

Bemessungshilfen für Holzbemessung im Brandfall nach DIN 4102-22:2004-11

1. Baustoffkennwerte

■ Rechenwerte für die charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte für maßgebende Nadelhölzer und Brettschichthölzer

Festigkeitsklasse	C 24 ⁷⁾	C 30 ⁷⁾	GL 24		GL 32	
Sortierklasse nach DIN 4074-1, Güteklasse nach DIN 4074-2 ^{4) 5) 6)}	S10/C24	S13/C30	BS 11		BS 16	
	M II	M I	h	c	h	c

Festigkeitskennwerte in N/mm²

Biegung ^{1) 8) 9)}	$f_{m,k}$	24,0	30,0	24,0		32,0	
Zug parallel ¹⁾	$f_{t,0,k}$	14,0	18,0	16,5	14,0	22,5	19,5
Zug rechtwinklig	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,5		0,5	
Druck parallel ¹⁾	$f_{c,0,k}$	21,0	23,0	24,0	21,0	29,0	26,5
Druck rechtwinklig	$f_{c,90,k}$	2,5	2,7	2,7	2,4	3,3	3,0
Schub und Torsion	$f_{v,k}$	2,0	2,0	2,5		2,5	
Rollschub ³⁾	$f_{R,k}$	1,0	1,0	1,0		1,0	

Steifigkeitskennwerte in N/mm²

Elastizitätsmodul parallel ^{1) 2)}	$E_{0,mean}$	11000	12000	11600		13700	
Elastizitätsmodul rechtwinklig ²⁾	$E_{90,mean}$	370	400	390	320	460	420
Schubmodul ^{2) 3)}	G_{mean}	690	750	720	590	850	780

Rohdichtekennwerte in kg/m ³	ρ_k	350	380	380	350	430	410
---	----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

- Bei nur von Rinde und Bast befreitem Nadelrundholz dürfen in den Bereichen ohne Schwächung der Randzone um 20% erhöhte Werte in Rechnung gestellt werden.
- Für die charakteristischen Steifigkeitskennwerte $E_{0,05}$, $E_{90,05}$ und G_{05} gelten die Rechenwerte:
für Nadelholz: $E_{0,05} = 2/3 \cdot E_{0,mean}$; $E_{90,05} = 2/3 \cdot E_{90,mean}$; $G_{05} = 2/3 \cdot G_{mean}$
für Brettschichtholz: $E_{0,05} = 5/6 \cdot E_{0,mean}$; $E_{90,05} = 5/6 \cdot E_{90,mean}$; $G_{05} = 5/6 \cdot G_{mean}$
- Der zur Rollschubbeanspruchung gehörende Schubmodul darf mit $G_{R,mean} = 0,10 \cdot G_{mean}$ angenommen werden.
- Diese Zuordnung gilt für trocken sortiertes Holz (TS).
- Vorwiegend hochkant biegebeanspruchte Bretter und Bohlen sind wie Kanthölzer zu sortieren und entsprechend zu kennzeichnen (k).
- Grundsätzlich kann Nadelholz maschinell in jede gewünschte Festigkeitsklasse sortiert werden.
- Holzarten: Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche, Douglasie, Southern Pine, Western Hemlock, Yellow Cedar
- Bei Flachkant-Biegebeanspruchung der Lamellen von Brettschichtholzträgern mit $h \leq 600$ mm darf der charakteristische Festigkeitswert mit dem Beiwert $k_h = (600/h)^{0,14} \leq 1,1$ multipliziert werden.
- Bei Hochkant-Biegebeanspruchung der Lamellen von homogenem Brettschichtholz aus mindestens vier nebeneinander liegenden Lamellen darf der charakteristische Festigkeitswert mit dem Systembeiwert $k = 1,2$ multipliziert werden.

Impressum

Herausgeber:



**BAUFORUM
MINDEN**

www.fh-bielefeld.de/bauforum

Bearbeitung:

Prof. Dr.-Ing. Franz-Josef Hinkes
Prof. Dipl.-Ing. Volker Schiermeyer
Dipl.-Ing. Sebastian Wörmann

Fachhochschule Bielefeld, Campus Minden
Fb 2, Architektur und Bauingenieurwesen

Die technischen Informationen dieser Schrift entsprechen zum Zeitpunkt der Drucklegung den anerkannten Regeln der Technik. Eine Haftung für den Inhalt kann trotz sorgfältiger Bearbeitung und Korrektur nicht übernommen werden.

2. Grundlagen und Schnittgrößenermittlung

Nachweisformat im Grenzzustand der Tragfähigkeit

E_{dA} Bemessungswert der Beanspruchung

$R_{d,fi}$ Bemessungswert des Tragwiderstandes

$$E_{dA} \leq R_{d,fi}$$

Einwirkungskombinationen für Grenzzustände der Tragfähigkeit nach DIN 1055-100

Bemessungssituation für

Einwirkungskombinationen

ständige und vorübergehende Beanspruchung E_d

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

außergewöhnliche Beanspruchung E_{dA}

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{GA,j} \cdot G_{k,j} \oplus A_d \oplus \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Im Brandfall darf die außergewöhnliche Einwirkung $A_d = 0$ gesetzt werden.

\oplus bedeutet „in Kombination mit“

Vereinfachte Einwirkungskombination nach DIN 4102-22 für Holz und Holzwerkstoffe

Bemessungssituation für

Einwirkungskombinationen

außergewöhnliche Beanspruchung E_{dA}

$$0,65 \cdot E_d$$

KLED- und Kombinationsbeiwerte ψ_i für Einwirkungen auf Hochbauten

Veränderliche Einwirkungen

KLED

ψ_0

ψ_1

ψ_2

Nutzlasten $Q_{k,N}$:

Kategorie A:	Wohn- und Aufenthaltsräume, Spitzböden	mittel	0,7	0,5	0,3
Kategorie B:	Büro- und Arbeitsflächen, Flure	mittel	0,7	0,5	0,3
Kategorie C:	Versammlungsräume	kurz	0,7	0,7	0,6
Kategorie D:	Verkaufsräume	mittel	0,7	0,7	0,6
Kategorie E:	Fabriken, Werkstätten, Ställe, Lagerräume	lang	1,0	0,9	0,8
Kategorie H:	nicht begehbare Dächer (nur Reparatur)	kurz	0	0	0
Kategorie T:	Treppen und Treppenpodeste	kurz	wie Kategorie, in der eingebaut		
Kategorie Z:	Zugänge und Balkone	kurz	wie Kategorie, in der eingebaut		

Schnee- und Eislasten $Q_{k,S}$:

für Orte bis NN + 1000 m	kurz	0,5	0,2	0
für Orte über NN + 1000 m	mittel	0,7	0,5	0,2

Windlasten für Hochbauten $Q_{k,W}$

Baugrundsetzungen $Q_{k,\Delta}$	ständig	1,0	1,0	1,0
Anpralllasten nach DIN 1055-9	sehr kurz	-	-	-

Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen auf Tragwerke

	γ_G	γ_Q
günstige Auswirkung	1,00	0
ungünstige Auswirkung	1,35	1,50
außergewöhnliche Auswirkung	1,00	-

3. Nachweis von Holzbauteilen im Brandfall nach dem genauen Verfahren

Baustoffkennwerte

Für den Nachweis der Tragfähigkeit müssen die Bemessungswerte der Festigkeit und Steifigkeit des verbleibenden Restquerschnitts ermittelt werden.

Festigkeitskennwerte	$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{f_k}{\gamma_{M,fi}}$
Steifemodul	$E_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{E_{0,05}}{\gamma_{M,fi}}$
Schubmodul für Vollholz	$G_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{2/3 \cdot G_{05}}{\gamma_{M,fi}}$
Schubmodul für Brettschichtholz	$G_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{G_{05}}{\gamma_{M,fi}}$

- f_k charakteristische Festigkeit unter Normaltemperatur
- $E_{0,05}$ charakteristischer Wert des E-Moduls unter Normaltemperatur
- G_{05} charakteristischer Wert des Schubmoduls unter Normaltemperatur
- $\gamma_{M,fi}$ Teilsicherheitsbeiwert = 1,0
- $k_{mod,fi}$ Modifikationsfaktor zur Berücksichtigung der Auswirkungen von Temperatur
- k_{fi} Faktor zur Ermittlung des 20%-Fraktilwerts aus dem 5%-Fraktilwert

Modifikationsfaktor $k_{mod,fi}$

Biegung	$k_{mod,fi} = 1 - \frac{1}{225} \cdot \frac{u_r}{A_r}$
Druck II zur Faser	$k_{mod,fi} = 1 - \frac{1}{125} \cdot \frac{u_r}{A_r}$
Zug II zur Faser, E-Modul, Schubmodul	$k_{mod,fi} = 1 - \frac{1}{333} \cdot \frac{u_r}{A_r}$

- u_r Umfang des Restquerschnitts in m
- A_r Fläche des Restquerschnitts in m²

Umrechnungsfaktor k_{fi}

Produkt	k_{fi}
Vollholz	1,25
Brettschichtholz	1,15
Furnierschichtholz	1,10
Holzwerkstoffplatten	1,15
auf Abscheren beanspruchte Holz-Holz- bzw. Holzwerkstoff-Holz-Verbindungen	1,15
auf Abscheren beanspruchte Stahl-Holz-Verbindungen	1,05
auf Herausziehen beanspruchte Verbindungen	1,05

Abbrandtiefe

Die Abbrandtiefe zur Ermittlung des Restquerschnitts ergibt sich je nach Holzart und Feuerwiderstandsdauer:	$d(t_f) = \beta_n \cdot t_f$
---	------------------------------

- β_n Abbrandrate nach DIN 4102-22, Tabelle 74
- t_f geforderte Feuerwiderstandsdauer in Min

Abbrandrate β_n für Bauholz

Produkt	β_n in mm/min
Nadelholz	
- Vollholz mit einer charakteristischen Rohdichte $\geq 290 \text{ kg/m}^3$ und einer Mindestabmessung von 35 mm	0,8
- Brettschichtholz mit einer charakteristischen Rohdichte $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,7
Laubholz	
- Massives oder geklebtes Laubholz mit einer charakteristischen Rohdichte von $290 \text{ kg/m}^3 \leq \rho_k \leq 450 \text{ kg/m}^3$	0,7
- Massives oder geklebtes Laubholz mit einer charakteristischen Rohdichte $\geq 450 \text{ kg/m}^3$ und Eiche	0,5
Buche ist wie Nadelholz zu behandeln	
Furnierschichtholz	0,7
Platten ¹⁾	
- Massivholzplatten	0,9
- Sperrholz	1,0
- andere Holzwerkstoffplatten nach DIN EN 13986	0,9

¹⁾ Die angegebenen Werte beziehen sich auf eine charakteristische Rohdichte von 450 kg/m^3 und eine Dicke von 20 mm. Für andere Rohdichten und Dicken $\geq 20 \text{ mm}$ ist die Abbrandrate wie folgt zu ermitteln:

$$\beta_{n,p,h} = \beta_n \cdot k_p \cdot k_h$$

Dabei ist:

mit:

$$k_p = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}}$$

ρ_k charakteristischer Wert der Rohdichte entsprechend den jeweiligen Angaben der Holzwerkstoffnormen in kg/m^3

$$k_h = \sqrt{\frac{20}{h_p}} \leq 1$$

h_p Plattendicke in mm

4. Nachweis von Holzbauteilen im Brandfall nach dem vereinfachten Verfahren

Baustoffkennwerte

Im vereinfachten Nachweisverfahren wird die Tragfähigkeit des ideellen Restquerschnitts unter der Annahme berechnet, dass die Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften nicht durch den Brand beeinflusst werden. Der Verlust an Festigkeit und Steifigkeit wird durch eine Erhöhung der Abbrandtiefe berücksichtigt.

Die Festigkeiten werden wie im genauen Verfahren, jedoch mit $k_{mod,fi} = 1,0$ ermittelt.

Abbrandtiefe

Der ideale Restquerschnitt wird durch die Reduzierung des Ausgangsquerschnitts um die ideale Abbrandtiefe d_{ef} ermittelt.	$d_{ef} = d(t_f) + d_0$
---	-------------------------

$d(t_f)$ Abbrandtiefe nach Holzart und Feuerwiderstandsdauer $d(t_f) = \beta_n \cdot t_f$

d_0 Erhöhung der Abbrandtiefe $d_0 = 7 \text{ mm}$

5. Nachweis von Verbindungen im Brandfall

Verbindungsmittelabstände

Mindestholzdicke für das Seitenholz

$$t_{1,req,fi} = t_{1,req} + C_{fi} \begin{matrix} \geq 50 \text{ mm für F30} \\ \geq 100 \text{ mm für F60} \end{matrix}$$

Randabstände

in Faserrichtung

senkrecht zur Faserrichtung

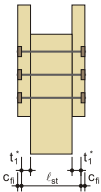
$$a_{1,t/c,fi} = a_{1,t/c} + C_{fi}$$

$$a_{2,t/c,fi} = a_{2,t/c} + C_{fi}$$

mit Erhöhung $C_{fi} = 10 \text{ mm für F30}$
 $C_{fi} = 30 \text{ mm für F60}$

Für Stabdübel und Bolzen mit $d \geq 20 \text{ mm}$ genügt für F30 der Randabstand nach DIN 1052:2008-12 und für F60 eine Vergrößerung um 20 mm.

Mindestlänge von Verbindungsmitteln



Stabdübel ohne Überstand	$l_{st} = 2 \cdot t_1 + t_2 \geq 120 \text{ mm}$
Stabdübel mit Überstand	$l_{st} = 2 \cdot t_1 + t_2 + 2 \cdot \ddot{u} \geq 200 \text{ mm}$

- l_{st} Länge des Verbindungsmittels
- t_1 Dicke des Seitenholzes in mm
- t_2 Dicke des Mittelholzes in mm
- \ddot{u} Überstand des Verbindungsmittels in mm $\leq 20 \text{ mm}$

Anforderungen an innen liegende Stahlbleche

Bei Blechen mit ungeschützten Rändern darf folgendes Blechmaß D nicht unterschritten werden:

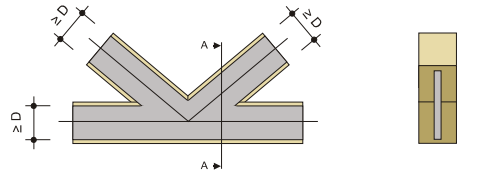
F30: $D = 200 \text{ mm}$
 $D = 440 \text{ mm}$

F60:

Ist nur ein Rand oder sind zwei gegenüberliegende Ränder ungeschützt, braucht nur folgendes Blechmaß eingehalten werden:

F30: $D = 120 \text{ mm}$
 $D = 280 \text{ mm}$

F60:



Schnitt A-A

Werden die geforderten Mindestmaße nicht eingehalten, sind diese geschützt auszuführen, um den Temperatureintrag zu reduzieren.

Charakteristische Tragfähigkeit je Verbindungsmittel und Scherfuge

$$R_{k,fi} = k_{conn,fi} \cdot f_{h,1,k} \cdot (t_1 - 30 \cdot \beta_n) \cdot d \cdot \eta$$

$k_{conn,fi}$ Faktor zur Berücksichtigung der Erwärmung des Holzes im Brandfall (inkl. Umrechnung zum 20%-Fraktilwert: k_{fi})

$f_{h,1,k}$ charakteristischer Wert der Lochleibungsfestigkeit des Seitenholzes

t_1 Seitenholzdicke in mm

β_n Abbrandgeschwindigkeit nach Feuerwiderstandsdauer

d Durchmesser des Verbindungsmittels in mm

η Abminderungsfaktor

Tragfähigkeitsfaktor $k_{conn,fi}$

$k_{conn,fi}$ für Nadelholz	$k_{conn,fi} = (0,18 + 0,003 \cdot d) \cdot \frac{450}{\rho}$
$k_{conn,fi}$ für Laubholz	$k_{conn,fi} = (0,14 + 0,002 \cdot d) \cdot \frac{30}{\sqrt{\rho}}$

Abminderungsfaktor η

$$\eta = \frac{(d/t_1)}{\min(d/t_1)}$$

Stahlblech-Holz-Verbindungen mit Stabdübeln	$\min(d/t_1) = 0,08 \cdot \left(1 + \left[\frac{110}{\ell_{st}'}\right]^4\right) \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{360}\right)$
Holz-Holz-Verbindungen mit Stabdübeln	$\min(d/t_1) = 0,16 \cdot \sqrt{\frac{t_2}{t_1}} \left(1 + \left[\frac{110}{\ell_{st}'}\right]^4\right) \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{360}\right)$
Stahlblech-Holz- und Holz-Holz-Verbindungen mit Nägeln	$\min(d/t_1) = 0,05 \cdot \left(1 + \left[\frac{110}{\ell_n}\right]^4\right)$

$\ell_{st}' = \ell_{st}$ für Stabdübel ohne Überstand

$\ell_{st}' = 0,6 \cdot \ell_{st}$ für Stabdübel mit Überstand

Abminderung für $\alpha \neq 0^\circ$

Für einen Kraft-Faser-Winkel $\neq 0^\circ$ ist die Tragfähigkeit mit dem Faktor k_α abzumindern

$$k_\alpha = \frac{1}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

k_{90} Abminderungsfaktor bei einer Belastung senkrecht zur Faserrichtung des Holzes
 α Kraft-Faser-Winkel

Charakteristische Tragfähigkeit von Passbolzen

$$R_{k,fi,Pb} = 0,25 \cdot R_{k,fi,SDü}$$

Charakteristische Tragfähigkeit von Bolzen

$$R_{k,fi,Bo} = 0,75 \cdot R_{k,fi,Pb}$$

Bei Bolzenverbindungen mit zusätzlichen Sondernägeln ($t_2 \geq 8d$) ist keine Abminderung der Tragfähigkeit erforderlich.

Charakteristische Tragfähigkeit von Dübeln besonderer Bauart

$$R_{c,k,fi} = 0,25 \cdot k_{fi} \cdot R_{c,k} \cdot \frac{t_1}{3 \cdot h_e + 10} \leq 0,5 \cdot k_{fi} \cdot R_{c,k}$$

R_k charakteristische Tragfähigkeit einer Verbindungseinheit nach DIN 1052

t_1 Seitenholzdicke in mm

h_e Einlasstiefe des Dübels im Holz

k_{fi} Faktor zur Umrechnung auf den 20%-Fraktilwert

Werden die Verbindungen geschützt ausgeführt ($c_{fi} = 10$ mm für F30), ist keine Abminderung der Tragfähigkeit erforderlich. Die Bedingung in der Formel kann unberücksichtigt bleiben.

Wird das Aufspalten des Holzes durch Sondernägel ($t_2 \geq 8d$) verhindert, ist ebenfalls keine Abminderung erforderlich.