

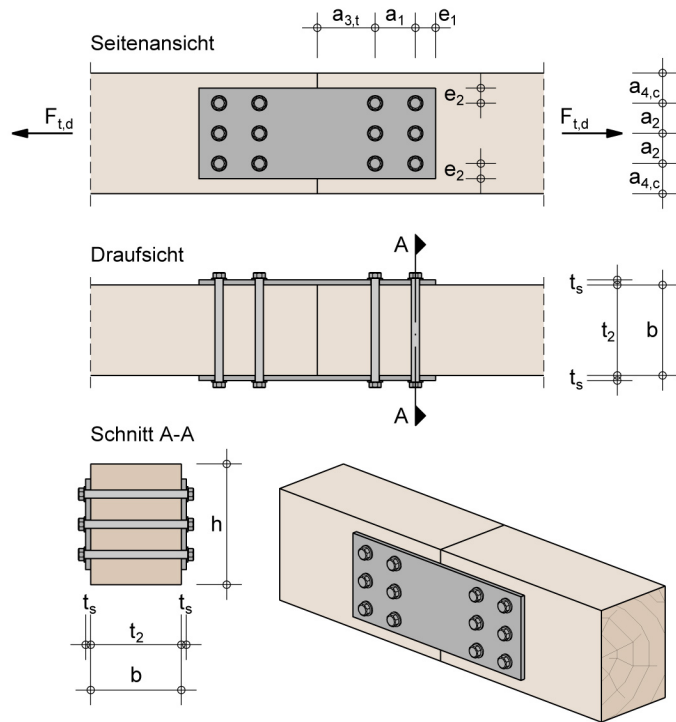
## Nachweis Zugstoß

nach DIN EN 1995-1-1:2010-12 und Nationalem Anhang DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08

### Anschluss & Geometrie

Passbolzenverbindung mit außenliegenden Stahlblechen

Holzart:	Brettschichtholz
Festigkeit:	GL24h nach DIN EN 14080:2013-09
Breite $b = t_2$ :	160 mm
Höhe $h$ :	320 mm
Stahlsorte (Blech):	S 235
Stahlblechdicke $t_s$ :	8 mm
Passbolzen:	M24
Festigkeit $PB$ :	4.8
Reihen $\parallel$ zur Faser $n$ :	2
Reihen $\perp$ zur Faser $m$ :	3
Verbindungsmittelabstände:	
$a_1$ :	120 mm
$a_2$ :	75 mm
$a_{3,t}$ :	170 mm
$a_{4,c}$ :	85 mm
$e_1$ :	30 mm
$e_2$ :	30 mm



### Beanspruchung

Beanspruchung $F_{t,d}$ :	130.00 kN
Nutzungs-kategorie: NKL1	KLED: mittel
	Modifikationsbeiwert $k_{mod}$ : 0.8

Nachweis:	$0.90 \leq 1.00$	Nachweis erfüllt
-----------	------------------	------------------

### Bemessung

#### Tragfähigkeitsnachweis Mittelholz - Zug im Nettoquerschnitt

$$A_{2,netto} = t_2 * (h - m * d) * 10^{-2} = 160 * (320 - 3 * 24) * 10^{-2} = 396.80 \text{ cm}^2$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0.8 * \frac{19.2}{1.30} * 10^{-1} = 1.182 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{\frac{2}{s} * F_{t,d}}{A_{2,netto}} = \frac{\frac{2}{2} * 130.00}{396.80} = 0.328 \text{ kN/cm}^2$$

$$k_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \left( \frac{600}{\max \left\{ \begin{array}{l} b \\ h \end{array} \right\}} \right)^{0.1} \\ 1.1 \end{array} \right. = \left( \frac{600}{320} \right)^{0.1} = 1.06 = 1.06 \quad (3.2 \text{ und NAD NCI Zu 3.3(3)})$$

Tragfähigkeit Mittelholz:	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{k_h * f_{t,0,d}} = \frac{0.328}{1.06 * 1.182} =$	$0.26 \leq 1.00$
---------------------------	---	------------------

### Tragfähigkeitsnachweis Stahlblech - Zug im Nettoquerschnitt

Streckgrenze  $f_y$  (S 235): 235 N/mm<sup>2</sup>

Zugfestigkeit  $f_u$  (S 235): 360 N/mm<sup>2</sup>

$n_s$ : 2 Anzahl der Stahlbleche

$\gamma_{M0}$ : 1,00

$\gamma_{M2}$ : 1,25

$d_0$ : 25 mm max. Lochdurchmesser (DIN EN 1995-1-1/NA, NCI Zu 8.6)

$$A = n_s * t_s * (2 * e_2 + (m - 1) * a_2) = 2 * 8 * (2 * 30 + (3 - 1) * 75) = 3360 \text{ mm}^2$$

$$A_{net} = n_s * t_s * (2 * e_2 + (m - 1) * a_2 - m * d_0) = 2 * 8 * (2 * 30 + (3 - 1) * 75 - 3 * 25) = 2160 \text{ mm}^2$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} * 10^{-3} = \frac{3360 * 235}{1.00} * 10^{-3} = 789.6 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 * A_{net} * f_u}{\gamma_{M2}} * 10^{-3} = \frac{0.9 * 2160 * 360}{1.25} * 10^{-3} = 559.9 \text{ kN} \quad (6.7)$$

Tragfähigkeit Stahlblech:	$\frac{F_{t,d}}{N_{Rd}} = \frac{130.00}{559.9} =$	$0.23 \leq 1.00$
---------------------------	---	------------------

### Verbindungsmittelnachweis - Tragfähigkeit des Verbindungsmittels im Stahlblech

$n_s$ : 2 Anzahl der Stahlbleche

$p_2$ : 75 mm entspricht Verbindungsmittelabstand  $a_2$

$d_0$ : 25 mm max. Lochdurchmesser (DIN EN 1995-1-1/NA, NCI Zu 8.6)

$a_v$ : 0.6 nach DIN EN 1993-1-8:2010-12, Abs. 3.6, Tab. 3.4

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2.8 * \frac{e_2}{d_0} - 1.7 = 2.8 * \frac{30}{25} - 1.7 = 1.66 \\ 1.4 * \frac{p_2}{d_0} - 1.7 = 1.4 * \frac{75}{25} - 1.7 = 2.50 \\ 2.5 \end{array} \right. \quad (\text{DIN EN 1993-1-8:2010-12, Tab. 3.4})$$

Zugfestigkeit (PB 4.8)  $f_{ub}$ : 400 N/mm<sup>2</sup>

Zugfestigkeit (Blech)  $f_u$ : 360 N/mm<sup>2</sup>

$\gamma_{M2}$ : 1,25 nach DIN EN 1993-1-8:2010-12, Abs. 2.2, Tab. 2.1

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3 * d_0} = \frac{30}{3 * 25} = 0.40$$

$$\alpha_b = \min \begin{cases} \alpha_d = 0.40 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{400}{360} = 1.11 \\ 1.00 \end{cases} \quad (\text{DIN EN 1993-1-8:2010-12, Tab. 3.4})$$

Lochleibung:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * f_u * d * t_s}{\gamma_{M,2}} * 10^{-3} = \frac{1.66 * 0.4 * 360 * 24 * 8}{1.25} * 10^{-3} = 36.72 \text{ kN}$$

Abscheren:

$$A = \frac{\pi}{4} * d^2 = \frac{3.14}{4} * 24^2 = 452 \text{ mm}^2$$

$$F_{v,Rd} = \frac{a_v * f_{ub} * A}{\gamma_{M,2}} * 10^{-3} = \frac{0.6 * 400 * 452}{1.25} * 10^{-3} = 86.78 \text{ kN}$$

Beanspruchung:

$$F_{v,Ed} = \frac{F_{t,d}}{n_{ef} * m * n_s} = \frac{130.00}{1.47 * 3 * 2} = 14.74 \text{ kN}$$

Beanspruchbarkeit:

$$F_{Rd} = \min \begin{cases} F_{b,Rd} = 36.72 \text{ kN} \\ 1 * F_{v,Rd} = 1 * 86.78 = 86.78 \text{ kN} \end{cases}$$

Nachweis des Verbindungsmittels im Blech:	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{Rd}} = \frac{14.74}{36.72} =$	$0.40 \leq 1.00$
---	---	------------------

## Blockversagen im Stahlblech

$n_s$ : 2 Anzahl der Stahlbleche

Stahlsorte (Blech): S 235

$$A_{nt} = (m - 1) * (a_2 - d_0) * t_s = (3 - 1) * (75 - 25) * 8 = 800 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = \left( (n - 1) * (a_1 - d_0) + \left( e_1 - \frac{d_0}{2} \right) \right) * t_s * 2$$

$$= \left( (2 - 1) * (120 - 25) + \left( 30 - \frac{25}{2} \right) \right) * 8 * 2 = 1800 \text{ mm}^2$$

$$V_{eff,1,Rd} = \left( f_u * \frac{A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y}{\sqrt{3}} * \frac{A_{nv}}{\gamma_{M0}} \right) * 10^{-3}$$

$$= \left( 360 * \frac{800}{1.25} + \frac{235}{\sqrt{3}} * \frac{1800}{1.00} \right) * 10^{-3} = 474.62 \text{ kN} \quad (\text{DIN EN 1993-1-8:2010-12, Gl. 3.9})$$

Beanspruchung:

$$F_{t,d} = 130.00 \text{ kN}$$

Blockversagen im Blech:	$\frac{F_{t,d}}{n_s * V_{eff,1,Rd}} = \frac{130.00}{2 * 474.62} =$	$0.14 \leq 1.00$
-------------------------	--	------------------

**Tragfähigkeit der Verbindungsmittel im Holzbauteil (genaues Bemessungsverfahren)**

$$\text{Rohdichte (GL24h) } \rho_k: \quad 385 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Zugfestigkeit (PB 4.8) } f_{u,k}: \quad 400 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 24) * 385 = 23.99 \text{ N/mm}^2 \quad (8.32)$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6} = 0,3 * 400 * 24^{2,6} = 465297 \text{ Nmm} \quad (8.30)$$

Scherfuge I und II (dünnes Stahlblech:  $t_s \leq 0.5 * d$ ):

$$f_{h,2,k} = f_{h,0,k} = 23.99 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{v,Rk,I} = \min \begin{cases} \text{(j) } 0.5 * f_{h,2,k} * t_2 * d \\ \text{(k) } 1.15 * \sqrt{2 * M_{y,Rk} * f_{h,2,k} * d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{cases}$$

$$= \min \begin{cases} \text{(j) } 0.5 * 23.99 * 160 * 24 = 46061 \text{ N} \\ \text{(k) } 1.15 * \sqrt{2 * 465297 * 23.99 * 24} + 0 = 26619 \text{ N} \end{cases} \quad (8.12)$$

$$= 26619 \text{ N}$$

charakteristische Gesamttragfähigkeit eines Stabdübels auf Abscheren:

$$F_{v,Rk} = 2 * F_{v,Rk,I}$$

$$= 2 * 26619 = 53238 \text{ N}$$

wirksame Stabdübelanzahl pro Reihe:

$$n_{ef} = \min \begin{cases} n = 2 \\ n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 * d}} = 2^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{120}{13 * 24}} = 1.47 \end{cases} \quad (8.34)$$

$$= 1.47$$

charakteristische Tragfähigkeit der Verbindung:

$$F_{v,Rk,ges} = n_{ef} * m * F_{v,Rk} * 10^{-3} = 1.47 * 3 * 53238 * 10^{-3} = 234.78 \text{ kN}$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit:

$$F_{v,Rd} = k_{mod} * \frac{F_{v,Rk,ges}}{\gamma_M} = 0.8 * \frac{234.78}{1.3} = 144.48 \text{ kN}$$

Nachweis des Verbindungsmittels im Holz:	$\frac{F_{t,d}}{F_{v,Rd}} = \frac{130.00}{144.48} =$	$0.90 \leq 1.00$
--	--	------------------

**Nachweis Blockscherensagen**

$$l_{v,1} = a_{3,t} - \frac{d}{2} = 170 - \frac{24}{2} = 158.0 \text{ mm}$$

$$l_{v,2} = a_1 - d = 120 - 24 = 96.0 \text{ mm}$$

$$l_{t,1} = a_2 - d = 75 - 24 = 51.0 \text{ mm}$$

$$L_{net,v} = 2 * l_{v,1} + 2 * (n - 1) * l_{v,2} = 2 * 158.0 + 2 * (2 - 1) * 96.0 = 508.0 \text{ mm} \quad (\text{A.4})$$

$$L_{net,t} = (m - 1) * l_{t,1} = (3 - 1) * 51.0 = 102.0 \text{ mm} \quad (\text{A.5})$$

$$A_{net,t} = L_{net,t} * t_2 = 102.0 * 160 = 16320 \text{ mm}^2$$

$$A_{net,v} = L_{net,v} * t_2 = 508.0 * 160 = 81280 \text{ mm}^2$$

charakteristische Tragfähigkeit infolge Blockscheren:

$$F_{bs,Rk} = \max \begin{cases} 1.50 * A_{net,t} * f_{t,0,k} * 10^{-3} = 1.50 * 16320 * 19.2 * 10^{-3} = 470.0 \text{ kN} \\ 0.70 * A_{net,v} * f_{v,k} * 10^{-3} = 0.70 * 81280 * 3.5 * 10^{-3} = 199.1 \text{ kN} \end{cases} \quad (\text{A.1})$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit:

$$F_{bs,Rd} = k_{mod} * \frac{F_{bs,Rk}}{1.30} = 0.8 * \frac{470.0}{1.30} = 289.24 \text{ kN}$$

Nachweis Blockscheren im Holz:	$\frac{F_{t,d}}{F_{bs,Rd}} = \frac{130.00}{289.24} =$	$0.45 \leq 1.00$
--------------------------------	---	------------------

## Zusammenstellung der Ergebnisse

Tragfähigkeit Mittelholz:	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{k_h * f_{t,0,d}} = \frac{0.328}{1.06 * 1.182} =$	$0.26 \leq 1.00$
Tragfähigkeit Stahlblech:	$\frac{F_{t,d}}{N_{Rd}} = \frac{130.00}{559.9} =$	$0.23 \leq 1.00$
Nachweis des Verbindungsmittels im Blech:	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{Rd}} = \frac{14.74}{36.72} =$	$0.40 \leq 1.00$
Blockversagen im Blech:	$\frac{F_{t,d}}{n_s * V_{eff,1,Rd}} = \frac{130.00}{2 * 474.62} =$	$0.14 \leq 1.00$
Nachweis des Verbindungsmittels im Holz:	$\frac{F_{t,d}}{F_{v,Rd}} = \frac{130.00}{144.48} =$	$0.90 \leq 1.00$
Nachweis Blockscheren im Holz:	$\frac{F_{t,d}}{F_{bs,Rd}} = \frac{130.00}{289.24} =$	$0.45 \leq 1.00$

Nachweis:	$0.90 \leq 1.00$	<b>Nachweis erfüllt</b>
-----------	------------------	-------------------------

## verwendete Normen

DIN EN 14080:2013-09	Holzbauwerke - Brettschichtholz und Balkenschichtholz
DIN EN 1993-1-1:2010-12	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 1-1
DIN EN 1993-1-8:2010-12	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Teil 1-8
DIN EN 1995-1-1:2010-12	Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauteilen, Teil 1-1
DIN EN 1995-1-1/A2:2014-07	Änderung A2 zu EC5
DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08	Nationaler Anhang (EC5)