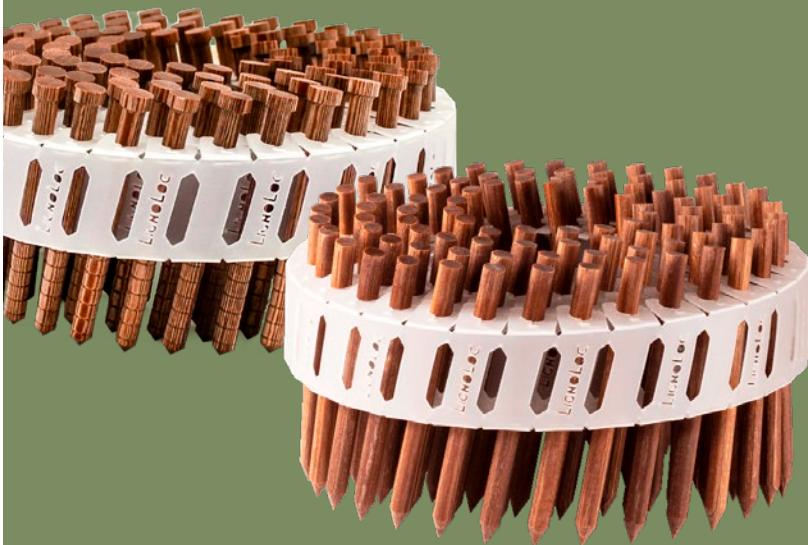


BERECHNUNG

# Befestigung einer Rhom- bus-Fassade

mit LIGNOLOC® Holznägeln nach ETA-23/0330



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



<b>01 // System</b>	<b>3</b>
<b>02 // Kontrolle der Mindestabstände</b>	<b>4</b>
<b>03 // Einwirkungen je Nagel</b>	<b>4</b>
<b>04 // Nachweis ständige Einwirkung</b>	<b>5</b>
<b>05 // Nachweis ständige und veränderliche Einwirkungen</b>	<b>6</b>

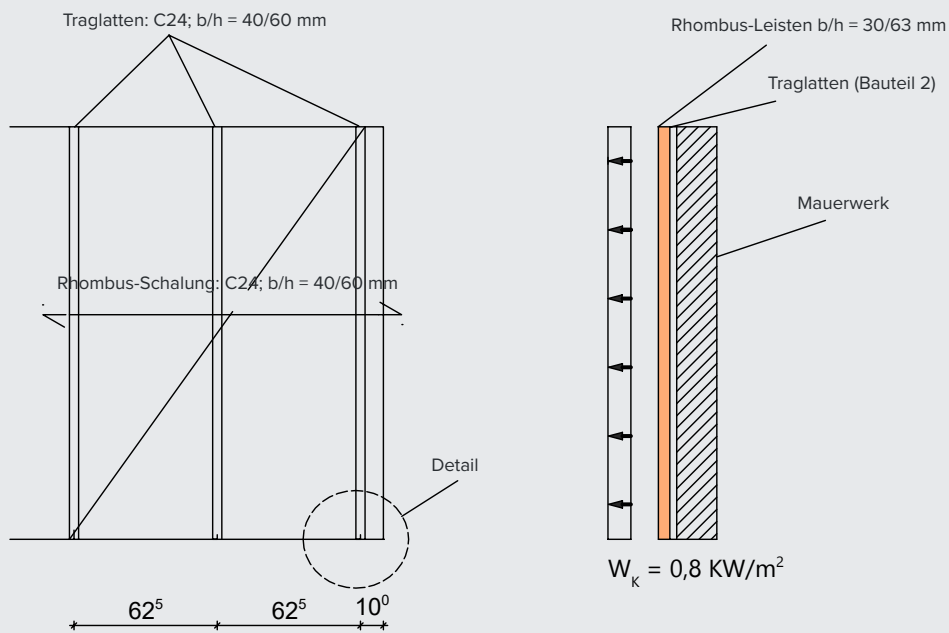
# 01 // System

Betrachtet werden Rhombus-Leisten, welche auf einer Tragkonstruktion aus Fichtenholz befestigt werden. Auf Grundlage der örtlichen Gegebenheiten kann die Fassade der Nutzungsklasse 2 zugewiesen werden.

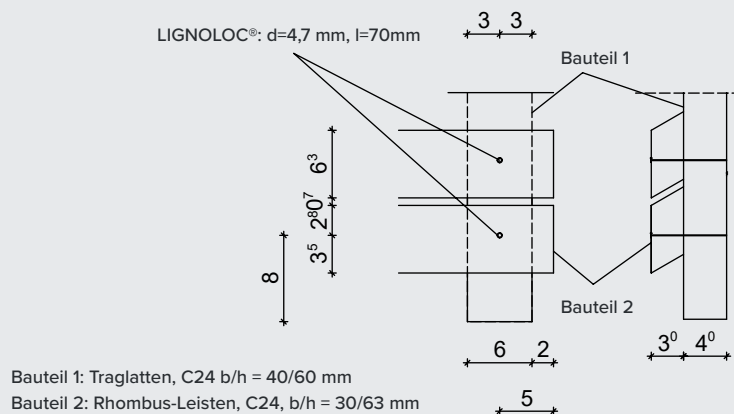
**Traglatten:** Nadelholz C24,  $b_{\text{Ri}} \times h_{\text{Ri}} = 40 \times 60 \text{ mm}^2$ ,  $e = 625 \text{ mm}$ , NKL 2

**Stülpchalung:** Nadelholz C24,  $b_s \times h_s = 30 \times 63 \text{ mm}^2$ , NKL 2

**Verbindung:** LIGNOLOC® Holznägel,  $d = 4,7 \text{ mm}$ ,  $L = 70 \text{ mm}$



## Detail



Eine Betrachtung am Gesamtgebäude hat eine maßgebende charakteristische Windsogeinwirkung von  $0,8 \text{ kN/m}^2$  ergeben. Für die Rhombus-Leisten kann von einer mittleren Wichte von  $\rho_{\text{mean, Holz}} = 4,2 \text{ kN/m}^3$  ausgegangen werden.

## 02 // Kontrolle der Mindestabstände

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

### Sind die Mindestabstände in den Rhombusleisten (Bauteil 1) eingehalten?

Tabelle 8.2

$$a_{1,\min,VH} = (5 + 5 \cdot (\cos \alpha)) \cdot d = (5 + 5 \cdot (\cos 90^\circ)) \cdot 4,7 = 23,5 \text{ mm} \leq 625 \text{ mm} \checkmark$$

$$a_{3,c,\min,VH} = 10 \cdot d = 10 \cdot 4,7 = 47,0 \text{ mm} \leq 50 \text{ mm} \checkmark$$

$$a_{4,t,\min,VH} = (5 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d = (5 + 2 \cdot (\sin 90^\circ)) \cdot 4,7 = 32,9 \text{ mm} \leq 35 \text{ mm} \checkmark$$

$$a_{4,c,\min,VH} = 5 \cdot d = 5 \cdot 4,7 = 23,5 \text{ mm} \leq 28 \text{ mm} \checkmark$$

### Sind die Mindestabstände in den Traglatten (Bauteil 2) eingehalten?

Tabelle 8.2

$$a_{1,\min,VH} = (5 + 5 \cdot (\cos \alpha)) \cdot d = (5 + 5 \cdot (\cos 0^\circ)) \cdot 4,7 = 47 \text{ mm} \leq 70 \text{ mm} \checkmark$$

$$a_{3,t,\min,VH} = (10 + 5 \cdot (\cos \alpha)) \cdot d = (10 + 5 \cdot (\cos 0^\circ)) \cdot 4,7 = 70,5 \text{ mm} \leq 80 \text{ mm} \checkmark$$

$$a_{4,c,\min,VH} = 5 \cdot d = 5 \cdot 4,7 = 23,5 \text{ mm} \leq 30 \text{ mm} \checkmark$$

## 03 // Einwirkungen je Nagel

### Aus Eigengewicht

$$F_{V,G,k} = \rho_{\text{mean, Holz}} \cdot b_S \cdot h_S \cdot e = 4,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,03 \text{ m} \cdot 0,063 \text{ m} \cdot 0,625 \text{ m} = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ kN} = 5,0 \text{ N}$$

### Auf Bemessungsniveau

$$F_{V,G,d} = F_{V,G,k} \cdot \gamma_G = 5,0 \text{ N} \cdot 1,35 = 6,75 \text{ N}$$

### Aus Windlast

$$F_{ax,W,k} = \underbrace{1,25}_{\text{Durchlaufwirkung}} \cdot w_k \cdot h_S \cdot e = 1,25 \cdot 0,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,063 \text{ m} \cdot 0,625 \text{ m} = 0,039 \text{ kN} = 39,4 \text{ N}$$

### Auf Bemessungsniveau

$$F_{ax,W,d} = F_{ax,W,k} \cdot \gamma_Q = 39,4 \text{ N} \cdot 1,5 = 59,1 \text{ N}$$

# 04 // Nachweis ständige Einwirkung

## Lochleibungsfestigkeit Vollholz – Seite des Nagelkopfes ( $\alpha_1=90^\circ$ )

nach ETA

$$f_{h,1,k} = \frac{0,082 \cdot \rho_{k,1} \cdot d^{-0,3}}{(1,35 + 0,015 \cdot d) \cdot \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1}$$

$$f_{h,1,k} = \frac{0,082 \cdot 350 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,7^{-0,3}}{(1,35 + 0,015 \cdot 4,7) \cdot (\sin 90^\circ)^2 + (\cos 90^\circ)^2} = 12,70 \text{ N/mm}^2$$

nach DIN EN 1995-1-1, Tab. 3.1

$$k_{\text{mod},1} = 0,6$$

$$f_{h,1,d} = \frac{f_{h,1,k} \cdot k_{\text{mod},1}}{\gamma_{M,1}} = \frac{12,70 \cdot 0,6}{1,3} = 5,86 \text{ N/mm}^2$$

## Lochleibungsfestigkeit Vollholz – Seite der Nagelspitze ( $\alpha_2=0^\circ$ )

nach ETA

$$f_{h,2,k} = \frac{0,082 \cdot \rho_{k,2} \cdot d^{-0,3}}{(1,35 + 0,015 \cdot d) \cdot \sin^2 \alpha_2 + \cos^2 \alpha_2} =$$

$$f_{h,2,k} = \frac{0,082 \cdot 350 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,7^{-0,3}}{(1,35 + 0,015 \cdot 4,7) \cdot (\sin 0^\circ)^2 + (\cos 0^\circ)^2} = 18,04 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{\text{mod},2} = 0,6$$

nach DIN EN 1995-1-1, Tab. 3.1

$$f_{h,2,d} = \frac{f_{h,2,k} \cdot k_{\text{mod},2}}{\gamma_{M,2}} = \frac{18,04 \cdot 0,6}{1,3} = 8,33 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,d}}{f_{h,1,d}} = \frac{8,33 \text{ N/mm}^2}{5,86 \text{ N/mm}^2} = 1,42$$

## Bemessungswert des Biegebruchmoments

ETA-Tabelle B.1

$$M_{u,k} = 1800 \text{ Nmm}$$

$$M_{u,d} = M_{u,k} \cdot \frac{k_{\text{mod},M}}{\gamma_M} = 1800 \text{ Nmm} \cdot \frac{0,35}{1,3} = 485 \text{ Nmm}$$

## Erforderliche Bauteildicke 1 – Seite des Nagelkopfes

nach ETA

$$t_{1,\text{req}} = \left( \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot M_{u,d}}{0,75 \cdot f_{h,1,d} \cdot d}} = \left( \sqrt{\frac{1,42}{1+1,42}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 485 \text{ Nmm}}{0,75 \cdot 5,86 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 4,7}} = 17,11 \text{ mm}$$

$$t_{1,\text{req}} = 17,11 \text{ mm} \leq t_{1,\text{vorh}} = 30,0 \text{ mm} \checkmark$$

## Erforderliche Bauteildicke 2 – Seite der Nagelspitze

nach ETA

$$t_{2, \text{req}} = \left( \sqrt{\frac{1}{1+\beta}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot M_{u,d}}{0,75 \cdot f_{h,2,d} \cdot d}} = \left( \sqrt{\frac{1}{1+1,42}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 485 \text{ Nmm}}{0,75 \cdot 8,33 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 4,7}} = 13,35 \text{ mm}$$

$$t_{1, \text{req}} = 13,35 \text{ mm} \leq t_{1, \text{vorh}} = 40,0 \text{ mm} \checkmark$$

## Bemessung der Tragfähigkeit auf Abscheren je Nagel

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

$$F_{v,Rd,Na} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,42}{1+1,42}} \cdot \sqrt{1,5 \cdot 485 \text{ Nmm} \cdot 5,86 \text{ N/mm}^2 \cdot 4,7 \text{ mm}}$$

$$F_{v,Rd,Na} = 153,32 \text{ N}$$

Nachweis:

$$\eta = \frac{F_{V,G,d}}{F_{v,Rd,Na}} = \frac{6,75 \text{ N}}{153,32 \text{ N}} = 0,04 < 1,0 \text{ (Ausnutzungsgrad 4 \%)}$$

# 05 // Nachweis ständige und veränderliche Einwirkungen

## Lochleibungsfestigkeit Vollholz – Seite des Nagelkopfes ( $\alpha_1=90^\circ$ )

nach ETA

$$f_{h,1,k} = \frac{0,082 \cdot \rho_{k,1} \cdot d^{-0,3}}{(1,35 + 0,015 \cdot d) \cdot \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1}$$

$$f_{h,1,k} = \frac{0,082 \cdot 350 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,7^{-0,3}}{(1,35 + 0,015 \cdot 4,7) \cdot (\sin 90^\circ)^2 + (\cos 90^\circ)^2} = 12,70 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{\text{mod},1} = 1,0 \quad (\text{Lasteinwirkungsdauer Mittel aus kurz und sehr kurz}) \quad \text{nach DIN EN 1995-1-1, Tab. 3.1}$$

$$f_{h,1,d} = \frac{f_{h,1,k} \cdot k_{\text{mod},1}}{\gamma_{M,1}} = \frac{12,70 \cdot 1,0}{1,3} = 9,77 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

## Lochleibungsfestigkeit Vollholz – Seite der Nagelspitze ( $\alpha_2=0^\circ$ )

nach ETA

$$f_{h,2,k} = \frac{0,082 \cdot \rho_{k,2} \cdot d^{-0,3}}{(1,35 + 0,015 \cdot d) \cdot \sin^2 \alpha_2 + \cos^2 \alpha_2} =$$

$$f_{h,2,k} = \frac{0,082 \cdot 350 \text{ kg/m}^3 \cdot 4,7^{-0,3}}{(1,35 + 0,015 \cdot 4,7) \cdot (\sin 0^\circ)^2 + (\cos 0^\circ)^2} = 18,04 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{\text{mod},2} = 1,0 \quad (\text{Lasteinwirkungsdauer Mittel aus kurz und sehr kurz}) \quad \text{nach DIN EN 1995-1-1, Tab. 3.1}$$

$$f_{h,2,d} = \frac{f_{h,2,k} \cdot k_{\text{mod},2}}{\gamma_{M,2}} = \frac{18,04 \cdot 1,0}{1,3} = 13,88 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,d}}{f_{h,1,d}} = \frac{13,88 \text{ Nmm}^2}{9,77 \text{ Nmm}^2} = 1,42$$



## Bemessungswert des Biegebruchmoments

ETA-Tabelle B.1

$$M_{u,k} = 1800 \text{ Nmm}$$

Auf der sicheren Seite liegend wird für die Windbeanspruchung die Lasteinwirkungsdauer „kurz“ angesetzt.

$$M_{u,d} = M_{u,k} \cdot \frac{k_{mod,M}}{\gamma_M} = 1800 \text{ Nmm} \cdot \frac{0,60}{1,3} = 831 \text{ Nmm}$$

## Erforderliche Bauteildicke 1 – Seite des Nagelkopfes

nach ETA

$$t_{1,req} = \left( \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot M_{u,d}}{0,75 \cdot f_{h,1,d} \cdot d}} = \left( \sqrt{\frac{1,42}{1+1,42}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 831 \text{ Nmm}}{0,75 \cdot 9,77 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 4,7}} = 17,35 \text{ mm}$$

$$t_{1,req} = 17,35 \text{ mm} \leq t_{1,vorh} = 30,0 \text{ mm} \checkmark$$

## Erforderliche Bauteildicke 2 – Seite der Nagelspitze

nach ETA

$$t_{2,req} = \left( \sqrt{\frac{1}{1+\beta}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot M_{u,d}}{0,75 \cdot f_{h,2,d} \cdot d}} = \left( \sqrt{\frac{1}{1+1,42}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 831 \text{ Nmm}}{0,75 \cdot 13,88 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 4,7}} = 13,54 \text{ mm}$$

$$t_{2,req} = 13,54 \text{ mm} \leq t_{2,vorh} = 40,0 \text{ mm} \checkmark$$

## Bemessung der Tragfähigkeit auf Abscheren je Nagel

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

$$F_{v,Rd,Na} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,42}{1+1,42}} \cdot \sqrt{1,5 \cdot 831 \text{ Nmm} \cdot 9,77 \text{ N/mm}^2 \cdot 4,7 \text{ mm}}$$

$$F_{v,Rd,Na} = 259 \text{ N}$$

## Ermittlung der Ausziehfestigkeit

Kontrolle der Mindesteindringtiefe in Bauteil 2 – Seite der Nagelspitze:

$$t_{pen,min,2} = 8 \cdot d = 8 \cdot 4,7 = 37,6 \text{ mm}$$

$$t_{pen,min,2} = 37,6 \text{ mm} \leq t_{pen,vorh,2} = 40,0 \text{ mm} \checkmark$$

Ausziehtragfähigkeit auf der Seite des Nagelkopfes – Bauteil 1:

$$F_{ax,l,Rd,1} = \min \left\{ \frac{1}{\frac{t_{pen,1}}{8 \cdot d}} \right\} \cdot \frac{f_{ax,k} \cdot k_{mod,ax}}{\gamma_{M,1}} \cdot d \cdot t_{pen,1} \cdot \left( \frac{\rho_{k,1}}{350} \right)^{0,8} =$$

$$F_{ax,l,Rd,1} = \min \left\{ \frac{1}{\frac{30}{8 \cdot 4,7}} \right\} \cdot \frac{7,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0,5}{1,3} \cdot 4,7 \cdot 30 \text{ mm} \cdot \left( \frac{350}{350} \right)^{0,8} =$$

$$F_{ax,l,Rd,1} = 0,80 \cdot \frac{7,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0,5}{1,3} \cdot 4,7 \cdot 30 \text{ mm} \cdot 1,0 = 303 \text{ N}$$

Kopfdurchzug-Tragfähigkeit – Bauteil 1:

$$F_{ax,\alpha,Rd,1} = \frac{f_{head} \cdot k_{mod,M}}{\gamma_{M,1}} \cdot d_h^2 \cdot \left( \frac{\rho_{k,1}}{350} \right)^{0,8}$$

$$F_{ax,\alpha,Rd,1} = \frac{12 \text{ N/mm}^2 \cdot 0,6}{1,3} \cdot (6,3 \text{ mm})^2 \cdot \left( \frac{350}{350} \right)^{0,8} = 220 \text{ N}$$

Ausziehtragfähigkeit auf der Seite des Nagelkopfes – Bauteil 1:

$$F_{ax,Rd,1} = \max \left\{ F_{ax,l,Rd,1} \right\} = \max \left\{ 303 \text{ N} \right\} = 303 \text{ N}$$

Ausziehtragfähigkeit auf der Seite der Nagelspitze – Bauteil 2

$$F_{ax,Rd,2} = \min \left\{ \frac{1}{\frac{t_{pen,2}}{8 \cdot d}} \right\} \cdot \frac{f_{ax,k} \cdot k_{mod,ax}}{\gamma_{M,2}} \cdot d \cdot t_{pen,2} \cdot \left( \frac{\rho_{k,2}}{350} \right)^{0,8}$$

$$F_{ax,Rd,2} = \min \left\{ \frac{1}{\frac{40}{8 \cdot 4,7}} \right\} \cdot \frac{7,0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0,5}{1,3} \cdot 3,7 \cdot 40 \text{ mm} \cdot \left( \frac{350}{350} \right)^{0,8} =$$

$$F_{ax,Rd,2} = 1,0 \cdot \frac{7,0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0,5}{1,3} \cdot 4,7 \cdot 40 \text{ mm} \cdot 1,0 = 506 \text{ N}$$

Ausziehfestigkeit:

$$F_{ax,Rd} = \min \left\{ F_{ax,Rd,1} \right\} = \min \left\{ 303 \text{ N} \right\} = 303 \text{ N}$$

Nachweis (kombinierter Nachweis)

$$\eta = \frac{F_{V,G,d}}{F_{v,Rd,Na}} + \frac{F_{ax,W,d}}{F_{ax,Rd}} = \frac{6,75 \text{ N}}{259 \text{ N}} + \frac{59,1 \text{ N}}{303 \text{ N}} = 0,22 < 1,0 \left( \text{Ausnutzungsgrad } 22 \% \right)$$





BECK Fastening  
Raimund-Beck-Straße 1  
5270 Mauerkirchen | Austria  
T +43 7724 2111-0  
[sales.dach@beck-fastening.com](mailto:sales.dach@beck-fastening.com)  
**BECK-FASTENING.COM**

