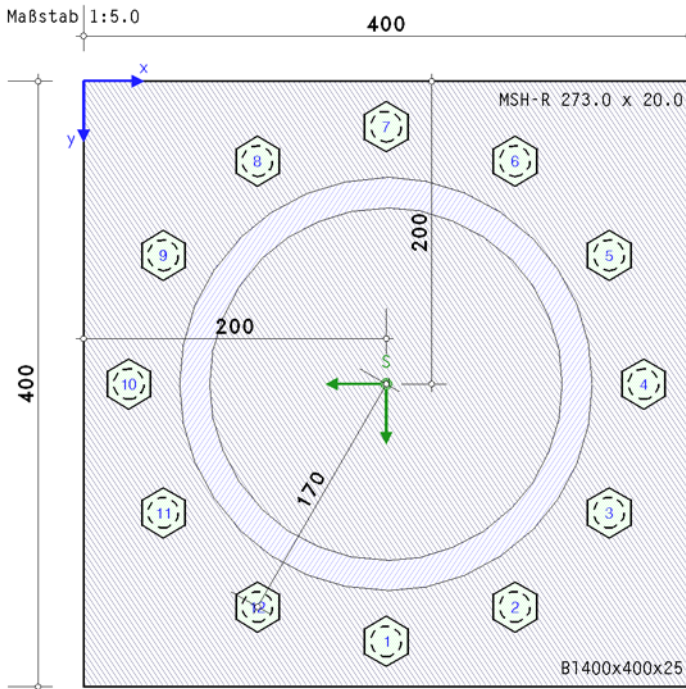


geschraubter Stirnplattenstoß

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



Stahlsorte

Stahlgüte S235

Schrauben

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M20, Gewinde in der Scherfuge

Verbindung

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

Träger: Profil MSH-R 273.0 x 20.0

Träger-Stirnblech: umlaufende Stumpfnahht (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:

kreisförmige Anordnung von 12 Schrauben im Radius  $r = 170.0$  mm um den Trägerschwerpunkt

Berechnung

Nachweisführung:

Schnittgrößenermittlung (FEM) und Bemessung

Nachweis des Stirnblechs mit dem plastischen Verfahren

Nachweis des Trägerquerschnitts mit dem plastischen Verfahren

Nachweis der Schweißnähte mit dem richtungsbezogenen Verfahren

Nachweis der Schrauben, die Abstände werden überprüft

FEM-Berechnung:

Die Schrauben werden plastisch berechnet, Federkonstante der Schrauben  $c_f = 9596.1$  kN/cm

plastische Grenzkraft  $F_{t,f} = f_{t,f} F_{t,Rd} = 167.6$  kN,  $f_{t,f} = 0.950$ ,  $F_{t,Rd} = 176.4$  kN, wirksame Bruchdehnung  $\epsilon_{t,f} = 4.5\%$  ohne Vorspannung ( $F_{p,c} = 0$ )

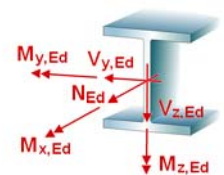
rechnerischer Bettungsmodul des Stirnblechs  $c_b = 16800.0$  kN/cm<sup>3</sup>

Anzahl / Größe der finiten Elemente je Richtung  $n_x / \Delta x = 20 / 20.0$  mm,  $n_y / \Delta y = 20 / 20.0$  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	-169.4	-183.9	-36.8	91.7	-18.3	50.1
2	60.3	22.7	4.5	-184.5	18.1	-83.6
3	-143.3	-138.7	-27.7	127.8	-25.6	63.4
4	23.4	-40.9	-8.2	-182.8	17.8	-87.4
5	-106.4	-75.1	-15.0	126.1	-25.2	67.2
6	-168.1	-175.7	-35.1	89.6	-17.9	54.8
7	59.4	17.0	3.4	-183.0	17.9	-86.9



Materialsicherheitsbeiwerte

Beanspruchbarkeit von Querschnitten  $\gamma_{M0} = 1.00$

Beanspruchbarkeit von Schrauben, Schweißnähten, Blechen auf Lochleibung  $\gamma_{M2} = 1.25$

## Berechnung

### Ausnutzungen

Lk	U <sub>p</sub>	U <sub>σ</sub>	U <sub>b</sub>	U <sub>wt</sub>	U <sub>t,s</sub>	U <sub>vt,s</sub>	U <sub>b,s</sub>	U <sub>q</sub>	U <sub>ct</sub>	U <sub>w</sub>	U
1	0.694	0.694	0.335	0.264	0.950	0.714	0.149	0.718	0.195	0.736	0.950*
2	0.731	0.731	0.288	0.262	0.950	0.921	0.293	0.696	0.115	0.660	0.950*
3	0.649	0.649	0.314	0.194	0.941	0.728	0.181	0.680	0.126	0.678	0.941
4	0.718	0.718	0.294	0.244	0.950	0.912	0.325	0.707	0.117	0.659	0.950*
5	0.458	0.458	0.237	0.133	0.800	0.698	0.168	0.557	0.097	0.535	0.800
6	0.648	0.648	0.321	0.226	0.950	0.714	0.154	0.697	0.132	0.709	0.950*
7	0.727	0.727	0.286	0.245	0.950	0.935	0.296	0.695	0.114	0.655	0.950*

U<sub>p</sub>: Ausnutzung der Stirnplatte; U<sub>σ</sub>: Ausnutzung der Stirnplatte aus Spannung; U<sub>p</sub>: Ausnutzung der Stirnplatte aus Kontaktpressung  
 U<sub>wt,s</sub>: Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung; U<sub>t,s</sub>: Ausnutzung der Schrauben aus Zug; U<sub>vt,s</sub>: Ausnutzung der Schrauben aus Abscheren mit Zug  
 U<sub>b,s</sub>: Ausnutzung der Schrauben aus Lochleibung; U<sub>q</sub>: Spannungsausnutzung des Trägers; U<sub>ct</sub>: c/t-Ausnutzung des Trägers  
 U<sub>w</sub>: Ausnutzung der Schweißnähte; U: Gesamtausnutzung  
 \*) maximale Ausnutzung

## Endergebnis

Maximale Ausnutzung [Lk 1] max U = 0.950 < 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  
 DIN EN 1993-1-1/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1993-1-1, Ausgabe Dezember 2010

DIN 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  
 DIN EN 1993-1-8/NA, Nationaler Anhang zur DIN EN 1993-1-8, Ausgabe Dezember 2010

## Detaillierte Ausgabe von Lk 1 (maßgebend)

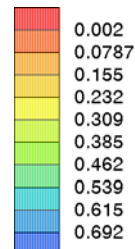
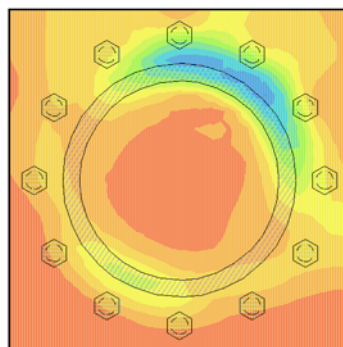
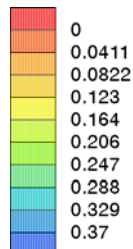
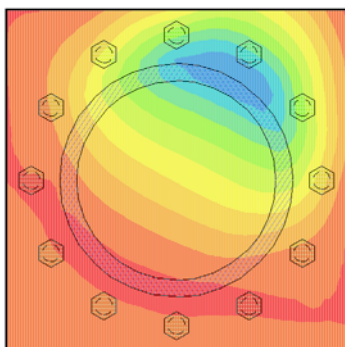
Lk 1: N<sub>Ed</sub> = -169.4 kN, M<sub>y,Ed</sub> = -183.9 kNm, V<sub>z,Ed</sub> = -36.8 kN, M<sub>z,Ed</sub> = 91.7 kNm, V

## Stirnblech

Bemessungsgrößen: N = -169.42 kN, M<sub>y</sub> = -183.86 kNm, M<sub>z</sub> = 91.74 kNm

Verformungen u<sub>z</sub> [mm], abhebend positiv  
 min u<sub>z</sub> = -0.01 mm, max u<sub>z</sub> = 0.37 mm

Ausnutzung der Stirnplatte U<sub>p</sub>  
 min U<sub>p</sub> = 0.002, max U<sub>p</sub> = 0.694



## Ausnutzung der Stirnplatte

Kno	x mm	y mm	u <sub>z</sub> mm	U <sub>σ</sub>	U <sub>b</sub>	U <sub>p</sub>
278	260.0	80.0	0.370	0.656	---	0.656
321	300.0	100.0	0.360	0.694	---	0.694

x,y: Knotenkoordinaten; uz: Verformungen (abhebend positiv); U<sub>σ</sub>: Ausnutzung aus Moment mit Querkraft; U<sub>b</sub>: Ausnutzung aus Kontaktpressung  
 U<sub>p</sub>: Ausnutzung der Stirnplatte

## Zugkraft in den Schrauben

	x mm	y mm	w <sub>t</sub> mm	F <sub>t</sub> kN	ε <sub>w<sub>t</sub></sub> %	U <sub>w<sub>t</sub></sub>
1	200.0	370.0	0.005	4.63	0.018	0.004
2	285.0	347.2	-0.001	0.15	---	---
3	347.2	285.0	0.028	27.12	0.113	0.025
4	370.0	200.0	0.100	95.38	0.398	0.089
5	347.2	115.0	0.219	165.53	0.874	0.194
6	285.0	52.8	0.298	167.58	1.190	0.264
7	200.0	30.0	0.234	166.36	0.935	0.208
8	115.0	52.8	0.131	123.92	0.524	0.117
9	52.8	115.0	0.044	42.42	0.177	0.039
10	30.0	200.0	-0.000	0.46	---	---
11	52.8	285.0	0.002	2.75	0.008	0.002
12	115.0	347.2	0.006	5.74	0.022	0.005

x,y: Schraubenkoordinaten; w<sub>t</sub>: Verformung (Zug positiv); F<sub>t</sub>: Schraubenkraft; ε<sub>w<sub>t</sub></sub>: Dehnung  
 U<sub>w<sub>t</sub></sub>: Ausnutzung aus Dehnung

**Ausnutzung der Stirnplatte [Kno 321] U<sub>max</sub> = 0.694 < 1 ok.**

**Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 6] U<sub>max</sub> = 0.264 < 1 ok.**

## Schrauben

Bemessungsgrößen: max F<sub>t</sub> = 167.58 kN, V<sub>z</sub> = -36.77 kN, V<sub>y</sub> = -18.35 kN, M<sub>x</sub> = 50.10 kNm

### Nachweis der Schrauben

U<sub>tp</sub> Ausnutzung aus Zug/Durchstanzen, U<sub>vt</sub> Ausnutzung aus Abscheren mit Zug, U<sub>b</sub> Ausnutzung aus Lochleibung, U Ausnutzung der Schrauben

Schraube 1	U <sub>tp,1</sub> = 0.026	U <sub>vt,1</sub> = 0.368	U <sub>b,1</sub> = 0.132	U <sub>1</sub> = 0.368
Schraube 2	U <sub>tp,2</sub> = 0.001	U <sub>vt,2</sub> = 0.000	U <sub>b,2</sub> = 0.149	U <sub>2</sub> = 0.467
Schraube 3	U <sub>tp,3</sub> = 0.154	U <sub>vt,3</sub> = 0.593	U <sub>b,3</sub> = 0.132	U <sub>3</sub> = 0.593
Schraube 4	U <sub>tp,4</sub> = 0.541	U <sub>vt,4</sub> = 0.685	U <sub>b,4</sub> = 0.103	U <sub>4</sub> = 0.685
Schraube 5	U <sub>tp,5</sub> = 0.938	U <sub>vt,5</sub> = 0.713	U <sub>b,5</sub> = 0.013	U <sub>5</sub> = 0.938
Schraube 6	U <sub>tp,6</sub> = 0.950	U <sub>vt,6</sub> = 0.714	U <sub>b,6</sub> = 0.010	U <sub>6</sub> = 0.950
Schraube 7	U <sub>tp,7</sub> = 0.943	U <sub>vt,7</sub> = 0.712	U <sub>b,7</sub> = 0.013	U <sub>7</sub> = 0.943
Schraube 8	U <sub>tp,8</sub> = 0.702	U <sub>vt,8</sub> = 0.679	U <sub>b,8</sub> = 0.049	U <sub>8</sub> = 0.702
Schraube 9	U <sub>tp,9</sub> = 0.240	U <sub>vt,9</sub> = 0.548	U <sub>b,9</sub> = 0.120	U <sub>9</sub> = 0.548
Schraube 10	U <sub>tp,10</sub> = 0.003	U <sub>vt,10</sub> = 0.386	U <sub>b,10</sub> = 0.148	U <sub>10</sub> = 0.386
Schraube 11	U <sub>tp,11</sub> = 0.016	U <sub>vt,11</sub> = 0.303	U <sub>b,11</sub> = 0.081	U <sub>11</sub> = 0.303
Schraube 12	U <sub>tp,12</sub> = 0.033	U <sub>vt,12</sub> = 0.298	U <sub>b,12</sub> = 0.078	U <sub>12</sub> = 0.298
Gesamt Max:	U <sub>tp</sub> = 0.950	U <sub>vt</sub> = 0.714	U <sub>b</sub> = 0.149	U = 0.950 < 1 ok.

**Ausnutzung der Schrauben [Schraube 6] U<sub>max</sub> = 0.950 < 1 ok.**

## Träger

plastischer Querschnittsnachweis für N = -169.42 kN, M<sub>y</sub> = -183.86 kNm, V<sub>z</sub> = -36.77 kN,  
 M<sub>z</sub> = 91.74 kNm, V<sub>y</sub> = -18.35 kN, M<sub>x</sub> = 50.10 kNm

zul. Normal-/Schubspannung: zul σ<sub>Rd</sub> = 23.50 kN/cm<sup>2</sup>, zul τ<sub>Rd</sub> = 13.57 kN/cm<sup>2</sup>

Steg: Querkraft V<sub>s</sub> = 41.10 kN, Torsion T<sub>ps</sub> = 50.10 kNm, Schubspannung τ<sub>s</sub> = 2.89 kN/cm<sup>2</sup> ⇒ U<sub>τ,s</sub> = 0.213

Grenznormalkräfte N<sub>max,s</sub> = 3649.79 kN, N<sub>min,s</sub> = -3649.79 kN

Hauptbieg.: Normalkraft N = -169.42 kN, Grenznormalkräfte N<sub>max</sub> = 3649.79 kN, N<sub>min</sub> = -3649.79 kN ⇒ U<sub>N</sub> = 0.046

Moment M<sub>y</sub> = 205.48 kNm, Grenzmomente M<sub>y,max</sub> = 293.76 kNm, M<sub>y,min</sub> = -293.76 kNm ⇒ U<sub>M<sub>y</sub></sub> = 0.698

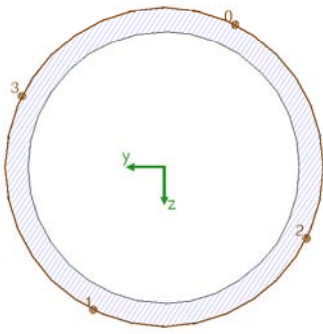
Gesamt (ggf. aus Laststeigerung): max U = 0.718 < 1 ok.

Ausnutzungen: Tragfähigkeit U<sub>σ</sub> = 0.718 < 1 ok., c/t-Verhältnis U<sub>c/t</sub> = 0.195 < 1 ok.

**Ausnutzung des Trägers max(U<sub>σ</sub>, U<sub>c/t</sub>) = 0.718 < 1 ok.**

## Schweißnähte

Bemessungsgrößen: N = -169.42 kN, M<sub>y</sub> = -183.86 kNm, V<sub>z</sub> = -36.77 kN, M<sub>z</sub> = 91.74 kNm,  
 V<sub>y</sub> = -18.35 kN, M<sub>x</sub> = 50.10 kNm



Naht 1:  $a_w = 20.0 \text{ mm}$   $l_w = 857.7 \text{ mm}$

Max:  $\sigma_{1,w,Ed} = 26.48 \text{ kN/cm}^2 < f_{1,w,Rd} = 36.00 \text{ kN/cm}^2$ ,  
 $\sigma_{2,w,Ed} = 13.11 \text{ kN/cm}^2 < f_{2,w,Rd} = 25.92 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U_w = 0.736 < 1$  **ok.**

**Ausnutzung der Schweißnähte**  $U_{\max} = 0.736 < 1$  **ok.**

**Ausnutzung Lk 1**  $U_{\max} = 0.950 < 1$  **ok.**