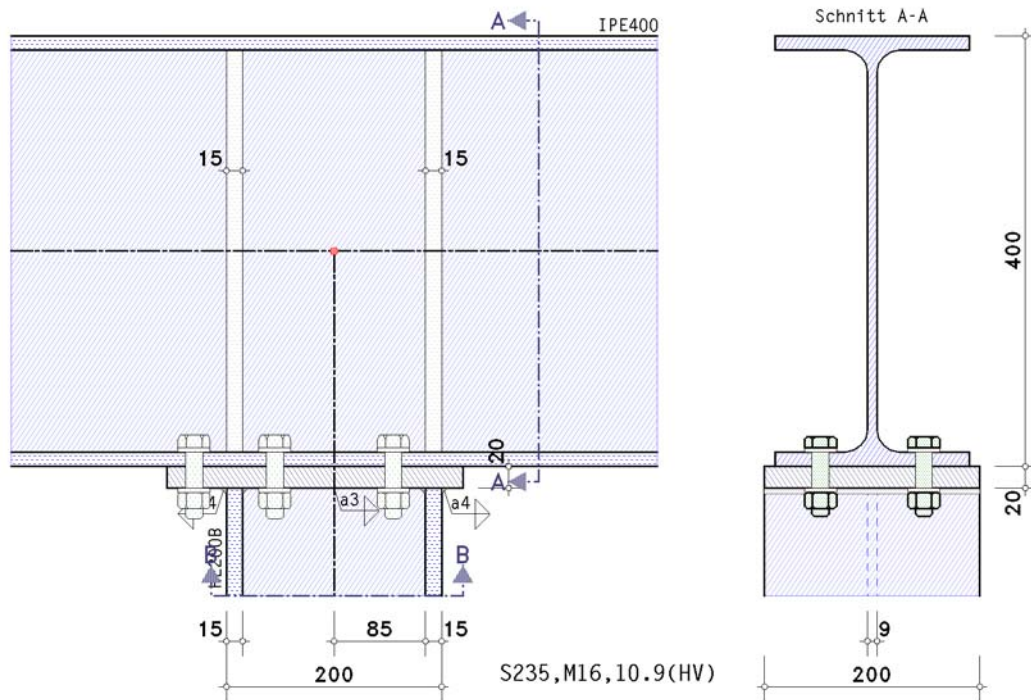
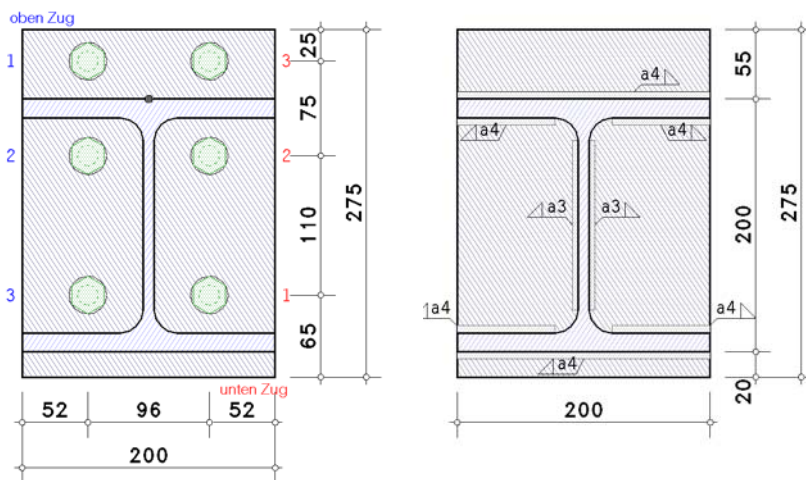


1. Eingabeprotokoll



Details (Schnitt B-B)



Stahlsorte

Stahlgüte S235

Parameter der Stütze

Profil HE200B

Neigungswinkel des Stützenkopfs gegen die Horizontale $\alpha_c = 0.0^\circ$

Schrauben

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M16

große Schlüsselweite (HV-Schraube), vorgespannt (zur Info: Regelvorspannkraft $F_{p,c^*} = 0.7 \cdot f_{yb} \cdot A_s = 98.7 \text{ kN}$)

Schaft in der Scherfuge

Parameter des Trägers

Profil IPE400

Verstärkung des Profils durch Quersteifen (Abstand $d_{st} = 185.0 \text{ mm}$):

Dicke $t_{st} = 15.0 \text{ mm}$, Breite $b_{st} = 80.0 \text{ mm}$, Länge $l_{st} = 373.0 \text{ mm}$

Aussparung an den Steifen $c_{st} = 31.5 \text{ mm}$

Nachweisparameter

geschraubter Stirnblechanschluss (liegend)

Dicke $t_p = 20.0 \text{ mm}$, Breite $b_p = 200.0 \text{ mm}$, Länge $l_p = 275.0 \text{ mm}$

Überstände $h_{p,o} = 55.0 \text{ mm}$, $h_{p,u} = 20.0 \text{ mm}$

Schrauben im Anschluss:

3 Schraubenreihen mit je 2 Schrauben

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

und 3 Schraubenreihen zur Querkraftübertragung links (oben) (Reihen 1-3)
davon 1 Schraubenreihe rechts (unten) unter Zugbelastung (Reihe 3)
und 3 Schraubenreihen zur Querkraftübertragung rechts (unten) (Reihen 1-3)
Achsabstand der Schrauben zum seitlichen Rand des Stirnblechs $e_2 = 52.0 \text{ mm}$
Achsabstand der ersten Schraubenreihe zum linken (oberen) Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_o = 25.0 \text{ mm}$
Achsabstand der letzten Schraubenreihe zum rechten (unteren) Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_u = 65.0 \text{ mm}$
Achsabstand der Schraubenreihen voneinander $p_{1-2} = 75.0 \text{ mm}$, $p_{2-3} = 110.0 \text{ mm}$

Schweißnähte im Anschluss:

Stützenflansch links (oben): Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0 \text{ mm}$

Stützensteg: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 3.0 \text{ mm}$

Stützenflansch rechts (unten): Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0 \text{ mm}$

Schnittgrößen im Schnittpunkt der Systemachsen

Lk 1: $N_{j,b1,Ed} = -3.43 \text{ kN}$ $M_{j,b1,Ed} = -47.56 \text{ kNm}$ $V_{j,b1,Ed} = 87.57 \text{ kN}$ (rechts)

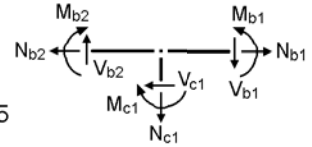
Materialsicherheitsbeiwerte

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 Berechnung einer Verbindung mit liegendem Anschluss (Variante 2) erfolgt für das gedrehte Modell, d.h. nachfolgend sind Träger und Stütze sowie die Schnittgrößen vertauscht.

Alle Bezeichnungen und Meldungen beziehen sich auf dieses Berechnungsmodell.

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.

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

Die lokale Schweißnahttragfähigkeit wird nicht berücksichtigt.

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

Datencheck

ok

Schraubenabstände am Stirnblech

horizontal: $e_2 = 52.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,

horizontal: $p_2 = 96.0 \text{ mm} > 2.4 \cdot d_0 = 43.2 \text{ mm}$,

oben-unten: $e_1 = 25.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,

oben-unten: $p_1 = 75.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 39.6 \text{ mm}$,

oben-unten: $p_1 = 110.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 39.6 \text{ mm}$,

oben-unten: $e_1 = 65.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,

Schraubenabstand vom Stützenrand

horizontal: $e_2 = 42.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,

$e_2 = 52.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 94.0 \text{ mm}$

$p_2 = 96.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 189.0 \text{ mm}$

$e_1 = 25.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 94.0 \text{ mm}$

$p_1 = 75.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 189.0 \text{ mm}$

$p_1 = 110.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 189.0 \text{ mm}$

$e_1 = 65.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 94.0 \text{ mm}$

$e_2 = 42.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 94.0 \text{ mm}$

2. Ergebnistabelle

Ausnutzung

Lk	U_m	U_v	U_{wp}	U_{bw}	U_{ep}	U_{sb}	U_{ss}	U_{sw}	U
1	0.562	0.008	0.400	0.021	0.009	1.090	0.646	0.485	1.090*

U_m : Ausnutzung aus Biegung; U_v : Ausnutzung aus Abscheren/Lochleibung; U_{wp} : Ausnutzung aus Schub im Stützensteg

U_{bw} : Ausnutzung aus Schub im Trägersteg; U_{ep} : Ausnutzung aus Schub im Stirnblech; U_{sb} : Ausnutzung aus Schweißnaht

U_{ss} : Ausnutzung aus Steifen/Rippen; U_{sw} : Ausnutzung aus Schubfeld; U: Ausnutzung der Verbindung

*) maximale Ausnutzung

3. Endergebnis

Maximale Ausnutzung: $\max U = 1.090 > 1$ nicht ok !!

Tragfähigkeit nicht gewährleistet !!

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 April 2026

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

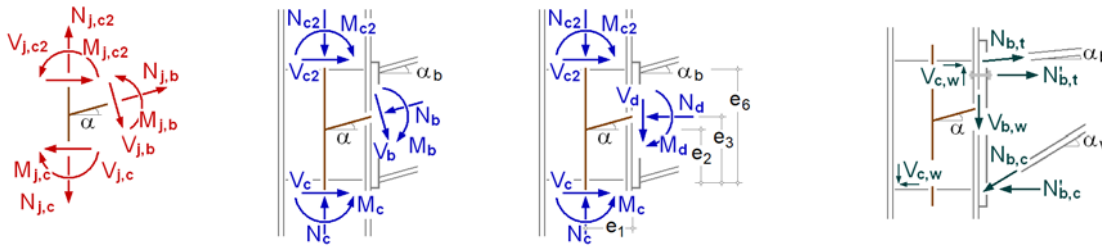
5. Lk 1 (maßgebend)

Berechnungsmodell: vertikaler Träger-Stütze-Anschluss

5.1. Bemessungsgrößen

Knotenschnittgrößen Anschnitt Anschluss $\perp$ zur Anschlussebene

Teilschnittgrößen



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

Abstände: $e_1 = 200.0 \text{ mm}$, $e_3 = 92.5 \text{ mm}$, $e_2 = 92.5 \text{ mm}$, $e_6 = 185.0 \text{ mm}$

Schnittgrößen senkrecht zu den Anschlussebenen

Anschnitt Träger

$N_d = 87.57 \text{ kN}$, $M_d = 46.87 \text{ kNm}$, $V_d = 3.43 \text{ kN}$

Anschnitt Stütze (unten)

$N_c = 3.43 \text{ kN}$, $M_c = 39.46 \text{ kNm}$, $V_c = 87.57 \text{ kN}$

Teilschnittgrößen

Schnittgrößen im Anschnitt Stirnblech-Träger: $M'_d = M_d - V_d \cdot t_p = 46.81 \text{ kNm}$

$N_{b,t} = -N_d \cdot z_{bu}/z_b + M'_d/z_b = 209.22 \text{ kN}$, $z_b = 185.0 \text{ mm}$, $z_{bu} = 92.5 \text{ mm}$

$N_{b,c} = N_d \cdot z_{bo}/z_b + M'_d/z_b = 296.79 \text{ kN}$, $z_b = 185.0 \text{ mm}$, $z_{bo} = 92.5 \text{ mm}$

$V_{b,t} = -N_{b,t} \cdot \sin(\alpha_b) = 0.00 \text{ kN}$, $V_{b,c} = N_{b,c} \cdot \sin(\alpha_b) = 0.00 \text{ kN}$, $V_{b,w} = V_d - V_{b,t} - V_{b,c} = 3.43 \text{ kN}$

5.2. Anschlusstragfähigkeit

Übertragungsparameter: $\beta_j = 1.00$

5.2.1. Biegetragfähigkeit

Abstand der Zug-Schraubenreihen vom Druckpunkt: $h_1 = 222.5 \text{ mm}$, $h_2 = 147.5 \text{ mm}$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Zug)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 186.5 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 186.5 \text{ kN}$

$\Sigma F_{tr,Rd}^* = 373.0 \text{ kN}$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Biegung)

Reihe 1: $F_{tr,Rd} = 186.5 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{tr,Rd} = 186.5 \text{ kN}$

$\Sigma F_{tr,Rd} = 373.0 \text{ kN}$

Mögliches Versagen durch Grundkomponente 4

Tragfähigkeit der Flansche (Druck)

$\Sigma F_{c,Rd}^* = 1049.2 \text{ kN}$

Biegetragfähigkeit

$M_{j,Rd} = \Sigma(F_{tr,Rd} \cdot h_r) = 69.0 \text{ kNm}$

Zugtragfähigkeit

$N_{j,t,Rd} = \Sigma F_{tr,Rd}^* = 373.0 \text{ kN}$

Drucktragfähigkeit

$N_{j,c,Rd} = \Sigma F_{c,Rd}^* = 1049.2 \text{ kN}$

5.2.2. Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit

Tragfähigkeit je Schraubenreihe (Abscheren/Lochleibung)

Reihe 1: $F_{vr,Rd} = 79.1 \text{ kN}$

Reihe 2: $F_{vr,Rd} = 79.1 \text{ kN}$

Reihe 3: $F_{vr,Rd} = 193.0 \text{ kN}$

$\Sigma F_{vr,Rd} = 351.1 \text{ kN}$

Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit

$$V_{j,Rd} = \Sigma F_{vr,Rd} = 351.1 \text{ kN}$$

5.2.3. Schubtragfähigkeit

Schubtragfähigkeit des Stirnblechs

$$\text{Stirnblech: } V_{ep,Rd} = 363.62 \text{ kN}$$

Schubtragfähigkeit des Trägerstegs

$$\text{Trägersteg: } V_{bw,Rd} = 163.63 \text{ kN}$$

Schubtragfähigkeit des Stützenstegs

$$V_{wp,Rd} = 524.59 \text{ kN}$$

5.2.4. Gesamt

$$M_{j,Rd} = 69.0 \text{ kNm} \quad N_{j,t,Rd} = 373.0 \text{ kN} \quad N_{j,c,Rd} = 1049.2 \text{ kN} \quad V_{j,Rd} = 351.1 \text{ kN} \quad V_{wp,Rd} = 524.6 \text{ kN} \quad V_{ep,Rd} = 363.6 \text{ kN} \\ V_{bw,Rd} = 163.6 \text{ kN}$$

5.3. Nachweise

5.3.1. Nachweis der Anschlusstragfähigkeit mit der Komponentenmethode

Normalkraft: $N_{b,Ed} = |N_d| = 87.57 \text{ kN} < 5\% \cdot N_{pl,Rd} = 91.75 \text{ kN} \Rightarrow \text{Biegetragfähigkeit}$
 Biegemoment: $M_{Ed} = M_d - N_d \cdot z_{bu} = 38.77 \text{ kNm}, \quad z_{bu} = 92.5 \text{ mm}$
 Querkraft: $V_{Ed} = |V_d| = 3.43 \text{ kN}$
 Schubkraft: $V_{c,w,Ed} = M_d/z - (V_{c1} - V_{c2})/2 = 209.59 \text{ kN}, \quad z = 185.0 \text{ mm}$
 Schubkraft: $V_{b,w,Ed} = 3.43 \text{ kN}$

$$M_{Ed}/M_{j,Rd} = 0.562 < 1 \quad \text{ok}$$

$$V_{Ed}/V_{j,Rd} = 0.010 < 1 \quad \text{ok}$$

$$V_{c,w,Ed}/V_{wp,Rd} = 0.400 < 1 \quad \text{ok}$$

$$V_{b,w,Ed}/V_{bw,Rd} = 0.021 < 1 \quad \text{ok}$$

$$V_{b,w,Ed}/V_{ep,Rd} = 0.009 < 1 \quad \text{ok}$$

5.3.2. Nachweis der Schweißnähte am Trägerprofil

Naht 1: Trägerflansch mit Zug außen

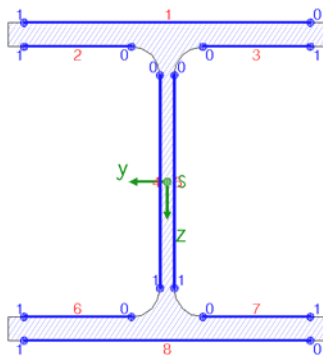
Nähte 2,3: Trägerflansch mit Zug innen

Naht 8: Trägerflansch mit Druck außen

Nähte 4,5: Trägersteg beidseitig

Nähte 6,7: Trägerflansch mit Druck innen

Berechnungsquerschnitt:



Naht 1:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 180.0 \text{ mm}$
Naht 2:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 67.5 \text{ mm}$
Naht 3:	siehe Naht 2	
Naht 4:	$a_w = 3.0 \text{ mm}$	$l_w = 134.0 \text{ mm}$
Naht 5:	siehe Naht 4	
Naht 6:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 67.5 \text{ mm}$
Naht 7:	siehe Naht 6	
Naht 8:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 180.0 \text{ mm}$

Bemessungsgrößen bezogen auf den Schwerpunkt des Profils:

$$N_{Ed} = -87.57 \text{ kN}, \quad M_{y,Ed} = -46.87 \text{ kNm}, \quad V_{z,Ed} = 3.43 \text{ kN}$$

Querschnittswerte bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts:

$$\Sigma A_w = 33.24 \text{ cm}^2, \quad A_{w,z} = 8.04 \text{ cm}^2, \quad \Sigma l_w = 89.8 \text{ cm}$$

$$I_{w,y} = 2340.61 \text{ cm}^4, \quad I_{w,z} = 773.15 \text{ cm}^4, \quad \Delta z_w = 0.0 \text{ mm}$$

Nachweise in den Endpunkten der Nähte:

Naht 1, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 173.92 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow U_w = 0.837 < 1 \quad \text{ok}$
Naht 2, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 143.88 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow U_w = 0.692 < 1 \quad \text{ok}$
Naht 4, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 107.83 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{w,z} = 4.27 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.519 < 1 \quad \text{ok}$
Pkt. 1:	$\sigma_{w,x} = -160.52 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{w,z} = 4.27 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.773 < 1 \quad \text{ok}$
Naht 6, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = -196.57 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow U_w = 0.946 < 1 \quad \text{ok}$
Naht 8, Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = -226.61 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow U_w = 1.090 > 1 \quad \text{nicht ok !!}$

Ergebnis:

$$\text{Naht 8, Pkt. 0: } \sigma_{w,x} = -226.61 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Max: } F_{w,Ed} = 906.44 \text{ kN/m} > F_{w,Rd} = 831.38 \text{ kN/m} \Rightarrow U_w = 1.090 > 1 \quad \text{nicht ok !!}$$

5.3.3. Nachweis der Stegsteifen

Drucksteife (unten)

$$F_{c,Ed} = 297.28 \text{ kN}$$

Kräfte je Rippe

$$F = 0.5 \cdot F_{c,Ed} \cdot (b_f - 2 \cdot r - t_w) / b_f = 106.86 \text{ kN}, \quad H = F \cdot e_F / e_H = 15.97 \text{ kN}$$

Voraussetzung: Steifen nicht beulgefährdet: Q-Klasse 1, Q-Klasse 1 ≤ 3 **ok**

Querschnitt am Flansch

$$\text{Drucktragfähigkeit } N_{c,Rd} = 170.96 \text{ kN}$$

$$\text{Bemessungsgröße: } F_{Ed} = (F^2 + 3 \cdot H^2)^{1/2} = 110.38 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 110.38 \text{ kN} < F_{Rd} = 170.96 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.646 < 1 \text{ **ok**}$$

Querschnitt am Steg

$$\text{Schubtragfähigkeit } V_{Rd} = (A_v \cdot f_y) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0}) = 630.90 \text{ kN}$$

$$\text{Bemessungsgröße: } F_{Ed} = F = 106.86 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 106.86 \text{ kN} < F_{Rd} = 630.90 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.169 < 1 \text{ **ok**}$$

Zugsteife (oben)

$$F_{t,Ed} = 209.71 \text{ kN}$$

Kräfte je Rippe

$$F = 0.5 \cdot F_{t,Ed} \cdot (b_f - 2 \cdot r - t_w) / b_f = 75.38 \text{ kN}, \quad H = F \cdot e_F / e_H = 11.27 \text{ kN}$$

Querschnitt am Flansch

$$\text{Zugtragfähigkeit } N_{t,Rd} = 170.96 \text{ kN}$$

$$\text{Bemessungsgröße: } F_{Ed} = (F^2 + 3 \cdot H^2)^{1/2} = 77.87 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 77.87 \text{ kN} < F_{Rd} = 170.96 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.455 < 1 \text{ **ok**}$$

Querschnitt am Steg

$$\text{Schubtragfähigkeit } V_{Rd} = (A_v \cdot f_y) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0}) = 630.90 \text{ kN}$$

$$\text{Bemessungsgröße: } F_{Ed} = F = 75.38 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 75.38 \text{ kN} < F_{Rd} = 630.90 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.119 < 1 \text{ **ok**}$$

5.3.4. Elastischer Schubfeldnachweis

Stützensteg

Anforderungen an die Steifen: s. Nachweis der Stegsteifen

$$\text{Anforderungen an das Schubfeld: Schubbeulen: } h_p / t_p = 43.37 \leq 72 \cdot \epsilon / \eta = 60.00 \text{ **ok**}$$

Schnittgrößen am Stegfeld (Statik-Vorzeichen):

$$N_3 = -3.43 \text{ kN}, \quad M_3 = -39.46 \text{ kNm}, \quad V_3 = -87.57 \text{ kN}$$

$$N_4 = -87.57 \text{ kN}, \quad M_4 = -46.90 \text{ kNm}, \quad V_4 = 3.43 \text{ kN}$$

$$\text{Abmessungen des Schubfelds: } h_b = 373.0 \text{ mm}, \quad h_t = 373.0 \text{ mm}, \quad h_l = 177.5 \text{ mm}, \quad h_r = 177.5 \text{ mm}$$

Spannungen im Schubfeld:

$$\tau_b = 65.3 \text{ N/mm}^2, \quad \tau_t = 65.3 \text{ N/mm}^2, \quad \tau_l = 65.8 \text{ N/mm}^2, \quad \tau_r = 65.8 \text{ N/mm}^2$$

Nachweis des Schubfelds:

$$\max \tau_{Ed} = 65.8 \text{ N/mm}^2 < \tau_{Rd} = 135.7 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.485 < 1 \text{ **ok**}$$

5.3.5. Nachweisergebnis

Maximale Ausnutzung: $\max U = 1.090 > 1$ **nicht ok !!**

Versagen beim Nachweis der Schweißnähte: $U = 1.090$