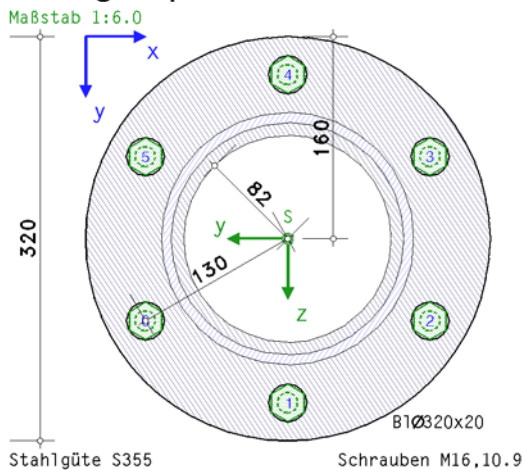


POS. 11: KREISPLATTE ROHRPROFIL

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

1. Eingabeprotokoll



Stahlsorte

Stahlgüte S355

Schrauben

Die Schrauben sind mit der Kraft $F_{p,C} = 98.7$ kN vorzuspannen !!

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M16

große Schlüsselweite (HV-Schraube), vorgespannt (zur Info: Regelvorspannkraft $F_{p,C}^* = 0.7 \cdot f_{yb} \cdot A_s = 98.7$ 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

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 $c_f = 5448.2$ kN/cm

plastische Grenzkraft $F_{t,f} = f_{t,f} \cdot F_{t,Rd} = 107.2$ kN, $f_{t,f} = 0.950$, $F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = 112.82$ 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 $F_{p,C} = 98.7$ kN < $F_{t,f}$ ok

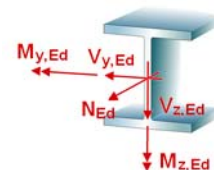
rechnerischer Bettungsmodul der Stirnplatte $c_b = 10500.0$ kN/cm³

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
12	-30.56	-16.56	-9.76	17.84	-14.94	Import Lk 12



Lk	N _{Ed} kN	M _{y,Ed} kNm	V _{z,Ed} kN	M _{z,Ed} kNm	V _{y,Ed} kN	
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 !

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
1	0.296	0.296	0.172	0.132	0.168	0.168	0.252	0.696	0.012	0.696
2	0.165	0.107	0.165	0.023	---	0.133	0.236	0.696	0.021	0.696
3	0.304	0.304	0.172	0.216	0.212	0.212	0.256	0.710	0.015	0.710*
4	0.165	0.105	0.165	0.010	---	0.133	0.236	0.667	0.012	0.667
5	0.251	0.251	0.168	0.143	0.137	0.137	0.243	0.666	0.009	0.666
6	0.166	0.113	0.166	0.039	---	0.133	0.236	0.697	0.022	0.697
7	0.182	0.182	0.167	0.096	---	0.133	0.237	0.651	0.007	0.651
8	0.209	0.209	0.167	0.127	---	0.133	0.238	0.662	0.006	0.662
9	0.251	0.251	0.168	0.144	0.137	0.137	0.243	0.666	0.009	0.666
10	0.297	0.297	0.172	0.136	0.170	0.170	0.253	0.697	0.013	0.697
11	0.233	0.233	0.168	0.127	---	0.133	0.241	0.661	0.008	0.661
12	0.293	0.293	0.172	0.132	0.163	0.163	0.251	0.695	0.012	0.695
13	0.245	0.245	0.169	0.081	---	0.135	0.242	0.653	0.004	0.653
14	0.165	0.105	0.165	0.002	---	0.133	0.236	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}: 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: 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	0.202	0.00	1.14	-6.65	-1.27	181.79	862.10	0.304

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	98.72	0.133	0.701	0.015	0.701
2	272.6	225.0	103.00	0.147	0.705	0.010	0.705
3	272.6	95.0	107.07	0.212	0.710	0.006	0.710
4	160.0	30.0	102.33	0.142	0.707	0.012	0.707
5	47.4	95.0	98.72	0.133	0.705	0.015	0.705
6	47.4	225.0	98.72	0.133	0.702	0.015	0.702

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 = 0.304 < 1 ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Lk 3]

max U_{wt,s} = 0.212 < 1 ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben [Lk 3]

max U_s = 0.710 < 1 ok

Maximale Ausnutzung [Lk 3]

max U = 0.710 < 1 ok

Nachweis erbracht

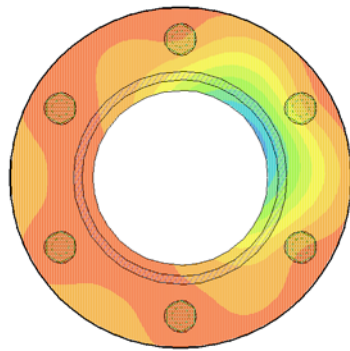
3. Lk 3 (maßgebend)

3.1. Stirnplatte

Bemessungsgrößen: N = -26.48 kN, M_y = -13.44 kNm, M_z = 25.35 kNm

Verformungen u_z [mm]

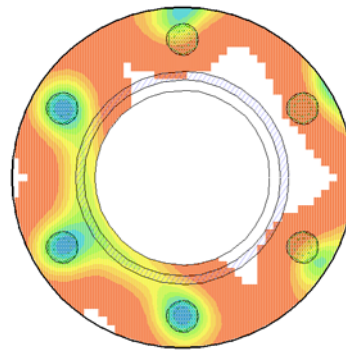
min $u_z = -0.0225$ mm, max $u_z = 0.2018$ mm



Verformungen abhebend positiv

Kontaktpressungen b_z [N/mm²]

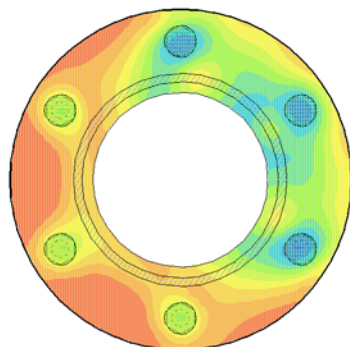
min $b_z = 0.00$ N/mm², max $b_z = 61.06$ N/mm²



Kontaktpressungen Druck positiv

Ausnutzung der Stirnplatte U_p

min $U_p = 0.000$, max $U_p = 0.304$



Ausnutzung der Stirnplatte

Kno	x mm	y mm	u_z mm	b_z N/mm ²	U_p
322	52.1	96.7	-0.007	61.06	0.172
1384	230.7	141.4	0.202	0.00	0.304

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	98.72	0.300	0.133
2	272.6	225.0	0.006	103.00	0.330	0.147
3	272.6	95.0	0.035	107.07	0.477	0.212
4	160.0	30.0	0.004	102.33	0.320	0.142
5	47.4	95.0	-0.000	98.72	0.300	0.133
6	47.4	225.0	-0.000	98.72	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] $U_{\max} = 0.304 < 1$ ok

Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 3] $U_{s,\max} = 0.212 < 1$ ok

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

plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,t,s} = 0.212 < 1$ ok

3.2. Schrauben

Bemessungsgrößen: min $F_t = 98.72$ kN, max $F_t = 107.07$ kN, $V_z = -7.36$ kN, $V_y = -22.49$ 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	$U_{tp,1} = 0.236$	$U_{vt,1} = 0.701$	$U_{b,1} = 0.015$	$U_1 = 0.701$
Schraube 2	$U_{tp,2} = 0.246$	$U_{vt,2} = 0.705$	$U_{b,2} = 0.010$	$U_2 = 0.705$
Schraube 3	$U_{tp,3} = 0.256$	$U_{vt,3} = 0.710$	$U_{b,3} = 0.006$	$U_3 = 0.710$
Schraube 4	$U_{tp,4} = 0.245$	$U_{vt,4} = 0.707$	$U_{b,4} = 0.012$	$U_4 = 0.707$
Schraube 5	$U_{tp,5} = 0.236$	$U_{vt,5} = 0.705$	$U_{b,5} = 0.015$	$U_5 = 0.705$
Schraube 6	$U_{tp,6} = 0.236$	$U_{vt,6} = 0.702$	$U_{b,6} = 0.015$	$U_6 = 0.702$
Gesamt:	$U_{tp} = 0.256$	$U_{vt} = 0.710$	$U_b = 0.015$	$U = 0.710 < 1$ ok

In der Ausnutzung der Schrauben $U_{\max}$ ist die minimale plastische Ausnutzung der Verbindung $U_{pl,\min} = 0.216$ sowie die plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,s} = 0.212$ enthalten.

Ausnutzung der Schrauben $U_{\max} = 0.710 < 1$ ok

3.3. Gesamt

Ausnutzung Lk 3 $U_{\max} = 0.710 < 1$ 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