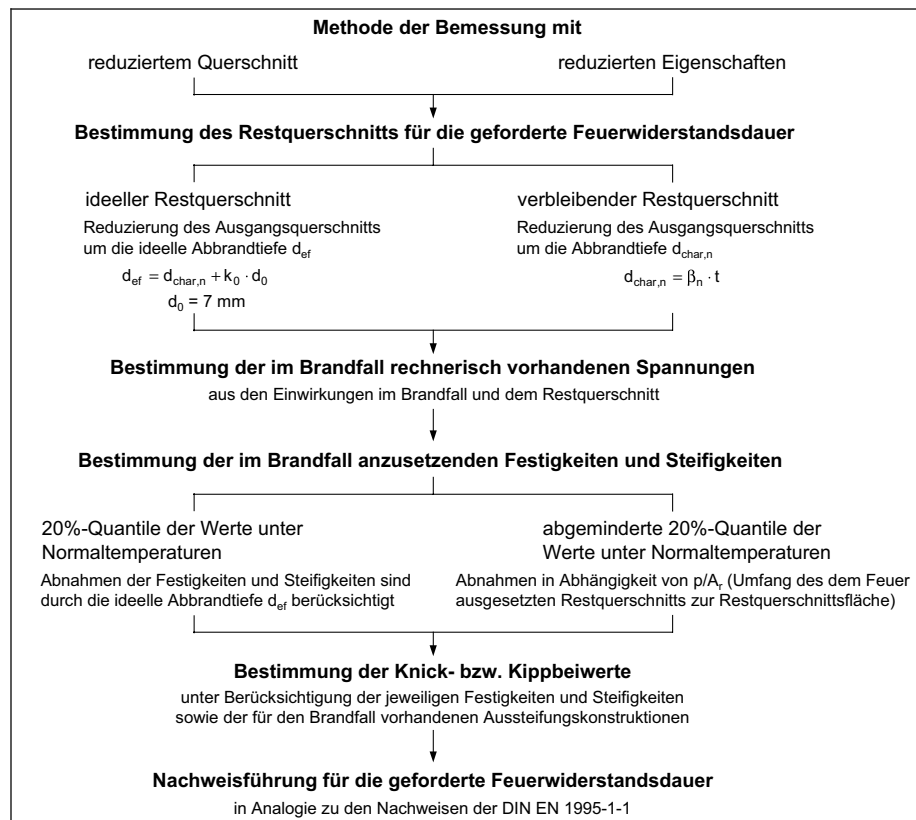


### 6.3.4 Bemessungsmethoden für den Brandfall

#### 6.3.4.1 Träger und Stützen mit konstantem Querschnitt

Die Bemessungsverfahren für den Brandfall sind im Wesentlichen mit denen nach DIN 4102-22 identisch. Zu berücksichtigen ist, dass die genauere Methode mit reduzierten Eigenschaften nach Abschnitt 4.2.3 der Norm nicht für ein- und zweiseitig brandbeanspruchte Rechteckquerschnitte aus Nadelholz sowie für Querschnitte aus Laubholz anwendbar ist (vgl. Abschnitt 6.3.3) Für diese ist ein Nachweis nach der Methode mit reduziertem Querschnitt nach DIN EN 1995-1-2, Abschnitt 4.2.2 zu führen.

Bei der Bemessung von Stützen im Brandfall können gegebenenfalls günstigere Lagerungsbedingungen im Vergleich zur Bemessung unter Normaltemperaturen angenommen werden. Sofern es sich um durchlaufende Stützen handelt, die Teil eines unverschieblichen Tragwerks sind, dürfen diese in Zwischengeschossen an beiden Enden und im obersten Stockwerk nur am unteren Ende als voll eingespannt angenommen werden.



**Bild 6.9** Ablaufschema für eine Brandschutzbemessung von Holzbauteilen nach DIN EN 1995-1-2

Druckbeanspruchungen rechtwinklig zur Faserrichtung des Holzes (Querdruck) dürfen nach DIN EN 1995-1-2, Abschnitt 4.3.1 (1) vernachlässigt werden.

Die Möglichkeit eines Schubversagens von Biegeträgern im Brandfall vor dem Erreichen der Biegetragfähigkeit ist derzeit sowohl in den nationalen als auch europäischen Regelungen zur Bemessung für den Brandfall nicht berücksichtigt. Die europäische Norm DIN EN 1995-1-2 regelt in Abschnitt 4.3.1 (2): „Eine Schubbeanspruchung darf in rechtwinkligen und runden Querschnitten vernachlässigt werden.“ In der DIN 4102-22:2004-11 wurden aufgrund fehlender Erkenntnisse bezüglich der Schubtragfähigkeit im Brandfall zum Nachweis dieser Beanspruchung keine Regelungen festgelegt (vgl. Abschnitt 6.2.4.2).

In einem am Institut des Zimmerer- und Holzbaugewerbes durchgeführten Forschungsvorhaben wurde anhand von Brandprüfungen biegebeanspruchter Voll- und Brettschichtholzbauteile festgestellt, dass für bestimmte Geometrien, insbesondere bei hohen Trägern, bei denen auch unter Normaltemperaturen eine hohe Schubbeanspruchung auftritt, ein Schubversagen vor dem Erreichen der Biegetragfähigkeit erfolgen kann [1]. Dies bedeutet, dass selbst bei Einhaltung aller derzeit in den Normen festgelegten Nachweise sowohl unter Normaltemperaturen als auch im Brandfall das Schubversagen die angestrebte und für die Biegebeanspruchung nachgewiesene Feuerwiderstandsdauer herabsetzen kann. Ein solches Tragverhalten hätte gravierende sicherheitsrelevante Auswirkungen zur Folge.

Im Gegensatz zu allen derzeit gültigen Normen schrieb die bisherige nationale Norm DIN 4102-4:1994-03 vor, dass bei Biegeträgern, bei denen unter Normaltemperaturen der Schubnachweis gegenüber dem Nachweis auf Biegung oder Biegung mit Längskraft maßgebend wird, ein mögliches Schubversagen für den Brandfall zu untersuchen ist. Diese Form der Nachweisführung, auch wenn sie normativ nach den europäischen Vorschriften nicht gefordert ist, sollte zunächst beibehalten werden. Da derzeit keine Erkenntnisse zur Abhängigkeit der charakteristischen Schubfestigkeit von der Temperatur vorliegen, wird empfohlen, den Nachweis in Anlehnung an die Methode mit reduziertem Querschnitt nach DIN EN 1995-1-2, Abschnitt 4.2.2 zu führen. Sie entspricht dem vereinfachten Verfahren der Bemessung mit ideellen Restquerschnitten nach DIN 4102-22, Abschnitt 5.5.2.1 a) und soll daher an dieser Stelle nicht weiter erläutert werden. Die Vorgehensweise ist ausführlich in Abschnitt 6.2.4.2 beschrieben.

#### 6.3.4.2 Querschnitte aus kombiniertem Brettschichtholz

Für eine Brandschutzbemessung von Holzbauteilen aus kombiniertem Brettschichtholz werden in der DIN EN 1995-1-2 ebenso wie in den nationalen Vorschriften keine Regelungen getroffen. Der Nachweis für diese Bauteile sollte in Analogie zu den Vorschlägen des Abschnitts 6.2.4.3 geführt werden.

Demnach kann für Bauteile ab einer Höhe von 600 mm die Bemessung für den Brandfall wie für Bauteile aus homogenem Brettschichtholz erfolgen. Bis zu einer Höhe von 600 mm ist die Biegetragfähigkeit im Brandfall auf 95% gemäß Gleichung (6.28) abzumindern.

Für die Zug- und Druckfestigkeiten im Brandfall sind gemäß der Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen keine Abminderungen erforderlich.

### 6.3.4.3 Stabilitätsbetrachtungen für den Brandfall

Bei der Berücksichtigung von seitlichen Aussteifungen druck- und biegebeanspruchter Bauteile ist sicher zu stellen, dass diese während der maßgebenden Brandbeanspruchungsdauer uneingeschränkt funktionsfähig sind. Diese Forderung gilt prinzipiell für aussteifende Bauteile aus Holz und Holzwerkstoffen als erfüllt, wenn 60% der bei einer Bemessung unter Normaltemperaturen erforderlichen Dicke bzw. Querschnittsfläche verbleiben und das Bauteil mit Nägeln, Schrauben, Dübeln oder Bolzen befestigt ist. Hierbei ist sicher zu stellen, dass der Anschluss für die angestrebte Feuerwiderstandsdauer funktionsfähig ist. Ein entsprechender Nachweis ist gemäß den Angaben in Kapitel 7 zu führen.

### 6.3.4.4 Gekrümmte Träger und Träger veränderlicher Höhe

Die europäischen Regelungen nach DIN EN 1995-1-2 bieten keine Nachweismethode für gekrümmte Träger oder Träger veränderlicher Höhe für den Brandfall an. Für diese Bauteile können jedoch die in Abschnitt 6.2.4.5 beschriebenen Regelungen analog angewendet werden. Es sind die verminderten Restquerschnitte für die jeweilige Beanspruchungsart zu ermitteln und die Nachweise nach der Methode mit reduzierten Querschnitten unter Anwendung der Nachweisbedingungen unter Normaltemperatur zu führen.

### 6.3.4.5 Verbundbauteile aus nachgiebig miteinander verbundenen Querschnittsteilen

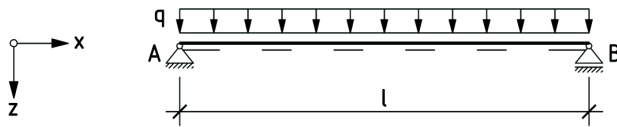
Die DIN EN 1995-1-2 regelt darüber hinaus den Nachweis von Verbundbauteilen aus nachgiebig miteinander verbundenen Querschnittsteilen für den Brandfall. Für diese ist zu berücksichtigen, dass der Verschiebungsmodul durch die Temperatureinwirkungen beeinflusst wird. Dieser Einfluss ist für Nägel und Schrauben mit einer Reduzierung auf 20 % der Ausgangssteifigkeit am größten. Für alle anderen mechanischen Verbindungsmittel ist eine Verminderung auf 67% des Ausgangsverschiebungsmoduls vorzunehmen.

$$K_{fi} = K_u \cdot \eta_f \quad (6.37)$$

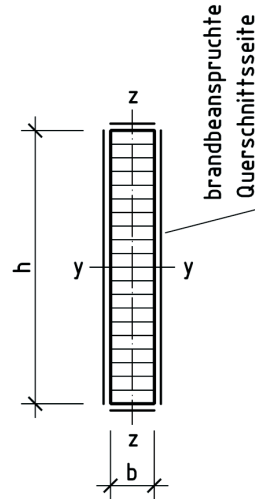
|          |   |
|----------|---|
| $K_{fi}$ | Verschiebungsmodul im Brandfall in N/mm   |
| $K_u$    | Verschiebungsmodul im Grenzzustand der Tragfähigkeit unter Normaltemperatur in N/mm nach DIN EN 1995-1-1, 2.2.2 |
| $\eta_f$ | Umrechnungsfaktor   |
|          | 0,2 für Nägel und Schrauben   |
|          | 0,67 für alle übrigen Verbindungsmittel   |

## 6.4 Bemessungsbeispiele

### 6.4.1 Brettschichtholzträger mit konstantem Querschnitt (F 30-B)



$q_{G,k} = 2,50 \text{ kN/m}$  (ständig)  
 $q_{N,k} = 0,75 \text{ kN/m}$  (veränderlich-kurz)  
 $q_{S,k} = 5,00 \text{ kN/m}$  (veränderlich-kurz)  
 Nutzungsklasse 2  
 $l = 20 \text{ m}$   
 $b/h = 18/110 \text{ cm}$   
 $e = 3,33 \text{ m}$  Pfettenabstand  
 Festigkeitsklasse GL24h  
 Feuerwiderstandsdauer:  $t_f = 30 \text{ min}$   
 Brandbeanspruchung: vierseitig



#### Auslastungsgrad unter Normaltemperaturen

Der maßgebende Nachweis ergibt sich aus der Biegebeanspruchung des Brettschichtholzträgers. Der Auslastungsgrad für den Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit beträgt 90 %.

Die Auslastungsgrade für die weiteren Beanspruchungen betragen:

*Schubbeanspruchung am Auflager:* 42 %  
*Auflagerpressung (Querdruknachweis):* 80 %.

#### Bemessung für den Brandfall nach DIN 4102-22

##### Methode mit ideellen Restquerschnitten

Der Nachweis für den Brandfall wird zunächst nach der vereinfachten Bemessungsmethode mit ideellen Restquerschnitten nach DIN 4102-22, Abschnitt 5.5.2.1 a) geführt. Die Beanspruchungen werden ebenfalls nach dem vereinfachten Verfahren nach DIN 4102-22, Abschnitt 6.1 ermittelt.

##### Grenzzustände der Tragfähigkeit für den Brandfall

*Bemessungswert der Einwirkungen für den Brandfall*

$$E_{dA} = 0,65 \cdot E_d$$

DIN 4102-22,  
Abs. 5.5.2.1 a)

DIN 4102-22,  
Abs. 6.1

DIN 4102-22, Gl. (3)

bemessungsmaßgebende Schnittgrößen unter Normaltemperatur

$$M_d = \frac{q_d \cdot l^2}{8} = \frac{10,9 \cdot 20^2}{8} = 545,0 \text{ kNm}$$

$$q_{G,d} = \gamma_G \cdot q_{G,k} + \gamma_Q \cdot q_{s,k} = 1,35 \cdot 2,5 + 1,5 \cdot 5,0 = 10,9 \text{ kN/m}$$

$$\gamma_{G,j} = 1,35 \text{ und } \gamma_{Q,i} = 1,50$$

Aufgrund der Dachneigung treten Einwirkungen aus Wind ausschließlich als Windsog auf, die als günstig wirkende veränderliche Einwirkung nicht zu berücksichtigen ist.

Eine Überlagerung von Nutzlasten der Kategorie H (Dächer) mit Schneelasten ist nicht erforderlich. Da die Kombinationsbeiwerte  $\psi_1$  und  $\psi_2$  der Nutzlasten Null sind, ergibt sich der maßgebende Bemessungswert der Einwirkungen für eine Kombination aus Eigengewicht und Schnee.

$$M_{d,fi} = 0,65 \cdot M_d = 0,65 \cdot 545,0 = 354,3 \text{ kNm}$$

#### Querschnittswerte

$$\beta_n = 0,7 \text{ mm/min} \quad \text{Abbrandrate}$$

$$t_f = 30 \text{ min} \quad \text{Branddauer}$$

$$d_{ef} = d(t_f) + d_0$$

$$d(t_f) = \beta_n \cdot t_f = 0,7 \cdot 30 = 21 \text{ mm}$$

$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

$$d_{ef} = 21 + 7 = 28 \text{ mm}$$

$$b_{ef} = b - 2 \cdot d_{ef} = 18 - 2 \cdot 2,8 = 12,4 \text{ cm}$$

$$h_{ef} = h - 2 \cdot d_{ef} = 110 - 2 \cdot 2,8 = 104,4 \text{ cm}$$

$$u_r = 2 \cdot b_{ef} + 2 \cdot h_{ef} = 2 \cdot 12,4 + 2 \cdot 104,4 = 233,6 \text{ cm}$$

$$A_r = b_{ef} \cdot h_{ef} = 12,4 \cdot 104,4 = 1295 \text{ cm}^2$$

$$W_{y,r} = \frac{b_{ef} \cdot h_{ef}^2}{6} = \frac{12,4 \cdot 104,4^2}{6} = 22525 \text{ cm}^3$$

$$I_{y,r} = \frac{b_{ef} \cdot h_{ef}^3}{12} = \frac{12,4 \cdot 104,4^3}{12} = 1,18 \cdot 10^6 \text{ cm}^4$$

Eigengewicht

DIN 1055-100,  
Tab. A.3

DIN 1055-100,  
Tab. A.3

DIN 1055-3,  
Abs. 6.2 (6)

DIN 4102-22,  
Tab. 74

DIN 4102-22,  
Gl. (9)

DIN 4102-22,  
Gl. (9.1)

*Bemessungswerte der Beanspruchungen*

$$\sigma_{m,y,d,fi} = \frac{M_{d,fi}}{W_{v,r}} = \frac{354,3 \cdot 10^6}{22525 \cdot 10^3} = 15,7 \text{ N/mm}^2$$

*charakteristische Werte der Baustoffeigenschaften*

DIN 1052, Tab. F.9

$$f_{m,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,mean} = 11600 \text{ N/mm}^2$$

$$G_{mean} = 720 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,05} = \frac{5}{6} \cdot E_{0,mean} = \frac{5}{6} \cdot 11600 = 9667 \text{ N/mm}^2$$

$$G_{05} = \frac{5}{6} \cdot G_{mean} = \frac{5}{6} \cdot 720 = 600 \text{ N/mm}^2$$

*Bemessungswerte der Festigkeiten und Steifigkeiten für den Brandfall*DIN 4102-22,  
Abs. 5.5.2.1

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

DIN 4102-22,  
Gl. (10)

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

DIN 4102-22,  
Gl. (10.1)

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

DIN 4102-22,  
Gl. (10.2)

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

DIN 4102-22,  
Abs. 5.5.2.1 a)

$$k_{fi} = 1,15$$

DIN 4102-22,  
Tab. 75

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

DIN 4102-22,  
Abs. 5.5.2.1 b)

$$f_{m,d,fi} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{24,0}{1,0} = 27,6 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{d,fi} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{9667}{1,0} = 11117 \text{ N/mm}^2$$

$$G_{d,fi} = 1,0 \cdot 1,15 \cdot \frac{600}{1,0} = 690 \text{ N/mm}^2$$