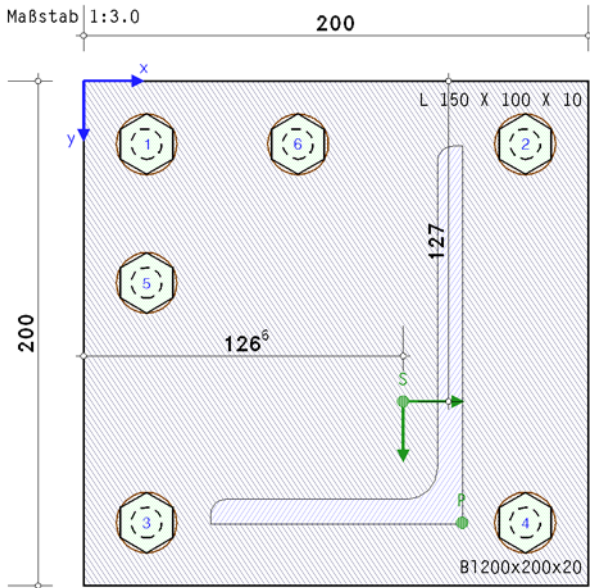


geschraubter Stirnplattenstoß

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



Stahlsorte

Stahlgüte S235

Schrauben

Schrauben mit großer Schlüsselweite sind mit der Vorspannkraft $F_{p,c}$ (s.u.) vorzuspannen !!

Festigkeitsklasse 8.8, Schraubengröße M12

große Schlüsselweite (HV-Schraube), planmäßig vorgespannt

Regelvorspannkraft $F_{p,c}^* = 0.7 \cdot f_{yb} \cdot A_s = 37.8$ kN, Gewinde in der Scherfuge

Verbindung

Stirnblech: Dicke $t_p = 20.0$ mm, Breite $b_p = 200.0$ mm, Länge $l_p = 200.0$ mm

Träger: gespiegeltes Profil L 150 X 100 X 10

Träger-Stirnblech: umlaufende Kehlnaht, Nahtdicke $a = 7.0$ mm

Koordinaten links oben des umgebenden Rechtecks des Trägerprofils bei $x_p = 150.0$ mm, $y_p = 175.0$ mm

Koordinaten des Trägerschwerpunkts auf dem Stirnblech $x_s = 126.6$ mm, $y_s = 127.0$ mm

Schrauben:

Koordinaten der Schraubenachsen:

$x_1 = 25.0$ mm, $y_1 = 25.0$ mm

$x_2 = 175.0$ mm, $y_2 = 25.0$ mm

$x_3 = 25.0$ mm, $y_3 = 175.0$ mm

$x_4 = 175.0$ mm, $y_4 = 175.0$ mm

$x_5 = 25.0$ mm, $y_5 = 80.0$ mm

$x_6 = 85.0$ mm, $y_6 = 25.0$ mm

Berechnung

Nachweisführung:

Schnittgrößenermittlung (FEM) und Bemessung

Nachweis des Stirnblechs mit dem plastischen Verfahren

Nachweis des Trägerquerschnitts mit dem plastischen Verfahren

Nachweis der Schweißnähte mit dem richtungsbezogenen Verfahren

Nachweis der Schrauben, die Abstände werden überprüft

FEM-Berechnung:

Die Schrauben werden plastisch berechnet, Federkonstante der Schrauben $c_f = 4338.0$ kN/cm

plastische Grenzkraft $F_{t,f} = f_{t,f} \cdot F_{t,Rd} = 46.1$ kN, $f_{t,f} = 0.950$, $F_{t,Rd} = 48.6$ kN, wirksame Bruchdehnung $\epsilon_{t,f} = 6.0\%$

Vorspannkraft $F_{p,c} = 37.8$ kN

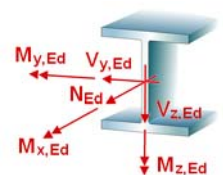
rechnerischer Bettungsmodul des Stirnblechs $c_b = 21000.0$ kN/cm³

Anzahl / Größe der finiten Elemente je Richtung $n_x / \Delta x = 20 / 10.0$ mm, $n_y / \Delta y = 20 / 10.0$ mm

max. 50 Iterationsschritte bei einer Toleranzgrenze von 5%.

Schnittgrößen

Lk	N_{Ed} kN	$M_{y,Ed}$ kNcm	$V_{z,Ed}$ kN	$M_{z,Ed}$ kNcm	$V_{y,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNcm
1	-17.9	-88.2	16.4	-375.5	-1.7	-1.4
2	1.0	-29.9	0.6	-88.6	-0.4	111.3
3	-11.3	312.8	-0.1	-607.2	-2.9	79.0
4	-11.4	-722.9	24.4	424.7	2.2	-3.8
5	-5.2	-208.1	1.0	316.8	1.5	0.0
6	-14.3	-427.0	23.7	-191.5	-0.7	107.7
7	-11.2	-735.0	24.4	407.2	2.2	-4.8
8	-6.4	184.8	0.1	-398.3	-1.9	113.0
9	-10.1	-751.7	24.4	318.1	1.8	106.7



Lk	N _{Ed} kN	M _{y,Ed} kNcm	V _{z,Ed} kN	M _{z,Ed} kNcm	V _{y,Ed} kN	M _{x,Ed} kNcm
10	-12.2	333.0	-0.2	-532.6	-2.6	1.6
11	-10.9	-629.3	17.6	473.8	2.4	-3.0

Materialsicherheitsbeiwerte

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

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

Berechnung

Ausnutzungen

Lk	U _p	U _σ	U _b	U _{wt}	U _{t,s}	U _{vt,s}	U _{b,s}	U _q	U _{ct}	U _w	U
1	0.122	0.084	0.122	0.029	0.804	0.676	0.035	0.391	0.498	0.491	0.804
2	0.077	0.029	0.077	0.027	0.778	0.635	0.023	0.724	0.750	0.107	0.778
3	0.226	0.226	0.123	0.046	0.934	0.695	0.030	0.857	0.750	0.883	0.934
4	0.183	0.183	0.114	0.032	0.839	0.774	0.064	0.682	0.585	0.858	0.858
5	0.106	0.037	0.106	0.027	0.779	0.574	0.005	0.369	0.142	0.458	0.779
6	0.134	0.073	0.134	0.027	0.780	0.682	0.037	0.726	1.000	0.204	1.000*
7	0.187	0.187	0.111	0.033	0.842	0.776	0.065	0.674	0.580	0.849	0.849
8	0.109	0.109	0.100	0.031	0.830	0.663	0.030	0.853	0.750	0.573	0.853
9	0.193	0.193	0.100	0.033	0.847	0.703	0.042	0.923	0.557	0.774	0.923
10	0.176	0.176	0.110	0.039	0.907	0.659	0.008	0.624	0.750	0.792	0.907
11	0.149	0.149	0.123	0.030	0.813	0.710	0.045	0.677	0.607	0.846	0.846

U_p: Ausnutzung der Stirnplatte; U_σ: Ausnutzung der Stirnplatte aus Spannung; U_p: Ausnutzung der Stirnplatte aus Kontaktpressung

U_{wt,s}: Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung; U_{t,s}: Ausnutzung der Schrauben aus Zug; U_{vt,s}: Ausnutzung der Schrauben aus Abscheren mit Zug

U_{b,s}: Ausnutzung der Schrauben aus Lochleibung; U_q: Spannungsausnutzung des Trägers; U_{ct}: c/t-Ausnutzung des Trägers

U_w: Ausnutzung der Schweißnähte; U: Gesamtausnutzung

*) maximale Ausnutzung

Endergebnis

Maximale Ausnutzung [Lk 3] max U = 0.934 < 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

Detaillierte Ausgabe von Lk 3 (maßgebend)

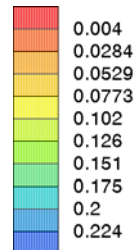
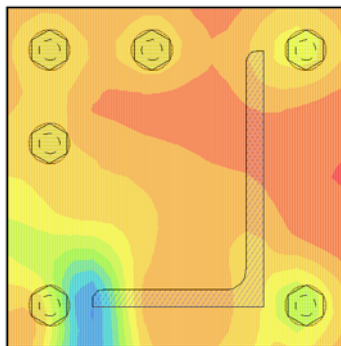
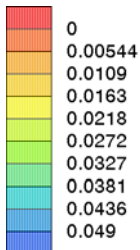
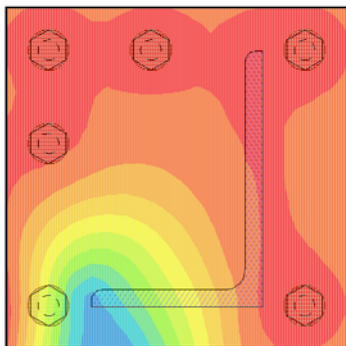
Lk 3: N_{Ed} = -11.3 kN, M_{y,Ed} = 312.8 kNcm, V_{z,Ed} = -0.1 kN, M_{z,Ed} = -607.2 kNcm, V

Stirnblech

Bemessungsgrößen: N = -11.31 kN, M_y = 3.13 kNm, M_z = -6.07 kNm

Verformungen u_z [mm], abhebend positiv
 min $u_z = -0.00$ mm, max $u_z = 0.05$ mm

Ausnutzung der Stirnplatte U_p
 min $U_p = 0.004$, max $U_p = 0.226$



Ausnutzung der Stirnplatte

Kno	x mm	y mm	u_z mm	U_σ	U_b	U_p
124	50.0	180.0	0.046	0.226	---	0.226
147	60.0	200.0	0.049	0.188	---	0.188

x,y: Knotenkoordinaten; u_z : Verformungen (abhebend positiv); U_σ : Ausnutzung aus Moment mit Querkraft; U_b : Ausnutzung aus Kontaktpressung
 U_p : Ausnutzung der Stirnplatte

Zugkraft in den Schrauben

	x mm	y mm	w _t mm	F_t kN	ϵ_{wt} %	U_{wt}
1	25.0	25.0	-0.000	37.77	0.159	0.027
2	175.0	25.0	-0.000	37.77	0.159	0.027
3	25.0	175.0	0.023	45.33	0.274	0.046
4	175.0	175.0	-0.000	37.77	0.159	0.027
5	25.0	80.0	-0.001	37.78	0.159	0.027
6	85.0	25.0	-0.000	37.77	0.159	0.027

x,y: Schraubenkoordinaten; w_t: Verformung (Zug positiv); F_t : Schraubenkraft; ϵ_{wt} : Dehnung
 U_{wt} : Ausnutzung aus Dehnung

Ausnutzung der Stirnplatte [Kno 124] $U_{max} = 0.226 < 1$ ok.

Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 3] $U_{max} = 0.046 < 1$ ok.

Schrauben

Bemessungsgrößen: max $F_t = 45.33$ kN, $V_z = -0.14$ kN, $V_y = -2.90$ kN, $M_x = 0.79$ kNm

Nachweis der Schrauben

U_{tp} Ausnutzung aus Zug/Durchstanzen, U_{vt} Ausnutzung aus Abscheren mit Zug, U_b Ausnutzung aus Lochleibung, U Ausnutzung der Schrauben

Schraube 1	$U_{tp,1} = 0.778$	$U_{vt,1} = 0.602$	$U_{b,1} = 0.014$	$U_1 = 0.778$
Schraube 2	$U_{tp,2} = 0.778$	$U_{vt,2} = 0.612$	$U_{b,2} = 0.017$	$U_2 = 0.778$
Schraube 3	$U_{tp,3} = 0.934$	$U_{vt,3} = 0.695$	$U_{b,3} = 0.008$	$U_3 = 0.934$
Schraube 4	$U_{tp,4} = 0.778$	$U_{vt,4} = 0.657$	$U_{b,4} = 0.030$	$U_4 = 0.778$
Schraube 5	$U_{tp,5} = 0.778$	$U_{vt,5} = 0.605$	$U_{b,5} = 0.010$	$U_5 = 0.778$
Schraube 6	$U_{tp,6} = 0.778$	$U_{vt,6} = 0.570$	$U_{b,6} = 0.003$	$U_6 = 0.778$
Gesamt Max:	$U_{tp} = 0.934$	$U_{vt} = 0.695$	$U_b = 0.030$	$U = 0.934 < 1$ ok.

Ausnutzung der Schrauben [Schraube 3] $U_{max} = 0.934 < 1$ ok.

Träger

plastischer Querschnittsnachweis für $N = -11.31$ kN, $M_y = 0.41$ kNm, $V_z = 1.04$ kN,

$M_z = -6.82$ kNm, $V_y = -2.71$ kN, $M_x = 0.79$ kNm

zul. Normal-/Schubspannung: zul $\sigma_{Rd} = 23.50$ kN/cm², zul $\tau_{Rd} = 13.57$ kN/cm²

Untergurt: Querkraft $V_U = -2.90$ kN, Torsion $T_{pU} = 0.33$ kNm, Schubspannung $\tau_O = 6.94$ kN/cm² $\Rightarrow U_{\tau,U} = 0.511$
 Gurtbiegung $M_{\sigma,U} = -6.28$ kNm, Biegespannung $\sigma_U = 13.89$ kN/cm² $\Rightarrow U_{\sigma,U} = 0.688$

Grenznormalkräfte $N_{max,U} = -29.91$ kN, $N_{min,U} = -171.21$ kN

Steg: Querkraft $V_S = -0.14$ kN, Torsion $T_{pS} = 0.46$ kNm, Schubspannung $\tau_S = 6.82$ kN/cm² $\Rightarrow U_{\tau,S} = 0.503$
 Grenznormalkräfte $N_{max,S} = 284.37$ kN, $N_{min,S} = -284.37$ kN

Hauptbieg.: Normalkraft $N = -11.31$ kN, Grenznormalkräfte $N_{max} = 254.46$ kN, $N_{min} = -455.58$ kN $\Rightarrow U_N = 0.025$
 Moment $M_y = 3.13$ kNm, Grenzmomente $M_{y,max} = 8.02$ kNm, $M_{y,min} = -19.29$ kNm $\Rightarrow U_{M_y} = 0.390$

Gesamt (ggf. aus Laststeigerung): max $U = 0.857 < 1$ ok.

Ausnutzungen: Tragfähigkeit $U_\sigma = 0.857 < 1$ ok., c/t-Verhältnis $U_{c/t} = 0.750 < 1$ ok.

Ausnutzung des Trägers max($U_\sigma, U_{c/t}$) = 0.857 < 1 ok.

Schweißnähte

Bemessungsgrößen: $N = -11.31 \text{ kN}$, $M_y = 3.13 \text{ kNm}$, $V_z = -0.14 \text{ kN}$, $M_z = -6.07 \text{ kNm}$,
 $V_y = -2.90 \text{ kN}$, $M_x = 0.79 \text{ kNm}$



Naht 1:	$a_w = 7.0 \text{ mm}$	$l_w = 150.0 \text{ mm}$
Naht 2:	$a_w = 7.0 \text{ mm}$	$l_w = 122.0 \text{ mm}$
Naht 3:	$a_w = 7.0 \text{ mm}$	$l_w = 72.0 \text{ mm}$
Naht 4:	$a_w = 7.0 \text{ mm}$	$l_w = 100.0 \text{ mm}$
Naht 5:	$a_w = 7.0 \text{ mm}$	$l_w = 4.0 \text{ mm}$
Naht 6:	$a_w = 7.0 \text{ mm}$	$l_w = 4.0 \text{ mm}$

Max: $\sigma_{1,w,Ed} = 31.79 \text{ kN/cm}^2 < f_{1,w,Rd} = 36.00 \text{ kN/cm}^2$,
 $\sigma_{2,w,Ed} = 15.90 \text{ kN/cm}^2 < f_{2,w,Rd} = 25.92 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U_w = 0.883 < 1$ **ok.**

Ausnutzung der Schweißnähte $U_{\max} = 0.883 < 1$ **ok.**

Ausnutzung Lk 3 $U_{\max} = 0.934 < 1$ **ok.**