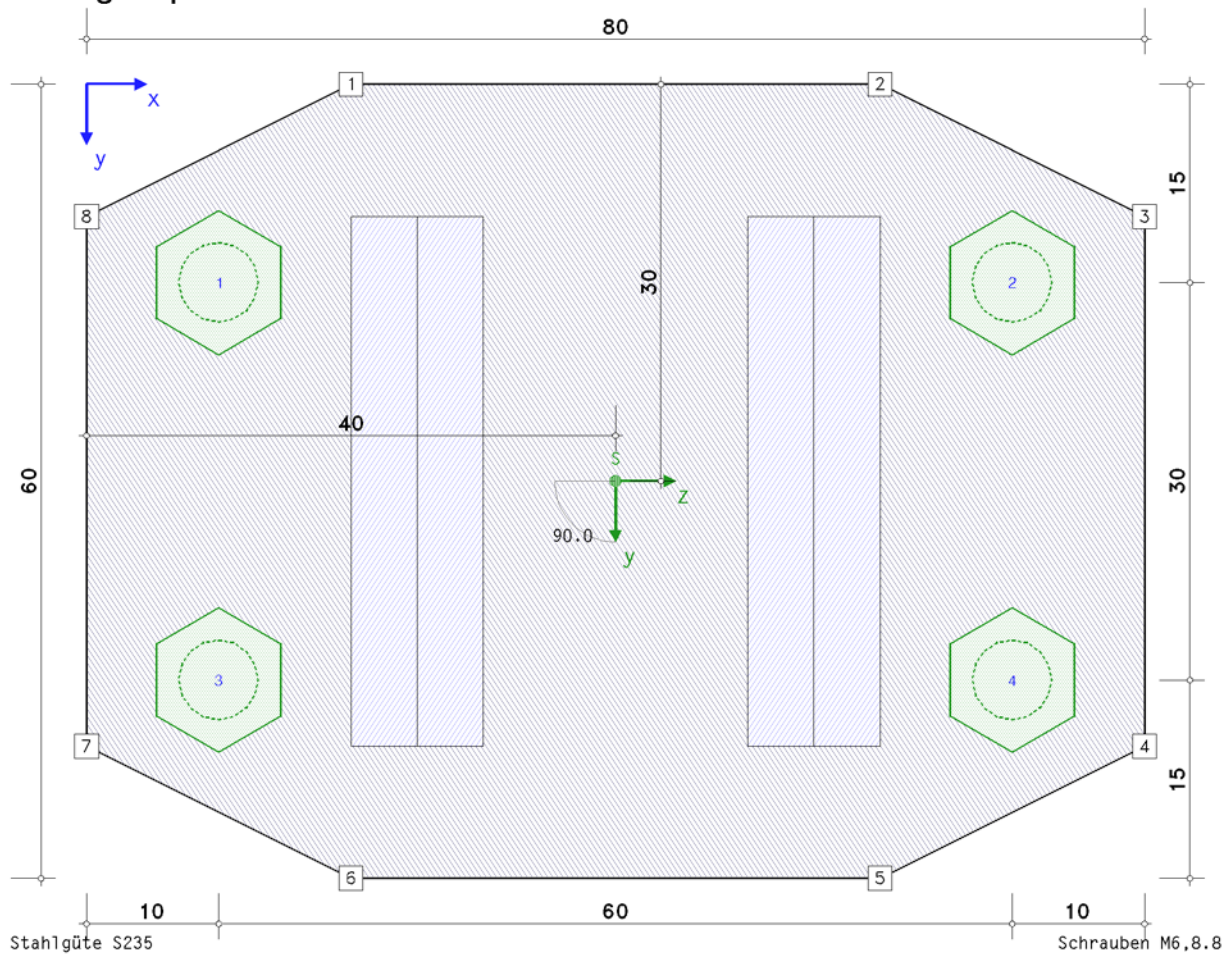


POS. 9: POLYPLATTE DOPPELBLECH

geschraubter Stirnplattenstoß EC 3-1-8 (04.25), NA: Deutschland

1. Eingabeprotokoll



Stahlsorte

Stahlgüte S235

Schrauben

Festigkeitsklasse 8.8, Schraubengröße M6, normale Schlüsselweite

Schaft in der Scherfuge

Verbindung

Stirnplatte (polygonal):

Pkt.	x _p mm	y _p mm	Pkt.	x _p mm	y _p mm
1	20.0	0.0	5	60.0	60.0
2	60.0	0.0	6	20.0	60.0
3	80.0	10.0	7	0.0	50.0
4	80.0	50.0	8	0.0	10.0

Dicke $t_p = 8.0$ mm

Träger: $h = 40.0$ mm, $b = 40.0$ mm, $A = 8.00$ cm², $y_s = -20.0$ mm, $z_s = 20.0$ mm

$I_y = 18.67$ cm⁴, $I_z = 10.67$ cm⁴, $I_T = 2.67$ cm⁴, $I_\omega = 24.00$ cm⁶

Verdrehung des Querschnitts um den Profilschwerpunkt $\beta = 90.0^\circ$

Träger-Stirnplatte: umlaufende Kehlnaht, Nahtdicke $a = 4.0$ mm

Trägerprofil mittig auf der Stirnplatte (Trägerschwerpunkt in Plattenmitte)

Koordinaten des Trägerschwerpunkts auf der Stirnplatte $x_s = 40.0$ mm, $y_s = 30.0$ mm

Schrauben:

gleichmäßige Anordnung der Schrauben, 2 vertikale und 2 horizontale Reihen

Randabstände oben $e_o = 15.0$ mm, unten $e_u = 15.0$ mm

Schraubenabstände $p_{y,1-2} = 30.0$ mm

Randabstände links $e_l = 10.0$ mm, rechts $e_r = 10.0$ mm

Schraubenabstände $p_{x,1-2} = 60.0$ mm

Berechnung

Nachweisführung:

Schnittgrößenermittlung (FEM) und Tragfähigkeitsnachweise

Nachweis der Stirnplatte mit dem plastischen Verfahren, Kontaktpressungen nachweisen

Nachweis des Trägerquerschnitts mit dem elastischen Verfahren

Nachweis der Schweißnähte mit dem vereinfachten Verfahren

Nachweis der Schrauben, die Abstände werden überprüft

FEM-Berechnung:

Die Schrauben werden plastisch berechnet, Federkonstante der Schrauben $c_f = 1863.6 \text{ kN/cm}$

plastische Grenzkraft $F_{t,f} = f_{t,f} \cdot F_{t,Rd} = 11.0 \text{ kN}$, $f_{t,f} = 0.950$, $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 11.58 \text{ kN}$, $k_2 = 0.90$

wirksame Bruchdehnung $\epsilon_{t,f} = f_{t,f} \cdot \epsilon_{ub} = 3.0\%$, $f_{t,e} = 0.250$, $\epsilon_{ub} = 12.0\%$

ohne Vorspannung ($F_{p,c} = 0$)

rechnerischer Bettungsmodul der Stirnplatte $c_b = 26250.0 \text{ kN/cm}^3$

Anzahl / Größe der finiten Elemente je Richtung $n_x / \Delta x = 35 / 2.3 \text{ mm}$, $n_y / \Delta y = 26 / 2.3 \text{ mm}$

max. 50 Iterationsschritte bei einer Toleranzgrenze von 5%.

Schnittgrößen bezogen auf die Querschnittsachsen

Lk 1: $N_{Ed} = -0.35 \text{ kN}$, $M_{y,Ed} = 0.38 \text{ kNm}$, $V_{z,Ed} = 0.23 \text{ kN}$

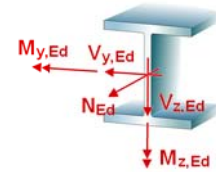
$M_{z,Ed} = 0.00 \text{ kNm}$, $V_{y,Ed} = 0.00 \text{ kN}$

Lk 2: $N_{Ed} = -0.88 \text{ kN}$, $M_{y,Ed} = 0.29 \text{ kNm}$, $V_{z,Ed} = 0.17 \text{ kN}$

$M_{z,Ed} = 0.04 \text{ kNm}$, $V_{y,Ed} = 0.02 \text{ kN}$

Lk 3: $N_{Ed} = -0.88 \text{ kN}$, $M_{y,Ed} = 0.07 \text{ kNm}$, $V_{z,Ed} = 0.28 \text{ kN}$

$M_{z,Ed} = -0.03 \text{ kNm}$, $V_{y,Ed} = -0.02 \text{ kN}$



Materialsicherheitsbeiwerte

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

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

Lokale Beanspruchungen insbesondere des Trägers und der Schweißnähte werden nicht berücksichtigt !

4H-QUER-Querschnitte sind über ihre Mittellinien beschrieben.

Rand- und Schraubenabstände sind daher separat zu überprüfen !!

Ausnutzungen

Lk	U_p	U_σ	U_b	U_{pl}	$U_{pl,s}$	$U_{wt,s}$	$U_{t,s}$	$U_{vt,s}$	$U_{b,s}$	U_q	U_w	U
1	0.331	0.331	0.100	0.220	0.361	0.044	0.088	0.249	0.003	0.176	0.199	0.361*
2	0.263	0.263	0.081	0.153	0.264	0.036	0.071	0.203	0.003	0.165	0.186	0.264
3	0.076	0.076	0.029	0.023	0.087	0.011	0.021	0.065	0.004	0.066	0.075	0.087

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

U_{pl} : min. plast. Ausnutzung der Verbindung; $U_{pl,s}$: plast. Ausnutzung der Schraubenzugkräfte; $U_{wt,s}$: Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung

$U_{t,s}$: Ausnutzung der Schrauben aus Zug; $U_{vt,s}$: Ausnutzung der Schrauben aus Abscheren; $U_{b,s}$: Ausnutzung der Schrauben aus Lochleibung

U_q : Spannungsausnutzung des Trägers; U_w : Ausnutzung der Schweißnähte; U : Gesamtausnutzung

*) maximale Ausnutzung

2. Endergebnis

Maximale Ausnutzung der Stirnplatte aus 3 Lk: max U_p mit Zugehörigen

Kno	x mm	y mm	u_z mm	b_z N/mm ²	m_{xx} kNm/m	m_{yy} kNm/m	m_{xy} kNm/m	q_x kN/m	q_y kN/m	U_p
656	54.9	16.1	0.025	0.00	-1.40	-0.44	0.01	18.35	-1.70	0.331

x,y: Knotenkoordinaten; u_z : Verformungen (abhebend positiv); b_z : Kontaktpressungen (Druck positiv); m_{xx}, m_{yy}, m_{xy} : Momente

q_x, q_y : Querkraften; q_x, q_y : Querkraften; U_p : Ausnutzung der Stirnplatte

Maximale Ausnutzung der Schrauben aus 3 Lk: max U_s mit Zugehörigen

	x mm	y mm	F_t kN	U_{wt}	U_{vt}	U_b	U_s
1	10.0	15.0	0.01	---	0.007	0.003	0.088
2	70.0	15.0	3.97	0.044	0.249	0.002	0.249
3	10.0	45.0	0.01	---	0.007	0.003	0.088
4	70.0	45.0	3.97	0.044	0.249	0.002	0.249

x,y: Schraubenkoordinaten; F_t : Schraubenkraft; U_{wt} : Ausnutzung aus Dehnung; U_{vt} : Ausnutzung aus Abscheren

U_b : Ausnutzung aus Lochleibung; U_s : Ausnutzung der Schrauben

Maximale Ausnutzung der Stirnplatte [Lk 1]

Maximale Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Lk 1]

Maximale Ausnutzung der Schrauben [Lk 1]

Maximale Ausnutzung des Trägers [Lk 1]

Maximale Ausnutzung der Schweißnähte [Lk 1]

Maximale Ausnutzung [Lk 1]

max $U_p = 0.331 < 1$ ok

max $U_{wt,s} = 0.044 < 1$ ok

max $U_s = 0.361 < 1$ ok

max $(U_q, U_{ct}) = 0.176 < 1$ ok

max $U_w = 0.199 < 1$ ok

max $U = 0.361 < 1$ ok

Nachweis erbracht

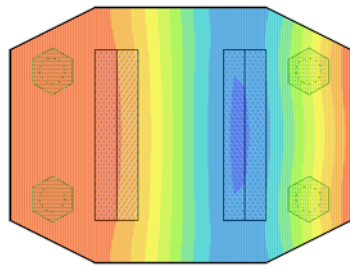
3. Lk 1 (maßgebend)

3.1. Stirnplatte

Bemessungsgrößen: $N = -0.35 \text{ kN}$, $M_y = 0.38 \text{ kNm}$

Verformungen u_z [mm]

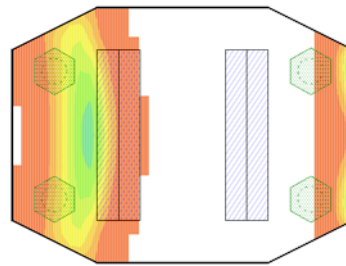
min $u_z = -0.0017 \text{ mm}$, max $u_z = 0.0256 \text{ mm}$



Verformungen abhebend positiv

Kontaktpressungen b_z [N/mm²]

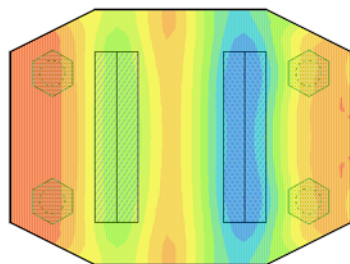
min $b_z = 0.00 \text{ N/mm}^2$, max $b_z = 23.58 \text{ N/mm}^2$



Kontaktpressungen Druck positiv

Ausnutzung der Stirnplatte U_p

min $U_p = 0.000$, max $U_p = 0.331$



Ausnutzung der Stirnplatte

Kno	x mm	y mm	u_z mm	b_z N/mm ²	U_p
602	50.3	16.1	0.025	0.00	0.292
656	54.9	16.1	0.025	0.00	0.331
952	80.0	13.8	-0.002	23.58	0.100

x,y: Knotenkoordinaten; u_z : Verformungen (abhebend positiv); b_z : Kontaktpressungen (Druck positiv); U_p : Ausnutzung der Stirnplatte

Ausnutzung der Schrauben

	x mm	y mm	w_t mm	F_t kN	ε_{wt} %	U_{wt}
1	10.0	15.0	-0.000	0.01	0.000	---
2	70.0	15.0	0.011	3.97	0.133	0.044
3	10.0	45.0	-0.000	0.01	0.000	---
4	70.0	45.0	0.011	3.97	0.133	0.044

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

Ausnutzung der Stirnplatte [Kno 656] $U_{max} = 0.331 < 1$ ok

Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 2] $U_{s,max} = 0.044 < 1$ ok

minimale plastische Ausnutzung der Verbindung $U_{pl,min} = 0.220 < 1$ ok

plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,t,s} = 0.361 < 1$ ok

3.2. Schrauben

Bemessungsgrößen: min $F_t = 0.01 \text{ kN}$, max $F_t = 3.97 \text{ kN}$, $V_z = 0.23 \text{ kN}$

Nachweis der Schrauben

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

Schraube 1	$U_{tp,1} = 0.000$	$U_{vt,1} = 0.007$	$U_{b,1} = 0.003$	$U_1 = 0.007$
Schraube 2	$U_{tp,2} = 0.088$	$U_{vt,2} = 0.249$	$U_{b,2} = 0.002$	$U_2 = 0.249$
Schraube 3	$U_{tp,3} = 0.000$	$U_{vt,3} = 0.007$	$U_{b,3} = 0.003$	$U_3 = 0.007$
Schraube 4	$U_{tp,4} = 0.088$	$U_{vt,4} = 0.249$	$U_{b,4} = 0.002$	$U_4 = 0.249$
Gesamt:	$U_{tp} = 0.088$	$U_{vt} = 0.249$	$U_b = 0.003$	$U = 0.249 < 1$ ok

In der Ausnutzung der Schrauben U_{max} ist die minimale plastische Ausnutzung der Verbindung $U_{pl,min} = 0.220$ sowie die plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,s} = 0.361$ enthalten.

Ausnutzung der Schrauben $U_{max} = 0.361 < 1$ ok

3.3. Träger

elastischer Spannungsnachweis für $N = -0.35 \text{ kN}$, $M_y = 0.38 \text{ kNm}$, $V_z = 0.23 \text{ kN}$
Nachweis: $\sigma_v = 41.38 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{v,Rd} = 235.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_\sigma = 0.176 < 1$ **ok**

Ausnutzung des Trägers $\max(U_\sigma, U_{c/t}) = 0.176 < 1$ **ok**

3.4. Schweißnähte

Bemessungsgrößen: $N = -0.35 \text{ kN}$, $M_y = 0.38 \text{ kNm}$, $V_z = 0.23 \text{ kN}$
 $U_w = 0.199 < 1$ **ok**

Ausnutzung der Schweißnähte $U_{\max} = 0.199 < 1$ **ok**

3.5. Gesamt

Ausnutzung Lk 1 $U_{\max} = 0.361 < 1$ **ok**

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
EN 1993-1-8/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-8, Ausgabe April 2026

prEN 1993-1-14, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten -
Teil 1-14: Bemessung mithilfe von Finite-Element-Berechnung;
Deutsche und englische Fassung prEN 1993-1-14:2023, Ausgabe September 2023