigkeit einer Schweißnaht: } F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 10.39 \text{ kN/cm}, \quad f_{vw,d} = 207.85 \text{ N/mm}^2, \quad a = 5.0 \text{ mm}$$

$$F_{w,Ed} = 8.26 \text{ kN/cm} < F_{w,Rd} = 10.39 \text{ kN/cm} \Rightarrow U = 0.795 < 1 \quad \text{ok}$$

Ergebnis:

$$\text{Naht 8, Pkt. 0: } \sigma_{w,x} = -165.16 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Max: } F_{w,Ed} = 8.26 \text{ kN/cm} < F_{w,Rd} = 10.39 \text{ kN/cm} \Rightarrow U_w = 0.795 < 1 \quad \text{ok}$$

2.4.4. Nachweis der Stegsteifen / Zugblech

$$N_{R,t} = (-N_d \cdot z_{bu} + M_d + V_d \cdot \Delta s) / z = 233.30 \text{ kN}, \quad z = z_b = 259.8 \text{ mm}, \quad z_{bu} = 129.9 \text{ mm}, \quad \Delta s = t_{fd}/2 = 5.1 \text{ mm}$$

$$N_{R,c} = (N_d \cdot z_{bo} + M_d + V_d \cdot \Delta s) / z = 233.30 \text{ kN}, \quad z = z_b = 259.8 \text{ mm}, \quad z_{bo} = 129.9 \text{ mm}, \quad \Delta s = t_{fd}/2 = 5.1 \text{ mm}$$

Drucksteife

$$F_{c,Ed} = N_{R,c} = 233.30 \text{ kN}$$

Die Schweißnähte werden mit dem vereinfachten Verfahren nachgewiesen.

Abmessungen, Hebelarme, Kräfte je Rippe

$$b_R = b_{st} = 64.2 \text{ mm}, \quad b_1 = b_R - r_R = 41.7 \text{ mm}, \quad e_F = b_R - 0.5 \cdot b_1 = 43.4 \text{ mm} \quad \text{mit} \quad r_R = 22.5 \text{ mm}$$

$$l_R = l_{st} = 249.6 \text{ mm}, \quad l_1 = l_R - 2 \cdot r_R = 204.6 \text{ mm}, \quad e_H = l_R = 249.6 \text{ mm}, \quad t_R = 10.0 \text{ mm}$$

$$F = 0.5 \cdot F_{c,Ed} \cdot (b_f - 2 \cdot r - t_w) / b_f = 85.0 \text{ kN}, \quad H = F \cdot e_F / e_H = 14.8 \text{ kN}$$

Voraussetzung: Steifen nicht beulgefährdet (Nachweisverfahren 'Elastisch-Plastisch' $\Rightarrow$ max. Q-Klasse 2)

$$c/t\text{-Verhältnis } c/t = 6.42 \leq 33.00 = 33 \cdot \varepsilon, \quad \varepsilon = (235/f_y)^{1/2} = 1.00 \Rightarrow \text{Q-Klasse } 1 \leq 2 \Rightarrow \text{Voraussetzung erfüllt !!}$$

Querschnitt am Flansch

$$\text{Drucktragfähigkeit } N_{c,Rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 98.00 \text{ kN}$$

$$\text{Bemessungsgröße: } F_{Ed} = (F^2 + 3 \cdot H^2)^{1/2} = 88.8 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 88.8 \text{ kN} < F_{Rd} = 98.0 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.906 < 1 \quad \text{ok}$$

Querschnitt am Steg

$$\text{Schubtragfähigkeit } V_{Rd} = 338.65 \text{ kN}$$

$$\text{Bemessungsgröße: } F_{Ed} = F = 85.0 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 85.0 \text{ kN} < F_{Rd} = 338.7 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.251 < 1 \quad \text{ok}$$

Schweißnähte am Flansch

$$\text{Kehlnaht mit } a = 4.0 \text{ mm}$$

$$\text{Tragfähigkeit einer Schweißnaht: } F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 8.31 \text{ kN/cm}, \quad f_{vw,d} = 207.85 \text{ N/mm}^2, \quad a = 4.0 \text{ mm}$$

$$\text{Bemessungsgröße: } F_{Ed} = (F^2 + H^2)^{1/2} / (2 \cdot b_1) = 10.35 \text{ kN/cm}$$

0% Spannungsabtrag über Druckkontakt

$$F_{Ed} = 10.35 \text{ kN/cm} > F_{Rd} = 8.31 \text{ kN/cm} \Rightarrow U = 1.245 > 1 \quad \text{Fehler !!}$$

Schweißnähte am Steg

$$\text{Kehlnaht mit } a = 4.0 \text{ mm}$$

$$\text{Tragfähigkeit einer Schweißnaht: } F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 8.31 \text{ kN/cm}, \quad f_{vw,d} = 207.85 \text{ N/mm}^2, \quad a = 4.0 \text{ mm}$$

$$\text{Bemessungsgröße: } F_{Ed} = F / (2 \cdot l_1) = 2.08 \text{ kN/cm}$$

0% Spannungsabtrag über Druckkontakt

$$F_{Ed} = 2.08 \text{ kN/cm} < F_{Rd} = 8.31 \text{ kN/cm} \Rightarrow U = 0.250 < 1 \quad \text{ok}$$

Zugblech

$$F_{t,Ed} = N_{R,t} = 233.30 \text{ kN}$$

Die Schweißnähte werden mit dem vereinfachten Verfahren nachgewiesen.

Abmessungen

$$t_{pk} = 10.2 \text{ mm}, \quad b_{pk} = 135.0 \text{ mm}, \quad l_{pk} = 259.8 \text{ mm}$$

Querschnitt

Tragfähigkeit eines Blechs mit Zugbeanspruchung:

$$N_{pl,Rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 323.60 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = (0.9 \cdot A_{net} \cdot f_u) / \gamma_{M2} = 356.92 \text{ kN}$$

$$\text{Zugtragfähigkeit } N_{t,Rd} = \min(N_{pl,Rd}, N_{u,Rd}) = 323.60 \text{ kN}$$

$$\text{Bemessungsgröße: } F_{Ed} = 233.3 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 233.3 \text{ kN} < F_{Rd} = 323.6 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.721 < 1 \quad \text{ok}$$

Schweißnaht Flansch

$$\text{Kehlnaht mit } a = 5.0 \text{ mm}$$

$$\text{Tragfähigkeit einer Schweißnaht: } F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 10.39 \text{ kN/cm}, \quad f_{vw,d} = 207.85 \text{ N/mm}^2, \quad a = 5.0 \text{ mm}$$

$$F = F_{t,Ed} \cdot (b_f - 2 \cdot r - t_w) / b_f = 170.1 \text{ kN}$$

$$\text{Bemessungsgröße: } F_{Ed} = 0.5 \cdot F / b_z = 6.30 \text{ kN/cm}, \quad b_z = 135.0 \text{ mm}$$

$$F_{Ed} = 6.30 \text{ kN/cm} < F_{Rd} = 10.39 \text{ kN/cm} \Rightarrow U = 0.606 < 1 \quad \text{ok}$$

Schweißnähte am Steg

$$\text{Kehlnaht mit } a = 4.0 \text{ mm}$$

$$\text{Tragfähigkeit einer Schweißnaht: } F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a = 8.31 \text{ kN/cm}, \quad f_{vw,d} = 207.85 \text{ N/mm}^2, \quad a = 4.0 \text{ mm}$$

$$\text{Bemessungsgröße: } F_{Ed} = F / (2 \cdot d_w) = 3.87 \text{ kN/cm}, \quad F = 170.1 \text{ kN}, \quad d_w = 219.6 \text{ mm}$$

$$F_{Ed} = 3.87 \text{ kN/cm} < F_{Rd} = 8.31 \text{ kN/cm} \Rightarrow U = 0.466 < 1 \quad \text{ok}$$

2.4.5. Nachweisergebnis

Maximale Ausnutzung: $\max U = 1.245 > 1 \quad \text{Fehler !!}$

Versagen beim Nachweis der Stegsteifen: $U = 1.245$

2.5. Rotationssteifigkeit

Steifigkeitskoeffizienten

Steifigkeitskoeffizient der Grundkomponente 1:

$$k_1 = 0.38 \cdot A_{vc} / (\beta \cdot z) = 3.24 \text{ mm}, \quad A_{vc} = 22.14 \text{ cm}^2, \quad \beta = 1.0, \quad z = 259.8 \text{ mm}$$

Steifigkeitskoeffizient der Grundkomponente 2:

$$k_2 = \infty \quad (\text{ausgesteift})$$

Steifigkeitskoeffizient der Grundkomponente 3:

$$k_3 = \infty \quad (\text{ausgesteift})$$

$$\text{Summe der Steifigkeitskoeffizienten } \Sigma(1/k_i) = 1/k_1 + 1/k_2 + 1/k_3 = 0.309$$

Rotationssteifigkeit

Anfangsrotationssteifigkeit: $S_{j,ini} = (E \cdot z^2) / \Sigma(1/k_i) = 45897.0 \text{ kNm/rad}$, $z = 259.8 \text{ mm}$

Biegemomente im Anschluss bzgl. des Druckpunkts: $M_{j,Ed} = 60.00 \text{ kNm}$, $M_{j,Rd} = 73.39 \text{ kNm}$

$|M_{j,Ed}| = 60.00 \text{ kNm} > 2/3 M_{j,Rd} = 48.9 \text{ kNm} \Rightarrow \mu = ((1.5 \cdot M_{j,Ed}) / M_{j,Rd})^\Psi = 1.735$, $\Psi = 2.7$

Rotationssteifigkeit: $S_{j,Rd} = S_{j,ini} / \mu = 26458.0 \text{ kNm/rad}$

Verdrehung: $\varphi_{j,Ed} = M_{j,Ed} / S_{j,Rd} = 0.130^\circ$

3. Endergebnis

Maximale Ausnutzung:

$\max U = 1.245 > 1$ **Fehler !!**

Minimale Rotationssteifigkeit:

$\min S_j = 26.5 \text{ MNm/rad}$, $S_{j,ini} = 45.9 \text{ MNm/rad}$, $\varphi_j = 0.130^\circ$

Tragfähigkeit nicht gewährleistet !!