

POS. 3: TRÄGER-STÜTZE M. STEIFEN

4H-EC3IH Version: 4/2013-1z

Typisierter IH-Anschluss

Momententragfähiger IH-Anschluss nach EC 3-1-8 (12.10), NA: Deutschland

Der Anschlussstyp sowie die Abmessungen des Trägers, der Schrauben, der Stirnplatte, der Schweißnähte und das Material sind der folgenden Literatur entnommen:

'Typisierte Anschlüsse im Stahlhochbau nach DIN EN 1993-1-8, Stahlbau Verlags- und Service GmbH, Ausgabe 2013'

Hierzu sind die laufende Nr. sowie die zugehörigen Parameter protokolliert.

Die Stütze ist unabhängig von der Literatur gewählt. Die Stegsteifen sind durchlaufend ausgeführt.

Das Nachweisverfahren ist 'Elastisch-Plastisch'. Die Schrauben sind vorgespannt.

Träger-Stützenverbindung, Stahlgüte S 235, Festigkeitsklasse der Schrauben 8.8

76: Trägerprofil IPE200, Anschlussstyp IH1.1, Schraubengröße M16

Stirnplatte: $t_p = 25$ mm, $b_p = 120$ mm, $h_p = 220$ mm, $e_1 = 50$ mm, $p_{1,1} = 120$ mm, $e_{1n} = 50$ mm
 $u_1 = 10$ mm, $u_{1n} = 10$ mm, $w = 70$ mm, $e_2 = 25$ mm

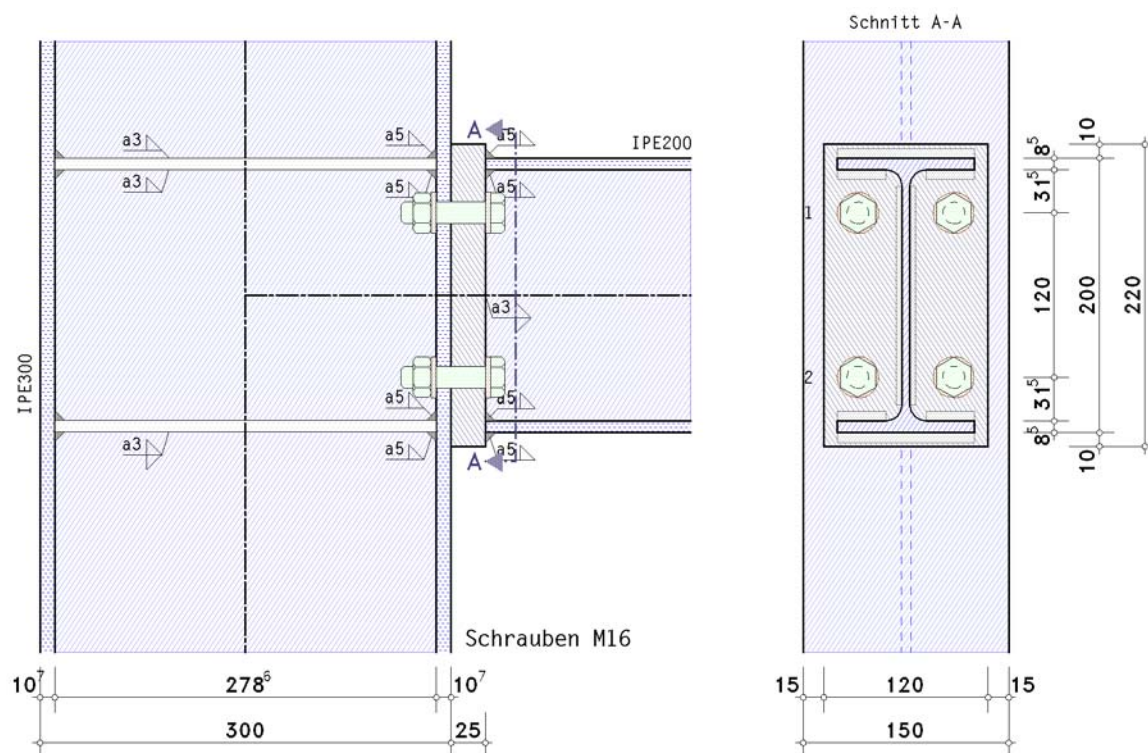
Kehlnähte: $a_w = 3$ mm, $a_f = 5$ mm

Stütze: Profil IPE300, horizontale Stegsteifen

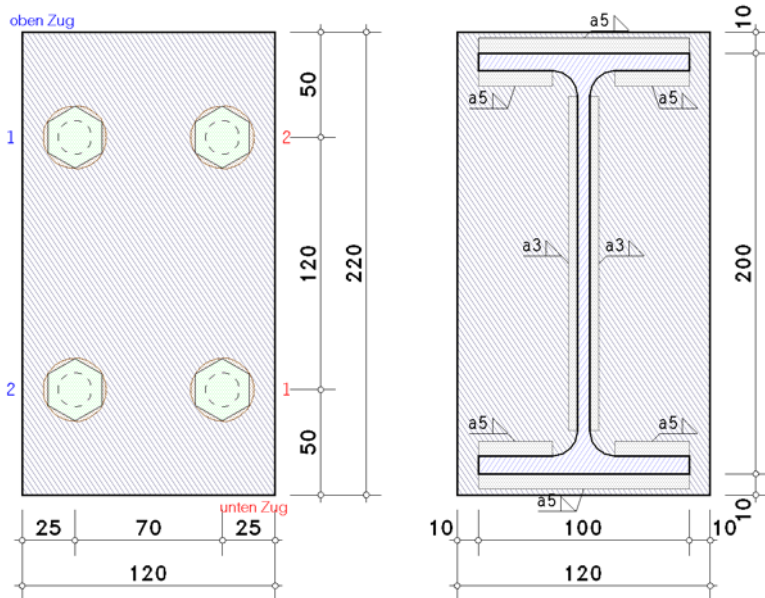
Schnittgrößen im Knotenpunkt der Systemachsen:

Lk 1: $M_{j,b,Ed} = 20.00$ kNm $V_{j,b,Ed} = 30.00$ kN

Biegesteifer Trägeranschluss



Details



Komponentenmethode

Abstände der Schraubenreihen am Stirnblech

Randabstand:	$e_2 = 25.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,	$e_2 = 25.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_{\min} + 40 \text{ mm} = 82.8 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_2 = 70.0 \text{ mm} > 2.4 \cdot d_0 = 43.2 \text{ mm}$,	$p_2 = 70.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 149.8 \text{ mm}$
Randabstand:	$e_1 = 50.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,	$e_1 = 50.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_{\min} + 40 \text{ mm} = 82.8 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_1 = 120.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 39.6 \text{ mm}$,	$p_1 = 120.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 149.8 \text{ mm}$
Randabstand:	$e_1 = 50.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,	$e_1 = 50.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_{\min} + 40 \text{ mm} = 82.8 \text{ mm}$
Horizontaler Abstand der Schrauben vom Stützenrand		
Randabstand:	$e_2 = 40.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 21.6 \text{ mm}$,	$e_2 = 40.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_{\min} + 40 \text{ mm} = 82.8 \text{ mm}$

Lk 1:

Bemessungsgrößen

Schnittgrößen im Anschluss bezogen auf die Systemachsen

$$M_{b,Ed} = -M_{j,b,Ed} - V_{j,b,Ed} \cdot e_1 = -24.50 \text{ kNm}, \quad e_1 = 150.0 \text{ mm}$$

$$V_{b,Ed} = V_{j,b,Ed} = 30.00 \text{ kN}$$

Schnittgrößen senkrecht zur Anschlussebene

$$M_d = M_{b,Ed} = -24.50 \text{ kNm}$$

$$V_d = V_{b,Ed} = 30.00 \text{ kN}$$

Negatives Biegemoment $M_d \Rightarrow$ Modell des Anschlusses wird gespiegelt

$$M_d = 24.50 \text{ kNm}, \quad V_d = -30.00 \text{ kN}$$

Teilschnittgrößen bezogen auf das gespiegelte Modell

$$\text{Schnittgrößen im Abschnitt Stirnblech-Träger: } M'_d = M_d - V_d \cdot t_{ep} = 25.25 \text{ kN}$$

$$N_{b,t} = -N_d \cdot z_{bu}/z_b + M'_d/z_b = 131.85 \text{ kN}, \quad z_b = 191.5 \text{ mm}, \quad z_{bu} = 95.7 \text{ mm}$$

$$N_{b,c} = N_d \cdot z_{bo}/z_b + M'_d/z_b = 131.85 \text{ kN}, \quad z_b = 191.5 \text{ mm}, \quad z_{bo} = 95.7 \text{ mm}$$

Querschnittstragfähigkeit

plastischer Querschnittsnachweis für $M_{Ed} = -25.25 \text{ kNm}$, $V_{Ed} = -30.00 \text{ kN}$

elastische Spannungen: $\max |\sigma_x| = 13.68 \text{ kN/cm}^2$, $\max \tau = 3.04 \text{ kN/cm}^2$, $\max \sigma_v = 13.74 \text{ kN/cm}^2$

plastisches Grenzmoment: $M_{pl,N,Q} = 49.01 \text{ kNm}$

Ausnutzungen: Tragfähigkeit $U_\sigma = 0.524 < 1$ **ok.**, c/t -Verhältnis $U_{c/t} = 0.265 < 1$ **ok.**

Anschlussstragfähigkeit

Biegetragfähigkeit

Abstand der Zug-Schraubenreihe(n) vom Druckpunkt:

$$h_1 = 155.7 \text{ mm}, \quad h_2 = 35.7 \text{ mm}$$

Tragfähigkeit je Schraubenreihe

$$\text{Reihe 1: } F_{tr,Rd} = 142.3 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 2: } F_{tr,Rd} = 93.7 \text{ kN}$$

Mögliches Versagen durch Grundkomponente 2, 4

Biegetragfähigkeit

$$M_{j,Rd} = \Sigma(F_{tr,Rd} \cdot h_r) = 25.5 \text{ kNm}$$

Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit

Tragfähigkeit je Schraubenreihe

$$\text{Reihe 1: } F_{vr,Rd} = 67.6 \text{ kN}$$

$$\text{Reihe 2: } F_{vr,Rd} = 97.3 \text{ kN}$$

Abscher-/Lochleibungstragfähigkeit

$$V_{j,Rd} = \Sigma F_{vr,Rd} = 164.9 \text{ kN}$$

Schubtragfähigkeit

$$V_{wp,Rd}/\beta = 329.6 \text{ kN}$$

$$\text{Zul } V_{pl,Rd} = 0.5 \cdot A_v \cdot (f_y/3^{1/3}) / \gamma_{M0} = 95.0 \text{ kN (Bedingung, s. 'Typisierte Anschlüsse')}$$

Gesamt

$$M_{j,Rd} = 25.5 \text{ kNm} \quad V_{j,Rd} = 164.9 \text{ kN} \quad V_{wp,Rd}/\beta = 329.6 \text{ kN} \quad V_{pl,Rd} = 95.0 \text{ kN}$$

Nachweise

Nachweis der Anschlussstragfähigkeit mit der Komponentenmethode

$$\text{Biegemoment: } M_{Ed} = M_d - N_d \cdot z_{bu} = 24.50 \text{ kNm}, \quad z_{bu} = 95.7 \text{ mm}$$

$$\text{Querkraft: } V_{Ed} = |V_d| = 30.00 \text{ kN}$$

$$\text{Schubkraft: } V_{wp,Ed} = M_{d,w}/z - (V_{c1} - V_{c2})/2 = 181.32 \text{ kN}, \quad M_{d,w} = 24.2 \text{ kNm}, \quad z = z_{eq} = 133.3 \text{ mm}$$

$$M_{Ed}/M_{j,Rd} = 0.960 < 1 \quad \text{ok.}$$

$$V_{wp,Ed}/(V_{wp,Rd}/\beta) = 0.550 < 1 \quad \text{ok.}$$

$$V_{Ed}/V_{pl,Rd} = 0.316 < 1 \quad \text{ok.}$$

$$V_{Ed}/V_{j,Rd} = 0.182 < 1 \quad \text{ok.}$$

Nachweis der Schweißnähte am Trägerprofil

Naht 0: Trägerflansch mit Zug außen Naht 1: Trägerflansch mit Zug innen

Naht 2: Trägersteg beidseitig

Naht 3: Trägerflansch mit Druck außen Naht 4: Trägerflansch mit Druck innen

Naht 2: NA-DE: Blechdicke $t_{max} \geq 3 \text{ mm}$; Nahtdicke $a = 3.0 \text{ mm} < t_{max}^{1/2} - 0.5 = 4.50 \text{ mm} \quad \text{!!}$

Nachweise in den Eckpunkten des Linienquerschnitts:

$$\text{Naht 0, Pkt. 0: } \sigma_s = 9.68 \text{ kN/cm}^2 \quad \tau_s = 9.68 \text{ kN/cm}^2 \quad \tau_p = 0.00 \text{ kN/cm}^2 \quad \Rightarrow U = 0.538 < 1 \quad \text{ok.}$$

$$\text{Naht 2, Pkt. 0: } \sigma_s = 7.69 \text{ kN/cm}^2 \quad \tau_s = 7.69 \text{ kN/cm}^2 \quad \tau_p = -3.14 \text{ kN/cm}^2 \quad \Rightarrow U = 0.453 < 1 \quad \text{ok.}$$

$$\text{Pkt. 1: } \sigma_s = -7.69 \text{ kN/cm}^2 \quad \tau_s = -7.69 \text{ kN/cm}^2 \quad \tau_p = -3.14 \text{ kN/cm}^2 \quad \Rightarrow U = 0.453 < 1 \quad \text{ok.}$$

$$\text{Naht 3, Pkt. 0: } \sigma_s = -9.68 \text{ kN/cm}^2 \quad \tau_s = -9.68 \text{ kN/cm}^2 \quad \tau_p = 0.00 \text{ kN/cm}^2 \quad \Rightarrow U = 0.538 < 1 \quad \text{ok.}$$

Nachweis der Stegsteifen (Rippen)

Stütze

$$\text{Drucksteife: } F_{c,Ed} = 183.73 \text{ kN}$$

Kräfte je Rippe

$$F = 0.5 \cdot F_{c,Ed} \cdot (b_f - 2 \cdot r - t_w) / b_f = 69.1 \text{ kN}, \quad H = F \cdot e_F / e_H = 10.4 \text{ kN}$$

Voraussetzung: Steifen nicht beulgefährdet: $c/t = 7.2 \cdot \epsilon \leq 33 \cdot \epsilon \Rightarrow$ Q-Klasse $1 \leq 2 \quad \text{ok.}$

Querschnitt am Flansch

$$\text{Drucktragfähigkeit: } F_{c,Rd} = (A \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 77.80 \text{ kN}$$

$$\text{Bemessungsgröße } F_{Ed} = (F^2 + 3 \cdot H^2)^{1/2} = 71.5 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 71.5 \text{ kN} < F_{Rd} = 77.8 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.918 < 1 \quad \text{ok.}$$

Querschnitt am Steg

$$\text{Schubtragfähigkeit: } V_{p,Rd} = (f_y \cdot A_v) / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0}) = 321.30 \text{ kN}$$

$$\text{Bemessungsgröße } F_{Ed} = F = 69.1 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 69.1 \text{ kN} < F_{Rd} = 321.3 \text{ kN} \Rightarrow U = 0.215 < 1 \quad \text{ok.}$$

Schweißnähte am Flansch

$$\text{Bemessungsgrößen } F_{Ed}(\sigma_s) = F / (2 \cdot b_1) = 8.88 \text{ kN/cm}, \quad F_{Ed}(\tau_p) = H / (2 \cdot b_1) = 1.34 \text{ kN/cm}, \quad b_1 = 39.0 \text{ mm}$$

$$\sigma_{1,w,Ed} = 18.35 \text{ kN/cm}^2 < f_{1,w,Rd} = 36.00 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Ausnutzung } U = 0.510 < 1 \quad \text{ok.}$$

$$\sigma_{2,w,Ed} = 17.75 \text{ kN/cm}^2 < f_{2,w,Rd} = 25.92 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Ausnutzung } U = 0.685 < 1 \quad \text{ok.}$$

Schweißnähte am Steg

$$\text{Bemessungsgröße } F_{Ed}(\tau_p) = F / (2 \cdot l_1) = 1.48 \text{ kN/cm}, \quad l_1 = 233.6 \text{ mm}$$

$$\sigma_{1,w,Ed} = 8.54 \text{ kN/cm}^2 < f_{1,w,Rd} = 36.00 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow \text{Ausnutzung } U = 0.237 < 1 \quad \text{ok.}$$

Nachweisergebnis

Maximale Ausnutzung: $\max U = 0.960 < 1 \quad \text{ok.}$



Rotationssteifigkeit

Steifigkeitskoeffizienten

$$k_1 = 0.38 \cdot A_{vc} / (\beta \cdot z) = 7.32 \text{ mm}$$

$$k_2 = \infty \text{ (ausgesteift)}$$

äquivalenter Steifigkeitskoeffizient für 2 Schraubenreihen:

$$k_3 = 2.44 \text{ mm}, k_4 = 18.31 \text{ mm}, k_5 = 94.57 \text{ mm}, k_{10} = 4.55 \text{ mm} \Rightarrow k_{\text{eff},1} = 1 / \Sigma(1/k_{i,1}) = 1.440 \text{ mm}$$

$$k_3 = 2.44 \text{ mm}, k_4 = 18.31 \text{ mm}, k_5 = 94.57 \text{ mm}, k_{10} = 4.55 \text{ mm} \Rightarrow k_{\text{eff},2} = 1 / \Sigma(1/k_{i,2}) = 1.440 \text{ mm}$$

$$k_{\text{eq}} = \Sigma(k_{\text{eff},r} \cdot h_r) / z_{\text{eq}} = 2.069 \text{ mm}, z_{\text{eq}} = \Sigma(k_{\text{eff},r} \cdot h_r^2) / \Sigma(k_{\text{eff},r} \cdot h_r) = 133.3 \text{ mm}$$

Rotationssteifigkeit

$$\text{Anfangsrotationssteifigkeit: } S_{j,\text{ini}} = (E \cdot z^2) / \Sigma(1/k_i) = 6022.3 \text{ kNm/rad}, z = z_{\text{eq}} = 133.3 \text{ mm}, \Sigma(1/k_i) = 0.620 \text{ mm}^{-1}$$

$$|M_{j,\text{Ed}}| = 20.00 \text{ kNm} > 2/3 M_{j,\text{Rd}} = 17.0 \text{ kNm} \Rightarrow \mu = ((1.5 \cdot M_{j,\text{Ed}}) / M_{j,\text{Rd}})^{\Psi} = 1.548, \Psi = 2.7$$

$$\text{Rotationssteifigkeit: } S_{j,\text{Rd}} = S_{j,\text{ini}} / \mu = 3891.2 \text{ kNm/rad}$$

$$\text{Verdrehung: } \varphi_{\text{Ed}} = M_{j,\text{Ed}} / S_{j,\text{Rd}} = 0.294^\circ$$

Endergebnis

Maximale Ausnutzung: $\max U = 0.960 < 1$ **ok.**

Minimale Rotationssteifigkeit: $\min S_j = 3.9 \text{ MNm/rad}$

Maximale Verdrehung: $\max \varphi_{\text{Ed}} = 0.294^\circ$

Nachweis erbracht