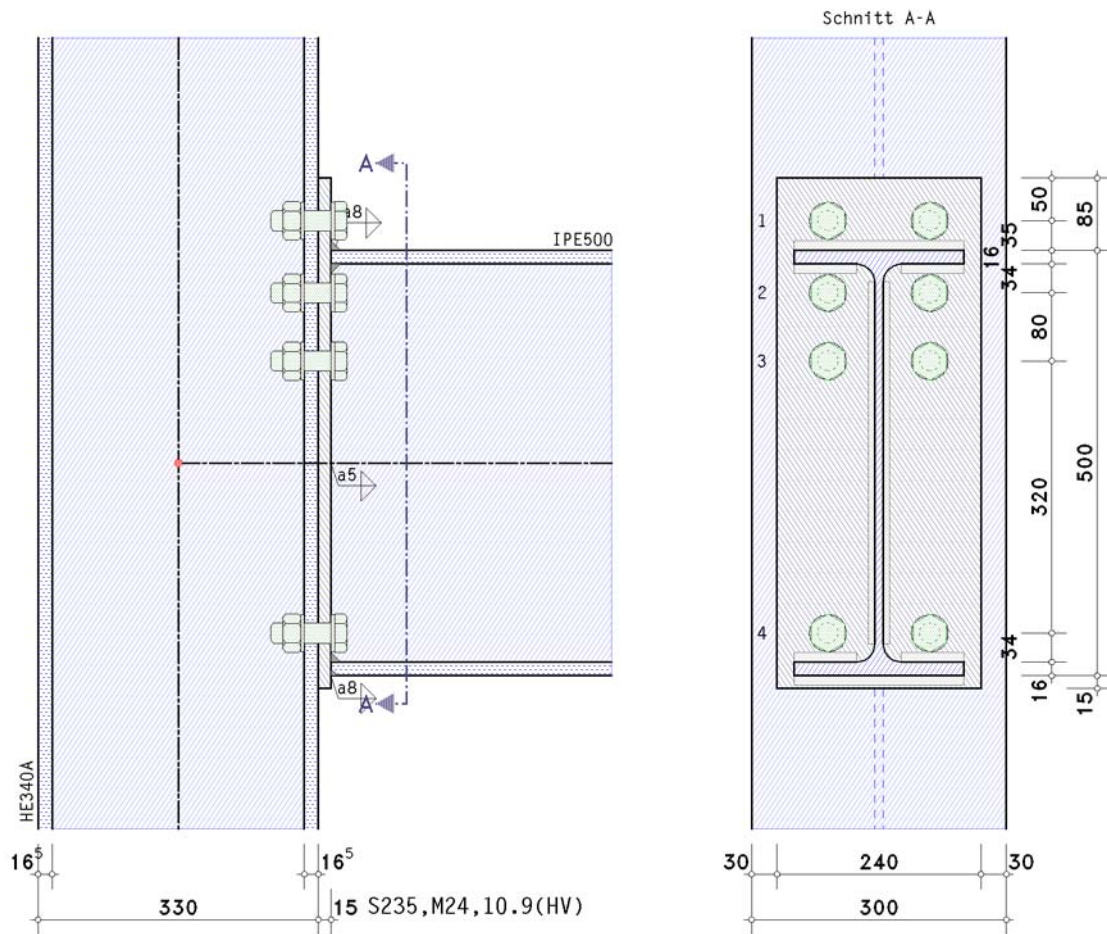
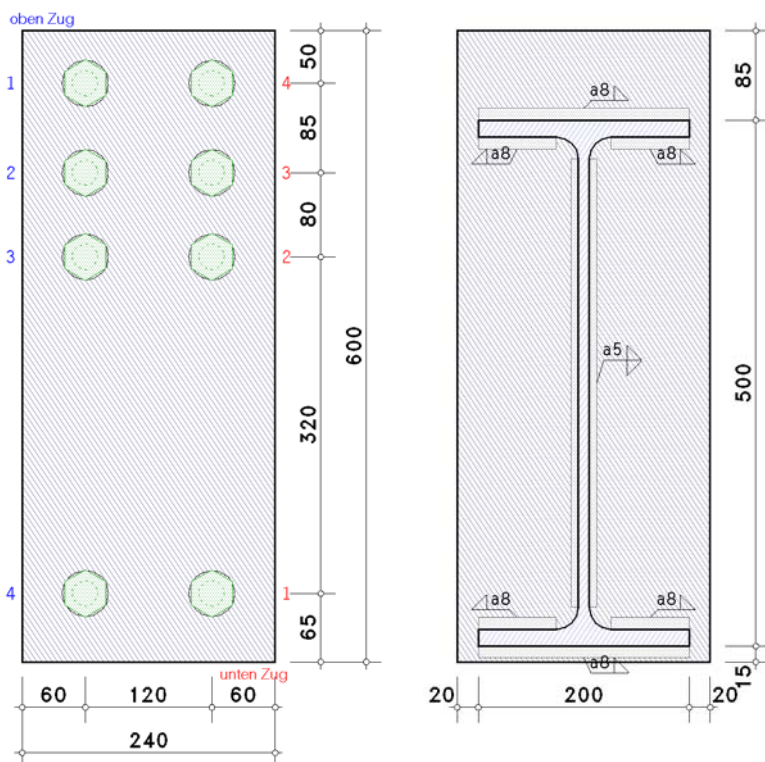


1. Eingabeprotokoll



Details (Schnitt A - A)



Stahlsorte
 Stahlgüte S235
 Parameter der Stütze

Profil HE340A

Schrauben

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M24

große Schlüsselweite (HV-Schraube), vorgespannt (zur Info: Regelvorspannkraft $F_{p,c^*} = 0.7 \cdot f_{yb} \cdot A_s = 222.1 \text{ kN}$)

Schaft in der Scherfuge

Parameter des Trägers

Profil IPE500

Nachweisparameter

geschraubter Stirnblechanschluss

Dicke $t_p = 15.0 \text{ mm}$, Breite $b_p = 240.0 \text{ mm}$, Länge $l_p = 600.0 \text{ mm}$

Überstände $h_{p,o} = 85.0 \text{ mm}$, $h_{p,u} = 15.0 \text{ mm}$

Schrauben im Anschluss:

4 Schraubenreihen mit je 2 Schrauben

alle Schraubenreihen einzeln betrachtet

alle Schraubenreihen zur Querkraftübertragung (Reihen 1-4)

Schraubengruppen automatisch bilden, Berücks. aller Gruppen bzgl. Reihe 1

Achsabstand der Schrauben zum seitlichen Rand des Stirnblechs $e_2 = 60.0 \text{ mm}$

Achsabstand der ersten Schraubenreihe zum oberen Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_o = 50.0 \text{ mm}$

Achsabstand der letzten Schraubenreihe zum unteren Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_u = 65.0 \text{ mm}$

Achsabstand der Schraubenreihen voneinander $p_{1-2} = 85.0 \text{ mm}$, $p_{2-3} = 80.0 \text{ mm}$, $p_{3-4} = 320.0 \text{ mm}$

Schweißnähte im Anschluss:

Trägerflansch oben: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 8.0 \text{ mm}$

Trägersteg: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 5.0 \text{ mm}$

Trägerflansch unten: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 8.0 \text{ mm}$

Schnittgrößen im Schnittpunkt der Systemachsen

Lk 1: $M_{j,b,Ed} = -220.00 \text{ kNm}$

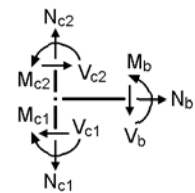
Materialsicherheitsbeiwerte

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

Der Nachweis der Verbindung nach EC 3-1-8 erfolgt ohne Berücksichtigung der Vorspannkraft.

Verbindungen können jedoch mit vorgespannten HV-Schrauben ausgeführt werden.

Die Querschnittsprofile werden nicht nachgewiesen.

Die Schweißnähte werden bei Ermittlung der T-Stummel-Tragfähigkeit nicht berücksichtigt.

Die Schweißnähte werden nicht überprüft.

Die Berechnung der T-Stummel-Tragfähigkeit erfolgt mit dem Standard-Verfahren.

Die Schubtragfähigkeit des Stirnblechs wird nicht berücksichtigt.

Datencheck

ok

Schraubenabstände am Stirnblech

horizontal: $e_2 = 60.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 31.2 \text{ mm}$,

horizontal: $p_2 = 120.0 \text{ mm} > 2.4 \cdot d_0 = 62.4 \text{ mm}$,

oben-unten: $e_1 = 50.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 31.2 \text{ mm}$,

oben-unten: $p_1 = 85.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 57.2 \text{ mm}$,

oben-unten: $p_1 = 80.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 57.2 \text{ mm}$,

oben-unten: $p_1 = 320.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 57.2 \text{ mm}$,

oben-unten: $e_1 = 65.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 31.2 \text{ mm}$,

Schraubenabstand vom Stützenrand

horizontal: $e_2 = 90.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 31.2 \text{ mm}$,

$e_2 = 60.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 100.0 \text{ mm}$

$p_2 = 120.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 200.0 \text{ mm}$

$e_1 = 50.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 100.0 \text{ mm}$

$p_1 = 85.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 200.0 \text{ mm}$

$p_1 = 80.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 200.0 \text{ mm}$

$p_1 = 320.0 \text{ mm} > \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 200.0 \text{ mm} \quad !!$

$e_1 = 65.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 100.0 \text{ mm}$

$e_2 = 90.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 100.0 \text{ mm}$

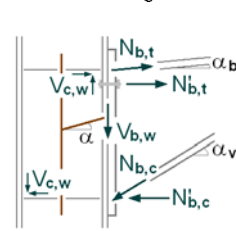
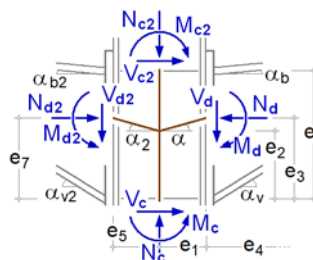
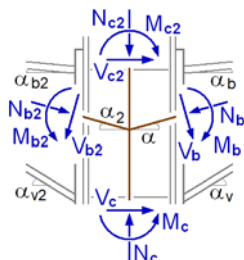
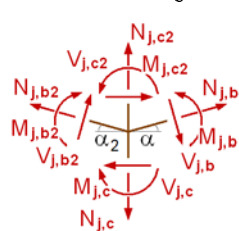
Maximale Rand- und Lochabstände sollten zur Vermeidung von Korrosion sowie zur Verhinderung lokalen Beulens eingehalten werden.

2. Lk 1

2.1. Bemessungsgrößen

Knotenschnittgrößen Anschnitt Anschluss \perp zur Anschlussebene

Teilschnittgrößen



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

Abstände: $e_1 = 165.0 \text{ mm}$, $e_3 = 242.0 \text{ mm}$, $e_2 = 242.0 \text{ mm}$, $e_6 = 484.0 \text{ mm}$

Schnittgrößen senkrecht zu den Anschlussebenen



Anschnitt Träger
 $M_d = 220.00 \text{ kNm}$

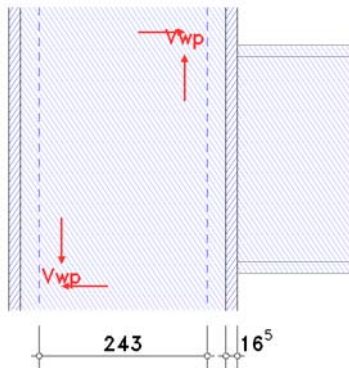
Teilschnittgrößen

Schnittgrößen im Anschnitt Stirnblech-Träger: $M'_d = M_d - V_d \cdot t_p = 220.00 \text{ kNm}$
 $N_{b,t} = -N_d \cdot z_{bu} / z_b + M'_d / z_b = 454.55 \text{ kN}$, $z_b = 484.0 \text{ mm}$, $z_{bu} = 242.0 \text{ mm}$
 $N_{b,c} = N_d \cdot z_{bo} / z_b + M'_d / z_b = 454.55 \text{ kN}$, $z_b = 484.0 \text{ mm}$, $z_{bo} = 242.0 \text{ mm}$

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 $M_{j1} = 220.00 \text{ kNm}$ ($M_{j2} = 0$)

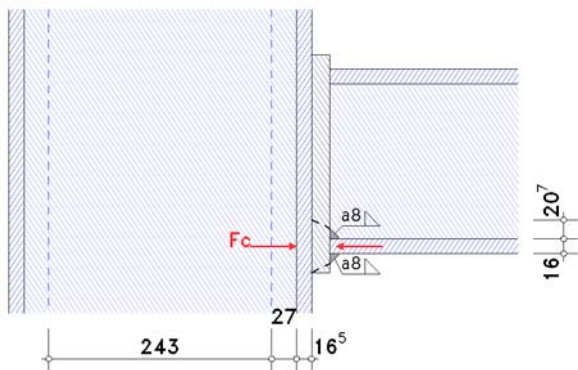


In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.

Schlankheit des Stützenstegs $h_{wc} / t_{wc} = 31.26 < 72 \cdot \epsilon / \eta = 60.00 \Rightarrow$ Verfahren anwendbar
 plastische Schubtragfähigkeit $V_{wp,Rd} = (0.9 \cdot f_{y,w} \cdot A_{wp}) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0}) = 382.81 \text{ kN}$
 Beitrag des Stützenflanschs:
 zusätzliche Tragfähigkeit $V_{wp,add,Rd} = 4 \cdot M_{pl,fc,Rd} / z_{wp} = 53.0 \text{ kN}$, $z_{wp} = h_r = 362.0 \text{ mm}$
 plastische Schubtragfähigkeit zzgl. Beitrag des Stützenflanschs $V_{wp,Rd} = 435.8 \text{ kN}$

2.2.2. Gk 2: Stützensteg mit Querdruckbeanspruchung

Übertragungsparameter (EC 3-1-8, 7.2.3(4)) $\beta_j = 1.00 \leq 2$ für $M_{j1} = 220.00 \text{ kNm}$ ($M_{j2} = 0$)



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

wirksame Breite des Stegs für Querdruck $b_{eff,c} = t_{fb} + 2 \cdot 2^{1/2} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{fc} + s_c) + s_p = 274.8 \text{ mm}$
 Abminderungsbeiwert $k_w = 1.0$ ($\sigma_{com,Ed} = 0$)
 Plattenschlankheitsgrad $\lambda_p = 0.932 \cdot [(b_{eff,c} \cdot d_w \cdot f_y) / (E \cdot t_w^2)]^{1/2} = 0.848$
 Abminderungsbeiwert für Stegbeulen $\rho = (\lambda_p - 0.22) / \lambda_p^2 = 0.873$ für $\lambda_p > 0.673$
 Abminderungsbeiwert für die Interaktion mit Schubbeanspruchung $\beta = 1 \Rightarrow \omega = 0.725$
 Tragfähigkeit eines nicht ausgesteiften Stegs mit Querdruckbeanspruchung:

$$F_{c,w,Rd} = \omega \cdot (k_w \cdot b_{eff,c} \cdot t_w \cdot f_{y,w}) / \gamma_{M0} = 444.91 \text{ kN}$$

$$F_{c,w,Rd} = \omega \cdot (k_w \cdot \rho \cdot b_{eff,c} \cdot t_w \cdot f_{y,w}) / \gamma_{M1} = 353.20 \text{ kN (maßgebend)}$$

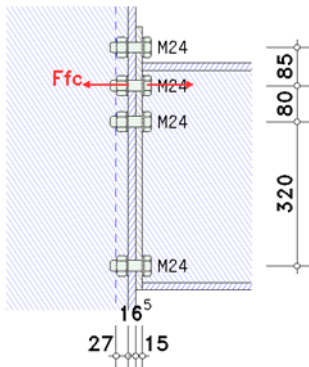
Tragfähigkeit des oberen Trägerflanschs:

wirksame Breite des Stegs für Querdruck $b_{eff,c} = t_{fb} + 2 \cdot 2^{1/2} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{fc} + s_c) + s_p = 286.1 \text{ mm}$
 Abminderungsbeiwert $k_w = 1.0$ ($\sigma_{com,Ed} = 0$)
 Plattenschlankheitsgrad $\lambda_p = 0.932 \cdot [(b_{eff,c} \cdot d_w \cdot f_y) / (E \cdot t_w^2)]^{1/2} = 0.865$
 Abminderungsbeiwert für Stegbeulen $\rho = (\lambda_p - 0.22) / \lambda_p^2 = 0.862$ für $\lambda_p > 0.673$
 Abminderungsbeiwert für die Interaktion mit Schubbeanspruchung $\beta = 1 \Rightarrow \omega = 0.711$
 Tragfähigkeit eines nicht ausgesteiften Stegs mit Querdruckbeanspruchung:

$$F_{c,w,Rd} = \omega \cdot (k_w \cdot b_{eff,c} \cdot t_w \cdot f_{y,w}) / \gamma_{M0} = 454.27 \text{ kN}$$

$$F_{c,w,Rd} = \omega \cdot (k_w \cdot \rho \cdot b_{eff,c} \cdot t_w \cdot f_{y,w}) / \gamma_{M1} = 355.90 \text{ kN (maßgebend)}$$

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):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 211.4 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 211.4 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 247.1 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1: $M_{pl,1,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 3.38 \text{ kNm}$

für Modus 2: $M_{pl,2,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 3.95 \text{ kNm}$

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 253.80 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 507.60 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 401.99 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 386.40 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 507.60 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 386.40 \text{ kN}$

Reihe 2

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stützenflansch):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 211.4 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 211.4 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 247.1 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1: $M_{pl,1,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 3.38 \text{ kNm}$

für Modus 2: $M_{pl,2,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 3.95 \text{ kNm}$

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 253.80 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 507.60 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 401.99 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 386.40 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 507.60 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 386.40 \text{ kN}$

Reihe 3

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stützenflansch):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 211.4 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 211.4 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 247.1 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1: $M_{pl,1,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 3.38 \text{ kNm}$

für Modus 2: $M_{pl,2,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 3.95 \text{ kNm}$

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 253.80 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 507.60 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 401.99 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 386.40 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 507.60 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 386.40 \text{ kN}$

Reihe 4

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stützenflansch):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 211.4 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 211.4 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 247.1 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1: $M_{pl,1,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 3.38 \text{ kNm}$

für Modus 2: $M_{pl,2,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 3.95 \text{ kNm}$

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 253.80 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

$$F_{t,wc,Rd} = \omega \cdot (b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}) / \gamma_{M0} = 381.15 \text{ kN}, \quad b_{eff,t,wc} = 211.4 \text{ mm}$$

Reihe 2

Abminderungsbeiwert für die Interaktion mit Schubbeanspruchung $\beta = 1 \Rightarrow \omega = 0.807$

Tragfähigkeit eines nicht ausgesteiften Stützenstegs mit Querkzug

$$F_{t,wc,Rd} = \omega \cdot (b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}) / \gamma_{M0} = 381.15 \text{ kN}, \quad b_{eff,t,wc} = 211.4 \text{ mm}$$

Reihe 3

Abminderungsbeiwert für die Interaktion mit Schubbeanspruchung $\beta = 1 \Rightarrow \omega = 0.807$

Tragfähigkeit eines nicht ausgesteiften Stützenstegs mit Querkzug

$$F_{t,wc,Rd} = \omega \cdot (b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}) / \gamma_{M0} = 381.15 \text{ kN}, \quad b_{eff,t,wc} = 211.4 \text{ mm}$$

Reihe 4

Abminderungsbeiwert für die Interaktion mit Schubbeanspruchung $\beta = 1 \Rightarrow \omega = 0.807$

Tragfähigkeit eines nicht ausgesteiften Stützenstegs mit Querkzug

$$F_{t,wc,Rd} = \omega \cdot (b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}) / \gamma_{M0} = 381.15 \text{ kN}, \quad b_{eff,t,wc} = 211.4 \text{ mm}$$

Tragfähigkeit eines Stützenstegs mit Querkzug (je Schraubenreihe)

$$F_{t,wc,Rd,1} = 381.15 \text{ kN}, \quad b_{eff,t,wc} = 211.4 \text{ mm} \quad (\text{s. Gk 4})$$

$$F_{t,wc,Rd,2} = 381.15 \text{ kN}, \quad b_{eff,t,wc} = 211.4 \text{ mm} \quad (\text{s. Gk 4})$$

$$F_{t,wc,Rd,3} = 381.15 \text{ kN}, \quad b_{eff,t,wc} = 211.4 \text{ mm} \quad (\text{s. Gk 4})$$

$$F_{t,wc,Rd,4} = 381.15 \text{ kN}, \quad b_{eff,t,wc} = 211.4 \text{ mm} \quad (\text{s. Gk 4})$$

Gruppe von Schraubenreihen, Gruppe 1:

Abminderungsbeiwert für die Interaktion mit Schubbeanspruchung $\beta = 1 \Rightarrow \omega = 0.657$

Tragfähigkeit eines nicht ausgesteiften Stützenstegs mit Querkzug

$$F_{t,wc,Rd} = \omega \cdot (b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}) / \gamma_{M0} = 487.12 \text{ kN}, \quad b_{eff,t,wc} = 332.1 \text{ mm}$$

Gruppe von Schraubenreihen, Gruppe 2:

Abminderungsbeiwert für die Interaktion mit Schubbeanspruchung $\beta = 1 \Rightarrow \omega = 0.575$

Tragfähigkeit eines nicht ausgesteiften Stützenstegs mit Querkzug

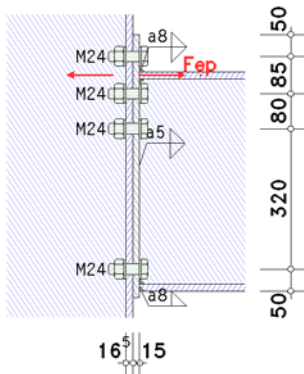
$$F_{t,wc,Rd} = \omega \cdot (b_{eff,t,wc} \cdot t_{wc} \cdot f_{y,wc}) / \gamma_{M0} = 528.77 \text{ kN}, \quad b_{eff,t,wc} = 412.1 \text{ mm}$$

Tragfähigkeiten eines Stützenstegs mit Querkzug (je Schraubengruppe):

$$F_{t,wc,Rd,1-2} = 487.12 \text{ kN}, \quad \Sigma b_{eff,t,wc} = 332.1 \text{ mm} \quad (\text{s. Gk 4}), \quad 2 \text{ Reihen}$$

$$F_{t,wc,Rd,1-3} = 528.77 \text{ kN}, \quad \Sigma b_{eff,t,wc} = 412.1 \text{ mm} \quad (\text{s. Gk 4}), \quad 3 \text{ Reihen}$$

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.

Überstehender Teil des Stirnblechs

Im überstehenden Teil des Stirnblechs wird nur eine Schraubenreihe ($n_b = 1$) betrachtet.

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

$$\text{für Modus 1: } \Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 120.0 \text{ mm}, \quad l_{eff,cp} = 163.0 \text{ mm}$$

$$\text{für Modus 2: } \Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 120.0 \text{ mm}$$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

$$\text{für Modus 1+2: } M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 1.59 \text{ kNm}$$

$$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 253.80 \text{ kN}, \quad k_2 = 0.90$$

$$\text{für Modus 3: } \Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 507.60 \text{ kN}$$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 244.52 \text{ kN}$$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 336.34 \text{ kN}$$

Modus 3: Schraubenversagen

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 507.60 \text{ kN}$$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 244.52 \text{ kN}$

Tragfähigkeit und effektive Länge eines Stirnblechs mit Biegung (Überstand)

$$F_{t,ep,Rd,1} = 244.52 \text{ kN}, \quad l_{eff,1} = 120.0 \text{ mm}$$

Teil des Stirnblechs zwischen den Trägerflanschen

Äquivalenter T-Stummelflansch (jede einzelne Schraubenreihe):

hier: Anzahl Schraubenreihen $n_b = 1$

Reihe 2

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

$$\text{für Modus 1: } \Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 309.4 \text{ mm}, \quad l_{eff,cp} = 309.4 \text{ mm}$$

$$\text{für Modus 2: } \Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 354.6 \text{ mm}$$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

$$\text{für Modus 1: } M_{pl,1,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 4.09 \text{ kNm}$$

für Modus 2: $M_{pl,2,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,2} \cdot t^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 4.69 \text{ kNm}$

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 253.80 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 507.60 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 332.22 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 364.61 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 507.60 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 332.22 \text{ kN}$

Reihe 3

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 272.0 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 309.4 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 272.0 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 3.60 \text{ kNm}$

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 253.80 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 507.60 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 292.03 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 344.61 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 507.60 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 292.03 \text{ kN}$

Reihe 4

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 309.4 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 309.4 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 354.6 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1: $M_{pl,1,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,1} \cdot t^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 4.09 \text{ kNm}$

für Modus 2: $M_{pl,2,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,2} \cdot t^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 4.69 \text{ kNm}$

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 253.80 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 507.60 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 332.22 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 364.61 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 507.60 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 332.22 \text{ kN}$

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

$F_{ep,Rd,2} = 332.22 \text{ kN}$, $l_{eff,2} = 309.4 \text{ mm}$

$F_{ep,Rd,3} = 292.03 \text{ kN}$, $l_{eff,3} = 272.0 \text{ mm}$

$F_{ep,Rd,4} = 332.22 \text{ kN}$, $l_{eff,4} = 309.4 \text{ mm}$

Äquivalenter T-Stummelflansch (Schraubengruppe 1):

hier: Anzahl Schraubenreihen $n_b = 2$ ($R2+R3$)

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = \min(\Sigma l_{eff,nc}, \Sigma l_{eff,cp}) = 338.6 \text{ mm}$, $\Sigma l_{eff,cp} = 394.7 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc} = 338.6 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 4.48 \text{ kNm}$

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 253.80 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 1015.20 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 363.63 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 639.54 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 1015.20 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 363.63 \text{ kN}$

Äquivalenter T-Stummelflansch (Schraubengruppe 2):

hier: Anzahl Schraubenreihen $n_b = 3$ ($R2+R3+R4$)

Abstand der Schraubenreihen voneinander zu groß ($p_{3-2} = 80.0 \text{ mm}$, $p_{3-4} = 320.0 \text{ mm}$) \Rightarrow Gruppe geschlossen

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

$F_{ep,Rd,2-3} = 363.63 \text{ kN}$, $\Sigma l_{eff} = 338.6 \text{ mm}$, 2 Reihen

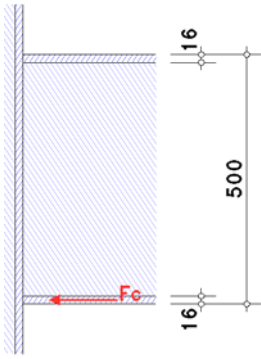
2.2.6. Gk 7: Trägerflansch und -steg mit Druckbeanspruchung

Flansch unten: Q-Klasse 1

Steg: Q-Klasse 1

Gesamt: Q-Klasse 1

Querschnittsklasse des Trägers: 1



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

Tragfähigkeit $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 515.56 \text{ kNm}$, $W_{pl} = 2193.86 \text{ cm}^3$

Tragfähigkeit eines Flanschs und Stegs mit Druck

$$F_{c,f,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_f) = 1065.20 \text{ kN}$$

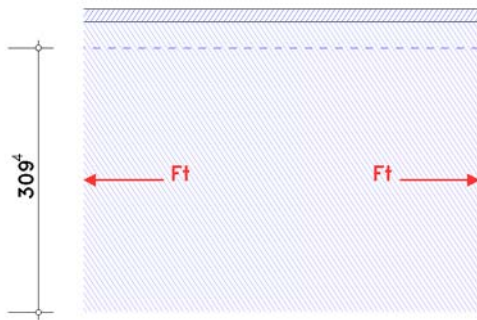
Tragfähigkeit des oberen Trägerflanschs:

Tragfähigkeit $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 515.56 \text{ kNm}$, $W_{pl} = 2193.86 \text{ cm}^3$

Tragfähigkeit eines Flanschs und Stegs mit Druck

$$F_{c,f,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_f) = 1065.20 \text{ kN}$$

2.2.7. 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 2

wirksame Breite $b_{eff,t,wb} = 309.4 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)

Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 741.64 \text{ kN}$$

Reihe 3

wirksame Breite $b_{eff,t,wb} = 272.0 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)

Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 651.92 \text{ kN}$$

Reihe 4

wirksame Breite $b_{eff,t,wb} = 309.4 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)

Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 741.64 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zug (je Schraubenreihe)

$F_{t,wb,Rd,2} = 741.64 \text{ kN}$, $b_{eff,t,wb} = 309.4 \text{ mm}$ (s. Gk 5)

$F_{t,wb,Rd,3} = 651.92 \text{ kN}$, $b_{eff,t,wb} = 272.0 \text{ mm}$ (s. Gk 5)

$F_{t,wb,Rd,4} = 741.64 \text{ kN}$, $b_{eff,t,wb} = 309.4 \text{ mm}$ (s. Gk 5)

Gruppe von Schraubenreihen, Gruppe 1:

wirksame Breite $b_{eff,t,wb} = 338.6 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)

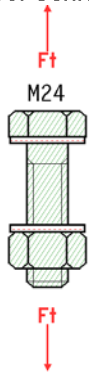
Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 811.74 \text{ kN}$$

Tragfähigkeiten eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung (je Schraubengruppe):

$F_{t,wb,Rd,2-3} = 811.74 \text{ kN}$, $\Sigma b_{eff,t,wb} = 338.6 \text{ mm}$ (s. Gk 5), 2 Reihen

2.2.8. 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 $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 253.80 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$
Durchstantragfähigkeit einer Schraube $B_{p,Rd} = (0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u) / \gamma_{M2} = 350.96 \text{ kN}$, $t_p = 15.0 \text{ mm}$
Zug-/Durchstantragfähigkeit für 2 Schrauben: $\Sigma F_{tp,Rd} = 2 \cdot \min(F_{t,Rd}, B_{p,Rd}) = 507.60 \text{ kN}$

2.3. Anschlusstragfähigkeit

Übertragungsparameter: $\beta_j = 1.00$

2.3.1. Biegetragfähigkeit

Abstand der Zug-Schraubenreihen vom Druckpunkt:

$h_1 = 527.0 \text{ mm}$, $h_2 = 442.0 \text{ mm}$, $h_3 = 362.0 \text{ mm}$, $h_4 = 42.0 \text{ mm}$

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

maßgebende Grundkomponenten: 3, 4, 5, 8

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 244.5 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 332.2 \text{ kN}$

Reihe 3: $F_{tr,Rd} = 292.0 \text{ kN}$

Reihe 4: $F_{tr,Rd} = 332.2 \text{ kN}$

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

maßgebende Grundkomponenten: 3, 4

Gruppe 1

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 244.5 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 242.6 \text{ kN}$

Gruppe 2

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 244.5 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 242.6 \text{ kN}$

Reihe 3: $F_{tr,Rd} = 41.6 \text{ kN}$

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

maßgebende Grundkomponenten: 5, 8

Gruppe 1

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 242.6 \text{ kN}$

Reihe 3: $F_{tr,Rd} = 41.6 \text{ kN}$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Zug)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 244.5 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 242.6 \text{ kN}$

Reihe 3: $F_{tr,Rd} = 41.6 \text{ kN}$

Reihe 4: $F_{tr,Rd} = 332.2 \text{ kN}$

$\Sigma F_{tr,Rd}^* = 861.0 \text{ kN}$

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

maßgebende Grundkomponenten: 1, 2, 7

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 244.5 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 108.7 \text{ kN}$

Reihe 3: $F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

Reihe 4: $F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

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

maßgebende Grundkomponente: 10

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 244.5 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 108.7 \text{ kN}$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Biegung)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 244.5 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 108.7 \text{ kN}$

Reihe 3: $F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

Reihe 4: $F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

$$\Sigma F_{tr,Rd} = 353.2 \text{ kN}$$

Mögliches Versagen durch Grundkomponente 2, 3, 5

Tragfähigkeit der Flansche (Druck)

$$\Sigma F_{c,Rd}^* = 706.4 \text{ kN}$$

Biegetragfähigkeit

$$M_{j,Rd} = \Sigma(F_{tr,Rd} \cdot h_r) = 176.9 \text{ kNm}$$

Zugtragfähigkeit

$$N_{j,t,Rd} = \Sigma F_{tr,Rd}^* = 861.0 \text{ kN}$$

Drucktragfähigkeit

$$N_{j,c,Rd} = \Sigma F_{c,Rd}^* = 706.4 \text{ kN}$$

2.3.2. Schubtragfähigkeit

Schubtragfähigkeit des Stützenstegs

maßgebende Grundkomponente: 1

$$V_{wp,Rd} = 435.83 \text{ kN}$$

2.3.3. Gesamt

$$M_{j,Rd} = 176.9 \text{ kNm} \quad N_{j,t,Rd} = 861.0 \text{ kN} \quad N_{j,c,Rd} = 706.4 \text{ kN} \quad V_{wp,Rd} = 435.8 \text{ kN}$$

2.4. Nachweise

2.4.1. Nachweis der Anschlussfähigkeit mit der Komponentenmethode

Biegemoment: $M_{Ed} = M_d = 220.00 \text{ kNm}$

Schubkraft: $V_{c,w,Ed} = M_d/z - (V_{c1} - V_{c2})/2 = 487.68 \text{ kN}$, $z = 451.1 \text{ mm}$

$$M_{Ed}/M_{j,Rd} = 1.244 > 1 \text{ nicht ok !!}$$

$$V_{c,w,Ed}/V_{wp,Rd} = 1.119 > 1 \text{ nicht ok !!}$$

2.4.2. Nachweisergebnis

Maximale Ausnutzung: $\max U = 1.244 > 1 \text{ nicht ok !!}$

Versagen beim Nachweis für Biegung: $U = 1.244$

Versagen beim Nachweis Schub im Stützensteg: $U = 1.119$

3. Endergebnis

Maximale Ausnutzung: $\max U = 1.244 > 1 \text{ nicht ok !!}$

Tragfähigkeit nicht gewährleistet !!

4. 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 Oktober 2022

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 November 2020