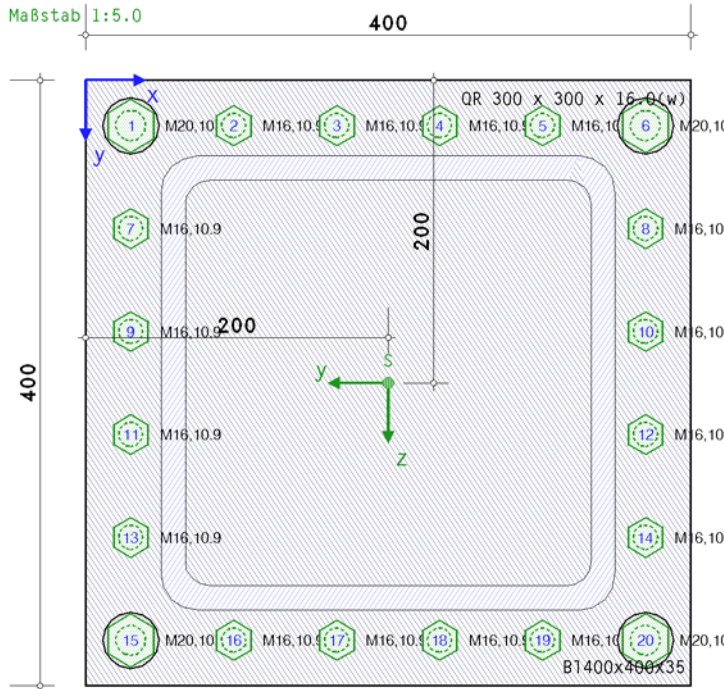


POS. 5: QR

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

1. Eingabeprotokoll



Stahlsorte

Stahlgüte S355

Schrauben

Die Schrauben sind mit der Kraft $F_{p,C}$ 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	5512.9	167.4	2.25	154.2	11	30.0	234.0	3828.6	107.2	2.25	--
2	98.0	30.0	3828.6	107.2	2.25	--	12	370.0	234.0	3828.6	107.2	2.25	--
3	166.0	30.0	3828.6	107.2	2.25	--	13	30.0	302.0	3828.6	107.2	2.25	--
4	234.0	30.0	3828.6	107.2	2.25	--	14	370.0	302.0	3828.6	107.2	2.25	--
5	302.0	30.0	3828.6	107.2	2.25	--	15	30.0	370.0	5512.9	167.4	2.25	154.2
6	370.0	30.0	5512.9	167.4	2.25	154.2	16	98.0	370.0	3828.6	107.2	2.25	--
7	30.0	98.0	3828.6	107.2	2.25	--	17	166.0	370.0	3828.6	107.2	2.25	--
8	370.0	98.0	3828.6	107.2	2.25	--	18	234.0	370.0	3828.6	107.2	2.25	--
9	30.0	166.0	3828.6	107.2	2.25	--	19	302.0	370.0	3828.6	107.2	2.25	--
10	370.0	166.0	3828.6	107.2	2.25	--	20	370.0	370.0	5512.9	167.4	2.25	154.2

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)

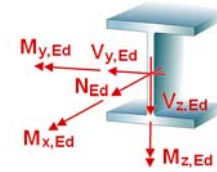
rechnerischer Bettungsmodul der Stirnplatte $c_b = 6000.0 \text{ kN/cm}^3$

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 !

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	0.447	0.447	0.349	0.363	0.588	0.198	0.193	0.685	0.021	0.586	0.248	0.550	0.685
2	0.243	0.187	0.243	0.242	0.257	0.134	0.182	0.658	0.019	0.203	0.175	0.186	0.658
3	0.472	0.472	0.333	0.347	0.605	0.206	0.193	0.688	0.027	0.610	0.241	0.571	0.688
4	0.335	0.286	0.335	0.342	0.394	0.153	0.189	0.687	0.035	0.364	0.230	0.337	0.687
5	0.339	0.293	0.339	0.342	0.404	0.154	0.189	0.698	0.045	0.387	0.238	0.364	0.698*

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 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
739	45.0	45.0	0.114	0.00	-32.48	-31.61	2.96	-1832.14	-1873.11	0.472

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

q_x, q_y : Querkkräfte; q_x, q_y : Querkkräfte; 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	167.44	0.206	0.688	0.002	0.688
2	98.0	30.0	98.46	0.165	0.641	0.002	0.641
3	166.0	30.0	102.66	0.176	0.662	0.001	0.662
4	234.0	30.0	84.85	0.141	0.626	0.010	0.626
5	302.0	30.0	64.57	0.107	0.582	0.023	0.582
6	370.0	30.0	164.24	0.154	0.698	0.008	0.698
7	30.0	98.0	100.96	0.172	0.658	0.002	0.658
8	370.0	98.0	38.67	0.064	0.512	0.035	0.512
9	30.0	166.0	101.99	0.174	0.663	0.002	0.663
10	370.0	166.0	31.97	0.053	0.458	0.030	0.458
11	30.0	234.0	76.82	0.127	0.576	0.010	0.576
12	370.0	234.0	50.78	0.084	0.395	0.009	0.395
13	30.0	302.0	48.52	0.080	0.488	0.023	0.488
14	370.0	302.0	0.53	0.000	0.355	0.041	0.355
15	30.0	370.0	159.48	0.139	0.681	0.009	0.681
16	98.0	370.0	18.36	0.030	0.378	0.035	0.378
17	166.0	370.0	12.54	0.021	0.320	0.029	0.320
18	234.0	370.0	2.40	0.004	0.262	0.027	0.262
19	302.0	370.0	0.00	---	0.313	0.045	0.313
20	370.0	370.0	154.22	0.133	0.675	0.013	0.675

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 $U_p = 0.472 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Lk 3]

max $U_{wt,s} = 0.206 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung der Schrauben [Lk 5]

max $U_s = 0.698 < 1$ ok

Maximale Ausnutzung des Trägers [Lk 3]

max (U_q, U_{ct}) = 0.610 < 1 ok

Nachweis erbracht

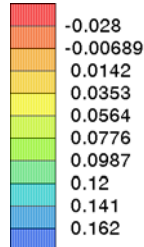
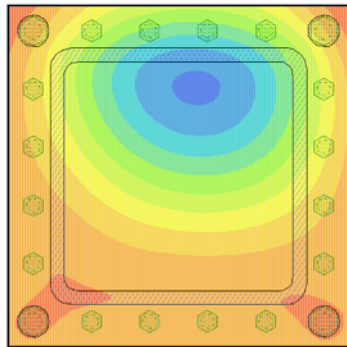
3. Lk 5 (maßgebend)

3.1. Stirnplatte

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

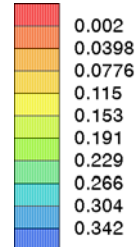
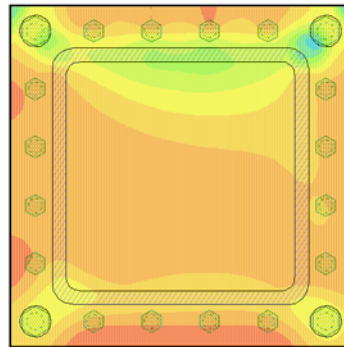
Verformungen u_z [mm]

min $u_z = -0.0281$ mm, max $u_z = 0.1661$ mm



Ausnutzung der Stirnplatte U_p

min $U_p = 0.002$, max $U_p = 0.339$



Verformungen abhebend positiv

Ausnutzung der Stirnplatte

Kno	x mm	y mm	u_z mm	U_p
3421	210.0	90.0	0.165	0.172
6481	400.0	0.0	-0.028	0.339

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	30.0	30.0	0.004	159.58	0.312	0.139
2	98.0	30.0	0.065	49.52	0.185	0.082
3	166.0	30.0	0.103	78.62	0.293	0.130
4	234.0	30.0	0.111	84.85	0.317	0.141
5	302.0	30.0	0.084	64.57	0.241	0.107
6	370.0	30.0	0.017	164.24	0.347	0.154
7	30.0	98.0	0.024	18.23	0.068	0.030
8	370.0	98.0	0.051	38.67	0.144	0.064
9	30.0	166.0	0.016	12.04	0.045	0.020
10	370.0	166.0	0.042	31.97	0.119	0.053
11	30.0	234.0	0.003	1.95	0.007	0.003
12	370.0	234.0	0.018	13.45	0.050	0.022
13	30.0	302.0	-0.000	0.00	-0.000	---
14	370.0	302.0	0.000	0.53	0.001	0.000
15	30.0	370.0	-0.000	154.22	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	154.22	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 6481] $U_{max} = 0.339 < 1$ ok

Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 6] $U_{s,max} = 0.154 < 1$ ok

minimale plastische Ausnutzung der Verbindung $U_{pl,min} = 0.342 < 1$ ok

plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,t,s} = 0.404 < 1$ ok

3.2. Schrauben

Bemessungsgrößen: $\max F_t = 164.24 \text{ kN}$, $V_z = -39.43 \text{ kN}$, $V_y = -1.17 \text{ kN}$, $M_x = 45.93 \text{ kNm}$

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	$U_{tp,1} = 0.184$	$U_{vt,1} = 0.685$	$U_{b,1} = 0.010$	$U_1 = 0.685$
Schraube 2	$U_{tp,2} = 0.076$	$U_{vt,2} = 0.512$	$U_{b,2} = 0.023$	$U_2 = 0.512$
Schraube 3	$U_{tp,3} = 0.121$	$U_{vt,3} = 0.600$	$U_{b,3} = 0.011$	$U_3 = 0.600$
Schraube 4	$U_{tp,4} = 0.131$	$U_{vt,4} = 0.626$	$U_{b,4} = 0.010$	$U_4 = 0.626$
Schraube 5	$U_{tp,5} = 0.100$	$U_{vt,5} = 0.582$	$U_{b,5} = 0.023$	$U_5 = 0.582$
Schraube 6	$U_{tp,6} = 0.189$	$U_{vt,6} = 0.698$	$U_{b,6} = 0.008$	$U_6 = 0.698$
Schraube 7	$U_{tp,7} = 0.028$	$U_{vt,7} = 0.378$	$U_{b,7} = 0.038$	$U_7 = 0.378$
Schraube 8	$U_{tp,8} = 0.060$	$U_{vt,8} = 0.512$	$U_{b,8} = 0.035$	$U_8 = 0.512$
Schraube 9	$U_{tp,9} = 0.019$	$U_{vt,9} = 0.295$	$U_{b,9} = 0.027$	$U_9 = 0.295$
Schraube 10	$U_{tp,10} = 0.049$	$U_{vt,10} = 0.458$	$U_{b,10} = 0.030$	$U_{10} = 0.458$
Schraube 11	$U_{tp,11} = 0.003$	$U_{vt,11} = 0.225$	$U_{b,11} = 0.023$	$U_{11} = 0.225$
Schraube 12	$U_{tp,12} = 0.021$	$U_{vt,12} = 0.382$	$U_{b,12} = 0.032$	$U_{12} = 0.382$
Schraube 13	$U_{tp,13} = 0.000$	$U_{vt,13} = 0.240$	$U_{b,13} = 0.030$	$U_{13} = 0.240$
Schraube 14	$U_{tp,14} = 0.001$	$U_{vt,14} = 0.355$	$U_{b,14} = 0.041$	$U_{14} = 0.355$
Schraube 15	$U_{tp,15} = 0.178$	$U_{vt,15} = 0.663$	$U_{b,15} = 0.010$	$U_{15} = 0.663$
Schraube 16	$U_{tp,16} = 0.000$	$U_{vt,16} = 0.240$	$U_{b,16} = 0.030$	$U_{16} = 0.240$
Schraube 17	$U_{tp,17} = 0.000$	$U_{vt,17} = 0.216$	$U_{b,17} = 0.024$	$U_{17} = 0.216$
Schraube 18	$U_{tp,18} = 0.000$	$U_{vt,18} = 0.245$	$U_{b,18} = 0.031$	$U_{18} = 0.245$
Schraube 19	$U_{tp,19} = 0.000$	$U_{vt,19} = 0.313$	$U_{b,19} = 0.045$	$U_{19} = 0.313$
Schraube 20	$U_{tp,20} = 0.178$	$U_{vt,20} = 0.675$	$U_{b,20} = 0.013$	$U_{20} = 0.675$
Gesamt:	$U_{tp} = 0.189$	$U_{vt} = 0.698$	$U_b = 0.045$	$U = 0.698 < 1$ ok

In der Ausnutzung der Schrauben $U_{\max}$ ist die minimale plastische Ausnutzung der Verbindung $U_{pl,min} = 0.342$ sowie die plastische Ausnutzung der Schraubenzugkräfte $U_{pl,s} = 0.404$ enthalten.

Ausnutzung der Schrauben $U_{\max} = 0.698 < 1$ ok

3.3. Träger

elastischer Spannungsnachweis für $N = -109.35 \text{ kN}$, $M_y = -177.44 \text{ kNm}$, $V_z = -39.43 \text{ kN}$, $M_z = 32.59 \text{ kNm}$

$V_y = -1.17 \text{ kN}$, $T_t = 45.93 \text{ kNm}$

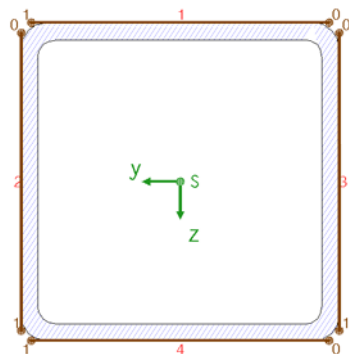
Nachweis: $\sigma_v = 137.39 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{v,Rd} = 355.00 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow U_\sigma = 0.387 < 1$ ok

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

Ausnutzung des Trägers $\max(U_\sigma, U_{c/t}) = 0.387 < 1$ ok

3.4. Schweißnähte

Bemessungsgrößen: $N = -109.35 \text{ kN}$, $M_y = -177.44 \text{ kNm}$, $V_z = -39.43 \text{ kN}$, $M_z = 32.59 \text{ kNm}$,
 $V_y = -1.17 \text{ kN}$, $M_x = 45.93 \text{ kNm}$



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: $F_{w,Ed} = 2053.55 \text{ kN/m} < F_{w,Rd} = 5644.80 \text{ kN/m} \Rightarrow U_w = 0.364 < 1$ ok

Ausnutzung der Schweißnähte $U_{\max} = 0.364 < 1$ ok

3.5. Gesamt

Ausnutzung Lk 5 $U_{\max} = 0.698 < 1$ 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