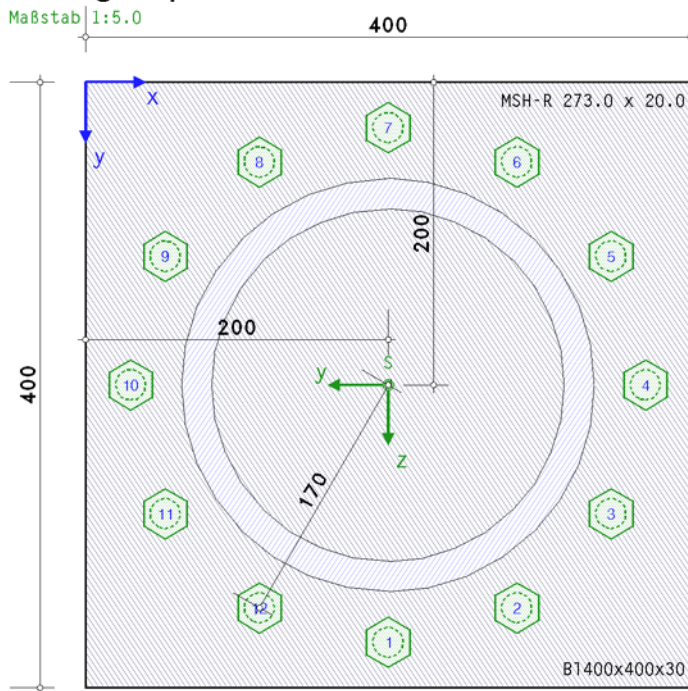


POS. 6: MSH

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

1. Eingabeprotokoll



Stahlsorte

Stahlgüte S355

Schrauben

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M20, normale Schlüsselweite

Gewinde in der Scherfuge

Verbindung

Stirnplatte (rechteckig): Dicke $t_p = 30.0$ mm, Breite $b_p = 400.0$ mm, Länge $l_p = 400.0$ mm

Träger: Profil MSH-R 273.0 x 20.0

Träger-Stirnplatte: umlaufende Stumpfnaht (durchgeschweißt)

Trägerprofil mittig auf der Stirnplatte (Trägerschwerpunkt in Plattenmitte)

Koordinaten des Trägerschwerpunkts auf der Stirnplatte $x_s = 200.0$ mm, $y_s = 200.0$ mm

Schrauben:

kreisförmige Anordnung von 12 Schrauben im Radius $r = 170.0$ mm um den Trägerschwerpunkt

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 $c_f = 6528.0$ kN/cm

plastische Grenzkraft $F_{t,f} = f_{t,f} \cdot F_{t,Rd} = 167.4$ kN, $f_{t,f} = 0.950$, $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 176.26$ kN, $k_2 = 0.90$

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

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

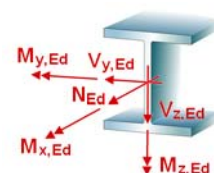
rechnerischer Bettungsmodul der Stirnplatte $c_b = 7000.0$ kN/cm³

Anzahl / Größe der finiten Elemente je Richtung $n_x / \Delta x = 53 / 7.5$ mm, $n_y / \Delta y = 53 / 7.5$ 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	-169.42	-183.86	-36.77	91.74	-18.35	50.10
2	60.30	22.74	4.55	-184.49	18.15	-83.61
3	-143.32	-138.74	-27.75	127.81	-25.56	63.40
4	23.41	-40.87	-8.17	-182.80	17.81	-87.44
5	-106.43	-75.13	-15.03	126.12	-25.22	67.22
6	-168.10	-175.68	-35.14	89.63	-17.93	54.78
7	59.38	17.02	3.40	-183.00	17.85	-86.89



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	$U_{c/t}$	U_w	U
1	0.660	0.660	0.266	0.392	0.854	0.509	0.240	0.724	0.106	0.455	0.295	0.536	0.854
2	0.647	0.647	0.228	0.514	0.893	0.566	0.240	1.005	0.207	0.410	0.295	0.492	1.005!
3	0.582	0.582	0.253	0.288	0.744	0.340	0.240	0.752	0.122	0.417	0.295	0.498	0.752
4	0.636	0.636	0.233	0.491	0.840	0.490	0.240	1.033	0.231	0.413	0.295	0.494	1.033!
5	0.441	0.441	0.187	0.274	0.562	0.193	0.221	0.713	0.117	0.324	0.295	0.399	0.713
6	0.622	0.622	0.255	0.372	0.803	0.411	0.240	0.732	0.110	0.436	0.295	0.518	0.803
7	0.640	0.640	0.225	0.510	0.880	0.518	0.240	1.037	0.210	0.406	0.295	0.490	1.037*

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; $U_{c/t}$: 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
1848	256.6	83.0	0.496	0.00	-45.93	-55.30	7.10	89.63	-135.19	0.660

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 7 Lk: max U_s mit Zugehörigen

	x mm	y mm	F_t kN	U_{wt}	U_{vt}	U_b	U_s
1	200.0	370.0	60.86	0.069	1.037	0.187	1.037 > 1
2	285.0	347.2	5.19	0.006	0.949	0.129	0.949
3	347.2	285.0	69.21	0.079	0.752	0.066	0.752
4	370.0	200.0	142.09	0.176	0.743	0.037	0.743
5	347.2	115.0	167.44	0.328	0.724	0.007	0.724
6	285.0	52.8	13.73	0.016	0.933	0.122	0.933
7	200.0	30.0	34.20	0.039	1.012	0.210	1.012 > 1
8	115.0	52.8	142.86	0.172	0.827	0.040	0.827
9	52.8	115.0	167.44	0.486	0.754	0.011	0.754
10	30.0	200.0	167.44	0.518	0.755	0.017	0.755
11	52.8	285.0	167.44	0.453	0.754	0.011	0.754
12	115.0	347.2	116.31	0.133	0.912	0.071	0.912

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]

max $U_p = 0.660 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Lk 2]

max $U_{wt,s} = 0.566 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben [Lk 7]

max $U_s = 1.037 > 1$ nicht ok !!

Maximale Ausnutzung des Trägers [Lk 1]

max $(U_q, U_{c/t}) = 0.455 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung der Schweißnähte [Lk 1]

max $U_w = 0.536 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung [Lk 7]

max $U = 1.037 > 1$ nicht ok !!

Tragfähigkeit nicht gewährleistet !!

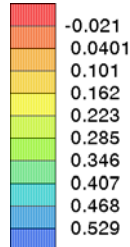
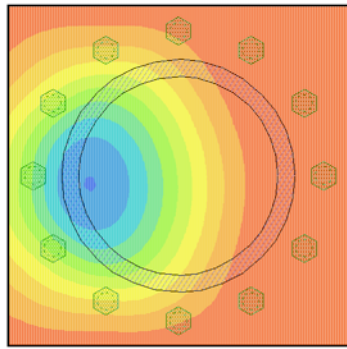
3. Lk 7 (maßgebend)

3.1. Stirnplatte

Bemessungsgrößen: $N = 59.38$ kN, $M_y = 17.02$ kNm, $M_z = -183.00$ kNm

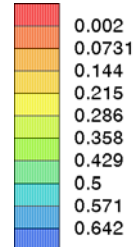
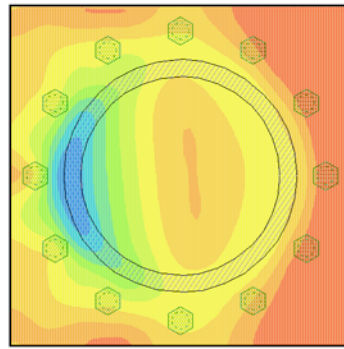
Verformungen u_z [mm]

min $u_z = -0.0212$ mm, max $u_z = 0.5307$ mm



Ausnutzung der Stirnplatte U_p

min $U_p = 0.001$, max $U_p = 0.640$



Verformungen abhebend positiv

Ausnutzung der Stirnplatte

Kno	x mm	y mm	u_z mm	U_p
514	67.9	203.8	0.498	0.640
730	98.1	203.8	0.530	0.498

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	200.0	370.0	0.047	60.86	0.155	0.069
2	285.0	347.2	0.004	5.19	0.013	0.006
3	347.2	285.0	-0.002	0.37	0.000	---
4	370.0	200.0	0.001	2.70	0.004	0.002
5	347.2	115.0	-0.000	1.39	0.000	---
6	285.0	52.8	-0.002	0.01	0.000	---
7	200.0	30.0	0.026	34.20	0.087	0.039
8	115.0	52.8	0.116	142.86	0.387	0.172
9	52.8	115.0	0.257	167.44	0.858	0.381
10	30.0	200.0	0.349	167.44	1.165	0.518
11	52.8	285.0	0.306	167.44	1.019	0.453
12	115.0	347.2	0.157	163.80	0.523	0.232

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

Ausnutzung der Stirnplatte [Kno 514] $U_{max} = 0.640 < 1$ ok

Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 10] $U_{s,max} = 0.518 < 1$ ok

minimale plastische Ausnutzung der Verbindung $U_{pl,min} = 0.510 < 1$ ok

plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,t,s} = 0.880 < 1$ ok

3.2. Schrauben

Bemessungsgrößen: min $F_t = 0.01$ kN, max $F_t = 167.44$ kN, $V_z = 3.40$ kN, $V_y = 17.85$ kN,
 $M_x = -86.89$ 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	$U_{tp,1} = 0.087$	$U_{vt,1} = 1.037$	$U_{b,1} = 0.187$	$U_1 = 1.037$
Schraube 2	$U_{tp,2} = 0.007$	$U_{vt,2} = 0.949$	$U_{b,2} = 0.129$	$U_2 = 0.949$
Schraube 3	$U_{tp,3} = 0.001$	$U_{vt,3} = 0.693$	$U_{b,3} = 0.113$	$U_3 = 0.693$
Schraube 4	$U_{tp,4} = 0.004$	$U_{vt,4} = 0.522$	$U_{b,4} = 0.113$	$U_4 = 0.522$
Schraube 5	$U_{tp,5} = 0.002$	$U_{vt,5} = 0.584$	$U_{b,5} = 0.092$	$U_5 = 0.584$
Schraube 6	$U_{tp,6} = 0.000$	$U_{vt,6} = 0.819$	$U_{b,6} = 0.114$	$U_6 = 0.819$
Schraube 7	$U_{tp,7} = 0.049$	$U_{vt,7} = 1.012$	$U_{b,7} = 0.210$	$U_7 = 1.012$
Schraube 8	$U_{tp,8} = 0.205$	$U_{vt,8} = 0.827$	$U_{b,8} = 0.040$	$U_8 = 0.827$
Schraube 9	$U_{tp,9} = 0.240$	$U_{vt,9} = 0.752$	$U_{b,9} = 0.010$	$U_9 = 0.752$
Schraube 10	$U_{tp,10} = 0.240$	$U_{vt,10} = 0.755$	$U_{b,10} = 0.017$	$U_{10} = 0.755$
Schraube 11	$U_{tp,11} = 0.240$	$U_{vt,11} = 0.754$	$U_{b,11} = 0.011$	$U_{11} = 0.754$
Schraube 12	$U_{tp,12} = 0.235$	$U_{vt,12} = 0.763$	$U_{b,12} = 0.016$	$U_{12} = 0.763$
Gesamt:	$U_{tp} = 0.240$	$U_{vt} = 1.037$	$U_b = 0.210$	$U = 1.037 > 1$ nicht ok !!

In der Ausnutzung der Schrauben U_{max} ist die minimale plastische Ausnutzung der Verbindung $U_{pl,min} = 0.510$ sowie die plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,s} = 0.880$ enthalten.

Ausnutzung der Schrauben $U_{max} = 1.037 > 1$ nicht ok !!

3.3. Träger

Kreis-Hohlprofil: $V = (V_y^2 + V_z^2)^{1/2} = 18.17 \text{ kN}$, $M = (M_y^2 + M_z^2)^{1/2} = 183.79 \text{ kNm}$

plastischer Spannungsnachweis für $N_{Ed} = 59.38 \text{ kN}$, $M_{Ed} = 183.79 \text{ kNm}$, $V_{Ed} = 18.17 \text{ kN}$, $T_{t,Ed} = -86.89 \text{ kNm}$

plastische Kenngrößen: $N_{pl,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{M0} = 5643.24 \text{ kN}$, $M_{pl,Rd} = W_{pl} \cdot f_y / \gamma_{M0} = 453.10 \text{ kNm}$

$V_{pl,Rd} = A_v \cdot f_y / (3^{1/2} \cdot \gamma_{M0}) = 2074.19 \text{ kN}$

Torsion

$\tau_{t,Ed} = |T_{t,Ed}| / W_t = 43.21 \text{ N/mm}^2$

Nachweis: $\tau_{t,Ed} / \tau_{Rd} = 0.211 < 1$ **ok**

Querkraft und Torsion

Abminderung: $V_{pl,T,Rd} = V_{pl,Rd} \cdot f_T = 1636.93 \text{ kNm}$

Querkraft

Nachweis: $V_{Ed} / V_{pl,T,Rd} = 0.011 < 1$ **ok**

Abminderungsfaktor für $0.5 \cdot V_{pl,T,Rd} = 818.46 \text{ kN} > V_{Ed} = 18.17 \text{ kN}$: $\rho = 0$ (keine Abminderung)

Normalkraft

Nachweis: $|N_{Ed}| / N_{pl,Rd} = 0.011 < 1$ **ok**

Biegung und Normalkraft

Abminderung M_y : $M_{pl,N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} \cdot f_{N,y} = 452.90 \text{ kNm}$, $f_{N,y} = 1.000$

Biegung

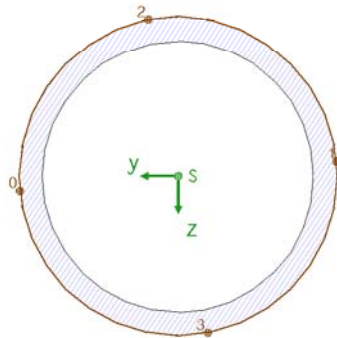
Nachweis: $|M_{y,Ed}| / M_{pl,N,y,Rd} = 0.406 < 1$ **ok**

c/t-Nachweis: Ausnutzung $U_{c/t} = 0.295 < 1$ **ok**

Ausnutzung des Trägers $\max(U_{\sigma}, U_{c/t}) = 0.406 < 1$ **ok**

3.4. Schweißnähte

Bemessungsgrößen: $N = 59.38 \text{ kN}$, $M_y = 17.02 \text{ kNm}$, $V_z = 3.40 \text{ kN}$, $M_z = -183.00 \text{ kNm}$,
 $V_y = 17.85 \text{ kN}$, $M_x = -86.89 \text{ kNm}$



Naht 1: $a_w = 20.0 \text{ mm}$ $l_w = 857.7 \text{ mm}$

Max: $F_{w,Ed} = 3454.40 \text{ kN/m} < F_{w,Rd} = 7056.00 \text{ kN/m} \Rightarrow U_w = 0.490 < 1$ **ok**

Ausnutzung der Schweißnähte $U_{\max} = 0.490 < 1$ **ok**

3.5. Gesamt

Ausnutzung Lk 7 $U_{\max} = 1.037 > 1$ **nicht 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