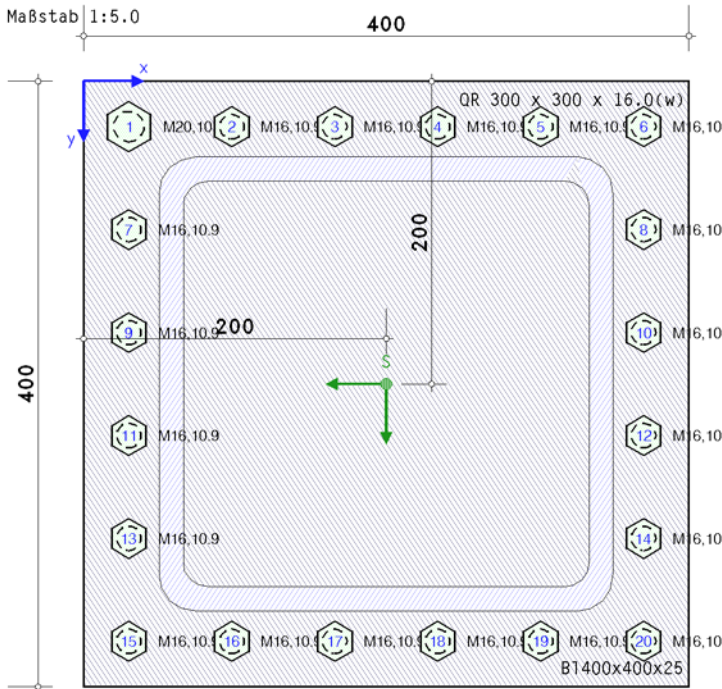


POS. 6: QR

geschraubter Stirnplattenstoß

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



Stahlsorte

Stahlgüte S235

Schrauben

Gewinde in der Scherfuge

--	FK	f_{yb} N/mm ²	f_{ub} N/mm ²	ϵ_{ub} %	TP	Schlüss	d mm	Δd mm	A mm ²	A_s mm ²	d_{ks} mm	d_{ke} mm	t_k mm	t_m mm	d_p mm	t_p mm
1	10.9	900.0	1000.0	9.0	M20	normal	20.0	2.0	314.2	245.0	30.0	33.0	12.5	19.0	37.0	3.0
2	10.9	900.0	1000.0	9.0	M16	normal	16.0	2.0	201.1	157.0	24.0	26.2	10.0	15.9	30.0	3.0
3	10.9	900.0	1000.0	9.0	M16	normal	16.0	2.0	201.1	157.0	24.0	26.2	10.0	15.9	30.0	3.0
4	10.9	900.0	1000.0	9.0	M16	normal	16.0	2.0	201.1	157.0	24.0	26.2	10.0	15.9	30.0	3.0
5	10.9	900.0	1000.0	9.0	M16	normal	16.0	2.0	201.1	157.0	24.0	26.2	10.0	15.9	30.0	3.0
6	10.9	900.0	1000.0	9.0	M16	normal	16.0	2.0	201.1	157.0	24.0	26.2	10.0	15.9	30.0	3.0
7	10.9	900.0	1000.0	9.0	M16	normal	16.0	2.0	201.1	157.0	24.0	26.2	10.0	15.9	30.0	3.0
8	10.9	900.0	1000.0	9.0	M16	normal	16.0	2.0	201.1	157.0	24.0	26.2	10.0	15.9	30.0	3.0
9	10.9	900.0	1000.0	9.0	M16	normal	16.0	2.0	201.1	157.0	24.0	26.2	10.0	15.9	30.0	3.0
10	10.9	900.0	1000.0	9.0	M16	normal	16.0	2.0	201.1	157.0	24.0	26.2	10.0	15.9	30.0	3.0
11	10.9	900.0	1000.0	9.0	M16	normal	16.0	2.0	201.1	157.0	24.0	26.2	10.0	15.9	30.0	3.0
12	10.9	900.0	1000.0	9.0	M16	normal	16.0	2.0	201.1	157.0	24.0	26.2	10.0	15.9	30.0	3.0
13	10.9	900.0	1000.0	9.0	M16	normal	16.0	2.0	201.1	157.0	24.0	26.2	10.0	15.9	30.0	3.0
14	10.9	900.0	1000.0	9.0	M16	normal	16.0	2.0	201.1	157.0	24.0	26.2	10.0	15.9	30.0	3.0
15	10.9	900.0	1000.0	9.0	M16	normal	16.0	2.0	201.1	157.0	24.0	26.2	10.0	15.9	30.0	3.0
16	10.9	900.0	1000.0	9.0	M16	normal	16.0	2.0	201.1	157.0	24.0	26.2	10.0	15.9	30.0	3.0
17	10.9	900.0	1000.0	9.0	M16	normal	16.0	2.0	201.1	157.0	24.0	26.2	10.0	15.9	30.0	3.0
18	10.9	900.0	1000.0	9.0	M16	normal	16.0	2.0	201.1	157.0	24.0	26.2	10.0	15.9	30.0	3.0
19	10.9	900.0	1000.0	9.0	M16	normal	16.0	2.0	201.1	157.0	24.0	26.2	10.0	15.9	30.0	3.0
20	10.9	900.0	1000.0	9.0	M16	normal	16.0	2.0	201.1	157.0	24.0	26.2	10.0	15.9	30.0	3.0

FK: Festigkeitsklasse; f_{yb} : char. Streckgrenze; f_{ub} : char. Zugfestigkeit; ϵ_{ub} : Bruchdehnung

TP: Schraubengröße; Schlüss: Schlüsselweite; d: Nennwert des Schraubendurchmessers; Δd : Nennlochspiel

A: Bruttoquerschnitt (Schaft); A_s : Spannungsquerschnitt; d_{ks} : Schlüsselweite des Schraubenkopfes; d_{ke} : Eckenmaß des Schraubenkopfes

t_k : Schraubenkopfhöhe; t_m : Mutterhöhe; d_p : Durchmesser einer Unterlegscheibe; t_p : Bleichdicke einer Unterlegscheibe

Verbindung

Stirnblech: Dicke $t_p = 25.0$ mm, Breite $b_p = 400.0$ mm, Länge $l_p = 400.0$ mm

Träger: Profil QR 300 x 300 x 16.0(w)

Träger-Stirnblech: umlaufende Stumpfnaht (durchgeschweißt)

Trägerprofil mittig auf dem Stirnblech (übereinstimmende Schwerpunkte)

Koordinaten des Trägerschwerpunkts auf dem Stirnblech $x_s = 200.0$ mm, $y_s = 200.0$ mm

Schrauben:

	x mm	y mm	FK	TP	Schlüss	c_f kN/cm	$f_{t,f}$	$F_{t,Rd}$ kN	$F_{t,f}$ kN	$\epsilon_{t,f}$ %	$F_{p,C}$ kN
1	30.0	30.0	10.9	M20	normal	9596.1	0.950	176.4	167.6	4.5	--
2	98.0	30.0	10.9	M16	normal	6402.3	0.950	113.0	107.4	4.5	--
3	166.0	30.0	10.9	M16	normal	6402.3	0.950	113.0	107.4	4.5	--
4	234.0	30.0	10.9	M16	normal	6402.3	0.950	113.0	107.4	4.5	--
5	302.0	30.0	10.9	M16	normal	6402.3	0.950	113.0	107.4	4.5	--
6	370.0	30.0	10.9	M16	normal	6402.3	0.950	113.0	107.4	4.5	--
7	30.0	98.0	10.9	M16	normal	6402.3	0.950	113.0	107.4	4.5	--
8	370.0	98.0	10.9	M16	normal	6402.3	0.950	113.0	107.4	4.5	--
9	30.0	166.0	10.9	M16	normal	6402.3	0.950	113.0	107.4	4.5	--

	x mm	y mm	FK	TP	Schlüss	c _f kN/cm	f _{t,f}	F _{t,Rd} kN	F _{t,f} kN	ε _{t,f} %	F _{p,C} kN
10	370.0	166.0	10.9	M16	normal	6402.3	0.950	113.0	107.4	4.5	--
11	30.0	234.0	10.9	M16	normal	6402.3	0.950	113.0	107.4	4.5	--
12	370.0	234.0	10.9	M16	normal	6402.3	0.950	113.0	107.4	4.5	--
13	30.0	302.0	10.9	M16	normal	6402.3	0.950	113.0	107.4	4.5	--
14	370.0	302.0	10.9	M16	normal	6402.3	0.950	113.0	107.4	4.5	--
15	30.0	370.0	10.9	M16	normal	6402.3	0.950	113.0	107.4	4.5	--
16	98.0	370.0	10.9	M16	normal	6402.3	0.950	113.0	107.4	4.5	--
17	166.0	370.0	10.9	M16	normal	6402.3	0.950	113.0	107.4	4.5	--
18	234.0	370.0	10.9	M16	normal	6402.3	0.950	113.0	107.4	4.5	--
19	302.0	370.0	10.9	M16	normal	6402.3	0.950	113.0	107.4	4.5	--
20	370.0	370.0	10.9	M16	normal	6402.3	0.950	113.0	107.4	4.5	--

x,y: Koordinaten der Schraubenachse auf dem Stirnblech; FK: Festigkeitsklasse; TP: Schraubengröße
 Schlüss: Schlüsselweite; c_f: Federsteifigkeit der Schraube (FEM); f_{t,f}: Auslastungsfaktor der Feder (FEM)
 F_{t,Rd}: max. Zugkraft der Schraube (FEM); F_{t,f} = f_{t,f}F_{t,Rd}: plastische Grenzkraft der Schraube (FEM); ε_{t,f}: Bruchdehnung der Schraube (FEM)
 F_{p,C}: Vorspannkraft der Schraube (FEM); F_{p,C}: Vorspannkraft der Schraube (FEM)

Berechnung

Nachweisführung:

Schnittgrößenermittlung (FEM) und Bemessung

Nachweis des Stirnblechs mit dem plastischen Verfahren

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 (c_f, F_{t,Rd}, F_{t,f}, f_{t,f}, ε_{t,f}, F_{p,C} s. Tabelle)

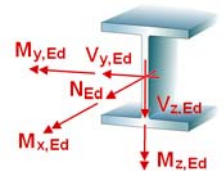
rechnerischer Bettungsmodul des Stirnblechs c_b = 16800.0 kN/cm³

Anzahl / Größe der finiten Elemente je Richtung n_x / Δx = 25 / 16.0 mm, n_y / Δy = 25 / 16.0 mm

max. 50 Iterationsschritte bei einer Toleranzgrenze von 5%.

Schnittgrößen

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	-171.7	-199.4	-44.3	-130.9	29.1	10.6
2	33.3	6.5	1.5	103.0	-12.8	22.5
3	-160.3	-156.0	-34.7	-190.0	42.2	-13.5
4	-70.5	-30.1	-6.7	-169.5	37.7	-36.4
5	-109.3	-177.4	-39.4	32.6	-1.2	45.9



Materialsicherheitsbeiwerte

Beanspruchbarkeit von Querschnitten γ_{M0} = 1.00

Beanspruchbarkeit von Schrauben, Schweißnähten, Blechen auf Lochleibung γ_{M2} = 1.25

Berechnung

Ausnutzungen

Lk	U _p	U _σ	U _b	U _{wt}	U _{t,s}	U _{vt,s}	U _{b,s}	U _q	U _{ct}	U _w	U
--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	0.631	0.631	0.392	0.197	0.949	0.683	0.046	0.885	0.248	0.763	0.949*
2	0.218	0.218	0.123	0.072	0.459	0.410	0.076	0.307	0.175	0.256	0.459
3	0.659	0.659	0.417	0.249	0.950	0.685	0.060	0.922	0.241	0.792	0.950*
4	0.370	0.370	0.235	0.098	0.607	0.529	0.094	0.550	0.230	0.464	0.607
5	0.374	0.374	0.245	0.127	0.807	0.650	0.135	0.585	0.238	0.498	0.807

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

U_{wt,s}: Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung; U_{t,s}: Ausnutzung der Schrauben aus Zug; U_{vt,s}: Ausnutzung der Schrauben aus Abscheren mit Zug

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

Endergebnis

Maximale Ausnutzung [Lk 1] max U = 0.949 < 1 ok.

Nachweis erbracht

Vorschriften

DIN EN 1990, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung;

Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010, Ausgabe Dezember 2010

DIN EN 1990/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1990, Ausgabe Dezember 2010

DIN 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

Detaillierte Ausgabe von Lk 1 (maßgebend)

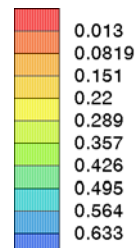
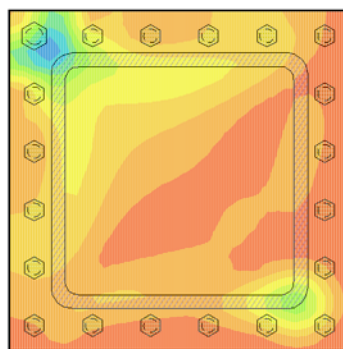
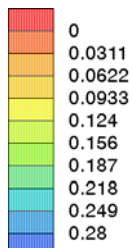
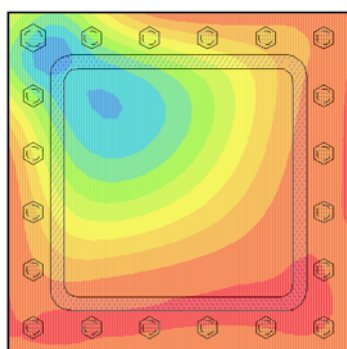
Lk 1: $N_{Ed} = -171.7 \text{ kN}$, $M_{y,Ed} = -199.4 \text{ kNm}$, $V_{z,Ed} = -44.3 \text{ kN}$, $M_{z,Ed} = -130.9 \text{ kNm}$,

Stirnblech

Bemessungsgrößen: $N = -171.66 \text{ kN}$, $M_y = -199.41 \text{ kNm}$, $M_z = -130.93 \text{ kNm}$

Verformungen u_z [mm], abhebend positiv
min $u_z = -0.01 \text{ mm}$, max $u_z = 0.28 \text{ mm}$

Ausnutzung der Stirnplatte U_p
min $U_p = 0.013$, max $U_p = 0.631$



Ausnutzung der Stirnplatte

Kno	x mm	y mm	u_z mm	U_σ	U_b	U_p
82	48.0	48.0	0.278	0.631	---	0.631

x,y: Knotenkoordinaten; u_z : Verformungen (abhebend positiv); U_σ : Ausnutzung aus Moment mit Querkraft; U_b : Ausnutzung aus Kontaktpressung
 U_p : Ausnutzung der Stirnplatte

Zugkraft in den Schrauben

	x mm	y mm	w _t mm	F _t kN	ϵ_{wt} %	U _{wt}
1	30.0	30.0	0.222	167.46	0.888	0.197
2	98.0	30.0	0.187	105.21	0.746	0.166
3	166.0	30.0	0.104	66.67	0.417	0.093
4	234.0	30.0	0.066	42.43	0.265	0.059
5	302.0	30.0	0.046	29.60	0.185	0.041
6	370.0	30.0	0.018	11.66	0.073	0.016
7	30.0	98.0	0.182	103.91	0.726	0.161
8	370.0	98.0	0.012	7.46	0.047	0.010
9	30.0	166.0	0.097	61.79	0.386	0.086
10	370.0	166.0	0.006	3.87	0.024	0.005
11	30.0	234.0	0.055	35.13	0.219	0.049
12	370.0	234.0	0.002	1.53	0.010	0.002
13	30.0	302.0	0.025	15.71	0.098	0.022
14	370.0	302.0	-0.000	0.33	---	---
15	30.0	370.0	-0.001	0.12	---	---
16	98.0	370.0	-0.001	0.01	---	---
17	166.0	370.0	-0.001	0.15	---	---
18	234.0	370.0	0.000	0.61	0.002	---
19	302.0	370.0	-0.000	0.75	---	---
20	370.0	370.0	0.000	1.10	---	---

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

Ausnutzung der Stirnplatte [Kno 82] $U_{max} = 0.631 < 1$ **ok.**

Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 1] $U_{max} = 0.197 < 1$ **ok.**

Schrauben

Bemessungsgrößen: max $F_t = 167.46 \text{ kN}$, $V_z = -44.31 \text{ kN}$, $V_y = 29.10 \text{ kN}$, $M_x = 10.62 \text{ kNm}$

Nachweis der Schrauben

	U_{tp} Ausnutzung aus Zug/Durchstanzen	U_{vt} Ausnutzung aus Abscheren mit Zug	U_b Ausnutzung aus Lochleibung	U Ausnutzung der Schrauben
Schraube 1	$U_{tp,1} = 0.949$	$U_{vt,1} = 0.683$	$U_{b,1} = 0.004$	$U_1 = 0.949$
Schraube 2	$U_{tp,2} = 0.931$	$U_{vt,2} = 0.672$	$U_{b,2} = 0.001$	$U_2 = 0.931$
Schraube 3	$U_{tp,3} = 0.590$	$U_{vt,3} = 0.462$	$U_{b,3} = 0.010$	$U_3 = 0.590$
Schraube 4	$U_{tp,4} = 0.375$	$U_{vt,4} = 0.336$	$U_{b,4} = 0.018$	$U_4 = 0.375$
Schraube 5	$U_{tp,5} = 0.262$	$U_{vt,5} = 0.275$	$U_{b,5} = 0.025$	$U_5 = 0.275$
Schraube 6	$U_{tp,6} = 0.103$	$U_{vt,6} = 0.192$	$U_{b,6} = 0.046$	$U_6 = 0.192$
Schraube 7	$U_{tp,7} = 0.919$	$U_{vt,7} = 0.663$	$U_{b,7} = 0.002$	$U_7 = 0.919$
Schraube 8	$U_{tp,8} = 0.066$	$U_{vt,8} = 0.157$	$U_{b,8} = 0.033$	$U_8 = 0.157$
Schraube 9	$U_{tp,9} = 0.547$	$U_{vt,9} = 0.416$	$U_{b,9} = 0.010$	$U_9 = 0.547$
Schraube 10	$U_{tp,10} = 0.034$	$U_{vt,10} = 0.126$	$U_{b,10} = 0.028$	$U_{10} = 0.126$
Schraube 11	$U_{tp,11} = 0.311$	$U_{vt,11} = 0.248$	$U_{b,11} = 0.010$	$U_{11} = 0.311$
Schraube 12	$U_{tp,12} = 0.014$	$U_{vt,12} = 0.104$	$U_{b,12} = 0.023$	$U_{12} = 0.104$
Schraube 13	$U_{tp,13} = 0.139$	$U_{vt,13} = 0.117$	$U_{b,13} = 0.005$	$U_{13} = 0.139$
Schraube 14	$U_{tp,14} = 0.003$	$U_{vt,14} = 0.092$	$U_{b,14} = 0.020$	$U_{14} = 0.092$
Schraube 15	$U_{tp,15} = 0.001$	$U_{vt,15} = 0.018$	$U_{b,15} = 0.007$	$U_{15} = 0.018$
Schraube 16	$U_{tp,16} = 0.000$	$U_{vt,16} = 0.000$	$U_{b,16} = 0.003$	$U_{16} = 0.010$
Schraube 17	$U_{tp,17} = 0.001$	$U_{vt,17} = 0.029$	$U_{b,17} = 0.011$	$U_{17} = 0.029$
Schraube 18	$U_{tp,18} = 0.005$	$U_{vt,18} = 0.052$	$U_{b,18} = 0.019$	$U_{18} = 0.052$
Schraube 19	$U_{tp,19} = 0.007$	$U_{vt,19} = 0.073$	$U_{b,19} = 0.027$	$U_{19} = 0.073$
Schraube 20	$U_{tp,20} = 0.010$	$U_{vt,20} = 0.096$	$U_{b,20} = 0.035$	$U_{20} = 0.096$
Gesamt Max:	$U_{tp} = 0.949$	$U_{vt} = 0.683$	$U_b = 0.046$	$U = 0.949 < 1$ ok.

Ausnutzung der Schrauben [Schraube 1] $U_{max} = 0.949 < 1$ **ok.**

Träger

elastischer Querschnittsnachweis für $N = -171.66$ kN, $M_y = -199.41$ kNm, $V_z = -44.31$ kN, $M_z = -130.93$ kNm, $V_y = 29.10$ kN, $M_x = 10.62$ kNm

max σ_v bei $y = -143.0$ mm, $z = 143.0$ mm: $\sigma_x = -20.76$ kN/cm², $\tau = 0.58$ kN/cm², $\sigma_v = 20.79$ kN/cm²

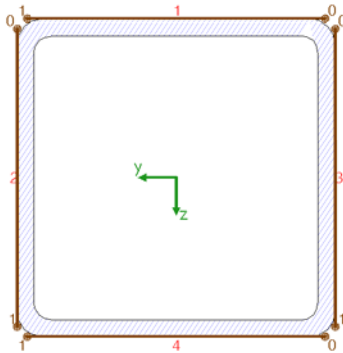
Nachweis: $\sigma_v = 20.79$ kN/cm² < zul $\sigma_v = 23.50$ kN/cm² $\Rightarrow U = 0.885 < 1$ **ok.**

Ausnutzungen: Tragfähigkeit $U_\sigma = 0.885 < 1$ **ok.**, c/t-Verhältnis $U_{c/t} = 0.248 < 1$ **ok.**

Ausnutzung des Trägers $\max(U_\sigma, U_{c/t}) = 0.885 < 1$ **ok.**

Schweißnähte

Bemessungsgrößen: $N = -171.66$ kN, $M_y = -199.41$ kNm, $V_z = -44.31$ kN, $M_z = -130.93$ kNm, $V_y = 29.10$ kN, $M_x = 10.62$ kNm



Naht 1:	$a_w = 16.0$ mm	$l_w = 281.2$ mm
Naht 2:	$a_w = 16.0$ mm	$l_w = 281.2$ mm
Naht 3:	$a_w = 16.0$ mm	$l_w = 281.2$ mm
Naht 4:	$a_w = 16.0$ mm	$l_w = 281.2$ mm

Max: $\sigma_{1,w,Ed} = 27.46$ kN/cm² < $f_{1,w,Rd} = 36.00$ kN/cm²,
 $\sigma_{2,w,Ed} = 13.73$ kN/cm² < $f_{2,w,Rd} = 25.92$ kN/cm² $\Rightarrow U_w = 0.763 < 1$ **ok.**

Ausnutzung der Schweißnähte $U_{max} = 0.763 < 1$ **ok.**

Ausnutzung Lk 1 $U_{max} = 0.949 < 1$ **ok.**