

# **Brandschutzbemessung nach Eurocode – Praxisbeispiele**

## **Bemessung von Holzbauteilen**

Jochen Zehfuß  
Univ.-Prof. Dr.-Ing.  
hhpberlin Ingenieure für Brandschutz.  
DE-Hamburg





# Brandschutzbemessung nach Eurocode – Praxisbeispiele

## Bemessung von Holzbauteilen

### 1. Einführung

Mit der Übernahme der Brandschutzteile der Eurocodes 1 bis 5 und ihrer zugehörigen Nationalen Anhänge in die Liste der Technischen Baubestimmungen (LTB) der Bundesländer in 2012 sind sie bauaufsichtlich eingeführt und die Regel-Bemessungsnorm für die brandschutztechnischen Nachweise der Bauteile. Lediglich für Mauerwerksbauteile, für die bisher kein Nationaler Anhang zum Eurocode 6-1-2 vorliegt sowie für Sonderbauteile und historische Bauweisen bleibt die DIN 4102-4 als technische Baubestimmung erhalten. In diesem Beitrag wird die Brandschutzbemessung von Holzbauteilen nach Eurocode 5 Teil 1-2 [1] und zugehörigem Nationalen Anhang [2] erläutert und an einem Praxisbeispiel gezeigt.

### 2. Nachweisverfahren

Bisher wurde die brandschutztechnische Bemessung von Bauteilen nach DIN 4102-4 mit Hilfe von Bemessungstabellen durchgeführt. Diese Nachweise basieren auf Brandversuchen von Einzelbauteilen nach der Einheits-Temperaturzeitkurve und stellen somit einen konservativen Nachweis dar. Insbesondere bei Bestandsbauten oder bei Berücksichtigung natürlicher Brandverläufe sowie bei der globalen Betrachtung eines Tragwerks ist der Nachweis mithilfe von Bemessungstabellen daher häufig nicht anwendbar bzw. sehr unwirtschaftlich [3].

Die Brandschutzteile der Eurocodes enthalten Bemessungsverfahren, mit denen individuelle Brandschutznachweise für Einzelbauteile sowie für Teil- und Gesamttragwerke für beliebige Brandbeanspruchungen möglich sind. Neben der Brandbeanspruchung durch die Einheits-Temperaturzeitkurve wird mit den Eurocodes auch die Bemessung mit Naturbrandkurven ermöglicht, mit denen im Vergleich zur Einheits-Temperaturzeitkurve ein realistischer Brandverlauf mit Brandentwicklungsphase, Vollbrand- und Abkühlphase abgebildet werden kann.

Die Eurocodes sehen grundsätzlich drei verschiedene Nachweisebenen vor, die sich wie folgt darstellen:

- Ebene 1: Tabellarische Daten
- Ebene 2: Vereinfachte Rechenverfahren
- Ebene 3: Allgemeine Rechenverfahren

Das Verfahren mit Tabellarischen Daten ist vergleichbar mit den Nachweisen nach DIN 4102-4. Es ist nur für Nachweise von Einzelbauteilen nach der Einheits-Temperaturzeitkurve anwendbar und somit konservativ. Wirklichkeitsnäher wird das Tragverhalten durch die aufwändigeren vereinfachten und allgemeinen Rechenverfahren wiedergegeben. Die Wahl des angemessenen Verfahrens hängt von der erforderlichen Genauigkeit und den Anwendungsgrenzen der Verfahren ab. Abbildung 1 stellt in einem Ablaufdiagramm prinzipiell den Berechnungsablauf dar.

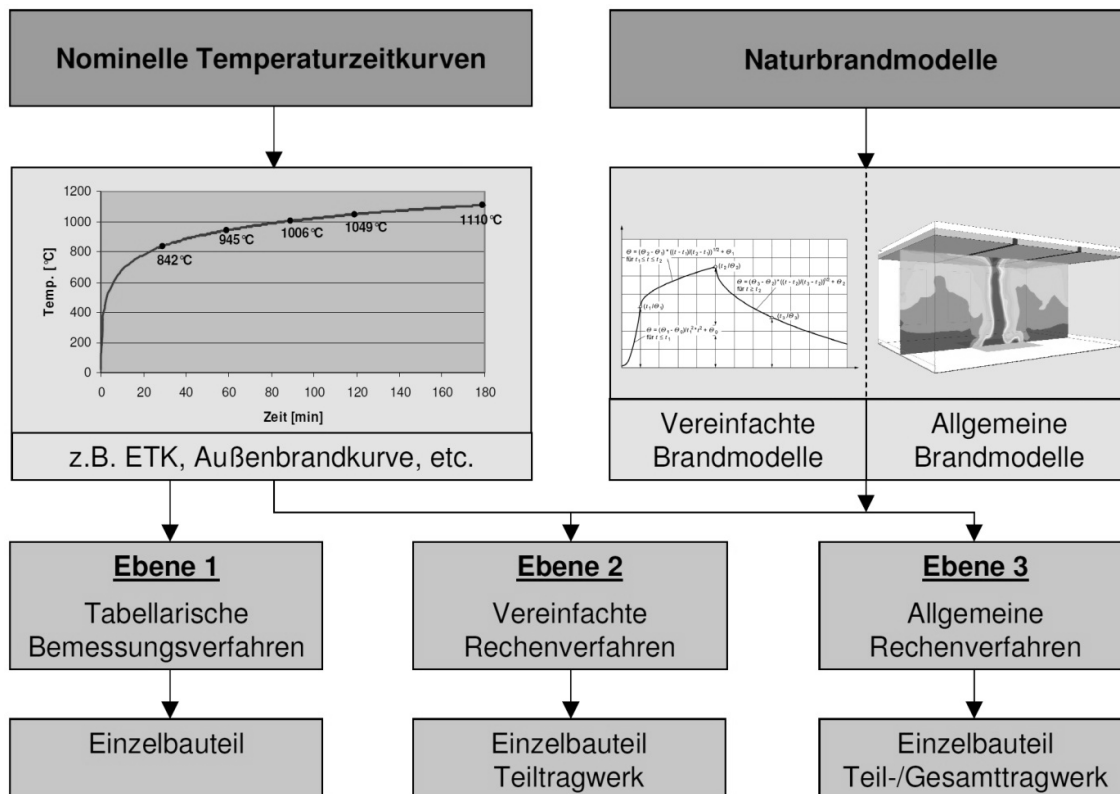


Abbildung 1: Ablaufdiagramm Eurocode-Nachweise [3]

Bei den rechnerischen Nachweisen der Brandschutzteile der Eurocodes müssen die Erwärmung der Bauteilquerschnitte und die daraus resultierenden temperaturabhängigen Reduktionen der Materialeigenschaften wie Steifigkeit und Festigkeit und thermische Dehnungen berücksichtigt werden.

Für die Analyse von Teilen des Tragwerks (Tragwerksausschnitte) und von Einzelbauteilen kommen in der Regel die vereinfachten Rechenverfahren und die Tabellarischen Daten in Betracht. Für beliebige Temperaturbeanspruchungen und Gesamt-Tragwerke sind die Nachweise nach den allgemeinen Rechenverfahren zu führen.

### 3. Brandschutzbemessung von Holzbauteilen

Holz ist im Gegensatz zu den konkurrierenden Baustoffen Beton und Stahl ein brennbarer Baustoff. Richtig dimensioniert kann für Holzbauteile jedoch eine ausreichende Feuerwiderstandsdauer erreicht werden.

In Eurocode 5 Teil 1-2 existieren keine tabellarischen Daten mehr, wie aus der DIN 4102-4 bekannt. Die Brandschutzbemessung muss mit den rechnerischen Nachweisverfahren der Ebene 1 (vereinfachte Rechenverfahren) oder 2 (allgemeine Rechenverfahren) durchgeführt werden. Im Nationalen Anhang zu Eurocode 5 Teil 1-2 [2] sind zusätzliche Angaben bzgl. national festzulegender Parameter bzw. Anwendungsbeschränkungen von Rechenverfahren enthalten.

Für den Brandschutznachweis muss nachgewiesen werden, dass der Bemessungswert der Einwirkungen im Brandfall den zugehörigen Wert der Beanspruchbarkeiten nicht überschreitet:

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

Die Einwirkung im Brandfall ergibt sich gemäß Eurocode 1 Teil 1-2 [4] zu:

$$E_{d,fi,t} = E \left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} \oplus (\psi_{1,1} \text{ oder } \psi_{2,1}) \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right\}$$

Vereinfachend können die Einwirkungen im Brandfall aus den Einwirkungen bei Normaltemperatur  $E_d$  berechnet werden:

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

Der Abminderungsfaktor  $\eta_{fi}$  wird ermittelt zu:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_{k,1}}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}}$$

Der Abminderungsfaktor  $\eta_{fi}$  darf vereinfachend, auf der sicheren Seite liegend, mit 0,6 angesetzt werden. Im Vergleich zum Stahlbau ( $\eta_{fi} = 0,65$ ) Betonbau ( $\eta_{fi} = 0,7$ ) ist der Abminderungsfaktor kleiner, da das Eigengewicht von Holzbauteilen im Verhältnis zu den aufgetragenen veränderlichen Einwirkungen geringer ist.

Für die Brandschutzbemessung nach Eurocode 5 Teil 1-2 dürfen für die Festigkeitswerte anstelle der bei Normaltemperatur geforderten 5 %-Quantilwerte die 20 %-Quantilwerte eingesetzt werden [5]. Die Umrechnung der charakteristischen Festigkeits- und Steifigkeitswerte von der 5%-Fraktile auf die 20%-Fraktile erfolgt mit Hilfe des Faktors  $k_{fi}$  (EC 5-1-2, Gln. 2.4 und 2.5):

$$f_{20} = k_{fi} \cdot f_k$$

$$S_{20} = k_{fi} \cdot S_{05}$$

Die Werte für  $k_{fi}$  sind in Tabelle 2 in Abhängigkeit des Materials bzw. der Art der Verbindung angegeben. Je stärker ein Material in seinen Eigenschaften streut, desto weiter ist der 20 %-Quantilwert von dem 5%-Quantilwert entfernt, desto größer ist der Umrechnungsfaktor  $k_{fi}$ . Daher hat Massivholz mit  $k_{fi} = 1,25$  einen größeren Wert als das deutlich homogene aufgebaute Brettschichtholz mit einem  $k_{fi} = 1,15$ .

Auf die gleiche Weise sind die Steifigkeiten und Beanspruchbarkeiten von Verbindungen von der 5%-Fraktile auf die 20%-Fraktile umzurechnen.

Tabelle 1: Werte für  $k_{fi}$  [1]

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

Die Bemessungswerte der Beanspruchbarkeiten bestimmen sich dann mit folgenden Gleichungen:

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

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

Der Modifikationsbeiwert  $k_{mod,fi}$  berücksichtigt die temperaturabhängige Festigkeits- und Steifigkeitsabnahme im Brandfall. Zur Bestimmung der  $k_{mod,fi}$ -Werte sind in Eurocode 5 Teil 1-2 zwei alternative Verfahren (das vereinfachte Bemessungsverfahren mit reduziertem Querschnitt und das Bemessungsverfahren mit reduzierter Steifigkeit und Festigkeit) vorgesehen. Der Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{M,fi}$  wird zu 1,0 gesetzt.

## 4. Vereinfachte Rechenverfahren

In Eurocode 5 Teil 1-2 wird das Tragverhalten von Holzbauteilen bei Brandbeanspruchung – neben der Temperaturentwicklung im Querschnitt – vor allem durch den Abbrand des äußeren, dem Feuer direkt ausgesetzten Querschnittsbereichs beeinflusst [3]. Für die brandschutztechnische Bemessung tragender Holzbauteile werden zwei vereinfachte Rechenverfahren angegeben, die beide von der Abbrandrate  $d_{\text{char}}$  ausgehen und damit eine bestimmte Abbrandtiefe  $d$  nach  $t$  Minuten Brandeinwirkung berechnen. Die Abbrandrate wird in Eurocode 5 Teil 1-2 in Abhängigkeit von der Holzsorte (Vollholz, Brettschichtholz, u. a.) vorgegeben.

Bei der Methode mit reduziertem Querschnitt ( $\Delta d$ -Methode) wird die Abbrandtiefe  $d_{\text{char},n}$  um einen Betrag  $\Delta d = k_0 \cdot d_0$  erhöht (Abbildung 2). Der Betrag  $\Delta d$  berücksichtigt vereinfachend die infolge der erhöhten Temperaturen abzumindernden Werkstoffeigenschaften. Der Tragfähigkeitsnachweis für den effektiven Restquerschnitt darf dann mit den Festigkeits- und Verformungseigenschaften bei Normaltemperatur durchgeführt werden. Der Betrag  $\Delta d$  wird in Eurocode 5 Teil 1-2 als zeitabhängige Größe definiert. Dabei ist zusätzlich zu berücksichtigen, ob die beflammete Oberfläche geschützt oder ungeschützt dem Feuer ausgesetzt wird.

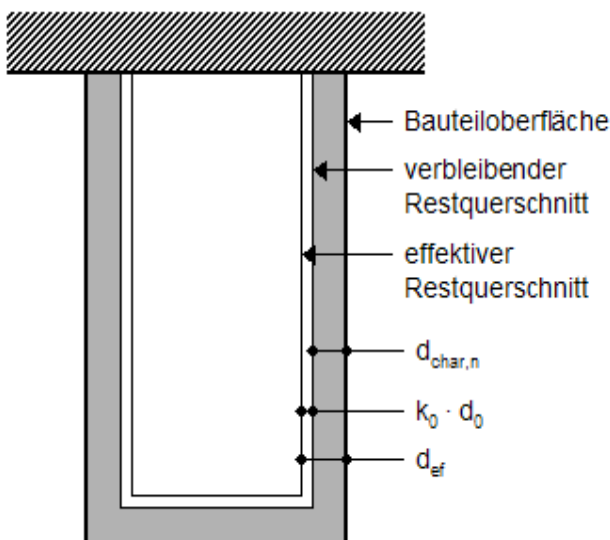


Abbildung 2: Restquerschnitt für stabförmige Bauteile (aus [3])

Die Methode mit reduzierten Werkstoffeigenschaften ( $T_m$ -Verfahren) darf nur für Rundhölzer mit allseitiger bzw. Rechteckquerschnitte aus Nadelholz mit drei- oder vierseitiger Brandbeanspruchung angewendet werden [5]. Die brandschutztechnische Bemessung wird mit dem um  $d_{\text{char},n}$  reduzierten Restquerschnitt geführt (Abbildung 2). Für die temperaturabhängige Reduzierung der Biege-, Druck- und Zugfestigkeit sowie des Elastizitätsmoduls werden Rechenfunktionen in Abhängigkeit vom Verhältnis des beflamnten Umfangs des Restquerschnitts zur Fläche des Restquerschnitts angegeben.

## 5. Bemessungsbeispiel

### 5.1. Allgemeines

Am Beispiel der Bemessung einer Holz-Stütze soll die Vorgehensweise beim vereinfachten Rechenverfahren gezeigt werden. Der Nachweis erfolgt nach der Methode mit reduziertem Querschnitt ( $\Delta d$ -Methode). Das Beispiel ist [5] entnommen.

Bei der Bemessung mit reduziertem Querschnitt wird zusätzlich zum vorhandenen Abbrand durch den Abzug einer Querschnittsdicke von maximal 7 mm die Abnahme der Festigkeit sowie die Reduzierung des E-Moduls aufgrund erhöhter Temperaturen im Querschnitttrand berücksichtigt. Der Wert für den erhöhten Abbrand ( $k_0 \cdot d_0$ ) steigt in den ersten 20 Minuten auf 7 mm linear an und bleibt dann für den weiteren Brandverlauf konstant bei 7 mm.

$$d_{\text{ef}} = d_{\text{char,n}} + k_0 \cdot d_0 \quad (9)$$

mit:

$d_{\text{ef}}$  : ideelle Abbrandtiefe

$d_{\text{char,n}}$  : Bemessungswert der ideellen Abbrandtiefe ( $=\beta_n \cdot t$ )

mit:

$\beta_n$ : ideelle Abbrandrate nach Tab.3.1; EC 5-1-2

$t$ : Branddauer in Minuten

$k_0 = t/20$ : für  $t > 20$  Minuten:  $k_0 = 1,0$

$d_0$ : 7 mm

Die brandschutztechnische Bemessung erfolgt dann mit den Materialkennwerten bei Normaltemperatur. Bei der Methode mit reduziertem Querschnitt ist der Faktor zur Berücksichtigung der temperaturabhängigen Festigkeitsabnahme somit immer  $k_{\text{mod,fi}} = 1,0$ . Die pauschale Abminderung der Querschnittsabmessungen stellt für die verschiedenen Beanspruchungsarten einen oberen Grenzwert dar.

## 5.2. Beispiel Brandschutznachweis einer Stütze

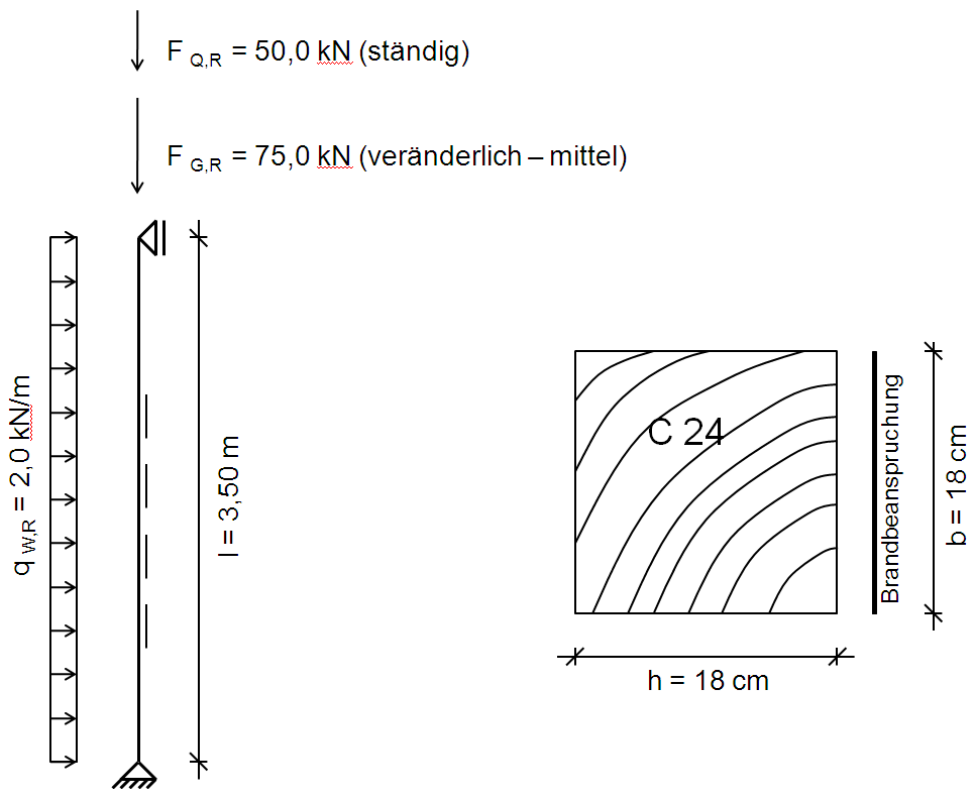


Abbildung 3: Einwirkungen und statisches System Holz-Stütze (aus [5])

Es soll die in Abbildung 3 dargestellte, 3,50 m lange Stütze aus Nadelholz C24 mit einem Querschnitt  $18 \times 18 \text{ cm}^2$  für R 30 nachgewiesen werden. Die Stütze befindet sich im Zuge einer Mauerwerkswand und wird einseitig durch die ETK brandbeansprucht.

Mechanische Einwirkungen (zentrisch):

$F_{G,k} = 50 \text{ kN}$  (ständig)

$F_{Q,k} = 75 \text{ kN}$  (veränderlich; KLED=mittel)

$q_{w,k} = 2,0 \text{ kN/m}$  (veränderlich; KLED=kurz)

Der Stabilitätsnachweis bei Normaltemperatur lieferte mittels Ersatzstabverfahren eine Spannungsausnutzung von 82 %.

Brandschutznachweis mit der Methode mit reduziertem Querschnitt:

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

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

mit:

$$\text{Abbrandrate: } \beta_n = 0,8 \text{ mm/min}$$

$$\text{Branddauer: } t = 30 \text{ min}$$

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t = 0,8 \times 30 = 24 \text{ mm}$$

$$d_{ef} = 24 + 1,0 \times 7 = 31 \text{ mm}$$

Es ermitteln sich folgende Querschnittswerte:

$$b(t) = b = 18,0 \text{ cm}$$

$$h(t) = h - 1 \cdot d_{ef} = 18 - 3,1 = 14,9 \text{ cm}$$

$$A_T = b(t) \cdot h(t) = 18,0 \times 14,9 = 268,2 \text{ cm}^2$$

$$I_{y,r} = \frac{b(t) \cdot h(t)^3}{12} = \frac{18,0 \times 14,9^3}{12} = 4962 \text{ cm}^4$$

$$I_{z,r} = \frac{b(t)^3 \cdot h(t)}{12} = \frac{18,0^3 \times 14,9}{12} = 7241 \text{ cm}^4$$

$$W_{y,r} = \frac{b(t) \cdot h(t)^2}{6} = \frac{18,0 \times 14,9^2}{6} = 666 \text{ cm}^3$$

Für den Brandschutznachweis sind zwei Lastfallkombinationen zu untersuchen. Bei Lastfallkombination 1 wird die Verkehrslast  $F_{Q,k}$  als Leiteinwirkung angenommen, sodass aufgrund des Kombinationsbeiwertes  $\psi_{2,W}$  für die Windlast diese nicht zu berücksichtigen ist. Die Schnittgrößen im Brandfall betragen für die Lastfallkombination 1:

$$\begin{aligned} N_{d,fi} &= \gamma_{GA} \cdot F_{G,k} + \psi_{2,1} \cdot F_{Q,k} \\ &= 1,0 \cdot 50 + 0,3 \cdot 75 = 72,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

Durch den einseitigen Abbrand entsteht ein zusätzliches Moment. Der Hebelarm entspricht dem halben rechnerischem Abbrand ( $d_{ef}$ ).

$$\Delta M_{d,fi} = N_{d,fi} \cdot e$$

$$e = \frac{d_{ef}}{2} = \frac{31 \times 10^{-1}}{2} = 1,6 \text{ cm}$$

$$\Delta M_{d,fi} = 72,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-2} = 1,16 \text{ kNm}$$

$$M_{d,fi} = \frac{\psi_{2,W} \cdot q_{w,k} \cdot l^2}{8} = 0$$

$$M_{d,tot,fi} = \Delta M_{d,fi} = 1,16 \text{ kNm}$$



Bei der Lastkombination 2 wird der Wind als Leiteinwirkung angenommen und daher mit dem Kombinationsbeiwert  $\Psi_{1,1}$  multipliziert. Das Zusatzmoment, welches aus dem einseitigen Abbrand hervorgerufen, wird, auf der sicheren Seite liegend, nicht berücksichtigt, da es entlastend wirkt. Es folgt:

$$\begin{aligned} N_{d,fi} &= \gamma_{GA} \cdot F_{G,k} + \Psi_{2,1} \cdot F_{Q,k} \\ &= 1,0 \cdot 50 + 0,3 \cdot 75 = 72,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

$\Delta M_{d,fi}$  = wird nicht berücksichtigt

$$M_{d,fi} = \frac{\Psi_{1,W} \cdot q_{w,k} \cdot l^2}{8} = \frac{0,2 \cdot 2,0 \cdot 3,50^2}{8} = 0,61 \text{ kNm}$$

$$M_{d,tot,fi} = M_{d,fi} = 0,61 \text{ kNm}$$

Lastfallkombination 1 ist maßgebend, da

$$M_{d,tot,fi}(\text{LFK1}) = 1,16 \text{ kNm} > M_{d,tot,fi}(\text{LFK2}) = 0,61 \text{ kNm}.$$

Es ergeben sich folgende Spannungen:

$$\sigma_{c,0,d,fi} = \frac{N_{d,fi}}{A_t} = \frac{72,5 \times 10^3}{268,2 \times 10^2} = 2,70 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,y,d,fi} = \frac{\Delta M_{d,fi}}{W_{y,r}} = \frac{1,16 \times 10^6}{666 \times 10^3} = 1,74 \text{ N/mm}^2$$

Die Bemessungswerte der Festigkeiten und Steifigkeiten errechnen sich im Brandfall zu:

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

$$S_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot \frac{S_{05}}{\gamma_{M,fi}}$$

mit:

$$k_{fi} = 1,25$$

$$\gamma_{M,fi} = 1,0$$

$k_{mod,fi}$  wird ebenfalls zu 1,0 gesetzt, da die Festigkeits- und Steifigkeitsreduzierung aufgrund der Temperaturerhöhung bereits über den erhöhten Abbrand berücksichtigt wurde. Es folgt:

$$f_{c,0,d,fi} = 1,0 \times 1,25 \times \frac{21,0}{1,0} = 26,3 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d,fi} = 1,0 \times 1,25 \times \frac{24,0}{1,0} = 30,0 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{d,fi} = 1,0 \times 1,25 \times \frac{7333}{1,0} = 9250 \text{ N/mm}^2$$

Der Stabilitätsnachweis wird analog zur Bemessung unter Normaltemperatur nach dem Ersatzstabverfahren geführt:

Die Knicklänge ist:

$$\begin{aligned} l_{\text{ef},y} &= \beta_y \cdot l \\ l_{\text{ef},z} &= \beta_z \cdot l \\ \beta_y &= 1,0 = \beta_z \quad (\text{Eulerfall 2}) \\ l_{\text{ef},y} &= l_{\text{ef},z} = \beta \cdot l = 1,0 \times 3,50 = 3,50 \text{ m} \end{aligned}$$

Für die Bestimmung der Schlankheit der Stütze ist der erhöhte Abbrand zu berücksichtigen.

$$\lambda_{y,\text{fi}} = \frac{l_{\text{ef},y}}{\sqrt{I_y / A_r}} = \frac{3,50 \cdot 10^2}{\sqrt{4962 / 268,2}} = 81,4$$

$$\lambda_{z,\text{fi}} = \frac{l_{\text{ef},z}}{\sqrt{I_z / A_r}} = \frac{3,50 \times 10^2}{\sqrt{7241 / 268,2}} = 67,4$$

Die Knickbeiwerte sind:

$$k_{c,\text{fi}} = \frac{1}{k_{\text{fi}} + \sqrt{k_{\text{fi}}^2 - \lambda_{\text{rel},\text{fi}}^2}}$$

$$k_{y,\text{fi}} = 0,5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot \lambda_{\text{rel},y,\text{fi}} - 0,3 + \lambda_{\text{rel},y,\text{fi}}^2 \right]$$

$$k_{z,\text{fi}} = 0,5 \cdot \left[ 1 + \beta_c \cdot \lambda_{\text{rel},z,\text{fi}} - 0,3 + \lambda_{\text{rel},z,\text{fi}}^2 \right]$$

$$\beta_c = 0,2 \quad (\text{Vollholz})$$

$$\lambda_{\text{rel},y,\text{fi}} = \frac{\lambda_{y,\text{fi}}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,d,\text{fi}}}{E_{d,\text{fi}}}}$$

$$\lambda_{\text{rel},y,\text{fi}} = \frac{81,4}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26,3}{9250}} = 1,38$$

$$\lambda_{\text{rel},z,\text{fi}} = \frac{\lambda_{z,\text{fi}}}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,d,\text{fi}}}{E_{d,\text{fi}}}}$$

$$\lambda_{\text{rel},z,\text{fi}} = \frac{67,4}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26,3}{9250}} = 1,14$$

Es folgt:

$$k_{y,\text{fi}} = 0,5 \cdot \left[ 1 + 0,2 \cdot 1,38 - 0,3 + 1,38^2 \right] = 1,56$$

$$k_{z,\text{fi}} = 0,5 \cdot \left[ 1 + 0,2 \cdot 1,15 - 0,3 + 1,15^2 \right] = 1,25$$

$$k_{c,y,\text{fi}} = \min \left\{ \frac{1}{1,56 + \sqrt{1,56^2 - 1,38^2}}; 1,0 \right\} = 0,44$$

$$k_{c,z,\text{fi}} = \min \left\{ \frac{1}{1,25 + \sqrt{1,25^2 - 1,15^2}}; 1,0 \right\} = 0,57$$

Der Spannungsnachweis lautet:

$$\frac{\sigma_{c,0,d,fi}}{k_{c,y,fi} \cdot f_{c,0,d,fi}} + \frac{\sigma_{m,y,d,fi}}{f_{m,y,d,fi}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Der Materialbeiwert  $k_m$  berücksichtigt den Einfluss der Spannungsverteilung in Bezug auf die Inhomogenität von Holz. Er beträgt bei Rechteckquerschnitten aus Vollholz

$$k_m = 0,7$$

Da keine Biegespannungen  $\sigma_{m,z}$  vorliegen, muss dieser Term nicht berücksichtigt werden. Für den Spannungsnachweis gilt:

$$\frac{2,70}{0,44 \cdot 26,3} + \frac{1,74}{30,0} = 0,29 < 1,0 \quad \text{Nachweis für R30 erbracht!}$$

## 6. Literatur

- [1] Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall. Berlin: Beuth Verlag, Dezember 2010
- [2] Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall. Berlin: Beuth Verlag, Dezember 2010
- [3] vfdb-Leitfaden TB 04/01 "Ingenieurmethoden des Brandschutzes", vfdb, 3. Auflage, in Vorbereitung, Hrsg. D. Hosser
- [4] Eurocode 1 - Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen; Brandeinwirkungen auf Tragwerke. Berlin: Beuth Verlag, Dezember 2010
- [5] Kampmeier, B.: Brandschutzbemessung von Holzbauteilen nach Eurocode 5. In: Bauphysik Kalender 2011. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, 2011