

Nachweis Zugstoß

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

Anschluss & Geometrie

4-schnittige Stabdübelverbindung mit innenliegenden Schlitzblechen

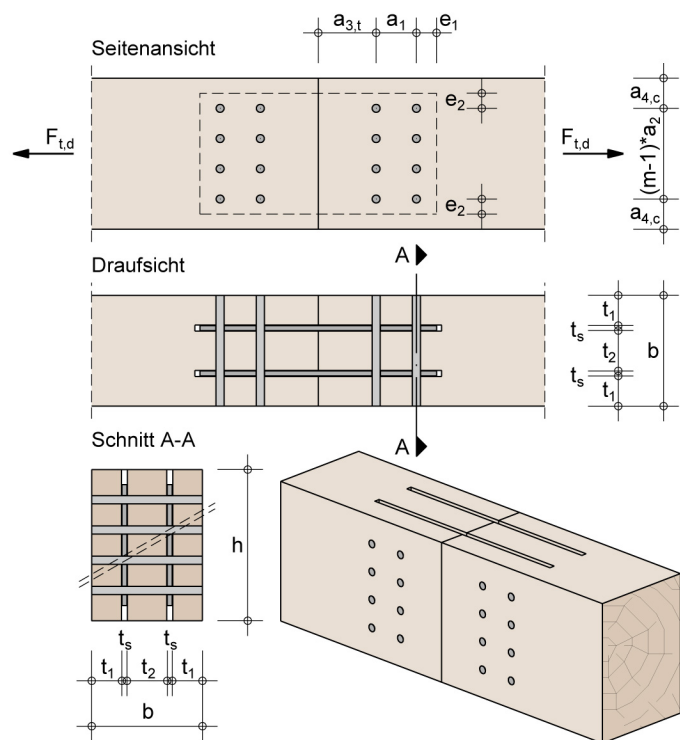
Holzart:	Brettschichtholz
Festigkeit:	GL24c nach DIN EN 14080:2013-09
Breite b :	240 mm
Höhe h :	320 mm
Seitenholzdicke t_1 :	75 mm
Mittelholzdicke t_2 :	80 mm
Stahlsorte (Blech):	S 235
Stahlblechdicke t_s :	5 mm

HECO WS-7x233

Durchmesser d :	7 mm
Stabdübellänge l :	233 mm
Stabdübelrücksprung p :	0 mm
Reihen $\parallel$ zur Faser n :	2
Reihen $\perp$ zur Faser m :	10

Verbindungsmittelabstände:

a_1 :	35 mm
a_2 :	25 mm
$a_{3,t}$:	80 mm
$a_{4,c}$:	47.5 mm
e_1 :	20 mm
e_2 :	20 mm



Beanspruchung

Beanspruchung $F_{t,d}$:	200.00 kN	
Nutzungsklasse: NKL1	KLED: kurz	Modifikationsbeiwert k_{mod} : 0.9

Nachweis:	$0.96 \leq 1.00$	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

$$A_{1,netto} = (t_1 - t_{s,L}) * (h - m * d) * 10^{-2} = (75 - 1.0) * (320 - 10 * 7) * 10^{-2} = 185.00 \text{ cm}^2$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} * \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0.9 * \frac{17}{1.30} * 10^{-1} = 1.177 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{\frac{1}{s} * F_{t,d}}{A_{1,netto}} = \frac{\frac{1}{4} * 200.00}{185.00} = 0.270 \text{ kN/cm}^2$$

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

Tragfähigkeit Seitenholz:	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{k_{t,e} * k_h * f_{t,0,d}} = \frac{0.270}{0.40 * 1.06 * 1.177} = 0.54 \leq 1.00$
---------------------------	---

Tragfähigkeitsnachweis Mittelholz - Zug im Nettoquerschnitt

$$A_{2,netto} = (t_2 - 2 * t_{s,L}) * (h - m * d) * 10^{-2} = (80 - 2 * 1.0) * (320 - 10 * 7) * 10^{-2} = 195.00 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{\frac{2}{s} * F_{t,d}}{A_{2,netto}} = \frac{\frac{2}{4} * 200.00}{195.00} = 0.513 \text{ kN/cm}^2$$

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

Tragfähigkeit Mittelholz:	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{k_h * f_{t,0,d}} = \frac{0.513}{1.06 * 1.177} = 0.41 \leq 1.00$
---------------------------	--

Tragfähigkeitsnachweis Stahlblech - Zug im NettoquerschnittStreckgrenze f_y (S 235): 235 N/mm²Zugfestigkeit f_u (S 235): 360 N/mm² n_s : 2 Anzahl der Stahlbleche γ_{M0} : 1,00 γ_{M2} : 1,25 d_0 : 8 mm max. Lochdurchmesser (DIN EN 1995-1-1/NA, NCI Zu 8.6)

$$A = n_s * t_s * (2 * e_2 + (m - 1) * a_2) = 2 * 5 * (2 * 20 + (10 - 1) * 25) = 2650 \text{ mm}^2$$

$$A_{net} = n_s * t_s * (2 * e_2 + (m - 1) * a_2 - m * d_0) = 2 * 5 * (2 * 20 + (10 - 1) * 25 - 10 * 8) = 1850 \text{ mm}^2$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} * 10^{-3} = \frac{2650 * 235}{1.00} * 10^{-3} = 622.8 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9 * A_{net} * f_u}{\gamma_{M2}} * 10^{-3} = \frac{0.9 * 1850 * 360}{1.25} * 10^{-3} = 479.5 \text{ kN} \quad (6.7)$$

Tragfähigkeit Stahlblech:	$\frac{F_{t,d}}{N_{Rd}} = \frac{200.00}{479.5} =$	$0.42 \leq 1.00$
---------------------------	---	------------------

Verbindungsmittelnachweis - Tragfähigkeit des Verbindungsmittels im Stahlblech n_s : 2 Anzahl der Stahlbleche p_2 : 25 mm entspricht Verbindungsmittelabstand a_2 d_0 : 8 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

$$k_1 = \min \begin{cases} 2.8 * \frac{e_2}{d_0} - 1.7 = 2.8 * \frac{20}{8} - 1.7 = 5.30 \\ 1.4 * \frac{p_2}{d_0} - 1.7 = 1.4 * \frac{25}{8} - 1.7 = 2.68 \\ 2.5 \end{cases} \quad (\text{DIN EN 1993-1-8:2010-12, Tab. 3.4})$$

Zugfestigkeit (SDÜ) f_{ub} : 360 N/mm²Zugfestigkeit (Blech) f_u : 360 N/mm² γ_{M2} : 1,25 nach DIN EN 1993-1-8:2010-12, Abs. 2.2, Tab. 2.1

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3 * d_0} = \frac{20}{3 * 8} = 0.83$$

$$\alpha_b = \min \begin{cases} \alpha_d = 0.83 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{360}{360} = 1.00 \\ 1.00 \end{cases} \quad (\text{DIN EN 1993-1-8:2010-12, Tab. 3.4})$$

Lochleibung:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * f_u * d * t_s}{\gamma_{M2}} * 10^{-3} = \frac{2.50 * 0.83 * 360 * 7 * 5}{1.25} * 10^{-3} = 20.92 \text{ kN}$$

Abscheren:

$$A = \frac{\pi}{4} * d^2 = \frac{3.14}{4} * 7^2 = 38 \text{ mm}^2$$

$$F_{v,Rd} = \frac{a_v * f_{ub} * A}{\gamma_{M,2}} * 10^{-3} = \frac{0.6 * 360 * 38}{1.25} * 10^{-3} = 6.57 \text{ kN}$$

Beanspruchung:

$$F_{v,Ed} = \frac{F_{t,d}}{n_{ef} * m * n_s} = \frac{200.00}{1.47 * 10 * 2} = 6.80 \text{ kN}$$

Beanspruchbarkeit:

$$F_{Rd} = \min \begin{cases} F_{b,Rd} = 20.92 \text{ kN} \\ 2 * F_{v,Rd} = 2 * 6.57 = 13.14 \text{ kN} \end{cases}$$

Nachweis des Verbindungsmittels im Blech:	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{Rd}} = \frac{6.80}{13.14} =$	0.52 ≤ 1.00
---	--	-------------

Blockversagen im Stahlblech

n_s : 2 Anzahl der Stahlbleche

Stahlsorte (Blech): S 235

$$A_{nt} = (m - 1) * (a_2 - d_0) * t_s = (10 - 1) * (25 - 8) * 5 = 765 \text{ mm}^2$$

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

$$= \left((2 - 1) * (35 - 8) + \left(20 - \frac{8}{2} \right) \right) * 5 * 2 = 430 \text{ mm}^2$$

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

$$= \left(360 * \frac{765}{1.25} + \frac{235}{\sqrt{3}} * \frac{430}{1.00} \right) * 10^{-3} = 278.66 \text{ kN}$$

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

Beanspruchung:

$$F_{t,d} = 200.00 \text{ kN}$$

Blockversagen im Blech:	$\frac{F_{t,d}}{n_s * V_{eff,1,Rd}} = \frac{200.00}{2 * 278.66} =$	0.36 ≤ 1.00
-------------------------	--	-------------

Tragfähigkeit der Verbindungsmittel im Holzbauteil (genaues Bemessungsverfahren)

Rohdichte (GL24c) ρ_k : 365 kg/m³

Zugfestigkeit (SDÜ) $f_{u,k}$: 550 N/mm²

$$f_{h,0,k} = 0.082 * (1 - 0.01 * d) * \rho_k = 0.082 * (1 - 0.01 * 7) * 365 = 27.83 \text{ N/mm}^2 \quad (8.32)$$

$$M_{y,Rk} = 0.3 * f_{u,k} * d^{2.6} = 0.3 * 550 * 7^{2.6} = 25986 \text{ Nmm} \quad (8.30)$$

$$t_{h,1} = \min \begin{cases} t_1 = 75 \\ t_1 - p = 75 - 0 = 75 \\ l + p - t_1 - 2 * t_s - t_2 - 13 - 1 = 233 + 0 - 75 - 2 * 5 - 80 - 13 - 1 = 54 \end{cases} = 54 \text{ mm}$$

Scherfuge I und IV:

$$f_{h,1,k} = f_{h,0,k} = 27.83 \text{ N/mm}^2$$

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

$$= \min \begin{cases} \text{(f)} 27.83 * 54 * 7 = 10520 \text{ N} \\ \text{(g)} 27.83 * 54 * 7 * \left[\sqrt{2 + \frac{4 * 25986}{27.83 * 7 * 54^2}} - 1 \right] + 0 = 5023 \text{ N} \\ \text{(h)} 2.3 * \sqrt{25986 * 27.83 * 7} + 0 = 5175 \text{ N} \end{cases} \quad (8.11)$$

$$= 5023 \text{ N}$$

Scherfuge II:

$$f_{h,2,k} = f_{h,0,k} = 27.83 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{v,Rk,II} = \min \begin{cases} \text{(l)} 0.5 * f_{h,2,k} * t_2 * d \\ \text{(m)} 2.3 * \sqrt{M_{y,Rk} * f_{h,2,k} * d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{cases}$$

$$= \min \begin{cases} \text{(l)} 0.5 * 27.83 * 80 * 7 = 7792 \text{ N} \\ \text{(m)} 2.3 * \sqrt{25986 * 27.83 * 7} + 0 = 5175 \text{ N} \end{cases} \quad (8.13)$$

$$= 5175 \text{ N}$$

Scherfuge III:

$$f_{h,2,k} = f_{h,0,k} = 27.83 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{v,Rk,III} = \min \begin{cases} \text{(f)} f_{h,2,k} * t_2 * d \\ \text{(h)} 2.3 * \sqrt{M_{y,Rk} * f_{h,2,k} * d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{cases}$$

$$= \min \begin{cases} \text{(f)} 27.83 * 80 * 7 = 15585 \text{ N} \\ \text{(h)} 2.3 * \sqrt{25986 * 27.83 * 7} + 0 = 5175 \text{ N} \end{cases} \quad (8.11)$$

$$= 5175 \text{ N}$$

charakteristische Gesamttragfähigkeit eines Stabdübels auf Abscheren:

$$F_{v,Rk} = 2 * F_{v,Rk,I} + 2 * \min \begin{cases} F_{v,Rk,II} \\ F_{v,Rk,III} \end{cases}$$

$$= 2 * 5023 + 2 * 5175 = 20396 \text{ N}$$

wirksame Stabdübelanzahl pro Reihe:

$$n_{ef} = \min \begin{cases} n = 2 \\ n^{0.9} * \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 * d}} = 2^{0.9} * \sqrt[4]{\frac{35}{13 * 7}} = 1.47 \end{cases} \quad (8.34)$$

$$= 1.47$$

charakteristische Tragfähigkeit der Verbindung:

$$F_{v,Rk,ges} = n_{ef} * m * F_{v,Rk} * 10^{-3} = 1.47 * 10 * 20396 * 10^{-3} = 299.82 \text{ kN}$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit:

$$F_{v,Rd} = k_{mod} * \frac{F_{v,Rk,ges}}{\gamma_M} = 0.9 * \frac{299.82}{1.3} = 207.57 \text{ kN}$$

Nachweis des Verbindungsmittels im Holz: $\frac{F_{t,d}}{F_{v,Rd}} = \frac{200.00}{207.57} =$	$0.96 \leq 1.00$
---	------------------

Nachweis Blockscherversagen

$$l_{v,1} = a_{3,t} - \frac{d}{2} = 80 - \frac{7}{2} = 76.5 \text{ mm}$$

$$l_{v,2} = a_1 - d = 35 - 7 = 28.0 \text{ mm}$$

$$l_{t,1} = a_2 - d = 25 - 7 = 18.0 \text{ mm}$$

$$L_{net,v} = 2 * l_{v,1} + 2 * (n - 1) * l_{v,2} = 2 * 76.5 + 2 * (2 - 1) * 28.0 = 209.0 \text{ mm} \quad (A.4)$$

$$L_{net,t} = (m - 1) * l_{t,1} = (10 - 1) * 18.0 = 162.0 \text{ mm} \quad (A.5)$$

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

Schnittigkeit s : 4

$$A_{net,t} = L_{net,t} * (2 * t_1 + t_2 - s * t_{s,L}) = 162.0 * (2 * 75 + 80 - 4 * 1.0) = 36612 \text{ mm}^2$$

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

$$= \begin{cases} \text{(e) (h)} & 2 * \sqrt{\frac{25986}{27.83 * 7}} = 23.1 \text{ mm} \\ \text{(d) (g)} & 75 * \left[\sqrt{2 + \frac{4 * 25986}{27.83 * 7 * 75^2}} - 1 \right] = 33.6 \text{ mm} \end{cases}$$

Scherfuge I und IV:

$$A_{net,v,I} = \min \begin{cases} \text{(f)} & L_{net,v} * (t_1 - t_{s,L}) = 209.0 * (75 - 1.0) = 15466 \text{ mm}^2 \\ \text{(g)} & \frac{L_{net,v}}{2} * (L_{net,t} + 2 * t_{ef}) = \frac{209.0}{2} * (162.0 + 2 * 33.6) = 23951 \text{ mm}^2 \\ \text{(h)} & \frac{L_{net,v}}{2} * (L_{net,t} + 2 * t_{ef}) = \frac{209.0}{2} * (162.0 + 2 * 23.1) = 21757 \text{ mm}^2 \end{cases} \quad (A.3)$$

$$= 15466 \text{ mm}^2$$

Scherfuge II:

$$A_{net,v,II} = (l/m) L_{net,v} * (t_2 - 2 * t_{s,L}) = 209.0 * (80 - 2 * 1.0) = 16302 \text{ mm}^2 \quad (\text{A.3})$$

Scherfuge III:

$$A_{net,v,III} = \min \left\{ \begin{array}{l} \text{(f)} L_{net,v} * (t_2 - 2 * t_{s,L}) = 209.0 * (80 - 2 * 1.0) = 16302 \text{ mm}^2 \\ \text{(h)} \frac{L_{net,v}}{2} * (L_{net,t} + 2 * t_{ef}) = \frac{209.0}{2} * (162.0 + 2 * 23.1) = 21757 \text{ mm}^2 \end{array} \right. \quad (\text{A.3})$$

$$= 16302 \text{ mm}^2$$

Nettoscherfläche in Faserrichtung des Holzes:

$$A_{net,v} = 2 * A_{net,v,I} + 2 * \min \left\{ \begin{array}{l} A_{net,v,II} \\ A_{net,v,III} \end{array} \right.$$

$$= 2 * 15466 + 2 * 16302 = 63536 \text{ mm}^2$$

charakteristische Tragfähigkeit infolge Blockscheren:

$$F_{bs,Rk} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1.50 * A_{net,t} * f_{t,0,k} * 10^{-3} = 1.50 * 36612 * 17 * 10^{-3} = 933.6 \text{ kN} \\ 0.70 * A_{net,v} * f_{v,k} * 10^{-3} = 0.70 * 63536 * 3.5 * 10^{-3} = 155.7 \text{ kN} \end{array} \right. \quad (\text{A.1})$$

Bemessungswert der Tragfähigkeit:

$$F_{bs,Rd} = k_{mod} * \frac{F_{bs,Rk}}{1.30} = 0.9 * \frac{933.6}{1.30} = 646.34 \text{ kN}$$

Nachweis Blockscheren im Holz:

$$\frac{F_{t,d}}{F_{bs,Rd}} = \frac{200.00}{646.34} = 0.31 \leq 1.00$$

Zusammenstellung der Ergebnisse

Tragfähigkeit Seitenholz:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{k_{t,e} * k_h * f_{t,0,d}} = \frac{0.270}{0.40 * 1.06 * 1.177} = 0.54 \leq 1.00$$

Tragfähigkeit Mittelholz:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{k_h * f_{t,0,d}} = \frac{0.513}{1.06 * 1.177} = 0.41 \leq 1.00$$

Tragfähigkeit Stahlblech:

$$\frac{F_{t,d}}{N_{Rd}} = \frac{200.00}{479.5} = 0.42 \leq 1.00$$

Nachweis des Verbindungsmittels im Blech:

$$\frac{F_{v,Rd}}{F_{t,d}} = \frac{6.80}{13.14} = 0.52 \leq 1.00$$

Blockversagen im Blech:

$$\frac{F_{t,d}}{n_s * V_{eff,1,Rd}} = \frac{200.00}{2 * 278.66} = 0.36 \leq 1.00$$

Nachweis des Verbindungsmittels im Holz:

$$\frac{F_{v,Rd}}{F_{t,d}} = \frac{207.57}{200.00} = 0.96 \leq 1.00$$

Nachweis Blockscheren im Holz:

$$\frac{F_{t,d}}{F_{bs,Rd}} = \frac{200.00}{646.34} = 0.31 \leq 1.00$$

Nachweis:

$$0.96 \leq 1.00$$

Nachweis erfüllt

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)

DoP WS-T 01	Leistungserklärung HECO-WS (HWS) vom 02.10.2024
	HECO-Schrauben GmbH & Co. KG
	78713 Schramberg, Deutschland

maßstäbliche Zeichnung

