

Brandschutz im Holzbau

Dipl.-Ing. Dr. techn. Martin Teibinger, Wien

Allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger;
Lehrer am Camillo Sitte Bautechnikum, Wien;
Lektor an diversen Fachhochschulen und Universitäten

Vortragsunterlagen anlässlich der beiden Webinare von Ecoplus unter dem Motto „Aus dem Netzwerk – für das Netzwerk“ vom 06.04. und 14.04.2020;

1. Abbrand von Holz

Beim natürlichen Baustoff Holz handelt es sich bekanntlich um einen brennbaren Baustoff. Im Brandfall bilden sich eine Kohle- und eine Pyrolyseschicht aus, welche isolierend wirken und für einen kontrollierten Abbrand des Holzes sorgen. Die Temperatur nimmt nach innen über die ersten paar Millimeter sehr rasch ab, siehe Bild 1. Dahinter liegen keine verringerten Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften vor. Deren Abnahme in Abhängigkeit der Temperatur kann der ÖNORM EN 1995-1-2 [12] entnommen werden.

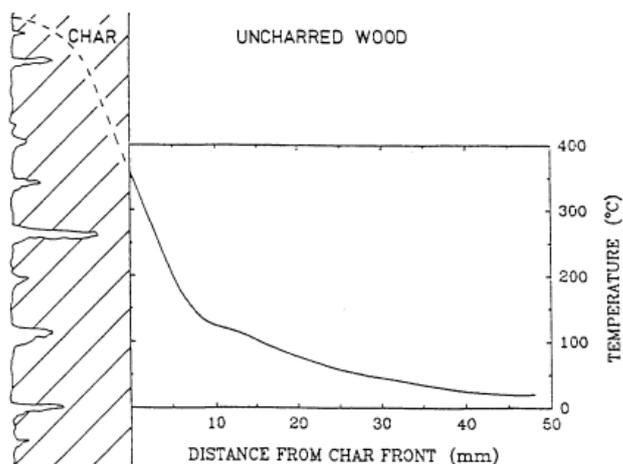


Bild 1 Temperaturverlauf im unverbrannten Holz
Quelle: [4]

Die Entzündungstemperatur ist neben der Rohdichte, der Holzfeuchtigkeit unter anderem von der Erwärmungsdauer abhängig. So kann es bei einem über Stunden andauernden Hitzestau am Holz zu einer Entzündung ab ca. 120 °C kommen, siehe Bild 2.

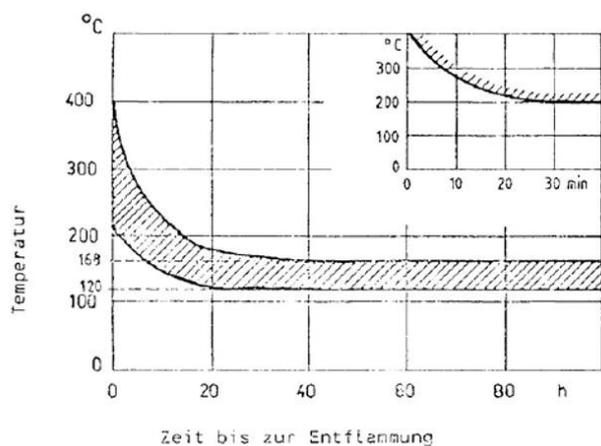


Bild 2 Entzündungstemperatur in Abhängigkeit der Dauer der Temperatureinwirkung von unbehandeltem Holz
Quelle: [1]

Diese Tatsache wird unter anderem beim Einbau von Öfen in Holzhäusern berücksichtigt. ÖNORM B 2331 [10] können in diesem Zusammenhang erforderliche Randabstände und Hinterlüftungsquerschnitte entnommen werden.

Für die Berechnung des Restholzquerschnittes zur statischen Dimensionierung nach einer erforderlichen Zeitdauer wird in ÖNORM EN 1995-1-2 [15] zwischen der eindimensionalen und der ideellen Abbrandrate unterschieden. Die eindimensionale Abbrandrate β_0 liegt bei Voll- und Brettschichtholz aus Nadelholz bei 0,65 mm/min. Dies bedeutet, dass ca. 2 cm Holz in 30 Minuten Brandbeanspruchung abbrennen.

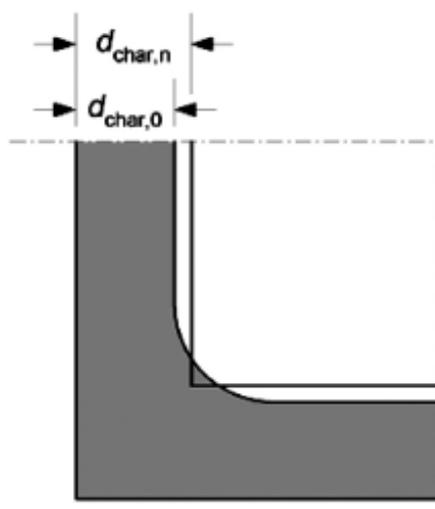


Bild 3 Ideelle Abbrandrate aufgrund der Eckausrundung
Quelle: [15]

Bei einem mehrseitigen Abbrand, beispielsweise bei Stützen wird aufgrund der ECKAUSRUNDUNG die sogenannte ideale Abbrandrate β_n verwendet, welche höhere Werte aufweist. Damit ergibt sich für die Berechnung wieder ein rechteckiger Restholzquerschnitt, siehe Bild 3. Für Brettschichtholz liegt β_n bei 0,7 mm/min und für Vollholz bei 0,8 mm/min. Die genormten Abbrandraten weiterer Holzprodukte können Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1: Abbrandraten β_0 und β_n Quelle: [15]

| Material | β_0 mm/min | β_n mm/min |
|---|---------------------|---------------------|
| a) Nadelholz und Buche | | |
| Brettschichtholz mit einer charakteristischen Rohdichte von $\geq 290 \text{ kg/m}^3$ | 0,65 | 0,7 |
| Vollholz mit einer charakteristischen Rohdichte von $\geq 290 \text{ kg/m}^3$ | 0,65 | 0,8 |
| b) Laubholz | | |
| Vollholz oder Brettschichtholz mit einer charakteristischen Rohdichte von $\geq 290 \text{ kg/m}^3$ | 0,65 | 0,7 |
| Vollholz oder Brettschichtholz mit einer charakteristischen Rohdichte von $\geq 450 \text{ kg/m}^3$ | 0,50 | 0,55 |
| c) Furnierschichtholz | | |
| mit einer charakteristischen Rohdichte von $\geq 480 \text{ kg/m}^3$ | 0,65 | 0,7 |
| d) Platten | | |
| Holzbekleidungen | 0,9 ^a | – |
| Sperrholz | 1,0 ^a | – |
| Holzwerkstoffplatten außer Sperrholz | 0,9 ^a | – |
| a Die Werte gelten für eine charakteristische Rohdichte von 450 kg/m ³ und eine Werkstoffdicke von 20 mm, für andere Werkstoffdicken und Rohdichten, siehe 3.4.2 (9) | | |

Für Brettsperrholzelemente, welche mit PUR verklebt sind, ergeben sich entsprechend umfangreicher internationaler Untersuchungen erhöhte Abbrandraten der inneren Brettlagen. Aufgrund des Abfalls der Kohleschicht der ersten Lage und der höheren Temperaturen sowie der geringeren Holzfeuchtigkeit an der nächsten Lage erhöht sich bis zur Ausbildung einer Kohleschicht von 25 mm deren Abbrandrate. Bei Decken- und Dachelementen ist mit einer Verdoppelung zu rechnen, siehe Tabelle 2 und Bild 4.

Tabelle 2: Abbrandraten β_0 für Brettsperrholzelemente Quelle: [27]

| Bauteil | Schicht | Verklebung | β_0 in mm/min |
|-------------------|---|------------|---------------------|
| Decke, Dach, Wand | Decklage | MUF, PUR | 0,65 |
| | weitere Lagen <i>ab</i> 25 mm Kohleschicht | MUF, PUR | 0,65 |
| Decke, Dach | weitere Lagen <i>bis</i> 25 mm Kohleschicht | PUR | 1,3 |
| | | MUF | 0,8 |
| Wand | weitere Lagen <i>bis</i> 25 mm Kohleschicht | PUR | 0,9 |
| | | MUF | 0,7 |

Abbrand BSP Deckenelemente mit PUR Verklebung

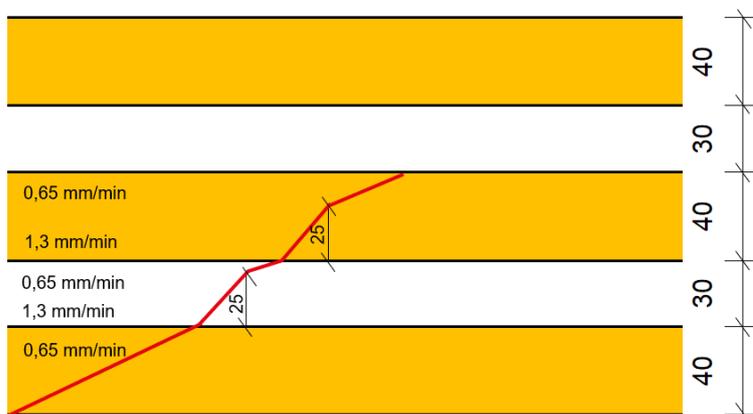


Bild 4 Verlauf des Abbrandes bei Brettsperrholzdecken mit PUR Verklebung

Grafik: der:TEIBINGER
holzbau im detail

Für die Berechnung des Feuerwiderstandes von Brettsperrholzelementen wird auf [29] verwiesen.

Werden Holzkonstruktionen mit Gipskartonplatten bekleidet, so sind der Beginn des Abbrandes hinter der Bekleidung t_{ch} gemäß ÖNORM EN 1995-1-2 und die Versagenszeit t_f gemäß ÖNORM B 1995-1-2 zu berechnen. Eine kurze Zusammenfassung ist auch in [20] gegeben.

2. Bemessung

Für die Bemessung von Holzkonstruktionen wird zuerst gemäß der in Abschnitt 1 angeführten Abbrandraten der Bemessungswert der Abbrandtiefe d_{char} ermittelt. In weiterer Folge liegen entsprechend ÖNORM EN 1995-1-2 [15] für die Heißbemessung zwei Möglichkeiten vor. Hintergrundinformationen zu EN 1995-1-2 können [18] entnommen werden.

2.1. Methode reduzierte Querschnitte

Bei der Methode mit reduzierten Querschnitten werden vom ursprünglichen Holzquerschnitt zusätzlich zum Abbrand weitere 7 mm (d_0) abgezogen, wodurch die Festigkeits- und Steifigkeitsverluste des durchwärmten Holzes berücksichtigt werden.

$$d_{ef} = d_{char} + k_0 \cdot d_0 \quad \text{Formel (4.1) nach ÖNORM EN 1995-1-2}$$

d_{ef} : wirksame Abbrandtiefe in mm

d_{char} : Bemessungswert der Abbrandtiefe in mm

k_0 : bei Brandbeanspruchung ≥ 20 Minuten: $k_0 = 1$

d_0 : 7 mm

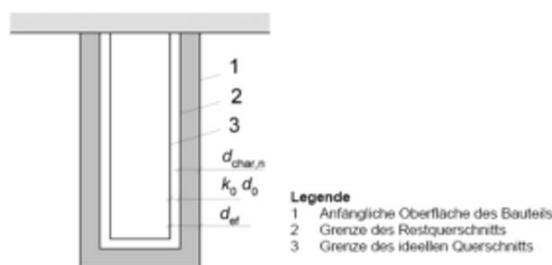


Bild 5 Darstellung zur Bestimmung des effektiven Querschnittes nach der Methode der reduzierten Querschnitte
Quelle: [15]

In [29] wird angeführt, dass für Brettsperrholz eine Berechnung nach reduzierten Eigenschaften sinnvoll ist, da bei knickgefährdeten Bauteilen Vergleichsrechnungen belegen, dass höhere Werte als 7 mm für d_0 vorliegen können.

2.2. 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 ≥ 20 Minuten sind die nachfolgenden Formeln zu verwenden.

- Biegefestigkeit

$$k_{mod,fi} = 1,0 - \frac{1}{200} \cdot \frac{p}{A_f} \quad \text{Formel (4.2) nach ÖNORM EN 1995-1-2}$$

- Zugfestigkeit und E-Modul

$$k_{mod,fi} = 1,0 - \frac{1}{330} \cdot \frac{p}{A_f} \quad \text{Formel (4.4) nach ÖNORM EN 1995-1-2}$$

- Druckfestigkeit

$$k_{mod,fi} = 1,0 - \frac{1}{125} \cdot \frac{p}{A_f} \quad \text{Formel (4.3) nach ÖNORM EN 1995-1-2}$$

$k_{mod,fi}$: Modifikationsfaktor

p: Umfang des dem Feuer ausgesetzten Restquerschnitts in m

A_f : Fläche des Restquerschnitts in m^2

2.3. Nachweisführung

2.3.1. Einwirkungen im Brandfall

Die charakteristischen Lasten E_k werden für die Bemessung mit den Teilsicherheitsbeiwerten γ_m erhöht um die Bemessungslasten E_d zu erhalten. In der Heißbemessung können die Bemessungslasten E_d um den Faktor η 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 [17] der Abminderungsfaktor η_{fi} mit 0,60 angenommen werden. Für Bereiche mit Nutzlasten der Kategorie E (Lagerflächen) mit dem Wert 0,70.

2.3.2. 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 kN/cm^2

k_{fi} : Faktor gemäß Tabelle 3

- f_k : charakteristische Festigkeit in kN/cm^2
 $k_{\text{mod,fi}}$: Modifikationsbeiwert im Brandfall $k_{\text{mod,fi}} = 1$
 $\gamma_{\text{m,fi}}$: Teilsicherheitsbeiwert im Brandfall $\gamma_{\text{m,fi}} = 1$

Tabelle 3: 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. Brandverhalten versus Feuerwiderstand

3.1. Brandverlauf

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. 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.

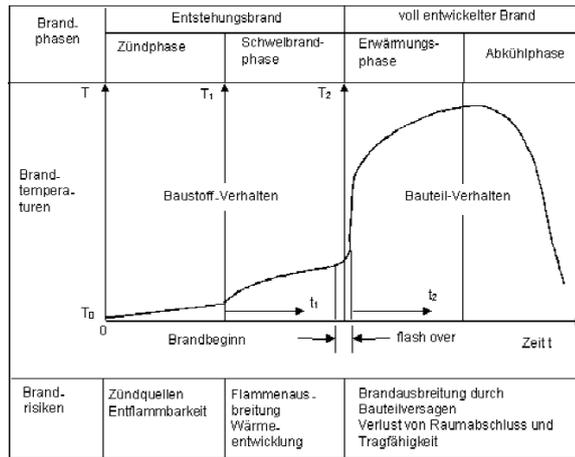


Bild 6 Brandphasen Quelle: [19]

3.2. Brandverhalten - Baustoffverhalten

Wesentliche Eigenschaften zur Beurteilung von Baustoffen hinsichtlich des Brandverhaltens stellen die Entzündbarkeit, die Brennbarkeit, die Flammenausbreitung, die Rauchentwicklung sowie die Abbrandgeschwindigkeit dar. Da diese Eigenschaften von unzähligen Faktoren abhängen, werden zur Vergleichbarkeit des Brandverhaltens der einzelnen Baustoffe standardisierte Prüfungen durchgeführt. Die Einteilung von Baustoffen mit Ausnahme von Bodenbelägen erfolgt nach ÖNORM EN 13501-1 [13] folgendermaßen:

Tabelle 4: Einteilung der Brandverhaltensklassen gemäß ÖNORM EN 13501-1 [13]

| Brandverhaltensklassen | | Rauchentwicklungsklassen | | Abtropfverhaltensklassen | |
|------------------------|----------------|--------------------------|--|--------------------------|--|
| A1 | nicht brennbar | s1 | geringe Rauchentwicklung | d0 | kein brennendes Abtropfen/Abfallen innerhalb von 600 s |
| A2 | | | | | |
| B | brennbar | s2 | mittlere Rauchentwicklung | d1 | kein brennendes Abtropfen/Abfallen mit einer Nachbrennzeit länger als 10 s innerhalb von |
| C | | | | | |
| D | | s3 | hohe Rauchentwicklung bzw. nicht geprüft | d2 | keine Leistung festgestellt |
| E | | | | | |
| F | | | | | |

Bei der Nutzung von Klassifizierungsberichten nach ÖNORM EN 13501-1 [13] ist zu beachten, dass immer die Einbausituation (z.B. mit/ohne Luftschicht) berücksichtigt werden muss. Um den erforderlichen Prüf- und Klassifizierungsaufwand zu reduzieren, besteht seitens der Europäischen Kommission die Möglichkeit, für Baustoffe mit bekanntem Brandverhalten und definierten Materialeigenschaften Klassifizierungen ohne zusätzliche Prüfungen (classification without further testing cwft) durchzuführen. In Übereinstimmung mit der Entscheidung der Europäischen Kommission 2003/43/EC ist Konstruktionsholz mit einer Mindestdichte von 350 kg/m³ und einer Mindestdicke von 22 mm zur Verwendung als Wand-, Decken-, Dach- oder Sonderbauteile der Euroklasse D-s2, d0 nach ÖNORM EN 13501-1 [13] zuzuordnen.

3.3. Feuerwiderstand - Bauteilverhalten

3.3.1. Allgemeines

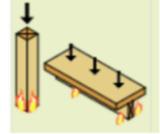
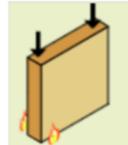
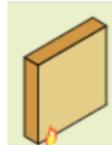
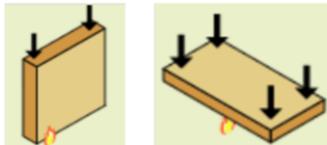
Die Anforderungen an den Feuerwiderstand werden immer an den gesamten Bauteil gestellt.

Bei den Feuerwiderstandsklassen REI wird zwischen tragenden und/oder brandabschnittsbildenden Bauteilen unterschieden.

Tabelle 5: Bezeichnungen für den Feuerwiderstand nach ÖNORM EN 13501-2 (Auszug) [14]
Abbildungen aus [18]

| Kurzzeichen | Anforderung | Abbildung |
|-------------|---------------|---|
| R | Tragfähigkeit |  |
| E | Raumabschluss |  |
| I | Wärmedämmung |  |

Tabelle 6: Zuordnung der Anforderungen an den Feuerwiderstand an Bauteile Quelle: [1]

| | 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 [12] auf Basis von Bauteilprüfungen oder mittels rechnerischem Nachweis nach ÖNORM EN 1995-1-2 [15] in Kombination mit dem nationalen Anwendungsdokument ÖNORM B 1995-1-2 [17] erfolgen. Eine übersichtliche informa-

tive Zusammenstellung des erzielbaren Feuerwiderstandes auf Basis umfangreicher Großbrandversuche 26 bei Einhaltung konstruktiver Maßnahmen, wie z.B. Abmessungen und Baustoffe sowie der maximalen Last $E_{d,fi}$ in kN/m (Wände) bzw. kN/m² (Dächer) können [23] entnommen werden.

3.3.2. Anforderung R versus REI

Es wird darauf hingewiesen, dass bei tragenden Innenwände innerhalb einer Nutzungseinheit mit einer beidseitigen Brandbeanspruchung gerechnet werden muss, siehe hierzu auch Tabelle 6. Dies bedeutet, im Gegensatz zu einer Trennwand zwischen unterschiedlichen Nutzungseinheiten (Anforderung EI bzw. REI) bei der nur eine einseitige Brandbeanspruchung vorliegt, dass die Bekleidungen gleichzeitig versagen. Im Gegensatz dazu kann bei einer einseitigen Brandbeanspruchung eine aussteifende Wirkung der brandabgekehrten Holzwerkstoff- und/oder Gipsplatten vorliegen. Die vorhandenen Klassifizierungsberichte führen in der Regel (lediglich) das REI-Kriterium an, also berücksichtigen ausschließlich eine einseitige Brandbeanspruchung. Für den Praktiker werden bis zum Vorliegen entsprechender Klassifizierungsberichte folgende Empfehlungen abgegeben:

- Umsetzung konstruktiver Maßnahmen (Diagonalstreben und gegebenenfalls Querstreben zur Verringerung der Knicklänge der Steher)
- Bekleidungsstärken
 - 15 mm GKF (R 30),
 - 2 x 15 mm GKF (R 60)
 - 3 x 15 mm GKF (R 90)
- Verwendung von Spezialplatten mit entsprechenden Nachweisen
- Rechnerischer Nachweis

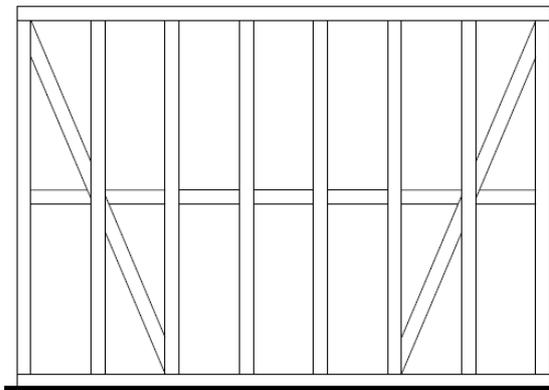


Bild 7 Schematische Darstellung konstruktiver Maßnahmen zur Aussteifung der Wandscheibe und Verringerung der Knicklänge der Stützen

3.3.3. Zusätzliche rechnerische Nachweise

Die in den Klassifizierungsberichten angeführte Prüflast wird mit dem Bemessungswert der Einwirkung $E_{d,fi}$ gleichgesetzt.

Im Falle, dass eine größere Spannweite bzw. Höhe vorliegt oder $E_{d,fi}$ vom Klassifizierungsbericht abweicht, kann von einem Befugten (Holzbaumeister, Ziviltechniker) ein Spannungsnachweis geführt werden. Die angeführten Bekleidungen und Dämmungen sind in jedem Fall entsprechend dem geprüften Aufbau einzusetzen. Bei Wänden in Rahmenbauweise ist zusätzlich ein Knicknachweis der Steher zu führen.

4. Fallbeispiele aus der Praxis

4.1. Gebäudeklasse 1 Brandwand

Bei Gebäuden der Gebäudeklasse 1 werden grundsätzlich keine Anforderungen an den Feuerwiderstand der Bauteile gestellt. Ausgenommen ist die Brandwand an der Grundgrenze, die einen Feuerwiderstand von REI 60 erfüllen muss, siehe Bild 8.

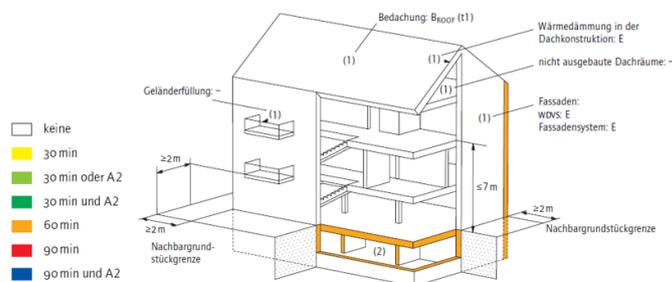


Bild 8 Anforderungen an Gebäude der Gebäudeklasse 1, Quelle: [20]

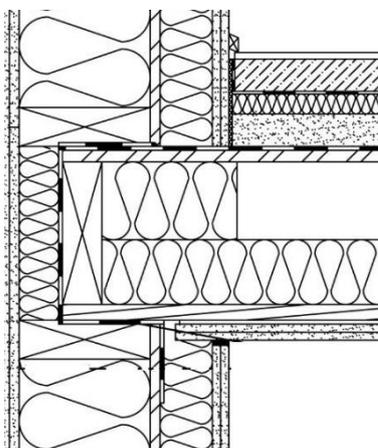


Bild 9 Deckenaufleger Symbolbild

Sofern nun die Decke auf der Brandwand aufliegt und auch die Deckenspannrichtung zur Brandwand läuft, sind konstruktive Zusatzmaßnahmen zu wählen, sofern nicht die gegenüberliegende tragende Wand auch einen Feuerwiderstand von 60 Minuten aufweisen soll. Die Deckenspannrichtung könnte eventuell gedreht werden oder die Brandwand – mit entsprechender Abstützung durchgeführt werden, sodass die Decken nicht direkt aufgelegt werden. Auf alle Fälle müssen Planer und Ausführende konstruktive Zusatzmaßnahmen überlegen und umsetzen.

4.2. Brandabschnittsbildende Wand GK 3 bzw. GK 4

Bei Objekten in der GK 3 bzw. GK 4 mit brandabschnittbildenden Wänden innerhalb der Gebäude kann es ebenfalls zu unterschiedlichen Anforderungen der Wände mit 60 bzw. 90 Minuten Feuerwiderstand kommen, siehe Bild 10. Sofern es sich um tragende Wände handelt und die Deckenspannrichtung quer zur brandabschnittsbildenden Wand läuft, sind ebenfalls konstruktive Überlegungen erforderlich. Da allerdings die Trennbauteile häufig zweischalig ausgeführt werden, ist diese Aufgabenstellung relativ einfach zu lösen. Ein jeder Teil der Trennwand erfüllt einen Feuerwiderstand von REI 60, gemeinsam erfüllen sie einen Feuerwiderstand von EI 90, siehe [1].

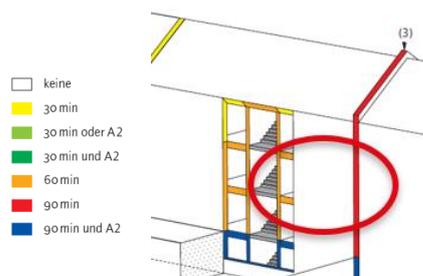


Bild 10 Unterschiedliche Anforderungen an die Wände, Bildquelle: [20]

Bauphysikalische Bewertung

| | | |
|---|--|---------------------------------------|
| Brandschutz | REI | 60 |
| gilt für jede einzelne der tragenden Wände; für den Gesamtaufbau: EI90; max. Wandhöhe = 3 m; max. Last $E_{d,li}$ = 50,0 kN/m Klassifizierung durch MA39 | | |
| Wärmeschutz | U Diffusionsverhalten | 0,19 W/(m ² K) geeignet |
| Berechnung durch HFA | | |
| Schallschutz | R_{w} (C,C _w) $L_{n,w}$ (C) | 59(-2;-10) dB |
| Beurteilung durch MA39 | | |
| Flächenbezogene Masse | m | 92,80 kg/m ² |
| Berechnet mit GKF | | |

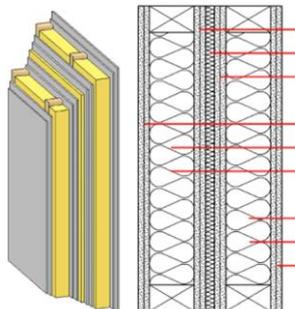


Bild 11 Beispielhafter Wandaufbau, Quelle: [1]

5. Detailknotenausbildung

Die Auswahl klassifizierter Bauteile und die Einhaltung der geforderten Baustoffe zur Erzielung des geforderten Feuerwiderstandes ist das Eine, richtige Montage, Verbindung der Elemente vor Ort sind natürlich mindestens genauso wichtig für ein brandschutztechnisch sicheres Gebäude. Die Elementkoppelungen müssen so ausgebildet sein, dass sie denselben Feuerwiderstand erfüllen, wie die flächigen Bauteile selbst. Um dies gewährleisten zu können, sind nachfolgend angeführte Maßnahmen erforderlich. Diese gelten natürlich grundsätzlich für jede Bauweise, auch für mineralische.

- **Vermeiden unkontrollierter Hohlräume**

Bei zweischaligen Trennwänden sind die Hohlräume zwischen den beiden Wandscheiben mit einem nichtbrennbaren Dämmstoff auszdämmen, siehe auch Bild 11. Der Dämmstoff verhindert nicht nur eine unkontrollierte Brandausbreitung über den Hohlraum, sondern auch eine nichtgeplante Koppelung der beiden Wände. Diese würde zu einer unerwünschten Schallübertragung zwischen den beiden Nutzungseinheiten führen.

- **passgenaue Verarbeitung der Elemente**

Die passgenaue Verarbeitung der Elemente ist grundsätzlich im Holzbau aufgrund des hohen Vorfertigungsgrades gegeben. Sollte trotzdem vor Ort etwas nachgeschnitten werden bzw. Unebenheiten zwischen den Kontaktflächen vorliegen, so sind diese brandschutztechnisch zu verschließen.

- **kraftschlüssige Verschraubungen der Elemente untereinander**

Aus statischen Gründen werden die einzelnen Wand- und Deckenscheiben immer kraftschlüssig miteinander verbunden.

Im Zuge des Forschungsvorhabens [23] wurden 66 Großbrandversuche von Holzrahmen- und Holzmassivbauteilen durchgeführt. Bei den Wandversuchen wurden Behelfsdecken zur Einbringung der Prüflast auf die Wandscheiben verschraubt, siehe Bild 12. Im Bereich der Anschlussfuge zwischen den geprüften Wänden und der Behelfsdecke wurden keinerlei zusätzliche Brandschutzmaßnahmen gesetzt. Es kam bei keinem Versuch zu einem Versagen in diesem Bereich, siehe Bild 13.

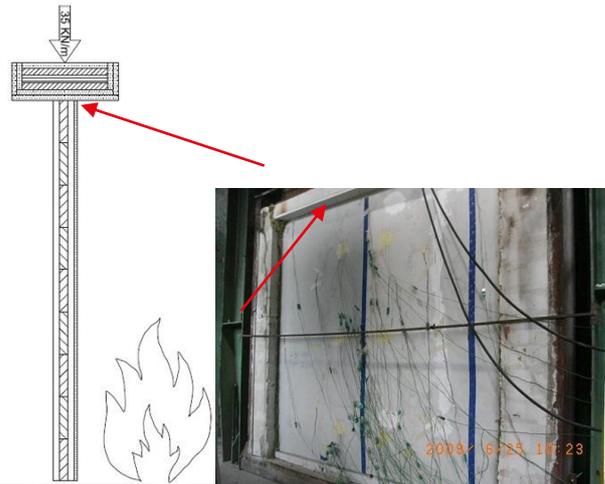


Bild 12 Behelfsdecke bei Großbrandversuchen, Bildquelle: Holzforschung Austria



Bild 13 Feuerzugewandte Seite einer Prüfwand nach einem Großbrandversuch ohne Probleme im Anschlussbereich zur Decke, Bildquelle: Holzforschung Austria

Zusätzliche Untersuchungen zum Brandschutz von Deckenauflagern [24] bestätigen ebenfalls die brandschutztechnische Sicherheit von Detailknoten bei Einhaltung der angeführten konstruktiven Maßnahmen, siehe Bild 14.



Bild 14 Deckenanschluss in Massivholzbauweise mit Schallschutzlager nach einem Brandversuch von über 60 Minuten, Bildquelle: Holzforschung Austria

Weiterführende Detailösungen zu Knotenausbildungen können der ÖNORM B 2330 [10], diversen Fachbüchern [4], [4], [5], [27], [28] und dem Bauteilkatalog dataholz [1] entnommen werden.

6. Einbau von Installationen

6.1. Allgemeines

Der beste brandabschnittsbildende Bauteil versagt, wenn durch diesen nicht abgeschottete Installationen eingebaut wurden. Aus diesem Grund ist bei jeder Bauweise, dass Zusammenspiel der unterschiedlichen Professionisten entscheidend. Gebäudetechnikplaner, Installateure und Elektriker müssen die spezifischen Besonderheiten des Holzbaus - auch in brandschutztechnischer Hinsicht - kennen. Wenn Installationsleitungen, Schächte und Kanäle in Trennbauteile liegen und/oder diese durchdringen, ist durch brandschutztechnische Maßnahmen sicherzustellen, dass die Feuerwiderstandsklasse des Bauteils eingehalten wird.

6.2. Einbau von Installationen in Trennbauteile und brandabschnittsbildende Bauteile

Die Ausbildung von Installationsebenen wird im Holzbau aus unterschiedlichsten bauphysikalischen Gründen grundsätzlich empfohlen. Sofern E-Installationen trotzdem im Gefach liegen und diese durchdringen, sind bei Trennbauteilen brandschutztechnische Zusatzmaßnahmen auszuführen. ÖNORM B 2330 [10] lässt die Verlegung einzelner Leitungen (Elektro- und Wasserleitungen) sowie Leerverrohrungen innerhalb des Gefaches zu, sofern ihr Durchmesser < 32 mm ist und der Abstand der Leitungen untereinander (von Achse zu Achse) \geq dem 10fachen Durchmesser der größten Leitung entspricht. Schwächungen der tragenden Holzquerschnitte sind in jedem Fall mit den Tragwerksplanern abzuklären. Beim Einbau von Elektroschalter bzw. -dosen im Gefach von Trennbauteilen in Holzrahmenbauweise sind folgende brandschutztechnische Maßnahmen umzusetzen.

- **Einsatz von Mineralwolledämmung Schmelzpunkt ≥ 1.000 °C**

Die Mineralwolle muss eine Rohdichte ≥ 30 kg/m³ aufweisen und gegen Herausfallen gesichert sein. Der Abstand zur gegenüberliegenden Bekleidung muss ≥ 50 mm und ausgedämmt sein. Zu tragenden Holzbauteilen ist ein Mindestabstand von 150 mm einzuhalten oder es ist eine nicht brennbare Platte am Holz mit derselben Dicke der Bekleidung erforderlich.

Bei nichttragenden Bauteilen gelten hinsichtlich des Randabstandes zum Holz keine Anforderungen.

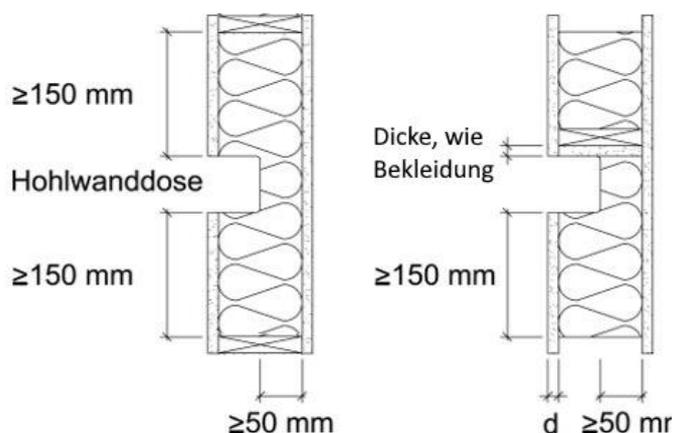


Bild 15 Erforderliche Abstände bei Gefachdämmung aus Mineralwolle (Schmelzpunkt $\geq 1.000\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\rho \geq 30\text{ kg/m}^3$)
Quelle: [2]

- **geprüfte und klassifizierte Einhausungen aus Brandschutzplatten**

Alternativ anstelle der angeführten Mineralwollendämmung mit den erforderlichen Randabständen können auch geprüfte und klassifizierte Einhausungen aus nichtbrennbaren Brandschutzplatten eingesetzt werden. Von einem Einsatz von Gipsummörtelungen wird aus baupraktischen Gründen abgeraten.

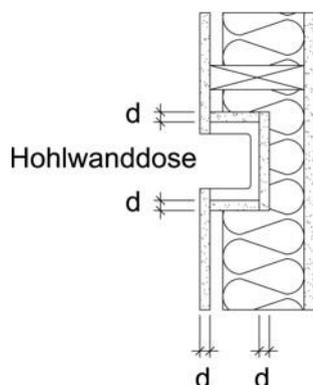


Bild 16 Einsatz von Einhausungen Quelle: [2]

- **geprüfte und klassifizierte Brandschutzdosen**

Es können auch klassifizierte Brandschutzdosen entsprechend der Herstellerangaben eingesetzt werden.



Bild 17 Einsatz von klassifizierten Brandschutzdosen Quelle: [28]

6.3. Durchdringungen von Trennbauteilen und brandabschnittsbildenden Bauteilen

Durchdringungen durch Trennbauteile und brandabschnittsbildende Bauteile sind entsprechend dem geforderten Feuerwiderstand des Bauteils abzuschotten. Gemäß ÖNORM B 2330 [10] können einzelne Leitungen (Elektro- und Wasserleitungen) mit einem Durchmesser ≤ 25 mm ohne Abschottung durchgeführt werden, sofern der Abstand der Leitungen untereinander (von Achse zu Achse) > 1 m ist und der Durchbruch für jede Leitung passgenau ausgeführt wird.

6.4. Vertikale Verteilung in Schächten

ÖNORM B 2330 [10] führt auf Basis von Untersuchungen [26] konstruktive Regeln für nachweisfreie Ausbildungen von Schächten in Holzbauten an. Schachtbegrenzende Wände müssen von beiden Seiten den Feuerwiderstand aufweisen, der von der Schachtwand gefordert ist und sind schachtinnenseitig nicht-brennbar zu bekleiden. Alternativ zu den angeführten Konstruktionsempfehlungen können natürlich geprüfte und klassifizierte Systemlösungen für den Holzbau eingesetzt werden.

6.4.1. Schachttyp A

Beim Schachttyp A wird der Schacht als eigener Brandabschnitt von der Kellerdecke durch das Gebäude geführt. Die Durchdringungen durch die klassifizierten Schachtwände sind mit klassifizierten Brandschutzsystemen abzuschotten.

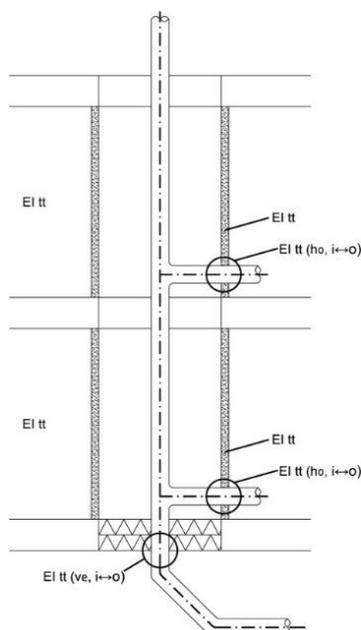


Bild 18 Prinzipdarstellung Schachttyp A Quelle: [5]

Freiliegende Holzbauteile, wie z.B. Deckenausschnitte sind vollflächig nichtbrennbar zu bekleiden, wobei ÖNORM B 2330 [10] bei einem Feuerwiderstand von 60 Minuten GKF Platten mit mindestens 2 x 12,5 mm Dicke fordert. Bild 19 zeigt die konstruktiven Maßnahmen im Bereich des Deckenausschnittes bei einer Brettsperrholzdecke. Bei einer Holzrahmendecke gelten sinngemäß dieselben Anforderungen, wobei Auswechselungen einzubauen und entsprechend abzuschotten sind. Im Anschlussbereich der Schachtwand zu den Holzelementen (unter den U-Profilen) sind 50 mm breite und 20 mm dicke Gipsplatten Typ GM-F gemäß ÖNORM EN 15283-1 [15] einzubauen.

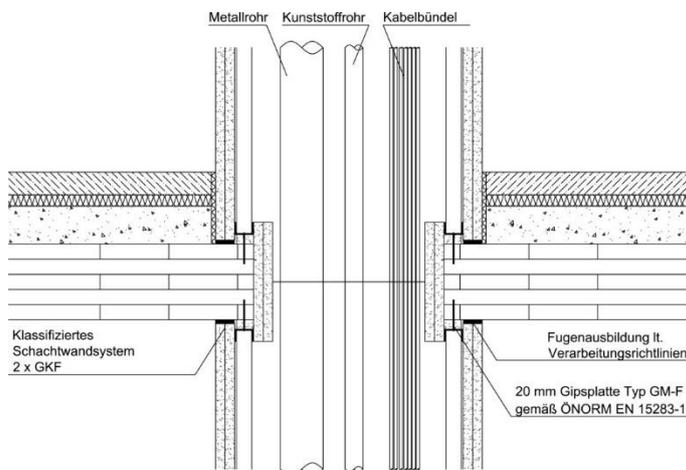


Bild 19 Detail einer Deckendurchdringung bei Schachttyp A Quelle: [26]

6.4.2. Schachttyp B

Beim Schachttyp B erfolgt eine geschoßweise Abschottung durch Weich- oder Hartschotts im Bereich der Deckenausschnitte. Sämtliche Durchdringungen durch diese Abschottung sind brandschutztechnisch mit klassifizierten Systemen abzuschotten. An die Schachtwände werden keine brandschutztechnischen Anforderungen gestellt.

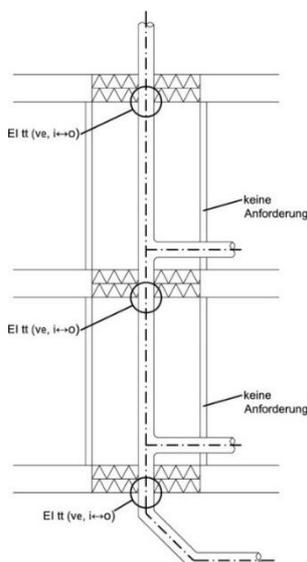


Bild 20 Prinzipdarstellung Schachttyp B Quelle: [5]

Bild 21 zeigt die konstruktiven Maßnahmen im Bereich des Deckenausschnittes bei einer Brettsperrholzdecke. Bei einer Holzrahmendecke gelten sinngemäß dieselben Anforderungen, wobei Auswechslungen einzubauen und entsprechend abzuschotten sind. Im Anschlussbereich der Schachtwand zu den Holzelementen (unter den U-Profilen) sind 50 mm breite und 20 mm dicke Gipsplatten Typ GM-F gemäß ÖNORM EN 15283-1 [15] einzubauen. Die Untersuchungen in [26] waren ohne Gipsbekleidung der Deckenleibungen ausgeführt worden. Es wird allerdings eine zusätzliche Bekleidung empfohlen.

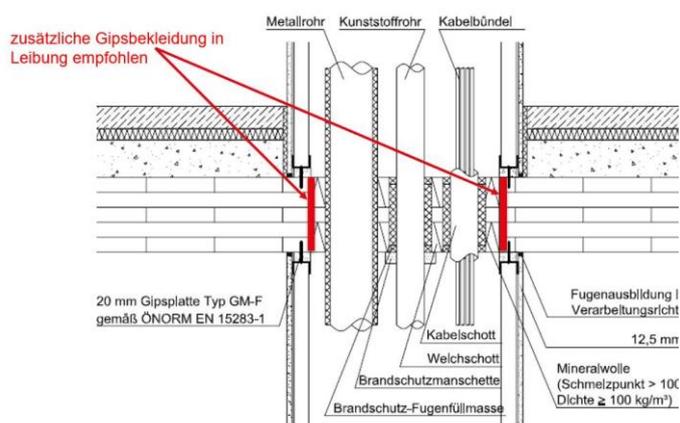


Bild 21 Detail einer Deckendurchdringung bei Schachttyp B Quelle: [26]

6.5. Horizontale Verteilung

Entsprechend ÖNORM B 2330 [10] darf die horizontale Verteilung der Installationen in den geschoßweisen Brandabschnitten nicht innerhalb der brandschutztechnisch wirksamen Bauteilquerschnitte erfolgen. Die Verteilung hat in entsprechenden Installationsebenen, wie abgehängten Decken, Vorwandkonstruktionen oder Fußbodenaufbauten zu erfolgen.

7. Fassaden aus Holz

7.1. Brandausbreitung an der Fassade

Brände an Fassaden können aufgrund einer konvektiven Wärmeübertragung und Wärmestrahlung infolge eines Brandes bei einem Nachbargebäude, durch Vandalismus, Unfälle sowie aufgrund eines Flammenaustritt im Zuge eines Vollbrandes im Gebäude selbst entstehen. Die letzte Variante stellt die häufigste Brandursache an Fassaden dar. Die Flammen reichen bei einem Ausbrand einer Wohnung bis zur Fensterunterkante des 2. darüberliegenden Geschoßes. Würde die Feuerwehr nicht eingreifen, käme es in dem darüberliegenden Geschoß zu einem Einbrand und in weiterer Folge ebenfalls zu einem flash-over. Der Brand würde von Fenster zu Fenster über die gesamte Gebäudehöhe geleitet werden, siehe Bild 22 und Bild 23.

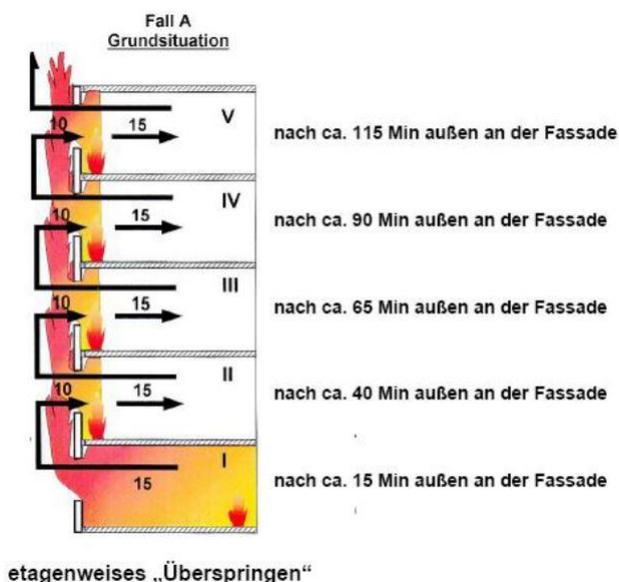


Bild 22 Schema der Brandausbreitung über die Gebäudeaußenwand bei nichtbrennbaren Materialien. Die Zeiten stellen grobe Anhaltspunkte dar. Quelle: [26]



12. Minute
„flash-over“ 1. Etage

20. Minute
„flash-over“ 2. Etage

Bild 23 Brand von Fenster zu Fenster bei einem Re-
albrand mit nichtbrennbaren Konstruktionen
Quelle: [30]

7.2. Untersuchungen und Detaillösungen

Zur den Auswirkungen der Brandlast einer Holzfassaden wurden national [20] und international [5] umfangreiche Untersuchungen durchgeführt. An der Stelle sei darauf hingewiesen, dass in Österreich im Gegensatz zu Deutschland und der Schweiz ein strengeres Schutzziel vorherrscht, siehe Bild 24. Aus diesem Grund sind die konstruktiven Lösungen unserer Nachbarn in Österreich nicht umsetzbar.



Bild 24 Unterschiedliche Schutzziele: Deutschland kein Brand nach 20 Minuten über *linierter* Linie; Österreich kein Brand über *durchgezogener* Linie nach 30 Minuten Ursprungsbild: [6]

In Österreich sind Holzfassaden bei Objekten in der Gebäudeklasse 5 bis zu maximal sechs oberirdischen Geschossen zulässig. Ab der Gebäudeklasse 4 sind brandschutztechnische Vorkehrungen erforderlich. Dies bedeutet auch, dass die Bekleidung innerhalb der Hinterlüftungsebene nichtbrennbar sein muss. Eine im Holzbau gerne verwendete diffusionsoffene Holzwerkstoffplatte ist in diesem Fall durch eine Gipsfaserplatte zu ersetzen. Das brennbare Windpapier hat keinen relevanten Einfluss auf die Brandweiterleitung. In der OIB Richtlinie 2 gibt es für Objekte der Gebäudeklasse 4 eine Ausnahme zu den erforderlichen Brandschutzsperrern, wenn das Gebäude freistehend und von mindestens drei Seiten für die Brandbekämpfung zugänglich ist, die Dämmung im Bereich des Fassadensystems bzw. die Bekleidung des Gefachs mind. A2 sind, die Befestigungsmittel einen Schmelzpunkt $\geq 1.000 \text{ }^\circ\text{C}$ haben und der Hinterlüftungsquerschnitt $\leq 6 \text{ cm}$ ist, siehe Bild 25.

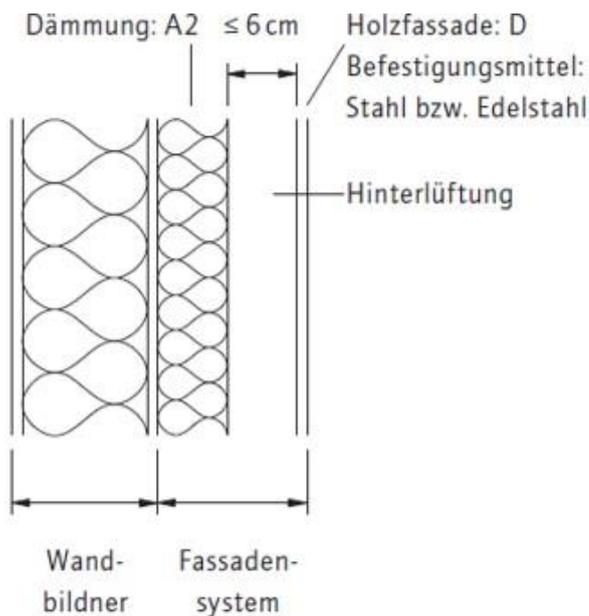


Bild 25 Ausnahmen für Gebäude der GK 4 nach OIB Richtlinie 2 Bildquelle: [21]

In ÖNORM B 2332 [12] ist neben den konstruktiven Regeln von auskragenden Brandsperrern auch das Brandverhalten geprüfter Holzfassadensysteme zusammengefasst, siehe Tabelle 7.

Tabelle 7: Brandverhalten von Holzfassadensystemen, geprüfte und klassifizierte Systeme nach [12]

| Brandverhalten von Holzfassadensystemen ^{a,b} | | | |
|--|----------------|------------------|-------------------------------|
| Holzfassadensystem | Brandverhalten | Rauchentwicklung | Brennendes Abtropfen/Abfallen |
| | Klasse | Klasse | Klasse |
| Nut/Feder-Schalung, vertikal, Fichte, 19 mm; Hinterlüftung 30 mm, Fugenbreite ≤ 20 mm | D | s1 | d0 |
| Nut/Feder-Schalung, vertikal, Lärche, 19 mm; Hinterlüftung 30 mm, Fugenbreite ≤ 20 mm | D | s2 | d0 |
| Nut/Feder-Schalung, vertikal, Fichte, 19 mm; Hinterlüftung 100 mm | D | s1 | d0 |
| Nut/Feder-Schalung, horizontal, Fichte, 19 mm Hinterlüftung 30 mm, Fugenbreite ≤ 20 mm | D | s2 | d0 |
| 3-Schicht-Platte, Fichte, 19 mm; Hinterlüftung 30 mm, Fugenbreite ≤ 20 mm | D | s2 | d0 |
| 3-Schicht-Platte, Fichte, 19 mm; Hinterlüftung 100 mm | D | s2 | d0 |
| Nut/Feder-Schalung, vertikal, Fichte, 19 mm; Lattung 100 mm, (Hinterlüftung 40 mm und dazwischen Dämmung 60 mm), Fugenbreite ≤ 20 mm | D | s2 | d0 |
| Schindelfassade, Fichte, mindestens 2,5fache Überdeckung, keine Fugen | D | s2 | d0 |

^a Die angegebenen Klassifizierungen gelten auch mit deckenden wasserverdünnbaren Reinacrylatdispersions-Anstrichen oder Holzlasuren auf Basis wasserverdünnter Acrylat-Bindemittel.

^b Die angegebenen Klassifizierungen basieren auf durchgeführten Brandversuchen (siehe [1]).

Eine Zusammenfassung der Möglichkeiten für Brandschutzsperrern ist in Tabelle 8 angeführt.

Tabelle 8: Zusammenfassung der konstruktiven Regeln der Brandsperren gemäß ÖNORM B 2332 [12]

| Brandschutzsperren in der Fassadenfläche | | | | |
|--|----------------------------------|---|---|---|
| Material | Maßnahme | Detail | Bemerkungen | Innenecke |
| Stahlblech ($d \geq 1 \text{ mm}$) | Auskragung $\geq 200 \text{ mm}$ |  | bei offenen Schalungen: Bretter ($\geq 20 \text{ mm} \times 70 \text{ mm}$) Fugen $\leq 10 \text{ mm}$) | mit und ohne Fenster |
| Holz mit Stahl- blechabdeckung ($d \geq 1 \text{ mm}$) | | | | |
| Holz ($d \geq 40 \text{ mm}$) | | | | |
| Stahlblech ($d \geq 1 \text{ mm}$) | Auskragung $\geq 100 \text{ mm}$ |  | Stülp- schalung, Profilbretter, 3.Schichtplatten | Fensterabstand > 1 m von Innenecke oder Zusatzmaß- nahmen |
| Holz mit Stahl- blechabdeckung ($d \geq 1 \text{ mm}$) | | | | |

Bei Innenecken von Gebäuden mit geschlossenen Holzfassaden und einer Auskragung der brandsperren $< 200 \text{ mm}$ (aber $> 100 \text{ mm}$) sind - sofern Fenster einen Abstand $< 1 \text{ m}$ zur Innenecke aufweisen - konstruktive Maßnahmen erforderlich. In der Norm sind hierzu drei Möglichkeiten, angeführt, siehe Bild 26 bis Bild 29.

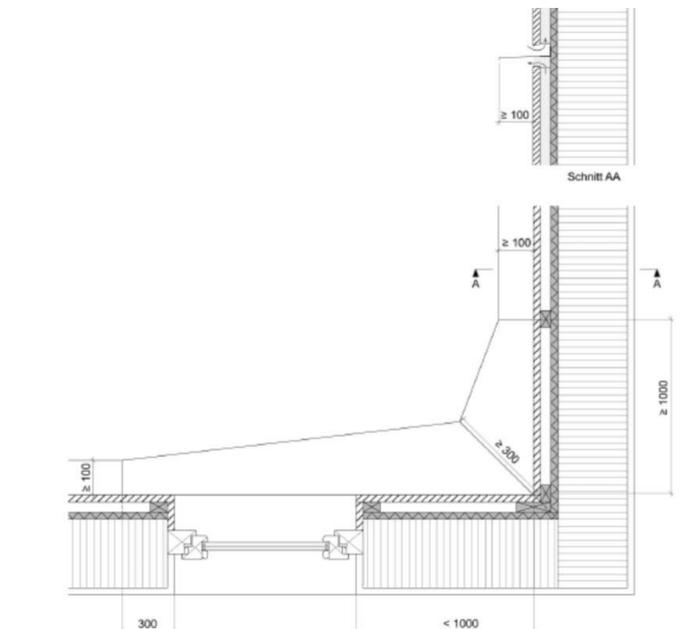


Bild 26 Verlaufende Brandsperre in der Innenecke Quelle: [12]

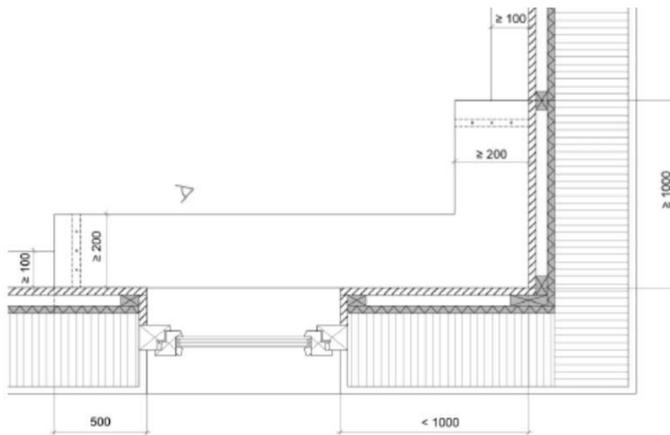


Bild 27 Stufenförmige Brandsperrung in der Innenecke Quelle: [12]

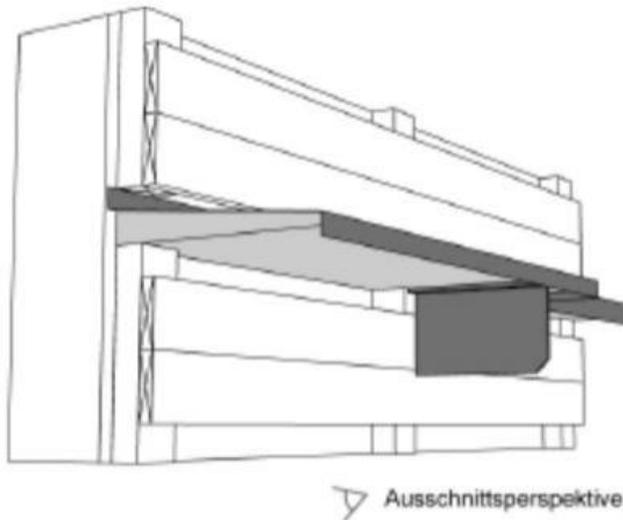


Bild 28 Vertikale Brandsperrung im Bereich des stufenförmigen Überganges Quelle: [12]

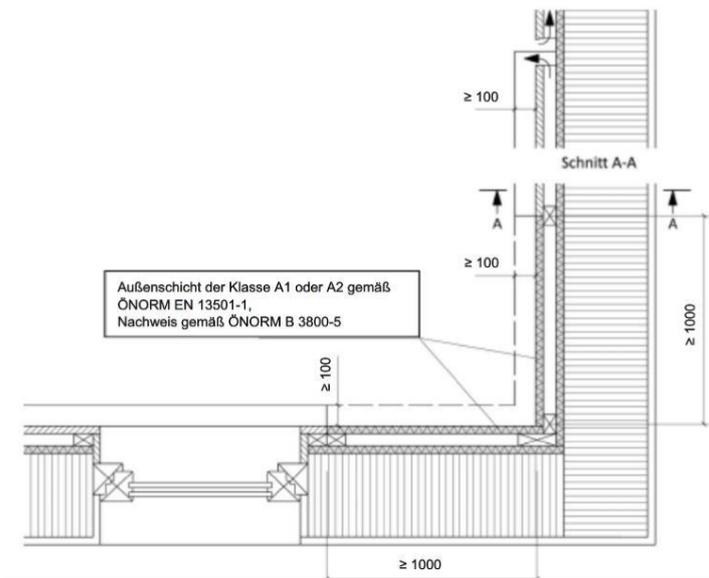


Bild 29 Materialwechsel in der Innenecke Quelle: [12]

8. Zusammenfassung

Für die brandschutztechnische Sicherheit eines Gebäudes sind nicht das Brandverhalten der Bauteile sondern viel mehr das richtige Konstruieren und der richtige Materialeinsatz entscheidend.

In jeder Hinsicht robuste Konstruktionen garantieren eine lange Lebensdauer der Konstruktion.

Auf Basis umfangreicher nationaler und internationaler Untersuchungen liegen sichere Detaillösungen für den Holzbau vor.

9. Literatur

- [1] dataholz - Bauteilkatalog. online: www.dataholz.eu, abgerufen am 04.04.2020
- [2] Frangi, Andrea; Schleifer, Vanessa; Studhalter, Johann (2005): Bauteile in Holz - Feuerwiderstandsdauer 30 und 60 Minuten. Lignatec 18/2005. Zürich.
- [3] Informationsdienst Holz (Hg.) (1994): Feuerhemmende Holzbauteile (F30-B). München (holzbau handbuch Reihe 3 Teil 4 Folge 2).
- [4] Informationsverein Holz e.V. (Hg.) (2015): Holzrahmenbau. 2. überarbeitete Auflage (Informationsdienst Holz holzbau handbuch Reihe 1 Teil 1 Folge 7). Kaufmann, Hermann; Krötsch, Stefan; Winter, Stefan (Hg.) (2017): Atlas Mehrgeschoßiger Holzbau. 1. Auflage. München.
- [5] Kotthoff, Ingo (2004): Prinzipien der Brandausbreitung an der Gebäudeaußenwand. Unveröffentlicht.
- [6] Kotthoff, Ingo; Bart, Beat; Wiederkehr, Reinhard (2003): Holzanwendung im Fassadenbereich. Naturbrandversuche an Holz-Aussenwandverkleidungen. Dokumentation zum Fachkolloquium vom 17.10.2003 in Merkers (D). Hg. v. Holzwirtschaft Schweiz Lignum, Holz Bois und MFPA.
- [7] MA 37 – B/27690/2008: Installationen-Richtlinie Brandschutztechnische Anforderungen bei Leitungsdurchführungen gemäß Techniknovelle 2007. Wien, 25. August 2008.
- [8] Merk, Michael; Werther, Norman; Gräfe, Martin (2014): Erarbeitung weiterführender Konstruktionsregeln/-details für mehrgeschossige Gebäude in Holzbauweise der Gebäudeklasse 4. Unter Mitarbeit von Claudia Fülle, Nadine Leopold, Dietmar Sprinz, Matthias Busch und Markus Brunn. Hg. v. Technische Universität München. Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktionen. München.
- [9] Mikkola, Esko (1991): Charring of wood.
- [10] ÖNORM B 2330, 2015 12 01: Brandschutztechnische Ausführung von mehrgeschoßigen Holz- und Holzfertighäusern – Anforderungen und Ausführungsbeispiele. Österreichisches Normungsinstitut. Wien.
- [11] ÖNORM B 2331, 2015 12 01: Brandschutztechnische Ausführung von Einbauten in Holz- und Holzfertighäusern - Anforderungen an Aufstellung und Einbau von Feuerungsanlagen (Einzelfeuerstätten), Feuerschutzabschlüssen, Feuerschutzverglasungen, Leitungsführungen, und Ausführungsbeispiele. Österreichisches Normungsinstitut. Wien.
- [12] ÖNORM B 2332, 2015 12 01: Brandschutztechnische Ausführung von Fassaden aus Holz und Holzwerkstoffen in den Gebäudeklassen 4 und 5 - Anforderungen und Ausführungsbeispiele. Österreichisches Normungsinstitut. Wien.

- [13] ÖNORM EN 13501-1, 2020 01 15: Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten - Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten. . Österreichisches Normungsinstitut. Wien.
- [14] 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. Wien.
- [15] ÖNORM EN 15283-1, 2009 10 01: Faserverstärkte Gipsplatten - Begriffe, Anforderungen und Prüfverfahren - Teil 1: Gipsplatten mit Vliesarmierung. Österreichisches Normungsinstitut. Wien.
- [16] ÖNORM EN 1995-1-2, 2011 09 0 1: Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall (konsolidierte Fassung). Österreichisches Normungsinstitut. Wien
- [17] ÖNORM B 1995-1-2, 2011 09 01: 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. Wien
- [18] Östman, Birgit; et al (2010): Fire safety in timber buildings. Technical guideline for Europe. Herausgegeben von SP Trätekt. Stockholm.
- [19] Schneider, Ulrich (2009): Ingenieurmethoden im Brandschutz. Werner. Köln
- [20] Schober, Peter et al. (2005): Leistungsfähige Holzfassadensysteme - Endbericht, 1. Forschungsjahr. Hg. v. Holzforschung Austria. Wien.
- [21] Teibinger, Martin (2015): Brandschutzvorschriften in Österreich Anforderungen nach OIB-Richtlinie 2. Zuschnitt Attachment, Juni 2015.
- [22] Teibinger, Martin (2017): Feuerwiderstand von Holzbauteilen. Stand 15.11.2017. online: www.derteibinger.at/download/Teibinger_Feuerwiderstand_171115.pdf, abgerufen am 04.04.2020
- [23] Teibinger, Martin (2020): Feuerwiderstand von Holzbauteilen. Stand 20.03.2020. online: www.derteibinger.at/download/Teibinger_Information_Feuerwiderstand_200328.pdf, abgerufen am 04.04.2020
- [24] Teibinger, Martin; Dolezal, Franz; Matzinger, Irmgard (2009): Deckenkonstruktionen für den mehrgeschoßigen Holzbau. Schall- und Brandschutz. Hg. v. Holzforschung Austria. Wien.
- [25] Teibinger, Martin; Matzinger, Irmgard (2010): Grundlagen zur Bewertung des Feuerwiderstandes von Holzkonstruktionen. Endbericht. Holzforschung Austria. Wien.
- [26] Teibinger, Martin; Matzinger, Irmgard (2012): Brandabschottung im Holzbau. Planungsbroschüre. Hg. v. Holzforschung Austria. Wien (38 der HFA Schriftenreihe).
- [27] Teibinger, Martin; Matzinger, Irmgard (2013): Bauen mit Brettsperrholz im Geschoßbau – Fokus Bauphysik – Planungsbroschüre. Holzforschung Austria, Wien.
- [28] Teibinger, Martin; Matzinger, Irmgard; Dolezal, Franz (2014): Holzrahmenbauweise im Geschoßbau – Fokus Bauphysik – Planungsbroschüre. Holzforschung Austria Wien.
- [29] Wallner-Novak, Markus; Koppelhuber, Josef; Pock, Kurt (2013): Brettsperrholz Bemessung. Grundlagen für Statik und Konstruktion nach Eurocode. Hg. v. Pro Holz Austria. Wien.
- [30] Wiederkehr, Reinhard, Kotthoff, Ingo (2004): Brandverhalten von Holzfassaden. 10. DGfH-Brandschutz-Tagung.