

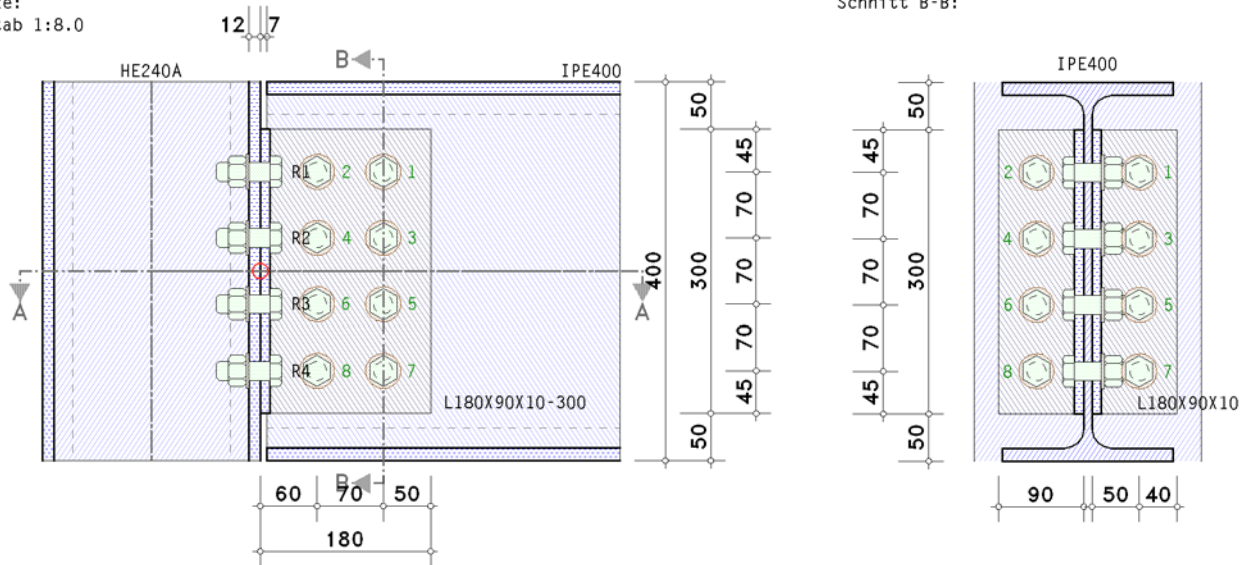
POS. 21: KAHLMEYER 1.1.3.2

Gelenkiger Trägeranschluss

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

Stütze:
Maßstab 1:8.0

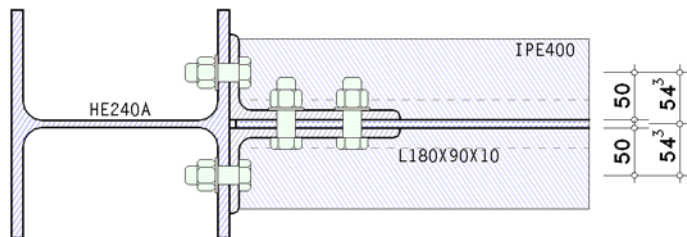
Schnitt B-B:



Stahlgüte S 235

○ Gelenk

Schnitt A-A:



Nebenträgeranschluss mit zwei angeschraubten Winkelprofilen, Anschluss an einen Stützenflansch

Stahlsorte

Stahlgüte S 235

Schrauben

Schraube: Festigkeitsklasse 4.6,

Abmessungen:

Schaftdurchmesser $d = 20.0$ mm, Nennlochspiel $\Delta d = 1.0$ mm $\Rightarrow$ Lochdurchmesser $d_0 = 21.0$ mm

Bruttoquerschnittsfläche (Schaft) $A = 3.142$ cm²

Spannungsquerschnittsfläche $A_s = 2.450$ cm²

Durchmesser des Schraubenkopfes (Schlüsselweite) $d_s = 30.0$ mm

Durchmesser des Schraubenkopfes (Eckenmaß) $d_e = 32.95$ mm

Schraubenkopfhöhe $t_k = 12.5$ mm

Höhe der Mutter $t_m = 19.0$ mm

Durchmesser der Unterlegscheibe $d_p = 37.0$ mm

Blechdicke der Unterlegscheibe $t_p = 3.0$ mm

Schaft liegt in der Scherfuge

Geometrie

Stütze

Profil HE240A

Nebenträger

Profil IPE400

Anschlusskonfiguration

2 x Winkel: Profil L180X90X10

Breite der Winkel $b_a = 300.0$ mm

Blechabstände: $h_o = 0.0$ mm, $\ddot{u}_o = 50.0$ mm ($h_u = 0.0$ mm, $\ddot{u}_u = 50.0$ mm), $s = 7.0$ mm

Schraubenabstände an der Stütze: $e_{z,0} = 45.0$ mm, $p_{z,1-2} = 70.0$ mm, $p_{z,2-3} = 70.0$ mm, $p_{z,3-4} = 70.0$ mm

$e_{x,0} = 40.0$ mm

Schraubenabstände am Nebenträger: $e_{z,0} = 45.0$ mm, $p_{z,1-2} = 70.0$ mm, $p_{z,2-3} = 70.0$ mm, $p_{z,3-4} = 70.0$ mm

$e_{x,0} = 50.0$ mm, $p_{x,1-2} = 70.0$ mm

Tragfähigkeit

Nachweis der Schweißnähte mit dem richtungsbezogenen Verfahren

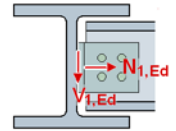
Schnittgrößen

Lk 1: $V_{1,Ed} = 235.00 \text{ kN}$

Materialsicherheitsbeiwerte

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

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



Gelenkiger Trägeranschluss

Abstände der Schraubenreihen an der Stütze (rechts)

Randabstand:	$e_2 = 40.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 25.2 \text{ mm}$,	$e_2 = 40.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_{\min} + 40 \text{ mm} = 80.0 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_2 = 108.6 \text{ mm} > 2.4 \cdot d_0 = 50.4 \text{ mm}$,	$p_2 = 108.6 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 140.0 \text{ mm}$
Randabstand:	$e_1 = 45.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 25.2 \text{ mm}$,	$e_1 = 45.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_1 + 40 \text{ mm} = 88.0 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_1 = 70.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 46.2 \text{ mm}$,	$p_1 = 70.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 140.0 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_1 = 70.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 46.2 \text{ mm}$,	$p_1 = 70.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 140.0 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_1 = 70.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 46.2 \text{ mm}$,	$p_1 = 70.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 140.0 \text{ mm}$
Randabstand:	$e_1 = 45.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 25.2 \text{ mm}$,	$e_1 = 45.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_1 + 40 \text{ mm} = 88.0 \text{ mm}$

Abstände der Schraubenreihen am Nebenträger (rechts)

Randabstand:	$e_2 = 50.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 25.2 \text{ mm}$,	$e_2 = 50.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_{\min} + 40 \text{ mm} = 74.4 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_2 = 70.0 \text{ mm} > 2.4 \cdot d_0 = 50.4 \text{ mm}$,	$p_2 = 70.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 120.4 \text{ mm}$
Randabstand:	$e_2 = 53.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 25.2 \text{ mm}$,	$e_2 = 53.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_{\min} + 40 \text{ mm} = 74.4 \text{ mm}$
Randabstand:	$e_1 = 45.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 25.2 \text{ mm}$,	$e_1 = 45.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_1 + 40 \text{ mm} = 74.4 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_1 = 70.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 46.2 \text{ mm}$,	$p_1 = 70.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 120.4 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_1 = 70.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 46.2 \text{ mm}$,	$p_1 = 70.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 120.4 \text{ mm}$
Lochabstand:	$p_1 = 70.0 \text{ mm} > 2.2 \cdot d_0 = 46.2 \text{ mm}$,	$p_1 = 70.0 \text{ mm} < \min(14 \cdot t_{\min}, 200 \text{ mm}) = 120.4 \text{ mm}$
Randabstand:	$e_1 = 45.0 \text{ mm} > 1.2 \cdot d_0 = 25.2 \text{ mm}$,	$e_1 = 45.0 \text{ mm} < 4 \cdot t_1 + 40 \text{ mm} = 74.4 \text{ mm}$

Annahme: Drehpunkt (Gelenk) befindet sich im Anschnitt zum Stützenflansch

Lk 1:

Bemessungsgrößen

Transformation der Schnittgrößen in den Bezugspunkt (Schnittpunkt der Trägerachsen)

$M_{1,Ed} = V_{j1,Ed} \cdot e_1 = -27.02 \text{ kNm}$, $e_1 = -115.0 \text{ mm}$

$V_{1,Ed} = V_{j1,Ed} = 235.00 \text{ kN}$

Tragfähigkeit der Verbindung

Winkelschenkel an der Stütze:

Kontaktpressung

Abmessungen der Kontaktfläche $h_D = 20.0 \text{ mm}$, $b_D = 14.7 \text{ mm}$, Druckkraft in der Kontaktfläche $D = 31.97 \text{ kN}$

Kontrolle: $D / (A_D \cdot f_{yD}) = 0.463 < 1$ ok. $\Rightarrow$ Kontaktpressung vorhanden

Berechnung des Punktequerschnitts:

Schraube 1 $T_{y,1} = 2.00 \text{ kN}$, $T_{z,1} = 29.38 \text{ kN}$, $T_1 = 29.44 \text{ kN}$

Schraube 2 $T_{y,2} = 5.99 \text{ kN}$, $T_{z,2} = 29.38 \text{ kN}$, $T_2 = 29.98 \text{ kN}$

Schraube 3 $T_{y,3} = 9.99 \text{ kN}$, $T_{z,3} = 29.38 \text{ kN}$, $T_3 = 31.03 \text{ kN}$

Schraube 4 $T_{y,4} = 13.99 \text{ kN}$, $T_{z,4} = 29.38 \text{ kN}$, $T_4 = 32.54 \text{ kN}$

Querkrafttragfähigkeit

Schrauben mit Abscheren:

$U_i = T_i / F_{v,Rd}$, $V_{Rd,i} = V_{1,Ed} / U_i$, $V_{Rd} = \min V_{Rd,i}$

Abschertragfähigkeit je Scherfuge: $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 60.32 \text{ kN}$, $\alpha_v = 0.60$

Schraube 1: $U_1 = 0.488$ $V_{Rd,1} = 481.4 \text{ kN}$

Schraube 2: $U_2 = 0.497$ $V_{Rd,2} = 472.8 \text{ kN}$

Schraube 3: $U_3 = 0.514$ $V_{Rd,3} = 456.8 \text{ kN}$

Schraube 4: $U_4 = 0.539$ $V_{Rd,4} = 435.7 \text{ kN}$

Abschertragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,1} = 435.7 \text{ kN}$

Winkelschenkel 2 mit Lochleibung:

$U_{z,i} = T_{z,i} / F_{b,z,Rd}$, $U_{y,i} = T_{y,i} / F_{b,y,Rd}$, $U_i = \max(U_{z,i}, U_{y,i})$, $V_{Rd,i} = V_{1,Ed} / U_i$, $V_{Rd} = \min V_{Rd,i}$

Schraube 1: $F_{b,z,1} = 102.86 \text{ kN}$ $F_{b,y,1} = 91.43 \text{ kN}$ $U_1 = 0.286$ $V_{Rd,1} = 822.9 \text{ kN}$

Schraube 2: $F_{b,z,2} = 124.00 \text{ kN}$ $F_{b,y,2} = 91.43 \text{ kN}$ $U_2 = 0.237$ $V_{Rd,2} = 992.0 \text{ kN}$

Schraube 3: $F_{b,z,3} = 124.00 \text{ kN}$ $F_{b,y,3} = 91.43 \text{ kN}$ $U_3 = 0.237$ $V_{Rd,3} = 992.0 \text{ kN}$

Schraube 4: $F_{b,z,4} = 102.86 \text{ kN}$ $F_{b,y,4} = 91.43 \text{ kN}$ $U_4 = 0.286$ $V_{Rd,4} = 822.9 \text{ kN}$
 Lochleibungstragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,2} = 822.9 \text{ kN}$

Stützenflansch mit Lochleibung:

$U_{z,i} = T_{z,i} / F_{b,z,Rd}$, $U_{y,i} = T_{y,i} / F_{b,y,Rd}$, $U_i = \max(U_{z,i}, U_{y,i})$, $V_{Rd,i} = V_{1,Ed} / U_i$, $V_{Rd} = \min V_{Rd,i}$
 Schraube 1: $F_{b,z,1} = 148.80 \text{ kN}$ $F_{b,y,1} = 172.80 \text{ kN}$ $U_1 = 0.197$ $V_{Rd,1} = 1190.4 \text{ kN}$
 Schraube 2: $F_{b,z,2} = 148.80 \text{ kN}$ $F_{b,y,2} = 172.80 \text{ kN}$ $U_2 = 0.197$ $V_{Rd,2} = 1190.4 \text{ kN}$
 Schraube 3: $F_{b,z,3} = 148.80 \text{ kN}$ $F_{b,y,3} = 172.80 \text{ kN}$ $U_3 = 0.197$ $V_{Rd,3} = 1190.4 \text{ kN}$
 Schraube 4: $F_{b,z,4} = 148.80 \text{ kN}$ $F_{b,y,4} = 172.80 \text{ kN}$ $U_4 = 0.197$ $V_{Rd,4} = 1190.4 \text{ kN}$
 Lochleibungstragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,3} = 1190.4 \text{ kN}$

Schubtragfähigkeit: $\min V_{Rd,a2} = V_{Rd,1} = 435.7 \text{ kN}$

Winkelschenkel am Nebenträger:

Berechnung des Punktequerschnitts:

Schraube 1: $T_{y,1} = 39.87 \text{ kN}$, $T_{z,1} = 16.09 \text{ kN}$, $T_1 = 42.99 \text{ kN}$
 Schraube 2: $T_{y,2} = 39.87 \text{ kN}$, $T_{z,2} = 42.66 \text{ kN}$, $T_2 = 58.39 \text{ kN}$
 Schraube 3: $T_{y,3} = 13.29 \text{ kN}$, $T_{z,3} = 16.09 \text{ kN}$, $T_3 = 20.87 \text{ kN}$
 Schraube 4: $T_{y,4} = 13.29 \text{ kN}$, $T_{z,4} = 42.66 \text{ kN}$, $T_4 = 44.69 \text{ kN}$
 Schraube 5: $T_{y,5} = -13.29 \text{ kN}$, $T_{z,5} = 16.09 \text{ kN}$, $T_5 = 20.87 \text{ kN}$
 Schraube 6: $T_{y,6} = -13.29 \text{ kN}$, $T_{z,6} = 42.66 \text{ kN}$, $T_6 = 44.69 \text{ kN}$
 Schraube 7: $T_{y,7} = -39.87 \text{ kN}$, $T_{z,7} = 16.09 \text{ kN}$, $T_7 = 42.99 \text{ kN}$
 Schraube 8: $T_{y,8} = -39.87 \text{ kN}$, $T_{z,8} = 42.66 \text{ kN}$, $T_8 = 58.39 \text{ kN}$

Querkrafttragfähigkeit

Schrauben mit Abscheren:

$U_i = T_i / (2 \cdot F_{v,Rd})$, $V_{Rd,i} = V_{1,Ed} / U_i$, $V_{Rd} = \min V_{Rd,i}$
 Abschertragfähigkeit je Scherfuge: $F_{v,Rd} = \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 60.32 \text{ kN}$, $\alpha_v = 0.60$
 Schraube 1: $U_1 = 0.356$ $V_{Rd,1} = 659.5 \text{ kN}$
 Schraube 2: $U_2 = 0.484$ $V_{Rd,2} = 485.5 \text{ kN}$
 Schraube 3: $U_3 = 0.173$ $V_{Rd,3} = 1358.7 \text{ kN}$
 Schraube 4: $U_4 = 0.370$ $V_{Rd,4} = 634.4 \text{ kN}$
 Schraube 5: $U_5 = 0.173$ $V_{Rd,5} = 1358.7 \text{ kN}$
 Schraube 6: $U_6 = 0.370$ $V_{Rd,6} = 634.4 \text{ kN}$
 Schraube 7: $U_7 = 0.356$ $V_{Rd,7} = 659.5 \text{ kN}$
 Schraube 8: $U_8 = 0.484$ $V_{Rd,8} = 485.5 \text{ kN}$
 Abschertragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,1} = 485.5 \text{ kN}$

Winkelschenkel 1 mit Lochleibung:

$U_{z,i} = T_{z,i} / F_{b,z,Rd}$, $U_{y,i} = T_{y,i} / F_{b,y,Rd}$, $U_i = \max(U_{z,i}, U_{y,i})$, $V_{Rd,i} = V_{1,Ed} / U_i$, $V_{Rd} = \min V_{Rd,i}$
 Schraube 1: $F_{b,z,1} = 102.86 \text{ kN}$ $F_{b,y,1} = 114.29 \text{ kN}$ $U_1 = 0.174$ $V_{Rd,1} = 1347.4 \text{ kN}$
 Schraube 2: $F_{b,z,2} = 102.86 \text{ kN}$ $F_{b,y,2} = 114.29 \text{ kN}$ $U_2 = 0.207$ $V_{Rd,2} = 1133.1 \text{ kN}$
 Schraube 3: $F_{b,z,3} = 124.00 \text{ kN}$ $F_{b,y,3} = 114.29 \text{ kN}$ $U_3 = 0.065$ $V_{Rd,3} = 3623.0 \text{ kN}$
 Schraube 4: $F_{b,z,4} = 124.00 \text{ kN}$ $F_{b,y,4} = 114.29 \text{ kN}$ $U_4 = 0.172$ $V_{Rd,4} = 1366.0 \text{ kN}$
 Schraube 5: $F_{b,z,5} = 124.00 \text{ kN}$ $F_{b,y,5} = 114.29 \text{ kN}$ $U_5 = 0.065$ $V_{Rd,5} = 3623.0 \text{ kN}$
 Schraube 6: $F_{b,z,6} = 124.00 \text{ kN}$ $F_{b,y,6} = 114.29 \text{ kN}$ $U_6 = 0.172$ $V_{Rd,6} = 1366.0 \text{ kN}$
 Schraube 7: $F_{b,z,7} = 102.86 \text{ kN}$ $F_{b,y,7} = 114.29 \text{ kN}$ $U_7 = 0.174$ $V_{Rd,7} = 1347.4 \text{ kN}$
 Schraube 8: $F_{b,z,8} = 102.86 \text{ kN}$ $F_{b,y,8} = 114.29 \text{ kN}$ $U_8 = 0.207$ $V_{Rd,8} = 1133.1 \text{ kN}$
 Lochleibungstragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,2} = 1133.1 \text{ kN}$

Winkelschenkel 1 mit Zug und Schub (Blockversagen):

Schubwiderstand $V_{eff,Rd} = (0.5 \cdot A_{nt} \cdot f_u) / \gamma_{M2} + (A_{nv} \cdot f_y / 3^{1/3}) / \gamma_{M0} = 373.69 \text{ kN}$
 Schubtragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,3} = 373.7 \text{ kN}$

Winkelschenkel 1 mit Biegung und Schub:

$(A_f \cdot \sigma_{net} \cdot 0.9 \cdot f_u) / \gamma_{M2} = 279.9 \text{ kN} < (A_f \cdot f_y) / \gamma_{M0} = 352.5 \text{ kN} \Rightarrow$ der Lochabzug wird berücksichtigt.
 Schubtragfähigkeit $V_{Rd} = f_y / \gamma_{M0} / ((b' / W_{el})^2 + 3 \cdot (1 / A)^2)^{1/2} = 201.26 \text{ kN}$
 Schubtragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,4} = 2 \cdot 201.26 = 402.5 \text{ kN}$

Trägersteg mit Lochleibung:

$U_{z,i} = T_{z,i} / F_{b,z,Rd}$, $U_{y,i} = T_{y,i} / F_{b,y,Rd}$, $U_i = \max(U_{z,i}, U_{y,i})$, $V_{Rd,i} = V_{1,Ed} / U_i$, $V_{Rd} = \min V_{Rd,i}$
 Schraube 1: $F_{b,z,1} = 106.64 \text{ kN}$ $F_{b,y,1} = 104.18 \text{ kN}$ $U_1 = 0.383$ $V_{Rd,1} = 614.1 \text{ kN}$
 Schraube 2: $F_{b,z,2} = 106.64 \text{ kN}$ $F_{b,y,2} = 104.18 \text{ kN}$ $U_2 = 0.400$ $V_{Rd,2} = 587.4 \text{ kN}$
 Schraube 3: $F_{b,z,3} = 106.64 \text{ kN}$ $F_{b,y,3} = 104.18 \text{ kN}$ $U_3 = 0.151$ $V_{Rd,3} = 1557.9 \text{ kN}$
 Schraube 4: $F_{b,z,4} = 106.64 \text{ kN}$ $F_{b,y,4} = 104.18 \text{ kN}$ $U_4 = 0.400$ $V_{Rd,4} = 587.4 \text{ kN}$
 Schraube 5: $F_{b,z,5} = 106.64 \text{ kN}$ $F_{b,y,5} = 104.18 \text{ kN}$ $U_5 = 0.151$ $V_{Rd,5} = 1557.9 \text{ kN}$
 Schraube 6: $F_{b,z,6} = 106.64 \text{ kN}$ $F_{b,y,6} = 104.18 \text{ kN}$ $U_6 = 0.400$ $V_{Rd,6} = 587.4 \text{ kN}$
 Schraube 7: $F_{b,z,7} = 106.64 \text{ kN}$ $F_{b,y,7} = 104.18 \text{ kN}$ $U_7 = 0.383$ $V_{Rd,7} = 614.1 \text{ kN}$
 Schraube 8: $F_{b,z,8} = 106.64 \text{ kN}$ $F_{b,y,8} = 104.18 \text{ kN}$ $U_8 = 0.400$ $V_{Rd,8} = 587.4 \text{ kN}$
 Lochleibungstragfähigkeit gesamt: $V_{Rd,5} = 587.4 \text{ kN}$

Trägersteg mit Zug und Schub (Blockversagen):

Schubwiderstand $V_{\text{eff,Rd}} = (0.5 \cdot A_{\text{nt}} \cdot f_u) / \gamma_{\text{M2}} + (A_{\text{nv}} \cdot f_y / 3^{1/3}) / \gamma_{\text{M0}} = 383.43 \text{ kN}$

Schubtragfähigkeit gesamt: $V_{\text{Rd,6}} = 383.4 \text{ kN}$

Schubtragfähigkeit: $\min V_{\text{Rd,a1}} = V_{\text{Rd,3}} = 373.7 \text{ kN}$

Tragfähigkeit: $\min V_{\text{Rd}} = 373.7 \text{ kN}$

Nachweis der Verbindung

$V_{\text{Ed}} = 235.0 \text{ kN}$: $V_{\text{Ed}} / \min V_{\text{Rd}} = 0.629 < 1$ **ok.**

Endergebnis

Maximale Ausnutzung: Tragfähigkeit $\max U = 0.629 < 1$ **ok.**

Nachweis erbracht

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/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1993-1-1, Ausgabe Dezember 2010

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

ECCS Document No. 126: European Recommendations for the Design of Simple Joints in Steel Structures.

ECCS TC10 - Structural Connections, 2009. J.P. Jaspart, J.F. Démonceau, S. Renkin, M.L. Guillaume