

# Neuaufgabe der Bemessungstafel EC5 – Brandschutz inklusive

Dr.-Ing. Holger Schopbach  
Bundesbildungszentrum des Zimmerer- und Ausbaugewerbes  
Kompetenzzentrum für Zimmerer- und Holzbauarbeiten  
DE-Kassel





# Neuaufgabe der Bemessungstafel EC5 – Brandschutz inklusive

## 1. Die Bemessungstafel Eurocode 5

Auf dem 5. EBH-Kongress im Jahr 2012 wurde die Bemessungstafel Eurocode 5 unter dem Titel «Alltagstaugliche Anwendungshilfe zum Eurocode 5» vorgestellt und kurz darauf in der ersten Auflage veröffentlicht. Diese erste Auflage konnte insbesondere durch die Unterstützung des Landesbetriebes Wald und Holz Nordrhein-Westfalen realisiert werden. Der prognostizierte Bedarf nach solch einer Zusammenstellung der wesentlichen Nachweise nach dem Eurocode 5 hat sich bewahrheitet: 2500 Exemplare waren schnell verteilt und verkauft, so dass die Bemessungstafel seit über einem Jahr vergriffen war.

Die Normen haben seit der Erstauflage nicht halt gemacht, so dass Änderungen im EC5-1-1 sowie dem zugehörigen Nationalen Anhang eingearbeitet werden mussten. Im Zusammenhang mit dieser «Pflege» stellte sich die Frage, ob nicht auch noch weitere Themenbereiche aufgenommen werden sollten. Bei den Einwirkungen wurden daher die Wind- und Schneelasten ergänzt. Die Stabilitätsnachweise wurden um das Thema Biegedrillknicken erweitert und auch die Nachweise für Wand- und Deckenscheiben wurden neu aufgenommen.

Dass der Werkstoff Holz zwar brennt, dies aber mit einer definierten Geschwindigkeit tut, macht ihn gutmütig und berechenbar. Der EC5 bietet im Teil 1-2 zahlreiche Berechnungsmethoden für die sogenannte Heißbemessung, die hier teilweise ebenfalls berücksichtigt wurden. Neben der Bauteilbemessung ungeschützter Holzbauteile wurden auch Nachweise geschützter Bauteile sowie Nachweise der raumabschließenden Funktion aufgenommen.

All dies geschah in altbewährter Form auf jeweils einer Doppelseite: Auf der rechten Seite befinden sich tabellarisch die Anforderungen des EC 5, während die linke Seite einen Überblick gibt und die Anwendung der Tafel näher erläutert.

Da erst Rechenbeispiele den theoretisch dargestellten Sachverhalt nachvollziehbar machen, enthält die Bemessungstafel nun 22 statt bislang 7 ausführlicher Rechenbeispiele mit konkreten Angaben, in welchen Tafeln die Beiwerte und Formeln zu finden sind.

Und der Designer Rainer Wendorff hat auch diesmal ein Auge darauf gehabt, dass sich das Heft, trotz aller Formeln und Tabellen, durch Farben und Grafiken ansprechend präsentiert.

Es ist daher eine besondere Freude, auch diese zweite, vollständig überarbeitete Auflage im Rahmen des EBH-Kongresses vorstellen zu dürfen. Der Fokus der Kurzvorstellung in diesem Tagungsband soll diesmal auf dem Bereich des Brandschutzes liegen.

## 2. Bauteilnachweise im Brandfall

Da der Werkstoff Holz brennt, wird er von vielen automatisch als besonders gefährlich bei einem Brandereignis eingestuft. Holz brennt aber mit einer definierten Abbrandgeschwindigkeit, so dass die Resttragfähigkeit nach einer definierten Zeitspanne ermittelt werden kann. Während uns früher DIN 4102-4 mit entsprechend aufbereiteten Tabellen Hilfestellung leistete, dürfen diese Tabellen mit bauaufsichtlicher Einführung der DIN 4102-22 (in Hessen beispielsweise im Jahr 2006) nicht mehr verwendet werden. Abhilfe schafft hier DIN EN 1995-1-2 (EC5-1-2), die klare Regeln für die Bemessung eines Bauteils im Brandfall liefert.

Bevor aber die sogenannte Heißbemessung näher erläutert wird, sollen nochmals die Grundlagen der Kaltbemessung erläutert werden.

## 2.1. Kaltbemessung

Die (Kalt-) Bemessung und Konstruktion von Holzbauten ist in DIN EN 1995-1-1 (EC 5-1-1) in Verbindung mit dem nationalen Anhang geregelt. Entsprechend dem aktuellen Sicherheitskonzept sind Einwirkungen, wie Eigen- und Nutzlasten, Schneelasten, Windlasten als charakteristische Werte festgelegt, die mit einer definierten Wahrscheinlichkeit nicht überschritten werden. Natürliche Streuungen der Lasten sowie Abweichungen von den normalen Nutzungsbedingungen werden durch Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma$  erfasst. Bei Tragfähigkeitsnachweisen werden Eigenlasten mit  $\gamma = 1,35$  und veränderliche Lasten mit  $\gamma = 1,5$  multipliziert. Bei mehreren veränderlichen Lasten dürfen die Teilsicherheitsbeiwerte nach festgelegten Regeln mit einem Beiwert  $\psi$  reduziert werden. Letztendlich werden die Einwirkungen durch die Teilsicherheitsbeiwerte erhöht.

Den Einwirkungen und den daraus resultierenden Spannungen stehen Festigkeiten des Materials gegenüber. Holz weist als Naturerzeugnis in den Materialkennwerten große Streuungen auf. Die Bezugsgröße für die Festigkeitseigenschaften sowie die Rohdichte von Holz ist der sogenannte 5%-Quantilwert; der Schwellenwert also, bei dem fünf Prozent der Festigkeiten kleiner, 95 Prozent aber größer sind. Da aber auch eine Ausfallquote von fünf Prozent noch zu hoch wäre, muss zusätzlich ein Teilsicherheitsbeiwert von 1,3 berücksichtigt werden. Auch der Einbauort, und damit die Holzfeuchte, sowie die Beanspruchungsdauer sind für Holzbauteile relevant, so dass diese Einflüsse über den Modifikationsbeiwert  $k_{mod}$  berücksichtigt werden müssen. Die Festigkeiten werden also durch Teilsicherheits- sowie Modifikationsbeiwerte reduziert.

In der Kaltbemessung muss sichergestellt werden, dass die durch die äußeren Einwirkungen entstehenden Spannungen maximal so groß werden dürfen wie die Festigkeiten des Materials. Neben der Standsicherheit muss ergänzend auch die Gebrauchstauglichkeit gewährleistet sein: Durchbiegungen und Schwingungen müssen innerhalb definierter Grenzen liegen.

## 2.2. Heißbemessung

Auch wenn die außergewöhnliche Situation eines Brandfalles nur mit einer geringen Wahrscheinlichkeit auftreten kann, können erhebliche Folgen hiervon ausgehen, wenn keine besonderen Maßnahmen ergriffen werden. Daher ist dieser Lastfall gesondert zu untersuchen.

Hilfestellung hierzu gibt DIN EN 1995-1-2 (EC 5-1-2). Neben der Überprüfung der Standsicherheit von dem Feuer ausgesetzten Holzbauteilen enthält die Norm auch Bemessungshinweise für geschützte Holzbauteile in vollgedämmten Konstruktionen bzw. ungedämmten Hohlräumen. Überaus hilfreich ist auch die Möglichkeit, die raumabschließende Funktion von Wand- und Deckenkonstruktionen zu ermitteln. Der vorliegende Artikel ist allerdings auf Nachweisverfahren für ungeschützte Holzoberflächen beschränkt.

Bei der Kaltbemessung werden die Einwirkungen, wie beschrieben, mit Teilsicherheitsbeiwerten beaufschlagt; man erhält den Bemessungswert der Einwirkungen. Für die außergewöhnliche Einwirkung Brand dürfen diese Sicherheiten erheblich reduziert werden. Entweder man verringert den Bemessungswert der gesamten Einwirkungen mit dem Abminderungsfaktor  $\eta_{fi}$ . Dieser Faktor beträgt in der Regel 0,6, lediglich bei großen Nutzlasten der Kategorie E nach EC 1-1-1 (Lager, Fabriken etc.) muss 0,7 gewählt werden. Alternativ dürfen die Einwirkungen als charakteristische Werte, also ohne Teilsicherheiten, verwendet werden; die veränderlichen Einwirkungen dürfen dabei mit dem Beiwert  $\psi_2$  weiter reduziert werden.

Während bei der Kaltbemessung für die Festigkeiten lediglich ein Schwellenwert von fünf Prozent angesetzt werden darf (5%-Quantile), darf für die Heißbemessung der 20%-Quantilwert der Festigkeit bei Normaltemperatur angesetzt werden. Der entsprechende Faktor  $k_{fi}$  zur Anpassung beträgt 1,25 für Massivholz sowie 1,15 für Brettschichtholz. Der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M,fi}$  für die Einwirkung Brand beträgt 1,0.

Bei der außergewöhnlichen Einwirkung Brand müssen verständlicherweise keine Nachweise bezüglich der Gebrauchstauglichkeit geführt werden. Es muss gewährleistet sein, dass das Bauteil über die bauaufsichtlich geforderte Feuerwiderstandsdauer seine Tragfähigkeit und ggf. die raumabschließenden Eigenschaften (Rauchdurchtritt, Wärmedämmung) nicht verliert; die Begrenzung von Durchbiegungen und Schwingungen ist nicht von Bedeutung.

### 2.3. Abbrandraten

Der Werkstoff Holz ist national als B2 (normalentflammbar) und europäisch als D-s2,d0 klassifiziert und dementsprechend brennbar. Er brennt jedoch mit einer definierten Abbrandgeschwindigkeit (siehe Tab. 1).

Tabelle 1: Bemessungswerte der Abbrandraten  $\beta_n$  [mm/min] für Bauholz

<b>Nadelholz und Buche</b>	
Brettschichtholz mit einer char. Rohdichte $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,7
Vollholz mit einer char. Rohdichte $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,8
<b>Laubholz</b>	
Vollholz oder Brettschichtholz mit einer char. Rohdichte $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,7
Vollholz oder Brettschichtholz mit einer char. Rohdichte $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,55

Das hat gegenüber dem nicht brennbaren Werkstoff Stahl den Vorteil, dass die Querschnittsfläche, und damit verbunden die Standsicherheit, linear mit der Brandbeanspruchungsdauer abnimmt. Ein Stahlbauteil besitzt wegen des weitaus größeren E-Moduls bei vergleichbarer Tragfähigkeit eine viel geringere Querschnittsfläche. Gleichzeitig ist Stahl aber auch ein hervorragender Wärmeleiter, so dass sich die geringe Querschnittsfläche bei gleichzeitig großer Oberfläche schnell aufheizt. Ab ca. 500°C verliert der nichtbrennbare A-Baustoff seine Standsicherheit und kann daher bereits bei weitaus weniger als 30 Minuten versagen. Stahlbauteile müssen daher entweder aufwändig durch nichtbrennbare Plattenwerkstoffe oder durch entsprechende aufschäumende Beschichtungen geschützt werden. Beim Werkstoff Holz ist diese wärmeisolierende Beschichtung systemimmanent vorhanden. Auf der Holzoberfläche entsteht eine verkohlte Schicht, die parallel zur Dauer des Brandereignisses immer dicker wird. Diese Schicht wirkt wärmeisolierend und hält die Temperaturen im Bauteilinneren auf einem niedrigen Niveau.

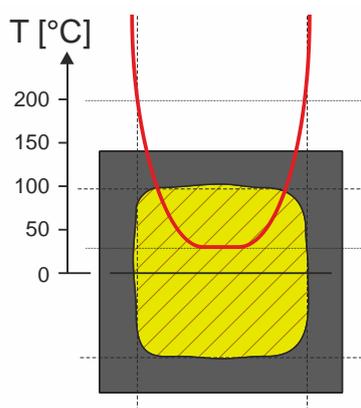


Abbildung 1: Temperaturverlauf für vierseitig beanspruchten Querschnitt

### 2.4. Brandbeanspruchung

Die Brandbeanspruchung eines Holzbauteiles kann ein- oder mehrseitig erfolgen. Während beispielsweise eine freistehende Stütze vierseitig dem Feuer ausgesetzt ist, wird eine vor einer Wand stehende Stütze nur dreiseitig beansprucht. Eine Stütze in einer Wandecke kann zweiseitig beansprucht sein, eine in einer Wand integrierte Stütze ist dagegen nur einseitig brandbeansprucht.

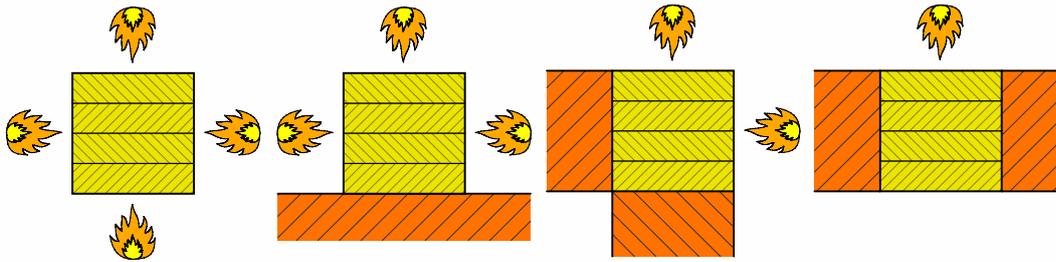


Abbildung 2: Brandbeanspruchungsmöglichkeiten einer Stütze (v.l.n.r. vier-, drei-, zwei-, einseitige Brandbeanspruchung)

### 3. Nachweisverfahren für ungeschützte Oberflächen

Der EC 5-1-2 bietet für den Nachweis der Tragfähigkeit ungeschützter Holzbauteile zwei Berechnungsverfahren an, empfiehlt im nationalen Anhang aber die Methode mit reduziertem Querschnitt.

#### 3.1. Methode mit reduziertem Querschnitt

Bei der Methode mit reduziertem Querschnitt wird die Fläche in Abhängigkeit zur geforderten Feuerwiderstandsdauer zunächst um die ideale Abbrandrate reduziert (siehe Abb. 3: schwarzer Bereich). Dabei wird die in Tab. 1 angegebene Abbrandrate mit der Feuerwiderstandsdauer multipliziert. Bei einem Nadelholzquerschnitt aus Brettschichtholz ergibt sich beispielsweise bei einer geforderten Feuerwiderstandsdauer von 30 Minuten eine Abbrandtiefe von  $0,7 \text{ mm/min} \cdot 30 \text{ min} = 21 \text{ mm}$ .

Zusätzlich muss nun berücksichtigt werden, dass beim verbleibenden Restquerschnitt im direkten Übergangsbereich zur Kohleschicht nicht mehr die vollen Festigkeiten vorhanden sind. Im vereinfachten Verfahren wird daher die ideale Abbrandtiefe um weitere 7 mm erhöht (hellgrauer Bereich in Abb. 3).

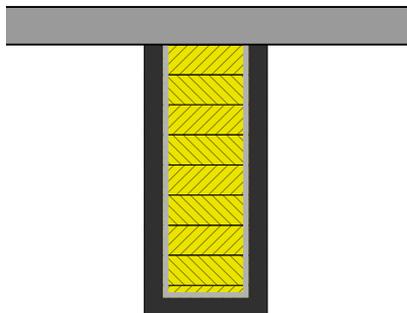


Abbildung 3: Verbleibender Restquerschnitt (gelb und grau) und ideeller Querschnitt (gelb)

Für diesen nun letztendlich verbleibenden Restquerschnitt müssen zunächst die statischen Kennwerte ermittelt werden (Widerstands- und Flächenträgheitsmoment), bevor die sich ergebenden Biegespannungen im Brandfall (bei reduzierten Einwirkungen) durch die Biegefestigkeit im Brandfall dividiert und der Auslastungsgrad festgestellt wird. Es darf bei dieser Methode ein Modifikationsbeiwert  $k_{\text{mod,fi}}$  von 1,0 angesetzt werden.

#### 3.2. Methode mit reduzierten Festigkeiten

Bei der Methode mit reduzierten Festigkeiten wird ebenfalls zunächst die Fläche in Abhängigkeit zur geforderten Feuerwiderstandsdauer um die ideale Abbrandrate reduziert; die in Tab. 1 angegebene Abbrandrate wird mit der Feuerwiderstandsdauer multipliziert. Die Festigkeitsreduktion im Übergangsbereich zur Kohleschicht wird dann aber nicht mit einem pauschalen Zuschlag zur Abbrandtiefe erhöht, sondern mit einer reduzierten Biegefestigkeit im Nachweis berücksichtigt. Dafür wird ein angepasster Modifikationsbeiwert ermittelt, der abhängig ist vom Umfang des dem Feuer ausgesetzten Restquerschnittes sowie dessen Fläche. Diese Methode soll hier nicht weiter erläutert werden, da sie vom Nationalen Anhang nicht empfohlen wird.

### 3.3. Zusammenfassung und Beispiel

Ergänzend zur Kaltbemessung erlauben die beiden vorgestellten Verfahren die Heißbemessung ungeschützter Holzbauteile für eine definierte Feuerwiderstandsdauer. Durch die relativ hohen Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit des EC 5-1-1 bei der Kaltbemessung, ergeben sich Holzquerschnitte, die meist problemlos eine Feuerwiderstandsdauer von 30 Minuten bis hin zu 60 Minuten aufweisen. Im nachfolgenden Beispiel der Tab. 2 sind die Nachweise verkürzt für die Kaltbemessung sowie einen Feuerwiderstand von 30 sowie 60 Minuten gegenübergestellt. Beim Feuerwiderstand von 30 Minuten wurde die Methode mit reduziertem Querschnitt gewählt, der Bemessungswert der Einwirkungen pauschal mit dem Faktor  $\eta_{fi} = 0,6$  reduziert. Beim Feuerwiderstand von 60 Minuten wurden alternativ die charakteristischen Einwirkungen mit dem Beiwert  $\psi_2 = 0,3$  reduziert.

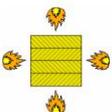
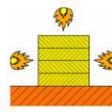
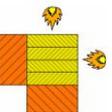
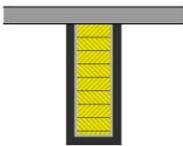
Tabelle 2: Bemessungsbeispiel: Vergleich Kalt- und Heißbemessung

Eingangsgrößen		
Material:	GL 24h	
Abmessungen:	160/360 mm	
Spannweite:	l = 4,5 m	
Einwirkungen:	Eigenlast $g_k = 7$ kN/m Nutzlast $q_k = 7$ kN/m	
Nutzungsklasse 1, KLED = mittel		

Kaltbemessung	Feuerwiderstand 30 Minuten (reduzierter Querschnitt)	Feuerwiderstand 60 Minuten (reduzierter Querschnitt)
<u>Einwirkungen</u>	pauschale Reduzierung des Bemessungswertes	charakteristische Werte und Kombinationsbeiwert $\psi_2$
$E_d = 1,35 \cdot 7$ kN/m + $1,5 \cdot 7$ kN/m = 19,95 kN/m	$E_{d,fi} = 0,6 \cdot 19,95$ kN/m = 11,97 kN/m	$E_{d,fi} = 7$ kN/m + $0,3 \cdot 7$ kN/m = 9,1 kN/m
<u>Schnittgrößen</u>		
max. $M_d = 50,5$ kNm	max. $M_{d,fi} = 30,3$ kNm	max. $M_{d,fi} = 23,0$ kNm
<u>Abbrandrate</u>		
	$0,7$ mm/min $\cdot 30$ min = 21 mm $d_{ef} = 21$ mm + 7 mm = 28 mm	$0,7$ mm/min $\cdot 60$ min = 42 mm $d_{ef} = 42$ mm + 7 mm = 49 mm
<u>Querschnittswerte</u>		
$W_y = 3.456$ cm <sup>3</sup> $I_y = 62.208$ cm <sup>4</sup>	$b_{ef} = 160$ mm - $2 \cdot 28$ mm = 104 mm $h_{ef} = 360$ mm - 28 mm = 332 mm $W_{ef} = 1.911$ cm <sup>3</sup>	$b_{ef} = 160$ mm - $2 \cdot 49$ mm = 62 mm $h_{ef} = 360$ mm - 49 mm = 311 mm $W_{ef} = 999$ cm <sup>3</sup>
<u>Festigkeiten</u>		
$f_{m,d} = 24$ N/mm <sup>2</sup> $\cdot 0,8/1,3 \cdot 1,05$ = 15,51 N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,d,fi} = 24$ N/mm <sup>2</sup> $\cdot 1,15 \cdot 1,0/1,0$ = 27,6 N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,d,fi} = 24$ N/mm <sup>2</sup> $\cdot 1,15 \cdot 1,0/1,0$ = 27,6 N/mm <sup>2</sup>
<u>Gebrauchstauglichkeit</u>		
erf. $I_y = 44.664$ cm <sup>4</sup>		
<u>Biegespannungsnachweis</u>		
$\frac{50,5 \text{ kNm} \times 1.000}{3.456 \text{ cm}^3}$ 15,51 N/mm <sup>2</sup> = 0,94 < 1,0	$\frac{30,3 \text{ kNm} \times 1.000}{1.911 \text{ cm}^3}$ 27,6 N/mm <sup>2</sup> = 0,57 < 1,0	$\frac{23,0 \text{ kNm} \times 1.000}{999 \text{ cm}^3}$ 27,6 N/mm <sup>2</sup> = 0,83 < 1,0

## 4. Nachweisverfahren für geschützte Oberflächen

Neben dem vorgestellten Nachweisverfahren für ungeschützte Holzbauteile enthält DIN EN 1995-1-2 (EC 5-1-2) auch Bemessungshinweise für geschützte Holzbauteile in vollgedämmten Konstruktionen bzw. ungedämmten Hohlräumen. Überaus hilfreich ist auch die Möglichkeit, die raumabschließende Funktion von Wand- und Deckenkonstruktionen zu ermitteln. Es ist damit möglich, den Feuerwiderstand von Wand- oder Deckenkonstruktionen zu bestimmen, ohne auf die klassifizierten Aufbauten der DIN 4102-4 zurückgreifen zu müssen. Die Bemessungstafel hat auch diese Nachweise auf jeweils einer Doppelseite komprimiert, aber leicht verständlich dargestellt und mit entsprechenden Bemessungsbeispielen ergänzt. Die nachfolgenden Seiten zeigen exemplarisch einen Auszug aus der aktualisierten Bemessungstafel.

Bauteilbemessung im Brandfall	
	<p>Die Tragwerksbemessung von Holzbauwerken für die außergewöhnliche Situation eines Brandfalles ist in DIN EN 1995-1-2 geregelt. Auch wenn eine außergewöhnliche Einwirkung nur mit einer geringen Wahrscheinlichkeit auftritt, können erhebliche Folgen hiervon ausgehen, so dass dieser Lastfall gesondert zu untersuchen ist.</p>
<b>Brandbeanspruchung</b>	<p>Die Brandbeanspruchung eines Holzbauteiles kann ein- oder mehrseitig erfolgen</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Vierseitig</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Dreiseitig</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Zweiseitig</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Einseitig</p>  </div> </div>
<b>Abbrand</b>	<p>Der Werkstoff Holz ist brennbar und als normalentflammbar (national B2, europäisch als D-s2,d0) klassifiziert. Er brennt jedoch mit einer definierten Abbrandgeschwindigkeit (siehe Tafel 3-8c). Die Querschnittsfläche, und damit verbunden die Standsicherheit, nimmt also linear mit der Brandbeanspruchungsdauer ab. Für den verbleibenden Restquerschnitt müssen entsprechende Nachweise für eine geforderte Feuerwiderstandsdauer erbracht werden.</p>
	<p><b>Einwirkungen im Brandfall</b></p> <p>Gegenüber der Kaltbemessung, bei der die Einwirkungen mit Teilsicherheitsbeiwerten beaufschlagt werden, dürfen für die außergewöhnliche Einwirkung Brand die Sicherheiten erheblich reduziert werden. Dafür wird der Bemessungswert der gesamten Einwirkungen mit dem Abminderungsfaktor <math>\eta_i</math> verringert. Alternativ dürfen die Einwirkungen als charakteristische Werte, also ohne Teilsicherheiten, verwendet werden; die veränderlichen Einwirkungen dürfen dabei mit dem Beiwert <math>\psi_2</math> weiter reduziert werden (siehe Tafel 3-9a).</p>
	<p><b>Nachweisverfahren</b></p> <p>Der EC 5-1-2 bietet für den Nachweis der Tragfähigkeit ungeschützter Holzbauteile zwei Berechnungsverfahren an; der nationale Anhang empfiehlt die nachfolgend erstgenannte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Methode mit reduziertem Querschnitt</li> <li>• Methode mit reduzierten Festigkeiten</li> </ul>
<b>Methode mit reduziertem Querschnitt</b>	<p>Bei der Methode mit reduziertem Querschnitt wird die Fläche in Abhängigkeit zur geforderten Feuerwiderstandsdauer zunächst um die ideale Abbrandrate reduziert (schwarzer Bereich im Bild). Dabei wird die in Tafel 3-9c angegebene Abbrandrate mit der Brandbeanspruchungsdauer multipliziert. Bei einem Nadelholzquerschnitt aus Brettschichtholz ergibt sich beispielsweise bei einer geforderten Feuerwiderstandsdauer von 30 Minuten eine Abbrandtiefe von <math>0,7 \text{ mm/min} \cdot 30 \text{ min.} = 21 \text{ mm}</math>.</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  </div> <p>Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass beim verbleibenden Restquerschnitt im direkten Übergangsbereich zur Kohleschicht nicht mehr die vollen Festigkeiten vorhanden sind. Im vereinfachten Verfahren wird daher die ideale Abbrandtiefe um weitere 7 mm erhöht (hellgrauer Bereich im Bild).</p>
	<p><b>Materialeigenschaften im Brandfall</b></p>
<b>Teilsicherheitsbeiwert</b>	Der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{M,fi}$ darf im Brandfall zu 1,0 gesetzt werden.
<b>Modifikationsbeiwert</b>	Der Modifikationsbeiwert $K_{mod,fi}$ darf im Brandfall beim Nachweis mit reduziertem Querschnitt zu 1,0 gesetzt werden.
<b>Festigkeiten</b>	Während bei der Bemessung unter Normaltemperatur der 5%-Quantilwert der Festigkeiten verwendet wird, darf bei der Heißbemessung der 20%-Quantilwert verwendet werden. Dieser ergibt sich durch Multiplikation des 5%-Quantilwertes mit dem Faktor $k_{fi}$ (siehe Tafel 3-8b).
<b>Steifigkeiten</b>	Während bei den Stabilitätsnachweisen unter Normaltemperatur der 5%-Quantilwert der Steifigkeiten verwendet wird, darf bei der Heißbemessung der 20%-Quantilwert verwendet werden. Dieser ergibt sich durch Multiplikation des 5%-Quantilwertes mit dem Faktor $k_{fi}$ (siehe Tafel 3-9b).
<b>Abbrandrate</b>	Die Abbrandgeschwindigkeit von Holz und Holzwerkstoffen ist in Tafel 3-9c tabelliert. Die ideale Abbrandtiefe $d_{char,fi}$ wird entsprechend Tafel 3-9c ermittelt.



**Tafel 3-9a**

**Einwirkungen im Brandfall**

Vereinfachte Beanspruchung

$$E_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot E_d$$

$E_{d,fi}$  = Bemessungswert der Einwirkungen im Brandfall  
 $\eta_{fi}$  = Abminderungsfaktor für Einwirkungen im Brandfall  
 $\eta_{fi} = 0,6$  (Ausnahme: 0,7 für Nutzlasten der Kategorie E nach EC1-1-1)  
 $E_d$  = Bemessungswert der Einwirkungen bei Normaltemperatur

Genauere Beanspruchung

$$\gamma_G \cdot G_k + \sum_{i=1}^n \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

$G_k$  = Charakteristische Eigenlast  
 $Q_k$  = Charakteristische Nutzlast  
 $\gamma_G$  = Teilsicherheitsbeiwert der Eigenlast (siehe Tafel 1-8a)  
 $\gamma_Q$  = Teilsicherheitsbeiwert der Nutzlasten (siehe Tafel 1-8a)  
 $\psi_2$  = Kombinationsbeiwert (siehe Tafel 1-9)

**Tafel 3-9b**

**Materialeigenschaften im Brandfall**

Festigkeiten

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot \frac{f_{20}}{\gamma_{M,fi}}$$

$f_{d,fi}$  = Bemessungswert der Festigkeit im Brandfall  
 $k_{mod,fi}$  = Modifikationsbeiwert im Brandfall  
 $f_{20}$  = 20%- Quantile der Festigkeit bei Normaltemperatur  
 $f_{20} = k_{fi} \cdot f_k$   
 $k_{fi}$  = nachfolgend tabellierter Beiwert  
 $f_k$  = charakteristische Festigkeit (5%-Quantile) bei Normaltemperatur (Tafel 1-1)  
 $\gamma_{M,fi}$  = Teilsicherheitsbeiwert für Holz im Brandfall

Steifigkeiten

$$S_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot \frac{S_{20}}{\gamma_{M,fi}}$$

$S_{d,fi}$  = Bemessungswert der Steifigkeit im Brandfall  
 $S_{20}$  = 20%- Quantile der Steifigkeit bei Normaltemperatur  
 $S_{20} = k_{fi} \cdot S_{05}$   
 $k_{fi}$  = nachfolgend tabellierter Beiwert  
 $S_{05}$  = charak. Steifigkeit (5%- Quantile) bei Normaltemperatur (Tafel 1-1)

Beiwert  $k_{fi}$

Material	$k_{fi}$	Material	$k_{fi}$
Massivholz	1,25	Auf Abscheren beanspruchte Verbindungen mit Seitenteilen aus Holz oder Holzwerkstoffen	1,15
Brettschichtholz	1,15	Auf Abscheren beanspruchte Verbindungen mit außen liegenden Stahlblechen	1,05
Holzwerkstoffe	1,15	Auf Herausziehen beanspruchte Verbindungsmittel	1,05
Furnierschichtholz	1,10		

**Tafel 3-9c**

**Abbrandrate**

Bemessungswert der Abbrandtiefe

$$d_{char,0} = \beta_0 \cdot t$$

$\beta_0$ : Bemessungswert der eindimensionalen Abbrandrate

Bemessungswert der ideellen Abbrandtiefe

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t$$

$\beta_n$ : Bemessungswert der ideellen Abbrandrate (einschließlich der Auswirkungen von Eckausrundungen und Rissen)

Ideelle Abbrandtiefe

t: Zeitdauer der Brandbeanspruchung

Methode mit reduziertem Querschnitt

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0$$

$k_0$ : t ≥ 20 Minuten: 1,0  
t < 20 Minuten: t/20  
 $d_0$  7 mm

**Bemessungswerte der Abbrandraten für Holz und Holzwerkstoffe**

		$\beta_0$ [mm/min]	$\beta_n$ [mm/min]
Nadelholz und Buche	Brettschichtholz, char. Rohdichte ≥ 290 kg/m <sup>3</sup>	0,65	0,7
	Vollholz, char. Rohdichte ≥ 290 kg/m <sup>3</sup>	0,65	0,8
Laubholz (außer Buche) <sup>1)</sup>	Vollholz oder Brettschichtholz, char. Rohdichte ≥ 290 kg/m <sup>3</sup>	0,65	0,7
	Vollholz oder Brettschichtholz, char. Rohdichte ≥ 450 kg/m <sup>3</sup>	0,5	0,55
Furnierschichtholz	Char. Rohdichte ≥ 480 kg/m <sup>3</sup>	0,65	0,7
Platten	Holzbekleidungen, Holzwerkstoffplatten außer Sperrholz	0,9 <sup>2)</sup>	-
	Sperrholz	1,0 <sup>2)</sup>	-

1) Abbrandraten für massives Laubholz mit einer charakteristischen Rohdichte zwischen 290 kg/m<sup>3</sup> und 450 kg/m<sup>3</sup> dürfen durch lineare Interpolation ermittelt werden.

2) Die Werte gelten für eine charakteristische Rohdichte von 450 kg/m<sup>3</sup> und eine Werkstoffdicke von 20 mm.

Für andere charakteristische Rohdichten  $\rho_k$  und Werkstoffdicken  $h_p$  kleiner als 20 mm ergibt sich die folgende Abbrandrate:

$$\beta_{0,p,t} = \beta_0 \cdot k_p \cdot k_h$$

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

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

$\rho_k$  = charakteristische Rohdichte [kg/m<sup>3</sup>]

$h_p$  = Werkstoffdicke [mm]

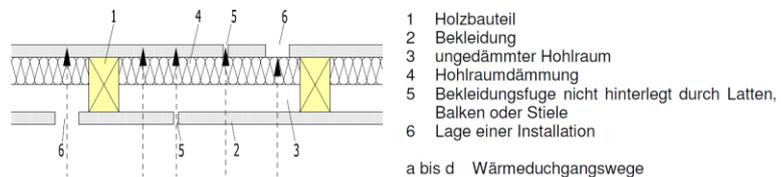


### Nachweis der raumabschließenden Funktion

Das Brandverhalten von Bauteilen wird durch die Feuerwiderstandsdauer gekennzeichnet. Sie ist allgemein die Mindestdauer in Minuten, während der ein Bauteil bei Prüfung gemäß geltender Prüfnormen die dort definierten Anforderungen an Raumabschluss (Durchgang von Feuer und Rauch), Wärmeisolation an der dem Feuer abgewandten Seite sowie Tragfähigkeit erfüllen muss. Die Bezeichnung der Feuerwiderstandsdauer erfolgt national durch einen die Bauteilart repräsentierenden Buchstaben, die Angabe der Feuerwiderstandsdauer in Minuten und der zu verwendenden Baustoffklassen (z. B. F30-B). Europäisch werden die Funktionen Tragfähigkeit (R), Raumabschluss (E) und Wärmedämmung (I) separat unterschieden (z. B. REI 30).

DIN EN 1995-1-2 bietet die Möglichkeit, Bauteile rechnerisch entsprechend ihrer raumabschließenden Funktion bzw. ihrer Tragfähigkeit zu klassifizieren.

- Raumabschluss** Die Anforderungen bezüglich des Raumabschlusses (Kriterium E) werden als erfüllt angenommen, wenn die Anforderungen bezüglich der Wärmedämmung (Kriterium I) erfüllt sind und sichergestellt ist, dass sich die Bekleidung an der feuerabgewandten Seite nicht ablöst.
- Rechenverfahren** Im Rechenverfahren nach Anhang E des EC5-1-2 werden vier verschiedene Wärmedurchgangswege durch eine raumabschließende Konstruktion unterschieden. Es wird die Zeitdauer bis zum Erreichen einer Temperaturerhöhung um 140K (im Mittel) auf der Oberfläche der dem Feuer abgewandten Seite ermittelt. Dafür werden die thermischen Versagenszeiten der einzelnen Schichten aufsummiert.



Das Verfahren darf bis zu einer Feuerwiderstandsdauer von max. 60 Minuten verwendet werden.

#### Materialeigenschaften im Brandfall

- Bekleidungen** Das Verfahren darf nur für Bekleidungen aus Holzwerkstoffen nach DIN EN 13986 und Gipsplatten (Typen A, F und H) nach DIN EN 520 angewendet werden. Gipsfaserplatten können entsprechend dem Kommentar zur Norm anstelle von Gipsbauplatten gleichwertig eingesetzt werden.
- Positionsbeiwerte** Die Positionsbeiwerte ergeben sich aus der Lage der Schicht zum Wärmefluss und werden von dem Material vor und hinter der betrachteten Schicht beeinflusst. Da Bekleidungen von Decken schneller versagen als Bekleidungen von Wänden, sind die Positionsbeiwerte bei von unten beanspruchten Decken mit dem Faktor 0,8 zu multiplizieren.
- Fugenbeiwerte** Um die Auswirkungen von Fugen im Verfahren zu berücksichtigen, sind in der Norm bzw. in Tafel 3-10b übliche Bekleidungs-fugenkonstruktionen mit den zugehörigen Fugenbeiwerten dargestellt. Bei Fugen, die mit Latten oder Plattenstreifen gleicher Dicke hinterlegt sind, wird der Wert zu 1,0 gesetzt.

### Tafel 3-10a

#### Nachweis für raumabschließende Bauteile

$$t_{ins} \geq t_{req}$$

$t_{ins}$  = Zeit bis zum Erreichen einer Temperaturerhöhung auf der feuerabgewandten Seite um max. 180 K  
 $t_{req}$  = erforderliche Feuerwiderstandsdauer für die raumabschließende Funktion der Konstruktion

#### Bemessung der Wärmedämmung (I)

$$t_{ins} = \sum t_{ins,0,i} \cdot K_{pos} \cdot K_f$$

$t_{ins,0,i}$  = Grundwert der Wärmedämmung der Lage i [min]  
 $K_{pos}$  = Positionsbeiwert  
 $K_f$  = Fugenbeiwert