

Brandschutz im Leichtbau

Auszug aus der BAU.GENIAL Broschüre „Schwerpunkt Bauphysikalische Eigenschaften von Leichtbauweisen“, [downzuladen auf www.baugenial.at](http://www.baugenial.at)

Vortrag DI Karl Zlabinger, Leiter Technische Entwicklung bei Saint-Gobain ISOVER Austria

1.4. Brandschutztechnische Eigenschaften von Leichtbauweisen

Die Entwicklung und das Schadensausmaß von Bränden werden durch eine Vielzahl von Einflussgrößen bestimmt, die sich hemmend oder begünstigend auf den Brandverlauf auswirken. Entsprechend diesen Auswirkungen im Hinblick auf die brandschutztechnische Sicherheit von Bauwerken wird zwischen potentiellen Gefahren und Schutzmaßnahmen unterschieden. Zur Umsetzung der allgemeinen Schutzziele nach der OIB-Richtlinie 300-048/06 müssen nachfolgende Kriterien sichergestellt werden. Bauwerke müssen so geplant und ausgeführt sein,

- dass der Gefährdung von Leben und Gesundheit von Personen durch Brand vorgebeugt sowie die Brandausbreitung wirksam eingeschränkt wird,
- dass der Entstehung eines Brandes vorgebeugt wird und im Falle eines Brandes die Ausbreitung von Feuer und Rauch begrenzt wird,
- dass bei einem Brand den Benutzern ein rasches und sicheres Verlassen des Bauwerkes möglich ist oder sie durch andere Maßnahmen gerettet werden können,
- dass bei der Brandbekämpfung die Sicherheit der Löschkräfte und der Rettungsmannschaften weitestgehend gewährleistet und wirksame Löscharbeiten möglich sind.

Abb. 1.4.1: Einflussfaktoren auf das Brandverhalten von Gebäuden



Die OIB-Richtlinie 2 „Brandschutz“ definiert das brandschutztechnische Sicherheitsniveau und stellt mit den von der Gebäudeklasse abhängigen Anforderungen ein „Musterbrandschutzkonzept“ für Regelbauwerke dar. Von den Anforderungen der Richtlinie kann abgewichen werden, wenn schlüssig nachgewiesen wird, dass nach dem Stand der Technik bzw. Wissenschaften gleichwertig wie bei Anwendung der Richtlinie

- der Gefährdung von Leben und Gesundheit von Personen durch Brand vorgebeugt sowie
- die Brandausbreitung eingeschränkt wird.

In der Folge muss das Gesamtzusammenspiel aller brandschutztechnischen Maßnahmen zur Umsetzung der Schutzziele des österreichischen Baurechts in sich schlüssig und nachvollziehbar dargestellt werden. Dies erfolgt mittels eines bauwerksspezifischen ganzheitlichen Brandschutzkonzeptes, das Einzelmaßnahmen aus

- vorbeugendem baulichem sowie anlagentechnischem Brandschutz,
- organisatorischem (betrieblichem) Brandschutz und
- abwehrendem Brandschutz

unter Berücksichtigung

- der Nutzung,

- des Brandrisikos und
- des zu erwartenden Schadensausmaßes

umfasst. Im Brandschutzkonzept werden die Einzelkomponenten und ihre Verknüpfung im Hinblick auf die Schutzziele beschrieben und der Zielerreichungsgrad der definierten Schutzziele bewertet.

1.4.1 Beurteilung von bauweisspezifischen Brandrisiken

In Österreich sind, wie auch in anderen europäischen Ländern, Entwicklungen in den baurechtlichen Bestimmungen erkennbar, verstärkt nachhaltige und ressourcenschonende Baustoffe wie Holz und Holzwerkstoffe für neue Anwendungsbereiche zuzulassen. Beispiele dafür sind der Entwurf der OIB-Richtlinie 2 „Brandschutz“ (2006) in Österreich, die Einführung der Musterrichtlinie für Brandschutzanforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise („Muster-Holzbaurichtlinie“, M-HFH Holz-R) von 2002 in Deutschland und die VKF-Brandschutznorm/ Richtlinien (2003) in der Schweiz.

In der Vergangenheit bestanden Bedenken, dass ein Brandeintrag in die Tragkonstruktion erfolgen könnte und zu einem verzögerten Tragwerksversagen bzw. zu einem Durchbrand in angrenzende Nuteinheiten führt. Weiterhin wurde daraus abgeleitet, dass die raumabschließenden Bauteile in Holzbauweise im Brandfall keine ausreichende Rauchdichtigkeit aufweisen könnten.

Feuerwehren stehen dem Baustoff Holz aufgrund des kalkulierbaren Abbrandverhaltens grundsätzlich positiv gegenüber. Es wurde in der Vergangenheit die Frage aufgeworfen, ob in Holzbauten das Schutzziel einer wirkungsvollen Brandbekämpfung erfüllt werden kann. Dies gilt besonders für die Konstruktionen im mehrgeschossigen Holzbau, da mögliche Brände im Inneren der Holzbauteile sowie eine Brandausbreitung über Hohlräume einen Löscherfolg erschweren könnten.

Diese Einschätzung lässt sich auf Grundlage der Bewertung des real vorhandenen brandschutztechnischen Risikos von Holzhäusern widerlegen. Hierzu sind probabilistische Aussagen zur Eintrittswahrscheinlichkeit von Schäden (Schadenswahrscheinlichkeit oder Schadenshäufigkeit) und zu den Schadensausmaßen vorhanden. Die mangelnde Kenntnis der realen objektiven Risiken führt zu divergenten subjektiven Bewertungen und Einschätzungen. Aufgabe der nachfolgenden Betrachtungen ist es, die bauweisspezifischen Risiken der Holzbauweise zu bestimmen, zu bewerten und aufzuzeigen.

Das Niveau der brandschutztechnischen Anforderungen an Leichtbaukonstruktionen, vor allem mit brennbaren Baustoffen z. B. in Holzbauweise, wird häufig aus dem brandschutztechnischen Verhalten von Massivkonstruktionen abgeleitet. Dabei legt man das bauartbezogene Brandverhalten von Massivbauarten als ein konstruktionsneutrales „Sicherheitsniveau“ zu Grunde und die Gefährdungspotentiale werden primär im Hinblick auf Brandentstehung, der Entstehung eines Flashovers und Brandausbreitung gleichgesetzt.

Eine solche Betrachtungsweise ist technisch möglich, lässt aber die jeweiligen bauweisspezifischen Eigenschaften und Einflussfaktoren von hybriden Konstruktionen, wie sie im Holzbau und Trockenbau ausgeführt werden, unberücksichtigt. Bei diesen Konstruktionen nehmen die Vielfalt der verwendbaren Baustoffe, deren Schichtung und die Ausführung einen signifikanten Einfluss auf das lokale Bauteilverhalten und somit auf das globale Bauwerksverhalten. Diese Fragestellungen wurden im Rahmen umfangreicher Forschungs- und Entwicklungsprojekte seit 1996 bis heute unter Leitung der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung an der VHT-Darmstadt in Zusammenarbeit mit dem IBMB in Braunschweig untersucht [1].

Grundlagen der Risikobewertung

Unter einer mathematisch-wahrscheinlichkeitsorientierten Risikoanalyse versteht man die Abschätzung des Gefährdungspotentials, das von einem Objekt (Handlung/Gegenstand – in diesem Fall das Bauwerk) für ein Subjekt (Handlung/Gegenstand =

Erreichen der Schutzziele für Personen und Sachgüter) unter definierten und bewerteten Randbedingungen ausgeht. Das „bewertete brandschutztechnische Gesamtrisiko“ einer Bauweise wird durch drei voneinander unabhängige Kriterien bestimmt. Diese ergeben sich aus den Fragestellungen:

1. Wie hoch ist die Eintrittswahrscheinlichkeit der Entstehung und der Ausbreitung eines Brandes?
2. Wie groß ist der materielle und wirtschaftliche Schaden, z. B. wie hoch sind die Instandsetzungs- und Folgekosten?
3. Wie hoch ist der immaterielle Schaden, d. h. welche Gefährdung geht infolge eines Brandfalls für Leben, Gesundheit und Umwelt aus?

Die gewichteten Risikofaktoren resultieren aus dem Produkt der Eintrittswahrscheinlichkeit

$F_e(t)$ mit dem Schadensausmaß D_{Ri}

$$rf_i = F_e(t)_i \cdot D_{Ri}$$

rf_i gewichteter Risikofaktor
 $F_e(t)_i$ Eintrittswahrscheinlichkeit
 D_{Ri} Schadensausmaß

Das bewertete Gesamtrisiko RV ergibt sich danach aus der Summe der Risikofaktoren rf_i :

$$RV = \sum_{i=1}^n rf_i$$

Die Eintrittswahrscheinlichkeit ist eine stochastische Variable ($0 \leq F_e(t) \leq 1$) und gibt einen objektspezifischen sicherheitstheoretischen Wert an. So ergibt sich beispielsweise die resultierende Eintrittswahrscheinlichkeit von Personenschäden infolge von Hohlraumbränden durch einen elektrischen Kurzschluss aus den folgenden Faktoren:

1. in welcher Häufigkeit tritt ein elektrischer Defekt (Kurzschluss) in einer Hohlraumkonstruktion als Initialzündquelle auf,

$$\rightarrow F_e(t)_1 = \frac{x_1}{t_1}$$

2. wie oft führt dieser zu einer weitergehenden Brandentstehung (Kabelbrand \rightarrow Schwelbrand) und

$$\rightarrow F_e(t)_2 = \frac{x_2}{t_2}$$

3. in welcher Häufigkeit resultieren daraus reale Konstruktionsentzündungen in Holzständerwänden mit einer Vollbrandentwicklung,

$$\rightarrow F_e(t)_3 = \frac{x_3}{t_3}$$

4. in welcher Häufigkeit sind Personenschäden (Leben, Gesundheit) die Folge?

$$\rightarrow F_e(t)_4 = \frac{x_4}{t_4}$$

So ergibt sich $F_{e(t)_{res}} = F_{e1} \cdot F_{e2} \cdot F_{e3} \cdot F_{e4}$

Exemplarische stochastische Betrachtung zu Bränden in Hohlraumkonstruktionen aus Holz und Holzwerkstoffen in Österreich:

1. Häufigkeit eines elektrischen Defektes (Kurzschluss) in einer Hohlraumkonstruktion als Initialzündquelle $\rightarrow 2 \times 10^{-4}$
2. resultierende weitergehende Brandentstehung (Schwelbrand) $\rightarrow 10^{-3}$
3. resultierende Häufigkeit realer Konstruktionsentzündungen in Holzkonstruktionen mit einer Vollbrandentwicklung $\rightarrow 2,5 \times 10^{-1}$
4. in der Folge resultierende Personenschäden $\rightarrow 10^{-1}$

Hieraus resultiert ein wahrnehmungstheoretisch abgeschätztes bewertetetes Risiko von $4,5 \times 10^{-9}$ P/a, bezogen auf Österreich mit 8,26 Mio. Einwohnern ergeben sich 0,037 P/a bzw. 1 P/27,0 Jahre. Diese Wahrscheinlichkeit liegt eine Potenz der Größenordnung 3 bis 4 unter der geforderten Eintrittswahrscheinlichkeit.

Das mit dem Eintritt eines Schadens verbundene Schadensausmaß, ist nach ethischen und volkswirtschaftlichen Werten zu gewichten und bauweisenneutral. Exemplarische ungewichtete

Schadensausmaße bei Brandschäden sind materielle und immaterielle Wertverluste, Schädigung der Umwelt, Nutzungseinschränkungen etc. Zur ganzheitlichen Beurteilung des bewerteten Gesamt-Brandrisikos von Gebäuden in Holzbauweise ist die quantitative Gewichtung der maßgebenden Faktoren notwendig. Nachfolgend benannte theoretische Risiken lassen sich bei Konstruktionen unter Verwendung brennbarer Baustoffe z. B. in Form von Vollholz, Holzwerkstoffen und brennbaren Dämmstoffen oder organischen Dämmstoffen ableiten:

- Erhöhung der Brandlasten
- Beitrag zur Rauchgasentwicklung und Bildung von Pyrolyseprodukten
- Bildung von Glutnestern und Gefahr von Wiederaufflammen (Nachentzündungen¹⁾)
- Brandentstehung innerhalb der Konstruktion (Kurzschluss o. Ä.)
- Brandweiterleitung über Installationen in Hohlraumkonstruktionen
- Dauerhaftigkeit und Haltbarkeit von Duffstoffen (Brandgerüchen) und toxischen Kontaminationen

¹⁾ Nachentzündungen können bei verdeckten Brandherden in Hohlraumkonstruktionen nach dem Abrücken der Feuerwehr auftreten. Durch die Brandeinwirkung kann ein Schwelbrand in Hohlräumen mit Brandlasten induziert werden, der sich zeitlich verzögert erst nach Ablöschen des Brandes erneut entfacht.

Im Folgenden werden diese qualitativ, entsprechend ihren realen Auswirkungen im Brandfall bewertet.

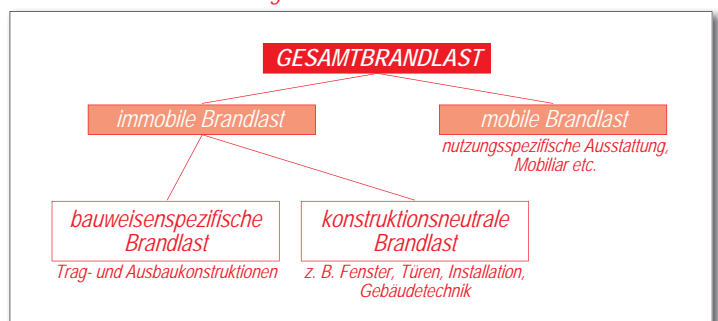
1.4.2 Einflüsse auf das Brandgeschehen und den Brandverlauf

1.4.2.1 Vergleich des Einflusses der bauweisenbedingten Brandlasten

Die Brandentwicklung, Brandausbreitung und das Einsatzgeschehen der Feuerwehren wird maßgeblich durch die sich in der Umgebung einer Initialzündung (Brandausbruchsstelle) befindlichen Brandlasten (mobile und immobile Brandlasten) beeinflusst.

Die Gesamtbrandlast setzt sich aus den mobilen und den immobilen Brandlasten zusammen (Abb. 1.4.2). Mobile Brandlasten resultieren aus der nutzungsspezifischen Ausstattung (Möbiliar und Ausstattungselemente) und bestimmen primär die Größe der Brandbelastung, die unmittelbare Brandentwicklung, maßgebend die Rauchentwicklung und die Gefahren im Brandfall sowie den Brandverlauf. Die mobile Brandlast ist vergleichbar mit den nutzungsspezifischen Verkehrslasten. Hierfür liegen durchschnittliche Erfahrungswerte vor und sie wird in der Regel als oberer Grenzwert nutzungsbedingt festgelegt, sofern keine exakte Ermittlung der nutzungsspezifischen Brandlast vorgenommen wird.

Abb. 1.4.2: Zusammensetzung der Brandlasten in einem Gebäude



Die immobile Brandlast setzt sich aus der bauweisenspezifischen und der konstruktionsneutralen Brandlast zusammen. Beide Größen werden anhand des Gebäudeentwurfs und der festgelegten Bauweise definiert und können eindeutig bestimmt werden. Die bauweisenspezifische Brandlast ist abhängig von der gewählten Trag- und Ausbaukonstruktion und den dabei verwendeten Materialien.

Konstruktionsneutrale Brandlasten bezeichnen Gebäudeelemente,

Brandschutz im Leichtbau

die sowohl bei Massivhäusern als auch bei Holzhäusern Verwendung finden, z. B. Fenster aus Kunststoff oder Holz, Türen, Installationen, sonstige Ausstattungselemente und Anlagentechnik, die einen Beitrag zu den Brandlasten leisten.

Der Anteil und die Wirksamkeit der immobilen Brandlasten resultieren aus den verwendeten Baustoffen der Trag- und Ausbaukonstruktionen. Die „Wirksamkeit“ der in einem Bauteil enthaltenen Brandlasten hängt vor allem ab von

- den verwendeten Materialien, deren konstruktiver Aufbau und Schichtung,
- der Oberflächenausbildung und -behandlung und
- dem Verbund oder der Verbindung mit anderen Baustoffen.

Der Anteil der immobilen Brandlasten durch eine brennbare Tragkonstruktion ist dann von Bedeutung, wenn

1. diese im Brandfall thermisch umgesetzt werden können (dem Feuer bzw. einer Oxidation frei zugänglich sind) bzw. die zeitlich abhängige Brandentwicklung der thermischen Umsetzung (dq/dt) der mobilen Brandlasten durch die vorhandenen immobilen Brandlasten maßgeblich negativ beeinflusst wird (beschleunigtes Freisetzen der Wärmeenergie) und
2. diese Brandlasten in einem maßgeblichen Verhältnis zu den Gesamtbrandlasten (mobile und immobile Brandlasten) stehen. Dabei ist bei den immobilen Brandlasten zusätzlich eine Differenzierung in bauweisenabhängige und konstruktionsneutrale Brandlasten vorzunehmen, die in Gebäuden in Leicht- und Massivbauweise in gleichem Umfang vorkommen können.

In der Vergangenheit wurde publiziert, dass die Verwendung von brennbaren Baustoffen im Bauwesen zwangsläufig zu einer Erhöhung des Brandrisikos führt [15]. Dabei wurde fälschlicherweise assoziiert, dass die mit den Baustoffen der Tragkonstruktion eingetragenen Brandlasten unmittelbar und in vollem Umfang einem Brand zur thermischen Umsetzung zur Verfügung stehen und somit der thermische Einfluss und die Brandparallelerscheinungen der Brandlasten der Tragkonstruktion den Brandlasten des Mobiliars gleichgesetzt werden können.

Bei der Bewertung vorhandener immobilier Brandlasten ist zu berücksichtigen, ob und in welcher Form diese aktiviert werden können. Das Zusammenwirken von geschützter und ungeschützter Brandbelastung berücksichtigen auch normative Regelungen, in der Regel über Abminderungsfaktoren, die bei entsprechender Deaktivierung (Kapselung) der Brandlasten auch den Wert „0“ annehmen können. Der Einfluss von brandschutztechnisch wirksamen Bekleidungen und der verzögerten Freisetzung von Brandlasten brennbarer Baustoffe wurde in [1, 2] untersucht. Werden die Trag- und Ausbaukonstruktionen mit Plattenwerkstoffen wie z. B. Gipsplatten bekleidet, werden die Brandlasten und die damit einhergehenden Brandparallelerscheinungen wie die Rauchgasentwicklung und thermische Festigkeitsreduktion zeitlich verzögert wirksam.

Die in Österreich publizierten fiktiven Brandbelastungen in Holzhäusern basieren auf den Untersuchungen [1]. Dabei wurden jedoch Untersuchungsergebnisse nur singular zitiert und ungeschützte Holzkonstruktionen mit Massivbauweisen verglichen. Die Untersuchungen über typische Holzkonstruktionen wie diese oftmals mit Plattenbekleidungen aus Gipsplatten in der Praxis ausgeführt werden, wurden dabei um den positiven Einfluss der „Kapselhaftigkeit“ von brandschutztechnisch wirksamen Plattenwerkstoffen „herauskorrigiert“.

Anhand mehrgeschossiger Modellgebäude wurden die real vorhandenen immobilen Brandlasten der Tragkonstruktionen quantifiziert. Ein Vergleich der vorhandenen Brandlasten durch das Mobiliar, der technischen Gebäudeausstattung und bauweisenneutraler immobilier Brandlasten (z. B. Fenster, Türen, und technische Gebäudeausrüstung) ergab einen Aufschluss über das grundsätzliche Risikopotential und wie sich dies gewichtet. Aus den theoretischen Betrachtungen wurden die Brandlast-

anteile und deren brandschutztechnisches Gefahrenpotential in Abhängigkeit von Wahl der Bauweise, Bauteilaufbauten und Entwurfskriterien im Vergleich zu Massivbauweisen quantifiziert.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgend zusammenfassen: Im Brandfall wird das Brandgeschehen der ersten Minuten in einem Raum, welcher für den Schutz der Personen innerhalb des Raumes maßgebend ist, durch die Art, Qualität und Verteilung der mobilen Brandlasten innerhalb des Raumes bestimmt. Selbst ungeschützte, dem Brand ausgesetzte Konstruktionen sind bei der Brandentstehung um einen Faktor 10 thermisch reaktionsträger als die am Brandherd befindlichen brennbaren Einrichtungs- und Ausstattungsgegenstände. Der kalorische Beitrag der Baustoffe der Trag- und Ausbaukonstruktion ist in der Entstehungsbrandphase des Brandes gegenüber der mobilen Brandbelastung vernachlässigbar. Diese Bauteile beteiligen sich an dem Brandverlauf, jedoch wird der Einfluss in den ersten 10 bis 12 Minuten durch den Einfluss der mobilen Brandlasten überdrückt.

Nach diesem Zeitraum muss bereits der Personenschutz für die betroffenen Brandnahen Bereiche abgeschlossen sein. Die Evakuierung der Bewohner ist in der Regel spätestens innerhalb der ersten 10 bis 15 Minuten nach der Brandentdeckung abgeschlossen. Auch die Rettung der ggf. im Hause verbliebenen Personen durch die Einsatzkräfte der Feuerwehr findet flächendeckend in Österreich innerhalb der ersten 20 bis 30 Minuten nach der Brandentdeckung statt.

Die „mobilen Brandlasten“ sind nutzungsabhängig. Unter der Brandlast Q [MJ] versteht man die Summe der Verbrennungswärme sämtlicher in einem bestimmten Raum oder Körper enthaltenen brennbaren Stoffe, inklusive der Bekleidungen von Decken, Fußböden und Wänden. Die Verbrennungswärme ist die Menge an Energie, die bei der Verbrennung eines Stoffes freigesetzt wird. Brandlast bzw. Verbrennungswärme hängen in hohem Maße von der Art, Beschaffenheit und chemischen Zusammensetzung der brennbaren Materialien ab. Bezieht man die Brandlast eines Raumes oder Abschnitts auf seine Grundfläche, so erhält man die Brandlastdichte q [MJ/m²], welche als Vergleichsmaß der Brandbelastung von Gebäuden herangezogen wird. Die Brandbelastung von Gebäuden ist stark abhängig von deren Nutzung. Nach statistischen Auswertungen können für bestimmte Nutzungsarten Fraktilwerte für die Brandlastdichte angegeben werden. Beispielsweise kann für die brandschutztechnische Bemessung der 80%-Fraktile der Brandbelastung herangezogen werden. Tabelle 1.4.3 gibt einen Überblick über die Brandlastdichten bei verschiedenen Nutzungen [EN1991-1-2].

Tabelle 1.4.3 Brandlastdichte q [MJ/m²] für verschiedene Nutzungen nach EN1991-1-2

Nutzung	Mittelwert	80%-Fraktile
Wohnung	780	948
Krankenhaus (Zimmer)	230	280
Hotel (Zimmer)	310	377
Bücherei	1.500	1.824
Büro	420	511
Klassenzimmer/Schule	285	347
Einkaufszentrum	600	730
Theater (Kino)	300	365
Verkehr (öffentlicher Bereich)	100	122

Wie in Abbildung 1.4.4 dargestellt, wurde in diesen Untersuchungen nachgewiesen, dass die Brandlasten von Holzrahmenbaukonstruktionen zeitlich verzögert aktiviert werden. Je nach Konstruktionsausführung ist auch eine vollständige Kapselung (Kombinationsbeiwert $\psi = 0$) möglich. Die in [15] aufgeführten nicht realen Szenarien einer ungeschützten Holzbauweise, bei der gleichzeitig alle Brandlasten der Tragkonstruktion unter optimalen Ventilationsbedingungen thermisch gleichzeitig einem Brand zugeführt werden können, entsprechen nicht den realen Bedingungen.

Fortsetzung auf Seite 46

Brandschutz im Leichtbau

Fortsetzung von Seite 44

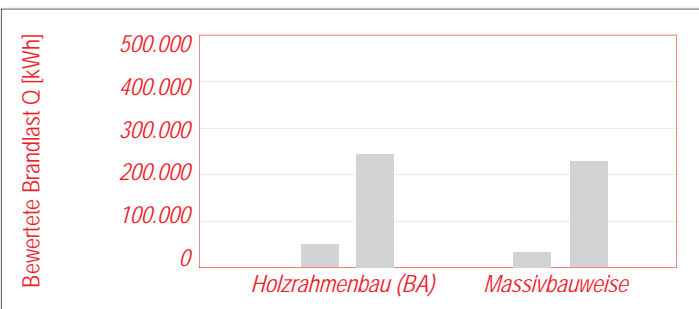


Abb. 1.4.4: Vergleich der realen Brandlasten von Holzgebäuden mit brandschutztechnisch wirksamen Bekleidungen mit Gebäuden in Massivbauweise. Die immobilien Brandlasten sind gelb dargestellt, die Gesamtbrandlasten unter Berücksichtigung einer „Mustermöblierung“ für die Nutzung Wohnen sind blau dargestellt.

Wie in den Untersuchungen [1, 2] aufgezeigt, stellen sich bei konsequenter BA-Bauweise die gleichen Temperaturentwicklungen ein, wie bei einem Gebäude in Massivbauweise. Die brandschutztechnisch wirksame Bekleidung von Tragkonstruktionen aus Holz mit Gipsplatten weist positive Eigenschaften im Brandfall auf. Gipsplattenwerkstoffe setzen bei Erhitzung das molekular gebundene Kristallwasser frei. Durch das Verdampfen des freigesetzten Wassers werden die Temperaturen auf der Rückseite des Plattenwerkstoffes von 100 °C nicht überschritten, solange kristalline gebundenes Wasser ausgetrieben werden kann. Durch die Wahl der Bekleidungsstärke und Bekleidungsart ist nahezu jede beliebige Verzögerung und dadurch jeder beliebige Brandwiderstand erzielbar. In der Kombination mit thermisch stabilen Dämmstoffen, bei denen unter anderem Standfestigkeit und/oder Schmelzpunkt für den Brandfall maßgebende Kriterien sind, entstehen hochleistungsfähige Bauteile in Holzbauweise unter hoher thermischer Beanspruchung eines Brandes. Bei der Verwendung von brandschutztechnisch wirksamen Bekleidungen nimmt der Einfluss des Dämmstoffs auf das Brandverhalten von Bauteilen ab. Vergleicht man die brandschutztechnischen Risikopotentiale der einzelnen Bauweisen,

- I reine nichtbrennbare Bauteile wie Massivkonstruktionen,
- II Mischkonstruktionen mit brennbaren Oberflächen,
- III Holzbauweisen mit brandschutztechnisch wirksamen Bekleidungen (K-Bauweise nach EN 13 501-2),
- IV Bauteile im Sinne ÖNORM B 3800 und OIB-Richtlinie 2, wie z. B. Holzbauweisen,

bilden diese keine eindeutig abgestuften Hierarchien. Mit der innerhalb einer Bauweise möglichen Konstruktionsvielfalt sind differente brandschutztechnische Risiken möglich, die sich als „Risikofelder“ darstellen, also Bereiche, in denen sich das bauweisespezifische Risiko einstellen kann. Erst die Lage und die Größe eines Risikofeldes beschreibt das resultierende Risikopotential. Die Brandweiterleitung über Bauteiloberflächen wird durch brandschutztechnisch wirksame Plattenbekleidungen (z. B. Gipsplatten) unterbunden bzw. wesentlich reduziert. Die K-Bauweise stellt dabei eine besonders hochwertige Bauweise dar.

Abb. 1.4.5: Qualitativ bauweisespezifische Risikofelder



Eigenschaften von Holzbauteilen mit nichtbrennbaren Plattenbekleidungen

Eine Verhinderung der unmittelbaren Brandausbreitung durch

nichtbrennbare Oberflächen wird mit der Bekleidung und Beplankung von Wänden und Decken beispielsweise durch Gipsbauplatten, Calciumsilikatplatten oder zementgebundene Plattenwerkstoffe erzielt. Die Bekleidungen schützen den dahinter liegenden brennbaren Baustoff vor einer Entzündung. Solche Bauteile stellen die Regelkonstruktionen des Holzbaus dar. Diese Bekleidungen werden als „Brandschutztechnisch wirksame Bekleidungen“ bezeichnet, die bei der Prüfung nach ÖNORM EN 14135 „Brandschutzbekleidungen – Bestimmungen der Brandschutzwirkung“ für einen definierten Zeitraum verhindert, dass die dem Feuer abgewandte Holzkonstruktion die Entzündungstemperatur erreicht.

Durch nichtbrennbare Plattenbekleidungen wird

- ein Brennen der tragenden und aussteifenden Holzkonstruktionen,
- die Einleitung von Feuer und Rauch in die Wand- und Deckenbauteile sowie
- die Weiterleitung von Feuer und Rauch über Anschlussfugen von raumabschließenden Bauteilen in angrenzende Nutzungseinheiten oder Räume zeitlich verzögert.

Die Holzbauweise kann dadurch je nach Anforderungen unterschiedliche „Sicherheitsanforderungen“ auch über die definierten Schutzziele hinaus erfüllen. Die Eigenschaften der Bekleidung können je nach Schutzziel und Gebäudeklasse abgestuft werden. Folgende Anforderungen könnten beispielsweise an Bekleidungen gestellt werden:

- a) Bekleidungen/Beplankungen deren den Brandwiderstand R, EI oder REI erhöhender Anteil z.B. mindestens der einer 12,5 mm dicken Gipskarton-Feuerschutzplatte (GKF) nach EN 520 entspricht.
- b) Brandschutzbekleidung, d. h. das Leistungskriterium Raumabschluss (E) wird über eine Brandwiderstandsdauer von den Bekleidungsmaterialien alleine erfüllt. Diese Definition wird bei Anforderungen zur Begrenzung der Brandlasten (ψ^2) = 0) oder der Rauch- und Pyrolysegasentwicklung z. B. in Fluchtwegen oder Treppenträumen verwendet.

2) Der Kombinationsbeiwert ψ berücksichtigt die Möglichkeit des Zusammenwirkens geschützter und ungeschützter Brandlasten. Der Variationsbereich von ψ liegt demnach zwischen 1,0 und 0.

Es konnte im Rahmen von großmaßstäblichen Brandversuchen gezeigt werden [2], dass die Entzündung der Holztragkonstruktion durch geeignete „brandschutztechnisch wirksame Bekleidungen“ verhindert wird. Zudem konnte bewiesen werden, dass Anschlüsse im Holzbau bei Einhaltung von konstruktiven Mindestanforderungen eine gute Rauchdichtigkeit aufweisen.

1.4.2.2 Beteiligung an der Rauchgasentwicklung und an Pyrolyseprodukten

Organische Werkstoffe zersetzen sich bei höheren Temperaturen. Diesen chemischen Abbau unter Wärmeeinwirkung bezeichnet man als Pyrolyse. Bei Zellulose und zellulosehaltigen Materialien, also auch bei Holz, beginnt eine Zersetzung oberhalb von 110 °C. Eine langsame Pyrolyse, die bei minimaler Luftzufuhr auch selbstständig abläuft, mit einer Rauchentwicklung ohne Flammen ist typisch für einen Schwelbrand. Die thermische Degradation (Zersetzung und Abbau) setzt nach einer Erhöhung der Temperatur auf über 160 °C massiv ein. Diese beiden Phasen des Brandes, die Trocknung und die thermische Zersetzung, verbrauchen Wärmeenergie, die größtenteils dem Brand entzogen wird. Bei diesen Schwelvorgängen werden Substanzen wie Holzgas (Holzgas ist ein Gemisch aus Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Methan) sowie Methylalkohol, Essigsäure und Aceton freigesetzt. Gelangt genügend Sauerstoff an den verkohlten Rückstand, so verglimmt oder verglüht die Kohle; es entsteht ein Glimmbrand. Bei allseits gleichmäßiger und dauernder Erwärmung kann der Vorgang der Pyrolyse ab ca. 280 °C zu einer Selbstentzündung von Holz führen.

Die Gefahr bei der Verwendung von brennbaren Baustoffen liegt neben der höheren Wahrscheinlichkeit bei der Brandentstehung

und der Ausbreitung von Feuer und Rauch in der möglichen Risikoerhöhung des Eintritts einer Durchzündung (Flashover).

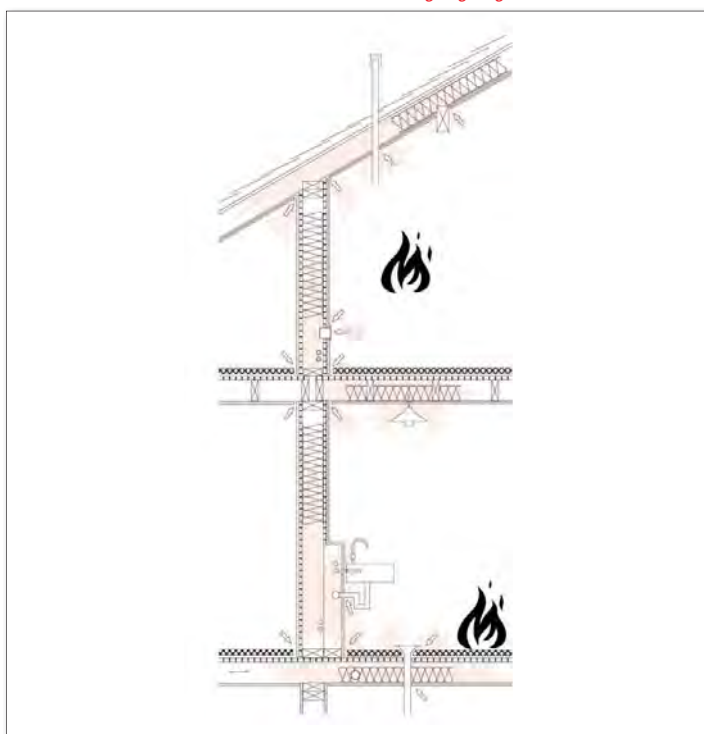
Im Rahmen des Personenschutzes und der Brandbekämpfung liegt ein wesentliches Ziel in der Vermeidung des „Flashover“-Effektes innerhalb der mehrgeschossigen Gebäude in Holzbauweise. Durch baulich-konstruktive Maßnahmen (Wahl der Bauteilaufbauten, Ausführung der Anschlussdetails, Ausführung von Installationen und Rohrdurchführungen durch raumabschließende Bauteile) muss sichergestellt werden, dass die brennbaren Tragkonstruktionen keinen oder nur einen unwesentlichen Teil zur Entwicklung brennbarer Gase beitragen (Pyrolysegasentwicklung). Maßgebend hierfür sind vor allem die flächig brennbaren Baustoffe wie Holz oder Holzwerkstoffbekleidungen, sekundär trägt die geschützte Holztragkonstruktion zur Pyrolysegasentwicklung bei. Die für die Hohlraumkonstruktionen typischen hohen Fugenteile erhöhen die Gefahr

1. des lokalen Aufheizens des Hohlraums,
2. des Austretens von brennbaren Gasen und
3. des Durchtritts von Rauch und Gasen.

Nach den Untersuchungen der Universität Bochum/Deutschland 1996 [16] ist damit zu rechnen, dass alle Rauchgase mehr oder minder giftig sind. Brandopfer sind überwiegend Rauchopfer (76 %, 2004), weil schon in der Entstehungsphase vor Ausbruch offener Flammen zum Teil sehr große Mengen Rauchgas entstehen. In acht von zehn Fällen ist diese Entwicklung in der Praxis festzustellen. Der Grad der Toxizität hat unmittelbar Einfluss auf die Fluchtmöglichkeit. CO₂ als primäres Verbrennungsprodukt von Holz ist in der Risikobewertung minder einzustufen als entstehende Blausäure oder Dioxine bei Kunststoffen. Bei den durch das Mobiliar, EDV-Anlagen, durch Textil- oder Kunststoff-Beläge freigesetzten, zum Teil hochgradig toxischen Rauchgasen ist die zeitlich verzögerte Beteiligung von gekapselten Brandlasten der Tragkonstruktion (z. B. Holzbauweise) dagegen untergeordnet.

Der Beitrag an der Rauchgasentwicklung und an Pyrolysegasprodukten von Bauteilen ist nur dann von Bedeutung, wenn diese äquivalent zu den mobilen Brandlasten einen maßgebenden Beitrag in Menge und toxischer Qualität zu den im Brandfall entstehenden Rauch- und Pyrolysemengen liefern.

Abb. 1.4.6: Austritt von Pyrolysegasen aus dem Hohlraum brennbarer Konstruktionen durch Anschluss- und Durchdringungsfugen und Installationen



Durch entsprechende Bauteilaufbauten wird die Verbreitung von Rauch- und Pyrolysegasen stark verzögert abgegeben bzw. verhindert. Brandabschnitt-Bauteile ermöglichen mit ihren brandschutztechnisch wirksamen Bekleidungen den Einsatz von brennbaren Tragkonstruktionen auch in brandlastfreien Bereichen wie Flucht- bzw. Rettungswegen. Bei Ausführung einer Installationsebene gemäß Abb. 1.4.7 ist ein Hohlraumbrand in der Tragkonstruktionsebene ausgeschlossen und ein Brand innerhalb der Installationsebene ist unkritisch, weil dadurch weder Tragfähigkeit noch Raumabschluss der Wand gefährdet sind.

Abb. 1.4.7: Führung von Installationen vor REI 60 Bauteilen in Holzbauweise



Im Rahmen der Untersuchungen von großmaßstäblichen Brandversuchen [2] konnte nachgewiesen werden, dass die Anschlüsse im Holzbau bei Einhaltung von konstruktiven Mindestanforderungen eine sehr gute Rauchdichtigkeit aufweisen. Nicht nur der Eintrag in die Konstruktion wird verhindert, sondern auch in angrenzende Bauteile.

1.4.2.3 Gefahr von Nachentzündungen und Glutnestern

In den Untersuchungen [2] wurde nachgewiesen, dass bei Einhaltung der beschriebenen brandschutztechnischen Bekleidungen die Gefahr für Glutnester und Nachentzündungen unterbunden wird. Eine theoretische Erhöhung des brandschutztechnischen Risikos könnte bei Holzkonstruktionen in Verbindung mit brennbaren Dämmstoffen mit geringer Standfestigkeit im Brandfall entstehen. Dies kann für Unterdeckenkonstruktionen (abgehängte Decken und direkt befestigte Unterdecken) oder bei Wänden mit nachgewiesenem Brandwiderstand zutreffen, wenn z. B. ein Brand durch vertikale oder horizontale Fugen in Anschlussbereichen oder an Installationsdurchdringungen in den Wand- oder Deckenhohlraum gelangen kann. Eine Brandrisikoerhöhung ist weiterhin gegeben, wenn sich im Bauteilinneren potentielle Zündquellen befinden. Zeitgemäße mehrschichtige Bauteilaufbauten, die primär aus schall- und wärmeschutztechnischen Gründen entwickelt wurden, verbessern auch die brandschutztechnischen Eigenschaften solcher Hohlraumkonstruktionen.

Ein Holzbauteil mit brandschutztechnisch wirksamen Plattenbekleidungen kann je nach Ausbildung während der ersten 30 bis 60 Minuten nach Brandbeginn einem nichtbrennbaren Massivbauteil gleichgesetzt werden. Dies setzt voraus, dass sich das brennbare Holztragwerk während dieser Zeitspanne nicht entzündet (d. h. Begrenzung der mittleren Temperaturerhöhung auf der Holzoberfläche auf < 250 K und im Maximum < 270 K gemäß EN 13501-2 [7]).

Diese Anforderung resultiert in erster Linie aus der Gewährleistung einer wirkungsvollen Brandbekämpfung durch die Feuerwehr. Wenn man nun mittels geeigneter Anlagentechnik dafür sorgt, dass der Brand rasch entdeckt wird und Alarmierungszeit verkürzt wird, erscheint es vertretbar, die Bekleidung der Holzbauteile entsprechend zu verringern. Dieser Entwicklung folgt die künftige Forderung nach Rauchwarnmeldern in Aufenthaltsräumen gemäß OIB-Richtlinie 2.

Die Ausbildung einer „brandschutztechnisch ungeschwächten Bauteilebene“ in mehrschichtigen Bauteilen und Hohlraumkonstruktionen ist eine weitere Maßnahme zur Risikoreduzierung eines theoretischen Brandeintrags in die Hohlraumkonstruktion.

Brandschutz im Leichtbau

1.4.2.4 Kontaminierung und Dauerhaftigkeit von Duftstoffen

Der Kontaminierungsgrad toxischer Ablagerungen und emittierter Duftstoffe (primär organischer Verbindungen) steigt wiederum mit dem im Bauwerk vorhandenen Brandlasten und deren brandschutztechnischen Eigenschaften (z. B. Emittierungseigenschaften). Es zeichnet sich ab, dass die Dauerhaftigkeit in Betonoberflächen, Zement, Gips- und Kalkputzen höher ist als beispielsweise in hydrophobierten Gipsbauplatten (Gipskarton-, Gipsfaserplatten) und Calciumsilikatplatten. Wirtschaftlicher ist das Erneuern der raumseitigen, durch den Brand geschädigten Plattenbekleidung einschließlich der Sicherstellung einer luftdichten Ausführung gegenüber dem Abschlagen und Erneuern des Putzes im Massivbau. Hier zeigen die Untersuchungen in [1], dass die Kosten zur Instandsetzung von Brandschäden im Stahlbetonbau und Mauerwerksbau die von modernen Holzkonstruktionen im Mittel um das 1,6- bis 2,2-fache übersteigen. Sind auch tragende Stahlbetonbauteile bei einem Brandschaden betroffen, steigen die Kosten für die Instandsetzung auf den Faktor 3,5 je m² zu sanierender Oberfläche im Vergleich zu Leichtbaukonstruktionen an.

1.4.2.5 Strukturbedingte Eigenschaften von Bauweisen im Brandfall

Gegenüber Massivkonstruktionen weisen Holzkonstruktionen in der Regel kein sprödes, sondern ein duktileres Versagensverhalten unter hoher Temperaturbeanspruchung auf. Linear abtragende Holzkonstruktionen wie Holzbalkendecken und Sparrenkonstruktionen versagen lokal durch das Versagen einzelner Tragglieder. Die durch das Versagen freigesetzte Stoßenergie dieser Bauteile stellt sich in der Größenordnung von 2.000 bis 3.000 Nm ein. Die anderen Bauteile der lastabtragenden Konstruktion sind dabei in der Lage diese Stoßenergie aufzunehmen, ohne dass es zu einem Gesamtversagen der Struktur kommt – selbst wenn diese durch die Brandeinwirkung bereits vorgeschädigt sind.

Bei massiven Konstruktionen ist der „Massenimpact“ durch Versagen lokaler Bauteile so hoch (in der Regel größer als 4.000 Nm), dass die Tragfähigkeit darunter liegender Bauteile und Konstruktionen nicht ausreichend ist, um ein großflächiges Strukturversagen zu verhindern. Als Beispiel sind Stahlbetondecken zu nennen, die als Flächentragwerk als Einheit versagen und von den Auflagern abgleiten. Die dabei freigesetzte Stoßenergie einer Stahlbetondecke der Dicke von 14 cm mit einer Geschosshöhe von 2,50 m entwickelt eine Stoßenergie von ca. 8.500 Nm/m² und kann von der darunter liegenden Decke nicht mehr aufgenommen werden.

Zusammenfassung

Es gibt nachgewiesenermaßen keinen Zusammenhang zwischen der Anzahl von Brandopfern und -verletzten in Abhängigkeit von dem Verhältnis der mobilen Brandlasten zu immobilien Brandlasten. Unter Berücksichtigung des grundlegenden Verhaltens von Bauarten lassen sich durch den Holzbau keine erhöhten Risiken nachweisen. Unter Anwendung von brandschutztechnisch wirksamen Plattenbekleidungen weisen Gebäude in Holzbauweise sogar höhere Sicherheiten auf als vergleichbare Massivgebäude. Dies liegt zum einen an den höheren erzielbaren Brandwiderstandszeiten, zum anderen an der geringeren Masse, die bei einem lokalen Versagen zu der Zerstörung von Sekundärstrukturen führt.

In Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass der Aspekt der erhöhten immobilien Brandlasten von Holzhäusern bei brandschutztechnischen Bekleidungen vernachlässigbar ist und durch den nicht baurechtlich beeinflussbaren Anteil der mobilen Brandlasten übertroffen wird. Die verwendeten Baustoffe einer Bauweise verlieren in einer Risikoabschätzung im Hinblick auf den Personenschutz weiter an Bedeutung, wenn die Toxizität der Verbrennungsprodukte von Einrichtungsgegenständen (mobile Brandlasten) in die Betrachtungen einbezogen wird.

Brandverhalten von Trockenbau-Baustoffen und Bauteilen

Das Brandverhalten von Bauteilen ist von folgenden Faktoren maßgeblich abhängig:

- der Brandbeanspruchung (ein- bzw. mehrseitig)
- den Bauteilabmessungen
- der Konstruktionsart, Aufbau und der Ausbildung eines Bauteils
- den einzelnen statischen Systemen der Konstruktion und ihrem Zusammenwirken
- dem Lastausnutzungsgrad des Bauteils
- der Anordnung von Schutzbekleidungen
- der Kombination der verschiedenen Baustoffe

Die Stoffauswahl ist somit nur eine, oft überschätzte Größe, die zwar das Brandverhalten von Bauteilen, aber nur bedingt die des realen Brandszenarios beeinflusst. Bauteile in Leicht- und Trockenbauweise, welche die Anforderungen an einen Brandwiderstand erfüllen, bestehen aus der vorteilhaften Kombination der einzelnen Baustoffe bzw. Bauelemente.

Durch die Wahl der Schichtung der einzelnen Elemente sind nahezu alle Brandwiderstandsklassen mit leichten Konstruktionen erzielbar. Im Vergleich zu massiven Bauteilen aus Stahlbeton und Mauerwerk lassen sich die brandschutztechnischen Qualitäten mit einem wesentlich geringeren Masseneinsatz erzielen.

Durch das geringe Gewicht von Holz- und Trockenbausystemen können tragende Bauteile, im Vergleich zu einem Ausbau mit massiven Systemen, für ein niedrigeres Eigengewicht bemessen werden. Eine deutliche Massenreduzierung bei gleichwertigen oder besseren brandschutztechnischen Eigenschaften lässt sich vor allem im Bereich vertikaler Bauteile wie Wänden (Trennwände, Außenwände/Fassade) und Stützen erzielen. Bei Sanierungs- und Umnutzungsmaßnahmen lassen sich Tragwerksverstärkungen durch leichte Brandschutzkonstruktionen kompensieren. Da mit Holz- und Trockenbauwänden bei geringeren Wanddicken die gleichen bauphysikalischen Eigenschaften bezüglich Wärme-, Brand- und Schallschutz erreicht werden als mit massiven Wänden, vergrößert sich zudem die Wohn- und Nutzfläche eines Gebäudes (Tabelle 1.4.8).

Tab. 1.4.8: Brandwiderstände von Metallständerwänden

Beschreibung	Innenwandsystem					Bauphysik
	Ständer	Bekleidung [mm]	Dämmstoff Dicke/Dichte	Dicke [mm]	Masse [kg/m ²]	Brandschutz
	CW 50	12,5 GKF	MW 40/>30	75	25	EI 30
	CW 50	12,5 GF	MW 40/20	75	34	EI 30
	CW 50	2 x 12,5 GKF	MW 40/40	100	49	EI 60
	CW 50	2 x 12,5 GKF	MW 40/100	100	49	EI 90
	CW 50	2 x 12,5 GF	MW 50/50	100	64	EI 90
	CW 50	3 x 12,5 GKF	MW 40/40	125	75	EI 120

Tab. 1.4.9: Vergleich einer Leichtbauwand mit einer nichttragenden massiven Wand. Beide Wände erreichen die Anforderung EI 90

Systembeschreibung	Dicke [mm]	Masse [kg/m ²]	Brandschutz
Ständerwand CW 50 2 x 12,5 mm GKF Dämmstoff 50 mm	100	54	EI 90
Ziegelwand 115 mm Gipsputz 2 x 10 mm	135	218	EI 90