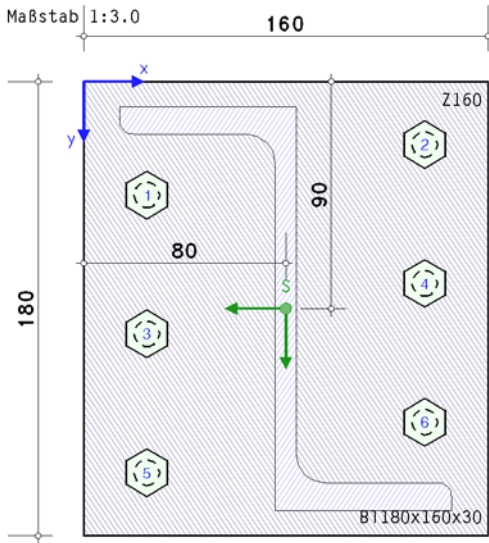


geschraubter Stirnplattenstoß

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



Stahlsorte

Stahlgüte S355

Schrauben

Festigkeitsklasse 8.8, Schraubengröße M10, Gewinde in der Scherfuge

Verbindung

Stirnblech: Dicke  $t_p = 30.0$  mm, Breite  $b_p = 160.0$  mm, Länge  $l_p = 180.0$  mm

Träger: Profil Z160

Träger-Stirnblech: umlaufende Kehlnaht, Nahtdicke  $a = 10.0$  mm

Trägerprofil mittig auf dem Stirnblech (übereinstimmende Schwerpunkte)

Koordinaten des Trägerschwerpunkts auf dem Stirnblech  $x_s = 80.0$  mm,  $y_s = 90.0$  mm

Schrauben:

Koordinaten der Schraubenachsen:

$x_1 = 25.0$  mm,  $y_1 = 45.0$  mm

$x_2 = 135.0$  mm,  $y_2 = 25.0$  mm

$x_3 = 25.0$  mm,  $y_3 = 100.0$  mm

$x_4 = 135.0$  mm,  $y_4 = 80.0$  mm

$x_5 = 25.0$  mm,  $y_5 = 155.0$  mm

$x_6 = 135.0$  mm,  $y_6 = 135.0$  mm

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  $c_f = 2357.9$  kN/cm

plastische Grenzkraft  $F_{t,f} = f_{t,f} \cdot F_{t,Rd} = 31.7$  kN,  $f_{t,f} = 0.950$ ,  $F_{t,Rd} = 33.4$  kN, wirksame Bruchdehnung  $\epsilon_{t,f} = 6.0\%$

ohne Vorspannung ( $F_{p,c} = 0$ )

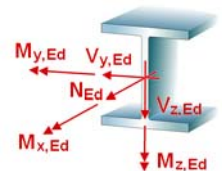
rechnerischer Bettungsmodul des Stirnblechs  $c_b = 14000.0$  kN/cm<sup>3</sup>

Anzahl / Größe der finiten Elemente je Richtung  $n_x / \Delta x = 20 / 8.0$  mm,  $n_y / \Delta y = 21 / 8.6$  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	-9.6	-0.5	0.8	2.6	1.4	0.8
2	8.4	3.0	23.1	10.4	5.1	0.0
3	-3.7	0.0	0.6	-5.6	-2.9	0.8
4	3.0	2.8	23.2	12.1	6.0	0.0
5	-8.9	-0.0	0.7	3.3	1.7	0.0
6	5.4	2.4	23.2	6.2	3.0	1.2
7	-2.9	0.5	0.5	-4.9	-2.6	-0.0
8	1.9	2.1	23.3	11.1	5.5	1.2
9	-3.9	1.3	16.6	9.6	4.8	0.8
10	-3.2	1.8	16.5	10.3	5.1	0.0



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	0.065	0.065	0.054	0.015	0.196	0.227	0.010	0.354	0.204	0.204	0.354
2	0.295	0.295	0.245	0.129	0.950	0.709	0.034	0.419	0.479	0.748	0.950*
3	0.142	0.142	0.115	0.041	0.524	0.432	0.011	0.406	0.292	0.420	0.524
4	0.358	0.358	0.292	0.166	0.950	0.741	0.043	0.506	0.476	0.875	0.950*
5	0.086	0.086	0.070	0.022	0.275	0.208	0.002	0.160	0.226	0.250	0.275
6	0.161	0.161	0.142	0.061	0.780	0.586	0.030	0.541	0.487	0.441	0.780
7	0.122	0.122	0.096	0.035	0.445	0.332	0.002	0.254	0.275	0.373	0.445
8	0.320	0.320	0.248	0.117	0.950	0.690	0.033	0.666	0.473	0.808	0.950*
9	0.262	0.262	0.205	0.078	0.932	0.674	0.023	0.535	0.471	0.701	0.932
10	0.287	0.287	0.224	0.093	0.950	0.697	0.024	0.443	0.474	0.747	0.950*

U<sub>p</sub>: Ausnutzung der Stirnplatte; U<sub>σ</sub>: Ausnutzung der Stirnplatte aus Spannung; U<sub>b</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 2] 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 2 (maßgebend)

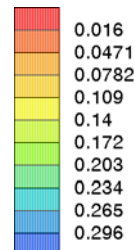
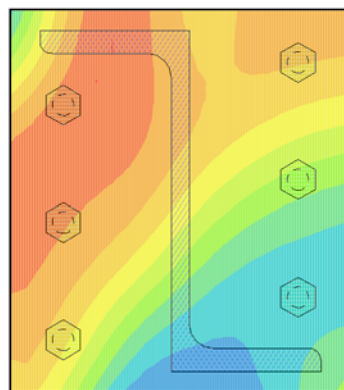
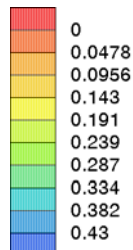
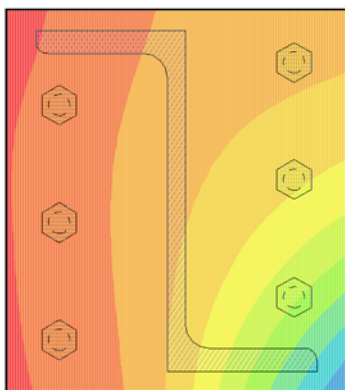
Lk 2: N<sub>Ed</sub> = 8.4 kN, M<sub>y,Ed</sub> = 3.0 kNm, V<sub>z,Ed</sub> = 23.1 kN, M<sub>z,Ed</sub> = 10.4 kNm, V<sub>y,Ed</sub>

## Stirnblech

Bemessungsgrößen: N = 8.45 kN, M<sub>y</sub> = 2.97 kNm, M<sub>z</sub> = 10.43 kNm

Verformungen u<sub>z</sub> [mm], abhebend positiv  
 min u<sub>z</sub> = -0.02 mm, max u<sub>z</sub> = 0.43 mm

Ausnutzung der Stirnplatte U<sub>p</sub>  
 min U<sub>p</sub> = 0.016, max U<sub>p</sub> = 0.295



## 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>
220	72.0	180.0	0.087	0.295	---	0.295
462	160.0	180.0	0.426	0.192	---	0.192

x,y: Knotenkoordinaten; u<sub>z</sub>: 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	25.0	45.0	0.017	3.89	0.055	0.009
2	135.0	25.0	0.085	20.04	0.283	0.047
3	25.0	100.0	0.021	4.94	0.070	0.012
4	135.0	80.0	0.135	30.84	0.449	0.075
5	25.0	155.0	0.014	3.38	0.048	0.008
6	135.0	135.0	0.232	31.74	0.774	0.129

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

**Ausnutzung der Stirnplatte [Kno 220] U<sub>max</sub> = 0.295 < 1 ok.**

**Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 6] U<sub>max</sub> = 0.129 < 1 ok.**

## Schrauben

Bemessungsgrößen: max F<sub>t</sub> = 31.74 kN, V<sub>z</sub> = 23.13 kN, V<sub>y</sub> = 5.10 kN, M<sub>x</sub> = 0.05 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> = 0.117	U <sub>vt,1</sub> = 0.333	U <sub>b,1</sub> = 0.019	U <sub>1</sub> = 0.333
Schraube 2	U <sub>tp,2</sub> = 0.600	U <sub>vt,2</sub> = 0.667	U <sub>b,2</sub> = 0.024	U <sub>2</sub> = 0.667
Schraube 3	U <sub>tp,3</sub> = 0.148	U <sub>vt,3</sub> = 0.356	U <sub>b,3</sub> = 0.020	U <sub>3</sub> = 0.356
Schraube 4	U <sub>tp,4</sub> = 0.923	U <sub>vt,4</sub> = 0.704	U <sub>b,4</sub> = 0.003	U <sub>4</sub> = 0.923
Schraube 5	U <sub>tp,5</sub> = 0.101	U <sub>vt,5</sub> = 0.409	U <sub>b,5</sub> = 0.034	U <sub>5</sub> = 0.409
Schraube 6	U <sub>tp,6</sub> = 0.950	U <sub>vt,6</sub> = 0.709	U <sub>b,6</sub> = 0.002	U <sub>6</sub> = 0.950
Gesamt Max:	U <sub>tp</sub> = 0.950	U <sub>vt</sub> = 0.709	U <sub>b</sub> = 0.034	U = 0.950 < 1 ok.

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

## Träger

plastischer Querschnittsnachweis für N = 8.45 kN, M<sub>y</sub> = 6.31 kNm, V<sub>z</sub> = 20.07 kN,

M<sub>z</sub> = 8.82 kNm, V<sub>y</sub> = 12.58 kN, M<sub>x</sub> = 0.05 kNm

zul. Normal-/Schubspannung: zul σ<sub>Rd</sub> = 35.50 kN/cm<sup>2</sup>, zul τ<sub>Rd</sub> = 20.50 kN/cm<sup>2</sup>

Obergurt: Querkraft V<sub>O</sub> = 2.55 kN, Torsion T<sub>po</sub> = 0.02 kNm, Schubspannung τ<sub>O</sub> = 0.59 kN/cm<sup>2</sup> ⇒ U<sub>τ,O</sub> = 0.029  
Gurtbiegung M<sub>σ,O</sub> = 5.06 kNm, Biegespannung σ<sub>O</sub> = 8.72 kN/cm<sup>2</sup> ⇒ U<sub>σ,O</sub> = 0.246  
Grenznormalkräfte N<sub>max,O</sub> = -4.41 kN, N<sub>min,O</sub> = -136.06 kN

Untergurt: Querkraft V<sub>U</sub> = 2.55 kN, Torsion T<sub>pu</sub> = 0.02 kNm, Schubspannung τ<sub>U</sub> = 0.59 kN/cm<sup>2</sup> ⇒ U<sub>τ,U</sub> = 0.029  
Gurtbiegung M<sub>σ,U</sub> = 5.37 kNm, Biegespannung σ<sub>U</sub> = 9.25 kN/cm<sup>2</sup> ⇒ U<sub>σ,U</sub> = 0.261  
Grenznormalkräfte N<sub>max,U</sub> = 139.81 kN, N<sub>min,U</sub> = 9.27 kN

Steg: Querkraft V<sub>s</sub> = 23.13 kN, Torsion T<sub>ps</sub> = 0.01 kNm, Schubspannung τ<sub>s</sub> = 2.12 kN/cm<sup>2</sup> ⇒ U<sub>τ,s</sub> = 0.104  
Grenznormalkräfte N<sub>max,s</sub> = 414.17 kN, N<sub>min,s</sub> = -414.17 kN

Hauptbieg.: Normalkraft N = 8.45 kN, Grenznormalkräfte N<sub>max</sub> = 549.58 kN, N<sub>min</sub> = -540.96 kN ⇒ U<sub>N</sub> = 0.015  
Moment M<sub>y</sub> = 2.97 kNm, Grenzmomente M<sub>y,max</sub> = 34.84 kNm, M<sub>y,min</sub> = -13.27 kNm ⇒ U<sub>M<sub>y</sub></sub> = 0.085

Gesamt (ggf. aus Laststeigerung): max U = 0.419 < 1 ok.

Ausnutzungen: Tragfähigkeit U<sub>σ</sub> = 0.419 < 1 ok., c/t-Verhältnis U<sub>c/t</sub> = 0.479 < 1 ok.

**Ausnutzung des Trägers max(U<sub>σ</sub>, U<sub>c/t</sub>) = 0.479 < 1 ok.**

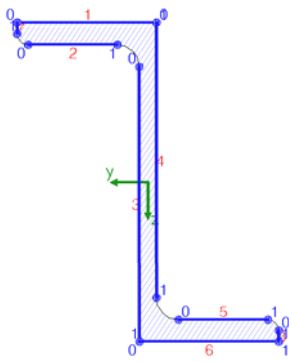
## Schweißnähte

Bemessungsgrößen: N = 8.45 kN, M<sub>y</sub> = 2.97 kNm, V<sub>z</sub> = 23.13 kN, M<sub>z</sub> = 10.43 kNm,

V<sub>y</sub> = 5.10 kN, M<sub>x</sub> = 0.05 kNm

Naht 3: Nahtdicke a = 10.0 mm > a<sub>max</sub> = t<sub>min</sub> = 6.0 mm !!

Naht 4: Nahtdicke a = 10.0 mm > a<sub>max</sub> = t<sub>min</sub> = 6.0 mm !!



Naht 1:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 70.0 \text{ mm}$
Naht 2:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 45.0 \text{ mm}$
Naht 3:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 138.0 \text{ mm}$
Naht 4:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 138.0 \text{ mm}$
Naht 5:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 45.0 \text{ mm}$
Naht 6:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 70.0 \text{ mm}$
Naht 7:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 5.5 \text{ mm}$
Naht 8:	$a_w = 10.0 \text{ mm}$	$l_w = 5.5 \text{ mm}$

Max:  $\sigma_{1,w,Ed} = 32.57 \text{ kN/cm}^2 < f_{1,w,Rd} = 43.56 \text{ kN/cm}^2$ ,  
 $\sigma_{2,w,Ed} = 16.29 \text{ kN/cm}^2 < f_{2,w,Rd} = 35.28 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U_w = 0.748 < 1$  **ok.**

**Ausnutzung der Schweißnähte**  $U_{max} = 0.748 < 1$  **ok.**

**Ausnutzung Lk 2**  $U_{max} = 0.950 < 1$  **ok.**