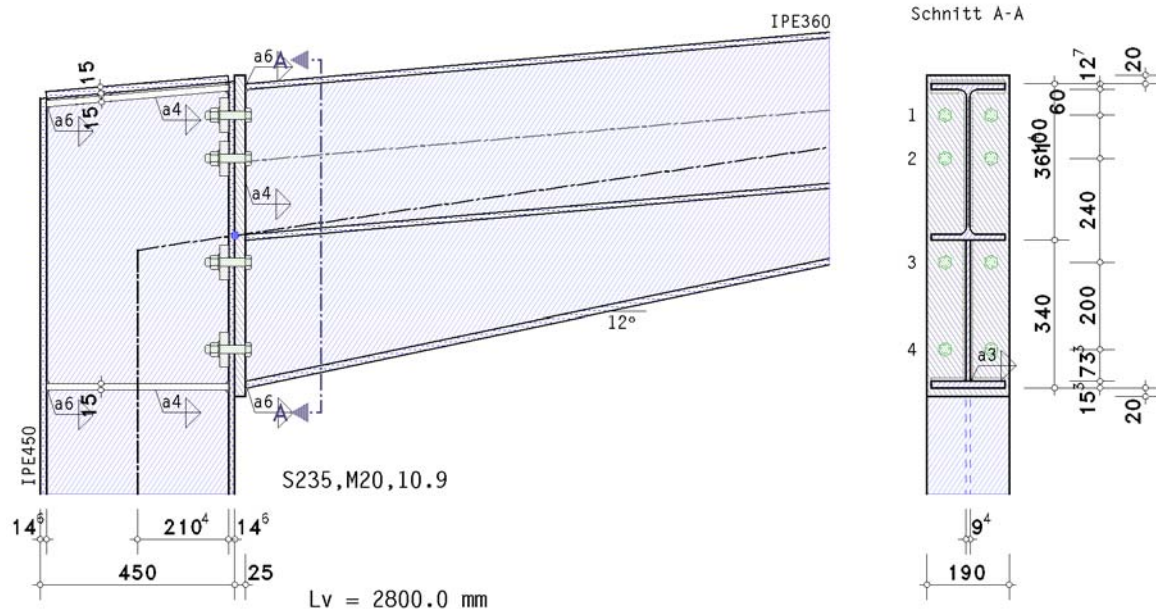


POS. 1: WAGENKNECHT BD.3 4.6.4

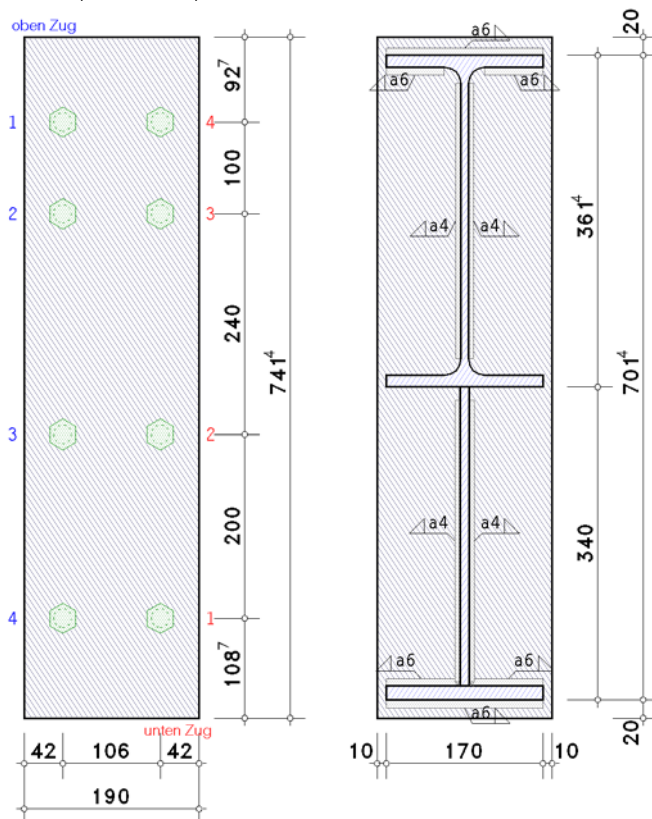
Rahmenecke EC 3-1-8 (04.25), NA: Deutschland

4H-EC3RE Version: 2/2020-2q

1. Eingabeprotokoll



Details (Schnitt A - A)



Stahlsorte

Stahlgüte S235

Parameter der Stütze

Profil IPE450

Verstärkung des Profils durch Quersteifen (Stegsteifen in Höhe von Trägerzug- und -druckflansch, $d_{st} = 687.9$ mm):

Dicke $t_{st} = 15.0$ mm, Breite $b_{st} = 90.3$ mm, Länge $l_{st} = 420.8$ mm

Aussparung an den Steifen $c_{st} = 31.5$ mm

Schweißnähte $a_{st,f} = 6.0$ mm, $a_{st,w} = 4.0$ mm

Kopfplatte $t_k = 15.0$ mm (statisch nicht wirksam)

Schrauben

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M20, normale Schlüsselweite

Schaft in der Scherfuge

Futterblech (Flanschverstärkung): Dicke $t_{bp} = 20.0$ mm, Breite $b_{bp} = 80.0$ mm, Länge $l_{bp} = 80.0$ mm



Parameter des Trägers

Profil IPE360

Neigungswinkel des Profils gegen die Horizontale $\alpha_b = 5.00^\circ \Rightarrow$ Profilhöhe im Anschluss $h_b = h / \cos(\alpha_b) = 361.4 \text{ mm}$

Neigungswinkel der Voute gegen die Horizontale $\alpha_v = 11.80^\circ \Rightarrow$ Voutenwinkel gegen den Träger $\Delta\alpha_v = 6.80^\circ$

Länge der Voute $L_v = 2800.0 \text{ mm}$, Voutenhöhe im Anschluss $h_v = L_v \cdot (\tan(\alpha_v) - \tan(\alpha_b)) = 340.0 \text{ mm}$

Stegdicke $t_{w,v} = 10.0 \text{ mm}$, Flanschbreite, -dicke $b_{f,v} = 170.0 \text{ mm}$, $t_{f,v} = 15.0 \text{ mm}$, Schweißnahtdicke $a_v = 3.0 \text{ mm}$

Gesamte Trägerhöhe im Anschluss $h_{ges} = h_b + h_v = 701.4 \text{ mm}$

Nachweisparameter

geschraubter Stirnblechanschluss

Dicke $t_p = 25.0 \text{ mm}$, Breite $b_p = 190.0 \text{ mm}$, Länge $l_p = 741.4 \text{ mm}$

Überstände $h_{p,o} = 20.0 \text{ mm}$, $h_{p,u} = 20.0 \text{ mm}$

Schrauben im Anschluss:

4 Schraubenreihen mit je 2 Schrauben

davon 2 Schraubenreihen oben unter Zugbelastung (Reihen 1-2)

und 2 Schraubenreihen zur Querkraftübertragung oben (Reihen 3-4)

davon 2 Schraubenreihen unten unter Zugbelastung (Reihen 3-4)

und 2 Schraubenreihen zur Querkraftübertragung unten (Reihen 3-4)

Achsabstand der Schrauben zum seitlichen Rand des Stirnblechs $e_2 = 42.0 \text{ mm}$

Achsabstand der ersten Schraubenreihe zum oberen Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_o = 92.7 \text{ mm}$

Achsabstand der letzten Schraubenreihe zum unteren Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_u = 108.7 \text{ mm}$

Achsabstand der ersten Schraubenreihe zum freien Rand der Stütze (Endreihe) $e_1' = 92.7 \text{ mm}$

Achsabstand der Schraubenreihen voneinander $p_{1-2} = 100.0 \text{ mm}$, $p_{2-3} = 240.0 \text{ mm}$, $p_{3-4} = 200.0 \text{ mm}$

Schweißnähte im Anschluss:

Trägerflansch oben: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 6.0 \text{ mm}$, Öffnungswinkel $\varphi = 85^\circ$

Trägersteg: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0 \text{ mm}$

Trägerflansch unten: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 6.0 \text{ mm}$, Öffnungswinkel $\varphi = 102^\circ$

Schnittgrößen im Anschnitt der Verbindung bezogen auf die Systemachsen

Lk 1: $N_{b,Ed} = 45.20 \text{ kN}$ $M_{b,Ed} = 250.00 \text{ kNm}$ $V_{b,Ed} = 84.60 \text{ kN}$

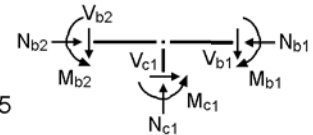
Materialsicherheitsbeiwerte

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

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

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

Vorspannung hochfester Schrauben $\gamma_{M7} = 1.10$



Hinweise

Bei gevouteten Trägern wird der untere Flansch des Trägerprofils nicht berücksichtigt. Es wird ein fiktives Profil aus dem oberen Trägerflansch, dem Trägersteg und dem Voutenflansch gebildet.

Lediglich bei der Berechnung des Stirnblechs geht der untere Trägerflansch als Zwischensteife ein.

Die Querschnittsprofile werden nicht nachgewiesen.

Der Anschluss der Voute an den Träger wird nicht nachgewiesen.

Die Schweißnähte des Voutenprofils werden nicht nachgewiesen.

Die lokale Schweißnahttragfähigkeit wird nicht berücksichtigt.

Stegsteifen werden nicht nachgewiesen.

Platten- und Schubbeulen wird nicht untersucht.

Die Kopfplatte ist statisch nicht wirksam.

Die lokale Schubtragfähigkeit des Stirnblechs wird nicht berücksichtigt.

Datencheck

ok

Schraubenabstände am Stirnblech

horizontal: $e_2 = 42.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$,

horizontal: $p_2 = 106.0 \text{ mm} > 2.4 \cdot d_0 = 52.8 \text{ mm}$,

oben-unten: $e_1 = 92.7 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$,

oben-unten: $e_1 = 92.7 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$,

oben-unten: $p_1 = 100.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 48.4 \text{ mm}$,

oben-unten: $p_1 = 240.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 48.4 \text{ mm}$,

oben-unten: $p_1 = 200.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 48.4 \text{ mm}$,

oben-unten: $e_1 = 108.7 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$,

$e_2 = 42.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 98.4 \text{ mm}$

$p_2 = 106.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 200.0 \text{ mm}$

$e_1 = 92.7 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 98.4 \text{ mm}$

$e_1 = 92.7 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 98.4 \text{ mm}$

$p_1 = 100.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 200.0 \text{ mm}$

$p_1 = 240.0 \text{ mm} > \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 200.0 \text{ mm} \quad !!$

$p_1 = 200.0 \text{ mm} \leq \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 200.0 \text{ mm}$

$e_1 = 108.7 \text{ mm} > 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 98.4 \text{ mm} \quad !!$

Schraubenabstand vom Stützenrand

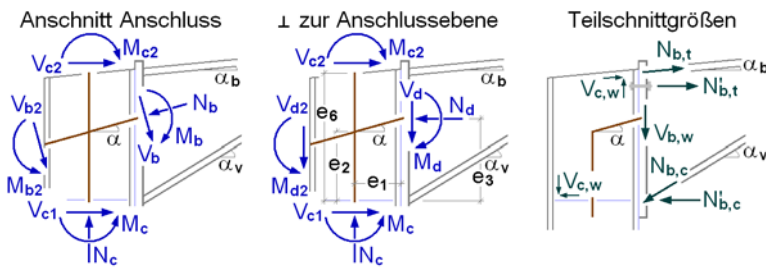
horizontal: $e_2 = 42.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$,

$e_2 = 42.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 98.4 \text{ mm}$

Maximale Rand- und Lochabstände sollten zur Vermeidung von Korrosion sowie zur Verhinderung lokalen Beulens eingehalten werden.

2. Lk 1

2.1. Bemessungsgrößen



Neigungswinkel: $\alpha_b = 5.00^\circ$, $\alpha_v = 11.80^\circ \Rightarrow \alpha = (\alpha_b + \alpha_v)/2 = 8.40^\circ$

Abstände: $e_1 = 225.0 \text{ mm}$, $e_3 = 347.6 \text{ mm}$, $e_2 = 314.4 \text{ mm}$, $e_6 = 687.9 \text{ mm}$

Schnittgrößen senkrecht zu den Anslussebenen

Anschnitt Träger

$N_d = 32.36 \text{ kN}$, $M_d = 250.00 \text{ kNm}$, $V_d = 90.30 \text{ kN}$

Anschnitt Stütze (unten, berechnet)

$N_c = 90.30 \text{ kN}$, $M_c = 259.07 \text{ kNm}$, $V_c = 32.36 \text{ kN}$

Teilschnittgrößen

Schnittgrößen im Anschnitt Stirnblech-Träger: $M'_d = M_d + N_d \cdot t_p \cdot \tan(\alpha) - V_d \cdot t_p = 247.86 \text{ kNm}$

$N_{b,t} = (-N_d \cdot z_{bu}/z_b + M'_d/z_b) / \cos(\alpha_b) = 346.23 \text{ kN}$, $z_b = 687.3 \text{ mm}$, $z_{bu} = 333.6 \text{ mm}$

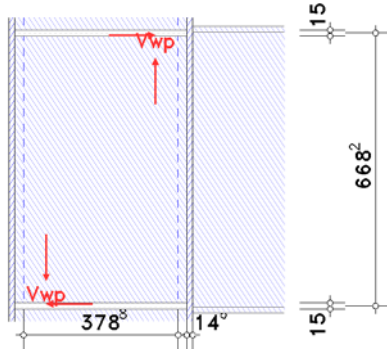
$N_{b,c} = (N_d \cdot z_{bo}/z_b + M'_d/z_b) / \cos(\alpha_v) = 385.42 \text{ kN}$, $z_b = 687.3 \text{ mm}$, $z_{bo} = 353.7 \text{ mm}$

$V_{b,t} = -N_{b,t} \cdot \sin(\alpha_b) = -30.18 \text{ kN}$, $V_{b,c} = N_{b,c} \cdot \sin(\alpha_v) = 78.82 \text{ kN}$, $V_{b,w} = V_d - V_{b,t} - V_{b,c} = 41.66 \text{ kN}$

2.2. Grundkomponenten

2.2.1. Gk 1: Stützenstegfeld mit Schubbeanspruchung

Übertragungsparameter (EC 3-1-8, 7.2.3(4)) $\beta_j = 1.00 \leq 2$ für $M_{j1} = 250.00 \text{ kNm}$ ($M_{j2} = 0$)



In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.

Slankheit des Stützenstegs $h_{wc}/t_{wc} = 44.77 < 72 \cdot \epsilon/\eta = 60.00 \Rightarrow$ Verfahren anwendbar

plastische Schubtragfähigkeit ohne Stegsteifen $V_{wp,Rd} = (0.9 \cdot f_{y,w} \cdot A_{wp}) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0}) = 516.52 \text{ kN}$

Beitrag des Stützenflanschs:

zusätzliche Tragfähigkeit $V_{wp,add,Rd} = 4 \cdot M_{pl,fc,Rd}/z_{wp} = 15.3 \text{ kN}$, $z_{wp} = h_r = 621.0 \text{ mm}$

plastische Schubtragfähigkeit zzgl. Beitrag des Stützenflanschs $V_{wp,Rd} = 531.8 \text{ kN}$

Anordnung von zwischenliegenden Stegsteifen:

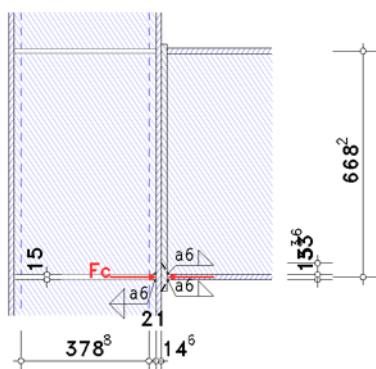
zusätzliche Tragfähigkeit $V_{wp,add,Rd} = 4 \cdot M_{pl,fc,Rd}/h_r + 2 \cdot M_{pl,st,Rd}/h_r = 15.33 \text{ kN}$

plastische Schubtragfähigkeit mit Quersteifen $V_{wp,Rd} = 547.18 \text{ kN}$

2.2.2. Gk 2: Stützensteg mit Querdrukbeanspruchung

Übertragungsparameter (EC 3-1-8, 7.2.3(4)) $\beta_j = 1.00 \leq 2$ für $M_{j1} = 250.00 \text{ kNm}$ ($M_{j2} = 0$)

Längsdruckspannung im Stützensteg $\sigma_{com,Ed} = 154.56 \text{ N/mm}^2$



In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.

wirksame Breite des Stegs für Querdruk $b_{eff,c} = t_{fb} + 2 \cdot 21^{1/2} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{fc} + s_c) + s_p = 246.9 \text{ mm}$

Abminderungsbeiwert $k_w = 1.0$ für $\sigma_{com,Ed} = 154.6 \text{ N/mm}^2 \leq 0.7 \cdot f_{y,w} = 164.5 \text{ N/mm}^2$

Plattenschlankheitsgrad $\lambda_p = 0.932 \cdot [(b_{eff,c} \cdot d_w \cdot f_y) / (E \cdot t_w^2)]^{1/2} = 1.014$

Abminderungsbeiwert für Stegbeulen $\rho = (\lambda_p - 0.22) / \lambda_p^2 = 0.772$ für $\lambda_p > 0.673$

Abminderungsbeiwert für die Interaktion mit Schubbeanspruchung $\beta = 1 \Rightarrow \omega = 0.848$

Tragfähigkeit eines nicht ausgesteiften Stegs mit Querdrukbeanspruchung:

$$F_{c,w,Rd} = \omega \cdot (k_w \cdot b_{eff,c} \cdot t_w \cdot f_{y,w}) / \gamma_{M0} = 462.44 \text{ kN}$$

$$F_{c,w,Rd} = \omega \cdot (k_w \cdot \rho \cdot b_{eff,c} \cdot t_w \cdot f_{y,w}) / \gamma_{M1} = 324.55 \text{ kN (maßgebend)}$$

Verstärkung des Stegs durch zwischenliegende Quersteifen:

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

Mindestanforderung an das Trägheitsmoment der Steifen:

$$\text{Länge des Beulfelds (Abstand der Steifen) } a = 668.2 \text{ mm}$$

$$\text{Steghöhe zwischen den Flanschen } h_{wc} = 420.8 \text{ mm}$$

$$\text{Trägheitsmoment der Steifen } I_{st} = 857.38 \text{ cm}^4$$

$$\text{Mindestträgheitsmoment für } a/h_{wc} = 1.59 \geq 2^{1/2}: I_{st,min} = 26.21 \text{ cm}^4 < I_{st} \text{ **ok**}$$

Anforderung an die Steifen zur Vermeidung von Drillknicken:

$$\text{Torsionsträgheitsmoment der Steifen } I_T = 10.16 \text{ cm}^4$$

$$\text{polares Trägheitsmoment der Steifen } I_p = 94.58 \text{ cm}^4$$

$$I_T / I_p \approx 0.107 > 0.006 = 5.3 \cdot f_{y,st} / E_{st} \text{ **ok**}$$

Tragfähigkeit des ausgesteiften Stegs mit Querdrukbeanspruchung:

$$\text{Fläche der Steifen einschl. Steg } A_{st} = 28.50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Schlankheitsgrad } \lambda = 0.082$$

$$\lambda \leq 0.2 \Rightarrow \text{keine Abminderung } (\chi = 1.0)$$

$$\text{Bemessungswert für die Beanspruchbarkeit auf Biegeknicken } F_{c,w,Rd} = 608.9 \text{ kN}$$

Maximale Tragfähigkeit:

$$F_{c,w,Rd} = 608.9 \text{ kN (Tragfähigkeit mit Quersteifen)}$$

Tragfähigkeit des oberen Trägerflanschs:

$$\text{wirksame Breite des Stegs für Querdruk } b_{eff,c} = t_{fb} + 2 \cdot 2^{1/2} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{fc} + s_c) + s_p = 244.3 \text{ mm}$$

$$\text{Abminderungsbeiwert } k_w = 1.0 \text{ für } \sigma_{com,Ed} = 154.6 \text{ N/mm}^2 \leq 0.7 \cdot f_{y,w} = 164.5 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Plattenschlankheitsgrad } \lambda_p = 0.932 \cdot [(b_{eff,c} \cdot d_w \cdot f_y) / (E \cdot t_w^2)]^{1/2} = 1.009$$

$$\text{Abminderungsbeiwert für Stegbeulen } \rho = (\lambda_p - 0.22) / \lambda_p^2 = 0.775 \text{ für } \lambda_p > 0.673$$

Abminderungsbeiwert für die Interaktion mit Schubbeanspruchung $\beta = 1 \Rightarrow \omega = 0.850$

Tragfähigkeit eines nicht ausgesteiften Stegs mit Querdrukbeanspruchung:

$$F_{c,w,Rd} = \omega \cdot (k_w \cdot b_{eff,c} \cdot t_w \cdot f_{y,w}) / \gamma_{M0} = 458.81 \text{ kN}$$

$$F_{c,w,Rd} = \omega \cdot (k_w \cdot \rho \cdot b_{eff,c} \cdot t_w \cdot f_{y,w}) / \gamma_{M1} = 323.27 \text{ kN (maßgebend)}$$

Verstärkung des Stegs durch zwischenliegende Quersteifen:

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

Mindestanforderung an das Trägheitsmoment der Steifen:

$$\text{Länge des Beulfelds (Abstand der Steifen) } a = 668.2 \text{ mm}$$

$$\text{Steghöhe zwischen den Flanschen } h_{wc} = 420.8 \text{ mm}$$

$$\text{Trägheitsmoment der Steifen } I_{st} = 857.38 \text{ cm}^4$$

$$\text{Mindestträgheitsmoment für } a/h_{wc} = 1.59 \geq 2^{1/2}: I_{st,min} = 26.21 \text{ cm}^4 < I_{st} \text{ **ok**}$$

Anforderung an die Steifen zur Vermeidung von Drillknicken:

$$\text{Torsionsträgheitsmoment der Steifen } I_T = 10.16 \text{ cm}^4$$

$$\text{polares Trägheitsmoment der Steifen } I_p = 94.58 \text{ cm}^4$$

$$I_T / I_p \approx 0.107 > 0.006 = 5.3 \cdot f_{y,st} / E_{st} \text{ **ok**}$$

Tragfähigkeit des ausgesteiften Stegs mit Querdrukbeanspruchung:

$$\text{Fläche der Steifen einschl. Steg } A_{st} = 28.50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Schlankheitsgrad } \lambda = 0.082$$

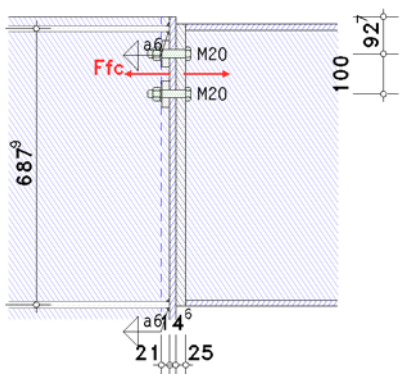
$$\lambda \leq 0.2 \Rightarrow \text{keine Abminderung } (\chi = 1.0)$$

$$\text{Bemessungswert für die Beanspruchbarkeit auf Biegeknicken } F_{c,w,Rd} = 608.9 \text{ kN}$$

Maximale Tragfähigkeit:

$$F_{c,w,Rd} = 608.9 \text{ kN (Tragfähigkeit mit Quersteifen)}$$

2.2.3. Gk 4: Stützenflansch mit Biegung



In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.

Äquivalenter T-Stummelflansch (jede einzelne Schraubenreihe):

hier: Anzahl Schraubenreihen $n_b = 1$

Reihe 1

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stützenflansch):

$$\text{für Modus 1: } \Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 178.6 \text{ mm, } l_{eff,cp} = 197.9 \text{ mm}$$

$$\text{für Modus 2: } \Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 178.6 \text{ mm}$$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 2.24 \text{ kNm}$

Flanschverstärkung: $M_{bp,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,1} \cdot t_{bp}^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 4.20 \text{ kNm}$

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.26 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 352.51 \text{ kN}$

$L_b = 78.3 \text{ mm} \leq 121.2 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow$ Abstützkräfte können auftreten !

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = ((8 \cdot n \cdot 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd} + 4 \cdot n \cdot M_{bp,Rd}) / (2 \cdot m \cdot n \cdot e_w \cdot (m+n)) = 725.38 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 258.94 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 352.51 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 258.94 \text{ kN}$

Reihe 2

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stützenflansch):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 178.5 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 197.9 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 178.5 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 2.24 \text{ kNm}$

Flanschverstärkung: $M_{bp,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,1} \cdot t_{bp}^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 4.19 \text{ kNm}$

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.26 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 352.51 \text{ kN}$

$L_b = 78.3 \text{ mm} \leq 121.2 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow$ Abstützkräfte können auftreten !

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = ((8 \cdot n \cdot 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd} + 4 \cdot n \cdot M_{bp,Rd}) / (2 \cdot m \cdot n \cdot e_w \cdot (m+n)) = 725.17 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 258.92 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 352.51 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 258.92 \text{ kN}$

Tragfähigkeiten und effektive Längen eines Stützenflanschs mit Biegung (je Schraubenreihe)

$F_{t,fc,Rd,1} = 258.94 \text{ kN}$, $l_{eff,1} = 178.6 \text{ mm}$

$F_{t,fc,Rd,2} = 258.92 \text{ kN}$, $l_{eff,2} = 178.5 \text{ mm}$

Äquivalenter T-Stummelflansch (Gruppe von Schraubenreihen):

hier: Anzahl Schraubenreihen $n_b = 2$ (zwischen den Steifen)

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stützenflansch):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = \min(\Sigma l_{eff,nc}, \Sigma l_{eff,cp}) = 278.6 \text{ mm}$, $\Sigma l_{eff,cp} = 397.9 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc} = 278.6 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 3.49 \text{ kNm}$

Flanschverstärkung: $M_{bp,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,1} \cdot t_{bp}^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 6.55 \text{ kNm}$

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.26 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 705.02 \text{ kN}$

$L_b = 78.3 \text{ mm} \leq 155.3 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow$ Abstützkräfte können auftreten !

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = ((8 \cdot n \cdot 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd} + 4 \cdot n \cdot M_{bp,Rd}) / (2 \cdot m \cdot n \cdot e_w \cdot (m+n)) = 1131.64 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 490.12 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

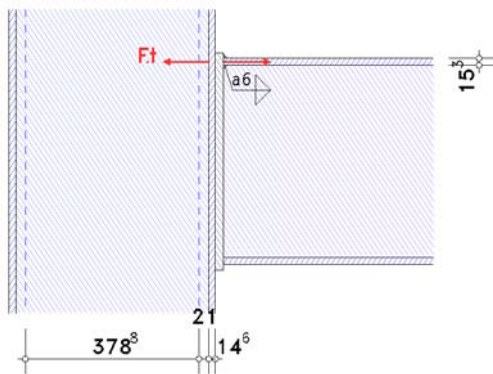
$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 705.02 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 490.12 \text{ kN}$

effektive Länge: $\Sigma l_{eff} = 278.6 \text{ mm}$, 2 Reihen

2.2.4. Gk 3: Stützensteg mit Querkzugbeanspruchung

Übertragungsparameter (EC 3-1-8, 7.2.3(4)) $\beta_j = 1.00 \leq 2$ für $M_{j1} = 250.00 \text{ kNm}$ ($M_{j2} = 0$)



In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.

Für jede einzelne Schraubenreihe:

Reihe 1

Abminderungsbeiwert für die Interaktion mit Schubbeanspruchung $\beta = 1 \Rightarrow \omega = 0.911$

Tragfähigkeit eines nicht ausgesteiften Stützenstegs mit Querkzug

$$F_{t,wc,Rd} = \omega \cdot (b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}) / \gamma_{M0} = 359.36 \text{ kN}, \quad b_{eff,t,wc} = 178.6 \text{ mm}$$

Reihe 2

Abminderungsbeiwert für die Interaktion mit Schubbeanspruchung $\beta = 1 \Rightarrow \omega = 0.911$

Tragfähigkeit eines nicht ausgesteiften Stützenstegs mit Querkzug

$$F_{t,wc,Rd} = \omega \cdot (b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}) / \gamma_{M0} = 359.27 \text{ kN}, \quad b_{eff,t,wc} = 178.5 \text{ mm}$$

Tragfähigkeit eines Stützenstegs mit Querkzug (je Schraubenreihe)

$$F_{t,wc,Rd,1} = 359.36 \text{ kN}, \quad b_{eff,t,wc} = 178.6 \text{ mm} \quad (\text{s. Gk 4})$$

$$F_{t,wc,Rd,2} = 359.27 \text{ kN}, \quad b_{eff,t,wc} = 178.5 \text{ mm} \quad (\text{s. Gk 4})$$

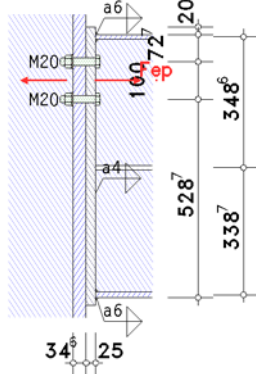
Für eine Gruppe von Schraubenreihen:

Abminderungsbeiwert für die Interaktion mit Schubbeanspruchung $\beta = 1 \Rightarrow \omega = 0.817$

Tragfähigkeit eines nicht ausgesteiften Stützenstegs mit Querkzug

$$F_{t,wc,Rd} = \omega \cdot (b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}) / \gamma_{M0} = 502.72 \text{ kN}, \quad b_{eff,t,wc} = 278.6 \text{ mm}$$

2.2.5. Gk 5: Stirnblech mit Biegung



In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.

Teil des Stirnblechs zwischen den Trägerflanschen

Äquivalenter T-Stummelflansch (jede einzelne Schraubenreihe):

hier: Anzahl Schraubenreihen $n_b = 1$

Reihe 1

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

$$\text{für Modus 1: } \Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 240.2 \text{ mm}, \quad l_{eff,cp} = 279.4 \text{ mm}$$

$$\text{für Modus 2: } \Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 240.2 \text{ mm}$$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

$$\text{für Modus 1+2: } M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 8.82 \text{ kNm}$$

$$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.26 \text{ kN}, \quad k_2 = 0.90$$

$$\text{für Modus 3: } \Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 352.51 \text{ kN}$$

$$L_b = 78.3 \text{ mm} > 50.5 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow \text{keine Abstützkräfte!}$$

Modus 1 und 2: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs ggf. gleichzeitig mit Schraubenversagen

$$F_{T,1-2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 396.58 \text{ kN}$$

Modus 3: Schraubenversagen

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 352.51 \text{ kN}$$

$$\text{Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: } F_{T,Rd} = \min(F_{T,1-2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 352.51 \text{ kN}$$

$$\text{Tragfähigkeit einer Kehlnaht (Bed.1): } f_{1w,d} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360.0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Zugtragfähigkeit der Schweißnähte: } F_{T,w,Rd} = 2^{1/2} \cdot f_{1w,d} \cdot a \cdot l_{eff} = 489.10 \text{ kN} (\geq 352.51 \text{ kN, nicht maßgebend})$$

Reihe 2

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

$$\text{für Modus 1: } \Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 230.4 \text{ mm}, \quad l_{eff,cp} = 279.4 \text{ mm}$$

$$\text{für Modus 2: } \Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 230.4 \text{ mm}$$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 8.46 \text{ kNm}$

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.26 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 352.51 \text{ kN}$

$L_b = 78.3 \text{ mm} > 52.6 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow$ keine Abstützkräfte !

Modus 1 und 2: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs ggf. gleichzeitig mit Schraubenversagen

$F_{T,1-2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 380.44 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 352.51 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1-2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 352.51 \text{ kN}$

Tragfähigkeit einer Kehlnaht (Bed.1): $f_{1w,d} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360.0 \text{ N/mm}^2$

Zugtragfähigkeit der Schweißnähte: $F_{T,w,Rd} = 2^{1/2} \cdot f_{1w,d} \cdot a \cdot l_{eff} = 469.20 \text{ kN}$ ($\geq 352.51 \text{ kN}$, nicht maßgebend)

Tragfähigkeiten und effektive Längen eines Stirnblechs mit Biegung (je Schraubenreihe):

$F_{ep,Rd,1} = 352.51 \text{ kN}$, $l_{eff,1} = 240.2 \text{ mm}$

$F_{ep,Rd,2} = 352.51 \text{ kN}$, $l_{eff,2} = 230.4 \text{ mm}$

Äquivalenter T-Stummelflansch (Gruppe von Schraubenreihen):

hier: Anzahl Schraubenreihen $n_b = 2$ ($R1+R2$)

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = \min(\Sigma l_{eff,nc}, \Sigma l_{eff,cp}) = 275.0 \text{ mm}$, $\Sigma l_{eff,cp} = 439.7 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc} = 275.0 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 10.10 \text{ kNm}$

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.26 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 705.02 \text{ kN}$

$L_b = 78.3 \text{ mm} \leq 88.2 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow$ Abstützkräfte können auftreten !

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = ((8 \cdot n - 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}) / (2 \cdot m \cdot n - e_w \cdot (m+n)) = 1091.86 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 575.94 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 705.02 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 575.94 \text{ kN}$

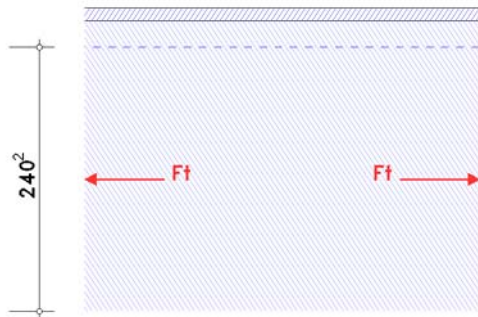
Tragfähigkeit einer Kehlnaht (Bed.1): $f_{1w,d} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360.0 \text{ N/mm}^2$

Zugtragfähigkeit der Schweißnähte: $F_{T,w,Rd} = 2^{1/2} \cdot f_{1w,d} \cdot a \cdot l_{eff} = 559.97 \text{ kN}$

Gesamttragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = F_{T,w,Rd} = 559.97 \text{ kN} !!$

effektive Länge: $\Sigma l_{eff} = 275.0 \text{ mm}$, 2 Reihen

2.2.6. Gk 8: Trägersteg mit Zugbeanspruchung



In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.

Für jede einzelne Schraubenreihe:

Reihe 1

wirksame Breite $b_{eff,t,wb} = 240.2 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)

Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 451.52 \text{ kN}$

Reihe 2

wirksame Breite $b_{eff,t,wb} = 230.4 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)

Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 433.15 \text{ kN}$

Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zug (je Schraubenreihe)

$F_{t,wb,Rd,1} = 451.52 \text{ kN}$, $b_{eff,t,wb} = 240.2 \text{ mm}$ (s. Gk 5)

$F_{t,wb,Rd,2} = 433.15 \text{ kN}$, $b_{eff,t,wb} = 230.4 \text{ mm}$ (s. Gk 5)

Für eine Gruppe von Schraubenreihen maßgebend:

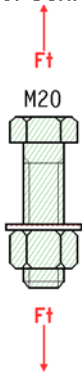
wirksame Breite $b_{eff,t,wb} = 275.0 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)

Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 516.95 \text{ kN}$

2.2.7. Gk 10: Schrauben mit Zugbeanspruchung

In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.



Zugtragfähigkeit einer Schraube $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.26 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$
 Durchstantragfähigkeit einer Schraube $B_{p,Rd} = (0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u) / \gamma_{M2} = 249.47 \text{ kN}$, $t_p = 14.6 \text{ mm}$
 Zug-/Durchstantragfähigkeit für 2 Schrauben: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot \min(F_{t,Rd}, B_{p,Rd}) = 352.51 \text{ kN}$

2.2.8. Gk 20: Gevouteter Träger mit Druckbeanspruchung

Flansch unten: Q-Klasse 1

Steg: Q-Klasse 2

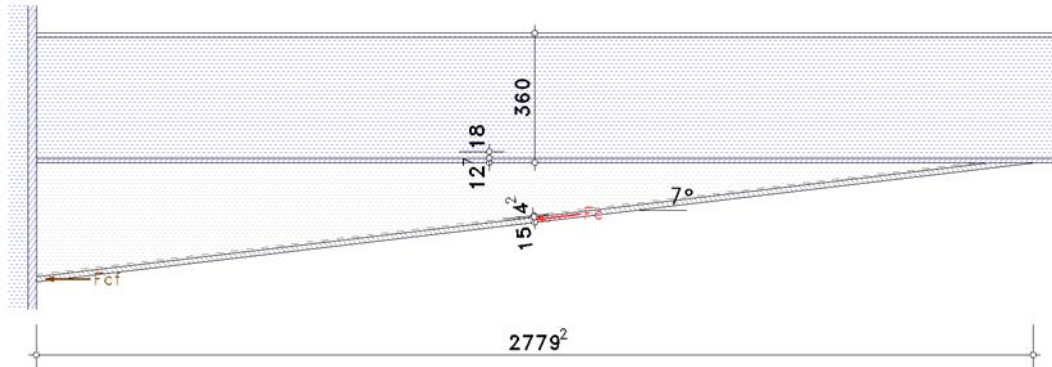
Gesamt: Q-Klasse 2

Querschnittsklasse des Trägers in der Anschlussebene: 2

Zur Berücksichtigung der Momenten-Querkraft-Interaktion $V_{Ed} = 84.6 \text{ kN}$

Transformation in die Betrachtungsebene (wg. Trägerneigung):

$$L_{v,Gk20} = L_v / \cos(\alpha_b) - h_b \cdot \tan(\alpha_b) = 2779.2 \text{ mm}, \quad \alpha_{v,Gk20} = 6.80^\circ$$



Voraussetzung: Voutenflansch nicht beulgefährdet: $1 < 3$ **ok**

Anschluss Voute-Stütze: (Grundkomponente 7: Trägerflansch und -steg mit Druck)

Höhe des Trägers einschließlich Voute $h = h_b + h_v = 691.4 \text{ mm}$

Tragfähigkeit nur des Flanschs (ohne Steg, plastisch: Q-Klasse 2)

Flanscbreite der Voute $b_{f,v} = 170.0 \text{ mm} < \max b_{f,v} = 634.5 \text{ mm}$ **ok**

Tragfähigkeit $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 408.14 \text{ kNm}$, $W_{pl} = 1736.76 \text{ cm}^3$

Tragfähigkeit eines Flanschs und Stegs mit Druck

$$F_{c,f,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_f) = 603.50 \text{ kN}$$

$$\text{bezogen auf den Voutenflansch } F_{c,f,Rd} / \cos(\alpha_v) = 607.77 \text{ kN}$$

Gesamttragfähigkeit eines gevouteten Trägers mit Druckbeanspruchung

$$F_{c,v,Rd} = F_{c,f,Rd} = 607.77 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit bezogen auf die Anschlussebene $F_{c,v,Rd} \cdot \cos(\alpha_v) = 594.93 \text{ kN}$

Tragfähigkeit des oberen Trägerflanschs (Gk 7):

Berechnung bezogen auf die Ebene senkrecht zum Träger

Beanspruchung durch Biegung mit Querkraft: $V_{Ed} = 84.6 \text{ kN} \leq 361.4 \text{ kN} = 0.5 \cdot V_{pl,Rd} / 2 \Rightarrow$ kein Einfluss

Tragfähigkeit $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 552.73 \text{ kNm}$, $W_{pl} = 2352.06 \text{ cm}^3$

Tragfähigkeit eines Flanschs und Stegs mit Druck

$$F_{c,f,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_f) = 814.40 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit bezogen auf die Anschlussebene $F_{c,v,Rd} \cdot \cos(\alpha_b) = 811.30 \text{ kN}$

2.3. Anschlusstragfähigkeit

Übertragungsparameter: $\beta_j = 1.00$

2.3.1. Biegetragfähigkeit

Abstand der Zug-Schraubenreihen vom Druckpunkt: $h_1 = 621.0 \text{ mm}$, $h_2 = 521.0 \text{ mm}$

Tragfähigkeiten nach EC 3-1-8, B.3.2.2(6) für Schraubenreihen einzeln betrachtet

maßgebende Grundkomponenten: 3, 4, 5, 8

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 258.9 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 258.9 \text{ kN}$

Abminderungen nach EC 3-1-8, B.3.2.2(8) für Schraubenreihen als Teil einer Gruppe (Stütze)

maßgebende Grundkomponenten: 3, 4

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 258.9 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 231.2 \text{ kN}$

Abminderungen nach EC 3-1-8, B.3.2.2(8) für Schraubenreihen als Teil einer Gruppe (Stirnblech)

maßgebende Grundkomponenten: 5, 8

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 258.9 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 231.2 \text{ kN}$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Zug)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 258.9 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 231.2 \text{ kN}$

$$\Sigma F_{tr,Rd}^* = 490.1 \text{ kN}$$

Abminderungen nach EC 3-1-8, B.3.2.2(7)

maßgebende Grundkomponenten: 1, 2, 20

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 258.9 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 231.2 \text{ kN}$

Kontrolle nach EC 3-1-8, B.3.2.2(9)

maßgebende Grundkomponente: 10

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 258.9 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 231.2 \text{ kN}$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Biegung)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 258.9 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 231.2 \text{ kN}$

$$\Sigma F_{tr,Rd} = 490.1 \text{ kN}$$

Mögliches Versagen durch Grundkomponente 4

Tragfähigkeit der Flansche (Druck)

$$\Sigma F_{c,Rd}^* = 1094.4 \text{ kN}$$

Biegetragfähigkeit

$$M_{j,Rd} = \Sigma(F_{tr,Rd} \cdot h_r) = 281.2 \text{ kNm}$$

Zugtragfähigkeit

$$N_{j,t,Rd} = \Sigma F_{tr,Rd}^* = 490.1 \text{ kN}$$

Drucktragfähigkeit

$$N_{j,c,Rd} = \Sigma F_{c,Rd}^* = 1094.4 \text{ kN}$$

2.3.2. Schubtragfähigkeit

Schubtragfähigkeit des Stützenstegs

maßgebende Grundkomponente: 1

$$V_{wp,Rd} = 547.18 \text{ kN}$$

2.3.3. Gesamt

$$M_{j,Rd} = 281.2 \text{ kNm} \quad N_{j,t,Rd} = 490.1 \text{ kN} \quad N_{j,c,Rd} = 1094.4 \text{ kN} \quad V_{wp,Rd} = 547.2 \text{ kN}$$

2.4. Rotationssteifigkeit

Steifigkeitskoeffizienten

äquivalenter Steifigkeitskoeffizient für 2 Zug-Schraubenreihen:

$$1: k_3 = 3.10 \text{ mm}, k_4 = 16.00 \text{ mm}, k_5 = 38.39 \text{ mm}, k_{10} = 5.00 \text{ mm} \Rightarrow k_{eff,1} = 1 / \Sigma(1/k_{i,1}) = 1.637 \text{ mm}$$

$$2: k_3 = 3.10 \text{ mm}, k_4 = 16.00 \text{ mm}, k_5 = 36.83 \text{ mm}, k_{10} = 5.00 \text{ mm} \Rightarrow k_{eff,2} = 1 / \Sigma(1/k_{i,2}) = 1.633 \text{ mm}$$

$$\text{äquivalenter innerer Hebelarm } z_{eq} = \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r^2) / \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r) = 575.42 \text{ mm}$$

$$\text{äquivalenter Steifigkeitskoeffizient } k_{eq} = \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r) / z_{eq} = 3.245 \text{ mm}$$

$$k_1 = 0.38 \cdot A_{vc} / (\beta \cdot z) = 3.36 \text{ mm}$$

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

Rotationssteifigkeit

$$\text{Anfangsrotationssteifigkeit: } S_{j,ini} = (E \cdot z^2) / \Sigma(1/k_i) = 114747.6 \text{ kNm/rad}, z = z_{eq} = 575.4 \text{ mm}, \Sigma(1/k_i) = 0.606 \text{ mm}^{-1}$$

$$|M_{j,Ed}| = 239.32 \text{ kNm} > 2/3 M_{j,Rd} = 187.49 \text{ kNm} \Rightarrow \mu = ((1.5 \cdot M_{j,Ed}) / M_{j,Rd})^\Psi = 1.933, \Psi = 2.7$$

$$\text{Rotationssteifigkeit: } S_{j,Rd} = S_{j,ini} / \mu = 59367.8 \text{ kNm/rad}$$

$$\text{Verdrehung: } \varphi_{j,Ed} = M_{j,Ed} / S_{j,Rd} = 0.231^\circ$$

3. Vorschriften

EN 1990, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung;

Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010, Ausgabe Dezember 2010

EN 1990/NA, Nationaler Anhang zur EN 1990, Ausgabe Dezember 2010

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

Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau;

Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2022, Ausgabe April 2025

EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-1, Ausgabe April 2026

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

Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2024, Ausgabe April 2025

EN 1993-1-8/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-8, Ausgabe April 2026

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