

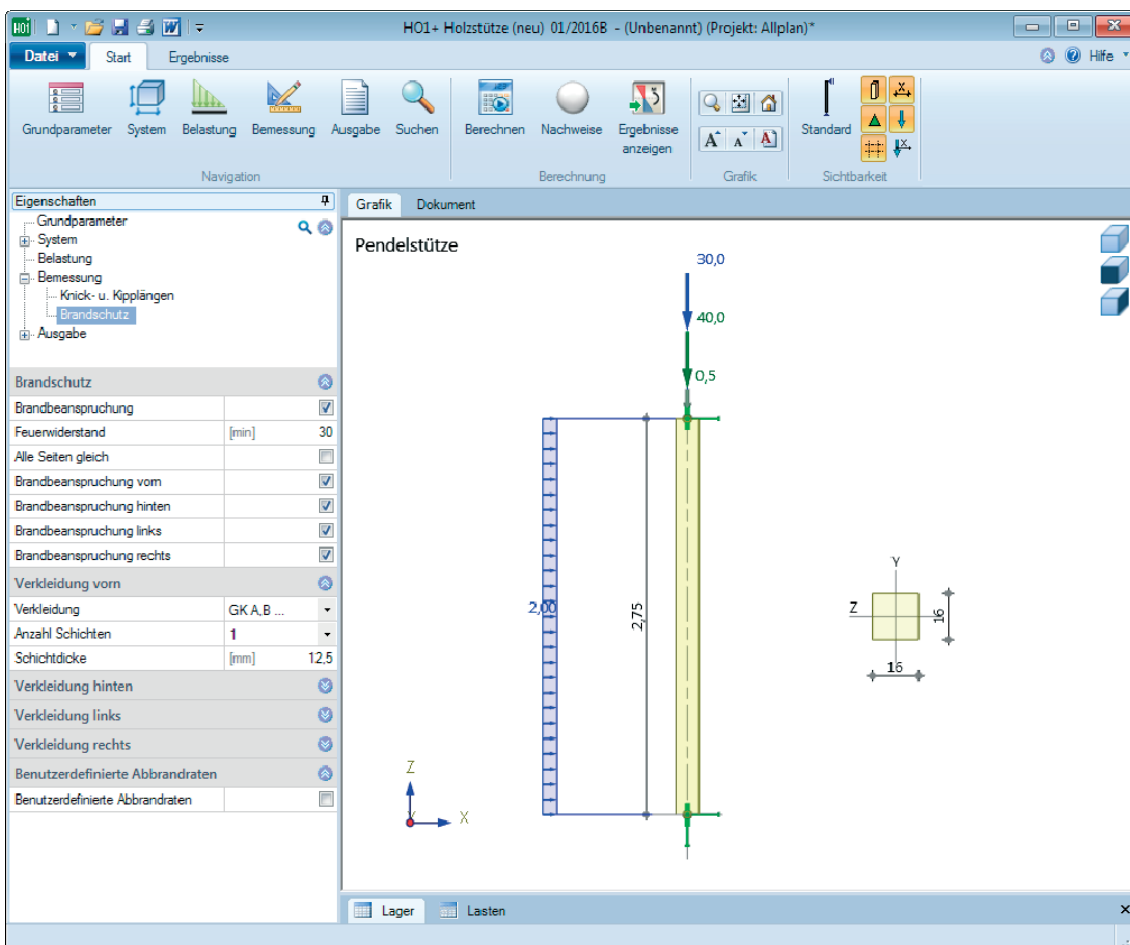
Brandschutznachweis Holz

FRILO Software GmbH

www.friilo.eu

info@friilo.eu

30.11.2018



The screenshot shows the FRILO software interface for fire protection calculation. The main window displays a 3D model of a wooden column (Pendelstütze) with dimensions and load arrows. The left sidebar shows the 'Brandschutz' (fire protection) settings, including fire resistance (30 min) and protection layers (1 layer, 12.5 mm thick). The bottom status bar shows 'Lager' (support) and 'Lasten' (loads).

Brandschutz Settings:

Brandschutz		
Brandbeanspruchung		<input checked="" type="checkbox"/>
Feuerwiderstand	[min]	30
Alle Seiten gleich		<input type="checkbox"/>
Brandbeanspruchung vorn		<input checked="" type="checkbox"/>
Brandbeanspruchung hinten		<input checked="" type="checkbox"/>
Brandbeanspruchung links		<input checked="" type="checkbox"/>
Brandbeanspruchung rechts		<input checked="" type="checkbox"/>
Verkleidung vorn		
Verkleidung	GK A, B ...	
Anzahl Schichten		1
Schichtdicke	[mm]	12,5
Verkleidung hinten		
Verkleidung links		
Verkleidung rechts		
Benutzerdefinierte Abbrandraten		
Benutzerdefinierte Abbrandraten		

3D Model Dimensions:

- Column height: 2,75
- Column diameter: 0,5
- Load 1: 30,0
- Load 2: 40,0
- Column width: 2,00
- Protection layer thickness: 16

Brandschutznachweis Holz

Diese Dokumentation bezieht sich auf den in unseren Dach- und Holzprogrammen D10, HO1, HO4 und HO11 verwendeten Brandschutznachweis.

Inhaltsverzeichnis

Brandschutznachweis DIN 4102-22, EN 1995-1-2 - Grundlagen	3
Brandschutznachweis nach DIN 4102-4 - Grundlagen	5
Literatur	7

Brandschutznachweis DIN 4102-22, EN 1995-1-2 - Grundlagen

(für DIN 1052:2004, EN 1995:2008)

Als konstante Abbrandgeschwindigkeiten sind für

Nadelhölzer ($\rho \geq 290 \text{ kg/m}^3$) $v = 0,8 \text{ [mm/min]}$, für

Brettschichthölzer ($\rho \geq 290 \text{ kg/m}^3$) $v = 0,7 \text{ [mm/min]}$ und für

Laubhölzer ($\rho < 450 \text{ kg/m}^3$) $v = 0,7 \text{ [mm/min]}$ für

Laubhölzer ($\rho \geq 450 \text{ kg/m}^3$) $v = 0,5 \text{ [mm/min]}$ (EN5 $v = 0,55 \text{ [mm/min]}$) empfohlen.

Es ist zu beachten, dass die Abbrandgeschwindigkeiten von der Feuchte, der Dichte, der Querschnittsform, der Brandbeanspruchung und der Holzbeschaffenheit beeinflusst werden.

Die Abbrandraten für Holzwerkstoffe sind nach Zulassung zu wählen oder aufgrund von Normvorgaben (EN5 4.4.2) zu bestimmen.

Mit den Abbränden wird die seitenbezogene Brandbeanspruchung bewertet:

Beispiele zur Darstellung der Brandbeanspruchung: (mit Querschnitt Breite = b , Höhe = h)

1-seitig: == z.B. $0 \cdot b, 1 \cdot h$ brandbeansprucht

2-seitig: == z.B. $1 \cdot b, 1 \cdot h$ brandbeansprucht

3-seitig: == z.B. $2 \cdot b, 1 \cdot h$ brandbeansprucht

4-seitig: == z.B. $2 \cdot b, 2 \cdot h$ brandbeansprucht

Es gelten folgende Beziehungen für Festigkeiten/Steifigkeiten:

$$f_{(c,t,m)d} = k_{\text{mod},fi} \cdot k_{fi} \frac{f_{(c,t,m)k}}{\gamma_{M,fi}}$$

$$E_{\text{mod},d,fi} = k_{\text{mod},fi} \cdot k_{fi} \frac{E_{0,05}}{\gamma_{M,fi}}$$

$$G_{\text{mod},d,fi} = k_{\text{mod},fi} \cdot k_{fi} \frac{f_{ak} \cdot G_{05}}{\gamma_{M,fi}} \quad \text{mit } f_{ak} = 2/3 \text{ bei VH; } f_{ak} = 1 \text{ bei BSH}$$

$$k_{\text{mod},fi}(m) = 1 - \frac{1 \cdot U_r}{225 \cdot A_r} \quad (\text{EN5 } k_{\text{mod},fi}(m) = 1 - \frac{1 \cdot U_r}{220 \cdot A_r}) \quad \text{für Biegung}$$

$$k_{\text{mod},fi}(c) = 1 - \frac{1 \cdot U_r}{125 \cdot A_r} \quad \text{für Druck}$$

$$k_{\text{mod},fi}(t, E_{\text{mod}}) = 1 - \frac{1 \cdot U_r}{333 \cdot A_r} \quad (\text{EN5: } k_{\text{mod},fi}(t, E_{\text{mod}}) = 1 - \frac{1 \cdot U_r}{300 \cdot A_r}) \quad \text{für Zug, Steifigkeiten}$$

$k_{fi} = 1,25$ für Vollhölzer NH, LH

$k_{fi} = 1,15$ für Brettschichthölzer BS, Holzwerkstoffplatten

$k_{fi} = 1,10$ für Furnierschichthölzer (Kerto)

$A_r =$ Fläche [m^2] und $U_r =$ Umfang [m] des Restquerschnitts

$\gamma_{M,fi} = 1,00$ Teilsicherheitsbeiwert für Material

Nach ÖNORM B 1995-1-2:2008 ist das oben beschriebene Verfahren nicht erlaubt. Es ist das ungünstigere Rechenverfahren mit reduziertem Querschnitt vorgeschrieben.

Nachweis für Normalkraft und Momentenbeanspruchung

Die Nachweise für Biegung, Biegezug und Biegedruck sowie die Stabilitätsnachweise werden analog zu den Ausführungen der DIN 1052:2004/2008 bzw. EN 1995 geführt – unter Berücksichtigung des verbleibenden Restquerschnittes und der Abnahme der Festigkeits- und Steifigkeitswerte. Das zugrunde liegende statische System darf sich während der Beflammung nicht ändern.

Ist die Normalspannung für den Brandschutz maßgebend, dann werden folgende Ergebnisse ausgegeben:

t_F	Abbranddauer in [min] oder alternativ
F30 B, R30	Brandschutzklasse, wenn $t_F = 30$ min oder 60 min oder 90 min ist.
Abbrand	dokumentiert verkürzt das Abbrandverhalten der Oberflächen
σ	Brandspannung; Vergleich vorhandene Normalspannung zu zulässiger Spannung; Druckspannung hat negatives Vorzeichen.
min b/h	erforderlicher Mindestquerschnitt für die Abbranddauer

Nachweis für Querkraftbeanspruchung (DIN 4102-4/-22 5.5.2.4)

Nach DIN 4102-4 ist für stabförmige Bauteile auch die Untersuchung der Brandtragfähigkeit unter Schubbeanspruchung notwendig. Dies geschah bisher entsprechend der vereinfachten Bedingungsgleichung (11I) bzw. (11). Der Nachweis wird jetzt entsprechend der Ausführung im Brandschutz Handbuch /1/ auf den Grenzzustand des statischen Vergleichswertes bezogen. Der Rechenansatz wird bei DIN 1052:2004/2008 und EN 1995 angewendet.

Schubfestigkeit im Brandfalle
$$f_{v,fi} = f_{v,d} \cdot \frac{k_{fi} \cdot \gamma_M}{k_{mod}}$$

Schubspannung im Brandfalle
$$\tau_{fi} = \tau_{,d} \cdot \frac{b_y \cdot d_z}{b_{y,fi} \cdot d_{z,fi}} \cdot 0,5 \cdot \gamma_M$$

Ausnutzung Schub im Brandfalle
$$\eta_{fi} = \frac{\tau_{,d}}{f_{v,d}} \cdot \frac{b_y \cdot d_z}{b_{y,fi} \cdot d_{z,fi}} \cdot \frac{0,5 \cdot k_{mod}}{k_{fi}}$$

Für den Abbrand gelten die Festlegungen des ideellen Restquerschnitts-Verfahrens.

b_y, d_z	Ausgangsquerschnittsdicken
$b_{y,fi}, d_{z,fi}$	durch Abbrand reduzierte Querschnittsbreite und -höhe
$f_{v,d}$	zulässige Schubfestigkeit im statischen Bemessungslastfall
$\tau_{,d}$	vorhandene Schubspannung im statischen Nachweis
$f_{v,fi}$	zulässige Schubfestigkeit im Brandfall
$\tau_{,fi}$	vorhandene Schubspannung im Brandfall
Bedingung:	$\eta_{,fi} \leq 1,0$

Ist die Schubspannung für den Brandschutz maßgebend, dann werden folgende Ergebnisse ausgegeben:

t_F	Abbranddauer in [min] oder alternativ
F30 B, R30	Brandschutzklasse, wenn $t_F = 30$ min oder 60 min oder 90 min ist
Abbrand	dokumentiert verkürzt das Abbrandverhalten der Oberflächen
$\tau_{,fi} / f_{v,fi}$	Vergleich vorhandener Schubspannung zu zulässiger Schubfestigkeit
min b/h	erforderlicher Mindestquerschnitt für die Abbranddauer

Brandschutznachweis nach DIN 4102-4 - Grundlagen

(für DIN 1052:1988)

Als Abbrandgeschwindigkeiten sind für

Nadelhölzer $v = 0,8$ [mm/min], für

Schichthölzer $v = 0,7$ [mm/min] und für

Laubhölzer $v = 0,56$ [mm/min] empfohlen.

Es ist zu beachten, dass die Abbrandgeschwindigkeiten von der Feuchte, der Dichte, der Querschnittsform, der Brandbeanspruchung und der Holzbeschaffenheit beeinflusst werden.

Mit den Abbränden wird die seitenbezogene Brandbeanspruchung bewertet:

Beispiele zur Darstellung der Brandbeanspruchung:

- 1-seitig: == z.B. $0 \cdot b, 1 \cdot h$ brandbeansprucht
- 2-seitig: == z.B. $1 \cdot b, 1 \cdot h$ brandbeansprucht
- 3-seitig: == z.B. $2 \cdot b, 1 \cdot h$ brandbeansprucht
- 4-seitig: == z.B. $2 \cdot b, 2 \cdot h$ brandbeansprucht
(mit Querschnitt Breite = b , Höhe = h)

Nachweis für Normalkraft und Momentenbeanspruchung

Faktor für die Regressionsanalyse:

$$\alpha = 0,398 \cdot t_f^{0,62}$$

Faktor zur Berücksichtigung der Brandbeanspruchung:

für 1-, 2-seitige Brandbeanspruchung: $\kappa = 0$

für 3-seitige Brandbeanspruchung: $\kappa = 0,25$

für 4-seitige Brandbeanspruchung: $\kappa = 0,4$

Mittlere Temperatur für den Restquerschnitt:

δ = $v \cdot t_f$ = max Dicke des Abbrands

b_y, d_z = vorhandene Querschnittsbreite und -höhe

mittlere Temperatur:

$$T_m = \left(1 + \kappa \cdot \frac{b_y}{d_z} \right) \cdot \left(20 + \frac{180 \cdot \delta^\alpha}{(1 - \alpha) \cdot \frac{b_y}{2} - \delta} \cdot \left(\left(\frac{b_y}{2} \right)^{(1 - \alpha)} - \delta^{(1 - \alpha)} \right) \right)$$

Ist $T_m > 150^\circ \text{C}$, dann ist der Nachweis nicht mehr zulässig.

Die zulässigen Brandspannungen und rechnerischen Steifigkeitswerte errechnen sich nach den Formeln:

Zulässige Biegespannung:

$$\beta_{Bf} = (1,0625 - 0,003125 \cdot T_m) \cdot 3,5 \cdot \text{DIN zul } \sigma_B$$

Zulässige Druckspannung:

$$\beta_{Df} = (1,1125 - 0,005625 \cdot T_m) \cdot 3,5 \cdot \text{DIN zul } \sigma_D$$

Zulässige Zugspannung:

$$\beta_{Zf} = (1,025 - 0,00125 \cdot T_m) \cdot 3,5 \cdot \text{DIN zul } \sigma_Z$$

Für $T_m > 100$ ist:

$$\beta_{Zf} = (1,03 - 0,004 \cdot T_m) \cdot 3,5 \cdot \text{DIN zul } \sigma_Z$$

Für DIN-Materialien wird für die zulässige Grenzspannung der 3,5-fache Wert der zulässigen Gebrauchsspannung angesetzt; bei Kerto der 3,0-fache Wert.

Elastizitätsmodul:

$$E_{\text{mod}} = (1,0375 - 0,001875 \cdot T_m) \cdot \text{DIN } E_{\text{mod}}$$

Torsionsmodul:

$$\text{Für Vollholz: } G_t = E_{\text{mod}} / 22 \cdot (0,6666666)$$

$$\text{Für Schichtholz: } G_t = E_{\text{mod}} / 22$$

Biege-Druckspannungsnachweis:

für Vollholz: Faktor = 2 / 250

$$i_z = 0,9 \cdot \sqrt{(I_{zz} / A)}, \quad i_y = 0,9 \cdot \sqrt{(I_{yy} / A)}$$

für Schichtholz: Faktor = 1,73 / 500

$$i_z = \sqrt{(I_{zz} / A)}, \quad i_y = \sqrt{(I_{yy} / A)}$$

$$\lambda = \max\left(\frac{s_{kz}}{i_z}, \frac{s_{ky}}{i_y}\right)$$

$$\varepsilon = 0,1 + \text{Faktor} \cdot \lambda$$

Zulässige Traglastspannung bei Druck:

$$A = 0,5 \cdot \left(\beta_{Df} + \pi^2 \cdot E_{\text{mod}} \cdot \frac{(1 + \varepsilon)}{\lambda^2} \right)$$

$$\sigma_F = 0,5 \cdot \left(\beta_{Df} + \pi^2 \cdot E_{\text{mod}} \cdot \frac{(1 + \varepsilon)}{\lambda^2} \right) - \sqrt{(A^2 - \pi^2 \cdot E_{\text{mod}} \cdot \beta_{Df} / \lambda^2)}$$

Zulässige Traglastspannung bei Zug:

$$\sigma_F = \beta_{Zf}$$

Brand-Spannungsnachweis ohne Kippen:

$$\sigma = \frac{N_x}{A_x} - \left(\frac{M_y}{W_{yy}} + \frac{M_z}{W_{zz}} \right) \cdot \frac{\sigma_F}{\beta_{Bf}} \leq \sigma_F$$

Brand-Spannungsnachweis mit Kippen:

$$\sigma = \frac{N_x}{A_x} + \frac{\left(\frac{M_y}{W_{yy} \cdot K_{By}} + \frac{M_z}{W_{zz} \cdot K_{Bz}} \right)}{1,1} \cdot \frac{\sigma_F}{\beta_{Bf}} \leq \sigma_F$$

Ist die Normalspannung für den Brandschutz maßgebend, dann werden folgende Ergebnisse ausgegeben:

t_f	Abbranddauer in [min] oder alternativ
F30 B	Brandschutzklasse, wenn $t_f = 30$ min oder 60 min oder 90 min ist
Abbrand	dokumentiert verkürzt das Abbrandverhalten der Oberflächen
T_m	mittlere innere Temperatur im Restquerschnitt
σ	Brandspannung; Vergleich vorhandene Normalspannung zu zulässiger Spannung Druckspannung hat negatives Vorzeichen
min b/h	erforderlicher Mindestquerschnitt für die Abbranddauer

Nachweis für Querkraftbeanspruchung (DIN 4102 T4, /5/)

b_y, d_z	Ausgangsquerschnittsdicken
b_f, h_f	durch Abbrand reduzierte Querschnittsbreite und -höhe
k_y, k_z	y/z- Mehrteiligkeit des Querschnitts
zul τ	zulässige Schubspannung nach DIN 1052 (Lastfall H)
ks	Abminderungsfaktor infolge Feuchte nach DIN 1052
cal τ	Schubspannung aufgrund des statischen Nachweises
zul τ	$= 1,5 \cdot \text{zul } \tau \cdot k_s$
vorh τ	$= \text{cal } \tau \cdot [(b_y \cdot d_z) / (b_f \cdot h_f)]$

Bedingung: $(\text{zul } \tau / \text{vorh } \tau) \leq 1,0$

Ist die Schubspannung für den Brandschutz maßgebend, dann werden folgende Ergebnisse ausgegeben:

t_f	Abbranddauer in [min] oder alternativ
F30 B	Brandschutzklasse, wenn $t_f = 30$ min oder 60 min oder 90 min ist
Abbrand	dokumentiert verkürzt das Abbrandverhalten der Oberflächen
T_m	mittlerer innere Temperatur im Restquerschnitt
τ	Vergleich vorhandene Schubspannung zu zulässiger Schubspannung
min b/h	erforderlicher Mindestquerschnitt für die Abbranddauer

Literatur

/1/ C. Scheer, Mandy Peter: Holz Brandschutz Handbuch; 3. Auflage. Ernst & Sohn, Berlin 2009