

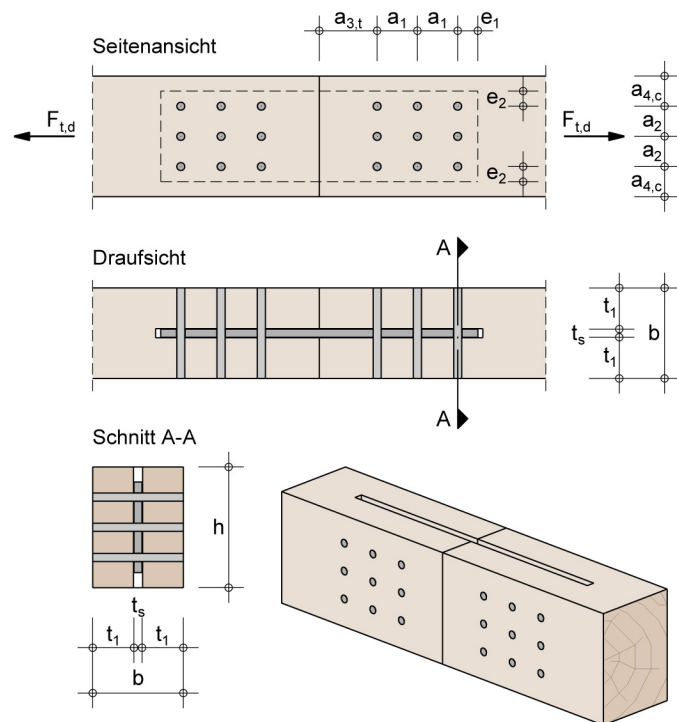
Nachweis Zugstoß

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

Anschluss & Geometrie

2-schnittige Stabdübelverbindung mit innenliegenden Schlitzblechen

Holzart:	Nadelholz
Festigkeit:	C24 nach DIN EN 338:2016-07
Breite b :	120 mm
Höhe h :	200 mm
Seitenholzdicke t_1 :	57 mm
Stahlsorte (Blech):	S 235
Stahlblechdicke t_s :	6 mm
Stahlsorte (SDÜ):	S 235
Durchmesser d :	12 mm
Reihen \parallel zur Faser n :	3
Reihen \perp zur Faser m :	3
Verbindungsmittelabstände:	
a_1 :	60 mm
a_2 :	40 mm
$a_{3,t}$:	85 mm
$a_{4,c}$:	60 mm
e_1 :	20 mm
e_2 :	20 mm



Beanspruchung

Beanspruchung $F_{t,d}$:	75.00 kN	
Nutzungs-kategorie: NKL1	KLED: kurz	Modifikationsbeiwert k_{mod} : 0.9

Nachweis:	$0.97 \leq 1.00$	Nachweis erfüllt
-----------	------------------	-------------------------

Bemessung**Tragfähigkeitsnachweis Seitenholz - Zug im Nettoquerschnitt**

Luft je Schnitt $t_{s,L}$: 1.0 mm Berücksichtigung der Schlitzbreite im Holzabbund
 $k_{t,e}$: 0.40 Abminderung Zugtragfähigkeit nach NCI NA. 8.1.6

$$A_{1,netto} = (t_1 - t_{s,L}) * (h - m * d) * 10^{-2} = (57 - 1.0) * (200 - 3 * 12) * 10^{-2} = 91.84 \text{ cm}^2$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0.9 * \frac{14.5}{1.30} * 10^{-1} = 1.004 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{\frac{1}{s} * F_{t,d}}{A_{1,netto}} = \frac{\frac{1}{2} * 75.00}{91.84} = 0.408 \text{ kN/cm}^2$$

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{150}{b} \right)^{0.2} = \left(\frac{150}{120} \right)^{0.2} = 1.05 \quad = 1.05 \right. \quad (3.1)$$

$$\left. 1.3 \right.$$

Tragfähigkeit Seitenholz:	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{k_{t,e} * k_h * f_{t,0,d}} = \frac{0.408}{0.40 * 1.05 * 1.004} =$	$0.97 \leq 1.00$
---------------------------	--	------------------

Tragfähigkeitsnachweis Stahlblech - Zug im Nettoquerschnitt

Streckgrenze f_y (S 235): 235 N/mm²
 Zugfestigkeit f_u (S 235): 360 N/mm²
 n_s : 1 Anzahl der Stahlbleche
 γ_{M0} : 1,00
 γ_{M2} : 1,25
 d_0 : 13 mm max. Lochdurchmesser (DIN EN 1995-1-1/NA, NCI Zu 8.6)

$$A = n_s * t_s * (2 * e_2 + (m - 1) * a_2) = 1 * 6 * (2 * 20 + (3 - 1) * 40) = 720 \text{ mm}^2$$

$$A_{net} = n_s * t_s * (2 * e_2 + (m - 1) * a_2 - m * d_0) = 1 * 6 * (2 * 20 + (3 - 1) * 40 - 3 * 13) = 486 \text{ mm}^2$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} * 10^{-3} = \frac{720 * 235}{1.00} * 10^{-3} = 169.2 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 * A_{net} * f_u}{\gamma_{M2}} * 10^{-3} = \frac{0.9 * 486 * 360}{1.25} * 10^{-3} = 126.0 \text{ kN} \quad (6.7)$$

Tragfähigkeit Stahlblech:	$\frac{F_{t,d}}{N_{Rd}} = \frac{75.00}{126.0} =$	$0.60 \leq 1.00$
---------------------------	--	------------------

Verbindungsmittelnachweis - Tragfähigkeit des Verbindungsmittels im Stahlblech

n_s :	1	Anzahl der Stahlbleche
p_2 :	40 mm	entspricht Verbindungsmittelabstand a_2
d_0 :	13 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

$$k_1 = \min \begin{cases} 2.8 * \frac{e_2}{d_0} - 1.7 = 2.8 * \frac{20}{13} - 1.7 = 2.61 \\ 1.4 * \frac{p_2}{d_0} - 1.7 = 1.4 * \frac{40}{13} - 1.7 = 2.61 \\ 2.5 \end{cases} \quad (\text{DIN EN 1993-1-8:2010-12, Tab. 3.4})$$

Zugfestigkeit (SDÜ) f_{ub} : 360 N/mm²Zugfestigkeit (Blech) f_u : 360 N/mm² $\gamma_{M,2}$: 1,25 nach DIN EN 1993-1-8:2010-12, Abs. 2.2, Tab. 2.1

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3 * d_0} = \frac{20}{3 * 13} = 0.51$$

$$\alpha_b = \min \begin{cases} \alpha_d = 0.51 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{360}{360} = 1.00 \\ 1.00 \end{cases} \quad (\text{DIN EN 1993-1-8:2010-12, Tab. 3.4})$$

Lochleibung:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * f_u * d * t_s}{\gamma_{M,2}} * 10^{-3} = \frac{2.50 * 0.51 * 360 * 12 * 6}{1.25} * 10^{-3} = 26.44 \text{ kN}$$

Abscheren:

$$A = \frac{\pi}{4} * d^2 = \frac{3.14}{4} * 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$F_{v,Rd} = \frac{a_v * f_{ub} * A}{\gamma_{M,2}} * 10^{-3} = \frac{0.6 * 360 * 113}{1.25} * 10^{-3} = 19.53 \text{ kN}$$

Beanspruchung:

$$F_{v,Ed} = \frac{F_{t,d}}{n_{ef} * m * n_s} = \frac{75.00}{2.12 * 3 * 1} = 11.79 \text{ kN}$$

Beanspruchbarkeit:

$$F_{Rd} = \min \begin{cases} F_{b,Rd} = 26.44 \text{ kN} \\ 2 * F_{v,Rd} = 2 * 19.53 = 39.06 \text{ kN} \end{cases}$$

Nachweis des Verbindungsmittels im Blech:	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{Rd}} = \frac{11.79}{26.44} =$	$0.45 \leq 1.00$
---	---	------------------

Blockversagen im Stahlblech n_s : 1 Anzahl der Stahlbleche

Stahlsorte (Blech): S 235

$$A_{nt} = (m - 1) * (a_2 - d_0) * t_s = (3 - 1) * (40 - 13) * 6 = 324 \text{ mm}^2$$

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

$$= \left((3-1) * (60 - 13) + \left(20 - \frac{13}{2} \right) \right) * 6 * 2 = 1290 \text{ mm}^2$$

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

$$= \left(360 * \frac{324}{1.25} + \frac{235}{\sqrt{3}} * \frac{1290}{1.00} \right) * 10^{-3} = 268.34 \text{ kN}$$

(DIN EN 1993-1-8:2010-12, Gl. 3.9)

Beanspruchung:

$$F_{t,d} = 75.00 \text{ kN}$$

Blockversagen im Blech:	$\frac{F_{t,d}}{n_s * V_{eff,1,Rd}} = \frac{75.00}{1 * 268.34} =$	$0.28 \leq 1.00$
-------------------------	---	------------------

Tragfähigkeit der Verbindungsmittel im Holzbauteil (genaues Bemessungsverfahren)

Rohdichte (NH C24) ρ_k : 350 kg/m³

Zugfestigkeit (SDü) $f_{u,k}$: 360 N/mm²

$$f_{h,0,k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k = 0,082 * (1 - 0,01 * 12) * 350 = 25.26 \text{ N/mm}^2 \quad (8.32)$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6} = 0,3 * 360 * 12^{2,6} = 69071 \text{ Nmm} \quad (8.30)$$

Scherfuge I und II:

$$f_{h,1,k} = f_{h,0,k} = 25.26 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{v,Rk,I} = \min \begin{cases} \text{(f)} f_{h,1,k} * t_1 * d \\ \text{(g)} f_{h,1,k} * t_1 * d * \left[\sqrt{2 + \frac{4 * M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} * d * t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ \text{(h)} 2.3 * \sqrt{M_{y,Rk} * f_{h,1,k} * d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{cases}$$

$$= \min \begin{cases} \text{(f)} 25.26 * 57 * 12 = 17278 \text{ N} \\ \text{(g)} 25.26 * 57 * 12 * \left[\sqrt{2 + \frac{4 * 69071}{25.26 * 12 * 57^2}} - 1 \right] + 0 = 8814 \text{ N} \\ \text{(h)} 2.3 * \sqrt{69071 * 25.26 * 12} + 0 = 10524 \text{ N} \end{cases} \quad (8.11)$$

$$= 8814 \text{ N}$$

charakteristische Gesamttragfähigkeit eines Stabdübels auf Abscheren:

$$F_{v,Rk} = 2 * F_{v,Rk,I} = 2 * 8814 = 17628 \text{ N}$$

wirksame Stabdübelanzahl pro Reihe:

$$n_{ef} = \min \begin{cases} n = 3 \\ n^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 * d}} = 3^{0,9} * \sqrt[4]{\frac{60}{13 * 12}} = 2.12 \end{cases} \quad (8.34)$$

$$= 2.12$$

charakteristische Tragfähigkeit der Verbindung:

$$F_{v,Rk,ges} = n_{ef} * m * F_{v,Rk} * 10^{-3} = 2.12 * 3 * 17628 * 10^{-3} = 112.11 \text{ kN}$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit:

$$F_{v,Rd} = k_{mod} * \frac{F_{v,Rk,ges}}{\gamma_M} = 0.9 * \frac{112.11}{1.3} = 77.61 \text{ kN}$$

Nachweis des Verbindungsmittels im Holz:	$\frac{F_{t,d}}{F_{v,Rd}} = \frac{75.00}{77.61} =$	$0.97 \leq 1.00$
--	--	------------------

Nachweis Blockscherversagen

$$l_{v,1} = a_{3,t} - \frac{d}{2} = 85 - \frac{12}{2} = 79.0 \text{ mm}$$

$$l_{v,2} = a_1 - d = 60 - 12 = 48.0 \text{ mm}$$

$$l_{t,1} = a_2 - d = 40 - 12 = 28.0 \text{ mm}$$

$$L_{net,v} = 2 * l_{v,1} + 2 * (n - 1) * l_{v,2} = 2 * 79.0 + 2 * (3 - 1) * 48.0 = 350.0 \text{ mm} \quad (\text{A.4})$$

$$L_{net,t} = (m - 1) * l_{t,1} = (3 - 1) * 28.0 = 56.0 \text{ mm} \quad (\text{A.5})$$

Luft je Schnitt $t_{s,L}$: 1.0 mm Berücksichtigung der Schlitzbreite im Holzabbund

Schnittigkeit s : 2

$$A_{net,t} = L_{net,t} * (t_1 - t_{s,L}) = 56.0 * (57 - 1.0) = 3136 \text{ mm}^2$$

$$t_{ef} = \begin{cases} \text{(e) (h)} & 2 * \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} * d}} \\ \text{(d) (g)} & t_1 * \left[\sqrt{2 + \frac{4 * M_{y,Rk}}{f_{h,k} * d * t_1^2}} - 1 \right] \end{cases} \quad (\text{DIN EN 1995-1-1/A2:2014-07, Gl. A.7})$$

$$= \begin{cases} \text{(e) (h)} & 2 * \sqrt{\frac{69071}{25.26 * 12}} = 30.2 \text{ mm} \\ \text{(d) (g)} & 57 * \left[\sqrt{2 + \frac{4 * 69071}{25.26 * 12 * 57^2}} - 1 \right] = 29.1 \text{ mm} \end{cases}$$

Scherfuge I und II:

$$A_{net,v,I} = \min \begin{cases} \text{(f)} & L_{net,v} * (t_1 - t_{s,L}) = 350.0 * (57 - 1.0) = 19600 \text{ mm}^2 \\ \text{(g)} & \frac{L_{net,v}}{2} * (L_{net,t} + 2 * t_{ef}) = \frac{350.0}{2} * (56.0 + 2 * 29.1) = 19985 \text{ mm}^2 \\ \text{(h)} & \frac{L_{net,v}}{2} * (L_{net,t} + 2 * t_{ef}) = \frac{350.0}{2} * (56.0 + 2 * 30.2) = 20370 \text{ mm}^2 \end{cases} \quad (\text{A.3})$$

$$= 19600 \text{ mm}^2$$

charakteristische Tragfähigkeit infolge Blockscheren je Scherfläche:

$$F_{bs,Rk,I} = \max \begin{cases} 1.50 * A_{net,t} * f_{t,0,k} * 10^{-3} = 1.50 * 3136 * 14.5 * 10^{-3} = 68.2 \text{ kN} \\ 0.70 * A_{net,v} * f_{v,k} * 10^{-3} = 0.70 * 19600 * 4 * 10^{-3} = 54.9 \text{ kN} \end{cases} \quad (\text{A.1})$$

charakteristische Tragfähigkeit infolge Blockscheren der Verbindung (2-schnittig)

$$F_{bs,Rk} = 2 * F_{bs,Rk,I} = 2 * 68.2 = 136.4 \text{ kN}$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit:

$$F_{bs,Rd} = k_{mod} * \frac{F_{bs,Rk}}{1.30} = 0.9 * \frac{136.4}{1.30} = 94.44 \text{ kN}$$

Nachweis Blockscheren im Holz:	$\frac{F_{t,d}}{F_{bs,Rd}} = \frac{75.00}{94.44} =$	$0.79 \leq 1.00$
--------------------------------	---	------------------

Zusammenstellung der Ergebnisse

Tragfähigkeit Seitenholz:	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{k_{t,e} * k_h * f_{t,0,d}} = \frac{0.408}{0.40 * 1.05 * 1.004} =$	$0.97 \leq 1.00$
Tragfähigkeit Stahlblech:	$\frac{N_{Rd}}{F_{t,d}} = \frac{126.0}{75.00} =$	$0.60 \leq 1.00$
Nachweis des Verbindungsmittels im Blech:	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{Rd}} = \frac{11.79}{26.44} =$	$0.45 \leq 1.00$
Blockversagen im Blech:	$\frac{F_{t,d}}{n_s * V_{eff,1,Rd}} = \frac{75.00}{1 * 268.34} =$	$0.28 \leq 1.00$
Nachweis des Verbindungsmittels im Holz:	$\frac{F_{t,d}}{F_{v,Rd}} = \frac{75.00}{77.61} =$	$0.97 \leq 1.00$
Nachweis Blockscheren im Holz:	$\frac{F_{t,d}}{F_{bs,Rd}} = \frac{75.00}{94.44} =$	$0.79 \leq 1.00$
Nachweis:	$0.97 \leq 1.00$	Nachweis erfüllt

verwendete Normen

DIN EN 338:2016-07	Bauholz für tragende Zwecke
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)