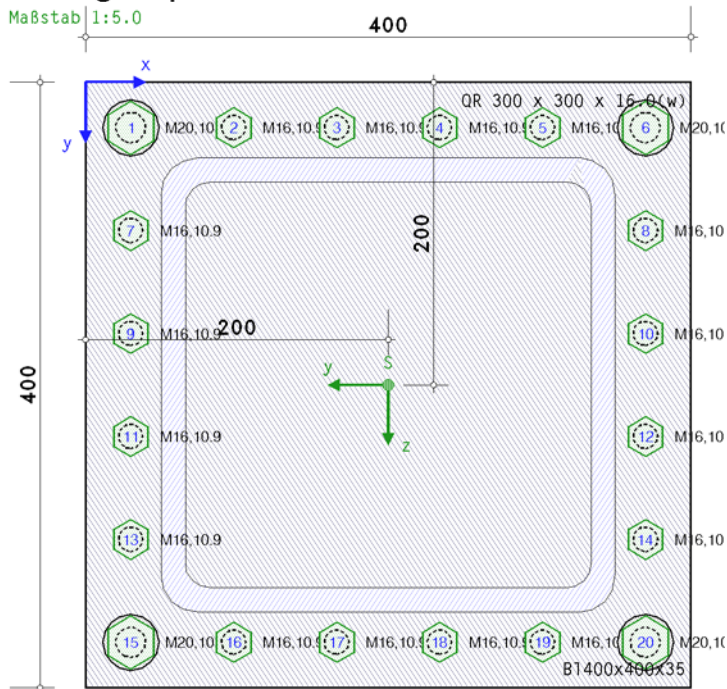


POS. 6: QUADRATROHR

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 $F_{p,C}$ vorzuspannen !!

Gewinde in der Scherfuge

--	FK	TP	Senk	Schlüss	--	FK	TP	Senk	Schlüss	--	FK	TP	Senk	Schlüss
1	10.9	M20	nein	groß	8	10.9	M16	nein	normal	15	10.9	M20	nein	groß
2	10.9	M16	nein	normal	9	10.9	M16	nein	normal	16	10.9	M16	nein	normal
3	10.9	M16	nein	normal	10	10.9	M16	nein	normal	17	10.9	M16	nein	normal
4	10.9	M16	nein	normal	11	10.9	M16	nein	normal	18	10.9	M16	nein	normal
5	10.9	M16	nein	normal	12	10.9	M16	nein	normal	19	10.9	M16	nein	normal
6	10.9	M20	nein	groß	13	10.9	M16	nein	normal	20	10.9	M20	nein	groß
7	10.9	M16	nein	normal	14	10.9	M16	nein	normal					

FK: Festigkeitsklasse; TP: Schraubengröße; Senk: Senkschraube; Schlüss: Schlüsselweite

Verbindung

Stirnplatte (rechteckig): Dicke $t_p = 35.0$ mm, Breite $b_p = 400.0$ mm, Länge $l_p = 400.0$ mm

Träger: Profil QR 300 x 300 x 16.0(w)

Träger-Stirnplatte: umlaufende Stumpfnah (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:

plastische Grenzkraft $F_{t,f} = f_{t,f} \cdot F_{t,Rd}$, $f_{t,f} = 0.950$

wirksame Bruchdehnung $\epsilon_{t,f} = f_{t,f} \cdot \epsilon_{ub}$, $f_{t,f} = 0.250$

	x mm	y mm	c _f kN/cm	F _{t,f} kN	$\epsilon_{t,f}$ %	F _{p,C} kN		x mm	y mm	c _f kN/cm	F _{t,f} kN	$\epsilon_{t,f}$ %	F _{p,C} kN
1	30.0	30.0	5577.2	167.6	2.25	154.3	11	30.0	234.0	3836.0	107.4	2.25	--
2	98.0	30.0	3836.0	107.4	2.25	--	12	370.0	234.0	3836.0	107.4	2.25	--
3	166.0	30.0	3836.0	107.4	2.25	--	13	30.0	302.0	3836.0	107.4	2.25	--
4	234.0	30.0	3836.0	107.4	2.25	--	14	370.0	302.0	3836.0	107.4	2.25	--
5	302.0	30.0	3836.0	107.4	2.25	--	15	30.0	370.0	5577.2	167.6	2.25	154.3
6	370.0	30.0	5577.2	167.6	2.25	154.3	16	98.0	370.0	3836.0	107.4	2.25	--
7	30.0	98.0	3836.0	107.4	2.25	--	17	166.0	370.0	3836.0	107.4	2.25	--
8	370.0	98.0	3836.0	107.4	2.25	--	18	234.0	370.0	3836.0	107.4	2.25	--
9	30.0	166.0	3836.0	107.4	2.25	--	19	302.0	370.0	3836.0	107.4	2.25	--
10	370.0	166.0	3836.0	107.4	2.25	--	20	370.0	370.0	5577.2	167.6	2.25	154.3

x,y: Koordinaten der Schraubenachse auf der Stirnplatte; c_f: Federsteifigkeit der Schraube (FEM); F_{t,f}: plastische Grenzkraft der Schraube (FEM)

$\epsilon_{t,f}$: wirksame Bruchdehnung der Schraube (FEM); F_{p,C} ≤ F_{t,Rk}: Vorspannkraft der Schraube (FEM)

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 richtungsbezogenen Verfahren

Nachweis der Schrauben, die Abstände werden überprüft

FEM-Berechnung:

Die Schrauben werden plastisch berechnet (α_f , $F_{t,Rk}$, $F_{t,f}$, $f_{t,f}$, $f_{t,e}$, $F_{p,c}$ s. Tabelle)

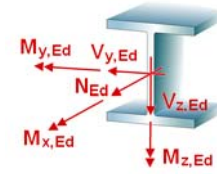
rechnerischer Bettungsmodul der Stirnplatte $c_b = 6000.0 \text{ kN/cm}^3$

Anzahl / Größe der finiten Elemente je Richtung $n_x / \Delta x = 80 / 5.0 \text{ mm}$, $n_y / \Delta y = 80 / 5.0 \text{ mm}$

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	-171.66	-199.41	-44.31	-130.93	29.10	10.62
2	33.33	6.55	1.45	103.02	-12.77	22.46
3	-160.29	-156.01	-34.67	-189.96	42.21	-13.55
4	-70.53	-30.08	-6.69	-169.52	37.67	-36.39
5	-109.35	-177.44	-39.43	32.59	-1.17	45.93



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 $e = 30.0 \text{ mm} < 37.0 \text{ mm}$).

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_q	U_{ct}	U_w	U
1	0.498	0.338	0.498	0.363	0.670	0.227	0.193	0.686	0.026	0.586	0.248	0.550	0.686
2	0.264	0.157	0.264	0.241	0.297	0.133	0.181	0.657	0.022	0.203	0.175	0.183	0.657
3	0.500	0.355	0.500	0.347	0.682	0.233	0.193	0.688	0.033	0.610	0.241	0.571	0.688
4	0.383	0.234	0.383	0.342	0.450	0.155	0.188	0.686	0.040	0.364	0.230	0.332	0.686
5	0.390	0.240	0.390	0.342	0.461	0.159	0.188	0.699	0.055	0.387	0.238	0.355	0.699*

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_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 5 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
1	0.0	0.0	-0.050	177.59	-0.89	-0.49	5.37	79.52	136.39	0.500

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 5 Lk: max U_s mit Zugehörigen

	x mm	y mm	F_t kN	U_{wt}	U_{vt}	U_b	U_s
1	30.0	30.0	167.49	0.204	0.688	0.004	0.688
2	98.0	30.0	106.96	0.206	0.684	---	0.684
3	166.0	30.0	107.39	0.227	0.686	---	0.686
4	234.0	30.0	95.94	0.159	0.665	0.007	0.665
5	302.0	30.0	70.90	0.117	0.611	0.024	0.611
6	370.0	30.0	163.03	0.150	0.699	0.014	0.699
7	30.0	98.0	107.37	0.223	0.688	0.001	0.688
8	370.0	98.0	49.66	0.082	0.558	0.037	0.558
9	30.0	166.0	107.39	0.233	0.688	0.001	0.688
10	370.0	166.0	41.95	0.069	0.504	0.031	0.504
11	30.0	234.0	85.36	0.141	0.614	0.009	0.614
12	370.0	234.0	58.25	0.096	0.436	0.008	0.436
13	30.0	302.0	51.06	0.085	0.508	0.027	0.508
14	370.0	302.0	0.01	---	0.371	0.046	0.371
15	30.0	370.0	158.58	0.136	0.682	0.015	0.682
16	98.0	370.0	25.54	0.042	0.417	0.040	0.417
17	166.0	370.0	17.71	0.029	0.352	0.032	0.352
18	234.0	370.0	2.06	0.003	0.271	0.030	0.271
19	302.0	370.0	0.00	---	0.324	0.055	0.324
20	370.0	370.0	154.35	0.133	0.677	0.019	0.677

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

Maximale Ausnutzung der Stirnplatte [Lk 3]	max U _p = 0.500 < 1 ok
Maximale Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Lk 3]	max U _{wt,s} = 0.233 < 1 ok
Maximale Ausnutzung der Schrauben [Lk 5]	max U _s = 0.699 < 1 ok
Maximale Ausnutzung des Trägers [Lk 3]	max (U _q , U _{ct}) = 0.610 < 1 ok
Maximale Ausnutzung der Schweißnähte [Lk 3]	max U _w = 0.571 < 1 ok
Maximale Ausnutzung [Lk 5]	max U = 0.699 < 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
 EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-1, Ausgabe Dezember 2018

EN 1993-1-8, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten -
 Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen;
 Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009, Ausgabe Dezember 2010
 EN 1993-1-8/NA, Nationaler Anhang zur EN 1993-1-8, Ausgabe Dezember 2010

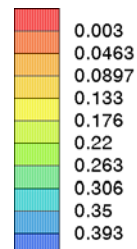
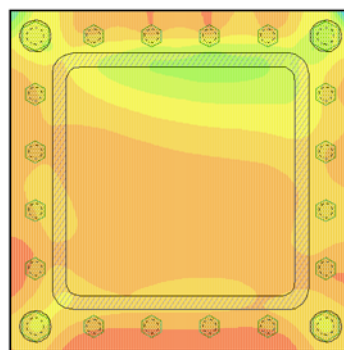
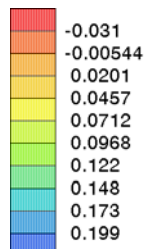
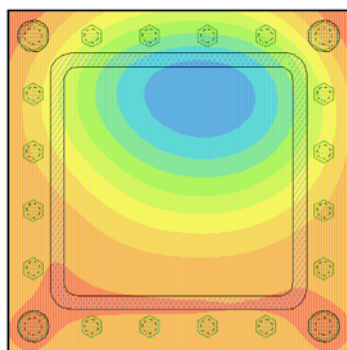
4. Lk 5 (maßgebend)

4.1. Stirnplatte

Bemessungsgrößen: N = -109.35 kN, M_y = -177.44 kNm, M_z = 32.59 kNm

Verformungen u_z [mm]
 min u_z = -0.0306 mm, max u_z = 0.1972 mm

Ausnutzung der Stirnplatte U_p
 min U_p = 0.003, max U_p = 0.390



Verformungen abhebend positiv

Ausnutzung der Stirnplatte

Kno	x mm	y mm	u _z mm	U _p
3504	215.0	100.0	0.196	0.187
6481	400.0	0.0	-0.031	0.390

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

Ausnutzung der Schrauben

	x mm	y mm	wt mm	F _t kN	ε _{wt} %	U _{wt}
1	30.0	30.0	0.002	158.67	0.306	0.136
2	98.0	30.0	0.068	52.00	0.194	0.086
3	166.0	30.0	0.114	87.33	0.325	0.145
4	234.0	30.0	0.126	95.94	0.359	0.159
5	302.0	30.0	0.092	70.90	0.264	0.117
6	370.0	30.0	0.013	163.03	0.337	0.150
7	30.0	98.0	0.033	25.36	0.094	0.042
8	370.0	98.0	0.065	49.66	0.185	0.082
9	30.0	166.0	0.022	17.01	0.063	0.028
10	370.0	166.0	0.055	41.95	0.156	0.069
11	30.0	234.0	0.002	1.58	0.006	0.003

	x mm	y mm	w _t mm	F _t kN	ε _w %	U _w
12	370.0	234.0	0.018	13.55	0.050	0.022
13	30.0	302.0	-0.000	0.00	-0.000	---
14	370.0	302.0	-0.002	0.01	0.000	---
15	30.0	370.0	-0.000	154.35	0.300	0.133
16	98.0	370.0	-0.000	0.00	-0.000	---
17	166.0	370.0	-0.000	0.00	-0.000	---
18	234.0	370.0	-0.000	0.00	-0.000	---
19	302.0	370.0	-0.000	0.00	-0.000	---
20	370.0	370.0	-0.000	154.35	0.300	0.133

x,y: Schraubenkoordinaten; w_t: Verformung (Zug positiv); F_t: Schraubenkraft; ε_w: Dehnung
U_w: Ausnutzung aus Dehnung

Ausnutzung der Stirnplatte [Kno 6481] U_{max} = 0.390 < 1 **ok**

Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 4] U_{s,max} = 0.159 < 1 **ok**

minimale plastische Ausnutzung der Schrauben U_{pl,s,min} = 0.342 < 1 **ok**

plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte U_{pl,t,s} = 0.461 < 1 **ok**

4.2. Schrauben

Bemessungsgrößen: max F_t = 163.03 kN, V_z = -39.43 kN, V_y = -1.17 kN, M_x = 45.93 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} = 0.183	U _{vt,1} = 0.686	U _{b,1} = 0.016	U ₁ = 0.686
Schraube 2	U _{tp,2} = 0.080	U _{vt,2} = 0.535	U _{b,2} = 0.026	U ₂ = 0.535
Schraube 3	U _{tp,3} = 0.135	U _{vt,3} = 0.635	U _{b,3} = 0.010	U ₃ = 0.635
Schraube 4	U _{tp,4} = 0.148	U _{vt,4} = 0.665	U _{b,4} = 0.007	U ₄ = 0.665
Schraube 5	U _{tp,5} = 0.109	U _{vt,5} = 0.611	U _{b,5} = 0.024	U ₅ = 0.611
Schraube 6	U _{tp,6} = 0.188	U _{vt,6} = 0.699	U _{b,6} = 0.014	U ₆ = 0.699
Schraube 7	U _{tp,7} = 0.039	U _{vt,7} = 0.421	U _{b,7} = 0.045	U ₇ = 0.421
Schraube 8	U _{tp,8} = 0.077	U _{vt,8} = 0.558	U _{b,8} = 0.037	U ₈ = 0.558
Schraube 9	U _{tp,9} = 0.026	U _{vt,9} = 0.330	U _{b,9} = 0.032	U ₉ = 0.330
Schraube 10	U _{tp,10} = 0.065	U _{vt,10} = 0.504	U _{b,10} = 0.031	U ₁₀ = 0.504
Schraube 11	U _{tp,11} = 0.002	U _{vt,11} = 0.233	U _{b,11} = 0.026	U ₁₁ = 0.233
Schraube 12	U _{tp,12} = 0.021	U _{vt,12} = 0.400	U _{b,12} = 0.036	U ₁₂ = 0.400
Schraube 13	U _{tp,13} = 0.000	U _{vt,13} = 0.247	U _{b,13} = 0.033	U ₁₃ = 0.247
Schraube 14	U _{tp,14} = 0.000	U _{vt,14} = 0.371	U _{b,14} = 0.046	U ₁₄ = 0.371
Schraube 15	U _{tp,15} = 0.178	U _{vt,15} = 0.664	U _{b,15} = 0.014	U ₁₅ = 0.664
Schraube 16	U _{tp,16} = 0.000	U _{vt,16} = 0.242	U _{b,16} = 0.033	U ₁₆ = 0.242
Schraube 17	U _{tp,17} = 0.000	U _{vt,17} = 0.217	U _{b,17} = 0.025	U ₁₇ = 0.217
Schraube 18	U _{tp,18} = 0.000	U _{vt,18} = 0.250	U _{b,18} = 0.036	U ₁₈ = 0.250
Schraube 19	U _{tp,19} = 0.000	U _{vt,19} = 0.324	U _{b,19} = 0.055	U ₁₉ = 0.324
Schraube 20	U _{tp,20} = 0.178	U _{vt,20} = 0.677	U _{b,20} = 0.019	U ₂₀ = 0.677
Gesamt:	U _{tp} = 0.188	U _{vt} = 0.699	U _b = 0.055	U = 0.699 < 1 ok

In der Ausnutzung der Schrauben max U_s ist die minimale plastische Ausnutzung der Schrauben min U_{pl,s} = 0.342 sowie die plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte U_{pl,t,s} = 0.461 enthalten.

Ausnutzung der Schrauben U_{max} = 0.699 < 1 **ok**

4.3. Träger

elastischer Spannungsnachweis für N = -109.35 kN, M_y = -177.44 kNm, V_z = -39.43 kN, M_z = 32.59 kNm

V_y = -1.17 kN, T_t = 45.93 kNm

Nachweis: σ_v = 137.39 N/mm² < σ_{v,Rd} = 355.00 N/mm² ⇒ U_σ = 0.387 < 1 **ok**

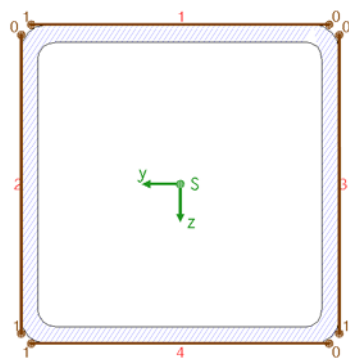
c/t-Nachweis: Ausnutzung U_{c/t} = 0.238 < 1 **ok**

Ausnutzung des Trägers max(U_σ, U_{c/t}) = 0.387 < 1 **ok**

4.4. Schweißnähte

Bemessungsgrößen: N = -109.35 kN, M_y = -177.44 kNm, V_z = -39.43 kN, M_z = 32.59 kNm,

V_y = -1.17 kN, M_x = 45.93 kNm



Naht 1: $a_w = 16.0 \text{ mm}$ $l_w = 281.2 \text{ mm}$
 Naht 2: $a_w = 16.0 \text{ mm}$ $l_w = 281.2 \text{ mm}$
 Naht 3: $a_w = 16.0 \text{ mm}$ $l_w = 281.2 \text{ mm}$
 Naht 4: $a_w = 16.0 \text{ mm}$ $l_w = 281.2 \text{ mm}$

Max: $\sigma_{1,w,Ed} = 128.35 \text{ N/mm}^2 < f_{1w,d} = 435.56 \text{ N/mm}^2$,
 $\sigma_{2,w,Ed} = 125.29 \text{ N/mm}^2 < f_{2w,d} = 352.80 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_w = 0.355 < 1$ **ok**

Ausnutzung der Schweißnähte $U_{\max} = 0.355 < 1$ **ok**

4.5. Gesamt

Ausnutzung Lk 5 $U_{\max} = 0.699 < 1$ **ok**