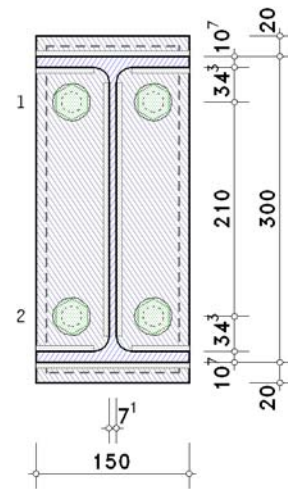
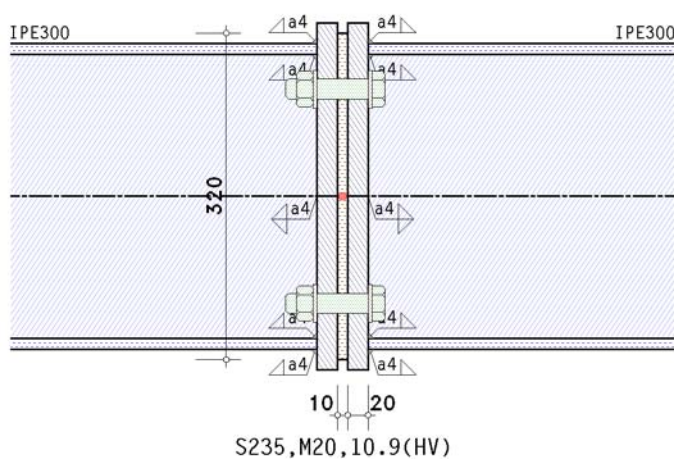
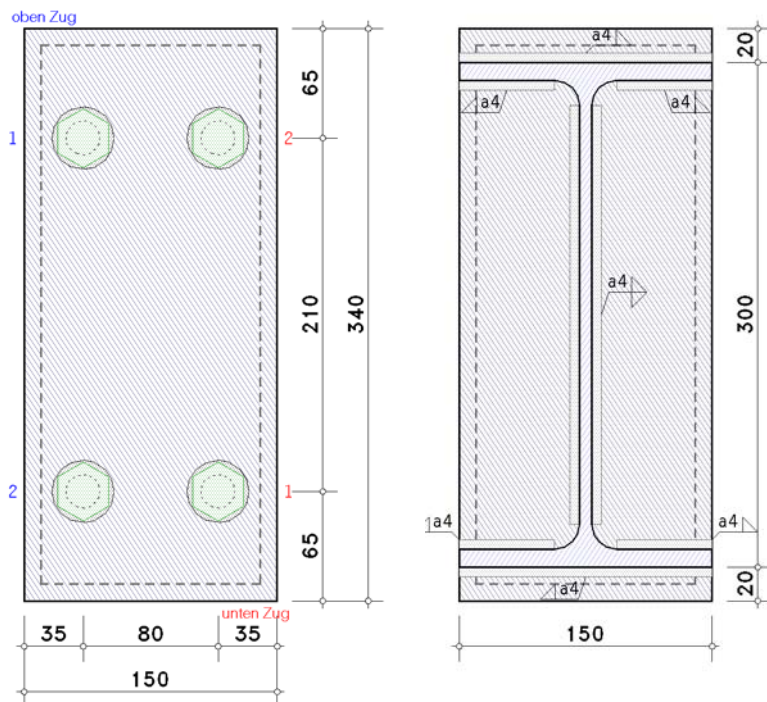


## 1. Eingabeprotokoll



### Details



### Stahlsorte

Stahlgüte S235

### Schrauben

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M20

große Schlüsselweite (HV-Schraube), vorgespannt (zur Info: Regelvorspannkraft  $F_{p,c}^* = 0.7 \cdot f_{yb} \cdot A_s = 154.3 \text{ kN}$ )

Schaft in der Scherfuge

### Parameter des Trägers

Profil IPE300

### Nachweisparameter

geschraubter Stirnblechanschluss

Stirnblech: Dicke  $t_p = 20.0 \text{ mm}$ , Breite  $b_p = 150.0 \text{ mm}$ , Länge  $l_p = 340.0 \text{ mm}$

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

thermische Trennschicht (nach Art des Kerncompactlagers der Calenberg Ingenieure GmbH, Zulassung bis 2016):

Dicke  $t_e = 10.0 \text{ mm}$ , Breite  $b_e = 130.0 \text{ mm}$ , Länge  $l_e = 320.0 \text{ mm}$

Randabstand  $\bar{u}_e = 10.0 \text{ mm}$ , Materialsicherheit  $\gamma_e = 1.00$ , Vorspannkraft je Schraube  $F_{p,c} = 0.0 \text{ kN}$

Schrauben im Anschluss:

2 Schraubenreihen mit je 2 Schrauben

alle Schraubenreihen einzeln betrachtet

alle Schraubenreihen zur Querkraftübertragung (Reihen 1-2)

Schraubengruppen automatisch bilden, Berücks. der maßgebenden Gruppe

Achsabstand der Schrauben zum seitlichen Rand des Stirnblechs  $e_2 = 35.0 \text{ mm}$   
 Achsabstand der ersten Schraubenreihe zum oberen Rand des Stirnblechs (Endreihe)  $e_o = 65.0 \text{ mm}$   
 Achsabstand der letzten Schraubenreihe zum unteren Rand des Stirnblechs (Endreihe)  $e_u = 65.0 \text{ mm}$   
 Achsabstand der Schraubenreihen voneinander  $p_{1-2} = 210.0 \text{ mm}$

Schweißnähte im Anschluss:

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

### Schnittgrößen im Schnittpunkt der Systemachsen

Lk 1: Nr.2

$$N_{j,b,Ed} = -896.00 \text{ kN}$$

### Material Sicherheitsbeiwerte

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

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

### Hinweise

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

Verbindungen können jedoch mit vorgespannten HV-Schrauben ausgeführt werden.

Die Querschnittsprofile werden nicht nachgewiesen.

### Datencheck

ok

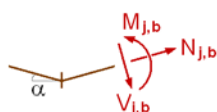
### Schraubenabstände am Stirnblech

horizontal:  $e_2 = 35.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_o = 26.4 \text{ mm}$ ,  $e_2 = 35.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 120.0 \text{ mm}$   
 horizontal:  $p_2 = 80.0 \text{ mm} > 2.4 \cdot d_o = 52.8 \text{ mm}$ ,  $p_2 = 80.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 200.0 \text{ mm}$   
 oben-unten:  $e_1 = 65.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_o = 26.4 \text{ mm}$ ,  $e_1 = 65.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 120.0 \text{ mm}$   
 oben-unten:  $p_1 = 210.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_o = 48.4 \text{ mm}$ ,  $p_1 = 210.0 \text{ mm} > \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 200.0 \text{ mm} \quad !!$   
 oben-unten:  $e_1 = 65.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_o = 26.4 \text{ mm}$ ,  $e_1 = 65.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 120.0 \text{ mm}$   
 Maximale Rand- und Lochabstände sollten zur Vermeidung von Korrosion sowie zur Verhinderung lokalen Beulens eingehalten werden.

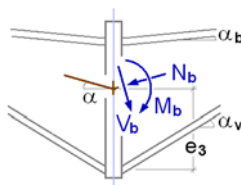
## 2. Lk 1: Nr.2

### 2.1. Bemessungsgrößen

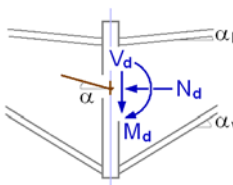
Knotenschnittgrößen



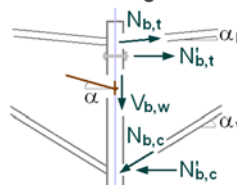
Anschnitt Anschluss



⊥ zur Anschlussebene



Teilschnittgrößen



Vorzeichendefinition der Statik: eine positive Normalkraft bedeutet Zug, ein positives Moment erzeugt unten Zug  
 ⇒ Transformation nach EC3: eine positive Normalkraft bedeutet Druck, ein positives Moment erzeugt oben Zug

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

Schnittgrößen im Schnittpunkt der Systemachsen (Eingabe Träger)

$$N_{j,b,Ed} = -896.00 \text{ kN}$$

Transformation Statik-KoS -> EC3-KoS

$$N_{j,b,Ed} = 896.00 \text{ kN}$$

Transformation Knotengrößen -> Anschlussgrößen

$$N_{b,Ed} = 896.00 \text{ kN}$$

Transformation Anschlussgrößen -> Bemessungsgrößen

$$N_d = 896.00 \text{ kN}$$

### Schnittgrößen senkrecht zu den Anschlussebenen

Anschnitt Träger

$$N_d = 896.00 \text{ kN}$$

$|N_{b,Ed}| = 896.00 \text{ kN} > 5\% \cdot N_{pl,Rd} = 63.23 \text{ kN} \Rightarrow$  Nachweis mit Teilschnittgrößen

mit  $N_{pl,Rd} = A_b \cdot f_{yb} / \gamma_{M0} = 1264.58 \text{ kN}$

### Teilschnittgrößen

Schnittgrößen im Anschnitt Stirnblech-Träger:  $M'_d = M_d - V_d \cdot t_p = 0.00 \text{ kNm}$

$$N_{b,t} = -N_d \cdot z_{bu} / z_b + M'_d / z_b = -448.00 \text{ kN}, \quad z_b = 289.3 \text{ mm}, \quad z_{bu} = 144.6 \text{ mm} < 0 \quad (\text{Druckanschluss})$$

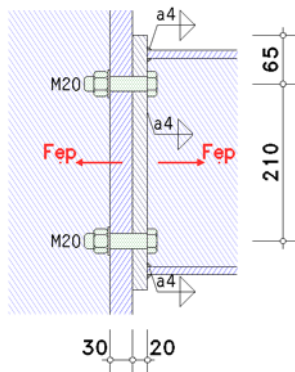
$$N_{b,c} = N_d \cdot z_{bo} / z_b + M'_d / z_b = 448.00 \text{ kN}, \quad z_b = 289.3 \text{ mm}, \quad z_{bo} = 144.6 \text{ mm}$$

Die Komponentenmethode n. EC 3-1-8 gilt für überwiegend biegebeanspruchte Anschlüsse !!

## 2.2. Grundkomponenten

Trägerstoß mit Stirnblech: Grundkomponenten: 5, 7, 8, 10, 11, 12, 15

### 2.2.1. 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

Abstand der Schraubenachse von der Steife  $m_2 = 29.8 \text{ mm}$

Abstand der Schraubenachse vom Flanschrand  $e = 35.0 \text{ mm}$

Abstand der Schraubenachse vom Stummelsteg  $m = 31.9 \text{ mm}$

Wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech)

innere Schraubenreihe neben dem Trägerzugflansch

Beiwert für ausgesteifte Stützenflansche/Stirnbleche:

Eingabewerte  $\lambda_1 = m / (m+e) = 0.477$ ,  $\lambda_2 = m_2 / (m+e) = 0.445 \Rightarrow \alpha = 5.91$  (berechnet)

$l_{\text{eff,cp,si}} = 2 \cdot \pi \cdot m = 200.6 \text{ mm}$

$l_{\text{eff,nc,si}} = \alpha \cdot m = 188.8 \text{ mm}$

für Modus 1:  $\Sigma l_{\text{eff},1} = l_{\text{eff},1} = \min(l_{\text{eff,nc}}, l_{\text{eff,cp}}) = 188.8 \text{ mm}$

für Modus 2:  $\Sigma l_{\text{eff},2} = l_{\text{eff},2} = l_{\text{eff,nc}} = 188.8 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs

$n = \min(e_{\text{min}}, 1.25 \cdot m) = 35.0 \text{ mm}$ ,  $e_{\text{min}} = 35.0 \text{ mm}$ ,  $m = 31.9 \text{ mm}$

aufnehmbare plastische Momente:

für Modus 1+2:  $M_{\text{pl,Rd}} = (0.25 \cdot \Sigma l_{\text{eff}} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 4.44 \text{ kNm}$ ,  $t_f = 20.0 \text{ mm}$ ,  $f_y = 235.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_{M0} = 1.00$

Bemessungswert der Zugtragfähigkeit:

Zugtragfähigkeit einer Schraube:  $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.40 \text{ kN}$ ,  $k_2 = 0.90$ ,  $f_{ub} = 1000.0 \text{ N/mm}^2$

für Modus 3:  $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 352.80 \text{ kN}$ ,  $n_b = 1$

Dehnlänge einer Schraube  $L_b = t_{\text{ges}} + t_p + (t_k + t_m)/2 = 68.8 \text{ mm}$ ,  $t_{\text{ges}} = 50.0 \text{ mm}$

Grenzdehnlänge  $L_b^* = (8.8 \cdot m^3 \cdot A_s \cdot n_b) / (\Sigma l_{\text{eff},1} \cdot t_f^3) = 46.5 \text{ mm}$ ,  $n_b = 1$

$L_b = 68.8 \text{ mm} > 46.5 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow$  keine Abstützkräfte !

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

$F_{T,1-2,Rd} = (2 \cdot M_{\text{pl},1,Rd}) / m = 277.91 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

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

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs:  $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1-2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 277.91 \text{ kN}$

Tragfähigkeit einer Schweißnaht (Bed.1):  $f_{1w,d} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_u = 360.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\beta_w = 0.80$

Zugtragfähigkeit der Schweißnähte:  $F_{T,w,Rd} = 2^{1/2} \cdot f_{1w,d} \cdot a \cdot l_{\text{eff}} = 384.42 \text{ kN}$  ( $\geq 277.91 \text{ kN}$ , nicht maßgebend)

Reihe 2

Abstand der Schraubenachse von der Steife  $m_2 = 29.8 \text{ mm}$

Abstand der Schraubenachse vom Flanschrand  $e = 35.0 \text{ mm}$

Abstand der Schraubenachse vom Stummelsteg  $m = 31.9 \text{ mm}$

Wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech)

innere Schraubenreihe neben dem Trägerzugflansch

Beiwert für ausgesteifte Stützenflansche/Stirnbleche:

Eingabewerte  $\lambda_1 = m / (m+e) = 0.477$ ,  $\lambda_2 = m_2 / (m+e) = 0.445 \Rightarrow \alpha = 5.91$  (berechnet)

$l_{\text{eff,cp,si}} = 2 \cdot \pi \cdot m = 200.6 \text{ mm}$

$l_{\text{eff,nc,si}} = \alpha \cdot m = 188.8 \text{ mm}$

für Modus 1:  $\Sigma l_{\text{eff},1} = l_{\text{eff},1} = \min(l_{\text{eff,nc}}, l_{\text{eff,cp}}) = 188.8 \text{ mm}$

für Modus 2:  $\Sigma l_{\text{eff},2} = l_{\text{eff},2} = l_{\text{eff,nc}} = 188.8 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs

$n = \min(e_{\text{min}}, 1.25 \cdot m) = 35.0 \text{ mm}$ ,  $e_{\text{min}} = 35.0 \text{ mm}$ ,  $m = 31.9 \text{ mm}$

aufnehmbare plastische Momente:

für Modus 1+2:  $M_{\text{pl,Rd}} = (0.25 \cdot \Sigma l_{\text{eff}} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 4.44 \text{ kNm}$ ,  $t_f = 20.0 \text{ mm}$ ,  $f_y = 235.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_{M0} = 1.00$

Bemessungswert der Zugtragfähigkeit:

Zugtragfähigkeit einer Schraube:  $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.40 \text{ kN}$ ,  $k_2 = 0.90$ ,  $f_{ub} = 1000.0 \text{ N/mm}^2$

für Modus 3:  $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 352.80 \text{ kN}$ ,  $n_b = 1$

Dehnlänge einer Schraube  $L_b = t_{\text{ges}} + t_p + (t_k + t_m)/2 = 68.8 \text{ mm}$ ,  $t_{\text{ges}} = 50.0 \text{ mm}$

Grenzdehnlänge  $L_b^* = (8.8 \cdot m^3 \cdot A_s \cdot n_b) / (\Sigma l_{\text{eff},1} \cdot t_f^3) = 46.5 \text{ mm}$ ,  $n_b = 1$

$L_b = 68.8 \text{ mm} > 46.5 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow$  keine Abstützkräfte !

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

$$F_{T,1-2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 277.91 \text{ kN}$$

Modus 3: Schraubenversagen

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

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs:  $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1-2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 277.91 \text{ kN}$

Tragfähigkeit einer Schweißnaht (Bed.1):  $f_{1w,d} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_u = 360.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\beta_w = 0.80$

Zugtragfähigkeit der Schweißnähte:  $F_{T,w,Rd} = 2^{1/2} \cdot f_{1w,d} \cdot a \cdot l_{eff} = 384.42 \text{ kN}$  ( $\geq 277.91 \text{ kN}$ , nicht maßgebend)

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

$$F_{ep,Rd,1} = 277.91 \text{ kN}, \quad l_{eff,1} = 188.8 \text{ mm}$$

$$F_{ep,Rd,2} = 277.91 \text{ kN}, \quad l_{eff,2} = 188.8 \text{ mm}$$

**Äquivalenter T-Stummelflansch (Schraubengruppe 1):**

hier: Anzahl Schraubenreihen  $n_b = 2$

**Reihe 1**

Abstand der Schraubenachse von der Steife  $m_2 = 29.8 \text{ mm}$

Abstand der Schraubenachse vom Flanschrand  $e = 35.0 \text{ mm}$

Abstand der Schraubenachse vom Stummelsteg  $m = 31.9 \text{ mm}$

Abstand der Schraubenreihen voneinander  $p = 210.0 \text{ mm}$

innere Schraubenreihe neben dem Trägerzugflansch

Beiwert für ausgesteifte Stützenflansche/Stirnbleche:

$$\text{Eingabewerte } \lambda_1 = m / (m+e) = 0.477, \quad \lambda_2 = m_2 / (m+e) = 0.445 \Rightarrow \alpha = 5.91 \text{ (berechnet)}$$

$$l_{eff,cp,si} = \pi \cdot m + p = 310.3 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc,si} = 0.5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e) = 208.0 \text{ mm}$$

**Reihe 2**

Abstand der Schraubenachse von der Steife  $m_2 = 29.8 \text{ mm}$

Abstand der Schraubenachse vom Flanschrand  $e = 35.0 \text{ mm}$

Abstand der Schraubenachse vom Stummelsteg  $m = 31.9 \text{ mm}$

Abstand der Schraubenreihen voneinander  $p = 210.0 \text{ mm}$

innere Schraubenreihe neben dem Trägerzugflansch

Beiwert für ausgesteifte Stützenflansche/Stirnbleche:

$$\text{Eingabewerte } \lambda_1 = m / (m+e) = 0.477, \quad \lambda_2 = m_2 / (m+e) = 0.445 \Rightarrow \alpha = 5.91 \text{ (berechnet)}$$

$$l_{eff,cp,si} = \pi \cdot m + p = 310.3 \text{ mm}$$

$$l_{eff,nc,si} = 0.5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e) = 208.0 \text{ mm}$$

**Wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech)**

für Modus 1:  $\Sigma l_{eff,1} = \min(\Sigma l_{eff,nc}, \Sigma l_{eff,cp}) = 416.1 \text{ mm}$ ,  $\Sigma l_{eff,cp} = 620.6 \text{ mm}$

für Modus 2:  $\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc} = 416.1 \text{ mm}$

**Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs**

$n = \min(e_{min}, 1.25 \cdot m) = 35.0 \text{ mm}$ ,  $e_{min} = 35.0 \text{ mm}$ ,  $m = 31.9 \text{ mm}$

aufnehmbare plastische Momente:

für Modus 1+2:  $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 9.78 \text{ kNm}$ ,  $t_f = 20.0 \text{ mm}$ ,  $f_y = 235.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_{M0} = 1.00$

Bemessungswert der Zugtragfähigkeit:

Zugtragfähigkeit einer Schraube:  $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.40 \text{ kN}$ ,  $k_2 = 0.90$ ,  $f_{ub} = 1000.0 \text{ N/mm}^2$

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

Dehnlänge einer Schraube  $L_b = t_{ges} + t_p + (t_k + t_m) / 2 = 68.8 \text{ mm}$ ,  $t_{ges} = 50.0 \text{ mm}$

Grenzdehnlänge  $L_b^* = (8.8 \cdot m^3 \cdot A_s \cdot n_b) / (\Sigma l_{eff,1} \cdot t_f^3) = 42.1 \text{ mm}$ ,  $n_b = 2$

$L_b = 68.8 \text{ mm} > 42.1 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow$  keine Abstützkräfte!

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

$$F_{T,1-2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 612.58 \text{ kN}$$

Modus 3: Schraubenversagen

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

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs:  $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1-2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 612.58 \text{ kN}$

Tragfähigkeit einer Schweißnaht (Bed.1):  $f_{1w,d} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $f_u = 360.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\beta_w = 0.80$

Zugtragfähigkeit der Schweißnähte:  $F_{T,w,Rd} = 2^{1/2} \cdot f_{1w,d} \cdot a \cdot l_{eff} = 847.35 \text{ kN}$  ( $\geq 612.58 \text{ kN}$ , nicht maßgebend)

**Tragfähigkeit und effektive Länge eines Stirnblechs mit Biegung (maßgebende Schraubengruppe)**

$$F_{t,ep,Rd} = 612.58 \text{ kN}, \quad \Sigma l_{eff} = 416.1 \text{ mm}, \quad 2 \text{ Reihen}$$

## 2.2.2. Gk 7: Trägerflansch und -steg mit Druckbeanspruchung

Querschnittsklasse des Trägers ( $\varepsilon = 1.00$ )

Flansch oben

Q-Klasse 1 für  $\alpha = 1.000$ ,  $c/t = 5.28$  (einseitig gestützt)  $< 9.00 \cdot \varepsilon = 9.00$

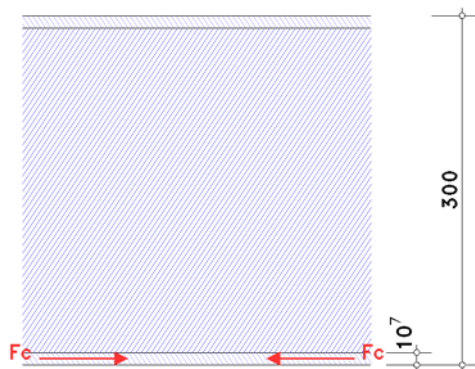
Flansch unten

Q-Klasse 1 für  $\alpha = 1.000$ ,  $c/t = 5.28$  (einseitig gestützt)  $< 9.00 \cdot \varepsilon = 9.00$

Steg

Q-Klasse 2 für  $\alpha = 1.000$ ,  $c/t = 35.01$  (beidseitig gestützt)  $< 38.00 \cdot \varepsilon = 38.00$

Gesamt: Q-Klasse 2



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

### Beanspruchung für Querschnittsklasse 2

Tragfähigkeit  $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 147.65 \text{ kNm}$ ,  $W_{pl} = 628.29 \text{ cm}^3$

### Tragfähigkeit eines Flanschs (und Stegs) mit Druck

$F_{c,f,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_f) = 510.36 \text{ kN}$ ,  $(h - t_f) = 289.3 \text{ mm}$

### Tragfähigkeit des oberen Trägerflanschs:

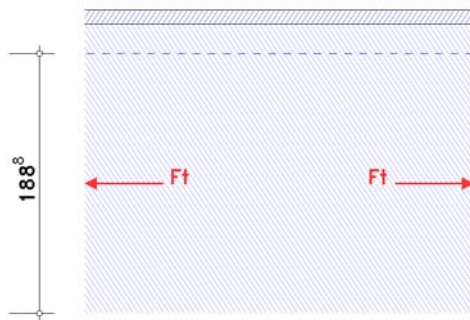
#### Beanspruchung für Querschnittsklasse 2

Tragfähigkeit  $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 147.65 \text{ kNm}$ ,  $W_{pl} = 628.29 \text{ cm}^3$

### Tragfähigkeit eines Flanschs (und Stegs) mit Druck

$F_{c,f,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_f) = 510.36 \text{ kN}$ ,  $(h - t_f) = 289.3 \text{ mm}$

## 2.2.3. 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

wirksame Breite des Trägerstegs mit Zugbeanspruchung  $b_{eff,t,wb} = 188.8 \text{ mm}$  ( $l_{eff}$  aus Gk 5)

#### Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 315.0 \text{ kN}$ ,  $f_{y,wb} = 235.0 \text{ N/mm}^2$

### Reihe 2

#### wirksame Breite

wirksame Breite des Trägerstegs mit Zugbeanspruchung  $b_{eff,t,wb} = 188.8 \text{ mm}$  ( $l_{eff}$  aus Gk 5)

#### Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 315.0 \text{ kN}$ ,  $f_{y,wb} = 235.0 \text{ N/mm}^2$

Für eine Gruppe von Schraubenreihen maßgebend:

#### wirksame Breite

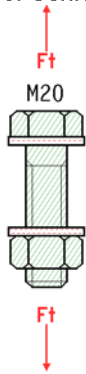
wirksame Breite des Trägerstegs mit Zugbeanspruchung  $b_{eff,t,wb} = 416.1 \text{ mm}$  ( $l_{eff}$  aus Gk 5)

#### Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 694.2 \text{ kN}$ ,  $f_{y,wb} = 235.0 \text{ N/mm}^2$



#### 2.2.4. Gk 10: Schrauben mit Zugbeanspruchung



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

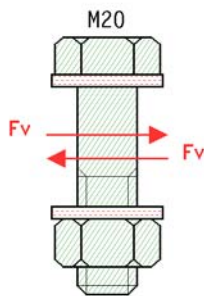
Schraubenkategorie D:

Zugtragfähigkeit einer Schraube:  $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.40 \text{ kN}$ ,  $k_2 = 0.90$ ,  $f_{ub} = 1000.0 \text{ N/mm}^2$

Durchstantragfähigkeit:  $B_{p,Rd} = (0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u) / \gamma_{M2} = 363.88 \text{ kN}$ ,  $d_m = 33.5 \text{ mm}$ ,  $t_p = 20.0 \text{ mm}$ ,  $f_u = 360.0 \text{ N/mm}^2$

Zug-/Durchstantragfähigkeit für 2 Schrauben:  $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot \min(F_{t,Rd}, B_{p,Rd}) = 352.80 \text{ kN}$

#### 2.2.5. Gk 11: Schrauben mit Abscherbeanspruchung



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

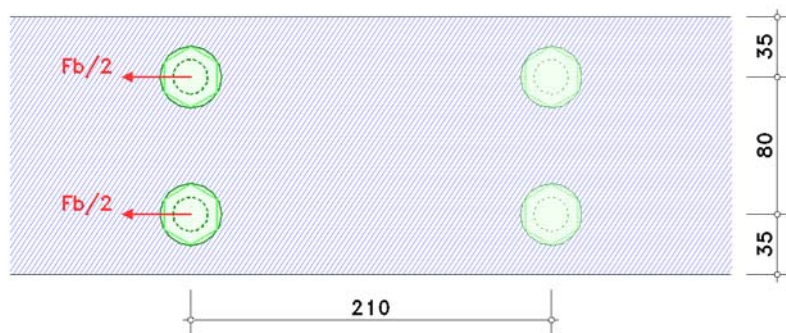
Schraubenkategorie A:

Schaft in der Scherfuge:  $\alpha_v = 0.6$ ,  $A = 3.14 \text{ cm}^2$

Abschertragfähigkeit je Scherfuge:  $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 150.80 \text{ kN}$ ,  $f_{ub} = 1000.0 \text{ N/mm}^2$

Abschertragfähigkeit für 2 Schrauben (1-schnittig):  $\Sigma F_{v,Rd} = 2 \cdot F_{v,Rd} = 301.59 \text{ kN}$

#### 2.2.6. Gk 12: Blech mit Lochleibungsbeanspruchung



##### Reihe 1

Schraube 1:

in Kraftrichtung wirkend:  $\alpha_b = 1.00$

quer zur Kraftrichtung wirkend:  $k_{1,i} = 1.4 \cdot p_2 / d_0 - 1.7 = 3.39$  (innen liegende Schraube)

quer zur Kraftrichtung wirkend:  $k_{1,a} = \min(2.8 \cdot e_2 / d_0 - 1.7, 1.4 \cdot p_2 / d_0 - 1.7) = 2.75$  (am Rand liegende Schraube)

$\Rightarrow k_1 = 2.50$  (der kleinste Wert von  $k_1$  oder 2.5)

Lochleibungstragfähigkeit:  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 288.00 \text{ kN}$ ,  $f_u = 360.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $t = 20.0 \text{ mm}$ ,  $d = 20.0 \text{ mm}$

Schraube 2:

in Kraftrichtung wirkend:  $\alpha_b = 1.00$

quer zur Kraftrichtung wirkend:  $k_{1,i} = 1.4 \cdot p_2 / d_0 - 1.7 = 3.39$  (innen liegende Schraube)

quer zur Kraftrichtung wirkend:  $k_{1,a} = \min(2.8 \cdot e_2 / d_0 - 1.7, 1.4 \cdot p_2 / d_0 - 1.7) = 2.75$  (am Rand liegende Schraube)

$\Rightarrow k_1 = 2.50$  (der kleinste Wert von  $k_1$  oder 2.5)

Lochleibungstragfähigkeit:  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 288.00 \text{ kN}$ ,  $f_u = 360.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $t = 20.0 \text{ mm}$ ,  $d = 20.0 \text{ mm}$

Lochleibungstragfähigkeit für 1x2 Schrauben:  $\Sigma F_{b,Rd} = 576.00 \text{ kN}$

##### Reihe 2

Schraube 1:

in Kraftrichtung wirkend:  $\alpha_b = 1.00$

quer zur Kraftrichtung wirkend:  $k_{1,i} = 1.4 \cdot p_2 / d_0 - 1.7 = 3.39$  (innen liegende Schraube)

quer zur Kraftrichtung wirkend:  $k_{1,a} = \min(2.8 \cdot e_2/d_0 - 1.7, 1.4 \cdot p_2/d_0 - 1.7) = 2.75$  (am Rand liegende Schraube)  
 $\Rightarrow k_1 = 2.50$  (der kleinste Wert von  $k_1$  oder 2.5)

Lochleibungstragfähigkeit:  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 288.00 \text{ kN}$ ,  $f_u = 360.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $t = 20.0 \text{ mm}$ ,  $d = 20.0 \text{ mm}$   
 Schraube 2:

in Kraftrichtung wirkend:  $\alpha_b = 1.00$

quer zur Kraftrichtung wirkend:  $k_{1,i} = 1.4 \cdot p_2/d_0 - 1.7 = 3.39$  (innen liegende Schraube)

quer zur Kraftrichtung wirkend:  $k_{1,a} = \min(2.8 \cdot e_2/d_0 - 1.7, 1.4 \cdot p_2/d_0 - 1.7) = 2.75$  (am Rand liegende Schraube)  
 $\Rightarrow k_1 = 2.50$  (der kleinste Wert von  $k_1$  oder 2.5)

Lochleibungstragfähigkeit:  $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 288.00 \text{ kN}$ ,  $f_u = 360.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $t = 20.0 \text{ mm}$ ,  $d = 20.0 \text{ mm}$

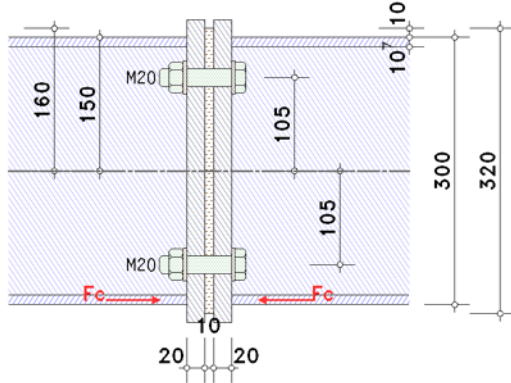
Lochleibungstragfähigkeit für 1x2 Schrauben:  $\Sigma F_{b,Rd} = 576.00 \text{ kN}$

**Lochleibungstragfähigkeiten (2 Reihen)**

$\Sigma F_{b,Rd,1} = 576.00 \text{ kN}$

$\Sigma F_{b,Rd,2} = 576.00 \text{ kN}$

## 2.2.7. Gk 15: Stirnblech mit thermischer Trennschicht



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

Die Berechnung erfolgt für Baulager nach Art des Kerncompactlagers der Calenberg Ingenieure GmbH, Zulassung als Baulager bis 2016 (zurückgezogen).

Das Berechnungsverfahren gilt ebenso für den Anschluss eines Stahlträgers an eine Stahlbetonstütze. Die Schrauben werden mit dem Gewinde in der Scherfuge nachgewiesen.

**effektive Trennschichtlänge:**

charakteristische Schnittgrößen bzgl. der Trennschichtachse ( $e = 0.0 \text{ mm}$ )  $N = 640.00 \text{ kN}$

elastische Spannungen oben/unten  $\sigma_o = -15.38 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_u = -15.38 \text{ N/mm}^2$

Nulldurchgang bzgl. der Trennschichtachse  $z_0 = 160.0 \text{ mm} \geq 160.0 \text{ mm}$  (überdrückt)

Schraubenkraft im elastischen Zugbereich (0 Schraubenreihen)  $\Sigma F_{r,i} = 0.0 \text{ kN}$ ,  $\Sigma (F_{r,i} \cdot z_{r,i}) = 0.00 \text{ kNm}$

effektive Trennschichtlänge  $h_m = 2 \cdot (z + (M + \Sigma (F_{r,i} \cdot z_{r,i})) / (N + \Sigma F_{r,i})) = 320.0 \text{ mm}$ ,  $z = 160.0 \text{ mm}$

mittlere Druckspannung  $\sigma_m = (N + \Sigma F_{r,i})^2 / (b_e \cdot [2 \cdot z \cdot (N + \Sigma F_{r,i}) + 2 \cdot (M + \Sigma (F_{r,i} \cdot z_{r,i}))]) = 15.38 \text{ N/mm}^2$

**Nachweis der Trennschicht:**

Anzahl Schrauben im effektiven Druckbereich (2 Schraubenreihen)  $n_d = 4$

Formfaktor  $S = (h_m \cdot b_e \cdot n_d \cdot A_s) / (t_e \cdot (2 \cdot (h_m + b_e) + n_d \cdot U_s)) = 3.407$ ,  $A_s = \pi \cdot (d + \Delta d)^2 / 4 = 380.1 \text{ mm}^2$ ,  $U_s = \pi \cdot (d + \Delta d) = 69.1 \text{ mm}$

zulässige mittlere Druckspannung  $\sigma_{m,zul} = (S^2 + S + 1) / 0.7 = 22.88 \text{ N/mm}^2 < 30 \text{ N/mm}^2$

Auslastung der Trennschicht  $\sigma_m / \sigma_{m,zul} = 0.673 < 1$  **ok**

**Tragfähigkeit eines Stirnblechstoßes mit thermischer Trennschicht:**

effektive Breite der Trennschicht  $b_{eff} = t_b + 2^{1/2} \cdot a_p + 1.25 \cdot t_p + t_e / 2 + \ddot{u}_b = 56.4 \text{ mm}$ ,  $\ddot{u}_b = 10.0 \text{ mm}$ ,  $a_p = 4.0 \text{ mm}$

effektive Fläche der Trennschicht  $A_{eff} = b_e \cdot b_{eff} = 73.26 \text{ cm}^2$

$F_{c,e,Rd} = A_{eff} \cdot f_e / \gamma_{Me} = 167.6 \text{ kN}$ ,  $f_e = \sigma_{m,zul} = 22.88 \text{ N/mm}^2$ ,  $\gamma_{Me} = 1.00$

## 2.3. Nachweise

Innerer Hebelarm  $z = 289.3 \text{ mm}$

### 2.3.1. Nachweis der Anschlussfähigkeit mit Teilschnittgrößen

Zugkraft in den Schraubenreihen:

$N'_{b,t} = (-N_d \cdot z_{bu}) / z = -448.00 \text{ kN}$ ,  $z = z_b = 289.3 \text{ mm}$ ,  $z_{bu} = 144.6 \text{ mm} < 0$  (nicht relevant)

Druckkraft

$N'_{b,c} = (N_d \cdot z_{bo}) / z = 448.00 \text{ kN}$ ,  $z = z_b = 289.3 \text{ mm}$ ,  $z_{bo} = 144.6 \text{ mm}$

Gk 5:  $F_{Rd} = \min(\Sigma F_{t,ep,Rd,i}, F_{t,ep,Rd}) = 277.9 \text{ kN}$ ,  $F_{Ed} = N'_{b,t} = -448.00 \text{ kN} \leq 0$  **kein Nachweis**

Gk 7: Flansch:  $F_{Rd} = F_{c,f,Rd} = 510.4 \text{ kN}$ ,  $F_{Ed} = N'_{b,c} = 448.00 \text{ kN}$   
 $F_{Ed} = 448.0 \text{ kN} < F_{Rd} = 510.4 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.878 < 1$  **ok**

Gk 8:  $F_{Rd} = \min(\Sigma F_{t,wb,Rd,i}, F_{t,wb,Rd}) = 315.0 \text{ kN}$ ,  $F_{Ed} = N'_{b,t} = -448.00 \text{ kN} \leq 0$  **kein Nachweis**

Gk 10:  $F_{Rd} = \Sigma 0.95 \cdot F_{t,Rd,i} = 670.3 \text{ kN}$ ,  $F_{Ed} = N'_{b,t} = -448.00 \text{ kN} \leq 0$  **kein Nachweis**

Gk 11:  $F_{Rd} = \Sigma F_{v,Rd} / 2 = 301.6 \text{ kN}$ ,  $F_{Ed} = |V_{d,l} / 2| = 0.00 \text{ kN} \leq 0$  **kein Nachweis**

Gk 12:  $F_{Rd} = \Sigma F_{b,Rd} / 2 = 576.0 \text{ kN}$ ,  $F_{Ed} = |V_{d,l} / 2| = 0.00 \text{ kN} \leq 0$  **kein Nachweis**

Gk 15:  $F_{Rd} = F_{c,e,Rd} = 167.6 \text{ kN}$ ,  $F_{Ed} = N'_{b,c} = 448.00 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 448.0 \text{ kN} > F_{Rd} = 167.6 \text{ kN} \Rightarrow U = 2.673 > 1$  **nicht ok !!**

Ausnutzung Teilschnittgrößen  $U_{Gk} = 2.673 > 1$  **nicht ok !!**

### 2.3.2. Nachweisergebnis

Maximale Ausnutzung:  $\max U = 2.673 > 1$  **nicht ok !!**

Versagen beim Nachweis mit Teilschnittgrößen:  $U = 2.673$

## 3. Endergebnis

Thermische Trennschicht:  $\max U_e = 0.673 < 1$  **ok**

Maximale Ausnutzung:  $\max U = 2.673 > 1$  **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 1993-1-1:2005 + AC:2009, Ausgabe Dezember 2010

EN 1993-1-1/A1, Ergänzungen zur EN 1993-1-1, Ausgabe Juli 2014

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

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

Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen;

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

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

Druckschrift Kerncompactlager, Calenberg Ingenieure GmbH, Salzhemmendorf,  
[www.calenberg-ingenieure.de](http://www.calenberg-ingenieure.de)