

# Brandbemessung im Holzbau

Teibinger, Martin

Der vorliegende Beitrag fasst normative Regeln und Ergebnisse aus Untersuchungen zur Bemessung von Holzkonstruktionen im Brandfall zusammen.

Details zu den Berechnungen des Feuerwiderstandes nach Norm und ein Ausblick zu möglichen Änderungen können auch [Östman et al. 2010] entnommen werden.

## 1. Brandphasen

Ein Brand kann in zwei Phasen eingeteilt werden, wobei die Entstehungsbrandphase durch einen langsamen und geringen Temperaturanstieg gekennzeichnet ist. Die Phase kann in Zünd- und Schwelbrandphase unterteilt werden. In der Entstehungsbrandphase ist das Baustoffverhalten (Brandverhalten) der eingesetzten Bekleidungen und Beläge entscheidend. Zum Zeitpunkt des sogenannten flash overs kommt es zu einem sprunghaften Temperaturanstieg. Sämtliche brennbaren Stoffe und Gase im Brandraum entzünden sich schlagartig. Der Zeitpunkt des flash overs hängt von den Brandlasten und den Ventilationsbedingungen ab. Er kann zwischen 7 und 15 Minuten nach Brandbeginn eintreten. Ab diesem Zeitpunkt spricht man von einem vollentwickelten Brand, der in die Erwärmungs- und die Abkühlphase eingeteilt wird. In dieser Phase ist das Bauteilverhalten (Feuerwiderstand der Bauteile) entscheidend.

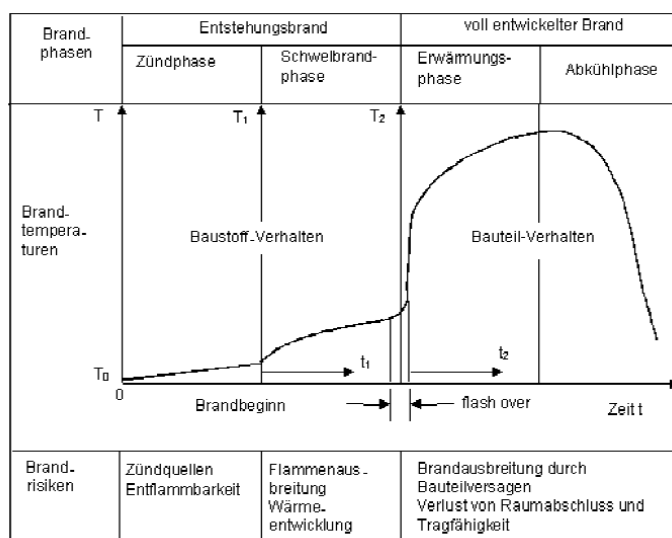


Abbildung 1: Brandphasen [Schneider 2009]

## 2. Feuerwiderstand - Bauteilverhalten

### 2.1. Allgemeines

Die Anforderungen an den Feuerwiderstand werden immer an den gesamten Bauteil gestellt. Eine Gipsbekleidung kann, für sich alleine betrachtet, in der Regel keinen ausreichenden Brandschutz erfüllen.

Bei den Feuerwiderstandsklassen REI kann, im Gegensatz zu den früheren Brandwiderständen (F-Klassen), zwischen tragenden und/oder brandabschnittsbildenden Bauteilen unterschieden werden.

Tabelle 1: Bezeichnungen für den Feuerwiderstand nach ÖNORM EN 13501-2 (Auszug)  
Abbildungen aus [Östman et al 2010]




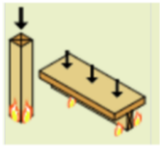
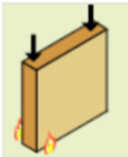
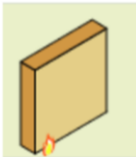
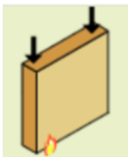
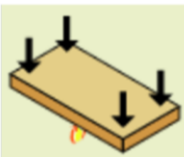
Kurzzeichen	Anforderung	Abbildung
R	Tragfähigkeit	
E	Raumabschluss	
I	Wärmedämmung	

Tabelle 2: Zuordnung der Anforderungen an den Feuerwiderstand an Bauteile [Lignatec 18/2005]

	R	EI	REI
Bezeichnung	tragend, nicht abschließend	abschließend	tragend und abschließend
Brandeinwirkung	gleichzeitig von mehreren Seiten	von einer Seite	von einer Seite
Stützen, Träger			
Flächige Bauteile			 

Die Nachweise können mittels Klassifizierungsberichte nach ÖNORM EN 13501-2 auf Basis von Bauteilprüfungen oder mittels rechnerischem Nachweis nach

ÖNORM EN 1995-1-2 in Kombination mit dem nationalen Anwendungsdokument ÖNORM B 1995-1-2 erfolgen.

### 3. Berechnung der Tragfähigkeit R

#### 3.1. Abbrandraten nach ÖNORM EN 1995-1-2

Es wird zwischen der eindimensionalen Abbrandrate  $\beta_0$  und der ideellen Abbrandrate  $\beta_n$  unterschieden. Bei einem einseitigen Abbrand, wie er beispielsweise bei einer Massivholzwand bzw. –decke vorliegt wird  $\beta_0$  verwendet. Bei Stützen und Balken kommt es aufgrund der mehrseitigen Brandbeanspruchung zu einem erhöhten Abbrand in der Ecke. Aus diesem Grund wird in diesen Fällen die Abbrandrate erhöht und  $\beta_n$  verwendet. Die ideale Abbrandrate wird zusätzlich bei rissigem Holz verwendet.

Tabelle 3: eindimensionale Abbrandrate  $\beta_0$  und ideelle Abbrandrate  $\beta_n$  (Risse, Eckausrundung) [ÖNORM EN 1995-1-2]

Material	$\beta_0$ mm/min	$\beta_n$ mm/min
Konstruktionsvollholz (NH & Bu)	0,65	0,8
Brettschichtholz (NH & Bu)	0,65	0,7
Holzbeleidung; Holzwerkstoff außer Sperrholz	0,9 <sup>1</sup>	---
Sperrholz	1,0	---

Bei Holzwerkstoffen gelten die angeführten Abbrandraten für eine charakteristische Rohdichte von 450 kg/m<sup>3</sup> und eine Plattendicke von 20 mm. Für Werkstoffe mit abweichenden Rohdichten bzw. dünneren Platten können die Werte umgerechnet werden.

$$\beta_{0,\rho,t} = \beta_0 \cdot k_\rho \cdot k_h \quad \text{Formel (3.4) ÖNORM EN 1995-1-12}$$

$$k_\rho = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} \quad \text{Formel (3.5) ÖNORM EN 1995-1-2}$$

$$k_h = \sqrt{\frac{20}{h_p}} \quad \text{Formel (3.6) ÖNORM EN 1995-1-2}$$

$\rho_k$ : charakteristische Rohdichte in kg/m<sup>3</sup>

$h_p$ : Plattendicke in mm

<sup>1</sup> Für charakteristische Rohdichte von 450 kg/m<sup>3</sup> und Dicke von 20 mm

### 3.2. Bemessungswert der Abbrandrate $\beta_0$ für Brettsperrholz bei ungeschützten Oberflächen

Für die Decklagen von Brettsperrholzplatten kann der Bemessungswert der Abbrandrate  $\beta_0$  in der Höhe von 0,65 mm/min angewendet werden. Aufgrund des Temperatureinflusses kann es bei Polyurethan-Klebstoffen zu einem Erweichen der Klebstoffuge kommen, wodurch sich die Kohleschicht kleinstrukturiert ablöst. In weiterer Folge kommt es bis zur Ausbildung einer Kohleschicht von ca. 25 mm der nächsten brandbeanspruchten Lage zu einem doppelt so hohen Abbrand. Im Rahmen von belasteten Großbrandversuchen konnte dieses Verhalten experimentell bestätigt werden [Teibinger und Matzinger 2010].

Tabelle 4: Bemessungswerte der Abbrandraten  $\beta_0$  für Brettsperrholzelemente in Abhängigkeit der Flächenverklebung der einzelnen Lagen

Lage	Bauteil	PUR-Verklebstoff der Flächenverleimung	$\beta_0$ [mm/min]
Decklage	Wand Decke bzw. Dach	---	0,65
weitere Lagen	Decke bzw. Dach	ja	1,3
weitere Lagen	Decke bzw. Dach	nein	0,8
weitere Lagen	Wand	ja	0,9
weitere Lagen	Wand	nein	0,7

### 3.3. Berechnung des Abbrandes $d_{char}$

$$d_{char} = \beta_{0,n} \cdot t \quad \text{Formel (3.1 und 3.2) ÖNORM EN 1995-1-2}$$

$d_{char}$ : Abbrand in mm

$\beta_{0,n}$ : eindimensionale bzw. ideelle Abbrandrate gemäß Tabelle 3 in mm/min

t: Zeitdauer in min

### 3.4. Methode reduzierte Querschnitte

Bei der Methode mit reduziertem Querschnitt werden vom ursprünglichen Holzquerschnitt zusätzlich zum Abbrand weitere 7 mm abgezogen, wodurch die Festigkeits- und Steifigkeitsverluste des durchwärmten Holzes berücksichtigt werden.

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

Formel (4.1) nach ÖNORM EN 1995-1-2

$d_{ef}$ : in mm

$d_{char}$ : Abbrand in mm

$k_0$ : bei Brandbeanspruchung  $\geq 20$  Minuten:  $k_0 = 1$

$d_0$ : 7 mm

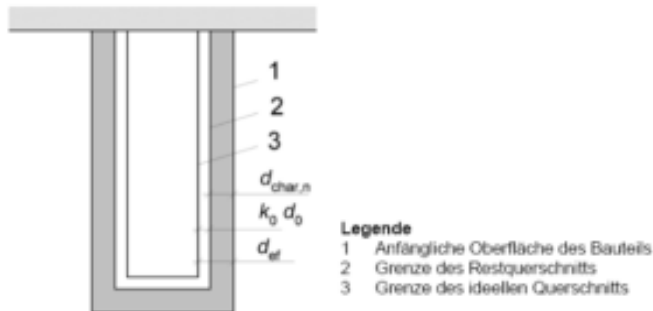


Abbildung 2: Darstellung zur Bestimmung des effektiven Querschnittes nach der Methode der reduzierten Querschnitte [ÖNORM EN 1995-1-2]

### 3.5. Methode reduzierte Eigenschaften

Bei der Methode der reduzierten Eigenschaften werden anstelle des zusätzlichen Abzuges von  $d_0$  die Festigkeits- bzw. Steifigkeitseigenschaften mit Hilfe von  $k_{mod,fi}$  in Abhängigkeit des dem Feuer ausgesetzten Restquerschnittes und der Fläche des Restquerschnittes reduziert.

Für Brandbeanspruchungen  $\geq 20$  Minuten sind die nachfolgenden Formeln zu verwenden.

- Biegefestigkeit

$$k_{mod,fi} = 1,0 - \frac{1}{200} \cdot \frac{p}{A_f}$$

Formel (4.2) nach ÖNORM EN 1995-1-2

- Zugfestigkeit und E-Modul

$$k_{mod,fi} = 1,0 - \frac{1}{330} \cdot \frac{p}{A_f}$$

Formel (4.4) nach ÖNORM EN 1995-1-2

- Druckfestigkeit

$$k_{mod,fi} = 1,0 - \frac{1}{125} \cdot \frac{p}{A_f}$$

Formel (4.3) nach ÖNORM EN 1995-1-2

$k_{mod,fi}$ : Modifikationsfaktor

$p$ : Umfang des dem Feuer ausgesetzten Restquerschnitts in m

$A_f$ : Fläche des Restholzquerschnitts in m

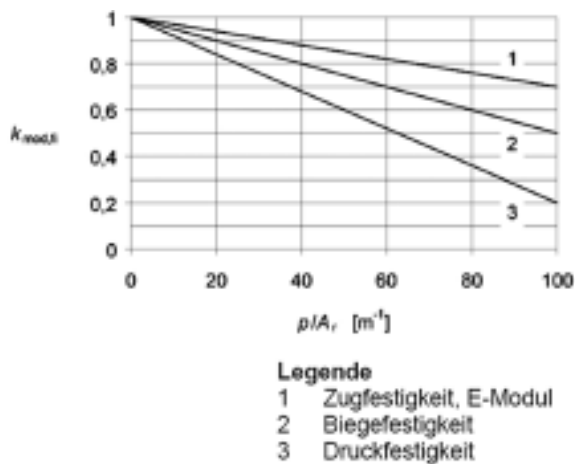


Abbildung 3: Modifikationsfaktor  $k_{mod,fi}$  in Abhängigkeit des Verhältnisses  $p/A_f$  [ÖNORM EN 1995-1-2]

### 3.6. Nachweisführung

#### 3.6.1. Einwirkungen im Brandfall

Die charakteristischen Lasten  $E_k$  werden für die Bemessung mit den Teilsicherheitsbeiwerten  $\gamma$  erhöht um die Bemessungslasten  $E_d$  zu erhalten. In der Heißbemessung können die Bemessungslasten  $E_d$  um den Faktor  $\eta$  reduziert werden, da von einer Reduktion der Nutzlasten ausgegangen werden kann.

$$E_{d,fi} = \eta_{fi} \cdot E_d \quad \text{Formel (4) nach ÖNORM B 1995-1-2}$$

Als Näherung kann gemäß ÖNORM B 1995-1-2 der Abminderungsfaktor  $\eta_{fi}$  mit 0,60 angenommen werden. Für Bereiche mit Nutzlasten der Kategorie E (Lagerflächen) mit dem Wert 0,70.

#### 3.6.2. Widerstände im Brandfall

Im Brandfall kann anstelle der 5%-Fraktilwerte mit den 20%-Fraktilwerten gerechnet werden. Die Umrechnung erfolgt mit Hilfe des Faktors  $k_{fi}$ .

$$f_{20} = k_{fi} \cdot f_k \quad \text{Formel (2.4) nach ÖNORM EN 1995-1-2}$$

$$f_{d,fi} = f_{20} \cdot \frac{k_{mod,fi}}{\gamma_{fi}} \quad \text{Formel (2.1) nach ÖNORM EN 1995-1-2}$$

$f_{d,fi}$ : Bemessungswert der Festigkeit im Brandfall in  $\text{kN/cm}^2$

$k_{fi}$ : Faktor gemäß Tabelle 5

$f_k$ : charakteristische Festigkeit in  $\text{kN/cm}^2$

$k_{mod,fi}$ : Modifikationsbeiwert im Brandfall  $k_{mod,fi} = 1$

$\gamma_{m,fi}$ : Teilsicherheitsbeiwert im Brandfall  $\gamma_{m,fi} = 1$

Tabelle 5: Zusammenstellung von  $k_{fi}$  für Holzprodukte und Verbindungen

Holzprodukt bzw. Verbindung	$k_{fi}$
Massivholz	1,25
BSH, BSP, HW, auf Abscheren beanspruchte Verbindung mit außenliegenden Seitenteilen aus Holz	1,15
auf Abscheren beanspruchte Verbindung mit außenliegenden Stahlblech, Herausziehen beanspruchte Verbindungsmittel	1,05

### 3.6.3. Widerstände im Brandfall

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

Formel (2.7) nach ÖNORM EN 1995-1-2

### 3.7. mit Bekleidungen geschützte Bauteile

Bei Oberflächen von anfänglich vor Brandeinwirkung geschützten Balken und Stützen sind der Beginn des Abbrandes hinter der Beplankung  $t_{ch}$  und die Versagenszeit der Beplankung  $t_f$  entscheidend.

#### 3.7.1. Holzwerkstoffplatten, Gipsplatten Typ A und H (GKB)

Bei Holzwerkstoffplatten und Gipsplatten Typ A und H (GKB) wird die Versagenszeit mit dem Beginn des Abbrandes der Holzkonstruktion hinter der Bekleidung gleichgesetzt. Die ÖNORM EN 1995-1-2 führt für die einzelnen Brandschutzbekleidungen Formeln zur Berechnung von  $t_{ch}$  an. Nach dem Beginn des Abbrandes und dem laut Norm gleichgesetzten Abfall der Beplankung erfolgt aufgrund der noch nicht ausgebildeten schützenden Holzkohleschicht bis zu dem Zeitpunkt  $t_a$  ein doppelt so hoher Abbrand. Nach einer Abbrandtiefe von 25 mm stellt sich wieder die gewöhnliche Abbrandrate ein, siehe Abbildung 4.

$$t_f = t_{ch}$$

Formel (3.14 und 3.15) nach ÖNORM EN 1995-1-2

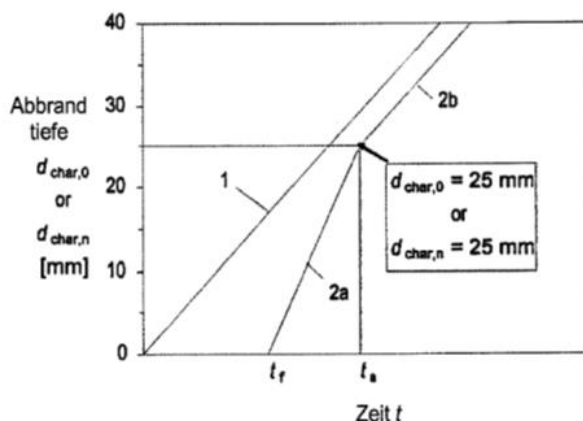


Abbildung 4: Abbrandtiefe in Abhängigkeit der Zeit  $t$  für mit Holzwerkstoffplatten und Gipsplatten Typ A oder H (GKB) bekleideten Holzkonstruktionen (2a & 2b) im Vergleich zu einer nicht bekleideten Holzkonstruktion (1) [ÖNORM EN 1995-1-2]

- Holzwerkstoffplatten

$$t_{ch} = \frac{h_p}{\beta_0} \quad \text{Formel (3.10) nach ÖNORM EN 1995-1-2}$$

- Gipsplatten Typ A oder H (GKB) verspachtelte Stöße

$$t_{ch} = 2,8 \cdot h_p - 14 \quad \text{Formel (3.11) nach ÖNORM EN 1995-1-2}$$

$t_{ch}$ : Beginn des Abbrandes der Holzkonstruktion hinter der Bekleidung in min

$t_f$ : Versagenszeitpunkt der Beplankung in min

$h_p$ : Werkstoffdicke in mm

### 3.7.2. Gipskartonplatten Typ DF (GKF) und Gipsfaserplatten

Bei Gipsplatten Typ DF (GKF) erfolgt ab dem Beginn des Abbrandes bis zum Versagen der Brandschutzbekleidung ein verminderter Abbrand, bis zur Ausbildung der 25 mm dicken Kohleschicht ein verdoppelter und anschließend ein konstanter Abbrand, siehe Abbildung 5. Basierend auf Untersuchungen des Feuerwiderstandes von Holzrahmenkonstruktionen wurden die Versagenszeitpunkte  $t_f$  für Gipskartonplatten Typ DF (GKF) und Gipsfaserplatten bestimmt [Teibinger und Matzinger 2010]. Die Kennwerte sind in ÖNORM B 1995-1-2 angeführt.

- Wandbauteile bzw. Stützen

$$t_f = 2,2 \cdot h_p + 4 \quad \text{Formel (6) nach ÖNORM B 1995-1-2}$$

- Decken- Dachbauteile bzw. Balken

$$t_f = 1,4 \cdot h_p + 6 \quad \text{Formel (7) nach ÖNORM B 1995-1-2}$$

$t_f$ : Versagenszeitpunkt der Beplankung in min

$h_p$ : Werkstoffdicke in mm



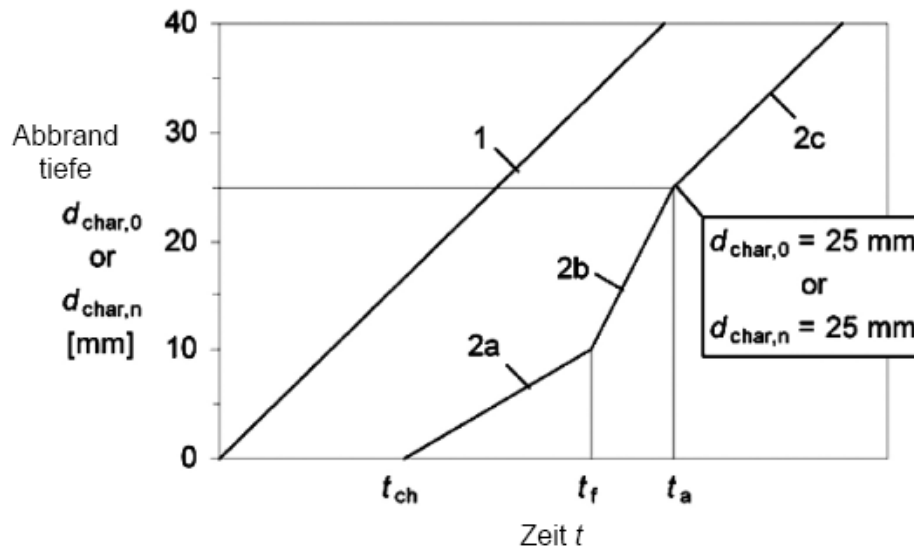


Abbildung 5: Abbrandtiefe in Abhängigkeit der Zeit  $t$  für mit Gipsplatten Typ DF (GKF) bekleideten Holzkonstruktionen (2a, 2b & 2c) im Vergleich zu einer nicht bekleideten Holzkonstruktion (1) [ÖNORM EN 1995-1-2]

- Phase 2a

$$d_{char,2a} = \beta_n \cdot k_2 \cdot t_{2a}$$

- Phase 2b

$$d_{char,2b} = \beta_n \cdot k_3 \cdot t_{2b}$$

- Phase 3

$$d_{char,2c} = \beta_n \cdot t_{2c}$$

$d_{char}$ : Abbrand in mm

$\beta_n$ : ideelle Abbrandrate in mm/min siehe auch Tabelle 4

$k_2$ : Faktor

bei Gipsplatten Typ DF (GKF):  $k_2 = 1 - 0,018 \cdot h_p$ ; bei mehreren Lagen nur die Dicke der innersten Platte verwenden

bei Steinwolle: (Dicke  $\geq 20$  mm; Rohdichte  $\geq 26$  kg/m<sup>3</sup>; Schmelzpunkt  $\geq 1000^\circ\text{C}$ )

Tabelle 6:  $k_2$  für Steinwollendämmung (Dicke  $\geq 20$  mm; Rohdichte  $\geq 26$  kg/m<sup>3</sup>; Schmelzpunkt  $\geq 1000^\circ\text{C}$ )

Dicke in mm	$k_2$
20	1
$\geq 45$	0,6

$k_3$ : Faktor  $k_3 = 2$ ;

$t_{2a}$ : Zeitraum zwischen  $t_{ch}$  und  $t_f$

$t_{2b}$ : Zeitraum zwischen  $t_f$  und  $t_a$

$t_{2c}$ : Zeitraum nach  $t_a$

### 3.8. Bemessung der Tragfähigkeit R von Holzrahmenbauteilen

#### 3.8.1. Grundsätzliches

Die Bemessung der Tragfähigkeit von Holzrahmenbauteilen erfolgt nach den Anhängen C und D der ÖNORM EN 1995-1-2. Die Regeln gelten bis zu einer maximalen Feuerwiderstandszeit von 60 Minuten unter Normbrandbelastung. Der Anhang C wird bei mit Mineralwolle vollgedämmten und der Anhang D bei nicht gedämmten Holzrahmenbauteilen heranzuziehen. Im Allgemeinen ist die rechnerische Tragfähigkeit einer Holzrahmenkonstruktion mit dem Abfall der Beplankung (Versagenszeit  $t_f$  siehe auch 3.7) gleichzusetzen. Bei Verwendung von alternativen Dämmstoffen in den Gefachen werden üblicherweise als Nachweis Klassifizierungsberichte der Produzenten bzw. [www.dataholz.com](http://www.dataholz.com) herangezogen. Ein rechnerischer Nachweis nach ÖNORM EN 1995-1-2 ist aufgrund der fehlenden Kennwerte derzeit nicht möglich.

#### 3.8.2. Steinwolle als Gefachdämmung

Nur im Falle einer mit Steinwolle gedämmten Holzrahmenkonstruktion erlaubt Anhang C eine Berechnung eines Restholzquerschnittes und damit einen Nachweis der Tragfähigkeit. Allerdings muss sichergestellt sein, dass die Dämmung gegen ein Herausfallen gesichert ist, andernfalls darf selbst bei einer mit Steinwolle gedämmten Konstruktion nicht weitergerechnet werden. Ist die Steinwolle gegen ein Herausfallen nicht gesichert, muss ein Versagen des Bauteils mit dem Versagen der Beplankung angenommen werden.

Der Knicknachweis erfolgt um die starke Achse, also aus der Ebene heraus. Es wird davon ausgegangen, dass die Beplankung auf der brandabgekehrten Seite intakt und damit auch die aussteifende Wirkung erhalten bleibt, die ein Knicken um die schwache Achse hindert. Bei Außenwänden ist in diesem Zusammenhang gegebenenfalls die Festigkeit der äußeren Bekleidung (v.a. im Fall von direkt bekleideten Wärmedämmverbundsystemen) zu prüfen.

#### 3.8.3. Berechnung der ideellen Abbrandtiefe $d_{char,n}$

- Phase  $t_{ch} \leq t \leq t_f$

$$\beta_n = k_s \cdot k_2 \cdot k_n \cdot \beta_0$$

Formel (C.1) nach ÖNORM EN 1995-1-2

- Phase  $t \geq t_f$

$$\beta_n = k_s \cdot k_3 \cdot k_n \cdot \beta_0$$

Formel (C.2) nach ÖNORM EN 1995-1-2

$\beta_n$ : ideale Abbrandrate in mm/min

$k_s$ : Querschnittsfaktor

Tabelle 7: Querschnittsfaktor  $k_s$  nach ÖNORM B 1995-1-2

Breite des Holzes in mm	$k_s$
38	1,4
45	1,3
60	1,1
$\geq 90$	1,0
Zwischenwerte dürfen interpoliert werden.	

$k_n$ : Faktor, um den unregelmäßigen Restquerschnitt in einen ideellen, rechteckigen Querschnitt umzuwandeln  $k_n = 1,5$

$k_2$ : Dämmungsfaktor bei Gipsplatten Typ DF (GKF)

ohne Fuge (4, 2):  $k_2 = 1,05 - 0,0073 \cdot h_p$

Formel (C.3)

nach ÖNORM EN 1995-1-2

mit Fuge (1, 3):  $k_2 = 0,86 - 0,0037 \cdot h_p$

Formel (C.4)

nach ÖNORM EN 1995-1-2

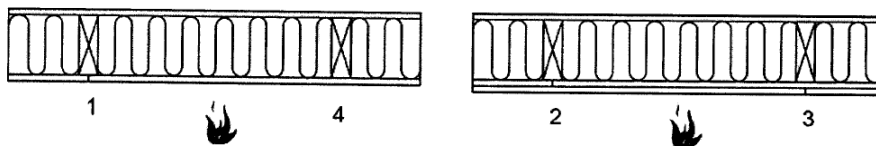


Abbildung 6: Darstellung der Varianten zur Bestimmung von  $k_2$  [ÖNORM EN 1995-1-2]

$k_3$ : Faktor zur Berücksichtigung verbleibenden Schutzes

(nur bei Steinwolle-Dämmung)  $k_3 = 0,036 \cdot t_f + 1$  Formel (C.5) nach

ÖNORM EN 1995-1-2

- $t_f$  für Bekleidungen aus Holzwerkstoffen bei Holzrahmenbauteilen

$$t_f = \frac{h_p}{\beta_0} - 4$$

Formel (C.7) nach ÖNORM EN 1995-1-2

- $t_f$  für Bekleidungen aus Gipsplatten Typ A und H (GKB) bei Holzrahmenbauteilen

$$t_f = 2,8 \cdot h_p - 14$$

Formel (C.8) nach ÖNORM EN 1995-1-2

- $t_f$  Bekleidungen aus Gipsplatten Typ DF (GKF) bei Holzrahmenbauteilen siehe 3.7.2

### 3.8.4. Versagen durch Herausziehen der Verbindungsmittel

$$t_f = t_{ch} + \frac{l_f - l_{a,min} - h_p}{k_s \cdot k_2 \cdot k_n \cdot k_j \cdot \beta_0} \quad \text{Formel (C.9) nach ÖNORM EN 1995-1-2}$$

- $t_f$ : Versagenszeit der Bekleidung in min  
 $t_{ch}$ : Beginn des Abbrandes in min  
 $l_f$ : Länge des Verbindungsmittels in mm  
 $l_{a,min}$ : Mindestverankerungslänge des Verbindungsmittel im unverbranntem Holz in mm;  $l_{a,min} = 10$  mm  
 $h_p$ : Gesamtdicke der Bekleidung in mm  
 $k_s$ : Querschnittsfaktor  
 $k_2$ : Dämmungsfaktor  
 $k_n$ : Faktor, um den unregelmäßigen Restquerschnitt in einen ideellen, rechteckigen Querschnitt umzuwandeln  $k_n = 1,5$   
 $k_j$ : Faktor, der die Fugenausbildung berücksichtigt;  
 Platten, die nicht auf dem Holzbauteil gestoßen werden  $k_j = 1,0$   
 Platten mit Fugenausbildung 1,3 gemäß Abbildung 6  $k_j = 1,15$   
 $\beta_0$ : Bemessungswert für eindimensionalen Abbrand, gemäß Tabelle 3

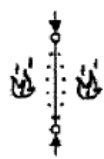
### 3.8.5. Abminderung der Festigkeits- und Steifigkeitsparameter

$$k_{mod, fm, fi} = a_0 - a_1 \cdot \frac{d_{char, n}}{h} \quad \text{Formel (C.13) nach ÖNORM EN 1995-1-2}$$

Tabelle 8: Werte für  $a_0$  und  $a_1$  zur Abminderung der Festigkeit bei einseitig brandbeanspruchten Konstruktionen [ÖNORM EN 1995-1-2]

Anwendungsfall			$h$ mm	$a_0$	$a_1$
1	Biegefestigkeit mit Zug auf der brandbeanspruchten Seite		95	0,60	0,46
			145	0,68	0,49
			195	0,73	0,51
			220	0,76	0,51
2	Biegefestigkeit mit Druck auf der brandbeanspruchten Seite		95	0,46	0,37
			145	0,55	0,40
			195	0,65	0,48
			220	0,67	0,47
3	Druckfestigkeit		95	0,46	0,37
			145	0,55	0,40
			195	0,65	0,48
			220	0,67	0,47
a Für Zwischenwerte von $h$ darf linear interpoliert werden					


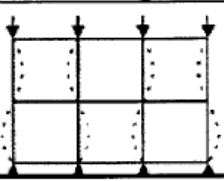
Tabelle 9: Werte für  $a_0$  und  $a_1$  zur Abminderung der Druckfestigkeit für beidseitig brandbeanspruchte Wände [ÖNORM EN 1995-1-2]

Anwendungsfall			$h$ mm	$a_0$	$a_1$
1	Druckfestigkeit		145	0,39	1,62

$$k_{mod,E,fi} = b_0 - b_1 \cdot \frac{d_{char,n}}{h}$$

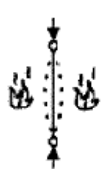
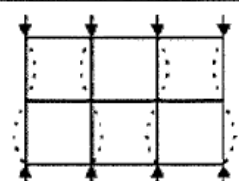
Formel (C.14) nach ÖNORM EN 1995-1-2

Tabelle 10: Werte für  $b_0$  und  $b_1$  zur Abminderung des E-Moduls für einseitig brandbeanspruchten Wände [ÖNORM EN 1995-1-2]

Anwendungsfall			$h$ mm	$b_0$	$b_1$
1	Stabilitätsversagen rechtwinklig zur Wandebene		95	0,50	0,79
			145	0,60	0,84
			195	0,68	0,77
2	Stabilitätsversagen in der Wandebene		95	0,54	0,49
			145	0,66	0,55
			195	0,73	0,63

<sup>a</sup> Für Zwischenwerte von  $h$  darf linear interpoliert werden.  
ANMERKUNG In der Darstellung zum Fall 2 sind die Stiele durch Querriegel ausgefacht.

Tabelle 11: Werte für  $b_0$  und  $b_1$  zur Abminderung des E-Moduls für beidseitig brandbeanspruchte Wände [ÖNORM EN 1995-1-2]

Anwendungsfall			$h$ mm	$b_0$	$b_1$
1	Stabilitätsversagen rechtwinklig zur Wandebene		145	0,37	1,87
2	Stabilitätsversagen in der Wandebene		145	0,44	2,18

<sup>a</sup> Für Zwischenwerte von  $h$  darf linear interpoliert werden.  
ANMERKUNG In der Darstellung zum Fall 2 sind die Stiele durch Querriegel ausgefacht.

## 4. Bemessung EI von Holzbauteilen

Der Raumabschluss und die Wärmedämmung EI können für Holzelemente entsprechend dem in ÖNORM B 1995-1-2 angeführten Modell, welches von [Schleifer 2009] erarbeitet wurde, nachgewiesen werden. Das Modell bietet, im Gegensatz zum Berechnungsverfahren nach Anhang E der ÖNORM EN 1995-1-2, die Möglichkeit der Erweiterbarkeit mit anderen Materialien sowie eine breitere Palette an rechenbaren Aufbauten. Das Modell wurde für Feuerwiderstandsdauern bis zu 60 Minuten konzipiert und ist auch mit dieser Begrenzung in der Normung aufgenommen worden. Validierungsberechnungen mit im Rahmen von [Teibinger und Matzinger 2010] durchgeführten Großbrandversuchen zeigen, dass das Modell auch für 90 Minuten ingenieurmäßig angewendet werden kann.

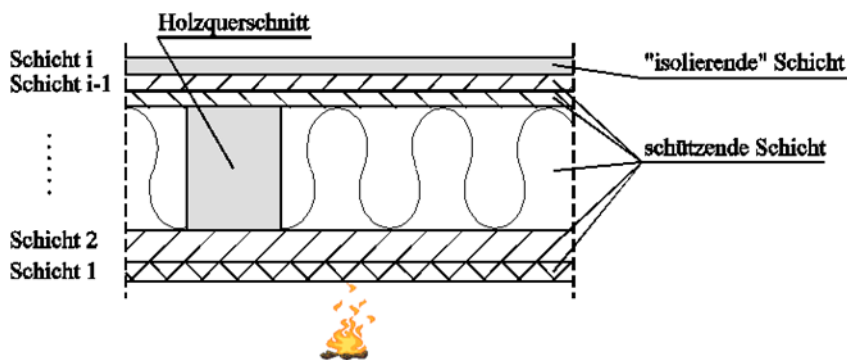


Abbildung 7: Einteilung der Baustoffschichten [Schleifer 2009]

Das Bauteil kann dabei beliebig aus den folgenden Platten und Dämmungen zusammengesetzt sowie mit einem Hohlraum ausgeführt sein, wobei es jederzeit bei Vorliegen der thermischen Eigenschaften unter ETK-Beanspruchung (Einheitstemperaturkurve) durch weitere Baustoffe ergänzt werden kann. Die Dämmung muss gegen Herausfallen gesichert sein, andernfalls sollte die Dämmung in der Berechnung nicht berücksichtigt werden.

In dem Modell wird, basierend auf Materialuntersuchungen und Simulationsberechnungen, die Einhaltung des Temperaturkriteriums I („Isolation“) nachgewiesen. Die Bauteile werden hierzu in schützende Bauteilschichten und in die isolierende Bauteilschicht (letzte Schicht auf der brandabgekehrten Seite) unterteilt. Es wird in dem Modell angenommen, dass die schützenden Schichten bei Temperaturen von 270 °C auf der feuerabgekehrten Seite versagen und abfallen. Für

Holzwerkstoffe trifft diese Annahme zu. Bei Gipsplatten wird der verzögerte Abfallzeitpunkt mit Hilfe der Zeitdifferenz  $\Delta t_i$  berücksichtigt.

Die Zeit  $t_{ins}$  bis zum Verlust der raumabschließenden Funktion des Holzbauteiles ergibt sich aus der Summe der Schutzzeiten der einzelnen Bauteilschichten und der Isolationszeit der letzten Schicht.

$$t_{ins} = \sum t_{prot,i-1} + t_{ins,i} \quad \text{Formel (8) nach ÖNORM B 1995-1-2}$$

$t_{ins}$ : Zeit bis zum Versagen der raumabschließenden Funktion des gesamten Bauteils [min]

$t_{prot,i}$ : Schutzzeit der Schicht i [min]

$t_{ins,i}$ : Isolationszeit der Schicht i [min]

Die Schutzzeiten  $t_{prot,i}$  und die Isolationszeiten  $t_{ins,i}$  setzen sich zusammen aus einer baustoffabhängigen Grundzeit, den Positions- und den Fugenbeiwerten. Die Positionsbeiwerte berücksichtigen den Einfluss der davor- bzw. dahinterliegenden Baustoffe auf die Versagenszeit des betrachteten Baustoffes. Der Einfluss der davorliegenden Bauteilschicht wird durch  $k_{pos,exp,i}$  und der Einfluss der dahinterliegenden Bauteilschicht durch  $k_{pos,unexp,i}$  ausgedrückt. Die Fugenbeiwerte  $k_{j,i}$  berücksichtigen den Einfluss der Fugenausbildung.

$$t_{prot,i} = (t_{prot,0,i} \cdot k_{pos,exp,i} \cdot k_{pos,unexp,i} + \Delta t_i) \cdot k_{j,i} \quad \text{Formel (10) nach ÖNORM B 1995-1-2}$$

$$t_{ins,i} = (t_{ins,0,i} \cdot k_{pos,exp,i} + \Delta t_i) \cdot k_{j,i} \quad \text{Formel (9) nach ÖNORM B 1995-1-2}$$

$t_{prot,i}$ : Schutzzeit der Schicht i in min

$t_{ins,i}$ : Isolationszeit der Schicht i in min

$k_{pos,exp,i}$ : Positionsbeiwert für die untersuchte Schicht i, resultierend aus den davor liegenden Schichten

$k_{pos,unexp,i}$ : Positionsbeiwert für die untersuchte Schicht i, resultierend aus den dahinter liegenden Schichten

$k_{j,i}$ : Fugenbeiwert

$\Delta t_i$ : Zeitdifferenz, die zur Isolations- bzw. Schutzzeit addiert wird in min

Die Kennwerte für die einzelnen Grundzeiten und Beiwerte können [ÖNORM B 1995-1-2] entnommen werden.

## 5. Literaturverzeichnis

- ÖNORM B 1995-1-2; 01.09.2011: *Eurocode 5: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Bemessung für den Brandfall - Nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1995-1-2, nationale Erläuterungen und nationale Ergänzungen*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN 1995-1-2, 01.09.2011: *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall (konsolidierte Fassung)*. Österreichisches Normungsinstitut.
- ÖNORM EN 13501-2, 2012 02 15: *Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten Teil 2: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Feuerwiderstandsprüfungen, mit Ausnahme von Lüftungsanlagen*. Österreichisches Normungsinstitut.
- Östman, B.; et al (2010): *Fire safety in timber buildings. Technical guideline for Europe*. Herausgegeben von SP Trätek. Stockholm.
- Schleifer, V. (2009): *Zum Verhalten von raumabschließenden mehrschichtigen Holzbauteilen im Brandfall. Dissertation. Betreut von M. Fontana, A. Frangi und J. König*. Zürich. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion.
- Schneider, Ulrich (2009): *Ingenieurmethoden im Brandschutz*. Werner. Köln
- Teibinger, Martin; Matzinger, Irmgard (2010): *Grundlagen zur Bewertung des Feuerwiderstandes von Holzkonstruktionen. Endbericht*. Holzforschung Austria. Wien.
- Wallner-Novak, Markus; Koppelhuber, Josef; Pock, Kurt (2012): *Brettsperrholz - Leitfaden - Bemessung und Konstruktion nach Eurocode*. Herausgegeben von Manuskript der Verfasser. Graz.