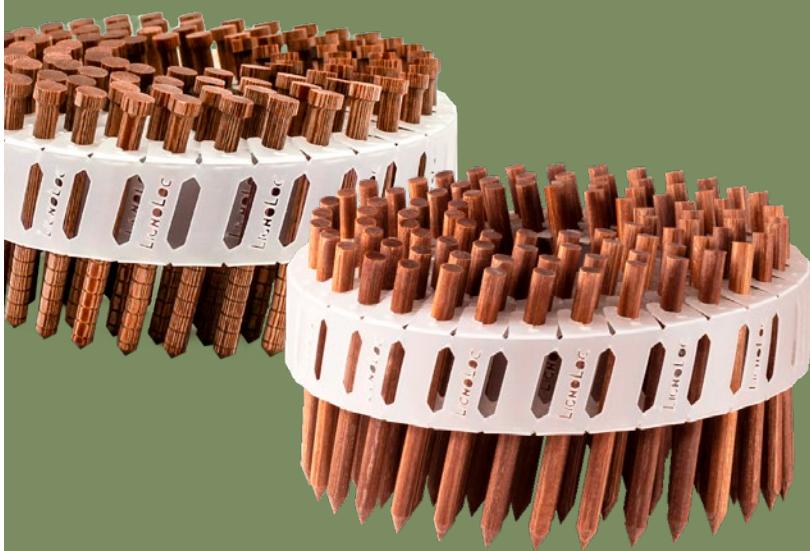


Berechnung einer Wandscheibe in Holztafel- bauweise

nach DIN EN 1995-1-1:2010-12 mit LIGNOLOC® Holznägeln



Berechnung durchgeführt durch:
BIGA | Bauingenieure
Prof. Dr. Ing. Patrik Aondio
An der Halde 3 | 87448 Waltenhofen | Deutschland
Telefon: +49 (0) 8379 / 880 900-3
E-Mail: aondio@biga-bauingenieure.de
Internet: biga-bauingenieure.de



01 // System	3
02 // Anwendungsvoraussetzung für den vereinfachten Nachweis von Wandscheiben nach Verfahren A der DIN EN 1995-1-1:2010-12	4
03 // Beanspruchung der Randrippe	5
04 // Schubfluss des Verbundes und der Beplankung	6
05 // Berechnung der maßgebenden Verankerungskräfte	6
06 // Nachweis der Randrippe	7
07 // Nachweis der Schwellenpressung	8
08 // Nachweis der Verbindungsmittel LIGNOLOC®	9
09 // Horizontale Verformung	11

01 // System

Betrachtet wird ein Einfamilienhaus, das in Holztafelbauweise errichtet wird. Das nachfolgend dargestellte Außen-Wandelement wurde als maßgebend identifiziert und soll im weiteren Verlauf bemessen werden.

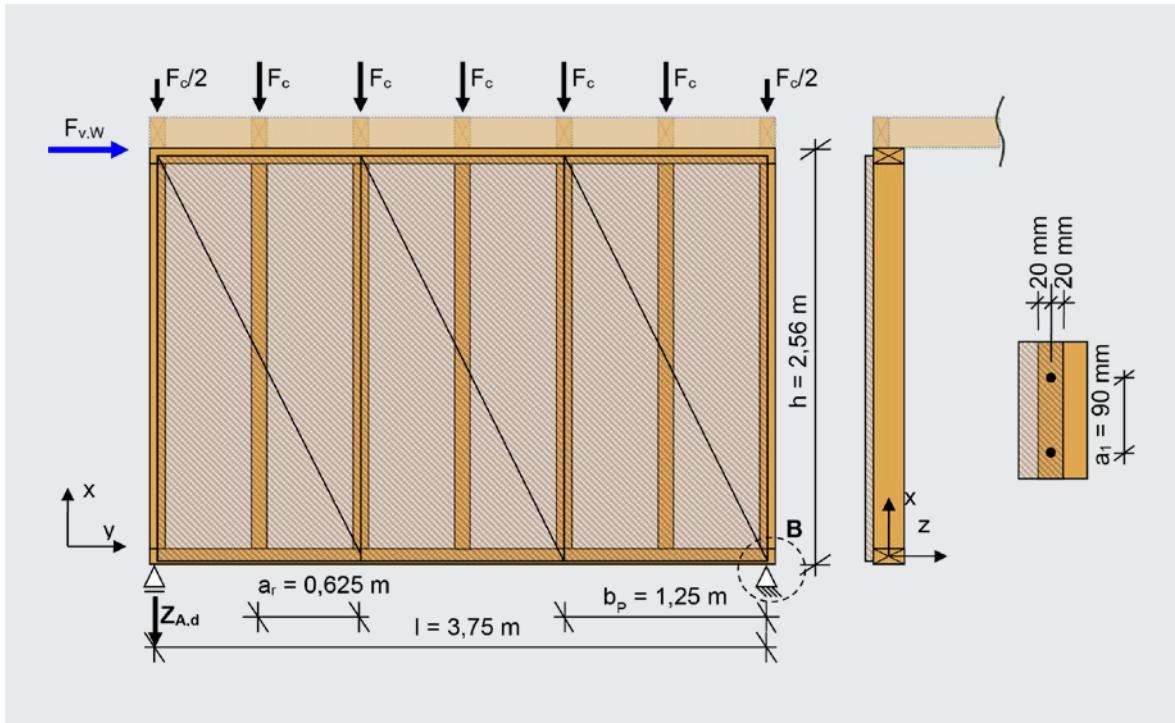
Randrippen: Nadelholz C24, $b_{Ri} \times h_{Ri} = 80 \times 120 \text{ mm}^2$, NKL 1

Innenrippe: Nadelholz C24, $b_{Ri} \times h_{Ri} = 80 \times 120 \text{ mm}^2$, NKL 1, $a_r = 0,625 \text{ m}$ (Rippenabstand)

Schwelle/Rähm: Nadelholz C24, $b_s \times h_s = 60 \times 120 \text{ mm}^2$, NKL 1

Beplankung: OSB/4, $t_p = 18 \text{ mm}$, einseitig gemäß DIN EN 12369-1:2001

Verbindung: LIGNOLOC® Nägel, $d = 3,7 \text{ mm}$, $l = 50 \text{ mm}$, $a_i = 90 \text{ mm}$



BELASTUNG	LASTGRÖSSE	KLED	Ψ_o
Eigengewicht	$F_{c,G,k} = 2,0 \text{ kN}$	ständig	-
Nutzlast	$F_{c,Q,k} = 5,0 \text{ kN}$	mittel	0,7
Schneelast < 1000 m	$F_{c,S,k} = 3,0 \text{ kN}$	kurz	0,5
Windlast in Wandebene	$F_{v,W,k} = 5,0 \text{ kN}$	kurz/sehr kurz	0,6
Windlast senkrecht zur Wandebene	$w_k = 0,4 \text{ kN/m}^2$	kurz/sehr kurz	0,6

02 // Anwendungs-voraussetzung

Für den vereinfachten Nachweis von Wandscheiben nach Verfahren A der DIN EN 1995-1-1:2010-12

Verankerung

Ist eine Endverankerung vorhanden? ✓

9.2.4.2 (1)

Beplankung

Beträgt die Breite einer jeden Platte mindestens $h/4$?

9.2.4.2 (2)

$$b_p = 1,25 \text{ m} \geq \frac{h}{4} = \frac{2,56}{4} = 0,64 \text{ m} \checkmark$$

Ist maximal ein horizontaler Plattenstoß vorhanden? ✓

9.2.4.2 (NA.20)

Sind die Plattenränder schubsteif verbunden? ✓

Verbindungsmittel gemäß ETA-23/0041, analog zu nicht vorgebohrten Nägeln in DIN EN 1995-1-1:2010-12

Ist ein konstanter Verbindungsmittelabstand entlang aller Rändern vorhanden?

9.2.4.2 (2)

$$a_i = 90 \text{ mm} \checkmark$$

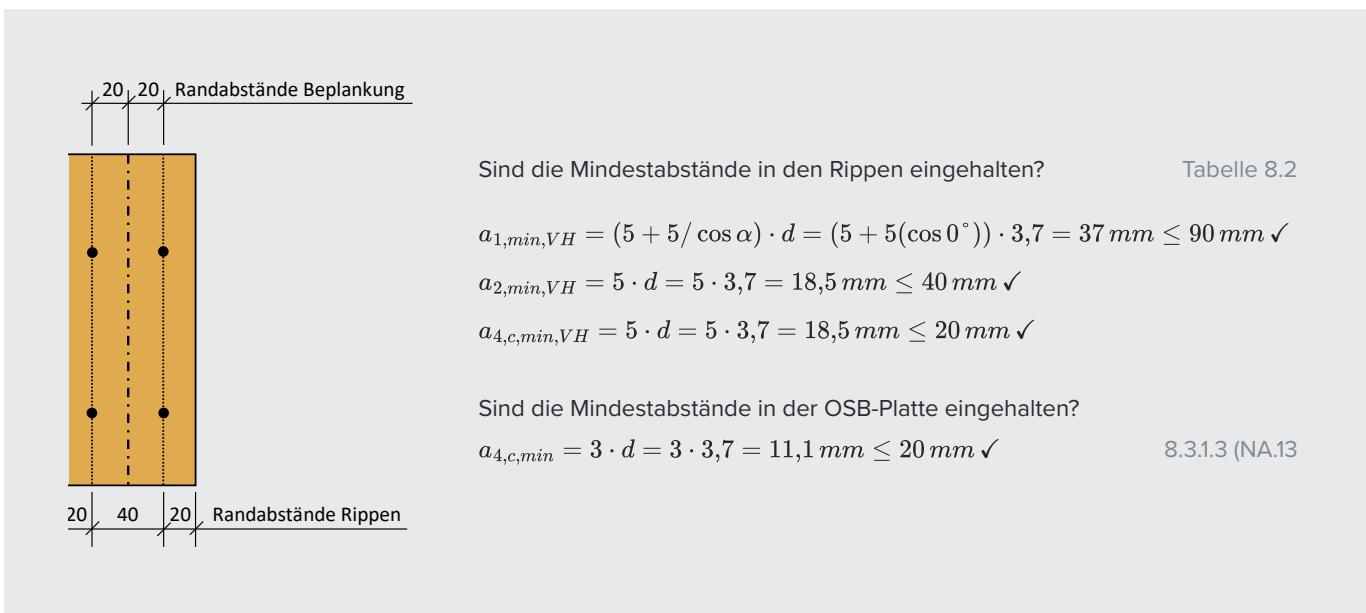
Prüfung der Verbindungsmittelabstände?

$$a_i = 90 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm} \text{ (Nägel)} \checkmark$$

10.8.2 (1)

$$a_i = 90 \text{ mm} \leq 80 \cdot d = 80 \cdot 3,7 = 296 \text{ mm} \checkmark$$

8.3.1.3 (NA.12)



03 // Beanspruchung der Randrippe

Charakteristische Normalkräfte in der Randrippe

Aus Eigengewicht: $F_{Ri,G,k} = 0,5 \cdot F_{c,G,k} = 0,5 \cdot 2,0 \text{ kN} = 1,0 \text{ kN}$

Aus Nutzlast: $F_{Ri,Q,k} = 0,5 \cdot F_{c,Q,k} = 0,5 \cdot 5,0 \text{ kN} = 2,5 \text{ kN}$

Aus Schneelast: $F_{Ri,S,k} = 0,5 \cdot F_{c,S,k} = 0,5 \cdot 3,0 \text{ kN} = 1,5 \text{ kN}$

Aus Windlast: $F_{Ri,W,k} = F_{v,W,i,k} \cdot h/l = 5,0 \text{ kN} \cdot 2,56 \text{ m}/3,75 \text{ m} = 3,41 \text{ kN}$

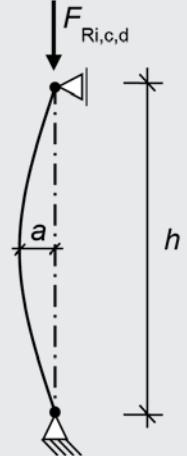
Nachweisführung für folgenden Lastansatz (Wind als Leiteinwirkung)

$$E_d = E \left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$$

$$F_{Ri,c,d} = 1,35 \cdot F_{Ri,G,k} + 1,5 \cdot F_{Ri,W,k} + 1,5 \cdot 0,7 \cdot F_{Ri,Q,k} + 1,5 \cdot 0,5 \cdot F_{Ri,S,k}$$

$$F_{Ri,c,d} = 1,35 \cdot 1,0 \text{ kN} + 1,5 \cdot 3,41 \text{ kN} + 1,5 \cdot (0,7 \cdot 2,5 \text{ kN} + 0,5 \cdot 1,5 \text{ kN}) = 10,21 \text{ kN}$$

HINWEIS: Gemäß DIN EN 1990/NA:2010-12 müssen alle möglichen Kombinationen von Einwirkungen untersucht werden. Dabei sind in der Bemessung von Holztragwerken unterschiedliche kmod-Werte entsprechend der Lasteinwirkungsdauer zu berücksichtigen. Zur Wahrung der Übersichtlichkeit dieses Beispiels wird jedoch lediglich eine Einwirkungskombination betrachtet. Im Rahmen einer statischen Prüfung in der Praxis sind jedoch alle Lastfälle umfassend zu analysieren.



Bemessungswert des Biegemoments aus Vorverformung

10.2 (1)

$$M_d = F_{Ri,c,d} \cdot a = F_{Ri,c,d} \cdot \frac{h}{300} = 10,21 \text{ kN} \cdot \frac{2,56}{300} = 0,09 \text{ kNm}$$

Bemessungswert des Moments aus Wind

$$M_{d,wind} = (1,5 \cdot 0,4 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,625 \text{ m}/2) \cdot 2,56^2 \text{ m}^2/8 = 0,154 \text{ kNm}$$

$$M_{d,ges} = M_d + M_{d,wind} = 0,09 \text{ kNm} + 0,154 \text{ kNm} = 0,24 \text{ kNm}$$

04 // Schubfluss des Verbundes und der Beplankung

Bemessungswert der horizontalen Beanspruchung

$$F_{v,d} = \gamma_Q \cdot F_{v,W,k} = 1,5 \cdot 5,0 \text{ kN} = 7,5 \text{ kN}$$

Bemessungswert des Schubflusses

$$s_{v,0,d} = \frac{F_{v,d}}{l} = \frac{7,5 \text{ kN}}{3,75 \text{ m}} = 2,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

05 // Berechnung der maßgebenden Verankerungskräfte

Hinweis: Die maximale abhebende Kraft kann für den Lastfall „Eigengewicht“ und „Wind“ ermittelt werden. Da das „Eigengewicht“ positiv wirkt, muss dieses gemäß DIN EN 1990/NA:2010-12, Tabelle NA.A.1.2(A) mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{G,stab} = 0,9$ multipliziert werden.

Kräftegleichgewicht um den Punkt B

$$Z_{A,d} = \frac{1}{l} \cdot [\gamma_Q \cdot F_{v,W} \cdot h - \gamma_{G,stab} \cdot F_{c,G,k} \cdot (a_r + 2 \cdot a_r + 3 \cdot a_r + 4 \cdot a_r + 5 \cdot a_r + 6 \cdot a_r \cdot 1/2)]$$

$$Z_{A,d} = \frac{1}{3,75} \cdot [1,5 \cdot 5,0 \text{ kN} \cdot 2,56 - 0,9 \cdot 2,0 \text{ kN} \cdot (0,625 + 2 \cdot 0,625 + 3 \cdot 0,625 + 4 \cdot 0,625 + 5 \cdot 0,625 + 6/2 \cdot 0,625)]$$

$$Z_{A,d} = -0,28 \text{ kN}$$

Die Wand ist überdrückt. Es braucht statisch keine Verbindungsmittel gegen abhebende Kräfte.

06 // Nachweis der Randrippe

Knicken in Tafelebene

6.3.1 (NA.5)

$$\left. \begin{array}{l} a_r = 62,5 \text{ cm} \leq 50 \cdot t_P = 50 \cdot 1,8 \text{ cm} = 90 \text{ cm} \\ h_{Ri}/b_{Ri} = 120/80 = 1,5 \leq 4 \end{array} \right\} \text{Kein Knicken}$$

Knicken senkrecht zur Tafelebene

6.3.2

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{Ri,c,d}}{A} = \frac{10,21 \text{ kN} \cdot 10^{-3}}{0,12 \cdot 0,08 \text{ m}^2} = 1,06 \text{ MN/m}^2$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{d,ges}}{W} = \frac{0,24 \text{ kNm} \cdot 10^{-3} \cdot 6}{0,12^2 \cdot 0,08 \text{ m}^3} = 1,25 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{c,o,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{1,0 \cdot 21 \text{ MN/m}^2}{1,3} = 16,15 \text{ MN/m}^2$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{1,0 \cdot 24 \text{ MN/m}^2}{1,3} = 18,46 \text{ MN/m}^2$$

Knickbeiwert

Schneider 24. Aufl. Tafel 9.29a oder Gl. (6.25)

$$\lambda_y = \frac{l_{ef}}{i_y} = \frac{2,56}{0,289 \cdot 0,12} = 73,8$$

Interpolation Tabellenwerte: $k_{c,y} = 0,51$

Kippbeiwert

Schneider 24. Aufl. Tafel 9.32 oder Gl. (6.34)

$$\frac{l_{ef} \cdot h}{b^2} = \frac{2,56 \cdot 0,12}{0,08^2} = 48 \leq 135$$

$$k_{crit} = 1,0$$

Nachweis

Gl. (NA.60)

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,o,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{1,06 \text{ MN/m}^2}{0,51 \cdot 16,15} + \frac{1,25 \text{ MN/m}^2}{1,0 \cdot 18,46} = 0,20 \leq 1,0 \checkmark$$

07 // Nachweis der Schwellenpressung

Überstände

$$u_{li} = \min \left\{ \begin{array}{l} 30 \text{ mm} \\ a \\ l \\ l_1/2 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 30 \text{ mm} \\ - \\ 80 \text{ mm} \\ (625-80)/2=272,5 \text{ mm} \end{array} \right\} = 30 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{Ri,c,d}}{A_{ef}} = \frac{10,21 \cdot 10^{-3}}{0,12 \cdot (0,08+0,03)} = 0,77 \text{ MN/m}^2$$

Querdruckbeiwert

Kontinuierliche Lagerung, Schwelle aus Nadelholz (VH)

$$l_1 = (0,625 - 0,08) = 0,545 \text{ m} \geq 2 \cdot h_{Ri} = 2 \cdot 0,08 \text{ m} = 0,16 \text{ m}$$

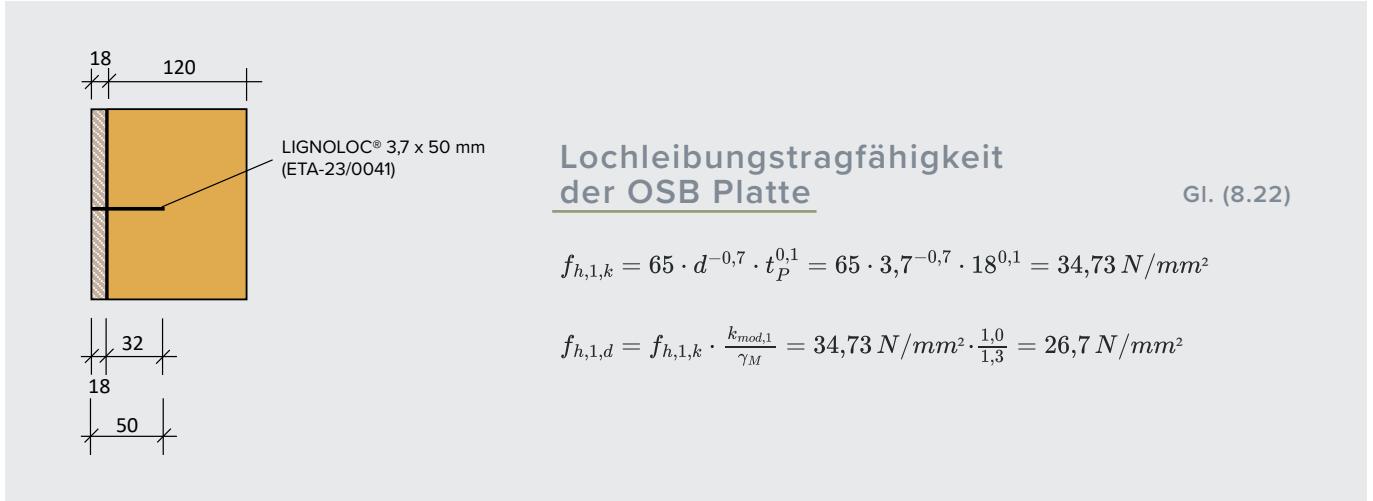
$$\Rightarrow k_{c,90} = 1,25 \quad 6.1.5 (3)$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 1,0 \cdot \frac{1,2 \cdot 2,5 \text{ MN/m}^2}{1,3} = 2,31 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} \quad 9.2.4.2 (\text{NA.21}) \\ (20\% \text{ Erhöhung der Tragfähigkeit})$$

Nachweis

$$\eta = \frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = \frac{0,77 \text{ MN/m}^2}{1,25 \cdot 2,31 \text{ MN/m}^2} = 0,27 \leq 1,0 \checkmark$$

08 // Nachweis der VerbindungsmitteL LIGNOLOC®



Lochleibungsfestigkeit Vollholz ($\alpha=0^\circ$)

nach ETA

$$f_{h,2,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} = 0,082 \cdot 350 \text{ kg/m}^3 \cdot 3,7^{-0,3} = 19,38 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,2,d} = f_{h,2,k} \cdot \frac{k_{mod,1}}{\gamma_M} = 19,38 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{1,0}{1,3} = 14,91 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,d}}{f_{h,1,d}} = \frac{14,91 \text{ N/mm}^2}{26,7 \text{ N/mm}^2} = 0,56 \leq 1,0$$

Bemessungswert des Biegebruchmoments

ETA-Tabelle B.1

$$M_{u,k} = 1200 \text{ Nmm}$$

$$M_{u,d} = M_{u,k} \cdot \frac{k_{mod,M}}{\gamma_M} = 1200 \text{ Nmm} \cdot \frac{0,9}{1,3} = 830,77 \text{ Nmm}$$

Erforderliche Bauteildicke 1 (OSB/4)

nach ETA

$$t_{1,req} = \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta} + 1} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot M_{u,d}}{0,75 \cdot f_{h,1,d} \cdot d}} = \sqrt{\frac{0,56}{1+0,56} + 1} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 830,77 \text{ Nmm}}{0,75 \cdot 26,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 3,7}} = 7,81 \text{ mm}$$

$$t_{1,req} = 7,81 \text{ mm} \leq t_{vorh} = 18,0 \text{ mm} \checkmark$$

Erforderliche Bauteildicke 2 (VH)

nach ETA

$$t_{2,req} = \sqrt{\frac{1}{1+\beta}} + 1 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot M_{u,d}}{0,75 \cdot f_{h,2,d} \cdot d}} = \sqrt{\frac{1}{1+0,56}} + 1 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 830,77 \text{ Nmm}}{0,75 \cdot 14,91 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 3,7}} = 11,48 \text{ mm}$$

$$t_{2,req} = 11,48 \text{ mm} \leq t_{vorh} = 32,0 \text{ mm}$$

Bemessung der Tragfähigkeit je Nagel

$$F_{v,Rd,Na} = \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1+\beta}} \cdot \sqrt{1,5 \cdot M_{u,d} \cdot f_{h,1,d} \cdot d}$$

$$F_{v,Rd,Na} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,56}{1+0,56}} \cdot \sqrt{1,5 \cdot 830,77 \text{ Nmm} \cdot 26,7 \text{ N/mm}^2 \cdot 3,7 \text{ mm}}$$

$$F_{v,Rd,Na} = 297,30 \text{ N}$$

Maximal zulässige Schubbeanspruchung des Verbundes

$$S_{v,0,R,d} = \frac{F_{v,Rd}}{a_1} = \frac{297,30 \cdot 10^{-3} \text{ kN}}{0,09 \text{ m}} = 3,30 \text{ kN/m}$$

Nachweis des Schubverbundes

$$\eta = \frac{S_{v,0,d}}{S_{v,0,R,d}} = \frac{2,0 \text{ kN/m}}{3,30 \text{ kN/m}} = 0,61 \leq 1,0 \checkmark$$

Nachweis der Beplankung

Tragfähigkeit der Beplankung unter Berücksichtigung der Anordnung

9.2.4.2 (NA.16)

$$f_{v,0,d} = \frac{k_{mod} \cdot 0,33 \cdot f_{v,k,OSB}}{\gamma_M} = \frac{1,0 \cdot 0,33 \cdot 6,9}{1,3} = 1,75 \text{ kN/m}^2$$

Beulen der Beplankung

$$\frac{a_r}{35} = \frac{625}{35} = 17,86 \text{ mm} < t_P = 18 \text{ mm}$$

Beulen muss nicht berücksichtigt werden.

Nachweis der Beplankung

$$\eta = \frac{F_{v,Rd,Na} / (t_P \cdot a_1)}{f_{v,d}} = \frac{297,30 \text{ N} / (18 \text{ mm} \cdot 90 \text{ mm})}{1,75 \text{ N/mm}^2} = 0,10 \leq 1,0 \checkmark$$

09 // Horizontale Verformung

Bedingungen

Tafellänge $l = 3,75 \text{ m} \geq h/3 = 2,56/3 = 0,85 \text{ m}$

Plattenbreite $b_p = 1,25 \text{ m} \geq h/4 = 2,56/4 = 0,64 \text{ m}$

- + Tafel auf steifer Unterkonstruktion gelagert
- + keine Erhöhung der VBM-Tragfähigkeit nach EC 9.2.4.2 (5) berücksichtigt

→ kein Nachweis erforderlich



BECK

BECK Fastening
Raimund-Beck-Straße 1
5270 Mauerkirchen | Austria
T +43 7724 2111-0
sales.dach@beck-fastening.com
BECK-FASTENING.COM

