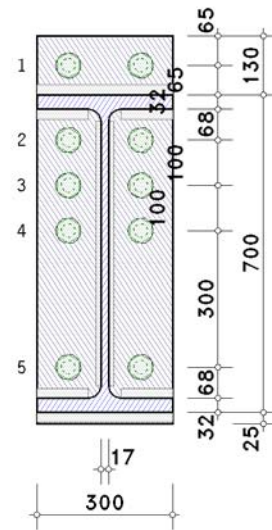
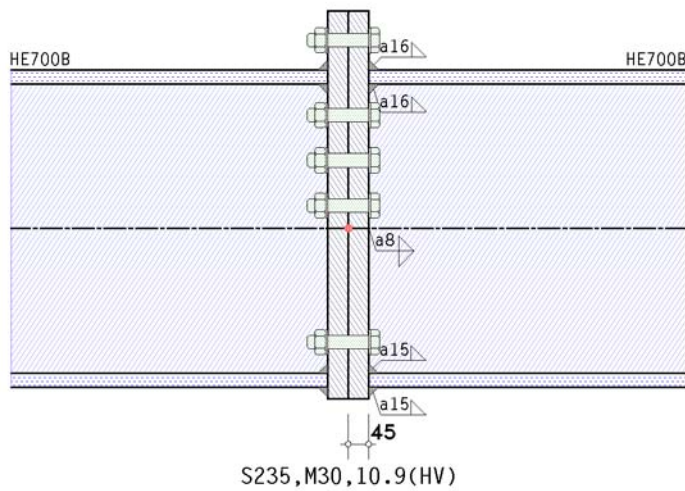
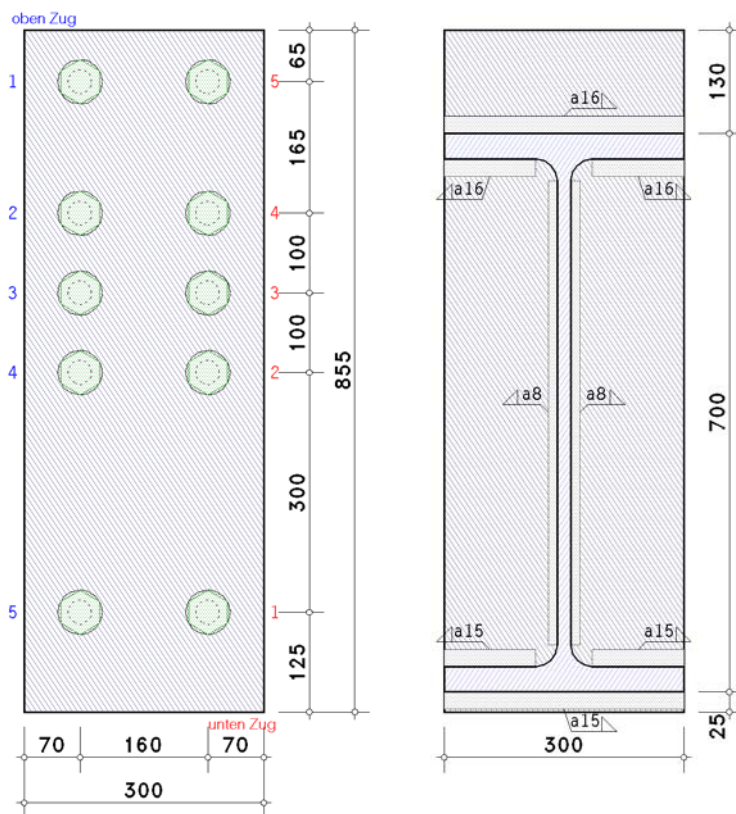


Biegesteifer Trägerstoß EC 3-1-8 (12.10), NA: Deutschland

1. Eingabeprotokoll



Details (Schnitt A - A)



Stahlsorte

Stahlgüte S235

Schrauben

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M30

große Schlüsselweite (HV-Schraube), vorgespannt (zur Info: Regelvorspannkraft $F_{p,c}^* = 0.7 \cdot f_{yb} \cdot A_s = 353.4 \text{ kN}$)

Schaft in der Scherfuge

Parameter des Trägers

Profil HE700B

Nachweisparameter

geschraubter Stirnblechanschluss:

Dicke $t_p = 45.0 \text{ mm}$, Breite $b_p = 300.0 \text{ mm}$, Länge $l_p = 855.0 \text{ mm}$

Überstände $h_{p,o} = 130.0 \text{ mm}$, $h_{p,u} = 25.0 \text{ mm}$

Schrauben im Anschluss:

5 Schraubenreihen mit je 2 Schrauben
 alle Schraubenreihen einzeln betrachtet
 alle Schraubenreihen zur Querkraftübertragung (Reihen 1-5)
 Schraubengruppen automatisch bilden, Berücks. aller Gruppen bzgl. Reihe 1
 Nachweis mit der Komponentenmethode: MNV-Interaktion nach Cerfontaine (in Jaspart/Weynand)
 Achsabstand der Schrauben zum seitlichen Rand des Stirnblechs $e_2 = 70.0$ mm
 Achsabstand der ersten Schraubenreihe zum oberen Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_o = 65.0$ mm
 Achsabstand der letzten Schraubenreihe zum unteren Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_u = 125.0$ mm
 Achsabstand der Schraubenreihen voneinander $p_{1-2} = 165.0$ mm, $p_{2-3} = 100.0$ mm, $p_{3-4} = 100.0$ mm
 $p_{4-5} = 300.0$ mm

Schweißnähte im Anschluss:

Trägerflansch oben: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 15.5$ mm

Trägersteg: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 8.0$ mm

Trägerflansch unten: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 15.0$ mm

Schnittgrößen im Schnittpunkt der Systemachsen

Lk 1: $M_{j,b,Ed} = -1500.00$ kNm $V_{j,b,Ed} = 900.00$ kN

Lk 2: $M_{j,b,Ed} = 600.00$ kNm $V_{j,b,Ed} = 900.00$ kN

Lk 3: $N_{j,b,Ed} = 2000.00$ kN

Lk 4: $N_{j,b,Ed} = -5700.00$ kN

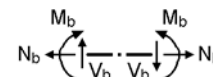
Materialsicherheitsbeiwerte

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_{sb}	U
--	---	---	---	---	---
1	0.807	0.953	0.465	0.997	0.997*
2	0.587	0.938	0.465	0.571	0.938
3	0.279	0.799	---	0.309	0.799
4	0.794	0.973	---	0.880	0.973

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

U_{sb} : Ausnutzung aus Schweißnaht; U: Ausnutzung der Verbindung

*) maximale Ausnutzung

2. Endergebnis

Ausnutzung/Rotation der Verbindung

Lk					Gleichgewicht		
	$S_{j,ini}$	S_j	φ_j	U_j	ΣH	ΣV	ΣM
--	MNm/rad	MNm/rad	°		kN	kN	kNm
1	1782.1	1782.1	0.048	0.997*	0.00	900.00	1500.00 !!
2	642.6	642.6	0.053	0.938	0.00	900.00	600.00 !!
3	0.0	0.0	0	0.799	2000.00	0.00	0.00 !!
4	0.0	0.0	0	0.973	5700.00	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 1]: $\max U = 0.997 < 1$ ok

Nachweis erbracht

3. Detaillierte Ausgabe von Lk 1 (maßgebend)

Hinweise

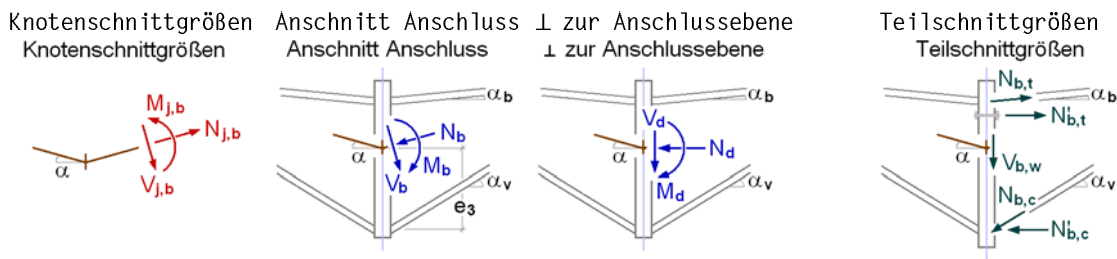
Der Nachweis der Verbindung nach EC 3-1-8 erfolgt ohne Berücksichtigung der Vorspannkraft.

Verbindungen können jedoch mit vorgespannten HV-Schrauben ausgeführt werden.

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

Die vereinfachte Berechnung der Querkrafttragfähigkeit berücksichtigt alle Schraubenreihen.

3.1. Bemessungsgrößen



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

Schnittgrößen senkrecht zu den Anschlussebenen

Anschnitt Träger

$M_d = 1500.00 \text{ kNm}$, $V_d = 900.00 \text{ kN}$

Teilschnittgrößen

Schnittgrößen im Ansnchnitt Stirnblech-Träger: $M'_d = M_d - V_d \cdot t_{ep} = 1459.50 \text{ kNm}$

$N_{b,t} = -N_d \cdot z_{bu}/z_b + M'_d/z_b = 2184.88 \text{ kN}$, $z_b = 668.0 \text{ mm}$, $z_{bu} = 334.0 \text{ mm}$

$N_{b,c} = N_d \cdot z_{bo}/z_b + M'_d/z_b = 2184.88 \text{ kN}$, $z_b = 668.0 \text{ mm}$, $z_{bo} = 334.0 \text{ mm}$

3.2. Querschnittstragfähigkeit

plastischer Querschnittsnachweis für $M_y = -1459.50 \text{ kNm}$, $V_z = 900.00 \text{ kN}$

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

Obergurt: Grenznormalkräfte $N_{max,O} = 2256.00 \text{ kN}$, $N_{min,O} = -2256.00 \text{ kN}$

Untergurt: Grenznormalkräfte $N_{max,U} = 2256.00 \text{ kN}$, $N_{min,U} = -2256.00 \text{ kN}$

Steg: Querkraft $V_s = 900.00 \text{ kN}$, Schubspannung $\tau_s = 7.93 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U_{\tau,s} = 0.584$

Grenznormalkräfte $N_{max,s} = 2166.04 \text{ kN}$, $N_{min,s} = -2166.04 \text{ kN}$

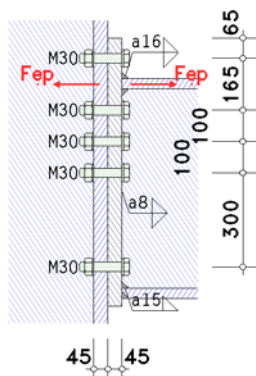
Hauptbieg.: Moment $M_y = -1459.50 \text{ kNm}$, Grenzmomente $M_{y,max} = 1868.74 \text{ kNm}$, $M_{y,min} = -1868.74 \text{ kNm} \Rightarrow U_{My} = 0.781$

Gesamt (ggf. aus Laststeigerung): max $U = 0.807 < 1$ **ok**

Ausnutzungen: Tragfähigkeit $U_\sigma = 0.807 < 1$ **ok**, c/t-Verhältnis $U_{c/t} = 0.233 < 1$ **ok**

3.3. Grundkomponenten

3.3.1. 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):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 150.0 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 289.1 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 150.0 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 16.33 \text{ kNm}$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 807.84 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = ((8 \cdot n \cdot 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}) / (2 \cdot m \cdot n \cdot e_w \cdot (m+n)) = 1762.68 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 754.56 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 807.84 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 754.56 \text{ kN}$

Tragfähigkeit und effektive Länge eines Stirnblechs mit Biegung (Überstand)

$F_{t,ep,Rd,1} = 754.56 \text{ kN}$, $l_{eff,1} = 150.0 \text{ mm}$

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):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 384.8 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 392.4 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 384.8 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 41.89 \text{ kNm}$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 807.84 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = ((8 \cdot n - 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}) / (2 \cdot m \cdot n \cdot e_w \cdot (m+n)) = 3235.01 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 1059.47 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 807.84 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 807.84 \text{ kN}$

Reihe 3

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 337.3 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 392.4 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 337.3 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 36.71 \text{ kNm}$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 807.84 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = ((8 \cdot n - 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}) / (2 \cdot m \cdot n \cdot e_w \cdot (m+n)) = 2835.29 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 981.31 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 807.84 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 807.84 \text{ kN}$

Reihe 4

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 337.3 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 392.4 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 337.3 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 36.71 \text{ kNm}$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 807.84 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = ((8 \cdot n - 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}) / (2 \cdot m \cdot n \cdot e_w \cdot (m+n)) = 2835.29 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 981.31 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 807.84 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 807.84 \text{ kN}$

Reihe 5

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 384.8 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 392.4 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 384.8 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 41.89 \text{ kNm}$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 807.84 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = ((8 \cdot n - 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}) / (2 \cdot m \cdot n \cdot e_w \cdot (m+n)) = 3235.01 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 1059.47 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 807.84 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 807.84 \text{ kN}$

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

$F_{ep,Rd,2} = 807.84 \text{ kN}$, $l_{eff,2} = 384.8 \text{ mm}$

$F_{ep,Rd,3} = 807.84 \text{ kN}$, $l_{eff,3} = 337.3 \text{ mm}$

$F_{ep,Rd,4} = 807.84 \text{ kN}$, $l_{eff,4} = 337.3 \text{ mm}$

$F_{ep,Rd,5} = 807.84 \text{ kN}$, $l_{eff,5} = 384.8 \text{ mm}$

Äquivalenter T-Stummelflansch (Schraubengruppe 1):

hier: Anzahl Schraubenreihen $n_b = 2$

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = \min(\Sigma l_{eff,nc}, \Sigma l_{eff,cp}) = 484.8 \text{ mm}$, $\Sigma l_{eff,cp} = 592.4 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc} = 484.8 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 52.77 \text{ kNm}$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 1615.68 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = ((8 \cdot n - 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}) / (2 \cdot m \cdot n \cdot e_w \cdot (m+n)) = 4075.60 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 1650.77 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 1615.68 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 1615.68 \text{ kN}$

Äquivalenter T-Stummelflansch (Schraubengruppe 2):

hier: Anzahl Schraubenreihen $n_b = 3$

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = \min(\Sigma l_{eff,nc}, \Sigma l_{eff,cp}) = 584.8 \text{ mm}$, $\Sigma l_{eff,cp} = 792.4 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = \Sigma l_{eff,nc} = 584.8 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 63.66 \text{ kNm}$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 2423.52 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = ((8 \cdot n \cdot 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}) / (2 \cdot m \cdot n \cdot e_w \cdot (m+n)) = 4916.19 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 2242.07 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2423.52 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 2242.07 \text{ kN}$

Äquivalenter T-Stummelflansch (Schraubengruppe 3):

hier: Anzahl Schraubenreihen $n_b = 4$

Abstand der Schraubenreihen voneinander zu groß ($p_{4-3} = 100.0 \text{ mm}$, $p_{4-5} = 300.0 \text{ mm}$) $\Rightarrow$ Gruppe geschlossen

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

$F_{ep,Rd,2-3} = 1615.68 \text{ kN}$, $\Sigma l_{eff} = 484.8 \text{ mm}$, 2 Reihen

$F_{ep,Rd,2-4} = 2242.07 \text{ kN}$, $\Sigma l_{eff} = 584.8 \text{ mm}$, 3 Reihen

3.3.2. Gk 7: Trägerflansch und -steg mit Druckbeanspruchung

Flansch unten: Querschnittsklasse für $c/(\varepsilon \cdot t) = 3.58$: 1

Steg: Querschnittsklasse für $\alpha = 0.50$ und $c/(\varepsilon \cdot t) = 34.24$: 1

Querschnittsklasse des Trägers: 1

Zur Berücksichtigung der Momenten-Querkraft-Interaktion $V_{Ed} = 900.0 \text{ kN}$



Beanspruchung durch Biegung mit Querkraft: $V_{Ed} = 900.0 \text{ kN} \leq 930.1 \text{ kN} = V_{pl,Rd}/2 \Rightarrow$ kein Einfluss

Tragfähigkeit $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 1956.84 \text{ kNm}$, $W_{pl} = 8327.00 \text{ cm}^3$

Tragfähigkeit eines Flanschs (und Stegs) mit Druck

$F_{c,f,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_f) = 2929.41 \text{ kN}$

Tragfähigkeit des oberen Trägerflanschs:

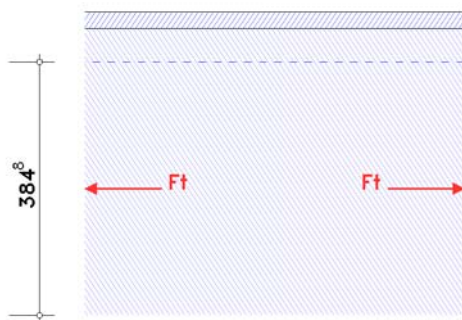
Beanspruchung durch Biegung mit Querkraft: $V_{Ed} = 900.0 \text{ kN} \leq 930.1 \text{ kN} = V_{pl,Rd}/2 \Rightarrow$ kein Einfluss

Tragfähigkeit $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 1956.84 \text{ kNm}$, $W_{pl} = 8327.00 \text{ cm}^3$

Tragfähigkeit eines Flanschs (und Stegs) mit Druck

$F_{c,f,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_f) = 2929.41 \text{ kN}$

3.3.3. 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 2

wirksame Breite $b_{eff,t,wb} = 384.8 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)

Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 1537.5 \text{ kN}$

Reihe 3

wirksame Breite $b_{eff,t,wb} = 337.3 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)
 Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung
 $F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 1347.5 \text{ kN}$

Reihe 4

wirksame Breite $b_{eff,t,wb} = 337.3 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)
 Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung
 $F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 1347.5 \text{ kN}$

Reihe 5

wirksame Breite $b_{eff,t,wb} = 384.8 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)
 Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung
 $F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 1537.5 \text{ kN}$

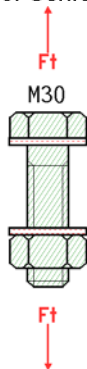
Gruppe von Schraubenreihen, Gruppe 1:

wirksame Breite $b_{eff,t,wb} = 484.8 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)
 Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung
 $F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 1937.0 \text{ kN}$

Gruppe von Schraubenreihen, Gruppe 2:

wirksame Breite $b_{eff,t,wb} = 584.8 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)
 Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung
 $F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 2336.5 \text{ kN}$

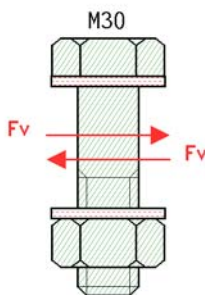
3.3.4. Gk 10: Schrauben mit Zugbeanspruchung



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

Zugtragfähigkeit einer Schraube $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 403.92 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$
 Durchstantragfähigkeit $B_{p,Rd} = (0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u) / \gamma_{M2} = 1287.04 \text{ kN}$, $t_p = 45.0 \text{ mm}$
 Zug-/Durchstantragfähigkeit für 2 Schrauben: $\Sigma F_{tp,Rd} = 2 \cdot \min(F_{t,Rd}, B_{p,Rd}) = 807.84 \text{ kN}$

3.3.5. Gk 11: Schrauben mit Abscherbeanspruchung

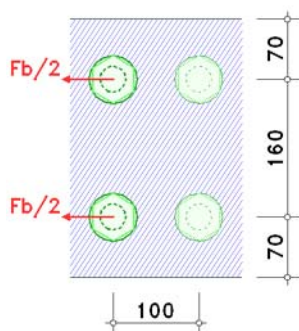


In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.

Abschertragfähigkeit je Scherfuge $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 339.29 \text{ kN}$, $\alpha_v = 0.60$
 Abschertragfähigkeit für 2 Schrauben (1-schnittig): $\Sigma F_{v,Rd} = 2 \cdot F_{v,Rd} = 678.58 \text{ kN}$

3.3.6. 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 $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 638.18 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.66$

Schraube 2: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 638.18 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.66$

Lochleibungstragfähigkeit für 1x2 Schrauben: $\Sigma F_{b,Rd} = 1276.36 \text{ kN}$

Reihe 2

Schraube 1: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 972.00 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 1.00$

Schraube 2: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 972.00 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 1.00$

Lochleibungstragfähigkeit für 1x2 Schrauben: $\Sigma F_{b,Rd} = 1944.00 \text{ kN}$

Reihe 3

Schraube 1: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 738.82 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.76$

Schraube 2: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 738.82 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.76$

Lochleibungstragfähigkeit für 1x2 Schrauben: $\Sigma F_{b,Rd} = 1477.64 \text{ kN}$

Reihe 4

Schraube 1: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 738.82 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.76$

Schraube 2: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 738.82 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 0.76$

Lochleibungstragfähigkeit für 1x2 Schrauben: $\Sigma F_{b,Rd} = 1477.64 \text{ kN}$

Reihe 5

Schraube 1: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 972.00 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 1.00$

Schraube 2: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 972.00 \text{ kN}$, $k_1 = 2.50$, $\alpha_b = 1.00$

Lochleibungstragfähigkeit für 1x2 Schrauben: $\Sigma F_{b,Rd} = 1944.00 \text{ kN}$

Lochleibungstragfähigkeiten (5 Reihen)

$\Sigma F_{b,Rd,1} = 1276.36 \text{ kN}$

$\Sigma F_{b,Rd,2} = 1944.00 \text{ kN}$

$\Sigma F_{b,Rd,3} = 1477.64 \text{ kN}$

$\Sigma F_{b,Rd,4} = 1477.64 \text{ kN}$

$\Sigma F_{b,Rd,5} = 1944.00 \text{ kN}$

3.4. Anschlusstragfähigkeit

3.4.1. Biegetragfähigkeit

Abstand der Zug-Schraubenreihen vom Druckpunkt:

$h_1 = 749.0 \text{ mm}$, $h_2 = 584.0 \text{ mm}$, $h_3 = 484.0 \text{ mm}$, $h_4 = 384.0 \text{ mm}$, $h_5 = 84.0 \text{ mm}$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (MNV-Interaktion)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 754.6 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 807.8 \text{ kN}$

Reihe 3: $F_{tr,Rd} = 669.5 \text{ kN}$

Reihe 4: $F_{tr,Rd} = 531.2 \text{ kN}$

Reihe 5: $F_{tr,Rd} = 116.2 \text{ kN}$

Tragfähigkeit der Flansche (MNV-Interaktion)

unten: $F_{c,Rd} = 2879.3 \text{ kN}$

Biegetragfähigkeit (MNV-Interaktion)

$M_{j,Rd} = \Sigma(F_{tr,Rd} \cdot h_r) = 1574.7 \text{ kNm}$

Querkrafttragfähigkeit (MNV-Interaktion)

$V_{j,Rd} = 944.8 \text{ kN}$

3.4.2. Schubtragfähigkeit

Schubtragfähigkeit des Stirnblechs

Stirnblech: $V_{ep,Rd} = 3250.97 \text{ kN}$

Schweißnähte: $F_{w,Rd} = 1935.46 \text{ kN}$

Schubtragfähigkeit des Stirnblechs: $V_{ep,Rd} = F_{w,Rd} = 1935.46 \text{ kN}$

3.5. Nachweise

3.5.1. Nachweis der Anschlusstragfähigkeit mit der Komponentenmethode

$U_{MNV} = 0.953 < 1$ **ok**

$V_{Ed}/V_{ep,Rd} = 0.465 < 1$ **ok**

3.5.2. Nachweis der Schweißnähte am Trägerprofil

Naht 1: Trägerflansch mit Zug außen

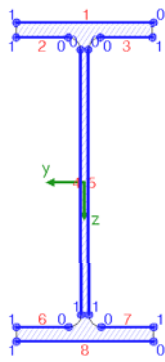
Nähte 2,3: Trägerflansch mit Zug innen

Nähte 4,5: Trägersteg beidseitig

Naht 8: Trägerflansch mit Druck außen

Nähte 6,7: Trägerflansch mit Druck innen

Berechnungsquerschnitt:



Naht 1:	$a_w = 15.5 \text{ mm}$	$l_w = 300.0 \text{ mm}$
Naht 2:	$a_w = 15.5 \text{ mm}$	$l_w = 114.5 \text{ mm}$
Naht 3:	siehe Naht 2	
Naht 4:	$a_w = 8.0 \text{ mm}$	$l_w = 582.0 \text{ mm}$
Naht 5:	siehe Naht 4	
Naht 6:	$a_w = 15.0 \text{ mm}$	$l_w = 114.5 \text{ mm}$
Naht 7:	siehe Naht 6	
Naht 8:	$a_w = 15.0 \text{ mm}$	$l_w = 300.0 \text{ mm}$

Bemessungsgrößen bezogen auf den Schwerpunkt des Profils:

$M_{y,Ed} = -1500.00 \text{ kNm}$, $V_{z,Ed} = 900.00 \text{ kN}$

Querschnittswerte bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts:

$\Sigma A_w = 254.47 \text{ cm}^2$, $A_{w,z} = 93.12 \text{ cm}^2$, $\Sigma l_w = 222.2 \text{ cm}$

$I_{w,y} = 208971.47 \text{ cm}^4$, $I_{w,z} = 13701.31 \text{ cm}^4$, $W_{w,t} = 490.20 \text{ cm}^3$, $\Delta z_w = -3.5 \text{ mm}$

Schnittgrößenverteilung:

Naht 1: $N_w = 1156.56 \text{ kN}$

Naht 2: $N_w = 400.65 \text{ kN}$

Naht 3: siehe Naht 2

Naht 4: $N_w = -11.68 \text{ kN}$ $M_{y,w} = -94.34 \text{ kNm}$

Naht 5: siehe Naht 4

Naht 6: $N_w = -396.35 \text{ kN}$

Naht 7: siehe Naht 6

Naht 8: $N_w = -1141.82 \text{ kN}$

aus konventioneller Querkraftaufteilung: $V_{z,w} = 900.00 \text{ kN}$

Nachweise in den Endpunkten der Nähte:

Naht 1, Pkt. 0: $\sigma_{w,x} = 248.72 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.977 < 1 \text{ ok}$

Naht 2, Pkt. 0: $\sigma_{w,x} = 225.75 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.887 < 1 \text{ ok}$

Naht 4, Pkt. 0: $\sigma_{w,x} = 206.37 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{w,z} = 96.65 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.935 < 1 \text{ ok}$

Pkt. 1: $\sigma_{w,x} = -211.39 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{w,z} = 96.65 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.952 < 1 \text{ ok}$

Naht 6, Pkt. 0: $\sigma_{w,x} = -230.77 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.907 < 1 \text{ ok}$

Naht 8, Pkt. 0: $\sigma_{w,x} = -253.74 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.997 < 1 \text{ ok}$

Ergebnis:

Naht 8, Pkt. 0: $\sigma_{w,x} = -253.74 \text{ N/mm}^2$

Max: $\sigma_{1,w,Ed} = 35.88 \text{ kN/cm}^2 < f_{1w,d} = 36.00 \text{ kN/cm}^2$,

$\sigma_{2,w,Ed} = 17.94 \text{ kN/cm}^2 < f_{2w,d} = 25.92 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U_w = 0.997 < 1 \text{ ok}$

3.5.3. Nachweisergebnis

Maximale Ausnutzung: $\max U = 0.997 < 1 \text{ ok}$

3.6. Rotationssteifigkeit

Steifigkeitskoeffizienten

äquivalenter Steifigkeitskoeffizient für 5 Zug-Schraubenreihen:

1: $k_5 = 115.05 \text{ mm}$, $k_{10} = 7.40 \text{ mm} \Rightarrow k_{eff,1} = 1 / \Sigma(1/k_{i,1}) = 6.554 \text{ mm}$

2: $k_5 = 129.60 \text{ mm}$, $k_{10} = 7.40 \text{ mm} \Rightarrow k_{eff,2} = 1 / \Sigma(1/k_{i,2}) = 6.639 \text{ mm}$

3: $k_5 = 113.58 \text{ mm}$, $k_{10} = 7.40 \text{ mm} \Rightarrow k_{eff,3} = 1 / \Sigma(1/k_{i,3}) = 6.544 \text{ mm}$

4: $k_5 = 113.58 \text{ mm}$, $k_{10} = 7.40 \text{ mm} \Rightarrow k_{eff,4} = 1 / \Sigma(1/k_{i,4}) = 6.544 \text{ mm}$

5: $k_5 = 129.60 \text{ mm}$, $k_{10} = 7.40 \text{ mm} \Rightarrow k_{eff,5} = 1 / \Sigma(1/k_{i,5}) = 6.639 \text{ mm}$

$k_{eq} = \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r) / z_{eq} = 26.600 \text{ mm}$, $z_{eq} = \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r^2) / \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r) = 564.8 \text{ mm}$

Rotationssteifigkeit

Anfangsrotationssteifigkeit: $S_{j,ini} = (E \cdot z^2) / \Sigma(1/k_i) = 1782059.9 \text{ kNm/rad}$, $z = z_{eq} = 564.8 \text{ mm}$, $\Sigma(1/k_i) = 0.038 \text{ mm}^{-1}$

Rotationssteifigkeit: $S_{j,Rd} = S_{j,ini} / \mu = 1782059.9 \text{ kNm/rad}$, $\mu = 1$

Verdrehung: $\varphi_{j,Ed} = M_{j,Ed} / S_{j,Rd} = 0.048^\circ$