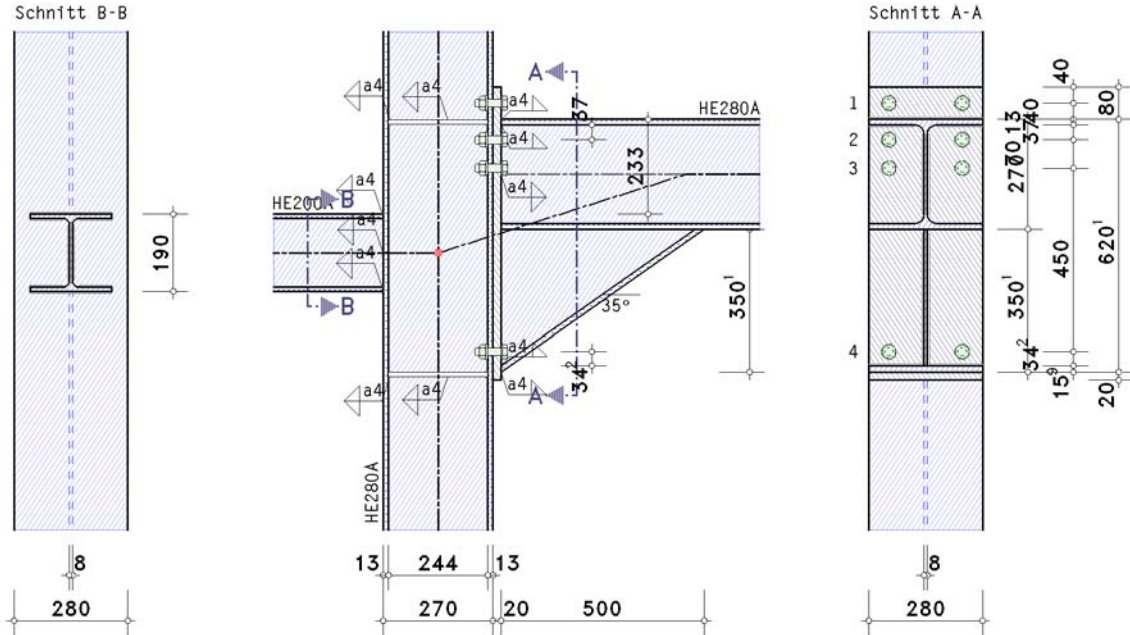
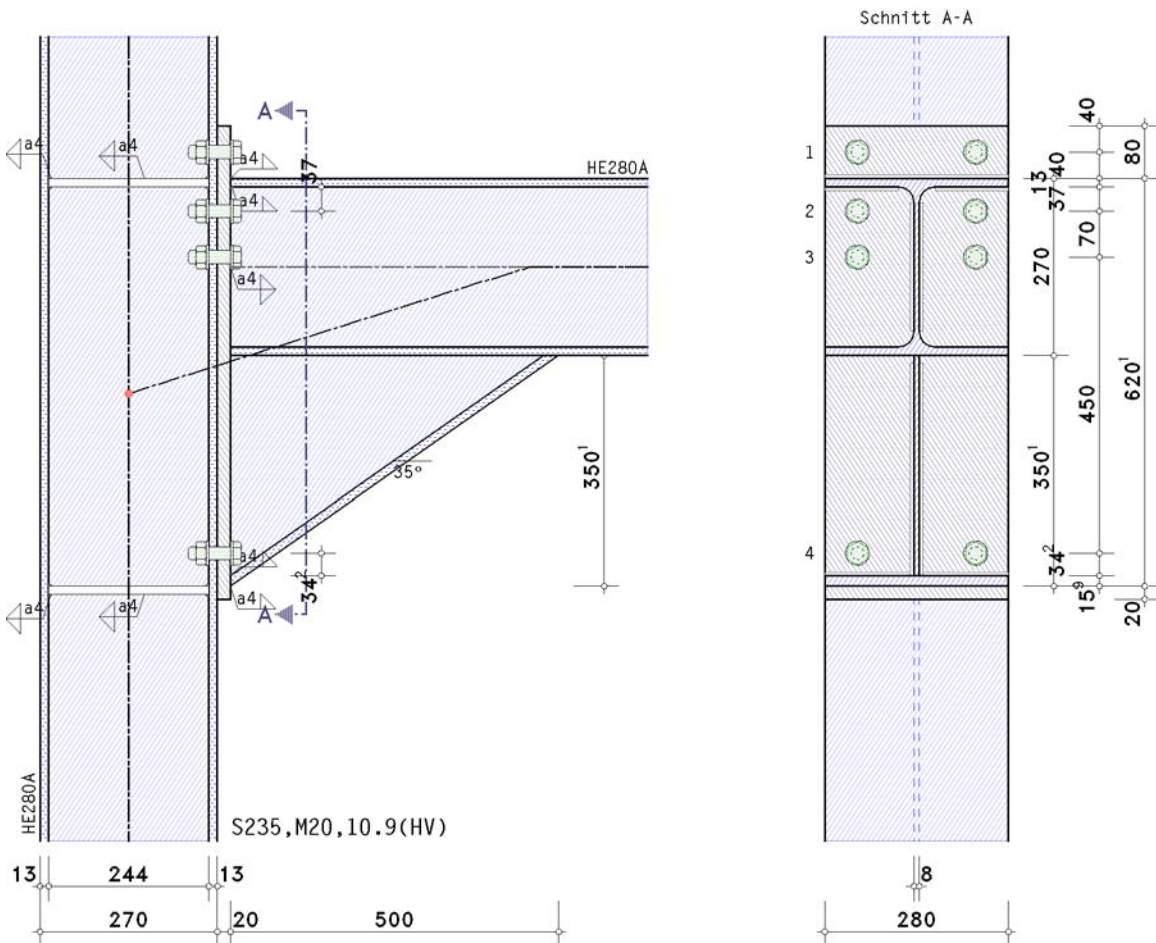


Biegesteifer Trägeranschluss EC 3-1-8 (12.10), NA: Deutschland

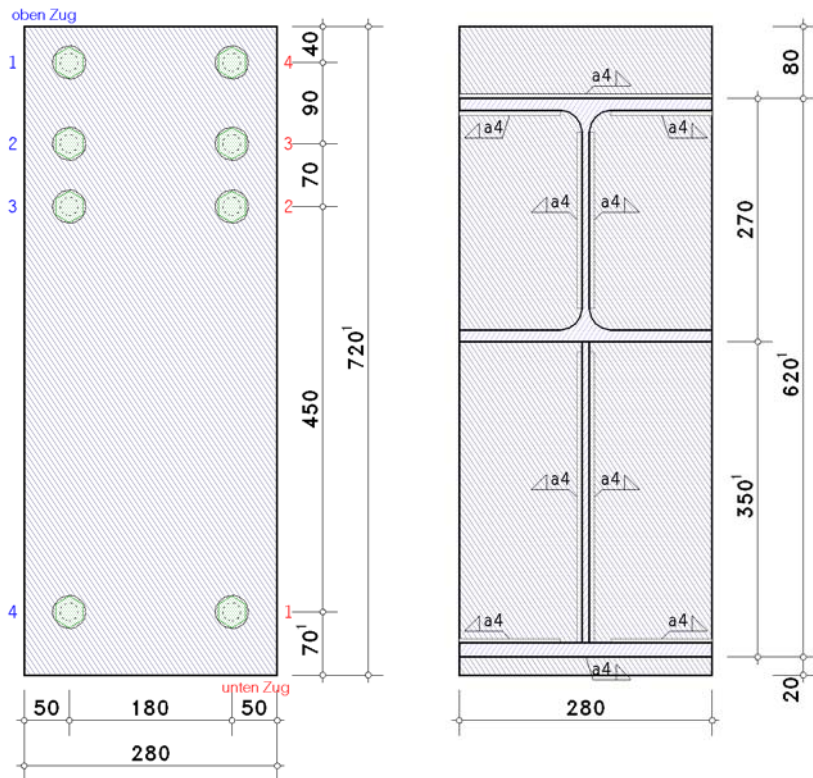
1. Eingabeprotokoll



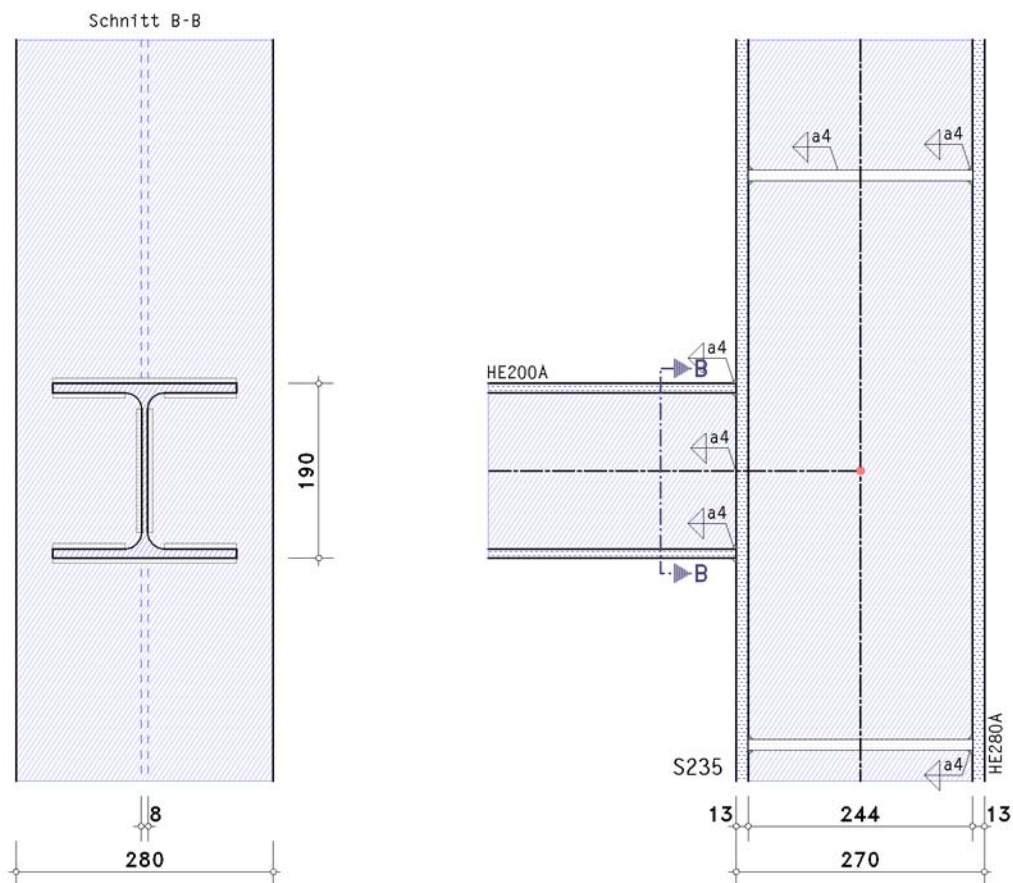
Anschluss rechts

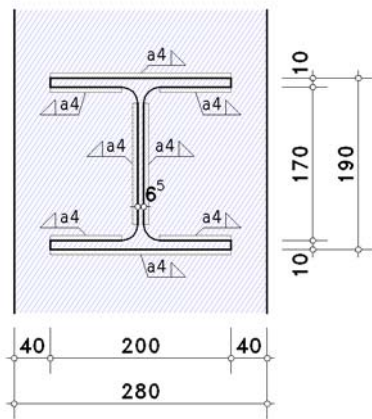


Details (Schnitt A - A)



Anschluss links





Nach EC 3-1-8, 5.3 wird bei zweiseitigen Träger-Stützen-Verbindungen jede Anschlussseite unabhängig von der anderen untersucht. Der Versatz der Trägeroberkanten (rechts-links) beträgt 233.0 mm.

Stahlsorte

Stahlgüte S235

Parameter der Stütze

Profil HE280A

Verstärkung des Profils durch Quersteifen (Stegsteifen in Höhe des max. Trägerzug- und -druckflanschs, $d_{st} = 619.7$ mm):

Dicke $t_{st} = 12.0$ mm, Breite $b_{st} = 136.0$ mm, Länge $l_{st} = 244.0$ mm

Aussparung an den Steifen $c_{st} = 36.0$ mm

Schweißnähte $a_{st,f} = 4.0$ mm, $a_{st,w} = 4.0$ mm

Zweiseitiger Träger-Stützenanschluss, rechts

Schrauben

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M20

große Schlüsselweite (HV-Schraube), vorgespannt (zur Info: Regelvorspannkraft $F_{p,c*} = 0.7 \cdot f_{yb} \cdot A_s = 154.3$ kN)

Schaft in der Scherfuge

Parameter des Trägers

Profil HE280A

Neigungswinkel der Voute gegen die Horizontale $\alpha_v = 35.00^\circ$

Länge der Voute $L_v = 500.0$ mm, Voutenhöhe im Anschluss $h_v = L_v \cdot (\tan(\alpha_v) - \tan(\alpha_b)) = 350.1$ mm

Stegdicke $t_{w,v} = 8.0$ mm, Flanscbreite, -dicke $b_{f,v} = 280.0$ mm, $t_{f,v} = 13.0$ mm

Gesamte Trägerhöhe im Anschluss $h_{ges} = h_b + h_v = 620.1$ mm

Nachweisparameter

geschraubter Stirnblechanschluss:

Dicke $t_p = 20.0$ mm, Breite $b_p = 280.0$ mm, Länge $l_p = 720.1$ mm

Überstände $h_{p,o} = 80.0$ mm, $h_{p,u} = 20.0$ mm

Schrauben im Anschluss:

4 Schraubenreihen mit je 2 Schrauben

alle Schraubenreihen einzeln betrachtet

alle Schraubenreihen zur Querkraftübertragung (Reihen 1-4)

Schraubengruppen automatisch bilden, Berücks. aller Gruppen bzgl. Reihe 1

Achsabstand der Schrauben zum seitlichen Rand des Stirnblechs $e_2 = 50.0$ mm

Achsabstand der ersten Schraubenreihe zum oberen Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_o = 40.0$ mm

Achsabstand der letzten Schraubenreihe zum unteren Rand des Stirnblechs (Endreihe) $e_u = 70.1$ mm

Achsabstand der Schraubenreihen voneinander $p_{1-2} = 90.0$ mm, $p_{2-3} = 70.0$ mm, $p_{3-4} = 450.0$ mm

Schweißnähte im Anschluss:

Trägerflansch oben: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0$ mm

Trägersteg: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0$ mm

Trägerflansch unten: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0$ mm, Öffnungswinkel $\varphi = 125^\circ$

Zweiseitiger Träger-Stützenanschluss, links

Parameter des Trägers

Profil HE200A

Nachweisparameter

Schweißnähte im Anschluss:

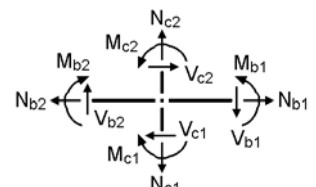
Trägerflansch oben: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0$ mm

Trägersteg: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0$ mm

Trägerflansch unten: Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0$ mm

Schnittgrößen im Schnittpunkt der Systemachsen

- Lk 1: $N_{j,b1,Ed} = 7.25$ kN $M_{j,b1,Ed} = -8.15$ kNm $V_{j,b1,Ed} = 12.74$ kN (rechts)
 $N_{j,b2,Ed} = -5.46$ kN $M_{j,b2,Ed} = -14.47$ kNm $V_{j,b2,Ed} = -14.53$ kN (links)
 $N_{j,c1,Ed} = -55.15$ kN $M_{j,c1,Ed} = 7.33$ kNm $V_{j,c1,Ed} = 11.43$ kN (unten)
 $N_{j,c2,Ed} = -26.99$ kN $M_{j,c2,Ed} = 1.75$ kNm $V_{j,c2,Ed} = -1.27$ kN (oben)
- Lk 2: $N_{j,b1,Ed} = 8.91$ kN $M_{j,b1,Ed} = -18.74$ kNm $V_{j,b1,Ed} = 20.03$ kN (rechts)
 $N_{j,b2,Ed} = 2.61$ kN $M_{j,b2,Ed} = -7.21$ kNm $V_{j,b2,Ed} = -11.86$ kN (links)
 $N_{j,c1,Ed} = -67.66$ kN $M_{j,c1,Ed} = -3.47$ kNm $V_{j,c1,Ed} = -3.10$ kN (unten)
 $N_{j,c2,Ed} = -34.56$ kN $M_{j,c2,Ed} = 7.67$ kNm $V_{j,c2,Ed} = -9.41$ kN (oben)



Lk 3: $N_{j,b1,Ed} = 9.56 \text{ kN}$ $M_{j,b1,Ed} = -13.00 \text{ kNm}$ $V_{j,b1,Ed} = 17.93 \text{ kN}$ (rechts)
 $N_{j,b2,Ed} = -4.78 \text{ kN}$ $M_{j,b2,Ed} = -16.34 \text{ kNm}$ $V_{j,b2,Ed} = -17.60 \text{ kN}$ (links)
 $N_{j,c1,Ed} = -72.69 \text{ kN}$ $M_{j,c1,Ed} = 6.43 \text{ kNm}$ $V_{j,c1,Ed} = 10.63 \text{ kN}$ (unten)
 $N_{j,c2,Ed} = -35.95 \text{ kN}$ $M_{j,c2,Ed} = 3.74 \text{ kNm}$ $V_{j,c2,Ed} = -3.71 \text{ kN}$ (oben)
Lk 4: $N_{j,b1,Ed} = 6.60 \text{ kN}$ $M_{j,b1,Ed} = -13.88 \text{ kNm}$ $V_{j,b1,Ed} = 14.84 \text{ kN}$ (rechts)
 $N_{j,b2,Ed} = 1.93 \text{ kN}$ $M_{j,b2,Ed} = -5.34 \text{ kNm}$ $V_{j,b2,Ed} = -8.78 \text{ kN}$ (links)
 $N_{j,c1,Ed} = -50.12 \text{ kN}$ $M_{j,c1,Ed} = -2.57 \text{ kNm}$ $V_{j,c1,Ed} = -2.30 \text{ kN}$ (unten)
 $N_{j,c2,Ed} = -25.60 \text{ kN}$ $M_{j,c2,Ed} = 5.68 \text{ kNm}$ $V_{j,c2,Ed} = -6.97 \text{ kN}$ (oben)

Materialsicherheitsbeiwerte

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

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

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

Datencheck

Anschluss rechts:

ok

Anschluss links:

ok

Schrauben rechts:

Abstände der Schraubenreihen am Stirnblech

horizontal:	$e_2 = 50.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$,	$e_2 = 50.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 92.0 \text{ mm}$
horizontal:	$p_2 = 180.0 \text{ mm} > 2.4 \cdot d_0 = 52.8 \text{ mm}$,	$p_2 = 180.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 182.0 \text{ mm}$
vertikal:	$e_1 = 40.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$,	$e_1 = 40.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 92.0 \text{ mm}$
vertikal:	$p_1 = 90.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 48.4 \text{ mm}$,	$p_1 = 90.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 182.0 \text{ mm}$
vertikal:	$p_1 = 70.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 48.4 \text{ mm}$,	$p_1 = 70.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 182.0 \text{ mm}$
vertikal:	$p_1 = 450.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 48.4 \text{ mm}$,	$p_1 = 450.0 \text{ mm} > \min(14 \cdot t, 200 \text{ mm}) = 182.0 \text{ mm} \quad !!$
vertikal:	$e_1 = 70.1 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$,	$e_1 = 70.1 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 92.0 \text{ mm}$

Horizontaler Abstand der Schrauben vom Stützenrand

vertikal: $e_1 = 50.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 26.4 \text{ mm}$, $e_1 = 50.0 \text{ mm} < 4 \cdot t + 40 \text{ mm} = 92.0 \text{ mm}$

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

Ausnutzungen je Anschlussseite (rechts)

Lk	U_m	U_v	U_{ep}	U_{sb}	U_{ss}	U_{sw}	U
--	---	---	---	---	---	---	---
1	0.037	0.008	0.011	0.022	0.031	0.578	0.578
2	0.079	0.014	0.018	0.047	0.067	0.414	0.414
3	0.058	0.012	0.016	0.034	0.049	0.685	0.685
4	0.059	0.010	0.013	0.035	0.050	0.307	0.307

U_m : Ausnutzung aus Biegung; U_v : Ausnutzung aus Abscheren/Lochleibung; U_{pl} : Ausnutzung aus Schub im Stirnblech

U_{sb} : Ausnutzung aus Schweißnaht; U_{ss} : Ausnutzung aus Steifen/Rippen; U_{sw} : Ausnutzung aus Schubfeld

U: Ausnutzung je Anschlussseite; U: Ausnutzung je Anschlussseite

Ausnutzungen je Anschlussseite (links)

Lk	U_m	U_{sb}	U_{ss}	U_{sw}	U
--	---	---	---	---	---
1	0.199	0.191	0.140	0.582	0.582
2	0.133	0.086	0.063	0.418	0.418
3	0.224	0.212	0.155	0.691	0.691
4	0.098	0.064	0.047	0.310	0.310

U_m : Ausnutzung aus Biegung; U_{sb} : Ausnutzung aus Schweißnaht; U_{ss} : Ausnutzung aus Steifen/Rippen

U_{sw} : Ausnutzung aus Schubfeld; U: Ausnutzung je Anschlussseite; U: Ausnutzung je Anschlussseite

2. Endergebnis

Ausnutzung der Verbindung

Lk	U_j	Gleichgewicht		
		ΣH kN	ΣV kN	ΣM kNm
1	0.582	3.49	3.67	0.75 !!
2	0.418	5.61	4.82	0.39 !!
3	0.691*	4.95	4.92	0.65 !!
4	0.310	4.16	3.57	0.29 !!

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

*) maximale Ausnutzung

Maximale Ausnutzung [Lk 3]: $\max U = 0.691 < 1$ ok

Nachweis erbracht

3. Vorschriften

DIN EN 1990, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung;
Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010, Ausgabe Dezember 2010
DIN EN 1990/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1990, Ausgabe Dezember 2010

DIN EN 1993-1-1, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten -
Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau;
Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009, Ausgabe Dezember 2010
DIN EN 1993-1-1/A1, Ergänzungen zur DIN EN 1993-1-1, Ausgabe Juli 2014
DIN EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1993-1-1, Ausgabe September 2017

DIN EN 1993-1-8, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten -
Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen;
Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009, Ausgabe Dezember 2010
DIN EN 1993-1-8/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1993-1-8, Ausgabe Dezember 2010

4. Detaillierte Ausgabe von Lk 3 (maßgebend)

Hinweise

Die Querschnittsprofile werden nicht nachgewiesen.

4.1. Anschluss rechts

Hinweise

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

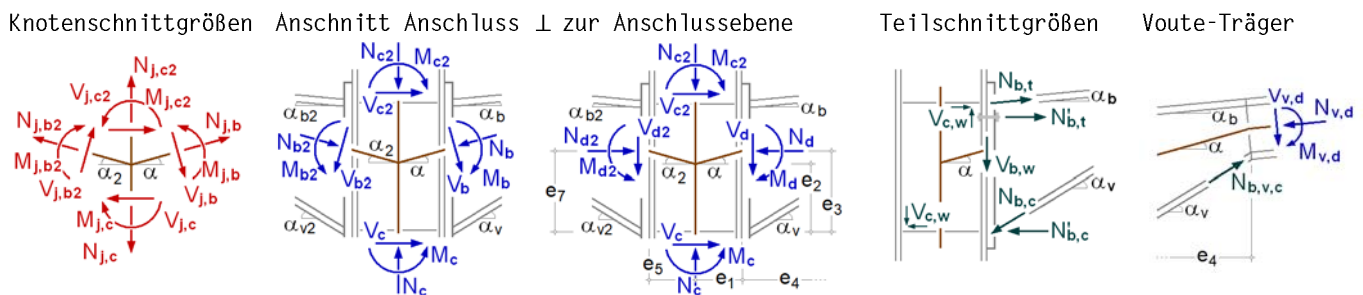
Verbindungen können jedoch mit vorgespannten HV-Schrauben ausgeführt werden.

Bei gevouteten Trägern wird der untere Flansch des Walzprofils i.A. nicht berücksichtigt. Es wird ein fiktives geschweißtes Profil aus dem oberen Trägerflansch, dem Trägersteg und dem Voutenflansch gebildet.

Lediglich bei der Berechnung des Stirnblechs geht der untere Trägerflansch als Zwischensteife ein.

Die Schweißnähte des geschweißten Profils werden nicht nachgewiesen.

4.1.1. Bemessungsgrößen



Neigungswinkel: $\alpha_b = 0.00^\circ$, $\alpha_v = 35.00^\circ \Rightarrow \alpha = (\alpha_b + \alpha_v)/2 = 17.50^\circ$, $\Delta\alpha = \alpha - \alpha_b = 17.50^\circ$

Abstände: $e_1 = 135.0$ mm, $e_3 = 340.6$ mm, $e_2 = 298.1$ mm, $e_5 = 135.0$ mm, $e_7 = 298.2$ mm, $e_4 = 516.1$ mm

Schnittgrößen senkrecht zu den Anschlussebenen

Anschnitt Träger (rechts)

$N_d = -14.51$ kN, $M_d = 10.47$ kNm, $V_d = 14.23$ kN

Anschnitt Voute-Träger

$N_{v,d} = -14.51$ kN, $M_{v,d} = 0.76$ kNm, $V_{v,d} = 14.23$ kN

Anschnitt Träger (links)

$N_{d2} = 4.78$ kN, $M_{d2} = 13.85$ kNm, $V_{d2} = -17.60$ kN

Anschnitt Stütze (unten)

$N_c = 72.69$ kN, $M_c = -3.26$ kNm, $V_c = 10.63$ kN

Anschnitt Stütze (oben)

$N_{c2} = 35.95$ kN, $M_{c2} = -2.55$ kNm, $V_{c2} = -3.71$ kN

Teilschnittgrößen

Schnittgrößen im Anschnitt Stirnblech-Träger: $M'_d = M_d + N_d \cdot z_{bu} \cdot \tan(\alpha) - V_d \cdot z_{ep} = 10.09$ kNm

$N_{b,t} = -N_d \cdot z_{bu} / z_b + M'_d / z_b = 23.48$ kN, $z_b = 605.7$ mm, $z_{bu} = 284.8$ mm

$N_{b,c} = (N_d \cdot z_{bo} / z_b + M'_d / z_b) / \cos(\alpha_v) = 10.96$ kN, $z_b = 605.7$ mm, $z_{bo} = 320.8$ mm

Grundkomponente 1 wurde nicht berechnet !!

4.1.2. Anschlusstragfähigkeit

4.1.2.1. Biegetragfähigkeit

Abstand der Zug-Schraubenreihen vom Druckpunkt:

$$h_1 = 652.2 \text{ mm}, \quad h_2 = 562.2 \text{ mm}, \quad h_3 = 492.2 \text{ mm}, \quad h_4 = 42.2 \text{ mm}$$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe

$$\text{Reihe 1: } F_{tr,Rd} = 217.6 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 2: } F_{tr,Rd} = 195.2 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 3: } F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 4: } F_{tr,Rd} = 0.0 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_{tr,Rd} = 412.8 \text{ kN}$$

Mögliches Versagen durch Grundkomponente 4, 20

Tragfähigkeit der Flansche

$$\Sigma F_{c,Rd}^* = 1130.6 \text{ kN}$$

Biegetragfähigkeit

$$M_{j,Rd} = \Sigma(F_{tr,Rd} \cdot h_r) = 251.6 \text{ kNm}$$

Zugtragfähigkeit

$$N_{j,t,Rd} = \Sigma F_{tr,Rd}^* = 749.9 \text{ kN}$$

Drucktragfähigkeit

$$N_{j,c,Rd} = \Sigma F_{c,Rd}^* = 1130.6 \text{ kN}$$

4.1.2.2. Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit

Tragfähigkeit je Schraubenreihe

$$\text{Reihe 1: } F_{vr,Rd} = 168.7 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 2: } F_{vr,Rd} = 182.4 \text{ kN}$$

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

$$\text{Reihe 4: } F_{vr,Rd} = 301.6 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_{vr,Rd} = 954.3 \text{ kN}$$

Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit

$$V_{j,Rd} = \Sigma F_{vr,Rd} = 954.3 \text{ kN}$$

4.1.2.3. Schubtragfähigkeit

Schubtragfähigkeit des Stirnblechs

$$\text{Stirnblech: } V_{ep,Rd} = 1474.09 \text{ kN}$$

$$\text{Schweißnähte: } F_{w,Rd} = 903.27 \text{ kN}$$

$$\text{Schubtragfähigkeit des Stirnblechs: } V_{ep,Rd} = F_{w,Rd} = 903.27 \text{ kN}$$

4.1.2.4. Gesamt

$$M_{j,Rd} = 251.6 \text{ kNm} \quad N_{j,t,Rd} = 749.9 \text{ kN} \quad N_{j,c,Rd} = 1130.6 \text{ kN} \quad V_{j,Rd} = 903.3 \text{ kN} \quad V_{ep,Rd} = 903.3 \text{ kN}$$

4.1.3. Nachweise

4.1.3.1. Nachweis der Anschlusstragfähigkeit mit der Komponentenmethode

$$\text{Normalkraft: } N_{b,Ed} = |N_d \cdot \cos(\alpha) + V_d \cdot \sin(\alpha)| = 9.56 \text{ kN} < 5\% \cdot N_{pl,Rd} = 156.37 \text{ kN} \Rightarrow \text{Biegetragfähigkeit}$$

$$\text{Biegemoment: } M_{Ed} = M_d - N_d \cdot z_{bu} = 14.51 \text{ kNm}, \quad z_{bu} = 278.5 \text{ mm}$$

$$\text{Querkraft: } V_{Ed} = |V_d| = 14.23 \text{ kN}$$

$$M_{Ed}/M_{j,Rd} = 0.058 < 1 \quad \text{ok}$$

$$V_{Ed}/V_{j,Rd} = 0.016 < 1 \quad \text{ok}$$

$$V_{Ed}/V_{ep,Rd} = 0.016 < 1 \quad \text{ok}$$

4.1.3.2. Nachweis der Schweißnähte am Trägerprofil

Naht 1: Trägerflansch mit Zug außen

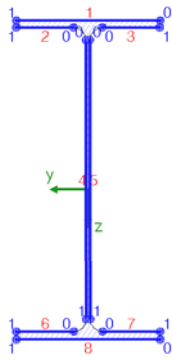
Nähte 2,3: Trägerflansch mit Zug innen

Nähte 4,5: Trägersteg beidseitig

Naht 8: Trägerflansch mit Druck außen

Nähte 6,7: Trägerflansch mit Druck innen

Berechnungsquerschnitt:



Naht 1:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 280.0 \text{ mm}$
Naht 2:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 112.0 \text{ mm}$
Naht 3:	siehe Naht 2	
Naht 4:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 543.2 \text{ mm}$
Naht 5:	siehe Naht 4	
Naht 6:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 112.0 \text{ mm}$
Naht 7:	siehe Naht 6	
Naht 8:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 280.0 \text{ mm}$

Bemessungsgrößen bezogen auf den Schwerpunkt des Profils:

$N_{Ed} = 14.51 \text{ kN}$, $M_{y,Ed} = -10.47 \text{ kNm}$, $V_{z,Ed} = 14.23 \text{ kN}$

Querschnittswerte bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts:

$\Sigma A_w = 83.78 \text{ cm}^2$, $A_{w,z} = 43.46 \text{ cm}^2$, $\Sigma l_w = 209.4 \text{ cm}$

$I_{w,y} = 47881.43 \text{ cm}^4$, $I_{w,z} = 2922.18 \text{ cm}^4$, $W_{w,t} = 106.46 \text{ cm}^3$, $\Delta z_w = -18.3 \text{ mm}$

Nachweise in den Endpunkten der Nähte:

Naht 1,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 8.49 \text{ N/mm}^2$		$\Rightarrow U_w = 0.033 < 1$	ok
Naht 2,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 8.20 \text{ N/mm}^2$		$\Rightarrow U_w = 0.032 < 1$	ok
Naht 4,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 7.68 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{w,z} = 3.27 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow U_w = 0.034 < 1$	ok
	Pkt. 1:	$\sigma_{w,x} = -4.20 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{w,z} = 3.27 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow U_w = 0.023 < 1$	ok
Naht 6,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = -4.72 \text{ N/mm}^2$		$\Rightarrow U_w = 0.019 < 1$	ok
Naht 8,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = -5.07 \text{ N/mm}^2$		$\Rightarrow U_w = 0.020 < 1$	ok

Ergebnis:

Naht 4, Pkt. 0: $\sigma_{w,x} = 7.68 \text{ N/mm}^2$, $\tau_{w,z} = 3.27 \text{ N/mm}^2$
 Max: $\sigma_{1,w,Ed} = 1.22 \text{ kN/cm}^2 < f_{1w,d} = 36.00 \text{ kN/cm}^2$,
 $\sigma_{2,w,Ed} = 0.54 \text{ kN/cm}^2 < f_{2w,d} = 25.92 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U_w = 0.034 < 1$ ok

4.1.3.3. Nachweis der Stegsteifen

Drucksteife

$F_{c,Ed} = 10.85 \text{ kN}$

Kräfte je Rippe

$F = 0.5 \cdot F_{c,Ed} \cdot (b_f - 2 \cdot r - t_w) / b_f = 4.3 \text{ kN}$, $H = F \cdot e_F / e_H = 1.5 \text{ kN}$

Voraussetzung: Steifen nicht beulgefährdet: $c/t = 11.3 \cdot \varepsilon \leq 33 \cdot \varepsilon \Rightarrow$ Q-Klasse $1 \leq 2$ ok

Querschnitt am Flansch

Drucktragfähigkeit $N_{c,Rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 282.00 \text{ kN}$

Bemessungsgröße: $F_{Ed} = (F^2 + 3 \cdot H^2)^{1/2} = 5.1 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 5.1 \text{ kN} < F_{Rd} = 282.0 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.018 < 1$ ok

Querschnitt am Steg

Schubtragfähigkeit $V_{Rd} = 397.26 \text{ kN}$

Bemessungsgröße: $F_{Ed} = F = 4.3 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 4.3 \text{ kN} < F_{Rd} = 397.3 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.011 < 1$ ok

Schweißnähte am Flansch

Bemessungsgrößen: $F_{Ed}(\sigma_s) = F / (2 \cdot b_1) = 0.22 \text{ kN/cm}$, $F_{Ed}(\tau_p) = H / (2 \cdot b_1) = 0.08 \text{ kN/cm}$, $b_1 = 100.0 \text{ mm}$

$\sigma_{1,w,Ed} = 0.64 \text{ kN/cm}^2 < f_{1w,d} = 36.00 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U = 0.018 < 1$ ok

$\sigma_{2,w,Ed} = 0.54 \text{ kN/cm}^2 < f_{2w,d} = 25.92 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U = 0.021 < 1$ ok

Schweißnähte am Steg

Bemessungsgrößen: $F_{Ed}(\tau_p) = F / (2 \cdot l_1) = 0.13 \text{ kN/cm}$, $l_1 = 172.0 \text{ mm}$

$\sigma_{1,w,Ed} = 0.55 \text{ kN/cm}^2 < f_{1w,d} = 36.00 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U = 0.015 < 1$ ok

Zugsteife

$F_{t,Ed} = 25.36 \text{ kN}$

Kräfte je Rippe

$F = 0.5 \cdot F_{t,Ed} \cdot (b_f - 2 \cdot r - t_w) / b_f = 10.1 \text{ kN}$, $H = F \cdot e_F / e_H = 3.6 \text{ kN}$

Querschnitt am Flansch

Zugtragfähigkeit $N_{t,Rd} = 282.00 \text{ kN}$

Bemessungsgröße: $F_{Ed} = (F^2 + 3 \cdot H^2)^{1/2} = 11.9 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 11.9 \text{ kN} < F_{Rd} = 282.0 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.042 < 1$ ok

Querschnitt am Steg

Schubtragfähigkeit $V_{Rd} = 397.26 \text{ kN}$

Bemessungsgröße: $F_{Ed} = F = 10.1 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 10.1 \text{ kN} < F_{Rd} = 397.3 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.026 < 1$ ok

Schweißnähte am Flansch

Bemessungsgrößen: $F_{Ed}(\sigma_s) = F / (2 \cdot b_1) = 0.51 \text{ kN/cm}$, $F_{Ed}(\tau_p) = H / (2 \cdot b_1) = 0.18 \text{ kN/cm}$, $b_1 = 100.0 \text{ mm}$

$\sigma_{1,w,Ed} = 1.49 \text{ kN/cm}^2 < f_{1w,d} = 36.00 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U = 0.041 < 1$ ok

$\sigma_{2,w,Ed} = 1.27 \text{ kN/cm}^2 < f_{2w,d} = 25.92 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U = 0.049 < 1$ ok

Schweißnähte am Steg

Bemessungsgrößen: $F_{Ed}(\tau_p) = F / (2 \cdot l_1) = 0.29 \text{ kN/cm}$, $l_1 = 172.0 \text{ mm}$

$\sigma_{1,w,Ed} = 1.28 \text{ kN/cm}^2 < f_{1w,d} = 36.00 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U = 0.035 < 1$ ok

4.1.3.4. Elastischer Schubfeldnachweis

Stützensteg

Anforderungen an die Steifen: s. Nachweis der Stegsteifen

Anforderungen an das Schubfeld: Schubbeulen: $h_p/t_p = 30.50 \leq 72/(\eta \cdot \varepsilon) = 60.00$ **ok**

Schnittgrößen am Stegfeld (Statik-Vorzeichen):

$N_1 = -4.78$ kN, $M_1 = -13.96$ kNm, $V_1 = -17.60$ kN

$N_3 = -72.69$ kN, $M_3 = 3.26$ kNm, $V_3 = 10.63$ kN

$N_4 = 14.51$ kN, $M_4 = -10.59$ kNm, $V_4 = 14.23$ kN

$N_2 = -35.95$ kN, $M_2 = 2.55$ kNm, $V_2 = -3.71$ kN

Abmessungen des Schubfelds: $h_b = 305.8$ mm, $h_t = 328.4$ mm, $h_l = 164.4$ mm, $h_r = 590.1$ mm

Spannungen im Schubfeld:

$\tau_b = 30.3$ N/mm², $\tau_t = 27.7$ N/mm², $\tau_l = 93.0$ N/mm², $\tau_r = 7.1$ N/mm²

Nachweis des Schubfelds:

$\max \tau_{Ed} = 93.0$ N/mm² < $\tau_{Rd} = 135.7$ N/mm² $\Rightarrow U = 0.685 < 1$ **ok**

4.1.3.5. Nachweisergebnis

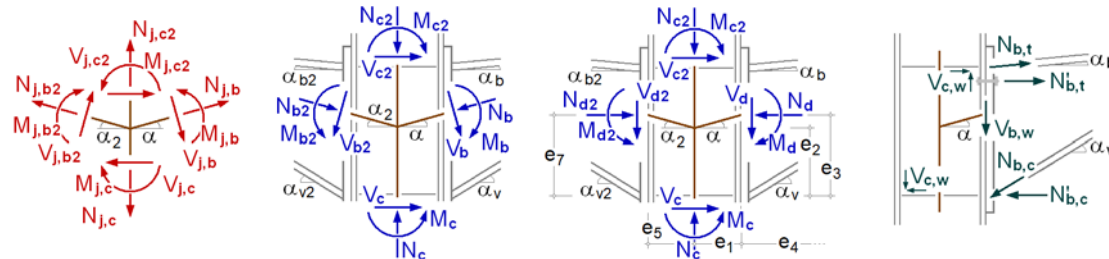
Maximale Ausnutzung: $\max U = 0.685 < 1$ **ok**

4.2. Anschluss links

4.2.1. Bemessungsgrößen

Knotenschnittgrößen Anschnitt Anschluss $\perp$ zur Anschlussebene

Teilschnittgrößen



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

$\alpha_{b2} = 0.00^\circ$, $\alpha_{v2} = 35.00^\circ \Rightarrow \alpha_2 = (\alpha_{b2} + \alpha_{v2})/2 = 17.50^\circ$

Abstände: $e_1 = 135.0$ mm, $e_3 = 298.2$ mm, $e_2 = 298.2$ mm, $e_5 = 135.0$ mm, $e_7 = 340.6$ mm

Schnittgrößen senkrecht zu den Anschlussebenen

Anschnitt Träger (rechts)

$N_d = 4.78$ kN, $M_d = 13.96$ kNm, $V_d = 17.60$ kN

Anschnitt Träger (links)

$N_{d2} = -14.51$ kN, $M_{d2} = 10.58$ kNm, $V_{d2} = -14.23$ kN

Anschnitt Stütze (unten)

$N_c = 72.69$ kN, $M_c = 3.26$ kNm, $V_c = -10.63$ kN

Anschnitt Stütze (oben)

$N_{c2} = 35.95$ kN, $M_{c2} = 2.55$ kNm, $V_{c2} = 3.71$ kN

Teilschnittgrößen

$N_{b,t} = -N_d \cdot z_{bu}/z_b + M_d/z_b = 75.19$ kN, $z_b = 180.0$ mm, $z_{bu} = 90.0$ mm

$N_{b,c} = N_d \cdot z_{bo}/z_b + M_d/z_b = 79.97$ kN, $z_b = 180.0$ mm, $z_{bo} = 90.0$ mm

Grundkomponente 1 wurde nicht berechnet !!

4.2.2. Anschlussstragfähigkeit

4.2.2.1. Biegetragfähigkeit

Abstand der Zugkraft vom Druckpunkt: $z = 180.0$ mm

Tragfähigkeit

$F_{Rd} = 335.1$ kN

Tragfähigkeit der Flansche

$\Sigma F_{c,Rd}^* = 670.2$ kN

Biegetragfähigkeit

$M_{j,Rd} = F_{Rd} \cdot z = 60.3$ kNm

Zugtragfähigkeit

$N_{j,t,Rd} = F_{t,Rd} = 387.9$ kN

Drucktragfähigkeit

$N_{j,c,Rd} = \Sigma F_{c,Rd}^* = 670.2$ kN

4.2.3. Nachweise

4.2.3.1. Nachweis der Anschlusstragfähigkeit mit der Komponentenmethode

Normalkraft: $N_{b,Ed} = |N_d| = 4.78 \text{ kN} < 5\% \cdot N_{pl,Rd} = 63.25 \text{ kN} \Rightarrow$ Biegetragfähigkeit
Biegemoment: $M_{Ed} = M_d - N_d \cdot z_{bu} = 13.53 \text{ kNm}$, $z_{bu} = 90.0 \text{ mm}$
Querkraft: $V_{Ed} = |V_d| = 17.60 \text{ kN}$

$$M_{Ed}/M_{j,Rd} = 0.224 < 1 \quad \text{ok}$$

4.2.3.2. Nachweis der Schweißnähte am Trägerprofil

Naht 1: Trägerflansch mit Zug außen

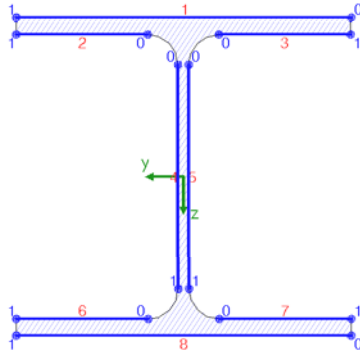
Nähte 2,3: Trägerflansch mit Zug innen

Naht 8: Trägerflansch mit Druck außen

Nähte 4,5: Trägersteg beidseitig

Nähte 6,7: Trägerflansch mit Druck innen

Berechnungsquerschnitt:



Naht 1:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 200.0 \text{ mm}$
Naht 2:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 78.8 \text{ mm}$
Naht 3:	siehe Naht 2	
Naht 4:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 134.0 \text{ mm}$
Naht 5:	siehe Naht 4	
Naht 6:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 78.8 \text{ mm}$
Naht 7:	siehe Naht 6	
Naht 8:	$a_w = 4.0 \text{ mm}$	$l_w = 200.0 \text{ mm}$

Bemessungsgrößen bezogen auf den Schwerpunkt des Profils:

$N_{Ed} = -4.78 \text{ kN}$, $M_{y,Ed} = -13.96 \text{ kNm}$, $V_{z,Ed} = 17.60 \text{ kN}$

Querschnittswerte bezogen auf den Schwerpunkt des Linienquerschnitts:

$\Sigma A_w = 39.32 \text{ cm}^2$, $A_{w,z} = 10.72 \text{ cm}^2$, $\Sigma l_w = 98.3 \text{ cm}$

$I_{w,y} = 2514.76 \text{ cm}^4$, $I_{w,z} = 1062.68 \text{ cm}^4$, $W_{w,t} = 43.06 \text{ cm}^3$, $\Delta z_w = 0.0 \text{ mm}$

Nachweise in den Endpunkten der Nähte:

Naht 1,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 51.54 \text{ N/mm}^2$		$\Rightarrow U_w = 0.202 < 1$	ok
Naht 2,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 45.99 \text{ N/mm}^2$		$\Rightarrow U_w = 0.181 < 1$	ok
Naht 4,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = 35.99 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{w,z} = 16.42 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow U_w = 0.162 < 1$	ok
	Pkt. 1:	$\sigma_{w,x} = -38.42 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{w,z} = 16.42 \text{ N/mm}^2$	$\Rightarrow U_w = 0.170 < 1$	ok
Naht 6,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = -48.42 \text{ N/mm}^2$		$\Rightarrow U_w = 0.190 < 1$	ok
Naht 8,	Pkt. 0:	$\sigma_{w,x} = -53.97 \text{ N/mm}^2$		$\Rightarrow U_w = 0.212 < 1$	ok

Ergebnis:

Naht 8, Pkt. 0: $\sigma_{w,x} = -53.97 \text{ N/mm}^2$

Max: $\sigma_{1,w,Ed} = 7.63 \text{ kN/cm}^2 < f_{1w,d} = 36.00 \text{ kN/cm}^2$,

$\sigma_{2,w,Ed} = 3.82 \text{ kN/cm}^2 < f_{2w,d} = 25.92 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U_w = 0.212 < 1$ ok

4.2.3.3. Nachweis der Stegsteifen

Drucksteife

$F_{c,Ed} = 80.61 \text{ kN}$

Kräfte je Rippe

$F = 0.5 \cdot F_{c,Ed} \cdot (b_f - 2 \cdot r - t_w) / b_f = 32.2 \text{ kN}$, $H = F \cdot e_F / e_H = 11.4 \text{ kN}$

Voraussetzung: Steifen nicht beulgefährdet: $c/t = 11.3 \cdot \epsilon \leq 33 \cdot \epsilon \Rightarrow$ Q-Klasse 1 ≤ 2 ok

Querschnitt am Flansch

Drucktragfähigkeit $N_{c,Rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 282.00 \text{ kN}$

Bemessungsgröße: $F_{Ed} = (F^2 + 3 \cdot H^2)^{1/2} = 37.8 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 37.8 \text{ kN} < F_{Rd} = 282.0 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.134 < 1$ ok

Querschnitt am Steg

Schubtragfähigkeit $V_{Rd} = 397.26 \text{ kN}$

Bemessungsgröße: $F_{Ed} = F = 32.2 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 32.2 \text{ kN} < F_{Rd} = 397.3 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.081 < 1$ ok

Schweißnähte am Flansch

Bemessungsgrößen: $F_{Ed}(\sigma_s) = F / (2 \cdot b_1) = 1.61 \text{ kN/cm}$, $F_{Ed}(\tau_p) = H / (2 \cdot b_1) = 0.57 \text{ kN/cm}$, $b_1 = 100.0 \text{ mm}$

$\sigma_{1,w,Ed} = 4.72 \text{ kN/cm}^2 < f_{1w,d} = 36.00 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U = 0.131 < 1$ ok

$\sigma_{2,w,Ed} = 4.03 \text{ kN/cm}^2 < f_{2w,d} = 25.92 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U = 0.155 < 1$ ok

Schweißnähte am Steg

Bemessungsgröße: $F_{Ed}(\tau_p) = F / (2 \cdot l_1) = 0.94 \text{ kN/cm}$, $l_1 = 172.0 \text{ mm}$

$\sigma_{1,w,Ed} = 4.06 \text{ kN/cm}^2 < f_{1w,d} = 36.00 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U = 0.113 < 1$ ok

Zugsteife

$F_{t,Ed} = 75.83 \text{ kN}$

Kräfte je Rippe

$F = 0.5 \cdot F_{t,Ed} \cdot (b_f - 2 \cdot r - t_w) / b_f = 30.3 \text{ kN}$, $H = F \cdot e_F / e_H = 10.7 \text{ kN}$

Querschnitt am Flansch

Zugtragfähigkeit $N_{t,Rd} = 282.00 \text{ kN}$

Bemessungsgröße: $F_{Ed} = (F^2 + 3 \cdot H^2)^{1/2} = 35.5 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 35.5 \text{ kN} < F_{Rd} = 282.0 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.126 < 1 \text{ ok}$

Querschnitt am Steg

Schubtragfähigkeit $V_{Rd} = 397.26 \text{ kN}$

Bemessungsgröße: $F_{Ed} = F = 30.3 \text{ kN}$

$F_{Ed} = 30.3 \text{ kN} < F_{Rd} = 397.3 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.076 < 1 \text{ ok}$

Schweißnähte am Flansch

Bemessungsgrößen: $F_{Ed}(\sigma_s) = F / (2 \cdot b_1) = 1.52 \text{ kN/cm}$, $F_{Ed}(\tau_p) = H / (2 \cdot b_1) = 0.53 \text{ kN/cm}$, $b_1 = 100.0 \text{ mm}$

$\sigma_{1,w,Ed} = 4.44 \text{ kN/cm}^2 < f_{1w,d} = 36.00 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U = 0.123 < 1 \text{ ok}$

$\sigma_{2,w,Ed} = 3.79 \text{ kN/cm}^2 < f_{2w,d} = 25.92 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U = 0.146 < 1 \text{ ok}$

Schweißnähte am Steg

Bemessungsgröße: $F_{Ed}(\tau_p) = F / (2 \cdot l_1) = 0.88 \text{ kN/cm}$, $l_1 = 172.0 \text{ mm}$

$\sigma_{1,w,Ed} = 3.82 \text{ kN/cm}^2 < f_{1w,d} = 36.00 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U = 0.106 < 1 \text{ ok}$

4.2.3.4. Elastischer Schubfeldnachweis

Stützensteg

Anforderungen an die Steifen: s. Nachweis der Stegsteifen

Anforderungen an das Schubfeld: Schubbeulen: $h_p/t_p = 30.50 \leq 72/(\eta \cdot \epsilon) = 60.00 \text{ ok}$

Schnittgrößen am Stegfeld (Statik-Vorzeichen):

$N_1 = 14.51 \text{ kN}$, $M_1 = -10.71 \text{ kNm}$, $V_1 = -14.23 \text{ kN}$

$N_3 = -72.69 \text{ kN}$, $M_3 = -3.26 \text{ kNm}$, $V_3 = -10.63 \text{ kN}$

$N_4 = -4.78 \text{ kN}$, $M_4 = -14.08 \text{ kNm}$, $V_4 = 17.60 \text{ kN}$

$N_2 = -35.95 \text{ kN}$, $M_2 = -2.55 \text{ kNm}$, $V_2 = 3.71 \text{ kN}$

Abmessungen des Schubfelds: $h_b = 304.1 \text{ mm}$, $h_t = 330.3 \text{ mm}$, $h_l = 590.1 \text{ mm}$, $h_r = 164.4 \text{ mm}$

Spannungen im Schubfeld:

$\tau_b = 30.5 \text{ N/mm}^2$, $\tau_t = 28.0 \text{ N/mm}^2$, $\tau_l = 7.2 \text{ N/mm}^2$, $\tau_r = 93.7 \text{ N/mm}^2$

Nachweis des Schubfelds:

$\max \tau_{Ed} = 93.7 \text{ N/mm}^2 < \tau_{Rd} = 135.7 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U = 0.691 < 1 \text{ ok}$

4.2.3.5. Nachweisergebnis

Maximale Ausnutzung: $\max U = 0.691 < 1 \text{ ok}$