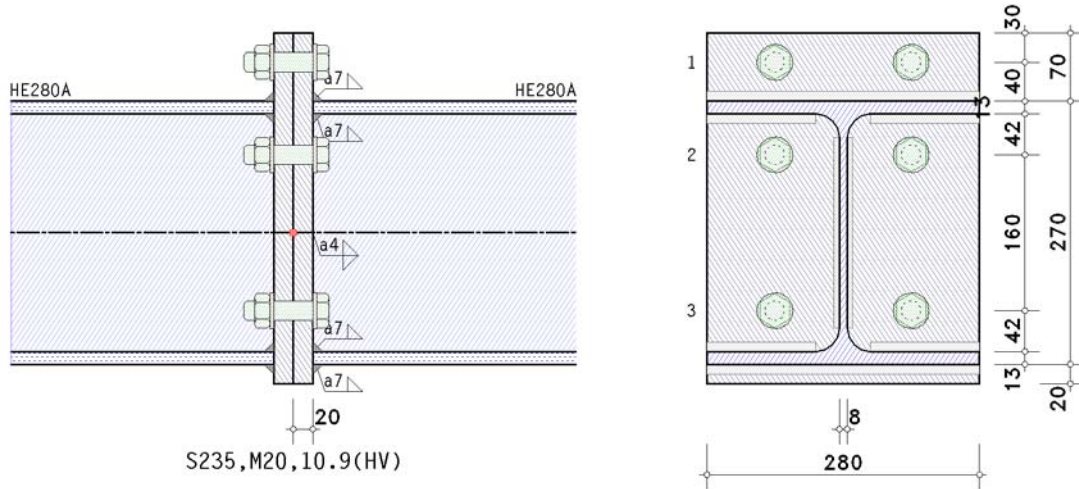
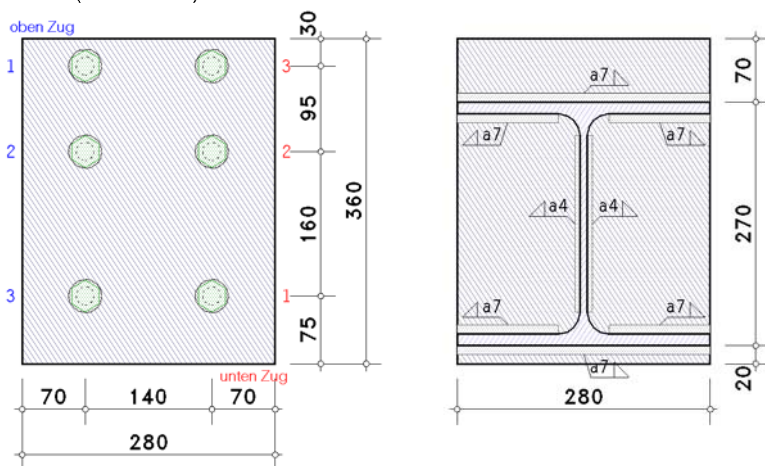


Biegesteifer Trägerstoß EC 3-1-8 (12.10), NA: Deutschland

1. Eingabeprotokoll



Details (Schnitt A - A)



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 HE280A

Nachweisparameter

geschraubter Stirnblechanschluss:

Dicke $t_p = 20.0 \text{ mm}$, Breite $b_p = 280.0 \text{ mm}$, Länge $l_p = 360.0 \text{ mm}$

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

Schrauben im Anschluss:

3 Schraubenreihen mit je 2 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 1 Schraubenreihe zur Querkraftübertragung unten (Reihe 3)

Achsabstand der Schrauben zum seitlichen Rand des Stirnblechs $e_2 = 70.0 \text{ mm}$

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

Achsabstand der letzten Schraubenreihe zum unteren Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_u = 75.0 \text{ mm}$

Achsabstand der Schraubenreihen voneinander $p_{1-2} = 95.0 \text{ mm}$, $p_{2-3} = 160.0 \text{ mm}$

Schweißnähte im Anschluss:

Trägerflansch oben: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 7.0 \text{ mm}$

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

Trägerflansch unten: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 7.0 \text{ mm}$

Schnittgrößen im Schnittpunkt der Systemachsen

Lk 1: $M_{j,b,Ed} = -145.00 \text{ kNm}$ $V_{j,b,Ed} = 120.00 \text{ kN}$

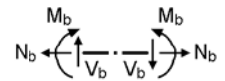
Materialsicherheitsbeiwerte

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

Abstände der Schraubenreihen am Stirnblech

horizontal: $e_2 = 70.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$,

horizontal: $p_2 = 140.0 \text{ mm} > 2.4 \cdot d_0 = 52.8 \text{ mm}$,

vertikal: $e_1 = 30.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$,

vertikal: $p_1 = 95.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 48.4 \text{ mm}$,

vertikal: $p_1 = 160.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 48.4 \text{ mm}$,

vertikal: $e_1 = 75.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$,

$e_2 = 70.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 120.0 \text{ mm}$

$p_2 = 140.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 200.0 \text{ mm}$

$e_1 = 30.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 120.0 \text{ mm}$

$p_1 = 95.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 200.0 \text{ mm}$

$p_1 = 160.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 200.0 \text{ mm}$

$e_1 = 75.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 120.0 \text{ mm}$

Hinweise

Die Querschnittsprofile werden nicht nachgewiesen.

2. Lk 1

Hinweise

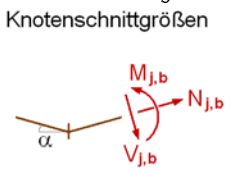
Der Nachweis der Verbindung nach EC 3-1-8 erfolgt ohne Berücksichtigung der Vorspannkkräfte.

Verbindungen können jedoch mit vorgespannten HV-Schrauben ausgeführt werden.

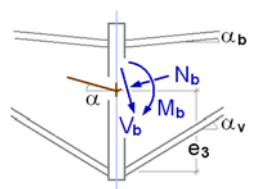
Die Berechnung der T-Stummel-Tragfähigkeit erfolgt mit dem Standard-Verfahren.

2.1. Bemessungsgrößen

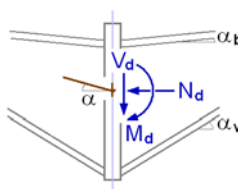
Knotenschnittgrößen



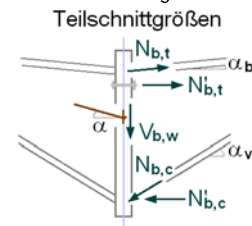
Anschnitt Anschluss



⊥ zur Anschlussebene



Teilschnittgrößen



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

Schnittgrößen senkrecht zu den Anschlussebenen

Anschnitt Träger

$M_d = 145.00 \text{ kNm}$, $V_d = 120.00 \text{ kN}$

Teilschnittgrößen

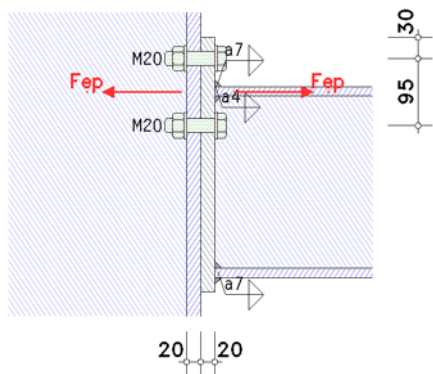
Schnittgrößen im Anschnitt Stirnblech-Träger: $M'_d = M_d - V_d \cdot t_{ep} = 142.60 \text{ kNm}$

$N_{b,t} = -N_d \cdot z_{bu}/z_b + M'_d/z_b = 554.86 \text{ kN}$, $z_b = 257.0 \text{ mm}$, $z_{bu} = 128.5 \text{ mm}$

$N_{b,c} = N_d \cdot z_{bo}/z_b + M'_d/z_b = 554.86 \text{ kN}$, $z_b = 257.0 \text{ mm}$, $z_{bo} = 128.5 \text{ mm}$

2.2. Grundkomponenten

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.

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: $\Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 140.0 \text{ mm}$, $l_{eff,cp} = 201.6 \text{ mm}$

für Modus 2: $\Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 140.0 \text{ mm}$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

für Modus 1+2: $M_{pl,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 3.29 \text{ kNm}$

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

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 410.22 \text{ kN}$$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 276.48 \text{ kN}$$

Modus 3: Schraubenversagen

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

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 276.48 \text{ kN}$

$$\text{Scherfestigkeit: } f_{vw,d} = (f_u/3^{1/2}) / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 207.8 \text{ N/mm}^2$$

Zugtragfähigkeit der Schweißnähte: $F_{T,w,Rd} = 2 \cdot f_{vw,d} \cdot a \cdot l_{eff} = 407.38 \text{ kN}$ ($\geq 276.48 \text{ kN}$, nicht maßgebend)

Tragfähigkeit und effektive Länge eines Stirnblechs mit Biegung (Überstand)

$$F_{t,ep,Rd,1} = 276.48 \text{ kN}, \quad l_{eff,1} = 140.0 \text{ mm}$$

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):

$$\text{für Modus 1: } \Sigma l_{eff,1} = l_{eff,1} = \min(l_{eff,nc}, l_{eff,cp}) = 386.3 \text{ mm}, \quad l_{eff,cp} = 386.3 \text{ mm}$$

$$\text{für Modus 2: } \Sigma l_{eff,2} = l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 427.4 \text{ mm}$$

Grenzzugkraft des T-Stummelflanschs:

$$\text{für Modus 1: } M_{pl,1,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 9.08 \text{ kNm}$$

$$\text{für Modus 2: } M_{pl,2,Rd} = (0.25 \cdot \Sigma l_{eff,2} \cdot t_f^2 \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 10.04 \text{ kNm}$$

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

Modus 1: Vollständiges Fließen des T-Stummelflanschs

$$F_{T,1,Rd} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m = 590.62 \text{ kN}$$

Modus 2: Schraubenversagen gleichzeitig mit Fließen des T-Stummelflanschs

$$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m+n) = 340.64 \text{ kN}$$

Modus 3: Schraubenversagen

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

Zugtragfähigkeit des T-Stummelflanschs: $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = 340.64 \text{ kN}$

$$\text{Scherfestigkeit: } f_{vw,d} = (f_u/3^{1/2}) / (\beta_w \cdot \gamma_{M2}) = 207.8 \text{ N/mm}^2$$

Zugtragfähigkeit der Schweißnähte: $F_{T,w,Rd} = 2 \cdot f_{vw,d} \cdot a \cdot l_{eff} = 642.25 \text{ kN}$ ($\geq 340.64 \text{ kN}$, nicht maßgebend)

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

$$F_{ep,Rd,2} = 340.64 \text{ kN}, \quad l_{eff,2} = 386.3 \text{ mm}$$

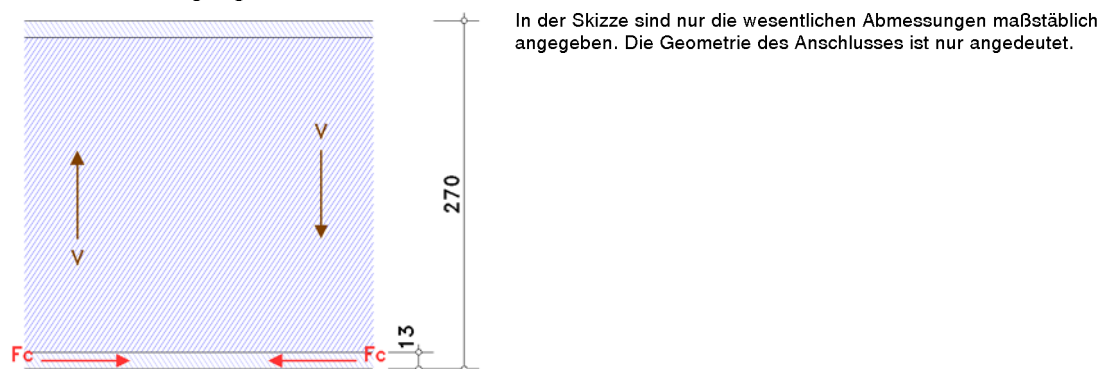
2.2.2. Gk 7: Trägerflansch und -steg mit Druckbeanspruchung

Flansch unten: Querschnittsklasse für $c/(e \cdot t) = 8.62: 1$

Steg: Querschnittsklasse für $\alpha = 0.50$ und $c/(e \cdot t) = 24.50: 1$

Querschnittsklasse des Trägers: 1

Zur Berücksichtigung der Momenten-Querkraft-Interaktion $V_{Ed} = 120.0 \text{ kN}$



Beanspruchung durch Biegung mit Querkraft: $V_{Ed} = 120.0 \text{ kN} \leq 215.3 \text{ kN} = V_{pl,Rd}/2 \Rightarrow$ kein Einfluss

Tragfähigkeit $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 261.32 \text{ kNm}$, $W_{pl} = 1112.00 \text{ cm}^3$

Tragfähigkeit eines Flanschs (und Stegs) mit Druck

$$F_{c,f,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_f) = 1016.81 \text{ kN}$$

Tragfähigkeit des oberen Trägerflanschs:

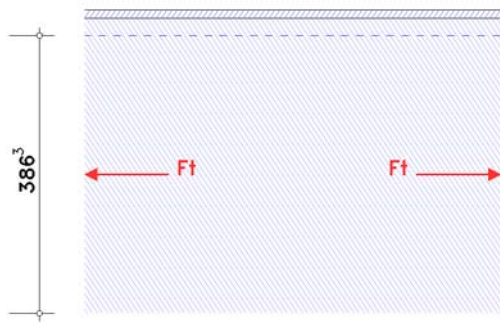
Beanspruchung durch Biegung mit Querkraft: $V_{Ed} = 120.0 \text{ kN} \leq 215.3 \text{ kN} = V_{pl,Rd}/2 \Rightarrow$ kein Einfluss

Tragfähigkeit $M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = (W_{pl} \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 261.32 \text{ kNm}$, $W_{pl} = 1112.00 \text{ cm}^3$

Tragfähigkeit eines Flanschs (und Stegs) mit Druck

$$F_{c,f,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_f) = 1016.81 \text{ kN}$$

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:

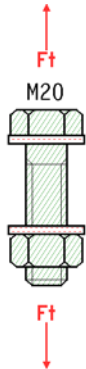
Reihe 2

wirksame Breite $b_{eff,t,wb} = 386.3 \text{ mm}$ (l_{eff} aus Gk 5)

Tragfähigkeit eines Trägerstegs mit Zugbeanspruchung

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 726.2 \text{ kN}$$

2.2.4. Gk 10: Schrauben mit Zugbeanspruchung



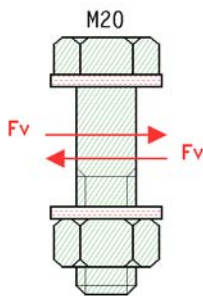
In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.

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

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

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

2.2.5. Gk 11: Schrauben mit Abscherbeanspruchung



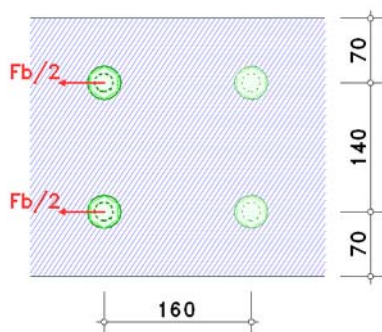
In der Skizze sind nur die wesentlichen Abmessungen maßstäblich angegeben. Die Geometrie des Anschlusses ist nur angedeutet.

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): $\Sigma F_{v,Rd} = 2 \cdot F_{v,Rd} = 301.59 \text{ kN}$

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

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

2.3. Anschlusstragfähigkeit

2.3.1. Biegetragfähigkeit

Abstand der Zug-Schraubenreihen vom Druckpunkt: $h_1 = 303.5 \text{ mm}$, $h_2 = 208.5 \text{ mm}$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 276.5 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 340.6 \text{ kN}$

$\Sigma F_{tr,Rd} = 617.1 \text{ kN}$

Mögliches Versagen durch Grundkomponente 5

Tragfähigkeit der Flansche

$\Sigma F_{c,Rd}^* = 2033.6 \text{ kN}$

Biegetragfähigkeit

$M_{j,Rd} = \Sigma(F_{tr,Rd} \cdot h_r) = 154.9 \text{ kNm}$

Zugtragfähigkeit

$N_{j,t,Rd} = \Sigma F_{tr,Rd}^* = 617.1 \text{ kN}$

Drucktragfähigkeit

$N_{j,c,Rd} = \Sigma F_{c,Rd}^* = 2033.6 \text{ kN}$

2.3.2. Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit

Tragfähigkeit je Schraubenreihe

Reihe 3: $F_{vr,Rd} = 301.6 \text{ kN}$

$\Sigma F_{vr,Rd} = 301.6 \text{ kN}$

Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit

$V_{j,Rd} = \Sigma F_{vr,Rd} = 301.6 \text{ kN}$

2.3.3. Gesamt

$M_{j,Rd} = 154.9 \text{ kNm}$ $N_{j,t,Rd} = 617.1 \text{ kN}$ $N_{j,c,Rd} = 2033.6 \text{ kN}$ $V_{j,Rd} = 301.6 \text{ kN}$

2.4. Nachweise

2.4.1. Nachweis der Anschlusstragfähigkeit mit der Komponentenmethode

Biegemoment: $M_{Ed} = M_d = 145.00 \text{ kNm}$

Querkraft: $V_{Ed} = |V_{dl}| = 120.00 \text{ kN}$

$M_{Ed}/M_{j,Rd} = 0.936 < 1$ **ok**

$V_{Ed}/V_{j,Rd} = 0.398 < 1$ **ok**

2.4.2. Nachweis der Schweißnähte am Trägerprofil

Naht 1: Trägerflansch mit Zug außen

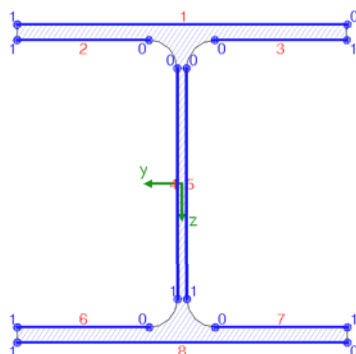
Nähte 2,3: Trägerflansch mit Zug innen

Naht 8: Trägerflansch mit Druck außen

Nähte 4,5: Trägersteg beidseitig

Nähte 6,7: Trägerflansch mit Druck innen

Berechnungsquerschnitt:



Naht 1:	$a_w = 7.0 \text{ mm}$	$l_w = 280.0 \text{ mm}$
Naht 2:	$a_w = 7.0 \text{ mm}$	$l_w = 112.0 \text{ mm}$
Naht 3:	siehe Naht 2	
Naht 4:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 196.0 \text{ mm}$
Naht 5:	siehe Naht 4	
Naht 6:	$a_w = 7.0 \text{ mm}$	$l_w = 112.0 \text{ mm}$
Naht 7:	siehe Naht 6	
Naht 8:	$a_w = 7.0 \text{ mm}$	$l_w = 280.0 \text{ mm}$

Bemessungsgrößen bezogen auf den Schwerpunkt des Profils:

$M_{y,Ed} = -145.00 \text{ kNm}$, $V_{z,Ed} = 120.00 \text{ kN}$

Querschnittswerte bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts:

$\Sigma A_w = 86.24 \text{ cm}^2$, $A_{w,z} = 15.68 \text{ cm}^2$, $\Sigma l_w = 140.0 \text{ cm}$

$I_{w,y} = 12313.79 \text{ cm}^4$, $I_{w,z} = 5104.15 \text{ cm}^4$, $W_{w,t} = 77.81 \text{ cm}^3$, $\Delta z_w = 0.0 \text{ mm}$

Schnittgrößenverteilung:

Naht 1: $N_w = 311.58 \text{ kN}$

Naht 2: $N_w = 112.63 \text{ kN}$

Naht 3: siehe Naht 2
 Naht 4: $M_{y,w} = -2.96 \text{ kNm}$
 Naht 5: siehe Naht 4
 Naht 6: $N_w = -112.63 \text{ kN}$
 Naht 7: siehe Naht 6
 Naht 8: $N_w = -311.58 \text{ kN}$

aus konventioneller Querkraftaufteilung: $V_{z,w} = 120.00 \text{ kN}$

Nachweise in den Endpunkten der Nähte:

Naht 1, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 158.97 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow U_w = 0.765 < 1$	ok	
Naht 2, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 143.66 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow U_w = 0.691 < 1$	ok	
Naht 4, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 115.40 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{w,z} = 76.53 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow U_w = 0.666 < 1$	ok
	Pkt. 1: $\sigma_{w,x} = -115.40 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{w,z} = 76.53 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow U_w = 0.666 < 1$	ok
Naht 6, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = -143.66 \text{ N/mm}^2$		$\Rightarrow U_w = 0.691 < 1$	ok
Naht 8, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = -158.97 \text{ N/mm}^2$		$\Rightarrow U_w = 0.765 < 1$	ok

Ergebnis:

Naht 8, Pkt. 0: $\sigma_{w,x} = -158.97 \text{ N/mm}^2$
 Max: $F_{w,Ed} = 11.13 \text{ kN/cm} < F_{w,Rd} = 14.55 \text{ kN/cm} \Rightarrow U_w = 0.765 < 1$ ok

2.4.3. Nachweisergebnis

Maximale Ausnutzung: $\max U = 0.936 < 1$ ok

3. Endergebnis

Ausnutzung der Verbindung

Lk	U_j	Gleichgewicht		
		ΣH kN	ΣV kN	ΣM kNm
1	0.936*	0.00	120.00	145.00 !!

U_j : Ausnutzung der Verbindung; Gleichgewichtstoleranzen 1 kN / 1 kNm

*) maximale Ausnutzung

Maximale Ausnutzung: $\max U = 0.936 < 1$ ok

Nachweis erbracht