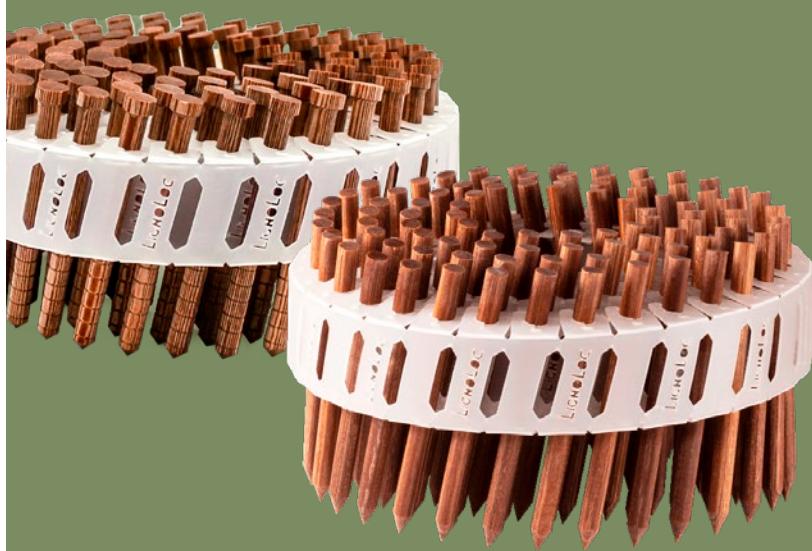


BERECHNUNG

# Befestigung einer Stülp- schalung

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 // Kontrolle der Mindestabstände** 4

---

**03 // Einwirkungen je Nagel** 4

---

**04 // Nachweis ständige Einwirkung** 5

---

**05 // Nachweis ständige und veränderliche Einwirkungen** 6

---

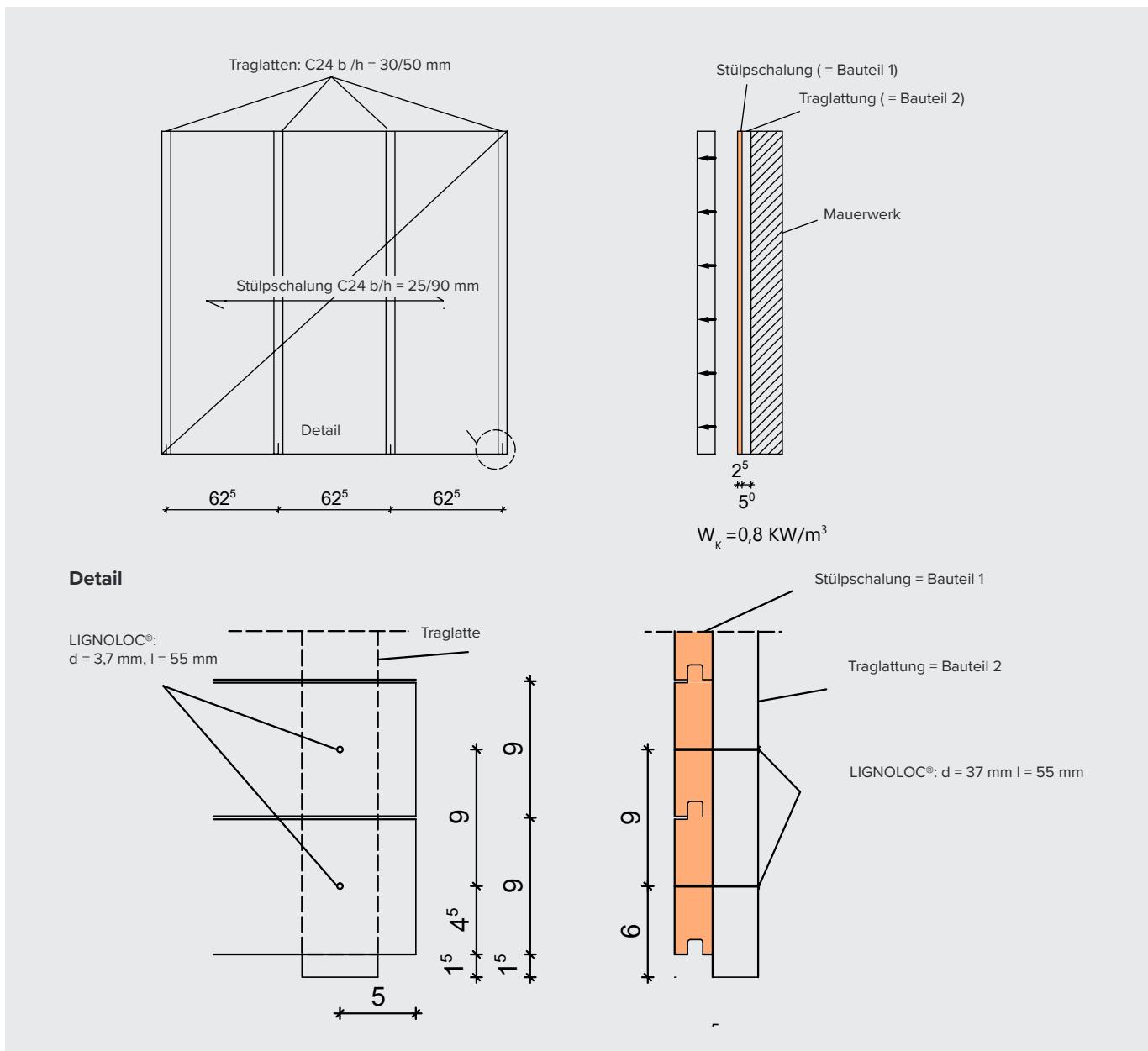
# 01 // System

Betrachtet wird eine Stülpshalung, welche auf einer Tragkonstruktion aus Fichtenholz befestigt wird. Auf Grundlage der örtlichen Gegebenheiten kann die Fassade der Nutzungsklasse 2 zugewiesen werden.

**Traglatten:** Nadelholz C24,  $b_{Ri} \times h_{Ri} = 30 \times 50 \text{ mm}^2$ ,  $e = 625 \text{ mm}$ , NKL 2

**Stülpshalung:** Nadelholz C24,  $b_s \times h_s = 25 \times 90 \text{ mm}^2$ , NKL 2

**Verbindung:** LIGNOLOC® Holznägel,  $d = 3,7 \text{ mm}$ ,  $l = 55 \text{ mm}$ ,  $a_i = 90 \text{ mm}$



Eine Betrachtung am Gesamtgebäude hat eine maßgebende charakteristische Windsogeneinwirkung von  $0,8 \text{ kN/m}^2$  ergeben. Für die Stülpshalung kann von einer mittleren Wichte von  $\rho_{mean, Holz} = 4,2 \text{ kN/m}^3$  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 der Stülpshalung (Bauteil 1) eingehalten?

Tabelle 8.2

$$a_{1,\min,VH} = (5 + 5 \cdot (\cos\alpha)) \cdot d = (5 + 5 \cdot (\cos 90^\circ)) \cdot 3,7 = 18,5 \text{ mm} \leq 625 \text{ mm} \checkmark$$

$$a_{3,c,\min,VH} = 10 \cdot d = 10 \cdot 3,7 = 37,0 \text{ mm} \leq 50 \text{ mm} \checkmark$$

$$a_{4,t,\min,VH} = (5 + 2 \cdot \sin\alpha) \cdot d = (5 + 2 \cdot (\sin 90^\circ)) \cdot 3,7 = 25,9 \text{ mm} \leq 45 \text{ mm} \checkmark$$

$$a_{4,c,\min,VH} = 5 \cdot d = 5 \cdot 3,7 = 18,5 \text{ mm} \leq 45 \text{ mm} \checkmark$$

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

Tabelle 8.2

$$a_{1,\min,VH} = (5 + 5 \cdot (\cos\alpha)) \cdot d = (5 + 5 \cdot (\cos 0^\circ)) \cdot 3,7 = 37 \text{ mm} \leq 90 \text{ mm} \checkmark$$

$$a_{3,t,\min,VH} = (10 + 5 \cdot (\cos\alpha)) \cdot d = (10 + 5 \cdot (\cos 0^\circ)) \cdot 3,7 = 55 \text{ mm} \leq 60 \text{ mm} \checkmark$$

$$a_{4,c,\min,VH} = 5 \cdot d = 5 \cdot 3,7 = 18,5 \text{ mm} \leq 25 \text{ mm} \checkmark$$

# 03 // Einwirkungen je Nagel

Aus Eigengewicht

$$F_{V,G,k} = \rho_{\text{mean,Holz}} \cdot b_S \cdot h_S \cdot e = 4,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,025\text{m} \cdot 0,090\text{m} \cdot 0,625\text{m} = 5,9 \cdot 10^{-3} \text{kN} = 5,9 \text{ N}$$

Auf Bemessungsniveau

$$F_{V,G,d} = F_{V,G,k} \cdot \gamma_G = 5,9 \text{ N} \cdot 1,35 = 8,0 \text{ N}$$

Aus Windlast

$$F_{ax,W,k} = \underbrace{1,25}_{\text{Durchlaufwirkung}} \cdot w_k \cdot h_S \cdot e = 1,25 \cdot 0,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,090 \text{ m} \cdot 0,625 \text{ m} = 0,056 \text{ kN} = 56,2 \text{ N}$$

Auf Bemessungsniveau

$$F_{ax,W,d} = F_{ax,W,k} \cdot \gamma_Q = 56,2 \text{ N} \cdot 1,5 = 84,3 \text{ N}$$

# 04 // Nachweis ständige Einwirkung

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

nach ETA

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

$$f_{h,1,k} = \frac{0,082 \cdot 350 \text{ kg/m}^3 \cdot 3,7^{-0,3}}{(1,35 + 0,015 \cdot 3,7) \cdot (\sin 90^\circ)^2 + (\cos 90^\circ)^2} = 13,79 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$f_{h,1,d} = \frac{f_{h,1,k} \cdot k_{mod,1}}{\gamma_{M,1}} = \frac{13,79 \cdot 0,6}{1,3} = 6,37 \text{ N/mm}^2$$

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

nach ETA

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

$$f_{h,2,k} = \frac{0,082 \cdot 350 \text{ kg/m}^3 \cdot 3,7^{-0,3}}{(1,35 + 0,015 \cdot 3,7) \cdot (\sin 0^\circ)^2 + (\cos 0^\circ)^2} = 19,38 \text{ N/mm}^2$$

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

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

$$f_{h,2,d} = \frac{f_{h,2,k} \cdot k_{mod,2}}{\gamma_{M,2}} = \frac{19,38 \cdot 0,6}{1,3} = 8,95 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = \frac{f_{h,2,d}}{f_{h,1,d}} = \frac{8,95 \text{ N/mm}^2}{6,37 \text{ N/mm}^2} = 1,41$$

## Bemessungswert des Biegebruchmoments

ETA-Tabelle B.1

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

$$M_{u,d} = M_{u,k} \cdot \frac{k_{mod,M}}{\gamma_M} = 1200 \text{ Nmm} \cdot \frac{0,85}{1,3} = 323 \text{ Nmm}$$

## Erforderliche Bauteildicke 1 – Seite des Nagelkopfes

nach ETA

$$t_{1,req} = \left( \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot M_{u,d}}{0,75 \cdot f_{h,1,d} \cdot d}} = \left( \sqrt{\frac{1,41}{1+1,41}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 323 \text{ Nmm}}{0,75 \cdot 6,37 \cdot \frac{N}{mm^2} \cdot 3,7}} = 15,09 \text{ mm}$$

$$t_{1,req} = 15,09 \text{ mm} \leq t_{1,vorh} = 25,0 \text{ mm} \checkmark$$

## Erforderliche Bauteildicke 2 – Seite der Nagelspitze

nach ETA

$$t_{2,req} = \left( \sqrt{\frac{1}{1+\beta}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot M_{u,d}}{0,75 \cdot f_{h,2,d} \cdot d}} = \left( \sqrt{\frac{1}{1+1,41}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 323 \text{ Nmm}}{0,75 \cdot 8,95 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 3,7}} = 11,87 \text{ mm}$$

$$t_{2,req} = 11,87 \text{ mm} \leq t_{2,vorh} = 30,0 \text{ mm} \checkmark$$

## Bemessung der Tragfähigkeit auf Abscheren je Nagel

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

$$F_{v,Rd,Na} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,41}{1+1,41}} \cdot \sqrt{1,5 \cdot 323 \text{ Nmm} \cdot 6,37 \text{ N/mm}^2 \cdot 3,7 \text{ mm}}$$

$$F_{v,Rd,Na} = 115,59 \text{ N}$$

## Nachweis

$$\eta = \frac{F_{v,G,d}}{F_{v,Rd,Na}} = \frac{8,0 \text{ N}}{115,59 \text{ N}} = 0,06 < 1,0 \left( \text{Ausnutzungsgrad } 6 \% \right)$$

# 05 // Nachweis ständige und veränderliche Einwirkungen

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

nach ETA

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

$$f_{h,1,k} = \frac{0,082 \cdot 350 \text{ kg/m}^3 \cdot 3,7^{-0,3}}{(1,35 + 0,015 \cdot 3,7) \cdot (\sin 90^\circ)^2 + (\cos 90^\circ)^2} = 13,79 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{mod,1} = 1,0 \quad (\text{Lasteinwirkungsdauer Mittel aus kurz und sehr kurz})$$

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

$$f_{h,1,d} = \frac{f_{h,1,k} \cdot k_{mod,1}}{\gamma_{M,1}} = \frac{13,79 \cdot 1,0}{1,3} = 10,61 \text{ N/mm}^2$$

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

nach ETA

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

$$f_{h,2,k} = \frac{0,082 \cdot 350 \text{ kg/m}^3 \cdot 3,7^{-0,3}}{(1,35 + 0,015 \cdot 3,7) \cdot (\sin 0^\circ)^2 + (\cos 0^\circ)^2} = 19,38 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{mod,2} = 1,0 \quad (\text{Lasteinwirkungsdauer Mittel aus kurz und sehr kurz})$$

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

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

$$\beta = \frac{f_{h,2,d}}{f_{h,1,d}} = \frac{14,91 \text{ N/mm}^2}{10,61 \text{ N/mm}^2} = 1,41$$

## Bemessungswert des Biegebruchmoments

ETA-Tabelle B.1

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

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

$$M_{u,d} = M_{u,k} \cdot \frac{k_{mod,M}}{\gamma_M} = 1200 \text{ Nmm} \cdot \frac{0,60}{1,3} = 554 \text{ Nmm}$$

## Erforderliche Bauteildicke 1 – Seite des Nagelkopfes

nach ETA

$$t_{1,req} = \left( \sqrt{\frac{\beta}{1+\beta}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot M_{u,d}}{0,75 \cdot f_{h,1,d} \cdot d}} = \left( \sqrt{\frac{1,41}{1+1,41}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 554 \text{ Nmm}}{0,75 \cdot 10,61 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 3,7}} = 15,31 \text{ mm}$$

$$t_{1,req} = 15,31 \text{ mm} \leq t_{1,vorh} = 25,0 \text{ mm} \checkmark$$

## Erforderliche Bauteildicke 2 – Seite der Nagelspitze

nach ETA

$$t_{2,req} = \left( \sqrt{\frac{1}{1+\beta}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot M_{u,d}}{0,75 \cdot f_{h,2,d} \cdot d}} = \left( \sqrt{\frac{1}{1+1,41}} + 1 \right) \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 554 \text{ Nmm}}{0,75 \cdot 14,91 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 3,7}} = 12,04 \text{ mm}$$

$$t_{2,req} = 12,04 \text{ mm} \leq t_{2,vorh} = 30,0 \text{ mm} \checkmark$$

## Bemessung der Tragfähigkeit auf Abscheren je Nagel

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

$$F_{v,Rd,Na} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,41}{1+1,41}} \cdot \sqrt{1,5 \cdot 554 \text{ Nmm} \cdot 10,61 \text{ N/mm}^2 \cdot 3,7 \text{ mm}}$$

$$F_{v,Rd,Na} = 195,21 \text{ N}$$

## Ermittlung der Ausziehfestigkeit

Kontrolle der Mindesteindringtiefe in Bauteil 1 – Seite des Nagelkopfes:

$$t_{pen,min,1} = 4 \cdot d = 4 \cdot 3,7 \text{ mm} = 14,8 \text{ mm}$$

$$t_{pen,min,1} = 14,8 \text{ mm} \leq t_{pen,vorh,1} = 25,0 \text{ mm} \checkmark$$

Kontrolle der Mindesteindringtiefe in Bauteil 2 – Seite der Nagelspitze:

$$t_{pen,min,2} = 8 \cdot d = 8 \cdot 3,7 \text{ mm} = 29,6 \text{ mm}$$

$$t_{pen,min,2} = 29,6 \text{ mm} \leq t_{pen,vorh,2} = 30,0 \text{ mm} \checkmark$$

Ausziehtragfähigkeit auf der Seite des Nagelkopfes – Bauteil 1

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

$$F_{ax,Rd,1} = \min \left\{ \frac{1}{\frac{25}{8 \cdot 3,7}} \right\} \cdot \frac{7,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0,5}{1,3} \cdot 3,7 \cdot 25 \text{ mm} \cdot \left( \frac{350}{350} \right)^{0,8} =$$

$$F_{ax,Rd,1} = 0,84 \cdot \frac{7,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0,5}{1,3} \cdot 3,7 \cdot 25 \text{ mm} \cdot 1,0 = 210 \text{ N}$$

Ausziehtragfähigkeit auf der Seite der Nagelspitze – Bauteil 2

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

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

$$F_{ax,Rd,2} = 1,0 \cdot \frac{7,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0,5}{1,3} \cdot 3,7 \cdot 30 \text{ mm} \cdot 1,0 = 299 \text{ N}$$

Ausziehfestigkeit:

$$F_{ax,Rd} = \min \left\{ \frac{F_{ax,Rd,1}}{F_{ax,Rd,2}} \right\} = \min \left\{ \frac{210 \text{ N}}{299 \text{ N}} \right\} = 210 \text{ N}$$

Nachweis (kombinierter Nachweis)

$$\eta = \frac{F_{V,G,d}}{F_{v,Rd,Na}} + \frac{F_{ax,W,d}}{F_{ax,Rd}} = \frac{8,0 \text{ N}}{195,21 \text{ N}} + \frac{84,3 \text{ N}}{210 \text{ N}} = 0,44 < 1,0 \left( \text{Ausnutzungsgrad } 44 \% \right)$$

# BECK

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**

