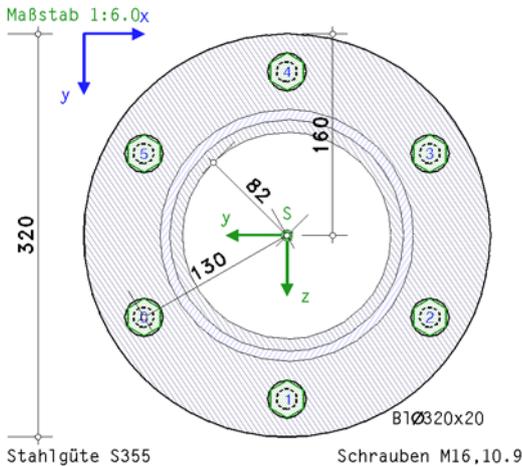


POS. 14: KREISPLATTE ROHRPROFIL MIT LOCH

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

4H-EC3FS Version: 2/2025-1b

1. Eingabeprotokoll



Stahlsorte

Stahlgüte S355

Schrauben

Die Schrauben sind mit der Kraft $F_{p,C} = 98.9$ kN vorzuspannen !!

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M16

große Schlüsselweite (HV-Schraube), vorgespannt (zur Info: Regelvorspannkraft $F_{p,C}^* = 0.7 \cdot f_{yb} \cdot A_s = 98.9$ kN)

Gewinde in der Scherfuge

Verbindung

Stirnplatte (rund): Dicke $t_p = 20.0$ mm, Durchmesser $\varnothing_p = 320.0$ mm

Träger: Profilparameter (Rohr):

$d = 200.0$ mm, $t = 8.0$ mm, warmgefertigt

Stirnplatte im Inneren des Hohlprofils ausschneiden

Träger-Stirnplatte: umlaufende Kehlnaht, Nahtdicke $a = 10.0$ mm

Trägerprofil mittig auf der Stirnplatte (Trägerschwerpunkt in Plattenmitte)

Koordinaten des Trägerschwerpunkts auf der Stirnplatte $x_s = 160.0$ mm, $y_s = 160.0$ mm

Schrauben:

kreisförmige Anordnung von 6 Schrauben im Radius $r = 130.0$ mm um den Trägerschwerpunkt

Berechnung

Nachweisführung:

Schnittgrößenermittlung (FEM) und Tragfähigkeitsnachweise plastisch

Kontaktpressungen nachweisen

Nachweis der Schrauben, die Abstände werden überprüft

FEM-Berechnung:

plastische Berechnung der Stirnplatte:

plastische Grenzspannung $f_{y,pl} = f_{y,f} \cdot f_{yd} = 337.3$ N/mm², $f_{y,f} = 0.950$, $f_{yd} = 355.0$ N/mm²

max. Randdehnung $\max \epsilon_{pl} = 50\%$

plastische Berechnung der Schrauben:

Federkonstante der Schrauben $c_f = 5541.2$ kN/cm

plastische Grenzkraft $F_{t,f} = f_{t,f} \cdot F_{t,Rd} = 107.4$ kN, $f_{t,f} = 0.950$, $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 113.04$ 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 $F_{p,C} = 98.9$ kN < $F_{t,f}$ ok

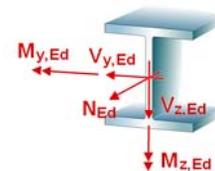
rechnerischer Bettungsmodul der Stirnplatte $c_b = 10500.0$ kN/cm³

Anzahl / Größe der finiten Elemente je Richtung $n_x / \Delta x = 43 / 7.4$ mm, $n_y / \Delta y = 43 / 7.4$ 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	
1	-30.59	-17.62	-10.10	17.81	-14.93	Import Lk 1
2	8.14	0.91	26.78	0.19	-0.10	Import Lk 2
3	-26.48	-13.44	-7.36	25.35	-22.49	Import Lk 3
4	4.28	-0.25	15.67	0.13	-0.07	Import Lk 4
5	-25.83	-18.15	-10.20	4.62	-2.54	Import Lk 5
6	8.11	2.52	27.17	0.17	-0.09	Import Lk 6
7	-12.99	-11.48	9.05	3.27	-1.80	Import Lk 7
8	-6.04	-2.89	-0.91	13.41	-12.51	Import Lk 8
9	-25.81	-18.16	-10.15	4.64	-2.55	Import Lk 9
10	-30.56	-18.15	-10.20	17.84	-14.94	Import Lk 10
11	-25.83	-16.56	-9.76	4.62	-2.54	Import Lk 11



Lk	N _{Ed} kN	M _{y,Ed} kNm	V _{z,Ed} kN	M _{z,Ed} kNm	V _{y,Ed} kN	
12	-30.56	-16.56	-9.76	17.84	-14.94	Import Lk 12
13	-76.89	20.23	-5.06	-7.70	-1.92	Import Lk 17
14	-3.62	0.73	-0.18	-0.28	-0.07	Import Lk 19

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 !

FEM: Der Schraubenabstand vom freien Blechrand ist zu gering (min e = 29.3 mm < 30.0 mm).

Die Genauigkeit der Ergebnisse kann nicht gewährleistet werden !!

Ausnutzungen

In der Ausnutzung der Schrauben aus Zug $U_{t,s}$ ist die minimale plastische Ausnutzung der Verbindung U_{pl} sowie die plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,t,s}$ enthalten.

Lk	U _p	U _σ	U _b	U _{pl,s}	U _{pl,t,s}	U _{wt,s}	U _{t,s}	U _{vt,s}	U _{b,s}	U
1	0.382	0.382	0.208	0.132	0.211	0.211	0.257	0.702	0.015	0.702
2	0.167	0.109	0.167	0.023	---	0.133	0.237	0.696	0.026	0.696
3	0.509	0.509	0.206	0.216	0.346	0.294	0.257	0.713	0.019	0.713*
4	0.167	0.106	0.167	0.010	---	0.133	0.237	0.667	0.015	0.667
5	0.299	0.299	0.171	0.143	0.148	0.148	0.247	0.674	0.011	0.674
6	0.168	0.117	0.168	0.039	---	0.133	0.237	0.697	0.026	0.697
7	0.213	0.213	0.168	0.096	---	0.133	0.238	0.653	0.009	0.653
8	0.247	0.247	0.169	0.127	---	0.133	0.240	0.665	0.008	0.665
9	0.300	0.300	0.171	0.143	0.148	0.148	0.247	0.674	0.011	0.674
10	0.395	0.395	0.217	0.135	0.217	0.217	0.257	0.702	0.015	0.702
11	0.279	0.279	0.170	0.127	0.140	0.140	0.244	0.667	0.010	0.667
12	0.360	0.360	0.191	0.132	0.201	0.201	0.256	0.701	0.014	0.701
13	0.293	0.293	0.171	0.081	0.145	0.145	0.246	0.661	0.005	0.661
14	0.167	0.106	0.167	0.001	---	0.133	0.237	0.626	---	0.626

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

U_{pl,s}: minimale plast. Ausnutzung der Verbindung; U_{pl,t,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: Gesamtausnutzung

*) maximale Ausnutzung

2. Endergebnis

Maximale Ausnutzung der Stirnplatte aus 14 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
1384	230.7	141.4	0.351	0.00	1.19	-11.41	-2.95	134.72	1431.34	0.509

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 14 Lk: max U_s mit Zugehörigen

	x mm	y mm	F _t kN	U _{wt}	U _{vt}	U _b	U _s
1	160.0	290.0	98.91	0.133	0.706	0.018	0.706
2	272.6	225.0	105.60	0.172	0.710	0.010	0.710
3	272.6	95.0	107.39	0.294	0.712	0.008	0.712
4	160.0	30.0	104.85	0.162	0.713	0.011	0.713
5	47.4	95.0	98.91	0.133	0.711	0.019	0.711
6	47.4	225.0	98.91	0.133	0.708	0.019	0.708

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 3]

max U_p = 0.509 < 1 ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Lk 3]

max U_{wt,s} = 0.294 < 1 ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben [Lk 3]

max U_s = 0.713 < 1 ok

Maximale Ausnutzung [Lk 3]

max U = 0.713 < 1 ok

Nachweis erbracht

3. 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 1993-1-1:2005 + AC:2009, Ausgabe Dezember 2010

EN 1993-1-1/A1, Ergänzungen zur EN 1993-1-1, Ausgabe Juli 2014

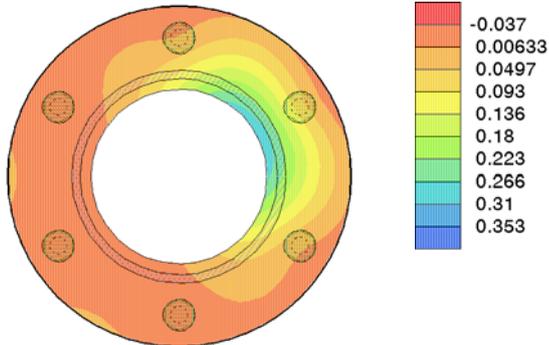
4. Lk 3 (maßgebend)

4.1. Stirnplatte

Bemessungsgrößen: $N = -26.48 \text{ kN}$, $M_y = -13.44 \text{ kNm}$, $M_z = 25.35 \text{ kNm}$

Verformungen u_z [mm]

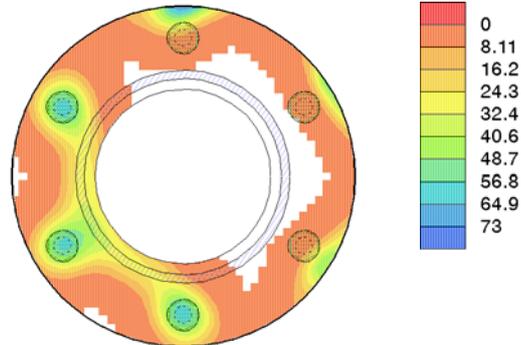
min $u_z = -0.0369 \text{ mm}$, max $u_z = 0.3508 \text{ mm}$



Verformungen abhebend positiv

Kontaktpressungen b_z [N/mm²]

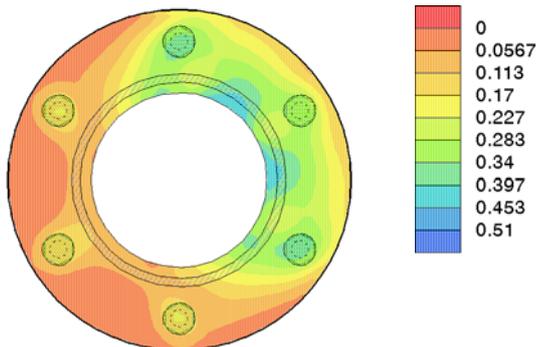
min $b_z = 0.00 \text{ N/mm}^2$, max $b_z = 73.00 \text{ N/mm}^2$



Kontaktpressungen Druck positiv

Ausnutzung der Stirnplatte U_p

min $U_p = 0.000$, max $U_p = 0.509$



Ausnutzung der Stirnplatte

Kno	x mm	y mm	u_z mm	b_z N/mm ²	U_p
969	163.7	0.0	-0.009	73.00	0.206
1384	230.7	141.4	0.351	0.00	0.509

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	160.0	290.0	-0.000	98.91	0.300	0.133
2	272.6	225.0	0.017	105.60	0.387	0.172
3	272.6	95.0	0.072	107.39	0.662	0.294
4	160.0	30.0	0.013	104.85	0.365	0.162
5	47.4	95.0	-0.000	98.91	0.300	0.133
6	47.4	225.0	-0.000	98.91	0.300	0.133

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

Ausnutzung der Stirnplatte [Kno 1384] $U_{max} = 0.509 < 1$ ok

Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 3] $U_{s,max} = 0.294 < 1$ ok

minimale plastische Ausnutzung der Schrauben $U_{pl,s,min} = 0.216 < 1$ ok

plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,t,s} = 0.346 < 1$ ok

4.2. Schrauben

Bemessungsgrößen: $\min F_t = 98.91 \text{ kN}$, $\max F_t = 107.39 \text{ kN}$, $V_z = -7.36 \text{ kN}$, $V_y = -22.49 \text{ kN}$

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	$U_{tp,1} = 0.237$	$U_{vt,1} = 0.706$	$U_{b,1} = 0.018$	$U_1 = 0.706$
Schraube 2	$U_{tp,2} = 0.253$	$U_{vt,2} = 0.710$	$U_{b,2} = 0.010$	$U_2 = 0.710$
Schraube 3	$U_{tp,3} = 0.257$	$U_{vt,3} = 0.712$	$U_{b,3} = 0.008$	$U_3 = 0.712$
Schraube 4	$U_{tp,4} = 0.251$	$U_{vt,4} = 0.713$	$U_{b,4} = 0.011$	$U_4 = 0.713$
Schraube 5	$U_{tp,5} = 0.237$	$U_{vt,5} = 0.711$	$U_{b,5} = 0.019$	$U_5 = 0.711$
Schraube 6	$U_{tp,6} = 0.237$	$U_{vt,6} = 0.708$	$U_{b,6} = 0.019$	$U_6 = 0.708$
Gesamt:	$U_{tp} = 0.257$	$U_{vt} = 0.713$	$U_b = 0.019$	$U = 0.713 < 1$ ok

In der Ausnutzung der Schrauben $\max U_s$ ist die minimale plastische Ausnutzung der Schrauben $\min U_{pl,s} = 0.216$ sowie die plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,t,s} = 0.346$ enthalten.

Ausnutzung der Schrauben $U_{\max} = 0.713 < 1$ ok

4.3. Gesamt

Ausnutzung Lk 3 $U_{\max} = 0.713 < 1$ ok