

Tragfähigkeitsnachweis der Verbindungsmittel

EN 1995-1-1:2004

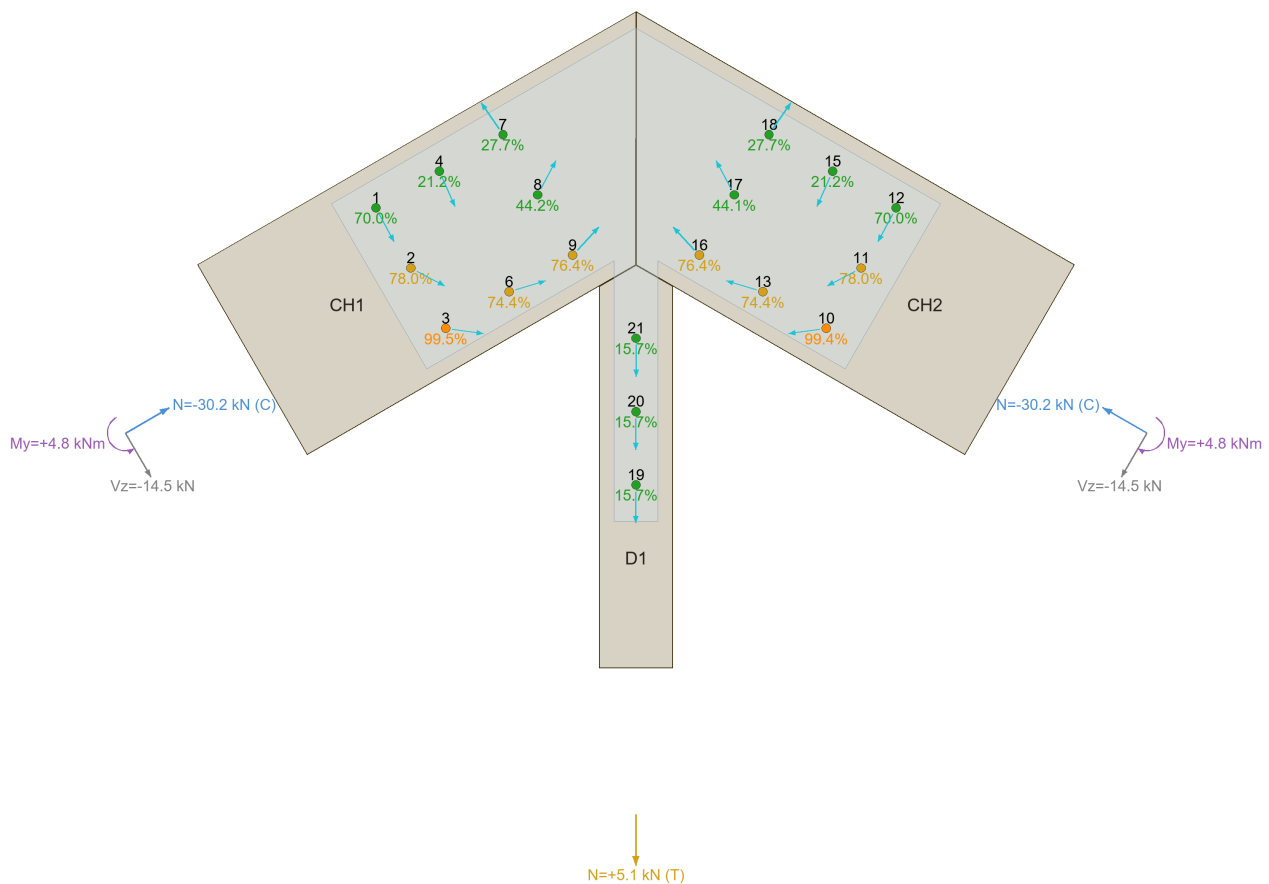
Datum: 2026-08-11
Lastfall: manual

Eingangsdaten

Festigkeitsklasse (Holz)	C24
Nutzungsklasse	1
Klasse der Lasteinwirkungsdauer (KLED)	mittel
Verbindungsmittelart	Bolzen
Durchmesser des Verbindungsmittels	12 mm
Festigkeitsklasse des Verbindungsmittels	4,6 (240/400)
Stahlblechdicke	8,0 mm
Stahlsorte	S355
Plattentyp	innen liegend
Anzahl der Stahlbleche	1
Schlitztoleranz	0,0 mm (je Seite)
Versenkung	0,0 mm je Ende
a3-Zuschlag (Hirnholzabstand)	0,0 mm

Ansichten der Verbindung

SEITENANSICHT (XZ)



Bauteile

Name	Tragend	b [mm]	h [mm]	Querschnitt
CH1	Ja	75	300	75 x 300
CH2	Nein	75	300	75 x 300
D1	Nein	75	100	75 x 100

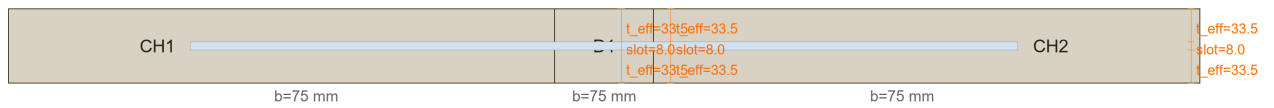
Schnittgrößen (LF: manual)

Bauteil	N [kN]	Z/D	Vz [kN]	Vy [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	T [kNm]
CH1 / Ende	-30,20	D	-14,50	0,00	4,77	0,00	0,00
CH2 / Ende	-30,20	D	-14,50	0,00	4,77	0,00	0,00
D1 / Ende	5,09	Z	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Gleichgewicht (Kräfte durch Knoten): X -0,00 Y +0,00 Z -0,00 kN Mx +0,00 My +0,00 Mz +0,00 kNm (im Gleichgewicht)

+ Hebelarm (Verbindungsmittel-Schwerpunkt x Vz): My +0,00 kNm

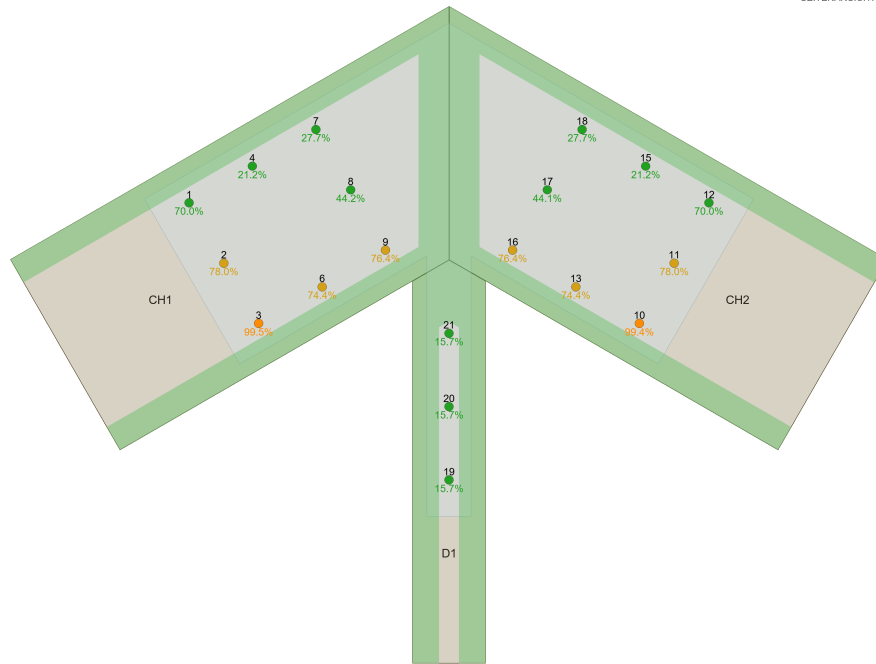
Gleichgewicht (Kräfte durch Verbindungsmittel-Schwerpunkt): X -0,00 Y +0,00 Z -0,00 kN Mx +0,00 My +0,00 Mz +0,00 kNm (im Gleichgewicht)



■ Holzbauteil □ Stahlplatte

Nachweis der Mindestabstände - Abschn. 8.5.1.1(3)

SEITENANSICHT (XZ)



• eta ≤ 70% • 70% < eta ≤ 90% • 90% < eta ≤ 100% • eta > 100% n. erf.

a3-Hirnholz- und a4-Randabstandszonen, dargestellt wie in der Seitenansicht der Anwendung (grün = erfüllt, rot = nicht erfüllt).

Bauteil CH1

a1 ABSTAND IN FASERRICHTUNG

$a_{1,min} = (4 + |\cos \alpha|) \cdot d = 58,8 \text{ mm}$ vorh. = 100,0 mm ✓ erfüllt

a2 ABSTAND RECHTWINKLIG ZUR FASER

$a_{2,min} = 48,0 \text{ mm}$ vorh. = 95,0 mm ✓ erfüllt

a3,c HIRNHOLZABSTAND (unbeansprucht)

$a_{3,c,min} = 48,0 \text{ mm}$ vorh. = 100,0 mm ✓ erfüllt

a4,t RANDABSTAND (beansprucht)

$a_{4,t,min} = \max((2+2|\sin \alpha|)d, 3d) = 36,0 \text{ mm}$ vorh. = 55,0 mm ✓ erfüllt

a4,c RANDABSTAND (unbeansprucht)

$a_{4,c,min} = 3d = 36,0 \text{ mm}$ vorh. = 55,0 mm ✓ erfüllt

Bauteil CH2

a1 ABSTAND IN FASERRICHTUNG

$a_{1,min} = (4 + |\cos \alpha|) \cdot d = 58,8 \text{ mm}$ vorh. = 100,0 mm ✓ erfüllt

a2 ABSTAND RECHTWINKLIG ZUR FASER

$a_{2,min} = 48,0 \text{ mm}$ vorh. = 95,0 mm ✓ erfüllt

a3,c HIRNHOLZABSTAND (unbeansprucht)

$a_{3,c,min} = 48,0 \text{ mm}$ vorh. = 100,0 mm ✓ erfüllt

a4,t RANDABSTAND (beansprucht)

$a_{4,t,min} = \max((2+2|\sin \alpha|)d, 3d) = 36,0 \text{ mm}$ vorh. = 55,0 mm ✓ erfüllt

a4,c RANDABSTAND (unbeansprucht)

$a_{4,c,min} = 3d = 36,0 \text{ mm}$ vorh. = 55,0 mm ✓ erfüllt

Bauteil D1

a1 ABSTAND IN FASERRICHTUNG

$a_{1,min} = (4 + |\cos \alpha|) \cdot d = \mathbf{60,0 \text{ mm}}$ vorh. = **100,0 mm** ✓ erfüllt

a3,t HIRNHOLZABSTAND (beansprucht)

$a_{3,t,min} = \max(7d, 80) = \mathbf{84,0 \text{ mm}}$ vorh. = **100,0 mm** ✓ erfüllt

a4,c RANDABSTAND (unbeansprucht, Höhe+)

$a_{4,c,min} = 3d = \mathbf{36,0 \text{ mm}}$ vorh. = **50,0 mm** ✓ erfüllt

a4,c RANDABSTAND (unbeansprucht, Höhe-)

$a_{4,c,min} = 3d = \mathbf{36,0 \text{ mm}}$ vorh. = **50,0 mm** ✓ erfüllt

Tragfähigkeit der Verbindungsmittel - EN 1995-1-1:2004

VM	a[°]	t [mm]	f _{ha}	V _{Ed,Σ}	F _{vRd,Σ}	ηΣ%	V _{Ed,pl}	F _{vRd,pl}	ηpl%	Kompat.	LF	Status	Md
B1	88	34/8/34	16,5	5,99	8,56	70,0	3,00	4,28	70,0	-	man...	erf.	g
B2	58	34/8/34	18,3	7,08	9,07	78,0	3,54	4,54	78,0	-	man...	erf.	g
B3	38	34/8/34	21,1	9,79	9,85	99,5	4,90	4,92	99,5	-	man...	erf.	g
B4	84	34/8/34	16,6	1,82	8,58	21,2	0,91	4,29	21,2	-	man...	erf.	g
B6	13	34/8/34	24,6	7,96	10,69	74,4	3,98	5,34	74,4	-	man...	erf.	g
B7	85	34/8/34	16,5	2,38	8,57	27,7	1,19	4,29	27,7	-	man...	erf.	g
B8	32	34/8/34	22,0	4,46	10,09	44,2	2,23	5,05	44,2	-	man...	erf.	g
B9	17	34/8/34	24,2	8,10	10,60	76,4	4,05	5,30	76,4	-	man...	erf.	g
B10	38	34/8/34	21,1	9,79	9,85	99,4	4,90	4,92	99,4	-	man...	erf.	g
B11	58	34/8/34	18,3	7,08	9,07	78,0	3,54	4,54	78,0	-	man...	erf.	g
B12	88	34/8/34	16,5	5,99	8,56	70,0	3,00	4,28	70,0	-	man...	erf.	g
B13	13	34/8/34	24,6	7,95	10,69	74,4	3,98	5,34	74,4	-	man...	erf.	g
B15	84	34/8/34	16,6	1,82	8,58	21,2	0,91	4,29	21,2	-	man...	erf.	g
B16	17	34/8/34	24,2	8,10	10,60	76,4	4,05	5,30	76,4	-	man...	erf.	g
B17	32	34/8/34	22,0	4,46	10,09	44,1	2,23	5,05	44,1	-	man...	erf.	g
B18	85	34/8/34	16,5	2,37	8,57	27,7	1,19	4,29	27,7	-	man...	erf.	g
B19	0	34/8/34	25,3	1,70	10,84	15,7	0,85	5,42	15,7	-	man...	erf.	g
B20	0	34/8/34	25,3	1,70	10,84	15,7	0,85	5,42	15,7	-	man...	erf.	g
B21	0	34/8/34	25,3	1,70	10,84	15,7	0,85	5,42	15,7	-	man...	erf.	g

Grau dargestellte Werte sind ergänzende Angaben und sind für den Nachweis der Zeile nicht maßgebend.

Verbindungsmittel mit kompatiblen Versagensarten: $\eta = V_{Ed,\Sigma} / F_{v,Rd,\Sigma}$

Verbindungsmittel mit inkompatiblen Versagensarten: $\eta = V_{Ed,gov} / F_{v,Rd,gov}$ je Abschn. 8.1.3(2)

Tragfähigkeiten je Scherfuge dürfen nicht über Lochleibungs- und Fließgelenk-Familien hinweg aufsummiert werden.

Johansen-Herleitung des Verbindungsmittels - EN 1995-1-1:2004

Maßgebendes Verbindungsmittel B3 (Bauteil CH1)

EN 1995-1-1:2004 · Bolzen · maßgebend in LF manual

LOCHLEIBUNGSFESTIGKEIT IN FASERRICHTUNG - EC5 (8,32)

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12,0) \cdot 350 = \mathbf{25,26 \text{ MPa}}$$

BEIWERTE K90 (NADELHOLZ) - EC5 (8,33)

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 12,0 = \mathbf{1,530}$$

LOCHLEIBUNGSFESTIGKEIT UNTER DEM WINKEL α - EC5 (8,31)

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 25,26 / (1,530 \cdot 0,3743 + 0,6257) = \mathbf{21,07 \text{ MPa}}$$

CHARAKTERISTISCHES FLIESSMOMENT - EC5 (8,30)

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 12,0^{2,6} = \mathbf{76745 \text{ N}\cdot\text{mm}}$$

EINHÄNGEEFFEKT - EC5 Abschn. 8.2.2(2)

$$F_{ax,Rk} = \min(F_{tens,Rk}, F_{wash,Rk}) = \min(30,35, 6,64) = \mathbf{6,64 \text{ kN}} \quad (\text{Scheibenpressung, } d_w = 36 \text{ mm})$$
$$F_{ax,Rk}/4 = 6,64 / 4 = \mathbf{1,66 \text{ kN}} \quad (\text{Einhängeneffekt-Anteil; begrenzt auf } 0,25 \cdot F_{v,Rk,Jhs} \text{ je Versagensart})$$

JOHANSEN-VERSAGENSART (f) - EC5 (8,11)

$$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 21,07 \cdot 33,5 \cdot 12,0 = \mathbf{8,47 \text{ kN}}$$



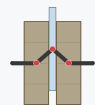
JOHANSEN-VERSAGENSART (g) - EC5 (8,11) ← MASSGEBEND

$$F_{v,Rk,Jhs} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot [\sqrt{(2 + 4M_{y,Rk} / (f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2))} - 1] = 8472 \cdot 0,7555 = \mathbf{6,40 \text{ kN}}$$
$$+ \text{Seil} = \min(F_{ax,Rk}/4, 0,25 \cdot F_{v,Rk,Jhs}) = 1,60 \text{ kN} \rightarrow F_{v,Rk} = 6,40 + 1,60 = \mathbf{8,00 \text{ kN}}$$



JOHANSEN-VERSAGENSART (h) - EC5 (8,11)

$$F_{v,Rk,Jhs} = 2,30 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} = 2,30 \cdot \sqrt{76745 \cdot 21,07 \cdot 12,0} = \mathbf{10,13 \text{ kN}}$$
$$+ \text{Seil} = \min(F_{ax,Rk}/4, 0,25 \cdot F_{v,Rk,Jhs}) = 1,66 \text{ kN} \rightarrow F_{v,Rk} = 10,13 + 1,66 = \mathbf{11,79 \text{ kN}}$$



CHARAKTERISTISCHE GESAMTTTRAGFÄHIGKEIT (2 Scherfugen) - EC5 Abschn. 8.2.3

$$F_{v,Rk} = n_{sp} \cdot F_{v,Rk,plane} = 2 \cdot 8,00 = \mathbf{16,00 \text{ kN}}$$

BEMESSUNGSWERT DER TRAGFÄHIGKEIT - EC5 Abschn. 2.4.1 (2,17)

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = (0,80 \cdot 16,00) / 1,30 = \mathbf{9,85 \text{ kN}}$$

AUSNUTZUNGSGRAD - EC5 (2,17)

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} = (2 \cdot 4,90) / 9,85 = \mathbf{0,99 \leq 1,0 \checkmark \text{ erfüllt}}$$

Wirksame Anzahl der Verbindungsmittel (n_{ef}) - Abschn. 8.5.1.1(4)

Bauteil CH1

ZUORDNUNG DER VERBINDUNGSMITTELFAMILIE

Zuordnung der Familie: Bolzen -> 8.5.1.1(4)

WIRKSAME ANZAHL DER VERBINDUNGSMITTEL - je Reihe ($\alpha = 25,6^\circ$) - EC5 (8,34/8,35)

Reihe 1 (n=3): $\min(3, 3^{0,9,4}\sqrt{(100/(13 \cdot 12))})$, interp $\alpha \rightarrow n_{ef} = 2,57$

Reihe 2 (n=2): $\min(2, 2^{0,9,4}\sqrt{(200/(13 \cdot 12))})$, interp $\alpha \rightarrow n_{ef} = 1,99$

Reihe 3 (n=3): $\min(3, 3^{0,9,4}\sqrt{(100/(13 \cdot 12))})$, interp $\alpha \rightarrow n_{ef} = 2,57$

$\Sigma n_{ef} = 2,57 + 1,99 + 2,57 = 7,13$ **wirksame Verbindungsmittel**

CHARAKTERISTISCHE TRAGFÄHIGKEIT DER GRUPPE - EC5 (8.1.1)

$F_{v,Rk,group} = \Sigma n_{ef} \cdot F_{v,Rk,fast} = 7,13 \cdot 13,92 = 99,2 \text{ kN}$

BEMESSUNGSTRAGFÄHIGKEIT DER GRUPPE - EC5 (8.1.1)

$F_{v,Rd,group} = \Sigma n_{ef} \cdot F_{v,Rd} = 7,13 \cdot 8,56 = 61,1 \text{ kN}$

AUSNUTZUNGSGRAD DER GRUPPE (EC5) - EC5 (8.1.1) / (2,17)

$\eta = F_{Ed} / (\Sigma n_{ef} \cdot F_{v,Rd}) = 30,20 / (7,13 \cdot 8,56) = 0,49 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}$

Bauteil CH2

ZUORDNUNG DER VERBINDUNGSMITTELFAMILIE

Zuordnung der Familie: Bolzen -> 8.5.1.1(4)

WIRKSAME ANZAHL DER VERBINDUNGSMITTEL - je Reihe ($\alpha = 25,6^\circ$) - EC5 (8,34/8,35)

Reihe 1 (n=3): $\min(3, 3^{0,9,4}\sqrt{(100/(13 \cdot 12))})$, interp $\alpha \rightarrow n_{ef} = 2,57$

Reihe 2 (n=2): $\min(2, 2^{0,9,4}\sqrt{(200/(13 \cdot 12))})$, interp $\alpha \rightarrow n_{ef} = 1,99$

Reihe 3 (n=3): $\min(3, 3^{0,9,4}\sqrt{(100/(13 \cdot 12))})$, interp $\alpha \rightarrow n_{ef} = 2,57$

$\Sigma n_{ef} = 2,57 + 1,99 + 2,57 = 7,13$ **wirksame Verbindungsmittel**

CHARAKTERISTISCHE TRAGFÄHIGKEIT DER GRUPPE - EC5 (8.1.1)

$F_{v,Rk,group} = \Sigma n_{ef} \cdot F_{v,Rk,fast} = 7,13 \cdot 13,92 = 99,2 \text{ kN}$

BEMESSUNGSTRAGFÄHIGKEIT DER GRUPPE - EC5 (8.1.1)

$F_{v,Rd,group} = \Sigma n_{ef} \cdot F_{v,Rd} = 7,13 \cdot 8,56 = 61,1 \text{ kN}$

AUSNUTZUNGSGRAD DER GRUPPE (EC5) - EC5 (8.1.1) / (2,17)

$\eta = F_{Ed} / (\Sigma n_{ef} \cdot F_{v,Rd}) = 30,20 / (7,13 \cdot 8,56) = 0,49 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}$

Bauteil D1

ZUORDNUNG DER VERBINDUNGSMITTELFAMILIE

Zuordnung der Familie: Bolzen -> 8.5.1.1(4)

WIRKSAME ANZAHL DER VERBINDUNGSMITTEL - je Reihe ($\alpha = 0,0^\circ$) - EC5 (8,34/8,35)

Reihe 1 (n=3): $\min(3, 3^{0,9,4}\sqrt{(100/(13 \cdot 12))})$, interp $\alpha \rightarrow n_{ef} = 2,41$

$\Sigma n_{ef} = 2,41 = 2,41$ **wirksame Verbindungsmittel**

CHARAKTERISTISCHE TRAGFÄHIGKEIT DER GRUPPE - EC5 (8.1.1)

$F_{v,Rk,group} = \Sigma n_{ef} \cdot F_{v,Rk,fast} = 2,41 \cdot 17,61 = 42,4 \text{ kN}$

BEMESSUNGSTRAGFÄHIGKEIT DER GRUPPE - EC5 (8.1.1)

$F_{v,Rd,group} = \Sigma n_{ef} \cdot F_{v,Rd} = 2,41 \cdot 10,84 = 26,1 \text{ kN}$

AUSNUTZUNGSGRAD DER GRUPPE (EC5) - EC5 (8.1.1) / (2,17)

$\eta = F_{Ed} / (\Sigma n_{ef} \cdot F_{v,Rd}) = 5,09 / (2,41 \cdot 10,84) = 0,19 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}$

Aufspalten infolge Querkzugkraft - Abschn. 8.1.4

Bauteil CH1

CHARAKTERISTISCHE BEANSPRUCHBARKEIT AUF QUERZUG $F_{90,Rk}$ - EC5 (Gl. 8.4)

$$F_{90,Rk} = 14 \cdot b \cdot w \cdot \sqrt{h_e / (1 - h_e/h)} = 14 \cdot 75 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{245 / (1 - 245/300)} = \mathbf{38,38 \text{ kN}}$$

BEMESSUNGSWERT DER BEANSPRUCHBARKEIT AUF QUERZUG - EC5 (2.4.3)

$$F_{90,Rd} = k_{mod} \cdot F_{90,Rk} / \gamma_M = 0,80 \cdot 38,38 / 1,30 = \mathbf{23,62 \text{ kN}}$$

AUSNUTZUNGSGRAD AUFSPALTEN - EC5 (Abschn. 8.1.4)

$$\eta = F_{v,Ed} / F_{90,Rd} = 14,50 / 23,62 = \mathbf{0,61 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

Bauteil CH2

CHARAKTERISTISCHE BEANSPRUCHBARKEIT AUF QUERZUG $F_{90,Rk}$ - EC5 (Gl. 8.4)

$$F_{90,Rk} = 14 \cdot b \cdot w \cdot \sqrt{h_e / (1 - h_e/h)} = 14 \cdot 75 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{245 / (1 - 245/300)} = \mathbf{38,38 \text{ kN}}$$

BEMESSUNGSWERT DER BEANSPRUCHBARKEIT AUF QUERZUG - EC5 (2.4.3)

$$F_{90,Rd} = k_{mod} \cdot F_{90,Rk} / \gamma_M = 0,80 \cdot 38,38 / 1,30 = \mathbf{23,62 \text{ kN}}$$

AUSNUTZUNGSGRAD AUFSPALTEN - EC5 (Abschn. 8.1.4)

$$\eta = F_{v,Ed} / F_{90,Rd} = 14,50 / 23,62 = \mathbf{0,61 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

D1: nicht bewertet (automatisch: $|V_z| = 0,00 \text{ kN} < \text{Schwellenwert } 0,10 \text{ kN}$)

Netto-Querschnitt des Bauteils - Abschn. 5.2 / 6.1

Bauteil CH1

NETTOBREITE + LOCHDURCHMESSER - EC5 Abschn. 5.2

$$b_{\text{net}} = W - n_{\text{pl}} \cdot (t_{\text{steel}} + 2 \cdot \text{slot}) = 75,0 - 1 \cdot (8,0 + 2 \cdot 0,0) = \mathbf{67,0 \text{ mm}} \quad (\text{Stahlblech-Schlitz abgezogen})$$
$$d_0 = d + \text{Übermaß} = 12 + 0 = \mathbf{12 \text{ mm}} \quad (\text{gebohrtes Loch im Holz})$$

NETTOQUERSCHNITTSFLÄCHE - EC5 Abschn. 5.2

$$A_{\text{net}} = A_{\text{gross}} - n \cdot d_0 \cdot b = 20100 - 3 \cdot 12 \cdot 67 = \mathbf{17688 \text{ mm}^2}$$

BEMESSUNGSDRUCKFESTIGKEIT (parallel) - EC5 Abschn. 6.1.4

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 0,80 \cdot 21,0 / 1,30 = \mathbf{12,923 \text{ MPa}}$$

AUSNUTZUNGSGRAD NETTOQUERSCHNITT DRUCK - EC5 Abschn. 6.1.4

$$\eta = \sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d} = 1,707 / 12,923 = \mathbf{0,13 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

BIEGESpannung AM NETTOQUERSCHNITT - EC5 Abschn. 6.1.6

$$\sigma_m = M_y \cdot z_s / I_{\text{net}} = 4,770\text{e}+06 \cdot 150 / 1,362\text{e}+08 = \mathbf{5,253 \text{ MPa}} \quad (f_{m,d} = 14,769 \text{ MPa})$$

DRUCK + BIEGUNG INTERAKTION - EC5 Abschn. 6.2.4

$$\eta = (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_m / f_{m,d} = 0,017 + 0,356 = \mathbf{0,37 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

AUSNUTZUNGSGRAD NETTOQUERSCHNITT SCHUB - EC5 Abschn. 6.1.7

$$\tau_v = V_z \cdot S_{\text{net}} / (I_{\text{net}} \cdot b \cdot k_{cr}) = 14500 \cdot 6,77\text{e}+05 / (1,36\text{e}+08 \cdot 67 \cdot 0,67) = \mathbf{1,606 \text{ MPa}}$$
$$\eta = \tau_v / f_{v,d} = 1,606 / 2,462 = \mathbf{0,65 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

AUSNUTZUNGSGRAD MOMENTENINDUZIRTER SCHUB - EC5 Abschn. 6.1.7

$$V_{dw} = 12,5 \text{ kN} \quad (= V_M)$$
$$\tau_{dw} = V_{dw} \cdot S_{\text{net}} / (I_{\text{net}} \cdot b \cdot k_{cr}) = 12536 \cdot 6,77\text{e}+05 / (1,36\text{e}+08 \cdot 67 \cdot 0,67) = \mathbf{1,389 \text{ MPa}}$$
$$\eta = \tau_{dw} / f_{v,d} = 1,389 / 2,462 = \mathbf{0,56 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

MASSGEBENDE AUSNUTZUNG NETTOQUERSCHNITT

$$\eta_{\text{gov}} = \max(\text{Normalkraft, N+M, aktueller Schub}) = \mathbf{0,65 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

Bauteil CH2

NETTOBREITE + LOCHDURCHMESSER - EC5 Abschn. 5.2

$$b_{\text{net}} = W - n_{\text{pl}} \cdot (t_{\text{steel}} + 2 \cdot \text{slot}) = 75,0 - 1 \cdot (8,0 + 2 \cdot 0,0) = \mathbf{67,0 \text{ mm}} \quad (\text{Stahlblech-Schlitz abgezogen})$$
$$d_0 = d + \text{Übermaß} = 12 + 0 = \mathbf{12 \text{ mm}} \quad (\text{gebohrtes Loch im Holz})$$

NETTOQUERSCHNITTSFLÄCHE - EC5 Abschn. 5.2

$$A_{\text{net}} = A_{\text{gross}} - n \cdot d_0 \cdot b = 20100 - 3 \cdot 12 \cdot 67 = \mathbf{17688 \text{ mm}^2}$$

BEMESSUNGSDRUCKFESTIGKEIT (parallel) - EC5 Abschn. 6.1.4

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 0,80 \cdot 21,0 / 1,30 = \mathbf{12,923 \text{ MPa}}$$

AUSNUTZUNGSGRAD NETTOQUERSCHNITT DRUCK - EC5 Abschn. 6.1.4

$$\eta = \sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d} = 1,707 / 12,923 = \mathbf{0,13 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

BIEGESpannung AM NETTOQUERSCHNITT - EC5 Abschn. 6.1.6

$$\sigma_m = M_y \cdot z_s / I_{\text{net}} = 4,770\text{e}+06 \cdot 150 / 1,362\text{e}+08 = \mathbf{5,253 \text{ MPa}} \quad (f_{m,d} = 14,769 \text{ MPa})$$

DRUCK + BIEGUNG INTERAKTION - EC5 Abschn. 6.2.4

$$\eta = (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_m / f_{m,d} = 0,017 + 0,356 = \mathbf{0,37 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

AUSNUTZUNGSGRAD NETTOQUERSCHNITT SCHUB - EC5 Abschn. 6.1.7

$$\tau_v = V_z \cdot S_{\text{net}} / (I_{\text{net}} \cdot b \cdot k_{cr}) = 14500 \cdot 6,77\text{e}+05 / (1,36\text{e}+08 \cdot 67 \cdot 0,67) = \mathbf{1,606 \text{ MPa}}$$
$$\eta = \tau_v / f_{v,d} = 1,606 / 2,462 = \mathbf{0,65 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

AUSNUTZUNGSGRAD MOMENTENINDUZIERTER SCHUB - EC5 Abschn. 6.1.7

$$V_{dw} = 12,5 \text{ kN} \quad (= V_M)$$

$$\tau_{dw} = V_{dw} \cdot S_{net} / (I_{net} \cdot b \cdot k_{cr}) = 12536 \cdot 6,77e+05 / (1,36e+08 \cdot 67 \cdot 0,67) = \mathbf{1,389 \text{ MPa}}$$

$$\eta = \tau_{dw} / f_{v,d} = 1,389 / 2,462 = \mathbf{0,56 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

MASSGEBENDE AUSNUTZUNG NETTOQUERSCHNITT

$$\eta_{gov} = \max(\text{Normalkraft, N+M, aktueller Schub}) = \mathbf{0,65 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

Bauteil D1**NETTOBREITE + LOCHDURCHMESSER - EC5 Abschn. 5.2**

$$b_{net} = W - n_{pl} \cdot (t_{steel} + 2 \cdot \text{slot}) = 75,0 - 1 \cdot (8,0 + 2 \cdot 0,0) = \mathbf{67,0 \text{ mm}} \quad (\text{Stahlblech-Schlitz abgezogen})$$

$$d_0 = d + \text{Übermaß} = 12 + 0 = \mathbf{12 \text{ mm}} \quad (\text{gebohrtes Loch im Holz})$$

NETTOQUERSCHNITTSFLÄCHE - EC5 Abschn. 5.2

$$A_{net} = A_{gross} - n \cdot d_0 \cdot b = 6700 - 1 \cdot 12 \cdot 67 = \mathbf{5896 \text{ mm}^2}$$

BEMESSUNGSZUGFESTIGKEIT (parallel) - EC5 Abschn. 6.1.2

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k} / \gamma_M = 0,80 \cdot 1,0845 \cdot 14,0 / 1,30 = \mathbf{9,343 \text{ MPa}}$$

AUSNUTZUNGSGRAD NETTOQUERSCHNITT ZUG - EC5 Abschn. 6.1.2

$$\eta = \sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} = 0,863 / 9,343 = \mathbf{0,09 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

Nicht geführte Nachweise

Blockscherversagen - EC5 Anhang A

Bauteile ohne erforderlichen Blockschernachweis:

CH1: nicht erforderlich - Druck

CH2: nicht erforderlich - Druck

D1: nicht erforderlich - eine Reihe parallel zur Achse

Tragfähigkeit der Verbindungsmittel

EN 1993-1-8:2005 + AC:2009 (Nachweis Stahlblech)

Unabhängig vom EC5/FprEN-Johansen-Nachweis

Konservativer Ansatz F4 (Stahl-/Bolzenachweis)

Minimale Rand- und Endabstände, resultierender Kraftbetrag

VM	Klasse	V_Ed,pl[kN]	F_b,Rd[kN]	etaB%	V_Ed,pn[kN]	F_v,Rd[kN]	etaV%	maßg.	Status
B1	Hirn/Rand	5,99	76,80	7,8	3,00	16,19	18,5	Absch.	erf.
B2	Hirn/innen	7,08	76,80	9,2	3,54	16,19	21,9	Absch.	erf.
B3	Hirn/Rand	9,79	76,80	12,8	4,90	16,19	30,3	Absch.	erf.
B4	innen/Rand	1,82	76,80	2,4	0,91	16,19	5,6	Absch.	erf.
B6	Hirn/Rand	7,96	76,80	10,4	3,98	16,19	24,6	Absch.	erf.
B7	Hirn/innen	2,38	76,80	3,1	1,19	16,19	7,3	Absch.	erf.
B8	Hirn/Rand	4,46	76,80	5,8	2,23	16,19	13,8	Absch.	erf.
B9	Hirn/Rand	8,10	76,80	10,5	4,05	16,19	25,0	Absch.	erf.
B10	Hirn/innen	9,79	76,80	12,7	4,90	16,19	30,2	Absch.	erf.
B11	Hirn/Rand	7,08	76,80	9,2	3,54	16,19	21,9	Absch.	erf.
B12	innen/Rand	5,99	76,80	7,8	3,00	16,19	18,5	Absch.	erf.
B13	innen/Rand	7,95	76,80	10,4	3,98	16,19	24,6	Absch.	erf.
B15	Hirn/innen	1,82	76,80	2,4	0,91	16,19	5,6	Absch.	erf.
B16	Hirn/Rand	8,10	76,80	10,5	4,05	16,19	25,0	Absch.	erf.
B17	Hirn/Rand	4,46	76,80	5,8	2,23	16,19	13,8	Absch.	erf.
B18	innen/Rand	2,37	76,80	3,1	1,19	16,19	7,3	Absch.	erf.
B19	Hirn/Rand	1,70	76,80	2,2	0,85	16,19	5,2	Absch.	erf.
B20	innen/Rand	1,70	76,80	2,2	0,85	16,19	5,2	Absch.	erf.
B21	Hirn/Rand	1,70	76,80	2,2	0,85	16,19	5,2	Absch.	erf.

Blech S355, t = 8,0 mm, gamma_M2 = 1,25, Gewinde in der Scherfuge. 19 Verbindungsmittel geprüft, 0 EC3-Nachweise nicht erfüllt.

Nur die Statuszelle ist entsprechend dem Ergebnis eingefärbt (grün = erfüllt / rot = nicht erfüllt); alle übrigen Werte sind neutral.

Für die Beanspruchung je Blech werden die Kräfte der beiden angrenzenden Kontaktflächen summiert (Mehrblech-Regel Q5).

Der EC3-Nachweis ist ein UNABHÄNGIGER Nachweis - sowohl der Johansen-Nachweis (Holz) als auch dieser Stahlnachweis müssen unabhängig voneinander erfüllt sein.

Netto-Querschnitt des Stahlblechs (EN 1993-1-1 Abschn. 6.2.3 / 6.2.4)

Nettobruch / Fließen des Bruttoquerschnitts der lastübertragenden Bleche je Bauteil-Normalkraft

Bauteil	Typ	N_Ed[kN]	A_net[mm2]	N_Rd[kN]	eta%	Status
CH1	Druck	-30,2	2088	852,0	3,5	erf.
CH2	Druck	-30,2	2088	852,0	3,5	erf.
D1	Zug	5,1	696	255,6	2,0	erf.

Zug: $\min(\text{Fließen } A \cdot f_y / gM0, \text{Nettobruch } 0,9 \cdot A_{\text{net}} \cdot f_u / gM2)$; Druck verwendet den Bruttoquerschnitt.

- 6.2.4: Druck -> Bruttoquerschnitt (Löcher durch die Verbindungsmittel gefüllt)

- Blechhöhe auf die Bauteilhöhe begrenzt (gemeinsames Knotenblech)

Zusammenfassung der Nachweise

Bauteil	Nachweis	eta [%]	Status
CH1	Maßgebendes Verbindungsmittel (B3)	99,5	erfüllt
CH2	Maßgebendes Verbindungsmittel (B10)	99,4	erfüllt
D1	Maßgebendes Verbindungsmittel (B19)	15,7	erfüllt
CH1	Gruppentragfähigkeit (n_ef)	49,4	erfüllt
CH2	Gruppentragfähigkeit (n_ef)	49,4	erfüllt
D1	Gruppentragfähigkeit (n_ef)	19,5	erfüllt
CH1	Aufspalten (Querzug)	61,4	erfüllt
CH2	Aufspalten (Querzug)	61,4	erfüllt
CH1	Netto-Querschnitt	65,3	erfüllt
CH2	Netto-Querschnitt	65,3	erfüllt
D1	Netto-Querschnitt	9,2	erfüllt

GESAMTERGEBNIS: NACHWEIS ERFÜLLT

Maßgebender Ausnutzungsgrad: $\eta = 99,5\%$ (CH1 Maßgebendes Verbindungsmittel (B3))