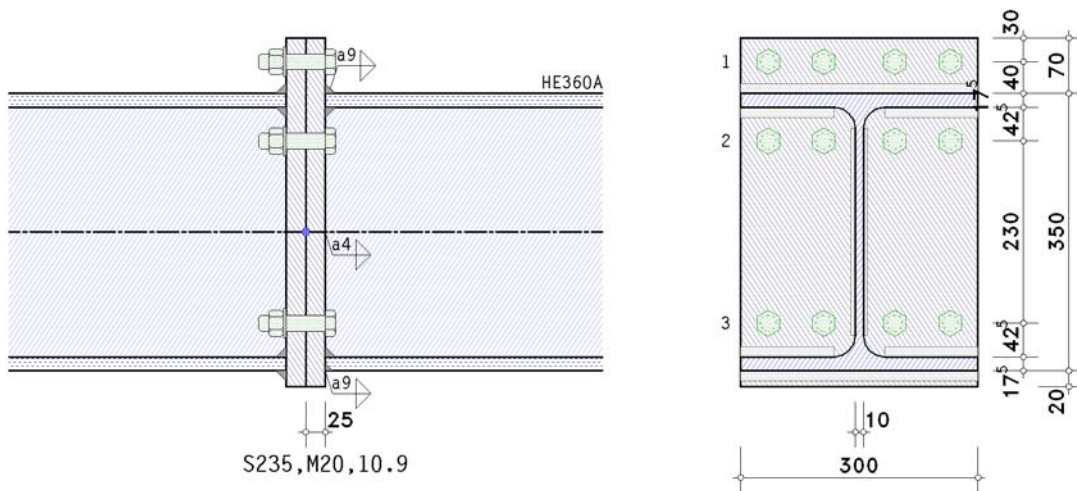
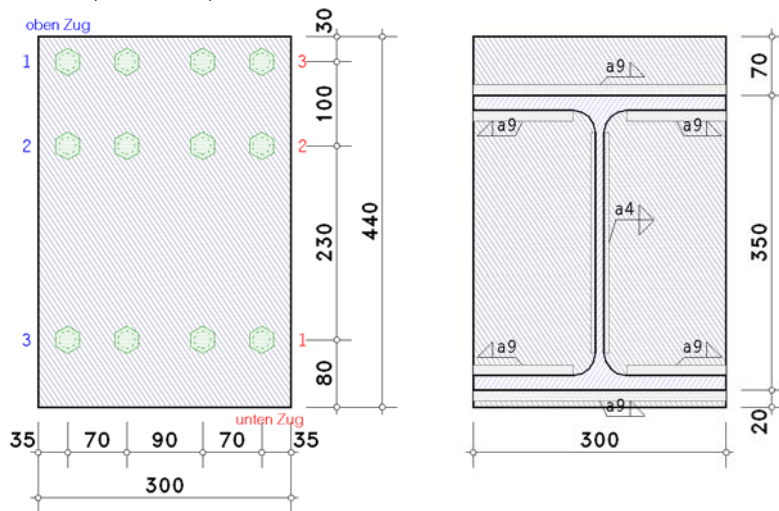


1. Eingabeprotokoll



Details (Schnitt A - A)



Stahlsorte

Stahlgüte S235

Schrauben

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M20, normale Schlüsselweite
Schaft in der Scherfuge

Parameter des Trägers

Profil HE360A

Nachweisparameter

geschraubter Stirnblechanschluss

Dicke $t_p = 25.0$ mm, Breite $b_p = 300.0$ mm, Länge $l_p = 440.0$ mm

Überstände $h_{p,o} = 70.0$ mm, $h_{p,u} = 20.0$ mm

Schrauben im Anschluss:

3 Schraubenreihen mit je 4 Schrauben

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

davon 2 Schraubenreihen oben unter Zugbelastung (Reihen 1-2)

und 1 Schraubenreihe zur Querkraftübertragung oben (Reihe 3)

davon 1 Schraubenreihe unten unter Zugbelastung (Reihe 3)

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

Berechnungsmethode (4 Schrauben je Reihe) nach Wagenknecht, Stahlbau-Praxis nach EC 3, Bd.3

Achsabstand zwischen Außen- und Innenschraube $w_2 = 70.0$ mm

Achsabstand der Schrauben zum seitlichen Rand des Stirnblechs $e_2 = 35.0$ mm

Achsabstand der ersten Schraubenreihe zum oberen Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_o = 30.0$ mm

Achsabstand der letzten Schraubenreihe zum unteren Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_u = 80.0$ mm

Achsabstand der Schraubenreihen voneinander $p_{1-2} = 100.0$ mm, $p_{2-3} = 230.0$ mm

Schweißnähte im Anschluss:

Trägerflansch oben: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 9.0$ mm

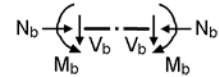
Trägersteg: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0$ mm

Trägerflansch unten: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 9.0$ mm

70% der Druckspannung wird über Kontakt abgetragen

Schnittgrößen im Anschnitt der Verbindung bezogen auf die Systemachsen

Lk 1: $M_{b,Ed} = 320.00$ kNm $V_{b,Ed} = 180.00$ 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 $\gamma_{M7} = 1.10$

Hinweise

Die Querschnittsprofile werden nicht nachgewiesen.

Die Berechnung der T-Stummel-Tragfähigkeit erfolgt mit dem Standard-Verfahren.

Datencheck

ok

Schraubenabstände am Stirnblech

horizontal: $e_2 = 35.0$ mm $> 1.2 \cdot d_0 = 26.4$ mm,

$e_2 = 35.0$ mm $< 4 \cdot t + 40$ mm = 140.0 mm

horizontal: $p_2 = 70.0$ mm $> 2.4 \cdot d_0 = 52.8$ mm,

$p_2 = 70.0$ mm $< \min(14 \cdot t, 200$ mm) = 200.0 mm

horizontal: $p_2 = 90.0$ mm $> 2.4 \cdot d_0 = 52.8$ mm,

$p_2 = 90.0$ mm $< \min(14 \cdot t, 200$ mm) = 200.0 mm

oben-unten: $e_1 = 30.0$ mm $> 1.2 \cdot d_0 = 26.4$ mm,

$e_1 = 30.0$ mm $< 4 \cdot t + 40$ mm = 140.0 mm

oben-unten: $p_1 = 100.0$ mm $> 2.2 \cdot d_0 = 48.4$ mm,

$p_1 = 100.0$ mm $< \min(14 \cdot t, 200$ mm) = 200.0 mm

oben-unten: $p_1 = 230.0$ mm $> 2.2 \cdot d_0 = 48.4$ mm,

$p_1 = 230.0$ mm $> \min(14 \cdot t, 200$ mm) = 200.0 mm !!

oben-unten: $e_1 = 80.0$ mm $> 1.2 \cdot d_0 = 26.4$ mm,

$e_1 = 80.0$ mm $< 4 \cdot t + 40$ mm = 140.0 mm

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

2. Ergebnistabelle

Ausnutzung/Rotation

Lk	U_m	U_v	U_{sb}	U_{Gk}	U	$S_{j,ini}$	S_j	φ_j
---	---	---	---	---	---	MNm/rad	MNm/rad	°
1	0.939	0.298	0.778	0.939	0.939*	421.2	140.4	0.131

U_m : Ausnutzung aus Biegung; U_v : Ausnutzung aus Abscheren/Lochleibung; U_{sb} : Ausnutzung aus Schweißnaht

U_{Gk} : Ausnutzung aus Teilschnittgrößen; U : Ausnutzung der Verbindung; $S_{j,ini}$: Anfangsrotationssteifigkeit

S_j : Rotationssteifigkeit; φ_j : Verdrehung

*) maximale Ausnutzung

3. Endergebnis

Maximale Ausnutzung:

max $U = 0.939 < 1$ ok

Minimale Rotationssteifigkeit:

min $S_j = 140.4$ MNm/rad, $S_{j,ini} = 421.2$ MNm/rad, $\varphi_j = 0.131^\circ$

Nachweis erbracht

Bedingung nach EC 3-1-8 sollte eingehalten werden

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 1993-1-1:2022, Ausgabe April 2025

EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-1, Ausgabe Oktober 2022

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

Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen;

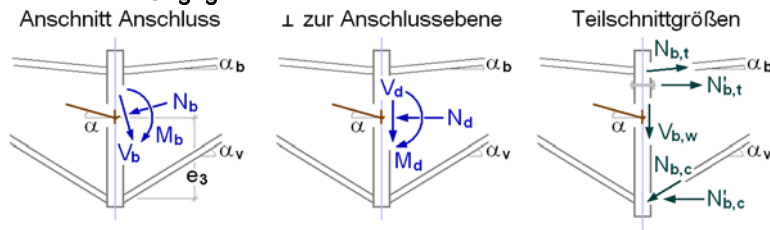
Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2024, Ausgabe April 2025

EN 1993-1-8/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-8, Ausgabe November 2020

Gerd Wagenknecht: Stahlbau-Praxis nach Eurocode 3, Band 3, Beuth Verlag GmbH, 2014

5. Lk 1 (maßgebend)

5.1. Bemessungsgrößen



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

Schnittgrößen senkrecht zu den Anchlussebenen

Anschnitt Träger

$M_d = 320.00 \text{ kNm}$, $V_d = 180.00 \text{ kN}$

Teilschnittgrößen

Schnittgrößen im Anschnitt Stirnblech-Träger: $M'_d = M_d - V_d \cdot t_p = 315.50 \text{ kNm}$

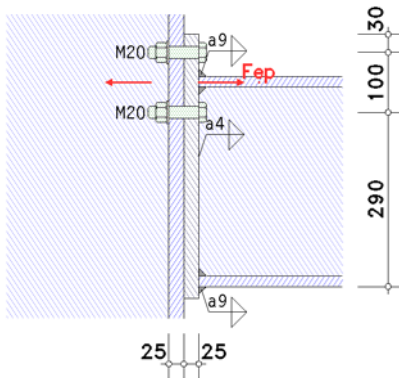
$N_{b,t} = -N_d \cdot z_{bu} / z_b + M'_d / z_b = 948.87 \text{ kN}$, $z_b = 332.5 \text{ mm}$, $z_{bu} = 166.3 \text{ mm}$

$N_{b,c} = N_d \cdot z_{bo} / z_b + M'_d / z_b = 948.87 \text{ kN}$, $z_b = 332.5 \text{ mm}$, $z_{bo} = 166.3 \text{ mm}$

$V_{b,t} = -N_{b,t} \cdot \sin(\alpha_b) = 0.00 \text{ kN}$, $V_{b,c} = N_{b,c} \cdot \sin(\alpha_v) = 0.00 \text{ kN}$, $V_{b,w} = V_d - V_{b,t} - V_{b,c} = 180.00 \text{ kN}$

5.2. Grundkomponenten

5.2.1. Gk 5: Stirnblech mit Biegung



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

Verbindungen mit 4 Schrauben je Schraubenreihe werden im EC 3-1-8 nicht behandelt. Die Bemessung erfolgt nach Wagenknecht, Stahlbau-Praxis nach EC 3, Bd.3.

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: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 150.0 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 303.7 \text{ mm}$

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: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 5.51 \text{ kNm}$

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.26 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 4 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 705.02 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 738.87 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 537.74 \text{ kN}$

Modus 3: Schraubenversagen

$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 705.02 \text{ kN}$, $F_{T,4,Rd} = 2 \cdot M_{pl,1,Rd} / m = 369.43 \text{ kN}$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 537.74 \text{ kN}$

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

Zugtragfähigkeit der Schweißnähte: $F_{T,w,Rd} = 2^{1/2} \cdot f_{1w,d} \cdot a \cdot l_{eff} = 687.31 \text{ kN}$ ($\geq 537.74 \text{ kN}$, nicht maßgebend)

Tragfähigkeit und effektive Länge eines Stirnblechs mit Biegung (Überstand)

$F_{t,ep,Rd,1} = 537.74 \text{ kN}$, $l_{eff,1} = 150.0 \text{ mm}$

Teil des Stirnblechs zwischen den Trägerflanschen

Äquivalenter T-Stummelflansch (jede einzelne Schraubenreihe):

hier: Anzahl Schraubenreihen $n_b = 1$

Reihe 2 (4 Schrauben je Reihe)

wirksame Länge des T-Stummelflanschs (Stirnblech):

für Modus 1: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 283.8 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 321.4 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 283.8 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 10.42 \text{ kNm}$

$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.26 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

für Modus 3: $\Sigma F_{t,Rd} = 4 \cdot n_b \cdot F_{t,Rd} = 705.02 \text{ kN}$

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 1175.00 \text{ kN}$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + (n_1 + n_2) \cdot 0.25 \cdot \Sigma F_{t,Rd} \cdot (3.6 - 1.6 \cdot n_1 / (n_1 + n_2))) / (m + n_1 + n_2) = 482.12 \text{ kN}$$

Modus 3: Schraubenversagen

$$F_{T,3,Rd} = 0.9 \cdot \Sigma F_{t,Rd} = 634.52 \text{ kN}, \quad F_{T,4,Rd} = (3.6 \cdot M_{pl,1,Rd}) / (1.8 \cdot m + 0.8 \cdot n_1) = 313.00 \text{ kN}$$

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 482.12 \text{ kN}$

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

Zugtragfähigkeit der Schweißnähte: $F_{T,w,Rd} = 2^{1/2} \cdot f_{1w,d} \cdot a \cdot l_{eff} = 577.94 \text{ kN} (\geq 482.12 \text{ kN}, \text{ nicht maßgebend})$

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

$$F_{ep,Rd,2} = 482.12 \text{ kN}, \quad l_{eff,2} = 283.8 \text{ mm}$$

5.2.2. Gk 7: Trägerflansch und -steg mit Druckbeanspruchung

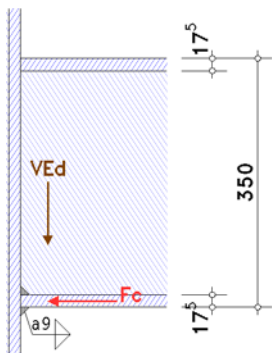
Flansch unten: Q-Klasse 1

Steg: Q-Klasse 1

Gesamt: Q-Klasse 1

Querschnittsklasse des Trägers: 1

Zur Berücksichtigung der Momenten-Querkraft-Interaktion $V_{Ed} = 180.0 \text{ kN}$



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

Beanspruchung durch Biegung mit Querkraft: $V_{Ed} = 180.0 \text{ kN} \leq 332.1 \text{ kN} = 0.5 \cdot V_{pl,Rd}/2 \Rightarrow$ kein Einfluss

Tragfähigkeit $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 490.75 \text{ kNm}$, $W_{pl} = 2088.29 \text{ cm}^3$

Tragfähigkeit eines Flanschs und Stegs mit Druck

$$F_{c,f,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_f) = 1475.94 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit der Schweißnähte

Druckkraft $N_{c,Ed} = 442.8 \text{ kN}$ (70% Druckkontakt)

$$\sigma_{1,w,Ed} = 116.0 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 360.0 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.322 < 1$$

$$\sigma_{2,w,Ed} = 58.0 \text{ N/mm}^2 < f_{2w,d} = 259.2 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.224 < 1$$

Tragfähigkeit des oberen Trägerflanschs:

Beanspruchung durch Biegung mit Querkraft: $V_{Ed} = 180.0 \text{ kN} \leq 332.1 \text{ kN} = 0.5 \cdot V_{pl,Rd}/2 \Rightarrow$ kein Einfluss

Tragfähigkeit $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 490.75 \text{ kNm}$, $W_{pl} = 2088.29 \text{ cm}^3$

Tragfähigkeit eines Flanschs und Stegs mit Druck

$$F_{c,f,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_f) = 1475.94 \text{ kN}$$

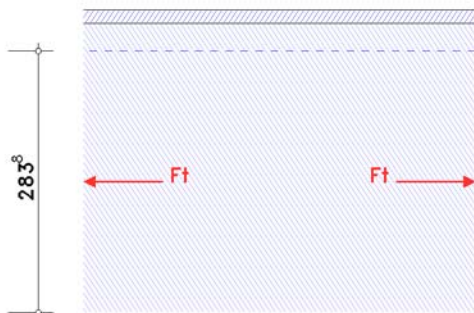
Tragfähigkeit der Schweißnähte

Druckkraft $N_{c,Ed} = 442.8 \text{ kN}$ (70% Druckkontakt)

$$\sigma_{1,w,Ed} = 116.0 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 360.0 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.322 < 1$$

$$\sigma_{2,w,Ed} = 58.0 \text{ N/mm}^2 < f_{2w,d} = 259.2 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.224 < 1$$

5.2.3. 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 2

wirksame Breite $b_{eff,t,wb} = 283.8 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)

Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 666.92 \text{ kN}$$

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

Zugtragfähigkeit der Schweißnähte: $F_{t,w,Rd} = 2^{1/2} \cdot f_{1w,d} \cdot a \cdot b_{eff,t} = 577.94 \text{ kN}$

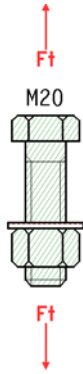
Gesamtragfähigkeit des Blechs: $F_{t,wb,Rd} = F_{t,w,Rd} = 577.94 \text{ kN}$

Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zug (je Schraubenreihe)



$$F_{t,wb,Rd,2} = 577.94 \text{ kN}, \quad b_{eff,t,wb} = 283.8 \text{ mm} \quad (\text{s. Gk 5})$$

5.2.4. Gk 10: Schrauben mit Zugbeanspruchung



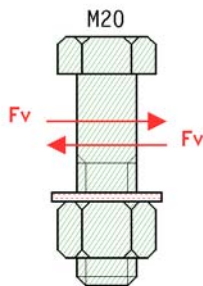
In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.

Zugtragfähigkeit einer Schraube $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.26 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

Durchstantragfähigkeit einer Schraube $B_{p,Rd} = (0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u) / \gamma_{M2} = 427.17 \text{ kN}$, $t_p = 25.0 \text{ mm}$

Zug-/Durchstantragfähigkeit für 4 Schrauben: $\Sigma F_{tp,Rd} = 4 \cdot \min(F_{t,Rd}, B_{p,Rd}) = 705.02 \text{ kN}$

5.2.5. Gk 11: Schrauben mit Abscherbeanspruchung

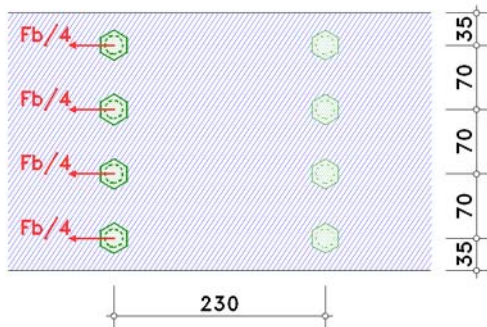


In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.

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

Abschertragfähigkeit für 4 Schrauben (1-schnittig): $\Sigma F_{v,Rd} = 4 \cdot F_{v,Rd} = 603.19 \text{ kN}$

5.2.6. Gk 12: Blech mit Lochleibungsbeanspruchung



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

Reihe 3

Schraube 1: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_m \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 432.00 \text{ kN}$, $k_m = 1.00$, $\alpha_b = 3.00$

Schraube 2: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_m \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 432.00 \text{ kN}$, $k_m = 1.00$, $\alpha_b = 3.00$

Schraube 3: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_m \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 432.00 \text{ kN}$, $k_m = 1.00$, $\alpha_b = 3.00$

Schraube 4: Lochleibungstragfähigkeit $F_{b,Rd} = (k_m \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = 432.00 \text{ kN}$, $k_m = 1.00$, $\alpha_b = 3.00$

Lochleibungstragfähigkeit für 1x4 Schrauben: $\Sigma F_{b,Rd} = 1555.20 \text{ kN}$

5.3. Anschlusstragfähigkeit

5.3.1. Biegetragfähigkeit

Abstand der Zug-Schraubenreihen vom Druckpunkt: $h_1 = 381.3 \text{ mm}$, $h_2 = 281.3 \text{ mm}$

Tragfähigkeiten nach EC 3-1-8, B.3.2.2(6) für Schraubenreihen einzeln betrachtet

maßgebende Grundkomponenten: 5, 8

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 537.7 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 482.1 \text{ kN}$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Zug)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 537.7 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 482.1 \text{ kN}$



$$\Sigma F_{tr,Rd}^* = 1019.9 \text{ kN}$$

Abminderungen nach EC 3-1-8, B.3.2.2(7)

maßgebende Grundkomponente: 7

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 537.7 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 482.1 \text{ kN}$

Kontrolle nach EC 3-1-8, B.3.2.2(9)

maßgebende Grundkomponente: 10

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 537.7 \text{ kN}$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Biegung)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 537.7 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 482.1 \text{ kN}$

$$\Sigma F_{tr,Rd} = 1019.9 \text{ kN}$$

Mögliches Versagen durch Grundkomponente 5

Tragfähigkeit der Flansche (Druck)

$$\Sigma F_{c,Rd}^* = 2951.9 \text{ kN}$$

Biegetragfähigkeit

$$M_{j,Rd} = \Sigma(F_{tr,Rd} \cdot h_r) = 340.6 \text{ kNm}$$

Zugtragfähigkeit

$$N_{j,t,Rd} = \Sigma F_{tr,Rd}^* = 1019.9 \text{ kN}$$

Drucktragfähigkeit

$$N_{j,c,Rd} = \Sigma F_{c,Rd}^* = 2951.9 \text{ kN}$$

5.3.2. Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit

Tragfähigkeit je Schraubenreihe

maßgebende Grundkomponenten: 11, 12

Reihe 3: $F_{vr,Rd} = 603.2 \text{ kN}$

Abminderungen aufgrund der Zugkraft (bei voller Ausnutzung der Biegetragfähigkeit)

maßgebende Grundkomponente: 10

Reihe 3: $F_{vr,Rd} = 603.2 \text{ kN}$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Abscheren/Lochleibung)

Reihe 3: $F_{vr,Rd} = 603.2 \text{ kN}$

$$\Sigma F_{vr,Rd} = 603.2 \text{ kN}$$

Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit

$$V_{j,Rd} = \Sigma F_{vr,Rd} = 603.2 \text{ kN}$$

5.3.3. Gesamt

$$M_{j,Rd} = 340.6 \text{ kNm} \quad N_{j,t,Rd} = 1019.9 \text{ kN} \quad N_{j,c,Rd} = 2951.9 \text{ kN} \quad V_{j,Rd} = 603.2 \text{ kN}$$

5.4. Nachweise

5.4.1. Nachweis der Anschlussfähigkeit mit der Komponentenmethode

Biegemoment: $M_{Ed} = M_d = 320.00 \text{ kNm}$

Querkraft: $V_{Ed} = |V_d| = 180.00 \text{ kN}$

$$M_{Ed}/M_{j,Rd} = 0.939 < 1 \quad \text{ok}$$

$$V_{Ed}/V_{j,Rd} = 0.298 < 1 \quad \text{ok}$$

5.4.2. Nachweis der Anschlussfähigkeit mit Teilschnittgrößen

Zugkraft in den Schraubenreihen:

$$N'_{b,t} = (-N_d \cdot z_{bu} + M_d) / z = 966.04 \text{ kN}, \quad z = z_{eq} = 331.3 \text{ mm}, \quad z_{bu} = 166.3 \text{ mm}$$

Druckkraft bezogen auf die Zugkraft in den Schraubenreihen:

$$N'_{b,c} = (N_d \cdot z_{bo} + M_d) / z = 966.04 \text{ kN}, \quad z = z_{eq} = 331.3 \text{ mm}, \quad z_{bo} = 165.0 \text{ mm}$$

Gk 5: $F_{Rd} = \Sigma F_{t,ep,Rd,i} = 1028.3 \text{ kN}, \quad F_{Ed} = N'_{b,t} = 966.04 \text{ kN}$

$$F_{Ed} = 966.0 \text{ kN} < F_{Rd} = 1028.3 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.939 < 1 \quad \text{ok}$$

Gk 7: Flansch: $F_{Rd} = F_{c,f,Rd} = 1475.9 \text{ kN}, \quad F_{Ed} = N'_{b,c} = 966.04 \text{ kN}$

$$F_{Ed} = 966.0 \text{ kN} < F_{Rd} = 1475.9 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.655 < 1 \quad \text{ok}$$

Gk 8: $F_{Rd} = \Sigma F_{t,wb,Rd,i} = 1302.1 \text{ kN}, \quad F_{Ed} = N'_{b,t} = 966.04 \text{ kN}$

$$F_{Ed} = 966.0 \text{ kN} < F_{Rd} = 1302.1 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.742 < 1 \quad \text{ok}$$

Gk 10: $F_{Rd} = \Sigma 0.95 \cdot F_{t,Rd,i} = 1410.0 \text{ kN}, \quad F_{Ed} = N'_{b,t} = 966.04 \text{ kN}$

$$F_{Ed} = 966.0 \text{ kN} < F_{Rd} = 1410.0 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.685 < 1 \quad \text{ok}$$

Gk 11: $F_{Rd} = F_{vr,Rd} = 603.2 \text{ kN}$ (ohne Abscheren mit Zug), $F_{Ed} = |V_d| = 180.00 \text{ kN}$

$$F_{Ed} = 180.0 \text{ kN} < F_{Rd} = 603.2 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.298 < 1 \quad \text{ok}$$

Gk 12: $F_{Rd} = F_{b,Rd} = 1555.2 \text{ kN}$, $F_{Ed} = |V_d| = 180.00 \text{ kN}$
 $F_{Ed} = 180.0 \text{ kN} < F_{Rd} = 1555.2 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.116 < 1 \text{ ok}$

Ausnutzung Teilschnittgrößen $U_{Gk} = 0.939 < 1 \text{ ok}$

5.4.3. Nachweis der Schweißnähte am Trägerprofil

Naht 1: Trägerflansch mit Zug außen

Nähte 2,3: Trägerflansch mit Zug innen

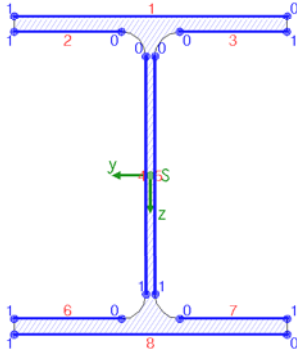
Naht 8: Trägerflansch mit Druck außen

Nähte 4,5: Trägersteg beidseitig

Nähte 6,7: Trägerflansch mit Druck innen

Naht 4: NA-DE: Blechdicke $t_{max} \geq 3 \text{ mm}$: Nahtdicke $a = 4.0 \text{ mm} < a_{min} = t_{max}^{1/2} - 0.5 = 4.50 \text{ mm}$ **EC 3-Bedingung !!**

Berechnungsquerschnitt:



Naht 1:	$a_w = 9.0 \text{ mm}$	$l_w = 300.0 \text{ mm}$
Naht 2:	$a_w = 9.0 \text{ mm}$	$l_w = 118.0 \text{ mm}$
Naht 3:	siehe Naht 2	
Naht 4:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 261.0 \text{ mm}$
Naht 5:	siehe Naht 4	
Naht 6:	$a_w = 9.0 \text{ mm}$	$l_w = 118.0 \text{ mm}$
Naht 7:	siehe Naht 6	
Naht 8:	$a_w = 9.0 \text{ mm}$	$l_w = 300.0 \text{ mm}$

Bemessungsgrößen bezogen auf den Schwerpunkt des Profils:

$M_{y,Ed} = -320.00 \text{ kNm}$, $V_{z,Ed} = 180.00 \text{ kN}$

Querschnittswerte bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts:

$\Sigma A_w = 117.36 \text{ cm}^2$, $A_{w,z} = 20.88 \text{ cm}^2$, $\Sigma l_w = 159.4 \text{ cm}$

$I_{w,y} = 28260.50 \text{ cm}^4$, $I_{w,z} = 8065.90 \text{ cm}^4$, $\Delta z_w = 0.0 \text{ mm}$

Schnittgrößenverteilung:

Naht 1: $N_w = 535.02 \text{ kN}$

Naht 2: $N_w = 189.40 \text{ kN}$

Naht 3: siehe Naht 2

Naht 4: $M_{y,w} = -6.71 \text{ kNm}$

Naht 5: siehe Naht 4

Naht 6: $N_w = -189.40 \text{ kN}$

Naht 7: siehe Naht 6

Naht 8: $N_w = -535.02 \text{ kN}$

aus konventioneller Querkraftaufteilung: $V_{z,w} = 180.00 \text{ kN}$

Nachweise in den Endpunkten der Nähte:

70% Spannungsabtrag über Druckkontakt

Naht 1, Pkt. 0: $\sigma_{w,x} = 198.16 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.778 < 1 \text{ ok}$

Naht 2, Pkt. 0: $\sigma_{w,x} = 178.34 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.701 < 1 \text{ ok}$

Naht 4, Pkt. 0: $\sigma_{w,x} = 147.77 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{w,z} = 86.21 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.713 < 1 \text{ ok}$

Pkt. 1: $\sigma_{w,x} = -44.33 \text{ N/mm}^2$ $\tau_{w,z} = 86.21 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.450 < 1 \text{ ok}$

Naht 6, Pkt. 0: $\sigma_{w,x} = -53.50 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.210 < 1 \text{ ok}$

Naht 8, Pkt. 0: $\sigma_{w,x} = -59.45 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.234 < 1 \text{ ok}$

Ergebnis:

Naht 1, Pkt. 0: $\sigma_{w,x} = 198.16 \text{ N/mm}^2$

Max: $\sigma_{1,w,Ed} = 280.24 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 360.00 \text{ N/mm}^2$,

$\sigma_{2,w,Ed} = 140.12 \text{ N/mm}^2 < f_{2w,d} = 259.20 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.778 < 1 \text{ ok}$

5.4.4. Nachweisergebnis

Maximale Ausnutzung: $\max U = 0.939 < 1 \text{ ok}$

5.5. Rotationssteifigkeit

Steifigkeitskoeffizienten

äquivalenter Steifigkeitskoeffizient für 2 Zug-Schraubenreihen:

1: $k_5 = 79.57 \text{ mm}$, $k_{10} = 5.70 \text{ mm} \Rightarrow k_{eff,1} = 1 / \Sigma(1/k_{i,1}) = 8.857 \text{ mm}$

2: $k_5 = 89.40 \text{ mm}$, $k_{10} = 5.70 \text{ mm} \Rightarrow k_{eff,2} = 1 / \Sigma(1/k_{i,2}) = 9.080 \text{ mm}$

äquivalenter innerer Hebelarm $z_{eq} = \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r^2) / \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r) = 338.19 \text{ mm}$

äquivalenter Steifigkeitskoeffizient $k_{eq} = \Sigma(k_{eff,r} \cdot h_r) / z_{eq} = 17.536 \text{ mm}$

Rotationssteifigkeit

Anfangsrotationssteifigkeit: $S_{j,ini} = (E \cdot z^2) / \Sigma(1/k_i) = 421190.6 \text{ kNm/rad}$, $z = z_{eq} = 338.2 \text{ mm}$, $\Sigma(1/k_i) = 0.057 \text{ mm}^{-1}$

$IM_{j,Ed} = 320.00 \text{ kNm} > 2/3 M_{j,Rd} = 227.07 \text{ kNm} \Rightarrow \mu = 3.0$

Rotationssteifigkeit: $S_{j,Rd} = S_{j,ini} / \mu = 140396.9 \text{ kNm/rad}$

Verdrehung: $\varphi_{j,Ed} = M_{j,Ed} / S_{j,Rd} = 0.131^\circ$