

Tragfähigkeitsnachweis der Verbindungsmittel

EN 1995-1-1:2004

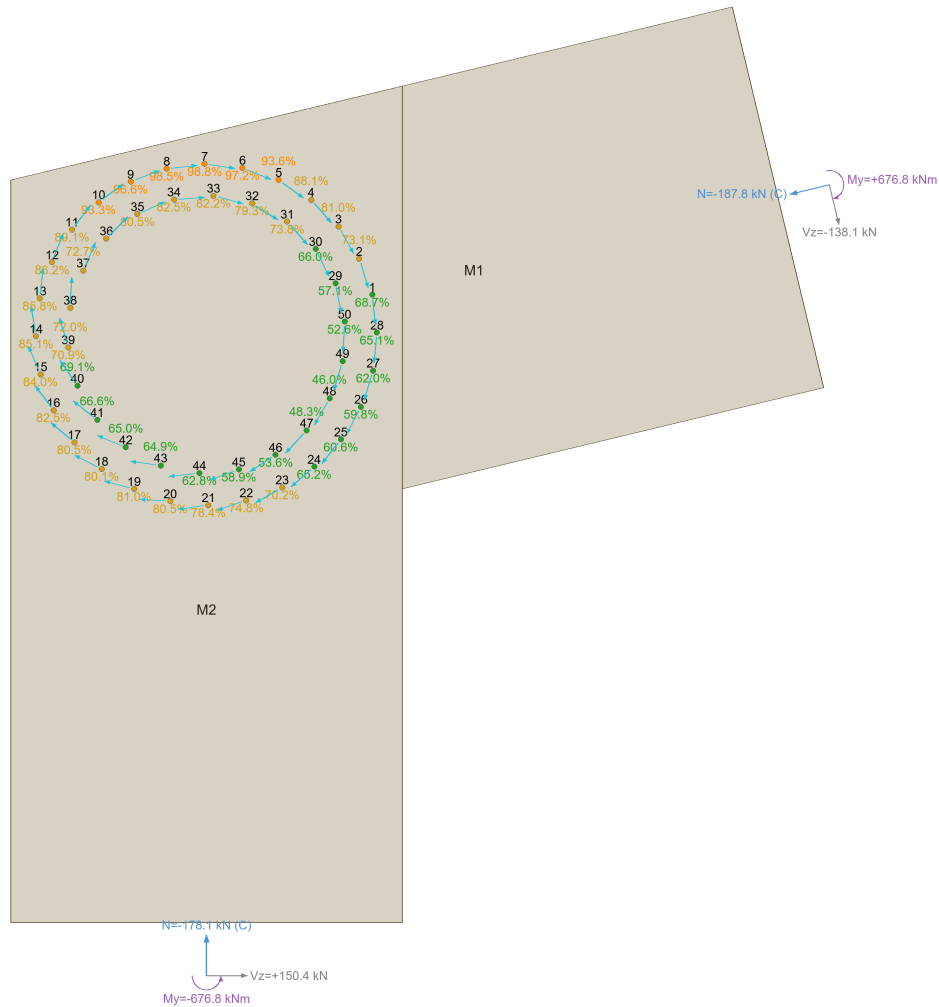
Datum: 2026-08-11
Lastfall: manual

Eingangsdaten

Festigkeitsklasse (Holz)	GL24h
Nutzungsklasse	1
Klasse der Lasteinwirkungsdauer (KLED)	kurz
Verbindungsmittelart	Stabdübel
Durchmesser des Verbindungsmittels	24 mm
Festigkeitsklasse des Verbindungsmittels	Custom (f _y , f _u) (240/400)
Stabdübel-Festigkeit	f _{u,k} = 400 MPa
Schlitztoleranz	0,0 mm (je Seite)
Versenkung	0,0 mm je Ende
a3-Zuschlag (Hirnholzabstand)	0,0 mm

Ansichten der Verbindung

SEITENANSICHT (XZ)



- $\eta \leq 70\%$
- $70\% < \eta \leq 90\%$
- $90\% < \eta \leq 100\%$
- $\eta > 100\%$ n. erf.

Bauteile

Name	Tragend	b [mm]	h [mm]	Querschnitt
M1	Ja	200	1480	200 x 1480
M2	Nein	120	1480	120 x 1480

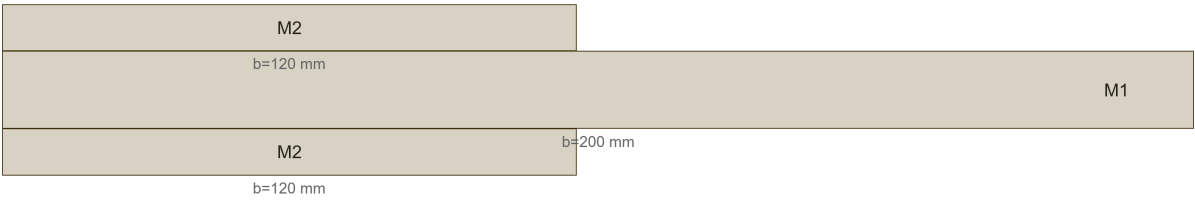
Schnittgrößen (LF: manual)

Bauteil	N [kN]	Z/D	Vz [kN]	Vy [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	T [kNm]
M1 / Ende	-187,80	D	-138,10	0,00	676,80	0,00	0,00
M2 / Ende	-178,10	D	150,40	0,00	-676,80	0,00	0,00

Gleichgewicht (Kräfte durch Knoten): $X +0,03$ $Y +0,00$ $Z -0,03 \text{ kN}$ $M_x +0,00$ $M_y +0,00$ $M_z +0,00 \text{ kNm}$ (im Gleichgewicht)

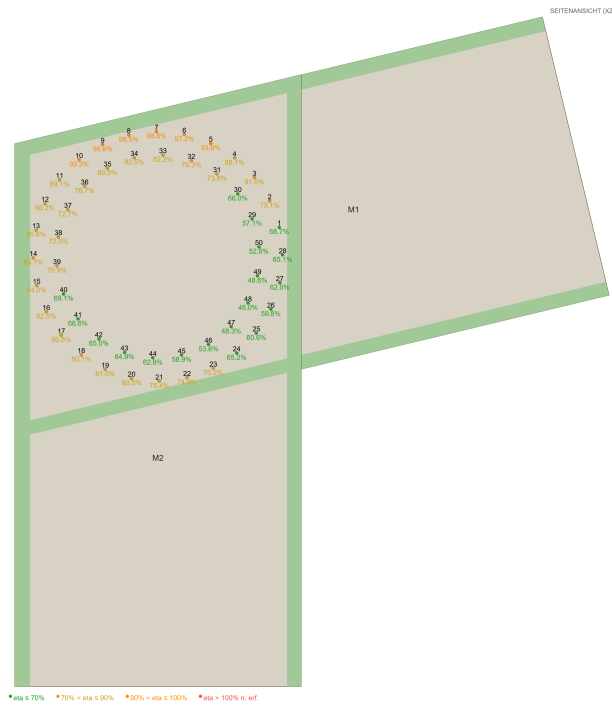
+ Hebelarm (Verbindungsmittel-Schwerpunkt x Vz): $M_y +0,00 \text{ kNm}$

Gleichgewicht (Kräfte durch Verbindungsmittel-Schwerpunkt): $X +0,03$ $Y +0,00$ $Z -0,03$ kN $M_x +0,00$ $M_y +0,00$ $M_z +0,00$ kNm (im Gleichgewicht)



■ Holzbauteil

Nachweis der Mindestabstände - Abschn. 8.5.1.1(3)



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

Bauteil M1

a1 ABSTAND IN FASERRICHTUNG

$$a_{1,\min} = (3 + 2|\cos \alpha|) \cdot d = 110,7 \text{ mm} \quad \text{vorh.} = 143,3 \text{ mm} \quad \checkmark \text{ erfüllt}$$

a2 ABSTAND RECHTWINKLIG ZUR FASER

$$a_{2,\min} = 95,0 \text{ mm} \quad \text{vorh.} = 120,6 \text{ mm} \quad \checkmark \text{ erfüllt}$$

a3,c HIRNHOLZABSTAND (unbeansprucht)

$$a_{3,c,\min} = 72,0 \text{ mm} \quad \text{vorh.} = 98,8 \text{ mm} \quad \checkmark \text{ erfüllt}$$

a4,t RANDABSTAND (beansprucht)

$$a_{4,t,\min} = \max((2+2|\sin \alpha|)d, 3d) = 76,4 \text{ mm} \quad \text{vorh.} = 96,0 \text{ mm} \quad \checkmark \text{ erfüllt}$$

a4,c RANDABSTAND (unbeansprucht)

$$a_{4,c,\min} = 3d = 72,0 \text{ mm} \quad \text{vorh.} = 96,0 \text{ mm} \quad \checkmark \text{ erfüllt}$$

Bauteil M2

a1 ABSTAND IN FASERRICHTUNG

$$a_{1,\min} = (3 + 2|\cos \alpha|) \cdot d = 108,7 \text{ mm} \quad \text{vorh.} = 143,1 \text{ mm} \quad \checkmark \text{ erfüllt}$$

a2 ABSTAND RECHTWINKLIG ZUR FASER

$$a_{2,\min} = 105,1 \text{ mm} \quad \text{vorh.} = 120,0 \text{ mm} \quad \checkmark \text{ erfüllt}$$

a3,c HIRNHOLZABSTAND (unbeansprucht)

$$a_{3,c,\min} = 72,0 \text{ mm} \quad \text{vorh.} = 98,7 \text{ mm} \quad \checkmark \text{ erfüllt}$$

a4,t RANDABSTAND (beansprucht)

$$a_{4,t,\min} = \max((2+2|\sin \alpha|)d, 3d) = 79,0 \text{ mm} \quad \text{vorh.} = 96,0 \text{ mm} \quad \checkmark \text{ erfüllt}$$

a4,c RANDABSTAND (unbeansprucht)

$$a_{4,c,\min} = 3d = 72,0 \text{ mm} \quad \text{vorh.} = 96,0 \text{ mm} \quad \checkmark \text{ erfüllt}$$

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
D1	69	120/200/120	14,2	22,25	32,40	68,7	11,12	16,20	68,7	-	man...	erf.	k k
D2	73	120/200/120	15,0	23,23	31,78	73,1	11,62	15,89	73,1	-	man...	erf.	jjj
D3	61	120/200/120	16,5	24,27	29,96	81,0	12,13	14,98	81,0	-	man...	erf.	jjj
D4	49	120/200/120	18,4	25,31	28,74	88,1	12,65	14,37	88,1	-	man...	erf.	jjj
D5	36	120/200/120	20,6	26,29	28,10	93,6	13,15	14,05	93,6	-	man...	erf.	jjj
D6	23	120/200/120	22,6	27,19	27,98	97,2	13,59	13,99	97,2	-	man...	erf.	jjj
D7	9	120/200/120	23,8	27,96	28,30	98,8	13,98	14,15	98,8	-	man...	erf.	jjj
D8	6	120/200/120	23,8	28,58	29,00	98,5	14,29	14,50	98,5	-	man...	erf.	jjj
D9	6	120/200/120	22,7	29,03	30,05	96,6	14,51	15,03	96,6	-	man...	erf.	jjj
D10	10	120/200/120	20,9	29,29	31,40	93,3	14,64	15,70	93,3	-	man...	erf.	jjj
D11	26	120/200/120	18,9	29,35	32,95	89,1	14,67	16,47	89,1	-	man...	erf.	jjj
D12	41	120/200/120	17,1	29,22	33,91	86,2	14,61	16,96	86,2	-	man...	erf.	k k
D13	57	120/200/120	15,7	28,89	33,69	85,8	14,45	16,84	85,8	-	man...	erf.	k k
D14	72	120/200/120	14,7	28,38	33,36	85,1	14,19	16,68	85,1	-	man...	erf.	k k
D15	67	120/200/120	14,1	27,71	32,97	84,0	13,85	16,48	84,0	-	man...	erf.	k k
D16	53	120/200/120	14,1	26,89	32,58	82,5	13,44	16,29	82,5	-	man...	erf.	k k
D17	40	120/200/120	14,5	25,96	32,25	80,5	12,98	16,12	80,5	-	man...	erf.	k k
D18	27	120/200/120	15,4	24,95	31,13	80,1	12,47	15,56	80,1	-	man...	erf.	jjj
D19	15	120/200/120	17,0	23,90	29,51	81,0	11,95	14,76	81,0	-	man...	erf.	jjj
D20	4	120/200/120	19,3	22,88	28,42	80,5	11,44	14,21	80,5	-	man...	erf.	jjj
D21	8	120/200/120	21,8	21,93	27,97	78,4	10,96	13,99	78,4	-	man...	erf.	jjj
D22	8	120/200/120	23,7	21,11	28,22	74,8	10,56	14,11	74,8	-	man...	erf.	jjj
D23	3	120/200/120	23,7	20,50	29,18	70,2	10,25	14,59	70,2	-	man...	erf.	jjj
D24	14	120/200/120	21,6	20,13	30,86	65,2	10,06	15,43	65,2	-	man...	erf.	jjj
D25	25	120/200/120	18,7	20,03	33,08	60,6	10,02	16,54	60,6	-	man...	erf.	jjj
D26	36	120/200/120	16,3	20,23	33,81	59,8	10,11	16,90	59,8	-	man...	erf.	k k
D27	46	120/200/120	14,7	20,69	33,38	62,0	10,34	16,69	62,0	-	man...	erf.	k k
D28	57	120/200/120	14,1	21,38	32,86	65,1	10,69	16,43	65,1	-	man...	erf.	k k
D29	74	120/200/120	14,8	18,36	32,13	57,1	9,18	16,07	57,1	-	man...	erf.	k k
D30	64	120/200/120	16,6	19,67	29,80	66,0	9,84	14,90	66,0	-	man...	erf.	jjj
D31	49	120/200/120	19,2	20,98	28,44	73,8	10,49	14,22	73,8	-	man...	erf.	jjj
D32	33	120/200/120	21,9	22,19	27,97	79,3	11,09	13,98	79,3	-	man...	erf.	jjj
D33	15	120/200/120	23,7	23,21	28,23	82,2	11,61	14,11	82,2	-	man...	erf.	jjj
D34	4	120/200/120	23,8	24,01	29,09	82,5	12,00	14,55	82,5	-	man...	erf.	jjj
D35	3	120/200/120	22,1	24,52	30,46	80,5	12,26	15,23	80,5	-	man...	erf.	jjj
D36	18	120/200/120	19,7	24,74	32,24	76,7	12,37	16,12	76,7	-	man...	erf.	jjj
D37	39	120/200/120	17,4	24,66	33,94	72,7	12,33	16,97	72,7	-	man...	erf.	k k
D38	60	120/200/120	15,6	24,27	33,69	72,0	12,13	16,84	72,0	-	man...	erf.	k k
D39	74	120/200/120	14,5	23,59	33,27	70,9	11,80	16,63	70,9	-	man...	erf.	k k
D40	55	120/200/120	14,0	22,66	32,78	69,1	11,33	16,39	69,1	-	man...	erf.	k k
D41	39	120/200/120	14,3	21,53	32,33	66,6	10,77	16,16	66,6	-	man...	erf.	k k
D42	23	120/200/120	15,4	20,26	31,15	65,0	10,13	15,58	65,0	-	man...	erf.	jjj
D43	8	120/200/120	17,5	18,93	29,17	64,9	9,46	14,59	64,9	-	man...	erf.	jjj
D44	6	120/200/120	20,7	17,66	28,09	62,8	8,83	14,05	62,8	-	man...	erf.	jjj
D45	7	120/200/120	23,5	16,56	28,14	58,9	8,28	14,07	58,9	-	man...	erf.	jjj
D46	7	120/200/120	23,4	15,79	29,44	53,6	7,89	14,72	53,6	-	man...	erf.	jjj
D47	20	120/200/120	20,1	15,44	31,99	48,3	7,72	16,00	48,3	-	man...	erf.	jjj
D48	33	120/200/120	16,5	15,58	33,85	46,0	7,79	16,92	46,0	-	man...	erf.	k k
D49	47	120/200/120	14,5	16,18	33,27	48,6	8,09	16,64	48,6	-	man...	erf.	k k
D50	60	120/200/120	14,0	17,15	32,60	52,6	8,57	16,30	52,6	-	man...	erf.	k k

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

Holz-Holz-Verbindungsmittel: $\eta_a = V_{Ed,gov} / F_{v,Rd,gov}$ an der maßgebenden Scherfuge.

Seileffekt in Moden j/k: Johansen + $\min(F_{ax,Rk}/4, 0,25 \cdot \text{Johansen})$ je Scherfuge.

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

Maßgebendes Verbindungsmittel D7 (Bauteil M1)

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

HOLZ-HOLZ-VERBINDUNG, EINGANGSDATEN - EC5 8.2.2

Verbindungsmittel: Stabdübel, $d = 24,0 \text{ mm}$, $f_{u,k} = 400 \text{ MPa}$

Schichtaufbau $t = 120/200/120 \text{ mm}$, Scherfugen = 2

Winkel Kraft-Faser $\alpha = 8,6 \text{ Grad}$, $k_{\text{mod}}/\gamma_M = 0,90/1,25$

HOLZ-HOLZ-VERBINDUNG, SCHICHTAUFBAU (2 Scherfugen) - EC5 (8.1.3)

Stack: **outer1 | inner | outer1**

LOCHLEIBUNGSFESTIGKEIT, SEITENHOLZ - EC5 (8,31)

$f_{h,1,k} = 14,14 \text{ MPa}$

LOCHLEIBUNGSFESTIGKEIT, MITTELHOLZ - EC5 (8,31)

$f_{h,2,k} = 23,83 \text{ MPa}$

VERHÄLTNISS DER LOCHLEIBUNGSFESTIGKEITEN (β) - EC5 (8,8)

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} = 23,83 / 14,14 = 1,685$$

CHARAKTERISTISCHES FLIESSMOMENT - EC5 (8,30)

$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 465297 \text{ N}\cdot\text{mm}$

JOHANSEN-VERSAGENSART (g) - EC5 (8,7)

$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 14,14 \cdot 120,0 \cdot 24,0 = 40,73 \text{ kN}$



JOHANSEN-VERSAGENSART (h) - EC5 (8,7)

$F_{v,Rk} = 0,5 \cdot f_{h,2,k} \cdot t_2 \cdot d = 0,5 \cdot 23,83 \cdot 200,0 \cdot 24,0 = 57,20 \text{ kN}$



JOHANSEN-VERSAGENSART (j) - EC5 (8,7) ← MASSGEBEND

$$F_{v,Rk} = 1,05 \cdot \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \cdot [\sqrt{2\beta(1+\beta)} + 4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}/(f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1^2) - \beta] = 19,65 \text{ kN}$$



JOHANSEN-VERSAGENSART (k) - EC5 (8,7)

$F_{v,Rk} = 1,15 \cdot \sqrt{2\beta/(1+\beta)} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} = 22,90 \text{ kN}$



SEILEFFEKT-BEGRENZTE VERSAGENSARTEN - EC5 Abschn. 8.2.2(2)

Versagensart j: Johansen 19,65 kN + Seil 0,00 kN = 19,65 kN

Versagensart k: Johansen 22,90 kN + Seil 0,00 kN = 22,90 kN

TRAGFÄHIGKEIT JE SCHERFUGE (2 Scherfugen, Abschn. 8.1.3(1)) - EC5 (8.1.3)

Scherfuge 1 (außen, $t=200,0 \text{ mm}$): $F_{v,Rk} = 19,65 \text{ kN}$ [Modus j]

Scherfuge 2 (außen, $t=200,0 \text{ mm}$): $F_{v,Rk} = 19,65 \text{ kN}$ [Modus j]

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

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{\text{mod}} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M} = (0,90 \cdot 19,65) / 1,25 = 14,15 \text{ kN}$$

AUSNUTZUNG, SCHERFUGE 1 (MAX. ETA) - EC5 (2,17)

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}} = 13,981 / 14,149 = 0,99 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}$$

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

Bauteil M1

ZUORDNUNG DER VERBINDUNGSMITTELFAMILIE

Zuordnung der Familie: Stabdübel -> 8.5.1 (EN 8.6(1))

WIRKSAME ANZAHL DER VERBINDUNGSMITTEL - EC5 (8,34/8,35)

$n_{ef} = n$ (Rotationsbeanspruchung, keine Reihenabminderung) = **50,00**

CHARAKTERISTISCHE TRAGFÄHIGKEIT DER GRUPPE - EC5 (8.1.1)

$F_{v,Rk,group} = \sum n_{ef} \cdot F_{v,Rk,fast} = 50,00 \cdot 38,85 = \mathbf{1942,3 \text{ kN}}$

Bauteil M2

ZUORDNUNG DER VERBINDUNGSMITTELFAMILIE

Zuordnung der Familie: Stabdübel -> 8.5.1 (EN 8.6(1))

WIRKSAME ANZAHL DER VERBINDUNGSMITTEL - EC5 (8,34/8,35)

$n_{ef} = n$ (Rotationsbeanspruchung, keine Reihenabminderung) = **50,00**

CHARAKTERISTISCHE TRAGFÄHIGKEIT DER GRUPPE - EC5 (8.1.1)

$F_{v,Rk,group} = \sum n_{ef} \cdot F_{v,Rk,fast} = 50,00 \cdot 19,42 = \mathbf{971,2 \text{ kN}}$

Reihenrichtung bezogen auf die Holzfaser (Abschn. 8.1.2(5))

M1: N/A (kreisförmige Verbindungsmittelgruppen haben keine Reihen in Faserrichtung)

M2: N/A (kreisförmige Verbindungsmittelgruppen haben keine Reihen in Faserrichtung)

Aufspalten infolge Querkzugkraft - Abschn. 8.1.4

Bauteil M1

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

$$F_{90,Rk} = 14 \cdot b \cdot w \cdot \sqrt{h_e / (1 - h_e/h)} = 14 \cdot 200 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{1384 / (1 - 1384/1480)} = \mathbf{409,00 \text{ kN}}$$

BEMESSUNGSWERT DER BEANSPRUCHBARKEIT AUF QUERZUG - EC5 (2.4.3)

$$F_{90,Rd} = k_{mod} \cdot F_{90,Rk} / \gamma_M = 0,90 \cdot 409,00 / 1,25 = \mathbf{294,48 \text{ kN}}$$

AUSNUTZUNGSGRAD AUFSPALTEN - EC5 (Abschn. 8.1.4)

$$\eta = F_{v,Ed} / F_{90,Rd} = 138,10 / 294,48 = \mathbf{0,47 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

Bauteil M2

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

$$F_{90,Rk} = 14 \cdot b \cdot w \cdot \sqrt{h_e / (1 - h_e/h)} = 14 \cdot 120 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{1384 / (1 - 1384/1480)} = \mathbf{245,34 \text{ kN}}$$

BEMESSUNGSWERT DER BEANSPRUCHBARKEIT AUF QUERZUG - EC5 (2.4.3)

$$F_{90,Rd} = k_{mod} \cdot F_{90,Rk} / \gamma_M = 0,90 \cdot 245,34 / 1,25 = \mathbf{176,65 \text{ kN}}$$

AUSNUTZUNGSGRAD AUFSPALTEN - EC5 (Abschn. 8.1.4)

$$\eta = F_{v,Ed} / F_{90,Rd} = 75,20 / 176,65 = \mathbf{0,43 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

Netto-Querschnitt des Bauteils - Abschn. 5.2 / 6.1

Bauteil M1

NETTOBREITE + LOCHDURCHMESSER - EC5 Abschn. 5.2

$$d_0 = d + \text{Übermaß} = 24 + 0 = \mathbf{24 \text{ mm}} \quad (\text{gebohrtes Loch im Holz})$$

NETTOQUERSCHNITTSFLÄCHE - EC5 Abschn. 5.2

$$A_{\text{net}} = A_{\text{gross}} - n \cdot d_0 \cdot b = 296000 - 4 \cdot 24 \cdot 200 = \mathbf{276800 \text{ mm}^2}$$

BEMESSUNGSDRUCKFESTIGKEIT (parallel) - EC5 Abschn. 6.1.4

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 0,90 \cdot 24,0 / 1,25 = \mathbf{17,280 \text{ MPa}}$$

AUSNUTZUNGSGRAD NETTOQUERSCHNITT DRUCK - EC5 Abschn. 6.1.4

$$\eta = \sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d} = 0,678 / 17,280 = \mathbf{0,04 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

biegESpannung AM NETTOQUERSCHNITT - EC5 Abschn. 6.1.6

$$\sigma_m = M_y \cdot z_s / I_{\text{net}} = 6,768\text{e}+08 \cdot 740 / 4,741\text{e}+10 = \mathbf{10,563 \text{ MPa}} \quad (f_{m,d} = 17,280 \text{ MPa})$$

DRUCK + BIEGUNG INTERAKTION - EC5 Abschn. 6.2.4

$$\eta = (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_m / f_{m,d} = 0,002 + 0,611 = \mathbf{0,61 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

AUSNUTZUNGSGRAD NETTOQUERSCHNITT SCHUB - EC5 Abschn. 6.1.7

$$\begin{aligned} \tau_v &= V_z \cdot S_{\text{net}} / (I_{\text{net}} \cdot b \cdot k_{cr}) = 138100 \cdot 4,92\text{e}+07 / (4,74\text{e}+10 \cdot 200 \cdot 0,67) = \mathbf{1,069 \text{ MPa}} \\ \eta &= \tau_v / f_{v,d} = 1,069 / 2,520 = \mathbf{0,42 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}} \end{aligned}$$

AUSNUTZUNGSGRAD MOMENTENINDUZierter SCHUB - EC5 Abschn. 6.1.7

$$\begin{aligned} V_{dw} &= 358,9 \text{ kN} \quad (= V_M) \\ \tau_{dw} &= V_{dw} \cdot S_{\text{net}} / (I_{\text{net}} \cdot b \cdot k_{cr}) = 358854 \cdot 4,92\text{e}+07 / (4,74\text{e}+10 \cdot 200 \cdot 0,67) = \mathbf{2,776 \text{ MPa}} \\ \eta &= \tau_{dw} / f_{v,d} = 2,776 / 2,520 = \mathbf{1,10 > 1,0 \quad \times \text{ nicht erfüllt}} \end{aligned}$$

MASSGEBENDE AUSNUTZUNG NETTOQUERSCHNITT

$$\eta_{\text{gov}} = \max(\text{Normalkraft, N+M, aktueller Schub}) = \mathbf{1,10 > 1,0 \quad \times \text{ nicht erfüllt}}$$

Bauteil M2

NETTOBREITE + LOCHDURCHMESSER - EC5 Abschn. 5.2

$$d_0 = d + \text{Übermaß} = 24 + 0 = \mathbf{24 \text{ mm}} \quad (\text{gebohrtes Loch im Holz})$$

NETTOQUERSCHNITTSFLÄCHE - EC5 Abschn. 5.2

$$A_{\text{net}} = A_{\text{gross}} - n \cdot d_0 \cdot b = 177600 - 3 \cdot 24 \cdot 120 = \mathbf{168960 \text{ mm}^2}$$

BEMESSUNGSDRUCKFESTIGKEIT (parallel) - EC5 Abschn. 6.1.4

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M = 0,90 \cdot 24,0 / 1,25 = \mathbf{17,280 \text{ MPa}}$$

AUSNUTZUNGSGRAD NETTOQUERSCHNITT DRUCK - EC5 Abschn. 6.1.4

$$\eta = \sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d} = 0,527 / 17,280 = \mathbf{0,03 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

biegESpannung AM NETTOQUERSCHNITT - EC5 Abschn. 6.1.6

$$\sigma_m = M_y \cdot z_s / I_{\text{net}} = -3,384\text{e}+08 \cdot 740 / 2,924\text{e}+10 = \mathbf{8,563 \text{ MPa}} \quad (f_{m,d} = 17,280 \text{ MPa})$$

DRUCK + BIEGUNG INTERAKTION - EC5 Abschn. 6.2.4

$$\eta = (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + \sigma_m / f_{m,d} = 0,001 + 0,496 = \mathbf{0,50 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

AUSNUTZUNGSGRAD NETTOQUERSCHNITT SCHUB - EC5 Abschn. 6.1.7

$$\begin{aligned} \tau_v &= V_z \cdot S_{\text{net}} / (I_{\text{net}} \cdot b \cdot k_{cr}) = 75200 \cdot 3,10\text{e}+07 / (2,92\text{e}+10 \cdot 120 \cdot 0,67) = \mathbf{0,992 \text{ MPa}} \\ \eta &= \tau_v / f_{v,d} = 0,992 / 2,520 = \mathbf{0,39 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}} \end{aligned}$$

AUSNUTZUNGSGRAD MOMENTENINDUZierter SCHUB - EC5 Abschn. 6.1.7

$$\begin{aligned} V_{dw} &= 180,1 \text{ kN} \quad (= V_M) \\ \tau_{dw} &= V_{dw} \cdot S_{\text{net}} / (I_{\text{net}} \cdot b \cdot k_{cr}) = 180050 \cdot 3,10\text{e}+07 / (2,92\text{e}+10 \cdot 120 \cdot 0,67) = \mathbf{2,374 \text{ MPa}} \\ \eta &= \tau_{dw} / f_{v,d} = 2,374 / 2,520 = \mathbf{0,94 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}} \end{aligned}$$

MASSGEBENDE AUSNUTZUNG NETTOQUERSCHNITT

$$\eta_{\text{gov}} = \max(\text{Normalkraft, N+M, aktueller Schub}) = \mathbf{0,94 \leq 1,0 \quad \checkmark \text{ erfüllt}}$$

Nicht geführte Nachweise

Holz-Holz-Gruppentragfähigkeit - je Scherfuge

M1: rotationsdominiert (kreisförmiges Verbindungsmittelbild) - kein Gruppentragfähigkeitsnachweis (der Momentenanteil wird je Verbindungsmittel nachgewiesen) [WARNUNG: maßgebliche translatorische Beanspruchung ($\tau=0,203 \geq \tau_{\min}=0,20$) - prüfen, ob die Gruppentragfähigkeit je Scherfuge nicht maßgebend wird]

Blockscherversagen - EC5 Anhang A

Bauteile ohne erforderlichen Blockschnachweis:

M1: nicht erforderlich - rotationsdominiert (kreisförmige Verbindungsmittelgruppe)

M2: nicht erforderlich - rotationsdominiert (kreisförmige Verbindungsmittelgruppe)

Zusammenfassung der Nachweise

Bauteil	Nachweis	eta [%]	Status
M1	Maßgebendes Verbindungsmittel (D7)	98,8	erfüllt
	Aufspalten (Querzug)	46,9	erfüllt
M2	Aufspalten (Querzug)	42,6	erfüllt
M1	Netto-Querschnitt	110,2	nicht erfüllt
M2	Netto-Querschnitt	94,2	erfüllt

GESAMTERGEBNIS: NACHWEIS NICHT ERFÜLLT

Maßgebender Ausnutzungsgrad: $\eta = 110,2\%$ (M1 Netto-Querschnitt)