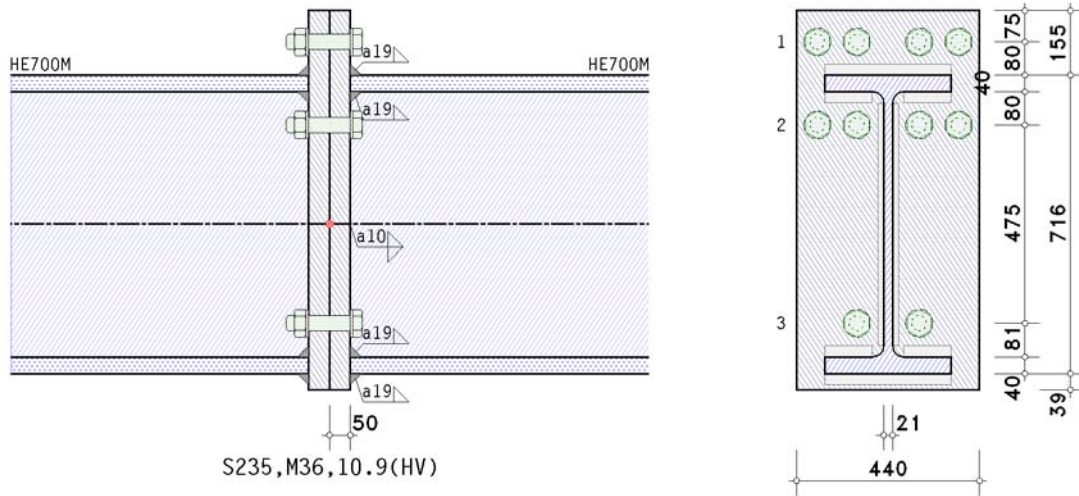
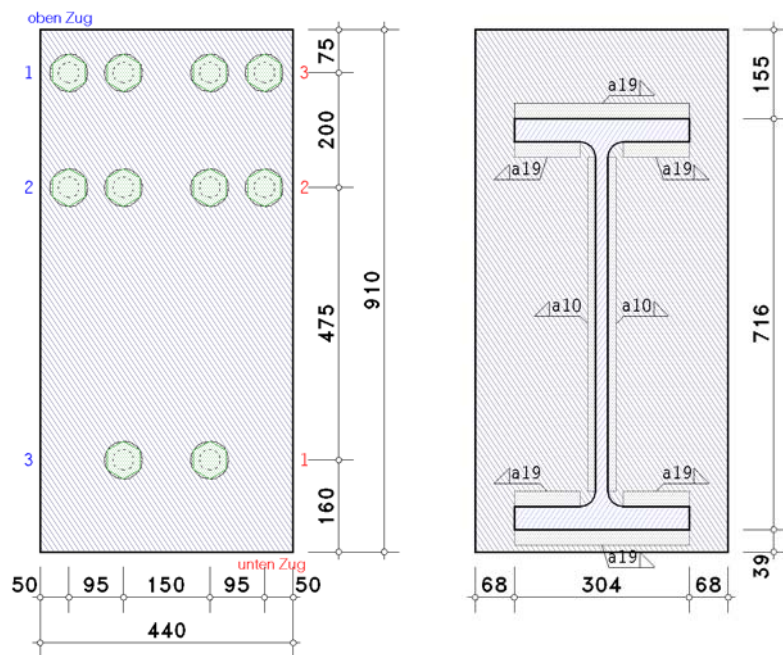


Biegesteifer Trägerstoß EC 3-1-8 (12.10), NA: Deutschland

1. Eingabeprotokoll



Details (Schnitt A - A)



Stahlsorte

Stahlgüte S235

Schrauben

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M36

große Schlüsselweite (HV-Schraube), vorgespannt (zur Info: Regelvorspannkraft $F_{p,c^*} = 0.7 \cdot f_{yb} \cdot A_s = 514.7 \text{ kN}$)

Schaft in der Scherfuge

Parameter des Trägers

Profil HE700M

Nachweisparameter

geschraubter Stirnblechanschluss:

Dicke $t_p = 50.0 \text{ mm}$, Breite $b_p = 440.0 \text{ mm}$, Länge $l_p = 910.0 \text{ mm}$

Überstände $h_{p,o} = 155.0 \text{ mm}$, $h_{p,u} = 39.0 \text{ mm}$

Schrauben im Anschluss:

3 Schraubenreihen mit je 4 Schrauben (maximal):

Reihe 1: 4 Schrauben, Reihe 2: 4 Schrauben, Reihe 3: 2 Innenschrauben

alle Schraubenreihen einzeln betrachtet

alle Schraubenreihen zur Querkraftübertragung (Reihen 1-3)

Nachweis mit der Komponentenmethode: MNV-Interaktion nach Cerfontaine (in Jaspart/Weynand)

Berechnungsmethode (4 Schrauben je Reihe) nach dem Schlussbericht des AIF-Projekts 15059

Achsabstand zwischen Außen- und Innenschraube $w_2 = 95.0 \text{ mm}$
 Achsabstand der Schrauben zum seitlichen Rand des Stirnblechs $e_2 = 50.0 \text{ mm}$
 Achsabstand der ersten Schraubenreihe zum oberen Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_o = 75.0 \text{ mm}$
 Achsabstand der letzten Schraubenreihe zum unteren Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_u = 160.0 \text{ mm}$
 Achsabstand der Schraubenreihen voneinander $p_{1-2} = 200.0 \text{ mm}$, $p_{2-3} = 475.0 \text{ mm}$

Schweißnähte im Anschluss:

Trägerflansch oben: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 19.0 \text{ mm}$
 Trägersteg: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 10.0 \text{ mm}$
 Trägerflansch unten: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 19.0 \text{ mm}$

Schnittgrößen im Schnittpunkt der Systemachsen

Lk 1: $M_{j,b,Ed} = -2200.00 \text{ kNm}$ $V_{j,b,Ed} = 800.00 \text{ kN}$

Lk 2: $M_{j,b,Ed} = 650.00 \text{ kNm}$ $V_{j,b,Ed} = 800.00 \text{ kN}$

Lk 3: $N_{j,b,Ed} = 2100.00 \text{ kN}$

Lk 4: $N_{j,b,Ed} = -7300.00 \text{ kN}$

Materialsicherheitsbeiwerte

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

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

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

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

Datencheck

ok

Ausnutzungen

Lk	$U_{\sigma,b}$	U_{MNv}	U_{ep}	U
--	---	---	---	---
1	0.892	0.968	0.331	0.968
2	0.416	0.933	0.331	0.933
3	0.232	0.858	---	0.858
4	0.807	0.996	---	0.996*

$U_{\sigma,b}$: Spannungsausnutzung am Träger; U_{MNv} : Ausnutzung aus MNV-Interaktion; U_{ep} : Ausnutzung aus Schub im Stirnblech

U : Ausnutzung der Verbindung

*) maximale Ausnutzung

2. Endergebnis

Ausnutzung/Rotation der Verbindung

Lk				U_j	Gleichgewicht			
	$S_{j,ini}$	S_j	φ_j		ΣH	ΣV	ΣM	
--	MNm/rad	MNm/rad	°		kN	kN	kNm	
1	3033.8	3033.8	0.042	0.968	0.00	800.00	2200.00	!!
2	647.9	647.9	0.057	0.933	0.00	800.00	650.00	!!
3	0.0	0.0	0	0.858	2100.00	0.00	0.00	!!
4	0.0	0.0	0	0.996*	7300.00	0.00	0.00	!!

$S_{j,ini}$: Anfangsrotationssteifigkeit; S_j : Rotationssteifigkeit; φ_j : Verdrehung; U_j : Ausnutzung der Verbindung; Gleichgewichtstoleranzen 1 kN / 1 kNm

*) maximale Ausnutzung

Maximale Ausnutzung [Lk 4]: $\max U = 0.996 < 1$ ok

Nachweis erbracht

3. Detaillierte Ausgabe von Lk 1

Hinweise

Die Schweißnähte der Verbindung werden nicht nachgewiesen.

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 vereinfachte Berechnung der Querkrafttragfähigkeit berücksichtigt alle Schraubenreihen.

Schraubengruppen werden bei Anschlüssen mit 4 Schrauben je Reihe nicht untersucht.

3.1. Bemessungsgrößen

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

Schnittgrößen senkrecht zu den Anschlussebenen

Anschnitt Träger

$M_d = 2200.00 \text{ kNm}$, $V_d = 800.00 \text{ kN}$

Teilschnittgrößen

Schnittgrößen im Anschnitt Stirnblech-Träger: $M'_d = M_d - V_d \cdot t_{ep} = 2160.00 \text{ kNm}$

$N_{b,t} = -N_d \cdot z_{bu}/z_b + M'_d/z_b = 3195.27 \text{ kN}$, $z_b = 676.0 \text{ mm}$, $z_{bu} = 338.0 \text{ mm}$

$N_{b,c} = N_d \cdot z_{bo}/z_b + M'_d/z_b = 3195.27 \text{ kN}$, $z_b = 676.0 \text{ mm}$, $z_{bo} = 338.0 \text{ mm}$

3.2. Querschnittstragfähigkeit

plastischer Querschnittsnachweis für $M_y = -2160.00 \text{ kNm}$, $V_z = 800.00 \text{ kN}$

zul. Normal-/Schubspannung: zul $\sigma_{Rd} = 23.50 \text{ kN/cm}^2$, zul $\tau_{Rd} = 13.57 \text{ kN/cm}^2$

Obergurt: Grenznormalkräfte $N_{\max,O} = 2857.60 \text{ kN}$, $N_{\min,O} = -2857.60 \text{ kN}$

Untergurt: Grenznormalkräfte $N_{\max,U} = 2857.60 \text{ kN}$, $N_{\min,U} = -2857.60 \text{ kN}$

Steg: Querkraft $V_s = 800.00 \text{ kN}$, Schubspannung $\tau_s = 5.64 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U_{\tau,s} = 0.415$

Grenznormalkräfte $N_{\max,s} = 3034.68 \text{ kN}$, $N_{\min,s} = -3034.68 \text{ kN}$

Hauptbieg.: Moment $M_y = -2160.00 \text{ kNm}$, Grenzmomente $M_{y,\max} = 2444.60 \text{ kNm}$, $M_{y,\min} = -2444.60 \text{ kNm} \Rightarrow U_{M_y} = 0.884$

Gesamt (ggf. aus Laststeigerung): max $U = 0.892 < 1$ **ok**

Ausnutzungen: Tragfähigkeit $U_\sigma = 0.892 < 1$ **ok**, c/t -Verhältnis $U_{c/t} = 0.334 < 1$ **ok**

3.3. Grundkomponenten

3.3.1. Gk 5: Stirnblech mit Biegung

Verbindungen mit 4 Schrauben je Schraubenreihe werden im EC 3-1-8 nicht behandelt.

Die Bemessung erfolgt nach dem Schlussbericht des AIF-Projekts 15059.

Überstehender Teil des Stirnblechs

Im überstehenden Teil des Stirnblechs wird nur eine Schraubenreihe ($n_b = 1$) betrachtet (4 Schrauben je Reihe).

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{\text{eff},1} = l_{\text{eff},1} = \min(l_{\text{eff},nc}, l_{\text{eff},cp}) = 220.0 \text{ mm}$, $l_{\text{eff},cp} = 473.8 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{\text{eff},2} = l_{\text{eff},2} = l_{\text{eff},nc} = 220.0 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{\text{eff}} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 29.56 \text{ kNm}$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 4 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 2352.96 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = ((8 \cdot n \cdot 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}) / (2 \cdot m \cdot n \cdot e_w \cdot (m+n)) = 2560.80 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 1756.36 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2352.96 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 1756.36 \text{ kN}$

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

Zugtragfähigkeit der Schweißnähte: $F_{T,w,Rd} = 2^{1/2} \cdot f_{1w,d} \cdot a \cdot l_{\text{eff}} = 2128.11 \text{ kN}$ ($\geq 1756.36 \text{ kN}$, nicht maßgebend)

Tragfähigkeit und effektive Länge eines Stirnblechs mit Biegung (Überstand)

$F_{t,ep,Rd,1} = 1756.36 \text{ kN}$, $l_{\text{eff},1} = 220.0 \text{ mm}$

Teil des Stirnblechs zwischen den Trägerflanschen

Äquivalenter T-Stummelflansch (jede einzelne Schraubenreihe):

hier: Anzahl Schraubenreihen $n_b = 1$

Reihe 2 (4 Schrauben je Reihe)

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{\text{eff},1} = l_{\text{eff},1} = \min(l_{\text{eff},nc}, l_{\text{eff},cp}) = 416.8 \text{ mm}$, $l_{\text{eff},cp} = 668.4 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{\text{eff},2} = l_{\text{eff},2} = l_{\text{eff},nc} = 416.8 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{\text{eff}} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 56.01 \text{ kNm}$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 4 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 2352.96 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = ((8 \cdot n \cdot 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}) / (2 \cdot m \cdot n \cdot e_w \cdot (m+n)) = 5493.02 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,p,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + 0.5 \cdot \Sigma F_{t,Rd} \cdot (n_1^2 + 2 \cdot n_2^2 + 2 \cdot n_1 \cdot n_2) / (n_1 + n_2)) / (m + n_1 + n_2) = 1528.31 \text{ kN}$

$F_{T,2,np,Rd} = (2 \cdot M_{pl,1,Rd} + 0.5 \cdot \Sigma F_{t,Rd} \cdot n_1) / (m + n_1) = 1510.13 \text{ kN}$

$F_{T,2,Rd} = \min(F_{T,2,p,Rd}, F_{T,2,np,Rd}) = 1510.13 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = 0.9 \cdot \Sigma F_{t,Rd} = 2117.66 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 1510.13 \text{ kN}$

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

Zugtragfähigkeit der Schweißnähte: $F_{T,w,Rd} = 2^{1/2} \cdot f_{1w,d} \cdot a \cdot l_{\text{eff}} = 2122.01 \text{ kN}$ ($\geq 1510.13 \text{ kN}$, nicht maßgebend)

Reihe 3 (2 Schrauben je Reihe)

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{\text{eff},1} = l_{\text{eff},1} = \min(l_{\text{eff},nc}, l_{\text{eff},cp}) = 334.2 \text{ mm}$, $l_{\text{eff},cp} = 334.2 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{\text{eff},2} = l_{\text{eff},2} = l_{\text{eff},nc} = 418.4 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1: $M_{pl,1,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{\text{eff},1} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 44.91 \text{ kNm}$

für Modus 2: $M_{pl,2,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{\text{eff},2} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 56.22 \text{ kNm}$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 1176.48 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = ((8 \cdot n \cdot 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}) / (2 \cdot m \cdot n \cdot e_w \cdot (m+n)) = 4394.70 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 1593.16 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 1176.48 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 1176.48 \text{ kN}$

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

Zugtragfähigkeit der Schweißnähte: $F_{T,w,Rd} = 2^{1/2} \cdot f_{1w,d} \cdot a \cdot l_{eff} = 1701.36 \text{ kN}$ ($\geq 1176.48 \text{ kN}$, nicht maßgebend)

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

$F_{ep,Rd,2} = 1510.13 \text{ kN}$, $l_{eff,2} = 416.8 \text{ mm}$

$F_{ep,Rd,3} = 1176.48 \text{ kN}$, $l_{eff,3} = 334.2 \text{ mm}$

3.3.2. Gk 7: Trägerflansch und -steg mit Druckbeanspruchung

Flansch unten: Querschnittsklasse für $c/(\varepsilon \cdot t) = 2.86$: 1

Steg: Querschnittsklasse für $\alpha = 0.50$ und $c/(\varepsilon \cdot t) = 27.71$: 1

Querschnittsklasse des Trägers: 1

Zur Berücksichtigung der Momenten-Querkraft-Interaktion $V_{Ed} = 800.0 \text{ kN}$

Beanspruchung durch Biegung mit Querkraft: $V_{Ed} = 800.0 \text{ kN} \leq 1152.0 \text{ kN} = V_{pl,Rd}/2 \Rightarrow$ kein Einfluss

Tragfähigkeit $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 2476.67 \text{ kNm}$, $W_{pl} = 10539.00 \text{ cm}^3$

Tragfähigkeit eines Flanschs (und Stegs) mit Druck

$F_{c,f,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_f) = 3663.71 \text{ kN}$

Tragfähigkeit des oberen Trägerflanschs:

Beanspruchung durch Biegung mit Querkraft: $V_{Ed} = 800.0 \text{ kN} \leq 1152.0 \text{ kN} = V_{pl,Rd}/2 \Rightarrow$ kein Einfluss

Tragfähigkeit $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 2476.67 \text{ kNm}$, $W_{pl} = 10539.00 \text{ cm}^3$

Tragfähigkeit eines Flanschs (und Stegs) mit Druck

$F_{c,f,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_f) = 3663.71 \text{ kN}$

3.3.3. Gk 8: Trägersteg mit Zugbeanspruchung

Für jede einzelne Schraubenreihe:

Reihe 2

wirksame Breite $b_{eff,t,wb} = 416.8 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)

Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 2056.9 \text{ kN}$

Reihe 3

wirksame Breite $b_{eff,t,wb} = 334.2 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)

Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 1649.2 \text{ kN}$

3.3.4. Gk 10: Schrauben mit Zugbeanspruchung

Zugtragfähigkeit einer Schraube $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 588.24 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

Durchstantragfähigkeit $B_{p,Rd} = (0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u) / \gamma_{M2} = 1716.00 \text{ kN}$, $t_p = 50.0 \text{ mm}$

Zug-/Durchstantragfähigkeit für 4 Schrauben: $\Sigma F_{tp,Rd} = 4 \cdot \min(F_{t,Rd}, B_{p,Rd}) = 2352.96 \text{ kN}$

je Reihe (Schub): $\Sigma F_{tp,Rd,1} = 1176.5 \text{ kN}$, $\Sigma F_{tp,Rd,2} = 1176.5 \text{ kN}$, $\Sigma F_{tp,Rd,3} = 1176.5 \text{ kN}$

je Reihe (Biegung): $\Sigma F_{tp,Rd,1} = 2353.0 \text{ kN}$, $\Sigma F_{tp,Rd,2} = 2353.0 \text{ kN}$, $\Sigma F_{tp,Rd,3} = 1176.5 \text{ kN}$

3.3.5. Gk 11: Schrauben mit Abscherbeanspruchung

Abschertragfähigkeit je Scherfuge $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 488.58 \text{ kN}$, $\alpha_v = 0.60$

Abschertragfähigkeit für 4 Schrauben (1-schnittig): $\Sigma F_{v,Rd} = 4 \cdot F_{v,Rd} = 1954.32 \text{ kN}$

je Reihe: $\Sigma F_{v,Rd,1} = 977.2 \text{ kN}$, $\Sigma F_{v,Rd,2} = 977.2 \text{ kN}$, $\Sigma F_{v,Rd,3} = 977.2 \text{ kN}$

3.3.6. Gk 12: Blech mit Lochleibungsbeanspruchung

Reihe 1

Schraube 1: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 568.33 \text{ kN}$, $k_1 = 1.71$, $\alpha_b = 0.64$

Schraube 2: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 568.33 \text{ kN}$, $k_1 = 1.71$, $\alpha_b = 0.64$

Lochleibungstragfähigkeit für 1x2 Schrauben: $\Sigma F_{b,Rd} = 1136.66 \text{ kN}$

Reihe 2

Schraube 1: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 886.60 \text{ kN}$, $k_1 = 1.71$, $\alpha_b = 1.00$

Schraube 2: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 886.60 \text{ kN}$, $k_1 = 1.71$, $\alpha_b = 1.00$

Lochleibungstragfähigkeit für 1x2 Schrauben: $\Sigma F_{b,Rd} = 1773.19 \text{ kN}$

Reihe 3

Schraube 1: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 886.60 \text{ kN}$, $k_1 = 1.71$, $\alpha_b = 1.00$

Schraube 2: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 886.60 \text{ kN}$, $k_1 = 1.71$, $\alpha_b = 1.00$

Lochleibungstragfähigkeit für 1x2 Schrauben: $\Sigma F_{b,Rd} = 1773.19 \text{ kN}$

Lochleibungstragfähigkeiten (3 Reihen)

$\Sigma F_{b,Rd,1} = 1136.66 \text{ kN}$

$\Sigma F_{b,Rd,2} = 1773.19 \text{ kN}$

$\Sigma F_{b,Rd,3} = 1773.19 \text{ kN}$

3.4. Anschlusstragfähigkeit

3.4.1. Biegetragfähigkeit

Abstand der Zug-Schraubenreihen vom Druckpunkt: $h_1 = 776.0 \text{ mm}$, $h_2 = 576.0 \text{ mm}$, $h_3 = 101.0 \text{ mm}$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (MNV-Interaktion)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 1756.4 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 1510.1 \text{ kN}$

Reihe 3: $F_{tr,Rd} = 397.2 \text{ kN}$

Tragfähigkeit der Flansche (MNV-Interaktion)

unten: $F_{c,Rd} = 3663.7 \text{ kN}$

Biegetragfähigkeit (MNV-Interaktion)

$M_{j,Rd} = \Sigma(F_{tr,Rd} \cdot h_r) = 2272.9 \text{ kNm}$

Querkrafttragfähigkeit (MNV-Interaktion)

$V_{j,Rd} = 826.5 \text{ kN}$

3.4.2. Schubtragfähigkeit

Schubtragfähigkeit des Stirnblechs

Stirnblech: $V_{ep,Rd} = 3612.19 \text{ kN}$

Schweißnähte: $F_{w,Rd} = 2419.33 \text{ kN}$

Schubtragfähigkeit des Stirnblechs: $V_{ep,Rd} = F_{w,Rd} = 2419.33 \text{ kN}$

3.5. Nachweise

3.5.1. Nachweis der Anschlusstragfähigkeit mit der Komponentenmethode

$U_{MNV} = 0.968 < 1$ **ok**

$V_{Ed}/V_{ep,Rd} = 0.331 < 1$ **ok**

3.5.2. Nachweisergebnis

Maximale Ausnutzung: $\max U = 0.968 < 1$ **ok**

3.6. Rotationssteifigkeit

Steifigkeitskoeffizienten

äquivalenter Steifigkeitskoeffizient für 3 Zug-Schraubenreihen:

1: $k_5 = 123.60 \text{ mm}$, $k_{10} = 9.49 \text{ mm} \Rightarrow k_{eff,1} = 1 / \Sigma(1/k_{i,1}) = 14.520 \text{ mm}$

2: $k_5 = 311.66 \text{ mm}$, $k_{10} = 9.49 \text{ mm} \Rightarrow k_{eff,2} = 1 / \Sigma(1/k_{i,2}) = 16.919 \text{ mm}$

3: $k_5 = 249.88 \text{ mm}$, $k_{10} = 9.49 \text{ mm} \Rightarrow k_{eff,3} = 1 / \Sigma(1/k_{i,3}) = 8.820 \text{ mm}$

$k_{eq} = \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r) / z_{eq} = 33.209 \text{ mm}$, $z_{eq} = \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r^2) / \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r) = 659.6 \text{ mm}$

Rotationssteifigkeit

Anfangsrotationssteifigkeit: $S_{j,ini} = (E \cdot z^2) / \Sigma(1/k_i) = 3033835.4 \text{ kNm/rad}$, $z = z_{eq} = 659.6 \text{ mm}$, $\Sigma(1/k_i) = 0.030 \text{ mm}^{-1}$

Rotationssteifigkeit: $S_{j,Rd} = S_{j,ini} / \mu = 3033835.4 \text{ kNm/rad}$, $\mu = 1$

Verdrehung: $\varphi_{j,Ed} = M_{j,Ed} / S_{j,Rd} = 0.042^\circ$