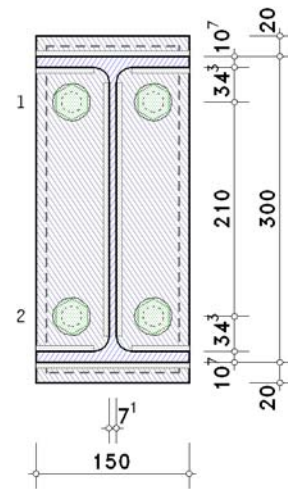
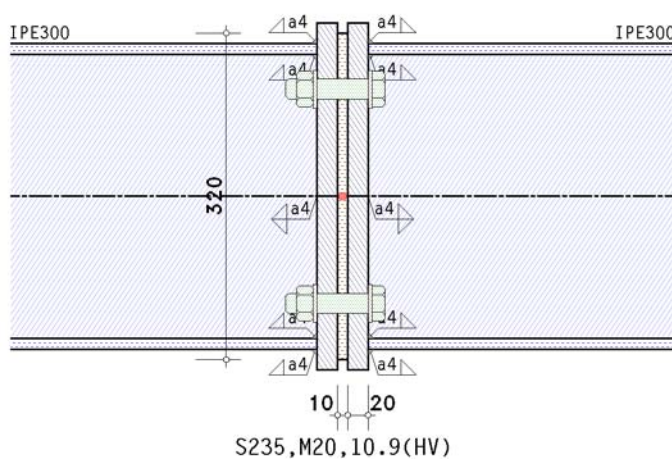
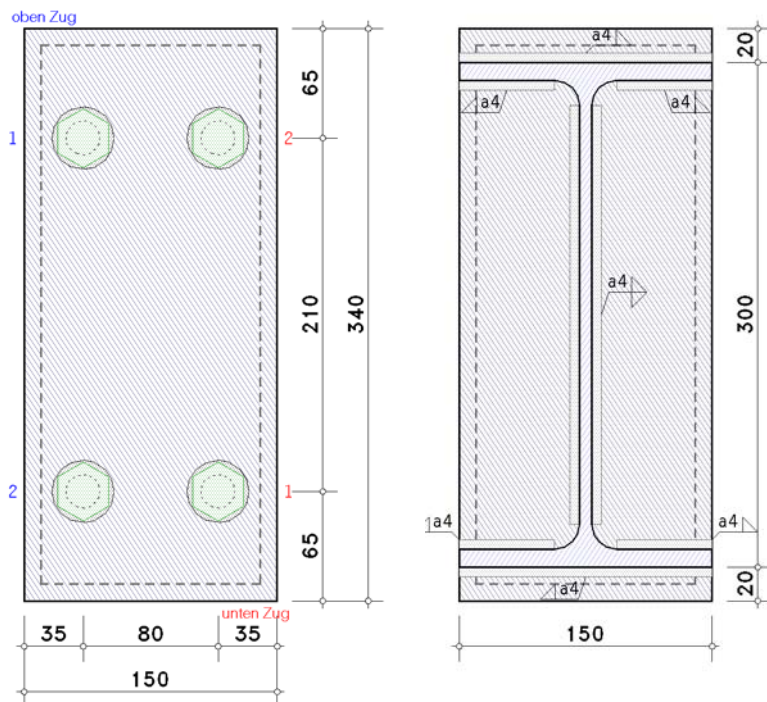


1. Eingabeprotokoll



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 2029):

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

Randabstand $ü_e = 10.0 \text{ mm}$, Materialsicherheit $\gamma_e = 1.00$, Vorspannkraft je Schraube $F_{p,c} = 160.0 \text{ kN}$

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.4

$M_{j,b,Ed} = 14.00 \text{ kNm}$

Lk 2: Nr.5

$M_{j,b,Ed} = 28.00 \text{ kNm}$

Lk 3: Nr.6

$N_{j,b,Ed} = -28.00 \text{ kN}$ $M_{j,b,Ed} = 28.00 \text{ kNm}$

Materialsicherheitsbeiwerte

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 Vorspannkräfte.

Verbindungen können jedoch mit vorgespannten HV-Schrauben ausgeführt werden.

Die Querschnittsprofile werden nicht nachgewiesen.

Datencheck

ok

Schraubenabstände am Stirnblech

horizontal: $e_2 = 35.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$, $e_2 = 35.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 120.0 \text{ mm}$
 horizontal: $p_2 = 80.0 \text{ mm} > 2.4 \cdot d_0 = 52.8 \text{ mm}$, $p_2 = 80.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 200.0 \text{ mm}$
 oben-unten: $e_1 = 65.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$, $e_1 = 65.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 120.0 \text{ mm}$
 oben-unten: $p_1 = 210.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 48.4 \text{ mm}$, $p_1 = 210.0 \text{ mm} > \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 200.0 \text{ mm} \quad !!$
 oben-unten: $e_1 = 65.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$, $e_1 = 65.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 120.0 \text{ mm}$
 Maximale Rand- und Lochabstände sollten zur Vermeidung von Korrosion sowie zur Verhinderung lokalen Beulens eingehalten werden.

2. Ergebnistabelle

Ausnutzung

| Lk | U_m | U | U_{tt} | |
|-----|-------|--------|----------|-----|
| --- | --- | --- | --- | |
| 1 | 0.274 | 0.611 | 0.611 | --- |
| 2 | 0.510 | 0.637 | 0.637 | --- |
| 3 | 0.436 | 0.652* | 0.652 | --- |

U_m : Ausnutzung aus Biegung; U: Ausnutzung der Verbindung; U_{tt} : Auslastung der thermischen Trennschicht

*) maximale Ausnutzung

3. Endergebnis

Thermische Trennschicht [Lk 3]: $\max U_e = 0.652 < 1$ ok

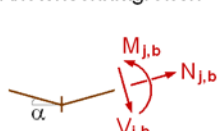
Maximale Ausnutzung [Lk 3]: $\max U = 0.652 < 1$ ok

Nachweis erbracht

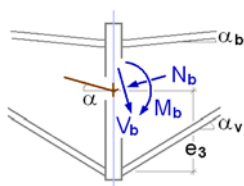
4. Lk 3 (maßgebend)

4.1. Bemessungsgrößen

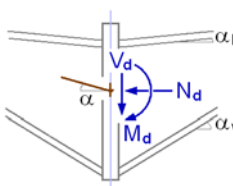
Knotenschnittgrößen



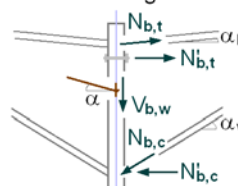
Anschnitt Anschluss



⊥ zur Ansehlussebene



Teilschnittgrößen



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

Schnittgrößen senkrecht zu den Ansehlussebenen

Anschnitt Träger

$N_d = 28.00 \text{ kN}$, $M_d = -28.00 \text{ kNm}$

negatives Biegemoment $M_d \Rightarrow$ Modell wird gespiegelt

$N_d = 28.00 \text{ kN}$, $M_d = 28.00 \text{ kNm}$

Teilschnittgrößen bezogen auf das gespiegelte Modell

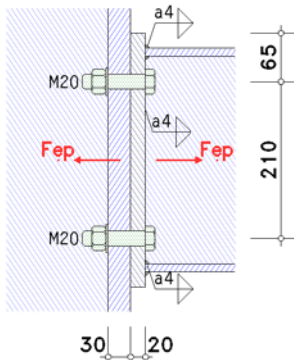
Schnittgrößen im Anschnitt Stirnblech-Träger: $M'd = M_d - V_d \cdot t_p = 28.00 \text{ kNm}$

$N_{b,t} = -N_d \cdot z_{bu} / z_b + M'd / z_b = 82.79 \text{ kN}$, $z_b = 289.3 \text{ mm}$, $z_{bu} = 144.6 \text{ mm}$

$N_{b,c} = N_d \cdot z_{bo} / z_b + M'd / z_b = 110.79 \text{ kN}$, $z_b = 289.3 \text{ mm}$, $z_{bo} = 144.6 \text{ mm}$

4.2. Grundkomponenten

4.2.1. 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

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 188.8 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 200.6 \text{ mm}$

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

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

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

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.40 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

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

$L_b = 68.8 \text{ mm} > 46.5 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow$ 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): $f_{1w,d} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360.0 \text{ N/mm}^2$

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)

Reihe 2

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 188.8 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 200.6 \text{ mm}$

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

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

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

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.40 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

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

$L_b = 68.8 \text{ mm} > 46.5 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow$ 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): $f_{1w,d} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360.0 \text{ N/mm}^2$

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):

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

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

Äquivalenter T-Stummelflansch (Schraubengruppe 1):

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

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

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

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

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

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

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.40 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

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

$L_b = 68.8 \text{ mm} > 42.1 \text{ mm} = L_b^* \Rightarrow$ 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): $f_{1w,d} = f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 360.0 \text{ N/mm}^2$

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)

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

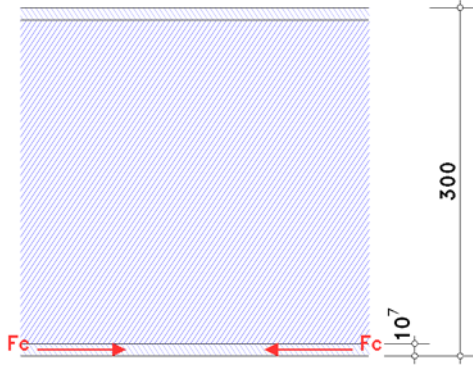
4.2.2. Gk 7: Trägerflansch und -steg mit Druckbeanspruchung

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

Tragfähigkeit eines Flanschs (und Stegs) mit Druck

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

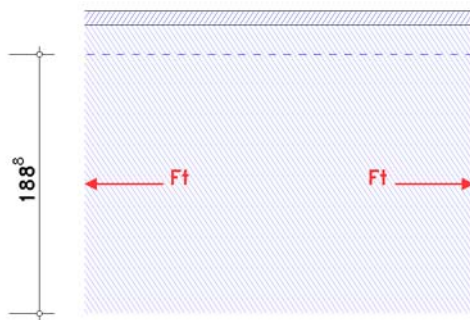
Tragfähigkeit des oberen Trägerflanschs:

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

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

4.2.3. 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 $b_{eff,t,wb} = 188.8 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)

Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

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

Reihe 2

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

Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

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

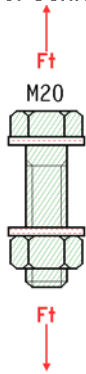
Für eine Gruppe von Schraubenreihen maßgebend:

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

Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

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

4.2.4. Gk 10: Schrauben mit Zugbeanspruchung



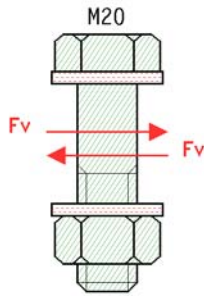
In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.

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

Durchstanztragfähigkeit $B_{p,Rd} = (0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u) / \gamma_{M2} = 363.88 \text{ kN}$, $t_p = 20.0 \text{ mm}$

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

4.2.5. Gk 11: Schrauben mit Abscherbeanspruchung

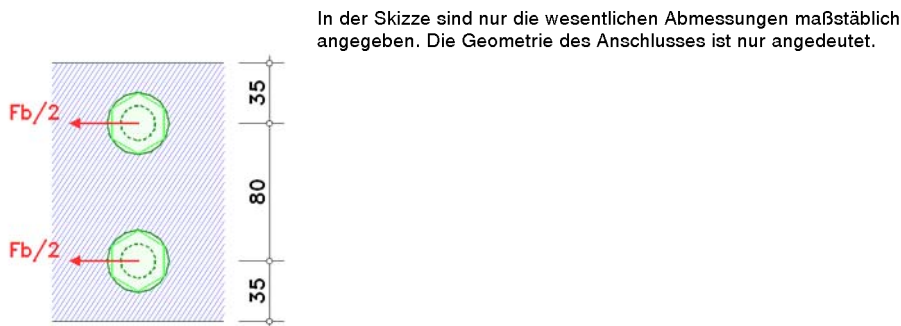


In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.

Abschertragfähigkeit je Scherfuge $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 150.80 \text{ kN}$, $\alpha_v = 0.60$

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

4.2.6. Gk 12: Blech mit Lochleibungsbeanspruchung



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

Reihe 1

Schraube 1: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 288.00 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 1.00$

Schraube 2: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 288.00 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 1.00$

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

Reihe 2

Schraube 1: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 288.00 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 1.00$

Schraube 2: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 288.00 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 1.00$

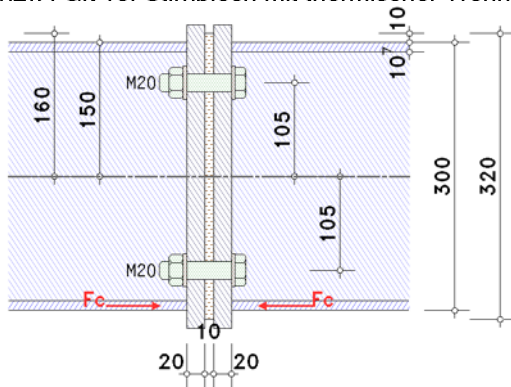
Lochleibungstragfähigkeit für 1x2 Schrauben: $\Sigma F_{b,Rd} = 576.00 \text{ kN}$

Lochleibungstragfähigkeiten (2 Reihen)

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

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

4.2.7. 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 2029.

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

Bei der Berechnung wird eine Vorspannkraft der Schrauben von $F_{p,c} = 160.0 \text{ kN}$ berücksichtigt.

effektive Trennschichtlänge $h_m = 259.4 \text{ mm}$

mittlere Druckspannung $\sigma_m = 19.57 \text{ N/mm}^2$

Nachweis der Trennschicht:

Formfaktor $S = 3.594$ für 2 Schrauben im Druckbereich

zulässige mittlere Druckspannung $\sigma_{md,zul} = 42.00 \text{ N/mm}^2$

Auslastung der Trennschicht $0.652 < 1$ **ok**

Tragfähigkeit eines Stirnblechstoßes mit thermischer Trennschicht:

$$F_{c,e,Rd} = A_{eff} \cdot f_e / \gamma_{Me} = 219.8 \text{ kN}, \quad A_{eff} = 73.26 \text{ cm}^2, \quad f_e = \sigma_{m,zul} = 30.00 \text{ N/mm}^2, \quad \gamma_{Me} = 1.00$$

4.3. Anschlusstragfähigkeit

4.3.1. Biegetragfähigkeit

Abstand der Zug-Schraubenreihen vom Druckpunkt: $h_1 = 249.6 \text{ mm}$, $h_2 = 39.6 \text{ mm}$

Tragfähigkeiten nach EC 3-1-8, 6.2.7.2(6) für Schraubenreihen einzeln betrachtet

maßgebende Grundkomponenten: 5, 8

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN}$

Abminderungen nach EC 3-1-8, 6.2.7.2(8) für Schraubenreihen als Teil einer Gruppe (Stirnblech)

maßgebende Grundkomponenten: 5, 8

Reihe 1: $\Sigma F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

$$\text{Gk 5: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{t,ep,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 612.6 \text{ kN}$$

$$F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN}$$

$$\text{Gk 8: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{t,wb,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 694.2 \text{ kN}$$

$$F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN}$$

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN}$

Reihe 2: $\Sigma F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN}$ (Reihe 1)

$$\text{Gk 5: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{t,ep,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 334.7 \text{ kN}$$

$$F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN}$$

$$\text{Gk 8: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{t,wb,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 416.3 \text{ kN}$$

$$F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN}$$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN}$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Zug)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN}$

$$\Sigma F_{tr,Rd}^* = 555.8 \text{ kN}$$

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

maßgebende Grundkomponente: 7, 15

Reihe 1: $\Sigma F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

$$\text{Gk 7: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{c,f,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 510.4 \text{ kN}$$

$$F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN}$$

$$\text{Gk 15: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{c,e,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 219.8 \text{ kN}$$

$$F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN} > \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 219.8 \text{ kN}$$

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 219.8 \text{ kN}$

Reihe 2: $\Sigma F_{tr,Rd} = 219.8 \text{ kN}$ (Reihe 1)

$$\text{Gk 7: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{c,f,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 290.6 \text{ kN}$$

$$F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN} < \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN}$$

$$\text{Gk 15: } \Delta F_{tr,Rd} = F_{c,e,Rd} - \Sigma F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$$

$$F_{tr,Rd} = 277.9 \text{ kN} > \Delta F_{tr,Rd} \Rightarrow F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

Kontrolle nach EC 3-1-8, 6.2.7.2(9)

maßgebende Grundkomponente: 10

Reihe 1: $F_{tx,Rd} = 219.8 \text{ kN}$, $h_x = 249.6 \text{ mm} \Rightarrow F_{tx,Rd} \leq \lim F_{tx,Rd} = 335.2 \text{ kN}$, keine Abminderung

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 219.8 \text{ kN}$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Biegung)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 219.8 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$

$$\Sigma F_{tr,Rd} = 219.8 \text{ kN}$$

Mögliches Versagen durch Grundkomponente 5, 15

Tragfähigkeit der Flansche

$$\Sigma F_{c,Rd}^* = 439.6 \text{ kN}$$

Biegetragfähigkeit

$$M_{j,Rd} = \Sigma(F_{tr,Rd} \cdot h_r) = 54.9 \text{ kNm}$$

Zugtragfähigkeit

$$N_{j,t,Rd} = \Sigma F_{tr,Rd}^* = 555.8 \text{ kN}$$

Drucktragfähigkeit

$$N_{j,c,Rd} = \Sigma F_{c,Rd}^* = 439.6 \text{ kN}$$

4.3.2. Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit

Tragfähigkeit je Schraubenreihe

$$\text{Reihe 1: } F_{vr,Rd} = 167.4 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 2: } F_{vr,Rd} = 301.6 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_{vr,Rd} = 469.0 \text{ kN}$$

Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit

$$V_{j,Rd} = \Sigma F_{vr,Rd} = 469.0 \text{ kN}$$

4.3.3. Gesamt

$$M_{j,Rd} = 54.9 \text{ kNm} \quad N_{j,t,Rd} = 555.8 \text{ kN} \quad N_{j,c,Rd} = 439.6 \text{ kN} \quad V_{j,Rd} = 469.0 \text{ kN}$$

4.4. Nachweise

4.4.1. Nachweis der Anschlusstragfähigkeit mit der Komponentenmethode

$$\text{Normalkraft: } N_{b,Ed} = |N_d| = 28.00 \text{ kN} < 5\% \cdot N_{pl,Rd} = 63.23 \text{ kN} \Rightarrow \text{Biegetragfähigkeit}$$

$$\text{Biegemoment: } M_{Ed} = M_d - N_d \cdot z_{bu} = 23.95 \text{ kNm}, \quad z_{bu} = 144.6 \text{ mm}$$

$$M_{Ed}/M_{j,Rd} = 0.436 < 1 \quad \text{ok}$$

4.4.2. Nachweisergebnis

$$\text{Maximale Ausnutzung: } \max U = 0.652 < 1 \quad \text{ok}$$