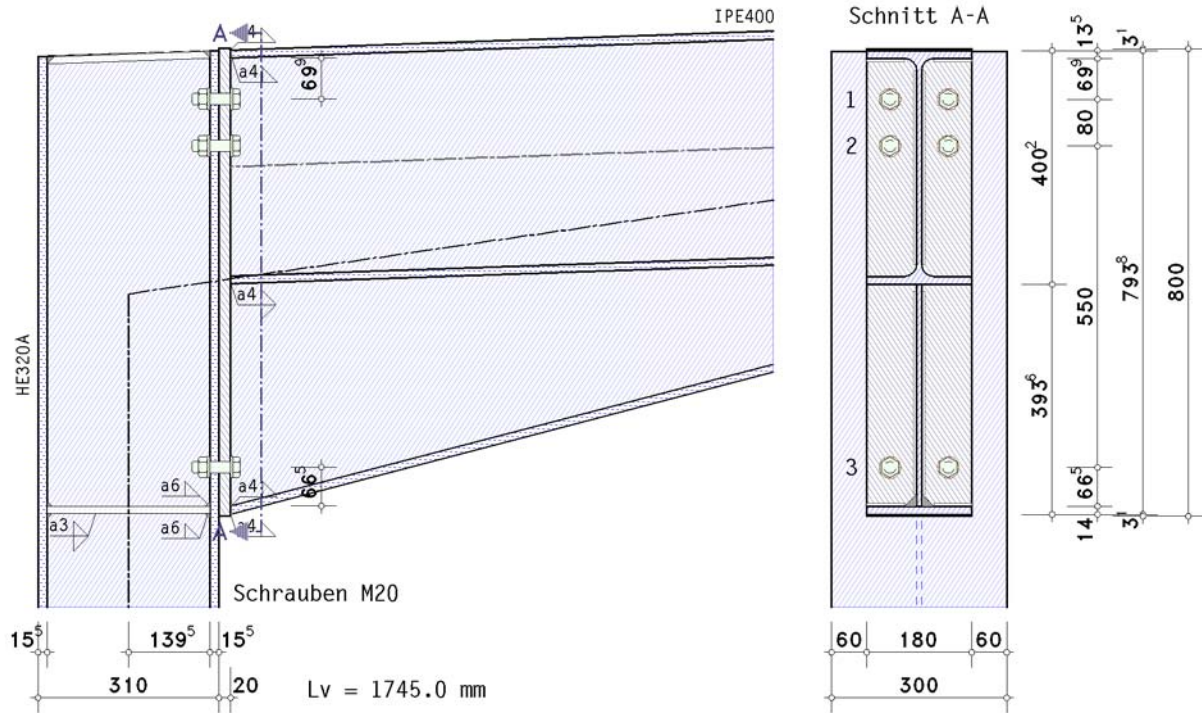


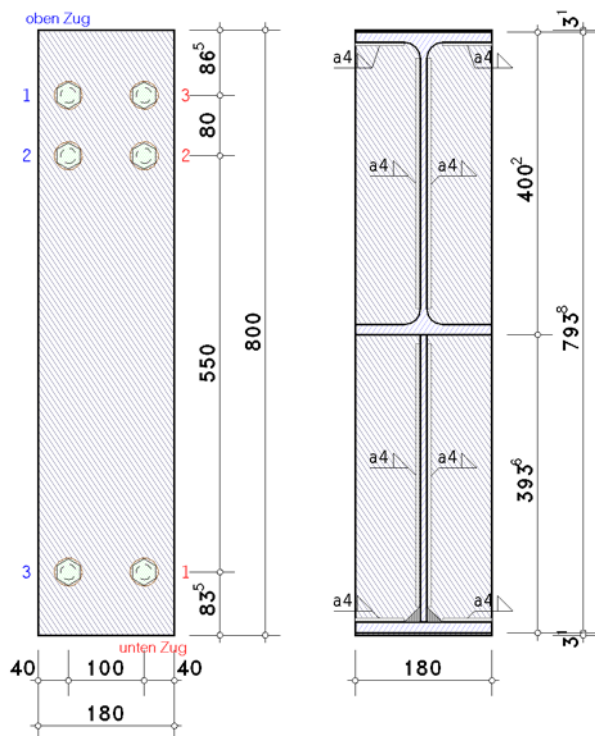
# POS. 6: KINDMANN/KRÜGER 11.5.11

## Rahmenecke

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



### Details



### Stahlsorte

Stahlgüte S 235

### Parameter der Stütze

Profil HE320A

Verstärkung des Profils durch Quersteifen (Stegsteifen in Höhe von Trägerzug- und -druckflansch,  $d_{st} = 778.9 \text{ mm}$ ):

Dicke  $t_{st} = 12.0 \text{ mm}$ , Breite  $b_{st} = 100.0 \text{ mm}$

Aussparung an den Steifen  $c_{st} = 30.0 \text{ mm}$

Schweißnähte  $a_{st,f} = 6.0 \text{ mm}$ ,  $a_{st,w} = 3.0 \text{ mm}$

### Parameter des Trägers



Profil IPE400

Neigungswinkel des Profils gegen die Horizontale  $\alpha_b = 2.00^\circ \Rightarrow$  Profilhöhe im Anschluss  $h_b = h/\cos(\alpha_b) = 400.2$  mm

Neigungswinkel der Voute gegen die Horizontale  $\alpha_v = 14.60^\circ \Rightarrow$  Voutenwinkel gegen den Träger  $\Delta\alpha_v = 12.60^\circ$

Länge der Voute  $L_v = 1745.0$  mm, Voutenhöhe im Anschluss  $h_v = L_v \cdot (\tan(\alpha_v) - \tan(\alpha_b)) = 393.6$  mm

Stegdicke  $t_{w,v} = 8.6$  mm, Flanschbreite, -dicke  $b_{f,v} = 180.0$  mm,  $t_{f,v} = 13.5$  mm

Gesamte Trägerhöhe im Anschluss  $h_{ges} = h_b + h_v = 793.8$  mm

### Schrauben

Schraube, Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M20

große Schlüsselweite (HV-Schraube), vorgespannt

Schaft liegt in der Scherfuge

### Nachweisparameter

geschraubter Stirnblechanschluss:

Dicke  $t_p = 20.0$  mm, Länge  $l_p = 800.0$  mm, Breite  $b_p = 180.0$  mm

Überstände  $h_{p,o} = 3.1$  mm,  $h_{p,u} = 3.1$  mm

Schrauben im Anschluss:

3 Schraubenreihe(n) mit je 2 Schrauben

davon 2 Schraubenreihen oben ( $M^+$ ) unter Zugbelastung (Reihen 1-2)

und 1 Schraubenreihe zur Querkraftübertragung bei Zug oben (Reihe 3)

davon 1 Schraubenreihe unten ( $M^-$ ) unter Zugbelastung (Reihe 3)

und 2 Schraubenreihen zur Querkraftübertragung bei Zug unten (Reihen 2-3)

Achsabstand der Schrauben zum seitlichen Rand des Stirnblechs  $e_2 = 40.0$  mm

Achsabstand der ersten Schraubenreihe zum oberen Rand des Stirnblechs (Endreihe)  $e_o = 86.5$  mm

Achsabstand der letzten Schraubenreihe zum unteren Rand des Stirnblechs (Endreihe)  $e_u = 83.5$  mm

Achsabstand der ersten Schraubenreihe zum freien Rand der Stütze (Endreihe)  $e_1' = 82.2$  mm

Achsabstand der Schraubenreihen voneinander  $p_{1-2} = 80.0$  mm,  $p_{2-3} = 550.0$  mm

Schweißnähte im Anschluss:

Trägerflansch oben: Kehlnaht, Nahtdicke  $a = 4.0$  mm, Öffnungswinkel  $\varphi = 88^\circ$

Trägersteg: Kehlnaht, Nahtdicke  $a = 4.0$  mm

Trägerflansch unten: Kehlnaht, Nahtdicke  $a = 4.0$  mm, Öffnungswinkel  $\varphi = 105^\circ$

### Schnittgrößen im Anschnitt der Verbindung bezogen auf die Systemachsen

Lk 1:  $N_{b1,Ed} = 37.70$  kN  $M_{b1,Ed} = 291.00$  kNm  $V_{b1,Ed} = 94.30$  kN

### Hinweise

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

Es sind einzelne Grundkomponenten ausgewählt, die ggf. die Gesamttragfähigkeit der Verbindung nicht gewährleisten.

Der Anschluss der Voute an den Träger wird nicht nachgewiesen.

Die Schweißnähte der Verbindung werden nicht nachgewiesen.

Platten- und Schubbeulen wird nicht untersucht.

## Komponentenmethode

### Abstände der Schraubenreihen am Stirnblech

Randabstand:  $e_2 = 40.0$  mm  $> 1.2 \cdot d_o = 26.4$  mm,

$e_2 = 40.0$  mm  $< 4 \cdot t_{min} + 40$  mm = 102.0 mm

Lochabstand:  $p_2 = 180.0$  mm  $> 2.4 \cdot d_o = 52.8$  mm,

$p_2 = 180.0$  mm  $< \min(14 \cdot t_{min}, 200$  mm) = 200.0 mm

Randabstand:  $e_1 = 86.5$  mm  $> 1.2 \cdot d_o = 26.4$  mm,

$e_1 = 86.5$  mm  $< 4 \cdot t_{min} + 40$  mm = 102.0 mm

Lochabstand:  $p_1 = 80.0$  mm  $> 2.2 \cdot d_o = 48.4$  mm,

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

Lochabstand:  $p_1 = 550.0$  mm  $> 2.2 \cdot d_o = 48.4$  mm,

$p_1 = 550.0$  mm  $> \min(14 \cdot t_{min}, 200$  mm) = 200.0 mm !!

Randabstand:  $e_1 = 83.5$  mm  $> 1.2 \cdot d_o = 26.4$  mm,

$e_1 = 83.5$  mm  $< 4 \cdot t_{min} + 40$  mm = 102.0 mm

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

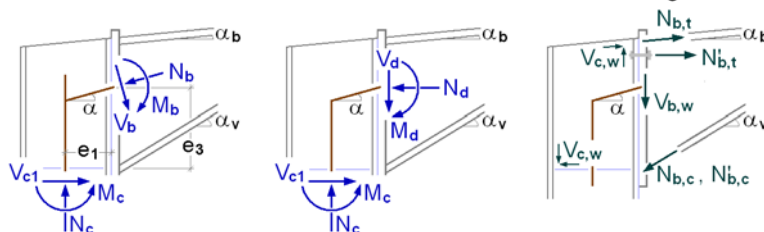
Lk 1:

## Bemessungsgrößen

Anschnitt Anschluss

$\perp$  zur Anschlussebene

Teilschnittgrößen



Neigungswinkel:  $\alpha_b = 2.0^\circ$ ,  $\alpha_v = 14.6^\circ \Rightarrow \alpha = (\alpha_b + \alpha_v)/2 = 8.3^\circ$

### Anschnitt Stütze (unten)

$N_{c,Ed} = N_{b,Ed} \cdot \sin(\alpha) + V_{b,Ed} \cdot \cos(\alpha) = 98.75$  kN

$V_{c,Ed} = N_{b,Ed} \cdot \cos(\alpha) - V_{b,Ed} \cdot \sin(\alpha) = 23.69$  kN



$$M_{c,Ed} = M_{b,Ed} - V_{c,Ed} \cdot e_3 + N_{c,Ed} \cdot e_1 = 297.20 \text{ kNm}, \quad e_1 = 155.0 \text{ mm}, \quad e_3 = 384.5 \text{ mm}$$

### Schnittgrößen senkrecht zur Anschlussebene

$$N_d = N_{b,Ed} \cdot \cos(\alpha) - V_{b,Ed} \cdot \sin(\alpha) = 23.69 \text{ kN}$$

$$M_d = M_{b,Ed} = 291.00 \text{ kNm}$$

$$V_d = N_{b,Ed} \cdot \sin(\alpha) + V_{b,Ed} \cdot \cos(\alpha) = 98.75 \text{ kN}$$

### Teilschnittgrößen

$$\text{Schnittgrößen im Anschnitt Stirnblech-Träger: } M'_d = M_d + N_d \cdot t_{ep} \cdot \tan(\alpha) - V_d \cdot t_{ep} = 289.09 \text{ kN}$$

$$N_{b,t} = (-N_d \cdot z_{bu} / z_b + M'_d / z_b) / \cos(\alpha_b) = 359.03 \text{ kN}, \quad z_b = 780.1 \text{ mm}, \quad z_{bu} = 387.4 \text{ mm}$$

$$N_{b,c} = (N_d \cdot z_{bo} / z_b + M'_d / z_b) / \cos(\alpha_v) = 395.27 \text{ kN}, \quad z_b = 780.1 \text{ mm}, \quad z_{bo} = 392.7 \text{ mm}$$

$$V_{b,w} = V_d + N_{b,c} \cdot \sin(\alpha_v) - N_{b,t} \cdot \sin(\alpha_b) = 185.86 \text{ kN}$$

## Querschnittstragfähigkeit

### Stütze

plastischer Querschnittsnachweis für  $M_{Ed} = -297.20 \text{ kNm}$ ,  $N_{Ed} = -98.75 \text{ kN}$ ,  $V_{Ed} = 23.69 \text{ kN}$

elastische Spannungen:  $\max |\sigma_x| = 20.89 \text{ kN/cm}^2$ ,  $\max \tau = 0.93 \text{ kN/cm}^2$ ,  $\max \sigma_v = 20.89 \text{ kN/cm}^2$

plastisches Grenzmoment:  $M_{pl,N,Q} = 366.42 \text{ kNm}$

Ausnutzungen: Tragfähigkeit  $U_\sigma = 0.815 < 1$  **ok.**, c/t-Verhältnis  $U_{c/t} = 0.588 < 1$  **ok.**

### Träger

plastischer Querschnittsnachweis für  $M_{Ed} = -291.00 \text{ kNm}$ ,  $N_{Ed} = -23.69 \text{ kN}$ ,  $V_{Ed} = 98.75 \text{ kN}$

elastische Spannungen:  $\max |\sigma_x| = 10.89 \text{ kN/cm}^2$ ,  $\max \tau = 1.70 \text{ kN/cm}^2$ ,  $\max \sigma_v = 10.90 \text{ kN/cm}^2$

plastisches Grenzmoment:  $M_{pl,N,Q} = 747.93 \text{ kNm}$

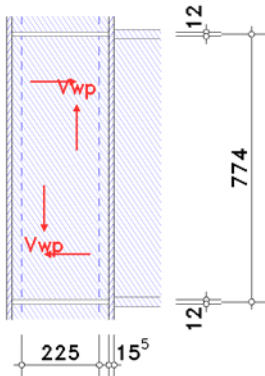
Ausnutzungen: Tragfähigkeit  $U_\sigma = 0.396 < 1$  **ok.**, c/t-Verhältnis  $U_{c/t} = 0.487 < 1$  **ok.**

## Grundkomponenten

Stirnblechanschluss: gewählte Grundkomponente(n): 1, 2, 4, 5

### Grundkomponente 1: Stützenstegfeld mit Schubbeanspruchung

Übertragungsparameter (Tabelle 5.4)  $\beta = 1.0$



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

Schlankheit des Stützenstegs  $d_c/t_{wc} = 25.00 < 69 \cdot \epsilon = 69.00 \Rightarrow$  Verfahren anwendbar

plastische Schubtragfähigkeit ohne Steifen  $V_{wp,Rd} = (0.9 \cdot f_{y,wc} \cdot A_{vc}) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0}) = 502.3 \text{ kN}$

Anordnung von zwischenliegenden Stegsteifen:

zusätzliche Tragfähigkeit  $V_{wp,add,Rd} = 4 \cdot M_{pl,fc,Rd} / d_{st} = 21.9 \text{ kN}$

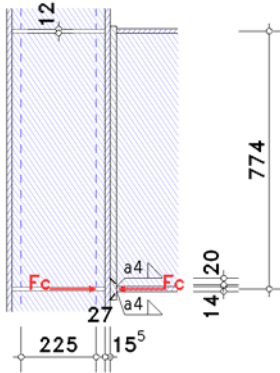
$V_{wp,add,Rd} > 2 \cdot (M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,st,Rd}) / d_{st} = 15.3 \text{ kN} \Rightarrow V_{wp,add,Rd} = 15.3 \text{ kN}$

plastische Schubtragfähigkeit mit Quersteifen  $V_{wp,Rd} = 517.6 \text{ kN}$

## Grundkomponente 2: Stützensteg mit Querdruckbeanspruchung

Übertragungsparameter (Tabelle 5.4)  $\beta = 1.0$

Maximale Längsdruckspannung im Stützensteg  $\sigma_{com,Ed} = 153.70 \text{ N/mm}^2$



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

Verstärkung des Stegs durch Quersteifen:

Voraussetzung: Steifen nicht beulgefährdet:  $c/t = 8.3 \cdot \varepsilon \leq 9 \cdot \varepsilon \Rightarrow$  Q-Klasse  $1 \leq 2$  **ok.**

Mindestanforderung an das Trägheitsmoment der Steifen:

Länge des Beulfeldes (Abstand der Steifen)  $a = 774.0 \text{ mm}$

Steghöhe zwischen den Flanschen  $h_{wc} = 279.0 \text{ mm}$

Trägheitsmoment der Steifen  $I_{st} = 912.93 \text{ cm}^4$

Mindestträgheitsmoment für  $a/h_{wc} = 2.77 \geq 2^{1/2}$ :  $I_{st,min} = 15.25 \text{ cm}^4 < I_{st}$  **ok.**

Anforderung an die Steifen zur Vermeidung von Drillknicken:

Torsionsträgheitsmoment der Steifen  $I_T = 5.76 \text{ cm}^4$

polares Trägheitsmoment der Steifen  $I_p = 101.44 \text{ cm}^4$

$I_T / I_p \approx 0.057 > 0.006 = 5.3 \cdot f_{y,st} / E_{st}$  **ok.**

Tragfähigkeit des ausgesteiften Stegs mit Querdruckbeanspruchung:

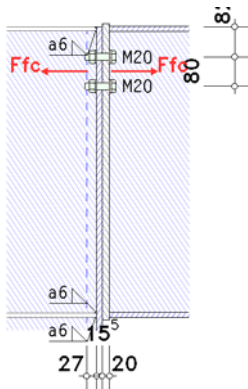
Fläche der Steifen einschl. Steg  $A_{st} = 25.08 \text{ cm}^2$

Schlankheitsgrad  $\lambda = 0.049$

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

Bemessungswert für die Beanspruchbarkeit auf Biegeknicken  $F_{c,w,Rd} = 535.8 \text{ kN}$

## Grundkomponente 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 maßgebend):

hier: Anzahl Schraubenreihen  $n_b = 1$

Reihe 1

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stützenflansch):

für Modus 1:  $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 150.2 \text{ mm}$ ,  $l_{eff,cp} = 150.2 \text{ mm}$

für Modus 2:  $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 192.5 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1:  $M_{pl,1,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 2.12 \text{ kNm}$

für Modus 2:  $M_{pl,2,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 2.72 \text{ kNm}$

für Modus 3:  $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 352.80 \text{ kN}$

$L_b = 57.8 \text{ mm} > 52.6 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow$  keine Abstützkräfte !

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

$F_{T,1-2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 177.37 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 352.80 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs:  $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1-2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 177.37 \text{ kN}$

Reihe 2

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stützenflansch):

für Modus 1:  $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 150.2 \text{ mm}$ ,  $l_{eff,cp} = 150.2 \text{ mm}$

für Modus 2:  $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 220.6 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1:  $M_{pl,1,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 2.12 \text{ kNm}$

für Modus 2:  $M_{pl,2,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 3.11 \text{ kNm}$

für Modus 3:  $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 352.80 \text{ kN}$

$L_b = 57.8 \text{ mm} > 52.6 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow$  keine Abstützkräfte !

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

$F_{T,1-2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 177.37 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 352.80 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs:  $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1-2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 177.37 \text{ kN}$

#### Tragfähigkeiten eines Stützenflanschs mit Biegung (je Schraubenreihe)

$F_{fc,Rd,1} = 177.4 \text{ kN}$ , zugeh.  $l_{eff} = 150.2 \text{ mm}$

$F_{fc,Rd,2} = 177.4 \text{ kN}$ , zugeh.  $l_{eff} = 150.2 \text{ mm}$

#### Äquivalenter T-Stummelflansch (Gruppe von Schraubenreihen maßgebend):

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

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stützenflansch):

für Modus 1:  $\Sigma l_{eff,1} = \min(\Sigma l_{eff,nc}, \Sigma l_{eff,cp}) = 272.5 \text{ mm}$ ,  $\Sigma l_{eff,cp} = 310.2 \text{ mm}$

für Modus 2:  $\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc} = 272.5 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2:  $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 3.85 \text{ kNm}$

für Modus 3:  $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 705.60 \text{ kN}$

$L_b = 57.8 \text{ mm} \leq 58.0 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow$  Abstützkräfte können auftreten !

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs (Verfahren 1)

$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 643.63 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 535.03 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

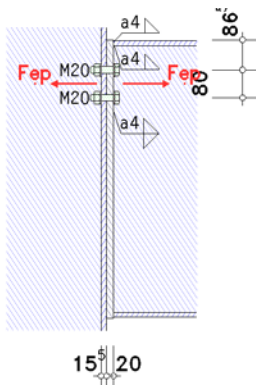
$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 705.60 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs:  $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 535.03 \text{ kN}$

#### Tragfähigkeit eines Stützenflanschs mit Biegung (Schraubengruppe, 2 Reihen)

$F_{fc,Rd} = 535.0 \text{ kN}$ , zugeh.  $l_{eff} = 272.5 \text{ mm}$

#### Grundkomponente 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 maßgebend):

hier: Anzahl Schraubenreihen  $n_b = 1$

Reihe 1

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1:  $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 218.8 \text{ mm}$ ,  $l_{eff,cp} = 258.7 \text{ mm}$

für Modus 2:  $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 218.8 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2:  $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 5.14 \text{ kNm}$

für Modus 3:  $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 352.80 \text{ kN}$

$L_b = 57.8 \text{ mm} \leq 86.0 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow$  Abstützkräfte können auftreten !

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs (Verfahren 1)

$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 499.41 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 300.51 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 352.80 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs:  $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 300.51 \text{ kN}$

Reihe 2

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1:  $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 214.7 \text{ mm}$ ,  $l_{eff,cp} = 258.7 \text{ mm}$

für Modus 2:  $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 214.7 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:



für Modus 1+2:  $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 5.05 \text{ kNm}$

für Modus 3:  $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 352.80 \text{ kN}$

$L_b = 57.8 \text{ mm} \leq 87.6 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow$  Abstützkräfte können auftreten !

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs (Verfahren 1)

$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 490.15 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 298.16 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 352.80 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs:  $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 298.16 \text{ kN}$

#### Tragfähigkeiten eines Stirnblechs mit Biegung (je Schraubenreihe):

$F_{ep,Rd,1} = 300.5 \text{ kN}$ , zugeh.  $l_{eff} = 218.8 \text{ mm}$

$F_{ep,Rd,2} = 298.2 \text{ kN}$ , zugeh.  $l_{eff} = 214.7 \text{ mm}$

#### Äquivalenter T-Stummelflansch (Gruppe von Schraubenreihen maßgebend):

hier: Anzahl Schraubenreihen  $n_b = 2$

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1:  $\Sigma l_{eff,1} = \min(\Sigma l_{eff,nc}, \Sigma l_{eff,cp}) = 298.8 \text{ mm}$ ,  $\Sigma l_{eff,cp} = 418.7 \text{ mm}$

für Modus 2:  $\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc} = 298.8 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2:  $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 7.02 \text{ kNm}$

für Modus 3:  $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 705.60 \text{ kN}$

$L_b = 57.8 \text{ mm} \leq 125.9 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow$  Abstützkräfte können auftreten !

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs (Verfahren 1)

$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 682.04 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 520.67 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 705.60 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs:  $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 520.67 \text{ kN}$

#### Tragfähigkeit eines Stirnblechs mit Biegung (Schraubengruppe, 2 Reihe(n))

$F_{t,ep,Rd} = 520.7 \text{ kN}$ , zugeh.  $l_{eff} = 298.8 \text{ mm}$

## Nachweise

äquivalenter Hebelarm für 2 Schraubenreihen:  $z_{eq} = \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r^2) / \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r) = 664.9 \text{ mm}$

#### Nachweis der Anschlusstragfähigkeit mit Teilschnittgrößen

Schubkraft im Stützenstegfeld:

$V_{wp,Ed} = M_{d,w}/z - V_d/2 = 428.00 \text{ kN}$ ,  $M_{d,w} = 292.5 \text{ kNm}$ ,  $z = z_{eq} = 664.9 \text{ mm}$

Zugkraft in den Schraubenreihen:

$N'_{b,t} = (-N_d \cdot z_{bu} + M_d)/z = 423.93 \text{ kN}$ ,  $z = z_{eq} = 664.9 \text{ mm}$ ,  $z_{bu} = 384.5 \text{ mm}$

Druckkraft bezogen auf die Zugkraft in den Schraubenreihen:

$N'_{b,c} = (N_d \cdot z_{bo} + M_d)/z = 447.62 \text{ kN}$ ,  $z = z_{eq} = 664.9 \text{ mm}$ ,  $z_{bo} = 280.4 \text{ mm}$

Gk 1:  $F_{Rd} = V_{wp,Rd}/\beta = 517.6 \text{ kN}$ ,  $F_{Ed} = |V_{wp,Ed}| = 428.00 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 428.0 \text{ kN} < F_{Rd} = 517.6 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.827 < 1$  **ok.**

Gk 2:  $F_{Rd} = F_{c,w,Rd} = 535.8 \text{ kN}$ ,  $F_{Ed} = N'_{b,c} = 447.62 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 447.6 \text{ kN} < F_{Rd} = 535.8 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.835 < 1$  **ok.**

Gk 4:  $F_{Rd} = \min(\Sigma F_{t,fc,Rd,i}, F_{t,fc,Rd}) = 354.7 \text{ kN}$ ,  $F_{Ed} = N'_{b,t} = 423.93 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 423.9 \text{ kN} > F_{Rd} = 354.7 \text{ kN} \Rightarrow U = 1.195 > 1$  **nicht ok. !!**

Gk 5:  $F_{Rd} = \min(\Sigma F_{t,ep,Rd,i}, F_{t,ep,Rd}) = 520.7 \text{ kN}$ ,  $F_{Ed} = N'_{b,t} = 423.93 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 423.9 \text{ kN} < F_{Rd} = 520.7 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.814 < 1$  **ok.**

Gesamtausnutzung  $U_{Gk} = 1.195 > 1$  **nicht ok. !!**

#### Nachweis der Stegsteifen (Rippen)

##### Stütze

Drucksteife:  $F_{c,Ed} = 447.62 \text{ kN}$

Kräfte je Rippe

$F = 0.5 \cdot F_{c,Ed} \cdot (b_f \cdot 2 \cdot r \cdot t_w) / b_f = 176.8 \text{ kN}$ ,  $H = F \cdot e_F / e_H = 41.2 \text{ kN}$

Voraussetzung: Steifen nicht beulgefährdet:  $c/t = 8.3 \cdot \epsilon \leq 9 \cdot \epsilon \Rightarrow$  Q-Klasse  $1 \leq 2$  **ok.**

Querschnitt am Flansch

Drucktragfähigkeit:  $F_{c,Rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 197.40 \text{ kN}$

Bemessungsgröße  $F_{Ed} = (F^2 + 3 \cdot H^2)^{1/2} = 190.7 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 190.7 \text{ kN} < F_{Rd} = 197.4 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.966 < 1$  **ok.**

Querschnitt am Steg

Schubtragfähigkeit:  $V_{p,Rd} = (f_y \cdot A_v) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0}) = 454.25 \text{ kN}$

Bemessungsgröße  $F_{Ed} = F = 176.8 \text{ kN}$



$F_{Ed} = 176.8 \text{ kN} < F_{Rd} = 454.2 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.389 < 1$  **ok.**

Schweißnähte am Flansch

Bemessungsgrößen  $F_{Ed}(\sigma_s) = F / (2 \cdot b_1) = 12.63 \text{ kN/cm}$ ,  $F_{Ed}(\tau_p) = H / (2 \cdot b_1) = 2.94 \text{ kN/cm}$ ,  $b_1 = 70.0 \text{ mm}$

$\sigma_{1,w,Ed} = 22.70 \text{ kN/cm}^2 < f_{1,w,Rd} = 36.00 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow$  Ausnutzung  $U = 0.630 < 1$  **ok.**

$\sigma_{2,w,Ed} = 21.05 \text{ kN/cm}^2 < f_{2,w,Rd} = 25.92 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow$  Ausnutzung  $U = 0.812 < 1$  **ok.**

Schweißnähte am Steg

Bemessungsgröße  $F_{Ed}(\tau_p) = F / (2 \cdot l_1) = 4.04 \text{ kN/cm}$ ,  $l_1 = 219.0 \text{ mm}$

$\sigma_{1,w,Ed} = 23.31 \text{ kN/cm}^2 < f_{1,w,Rd} = 36.00 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow$  Ausnutzung  $U = 0.647 < 1$  **ok.**

### Nachweisergebnis

Maximale Ausnutzung:  $\max U = 1.195 > 1$  **nicht ok. !!**

Fehler bei Berechnung der Tragfähigkeit mit Teilschnittgrößen

**Endergebnis**

Maximale Ausnutzung:  $\max U = 1.195 > 1$  **nicht ok. !!**

**Tragfähigkeit nicht gewährleistet !!**

Der Nachweis konnte nicht erbracht werden, s. Lk 1 !!