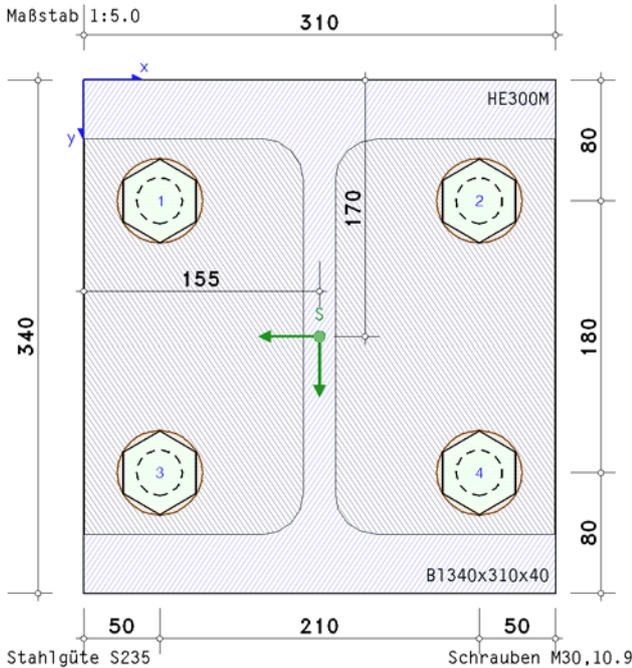


geschraubter Stirnplattenstoß

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



Stahlsorte

Stahlgüte S235

Schrauben

Schrauben mit großer Schlüsselweite sind mit der Vorspannkraft  $F_{p,c}$  (s.u.) vorzuspannen !!

Festigkeitsklasse 10.9, Schraubengröße M30

große Schlüsselweite (HV-Schraube), planmäßig vorgespannt

Regelvorspannkraft  $F_{p,c}^* = 0.7 \cdot f_{yb} \cdot A_s = 353.4$  kN, Gewinde in der Scherfuge

Verbindung

Stirnblech: Dicke  $t_p = 40.0$  mm, Breite  $b_p = 310.0$  mm, Länge  $l_p = 340.0$  mm

Träger: Profil HE300M

Träger-Stirnblech: umlaufende Kehlnaht, Nahtdicke  $a = 8.0$  mm

Trägerprofil mittig auf dem Stirnblech (übereinstimmende Schwerpunkte)

Koordinaten des Trägerschwerpunkts auf dem Stirnblech  $x_s = 155.0$  mm,  $y_s = 170.0$  mm

Schrauben:

gleichmäßige Anordnung der Schrauben, 2 vertikale und 2 horizontale Reihen

Randabstände oben, unten  $e_o = e_u = 80.0$  mm, Schraubenabstände  $p_x = 210.0$  mm

Randabstände links, rechts  $e_l = e_r = 50.0$  mm, Schraubenabstände  $p_y = 180.0$  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  $c_f = 13331.0$  kN/cm

plastische Grenzkraft  $F_{t,f} = f_{t,f} \cdot F_{t,Rd} = 383.7$  kN,  $f_{t,f} = 0.950$ ,  $F_{t,Rd} = 403.9$  kN, wirksame Bruchdehnung  $\epsilon_{t,f} = 4.5\%$

Vorspannkraft  $F_{p,c} = 353.4$  kN

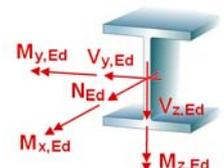
rechnerischer Bettungsmodul des Stirnblechs  $c_b = 10500.0$  kN/cm<sup>3</sup>

Anzahl / Größe der finiten Elemente je Richtung  $n_x / \Delta x = 20 / 15.5$  mm,  $n_y / \Delta y = 20 / 17.0$  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	-190.6	227.5	45.5	57.3	-11.5	0.1
2	21.5	28.0	5.6	-66.9	-5.4	-0.1
3	-98.5	100.9	20.2	67.5	-13.5	0.1
4	-75.4	88.7	17.7	0.8	-0.2	0.0
5	-24.7	-1.4	-0.3	47.1	-9.4	0.0
6	-162.9	245.2	49.0	-11.1	-9.0	0.0
7	-26.6	84.0	16.8	-67.2	-5.3	-0.1



Lk	N <sub>Ed</sub> kN	M <sub>y,Ed</sub> kNm	V <sub>z,Ed</sub> kN	M <sub>z,Ed</sub> kNm	V <sub>y,Ed</sub> kN	M <sub>x,Ed</sub> kNm
8	-122.0	147.5	29.5	57.7	-11.5	0.1
9	-161.6	237.5	47.5	-13.0	-8.7	0.0
10	-25.6	3.9	0.8	48.4	-9.7	0.0

### Materialsicherheitsbeiwerte

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

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

## Berechnung

Teile der Kehlnaht außerhalb des Stirnblechs !

### 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	0.927	0.927	0.729	0.559	0.950	0.725	0.024	0.308	0.145	0.988	0.988*
2	0.310	0.226	0.310	0.054	0.890	0.644	0.004	0.153	0.101	0.455	0.890
3	0.394	0.394	0.325	0.072	0.936	0.685	0.012	0.199	0.123	0.677	0.936
4	0.167	0.139	0.167	0.053	0.878	0.647	0.006	0.096	0.072	0.265	0.878
5	0.222	0.102	0.222	0.053	0.876	0.636	0.005	0.107	0.081	0.274	0.876
6	0.699	0.644	0.699	0.378	0.950	0.727	0.023	0.272	0.124	0.770	0.950
7	0.370	0.370	0.305	0.069	0.929	0.677	0.008	0.183	0.117	0.608	0.929
8	0.526	0.526	0.365	0.112	0.950	0.697	0.016	0.227	0.128	0.754	0.950
9	0.630	0.630	0.606	0.317	0.950	0.721	0.023	0.266	0.123	0.759	0.950
10	0.228	0.109	0.228	0.053	0.876	0.637	0.006	0.110	0.083	0.288	0.876

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 = 0.988 < 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

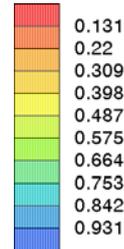
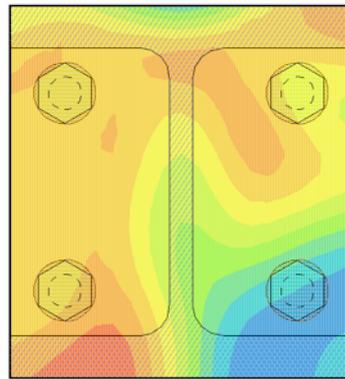
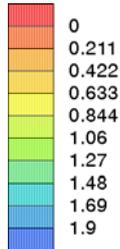
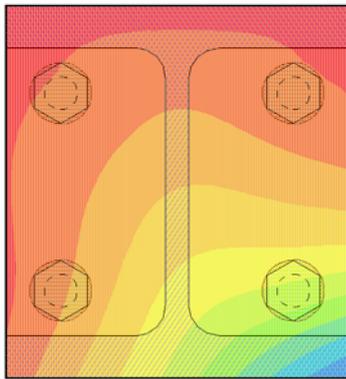
## Detaillierte Ausgabe von Lk 1 (maßgebend)

## Stirnblech

Bemessungsgrößen:  $N = -190.57 \text{ kN}$ ,  $M_y = 227.47 \text{ kNm}$ ,  $M_z = 57.30 \text{ kNm}$

**Verformungen  $u_z$  [mm]**, abhebend positiv  
min  $u_z = -0.05 \text{ mm}$ , max  $u_z = 1.93 \text{ mm}$

**Ausnutzung der Stirnplatte  $U_p$**   
min  $U_p = 0.131$ , max  $U_p = 0.927$



### Ausnutzung der Stirnplatte

Kno	x mm	y mm	$u_z$ mm	$U_\sigma$	$U_b$	$U_p$
336	232.5	340.0	1.438	0.927	---	0.927
441	310.0	340.0	1.929	0.757	---	0.757

x,y: Knotenkoordinaten;  $u_z$ : Verformungen (abhebend positiv);  $U_\sigma$ : 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	$\epsilon_{wt}$ %	$U_{wt}$
1	50.0	80.0	0.020	370.16	0.288	0.064
2	260.0	80.0	0.045	378.19	0.351	0.078
3	50.0	260.0	0.183	383.72	0.695	0.154
4	260.0	260.0	0.911	383.72	2.515	0.559

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

**Ausnutzung der Stirnplatte [Kno 336]**  $U_{max} = 0.927 < 1$  **ok.**

**Ausnutzung der Schrauben aus Dehnung [Schraube 4]**  $U_{max} = 0.559 < 1$  **ok.**

## Schrauben

Bemessungsgrößen: max  $F_t = 383.72 \text{ kN}$ ,  $V_z = 45.49 \text{ kN}$ ,  $V_y = -11.46 \text{ kN}$ ,  $M_x = 0.08 \text{ kNm}$

### 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	$U_{tp,1} = 0.916$	$U_{vt,1} = 0.725$	$U_{b,1} = 0.024$	$U_1 = 0.916$
Schraube 2	$U_{tp,2} = 0.936$	$U_{vt,2} = 0.723$	$U_{b,2} = 0.018$	$U_2 = 0.936$
Schraube 3	$U_{tp,3} = 0.950$	$U_{vt,3} = 0.720$	$U_{b,3} = 0.014$	$U_3 = 0.950$
Schraube 4	$U_{tp,4} = 0.950$	$U_{vt,4} = 0.721$	$U_{b,4} = 0.014$	$U_4 = 0.950$
Gesamt Max:	$U_{tp} = 0.950$	$U_{vt} = 0.725$	$U_b = 0.024$	$U = 0.950 < 1$ <b>ok.</b>

**Ausnutzung der Schrauben [Schraube 3]**  $U_{max} = 0.950 < 1$  **ok.**

## Träger

plastischer Querschnittsnachweis für  $N = -190.57 \text{ kN}$ ,  $M_y = 227.47 \text{ kNm}$ ,  $V_z = 45.49 \text{ kN}$ ,  
 $M_z = 57.30 \text{ kNm}$ ,  $V_y = -11.46 \text{ kN}$ ,  $M_x = 0.08 \text{ kNm}$

zul. Normal-/Schubspannung: zul  $\sigma_{Rd} = 23.50 \text{ kN/cm}^2$ , zul  $\tau_{Rd} = 13.57 \text{ kN/cm}^2$

Obergurt: Querkraft  $V_o = -5.73 \text{ kN}$ , Torsion  $T_{po} = 0.04 \text{ kNm}$ , Schubspannung  $\tau_o = 0.06 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U_{\tau,o} = 0.004$   
Gurtbiegung  $M_{\sigma,o} = 28.65 \text{ kNm}$ , Biegespannung  $\sigma_o = 3.06 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U_{\sigma,o} = 0.130$   
Grenznormalkräfte  $N_{max,o} = 2649.85 \text{ kN}$ ,  $N_{min,o} = -2649.85 \text{ kN}$

Untergurt: Querkraft  $V_u = -5.73 \text{ kN}$ , Torsion  $T_{pu} = 0.04 \text{ kNm}$ , Schubspannung  $\tau_u = 0.06 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U_{\tau,u} = 0.004$   
Gurtbiegung  $M_{\sigma,u} = 28.65 \text{ kNm}$ , Biegespannung  $\sigma_u = 3.06 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U_{\sigma,u} = 0.130$   
Grenznormalkräfte  $N_{max,u} = 2649.85 \text{ kN}$ ,  $N_{min,u} = -2649.85 \text{ kN}$

Steg: Querkraft  $V_s = 45.49 \text{ kN}$ , Torsion  $T_{ps} = 0.01 \text{ kNm}$ , Schubspannung  $\tau_s = 0.72 \text{ kN/cm}^2 \Rightarrow U_{\tau,s} = 0.053$   
Grenznormalkräfte  $N_{max,s} = 1483.32 \text{ kN}$ ,  $N_{min,s} = -1483.32 \text{ kN}$

Hauptbieg.: Normalkraft  $N = -190.57 \text{ kN}$ , Grenznormalkräfte  $N_{max} = 6783.02 \text{ kN}$ ,  $N_{min} = -6783.02 \text{ kN} \Rightarrow U_N = 0.028$   
Moment  $M_y = 227.47 \text{ kNm}$ , Grenzmomente  $M_{y,max} = 907.38 \text{ kNm}$ ,  $M_{y,min} = -907.38 \text{ kNm} \Rightarrow U_{M_y} = 0.251$

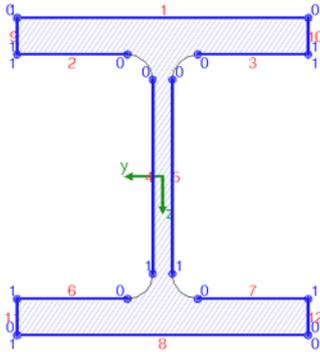
Gesamt (ggf. aus Laststeigerung):  $\max U = 0.308 < 1$  **ok.**

Ausnutzungen: Tragfähigkeit  $U_{\sigma} = 0.308 < 1$  **ok.**,  $c/t$ -Verhältnis  $U_{c/t} = 0.145 < 1$  **ok.**

Ausnutzung des Trägers  $\max(U_{\sigma}, U_{c/t}) = 0.308 < 1$  **ok.**

## Schweißnähte

Bemessungsgrößen:  $N = -190.57$  kN,  $M_y = 227.47$  kNm,  $V_z = 45.49$  kN,  $M_z = 57.30$  kNm,  
 $V_y = -11.46$  kN,  $M_x = 0.08$  kNm



Naht 1:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 310.0$ mm
Naht 2:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 117.5$ mm
Naht 3:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 117.5$ mm
Naht 4:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 208.0$ mm
Naht 5:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 208.0$ mm
Naht 6:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 117.5$ mm
Naht 7:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 117.5$ mm
Naht 8:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 310.0$ mm
Naht 9:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 39.0$ mm
Naht 10:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 39.0$ mm
Naht 11:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 39.0$ mm
Naht 12:	$a_w = 8.0$ mm	$l_w = 39.0$ mm

Max:  $\sigma_{1,w,Ed} = 35.55$  kN/cm<sup>2</sup> <  $f_{1,w,Rd} = 36.00$  kN/cm<sup>2</sup>,  
 $\sigma_{2,w,Ed} = 17.78$  kN/cm<sup>2</sup> <  $f_{2,w,Rd} = 25.92$  kN/cm<sup>2</sup>  $\Rightarrow U_w = 0.988 < 1$  **ok.**

Ausnutzung der Schweißnähte  $U_{\max} = 0.988 < 1$  **ok.**

Ausnutzung Lk 1  $U_{\max} = 0.988 < 1$  **ok.**