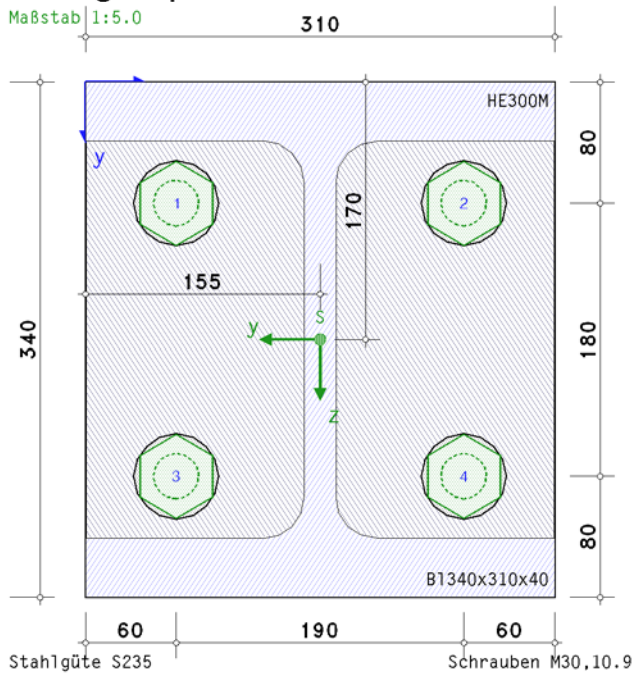


POS. 1: 2T

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

1. Eingabeprotokoll



Stahlsorte

Stahlgüte S235

Schrauben

Die Schrauben sind mit der Kraft $F_{p,c} = 353.2$ kN vorzuspannen !!

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M30

große Schlüsselweite (HV-Schraube), vorgespannt (zur Info: Regelvorspannkraft $F_{p,c}^* = 0.7 \cdot f_{yb} \cdot A_s = 353.2$ kN)

Gewinde in der Scherfuge

Verbindung

Stirnplatte (rechteckig): Dicke $t_p = 40.0$ mm, Breite $b_p = 310.0$ mm, Länge $l_p = 340.0$ mm

Träger: Profil HE300M

Träger-Stirnplatte: umlaufende Stumpfnaht (nicht durchgeschweißt, Nahtdicke $a = 8.0$ mm), Nahtdicke $a = 8.0$ mm

Trägerprofil mittig auf der Stirnplatte (Trägerschwerpunkt in Plattenmitte)

Koordinaten des Trägerschwerpunkts auf der Stirnplatte $x_s = 155.0$ mm, $y_s = 170.0$ mm

Schrauben:

gleichmäßige Anordnung der Schrauben, 2 vertikale und 2 horizontale Reihen

Randabstände oben, unten $e_o = e_u = 80.0$ mm, Schraubenabstände $p_y = 180.0$ mm

Randabstände links, rechts $e_l = e_r = 60.0$ mm, Schraubenabstände $p_x = 190.0$ mm

Berechnung

Nachweisführung:

Schnittgrößenermittlung (FEM) und Tragfähigkeitsnachweise

Nachweis der Stirnplatte mit dem plastischen Verfahren, Kontaktpressungen nachweisen

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 $c_f = 10497.2$ kN/cm

plastische Grenzkraft $F_{t,f} = f_{t,f} \cdot F_{t,Rd} = 383.5$ kN, $f_{t,f} = 0.950$, $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 403.63$ kN, $k_2 = 0.90$

wirksame Bruchdehnung $\epsilon_{t,f} = f_{t,e} \cdot \epsilon_{ub} = 2.3\%$, $f_{t,e} = 0.250$, $\epsilon_{ub} = 9.0\%$

Vorspannkraft der Schrauben $F_{p,c} = 353.2$ kN < $F_{t,f}$ ok

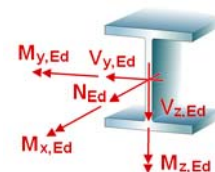
rechnerischer Bettungsmodul der Stirnplatte $c_b = 5250.0$ kN/cm³

Anzahl / Größe der finiten Elemente je Richtung $n_x / \Delta x = 30 / 10.3$ mm, $n_y / \Delta y = 33 / 10.3$ mm

max. 50 Iterationsschritte bei einer Toleranzgrenze von 5%.

Schnittgrößen bezogen auf die Querschnittsachsen

Lk	N_{Ed} kN	$M_{y,Ed}$ kNm	$V_{z,Ed}$ kN	$M_{z,Ed}$ kNm	$V_{y,Ed}$ kN	$M_{x,Ed}$ kNm
1	21.46	28.05	5.61	-66.94	-5.36	-0.05
2	-98.50	100.88	20.18	67.50	-13.50	0.08
3	-75.42	88.74	17.75	0.76	-0.15	0.00
4	-24.68	-1.45	-0.29	47.12	-9.42	0.03
5	-26.57	84.02	16.80	-67.21	-5.31	-0.06
6	-121.96	147.51	29.50	57.68	-11.54	0.08



Lk	N _{Ed} kN	M _{y,Ed} kNm	V _{z,Ed} kN	M _{z,Ed} kNm	V _{y,Ed} kN	M _{x,Ed} kNm
7	-25.61	3.94	0.79	48.40	-9.68	0.04

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 !

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 _{ct}	U _w	U
1	0.486	0.486	0.472	0.311	---	0.134	0.316	0.647	0.003	0.150	0.301	0.455	0.647
2	0.687	0.687	0.513	0.339	0.180	0.180	0.334	0.690	0.010	0.161	0.301	0.677	0.690
3	0.358	0.358	0.267	0.306	---	0.133	0.309	0.646	0.005	0.014	0.301	0.265	0.646
4	0.297	0.297	0.271	0.192	---	0.133	0.309	0.636	0.004	0.105	0.301	0.274	0.636
5	0.664	0.664	0.507	0.320	0.170	0.170	0.332	0.684	0.007	0.157	0.301	0.608	0.684
6	0.766	0.766	0.438	0.511	0.360	0.284	0.335	0.697	0.013	0.152	0.301	0.754	0.766*
7	0.308	0.308	0.283	0.197	---	0.133	0.309	0.636	0.004	0.108	0.301	0.288	0.636

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_{ct}: c/t-Ausnutzung des Trägers; U_w: Ausnutzung der Schweißnähte

U: Gesamtausnutzung

*) maximale Ausnutzung

2. Endergebnis

Maximale Ausnutzung der Stirnplatte aus 7 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
876	258.3	257.6	0.122	0.00	47.30	75.77	15.83	-361.50	-116.27	0.766

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

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

Maximale Ausnutzung der Schrauben aus 7 Lk: max U_s mit Zugehörigen

	x mm	y mm	F _t kN	U _{wt}	U _{vt}	U _b	U _s
1	60.0	80.0	353.18	0.133	0.672	0.013	0.672
2	250.0	80.0	353.18	0.133	0.669	0.012	0.669
3	60.0	260.0	370.72	0.148	0.688	0.009	0.688
4	250.0	260.0	383.45	0.284	0.697	0.005	0.697

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 6]

max U_p = 0.766 < 1 ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Lk 6]

max U_{wt,s} = 0.284 < 1 ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben [Lk 6]

max U_s = 0.697 < 1 ok

Maximale Ausnutzung des Trägers [Lk 1]

max (U_q,U_{ct}) = 0.301 < 1 ok

Maximale Ausnutzung der Schweißnähte [Lk 6]

max U_w = 0.754 < 1 ok

Maximale Ausnutzung [Lk 6]

max U = 0.766 < 1 ok

Nachweis erbracht

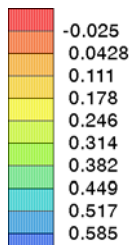
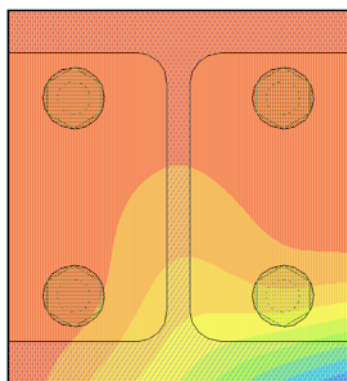
3. Lk 6 (maßgebend)

3.1. Stirnplatte

Bemessungsgrößen: N = -121.96 kN, M_y = 147.51 kNm, M_z = 57.68 kNm

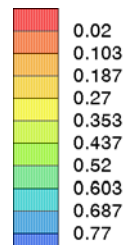
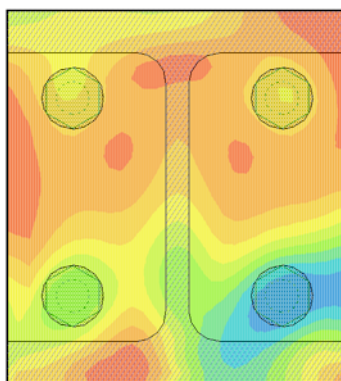
Verformungen u_z [mm]

min $u_z = -0.0254$ mm, max $u_z = 0.5808$ mm



Ausnutzung der Stirnplatte U_p

min $U_p = 0.020$, max $U_p = 0.766$



Verformungen abhebend positiv

Ausnutzung der Stirnplatte

Kno	x mm	y mm	u_z mm	U_p
876	258.3	257.6	0.122	0.766
1054	310.0	340.0	0.581	0.160

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

Ausnutzung der Schrauben

	x mm	y mm	w_t mm	F_t kN	ε_{wt} %	U_{wt}
1	60.0	80.0	-0.000	353.18	0.300	0.133
2	250.0	80.0	-0.000	353.18	0.300	0.133
3	60.0	260.0	0.013	370.72	0.333	0.148
4	250.0	260.0	0.135	383.45	0.638	0.284

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

Ausnutzung der Stirnplatte [Kno 876] $U_{max} = 0.766 < 1$ ok

Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 4] $U_{s,max} = 0.284 < 1$ ok

minimale plastische Ausnutzung der Verbindung $U_{pl,min} = 0.511 < 1$ ok

plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,t,s} = 0.360 < 1$ ok

3.2. Schrauben

Bemessungsgrößen: min $F_t = 353.18$ kN, max $F_t = 383.45$ kN, $V_z = 29.50$ kN, $V_y = -11.54$ kN,
 $M_x = 0.08$ kNm

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	$U_{tp,1} = 0.309$	$U_{vt,1} = 0.672$	$U_{b,1} = 0.013$	$U_1 = 0.672$
Schraube 2	$U_{tp,2} = 0.309$	$U_{vt,2} = 0.669$	$U_{b,2} = 0.012$	$U_2 = 0.669$
Schraube 3	$U_{tp,3} = 0.324$	$U_{vt,3} = 0.688$	$U_{b,3} = 0.009$	$U_3 = 0.688$
Schraube 4	$U_{tp,4} = 0.335$	$U_{vt,4} = 0.697$	$U_{b,4} = 0.005$	$U_4 = 0.697$
Gesamt:	$U_{tp} = 0.335$	$U_{vt} = 0.697$	$U_b = 0.013$	$U = 0.697 < 1$ ok

In der Ausnutzung der Schrauben U_{max} ist die minimale plastische Ausnutzung der Verbindung $U_{pl,min} = 0.511$ sowie die plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,t,s} = 0.360$ enthalten.

Ausnutzung der Schrauben $U_{max} = 0.697 < 1$ ok

3.3. Träger

plastischer Spannungsnachweis für $N_{Ed} = -121.96$ kN, $M_{y,Ed} = 147.51$ kNm, $V_{z,Ed} = 29.50$ kN, $M_{z,Ed} = 57.68$ kNm
 $V_{y,Ed} = -11.54$ kN, $T_{t,Ed} = 0.08$ kNm

Q-Klasse des Profils $1 \leq 2$ ok

Schubbeulen: $h_p/t_p = 12.48 \leq 72 \cdot \varepsilon/\eta = 60.00$ ok

plastische Kenngrößen: $N_{pl,Rd} = A \cdot f_y/\gamma_{M0} = 7122.33$ kN, $M_{pl,y,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_y/\gamma_{M0} = 958.12$ kNm

$V_{pl,z,Rd} = A_{vz} \cdot f_y/(31/2 \cdot \gamma_{M0}) = 1228.26$ kN, $M_{pl,z,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_y/\gamma_{M0} = 449.41$ kNm, $V_{pl,y,Rd} = A_{vy} \cdot f_y/(31/2 \cdot \gamma_{M0}) = 3280.68$ kN

Torsion

$\tau_{t,Ed} = I T_{t,Ed}/\min W_t = 0.25$ N/mm²

Nachweis: $\tau_{t,Ed}/\tau_{Rd} = 0.002 < 1$ ok

Querkraft und Torsion

Abminderung V_z : $f_{t,z} = (1 - \tau_{t,z,Ed}/(1.25 \cdot \tau_{Rd}))^{1/2} = 1.000 \Rightarrow V_{pl,T,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} \cdot f_{t,z} = 1227.77$ kNm

Abminderung V_y : $f_{t,y} = (1 - \tau_{t,y,Ed}/\tau_{Rd})^{1/2} = 0.999 \Rightarrow V_{pl,T,y,Rd} = V_{pl,y,Rd} \cdot f_{t,y} = 3277.67$ kNm

Querkraft

Nachweis: $|V_{z,Ed}/V_{pl,T,z,Rd}| = 0.024 < 1$ ok

Nachweis: $|V_{y,Ed}/V_{pl,T,y,Rd}| = 0.004 < 1$ ok

Abminderungsfaktoren:

Steg: $0.5 \cdot V_{pl,T,z,Rd} = 613.89 \text{ kN} > |V_{z,Ed}| = 29.50 \text{ kN}$: $\rho_z = 0$ (keine Abminderung)

Flansche: $0.5 \cdot V_{pl,T,y,Rd} = 1638.83 \text{ kN} > |V_{y,Ed}| = 11.54 \text{ kN}$: $\rho_y = 0$ (keine Abminderung)

Normalkraft

Nachweis: $|N_{Ed}/N_{pl,Rd}| = 0.017 < 1$ ok

Biegung und Normalkraft

Abminderung M_y : $M_{pl,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \cdot f_{N,y} = 958.12 \text{ kNm}$, $f_{N,y} = 1.000$

Abminderung M_z : $M_{pl,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} \cdot f_{N,z} = 449.41 \text{ kNm}$, $f_{N,z} = 1.000$

Biegung

Nachweis: $(|M_{y,Ed}/M_{pl,y,Rd}|)^\alpha + (|M_{z,Ed}/M_{pl,z,Rd}|)^\beta = 0.024 + 0.128 = 0.152 < 1$ ok

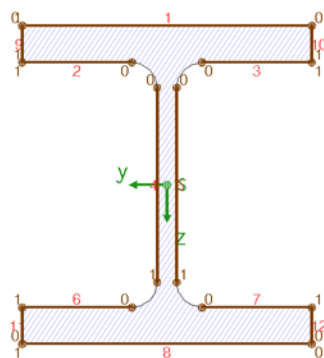
mit $\alpha = 2.00$, $\beta = 1.00 = 5 \cdot n \geq 1$

c/t-Nachweis: Ausnutzung $U_{c/t} = 0.301 < 1$ ok

Ausnutzung des Trägers $\max(U_\sigma, U_{c/t}) = 0.301 < 1$ ok

3.4. Schweißnähte

Bemessungsgrößen: $N = -121.96 \text{ kN}$, $M_y = 147.51 \text{ kNm}$, $V_z = 29.50 \text{ kN}$, $M_z = 57.68 \text{ kNm}$,
 $V_y = -11.54 \text{ kN}$, $M_x = 0.08 \text{ kNm}$



Naht 1:	$a_w = 8.0 \text{ mm}$	$l_w = 310.0 \text{ mm}$
Naht 2:	$a_w = 8.0 \text{ mm}$	$l_w = 117.5 \text{ mm}$
Naht 3:	$a_w = 8.0 \text{ mm}$	$l_w = 117.5 \text{ mm}$
Naht 4:	$a_w = 8.0 \text{ mm}$	$l_w = 208.0 \text{ mm}$
Naht 5:	$a_w = 8.0 \text{ mm}$	$l_w = 208.0 \text{ mm}$
Naht 6:	$a_w = 8.0 \text{ mm}$	$l_w = 117.5 \text{ mm}$
Naht 7:	$a_w = 8.0 \text{ mm}$	$l_w = 117.5 \text{ mm}$
Naht 8:	$a_w = 8.0 \text{ mm}$	$l_w = 310.0 \text{ mm}$
Naht 9:	$a_w = 8.0 \text{ mm}$	$l_w = 39.0 \text{ mm}$
Naht 10:	$a_w = 8.0 \text{ mm}$	$l_w = 39.0 \text{ mm}$
Naht 11:	$a_w = 8.0 \text{ mm}$	$l_w = 39.0 \text{ mm}$
Naht 12:	$a_w = 8.0 \text{ mm}$	$l_w = 39.0 \text{ mm}$

Max: $\sigma_{1,w,Ed} = 271.56 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 360.00 \text{ N/mm}^2$,
 $\sigma_{2,w,Ed} = 135.77 \text{ N/mm}^2 < f_{2w,d} = 259.20 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.754 < 1$ ok

Ausnutzung der Schweißnähte $U_{\max} = 0.754 < 1$ ok

3.5. Gesamt

Ausnutzung Lk 6 $U_{\max} = 0.766 < 1$ 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