



*Dr. Stefan Winter
Univ.-Prof., Ing.,
TU München,
MFPA Leipzig GmbH
München und Leipzig,
Deutschland*

*Coautor:
Daniel Schmidt,
Dipl.-Ing. (FH)
bauart Konstruktions GmbH,
Lauterbach, Deutschland*

Brandschutz im Holzbau im Vergleich zu anderen Bauweisen

**Fire protection in wood construction
compared with other construction
methods**

**Protezione antincendio nella
costruzione in legno in confronto a
altri tipi di costruzione**

Dokument in Deutsch

Brandschutz im Holzbau im Vergleich zu anderen Bauweisen

1 Einleitung

Im Rahmen des 9. Internationalen Holzbau-Forums im letzten Jahr wurde bereits über die Möglichkeiten des Holzbaus im mehrgeschossigen Holzbau auf der Grundlage der neuen Musterbauordnung in Deutschland berichtet [Winter 2003]. Entsprechend dieser neuen deutschen Musterbauordnung [MBO 2002], herausgegeben durch die Arbeitsgemeinschaft Bau der Bundesländer, gibt es Erleichterungen für den Bau von Wohn- und Bürogebäuden in Holzbauweise. Danach ist es möglich, nicht nur Häuser geringer Höhe, sondern auch größere Gebäudekomplexe mit bis zu fünf Vollgeschossen in Holzbauweise zu errichten.

Diese Vorschläge wurden bereits in verschiedene Landesbauordnungen übernommen, beispielsweise in die aktuellen Landesbauordnungen von Hessen (2002) und Brandenburg (2003) oder den Entwurf zur neuen Bayerischen Bauordnung. Darüber hinaus wurden bereits verschiedene Projekte in Anlehnung an diese neuen Regelungen umgesetzt.

Die Einführung der neuen Musterbauordnung stößt auf erhebliche Kritik der Massivbauindustrie. Der Verband Massiv Mein Haus e.V. beispielsweise beschwört auf seiner Homepage [MMM] erhöhte Brandgefahren durch die neue Musterbauordnung und warnt die Bundesländer vor einer ungeprüften Übernahme dieser Regelungen in die Landesbauordnungen. Die Aussagen werden mit zweifelhaften Studien belegt, Bauherren und Planer werden verunsichert. Deshalb soll hier die Frage beantwortet werden, wie es tatsächlich um den Brandschutz von Holzkonstruktionen im Vergleich mit Massivbauten steht. Um die Brisanz des Themas zu verdeutlichen, werden nachfolgend einige Aussagen der Massivbauindustrie wiedergegeben.

Zunächst aber ein Zitat, welches die Aufsteller des Forschungsvorhabens "Theoretische und experimentelle Untersuchungen zum Brandschutz mehrgeschossiger Gebäude in Holzbauweise" [DGfH-1] in Vorahnung der aufkommenden Kritik ihren Ausführungen vorangestellt haben.

"Es gibt nichts Schwierigeres in die Hand zu nehmen, nichts Gefährlicheres durchzuführen, nichts Unsicheres in Bezug auf Erfolg, als die Einführung einer neuen Ordnung der Dinge, weil Innovation all diejenigen zum Feind hat, welche unter den alten Bedingungen erfolgreich waren und überzeugte Verteidiger unter denjenigen findet, welche unter den neuen Bedingungen erfolgreich sein können."

Machiavelli, 15. Jahrhundert

2 Aussagen der Massivbauindustrie

Der Verband Massiv Mein Haus e.V. behauptet, die in der Musterbauordnung von 2002 [MBO 2002] vorgesehene Erleichterung für die Feuerwiderstandsfähigkeit der Holzsystembauweise erfasse nur unzureichend das Schadensrisiko. Weiterhin wird betont, dass das Brandrisiko im Wohnungsbau steigen könne. Begründet wird dies damit, dass die neuen Regelungen auf nur einem einzigen Forschungsvorhaben basierten und somit nicht als Stand der Technik bezeichnet werden könnten. Der Nachweis einer ausreichenden Sicherheit im tatsächlichen Schadensfall bei Anwendung der ergänzenden Muster-Holzbaurichtlinie [M-HFHolzR] läge bis heute nicht vor.

Es wird außerdem die Behauptung aufgestellt, dass das bestehende und in der Bevölkerung akzeptierte Brandrisiko von der Tatsache bestimmt wird, dass die Wohnbebauung weitgehend aus mineralischen, nicht brennbaren Baustoffen besteht. Auf besondere Kritik stößt deshalb wohl die Regelung, dass Brandschutzwände (gemeint sind wohl Gebäudetrennwände oder Gebäudeabschlusswände) zwischen Gebäuden künftig aus brennbaren Baustoffen bestehen können. Weil Holz über seine gesamte Nutzungsdauer durch Temperatur- und Feuchtigkeitsänderungen arbeitet, wird geschlussfolgert, dass sich Fugen und Anschlüsse öffnen und im Brandfall zusätzlich Unterputzdosen und Abwasserrohre aus Kunststoff schmelzen würden. Diesen Aspekt beachte die neue MBO nicht.

Weiterhin wird festgestellt, dass bei Holzrahmenkonstruktionen erhebliche Risiken bei der Fügung von Bauteilen bestünden. Knotenpunkte u.ä. würden im Holzbau mit Stahlverbindern ausgeführt, die nicht ausreichend geschützt seien. So könne das ganze Bauwerk einstürzen, ohne dass die maximale Feuerwiderstandsdauer der Bauteile erreicht sei. Dieser Sachverhalt sei zudem in der Praxis kaum bekannt. Da dieser Punkt völlig unhaltbar ist - bei Holzrahmenbauten gibt es keine freiliegenden Knotenbleche, in anderen Holzbauwerken werden sie entsprechend der erforderlichen Feuerwiderstandsdauer ausgeführt, vgl. DIN 4102-4 und EC5-1-2 – wird darauf im Weiteren nicht näher eingegangen.

Der Verband Massiv Mein Haus e.V. verweist auf kritische Veröffentlichungen zur Holzbauweise wie die Untersuchung von Prof. Schneider, TU Wien, „Bewertung der Gesamtkonstruktion von Wohngebäuden in Massiv- und Holzbauweise unter Brandeinwirkung“ [Schneider]. Es wird in diesem Zusammenhang nicht darauf hingewiesen, dass diese "Brandschutzstudie" von der Massivbauindustrie finanziert wurde und somit als befangen eingestuft werden kann.

Die Autoren dieser Studie stellen den vermeintlichen Einfluss der Bauart eines Gebäudes auf die Brandentstehungswahrscheinlichkeit, die Brandausbreitungswahrscheinlichkeit, die Vollbrandwahrscheinlichkeit, die Entwicklung des Brandrisikos, also der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadensfalles und die Beeinflussung des Schadensausmaßes, also der monetären Bewertung des Brandrisikos, dar. Die Behauptungen führen zu dem Ergebnis, dass sich grundlegende Unterschiede hinsichtlich der Brandsicherheit der Bauweisen aus massiven Baustoffen und solcher aus Holz ergeben sollen.

Die dargelegte Argumentation wird nachfolgend genauer beleuchtet. Die wissenschaftlich nicht oder unzureichend begründeten Argumente werden durch wissenschaftlich unterlegte Sachverhalte richtig gestellt. Dazu eine wichtige Anmerkung vorab: Der Holzbau hat keinerlei Interesse an der Erhöhung des Brandrisikos – im Gegenteil. Da Holz ein brennbarer Baustoff ist, wurden schon immer besondere Maßnahmen ergriffen, um den unter anderem aus Gründen einer nachhaltigen Entwicklung zu favorisierenden Rohstoff so einzusetzen, dass daraus keine negativen Folgen für die Nutzer entstehen. Dies ist schon alleine zur Aufrechterhaltung der langfristigen Akzeptanz und den damit verbundenen Marktchancen unumgänglich.

3 Statistische Untersuchungen zu Gebäudebränden

3.1 Vergleich von Brandopfern

Eine scheinbare Möglichkeit zur vergleichenden Bewertung unterschiedlicher Konstruktionen ist die zahlenmäßige Bewertung des Brandrisikos. In Abbildung 1 ist die in der Brandschutzstudie [Schneider] wiedergegebene Statistik der Brandopfer in Industrieländern der westlichen Welt (einschl. Japan) dargestellt. Der Autor der Studie meint daraus zu erkennen, dass Länder mit einem traditionell hohen Anteil an Holzbauten im Wohnbau (USA, Finnland, Schweden, Japan) eine besonders hohe Anzahl von Brandopfern zu beklagen haben.

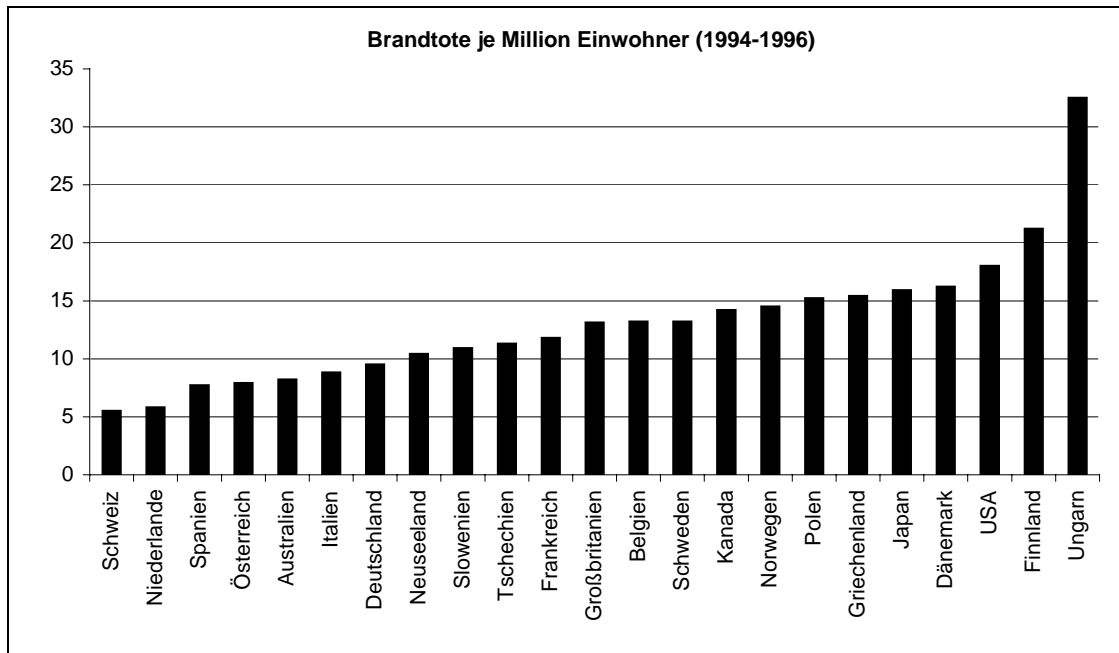


Abbildung 1: Jährliche Brandopfer pro Million Einwohner in Industrieländern nach [Wilmot]

Zu den Zahlen ist festzustellen:

- Die skandinavischen Länder mit Finnland, Norwegen (90 %) und Schweden (83 % Holzbauanteil im Ein- und Zweifamilienhausbau) aber auch Kanada sind Flächenländer mit teilweise sehr geringen Bevölkerungsdichten. Hier ist zu berücksichtigen, dass die Anfahrtszeiten der Feuerwehr und anderer Rettungseinrichtungen nicht mit den unsrigen vergleichbar sind. Darüber hinaus liegen Gebäude oftmals in unmittelbarer Nähe großer Waldflächen
- Die USA praktizieren insbesondere eingeschossigen Holzbau in „Billigbauweise“. Bekanntermaßen ist darüber hinaus das Stromnetz sanierungsbedürftig; Defekte an den weit verbreiteten Oberleitungen beispielsweise führen zu einem besonderen Brandrisiko
- Ungarn verfügt über keine mit mitteleuropäischen Industrieländern vergleichbare Brandmelde- und Rettungseinrichtungen, weshalb hier eine besonders hohe Zahl an Opfern vorliegt
- Die Schweiz und Deutschland mit einem Anteil von gut 15 % (lokal bis über 25 %) an Holzbauten zählen zu den fortschrittlichsten Nationen hinsichtlich der Brandrettung. Es handelt sich außerdem um Länder mit hoher Bevölkerungsdichte
- Neuseeland und Australien mit einem ebenfalls sehr hohen Anteil an Holzgebäuden liegen in der Statistik neben Deutschland bzw. darunter, wie ist das mit der hohen Holzbaquote zu vereinbaren?

Fazit: Durch einen Vergleich von Brandopfern in den Industrieländern kann nicht auf ein erhöhtes Brandrisiko, ausgehend von bestimmten Baukonstruktionen oder Materialien, geschlossen werden. Hier spielen in erster Linie länderspezifische Besonderheiten, wie Bevölkerungsdichte und -struktur, technische Infrastruktur (z. B. organisatorischer Brandschutz durch Feuerwehren) und vor allen Dingen soziale Randbedingungen und Mentalitätsunterschiede eine Rolle. Untersuchungen von Gebäudebränden bei Wohngebäuden geringer Höhe zeigen, dass die von einem Brand ausgehende Lebensgefahr in der Verrauchung der Gebäude zu sehen ist. In Deutschland sind beispielsweise 72 % der Brandopfer durch Verrauchung und nicht durch direkte Feuereinwirkung ums Leben gekommen. Maßgebend ist demnach die Einrichtung der Gebäude, wie es schwedische Untersuchungen [Ondrus] und Untersuchungen an der MFPA Leipzig [Kotthoff] belegen (näheres hierzu im Kapitel zur Brandrisikobewertung).

3.2 Statistische Auswertungen in der Schweiz

In Tabelle 1 werden Zahlen aus statistischen Untersuchungen in der Schweiz [Fontana] wiedergegeben, wobei es sich um Angaben aus einer über zehn Jahre hinweg durchgeführten Statistik für den Kanton Bern handelt, deren Grundlage umfangreiches Datenmaterial von Feuerversicherern ist. Mit einem Anteil an nichtmassiven Wohngebäuden von 26 % liegt der Kanton Bern deutlich über dem mitteleuropäischen Durchschnitt und kann somit als reeller, trendgebender Vergleich für Brandschäden von Gebäuden herangezogen werden.

	Öffentliche Gebäude	Wohnen	Landwirtschaft	Gewerbe und Industrie	Alle Nutzungen	Bauweise
Anzahl Brände (gesamt)	1.314	16.817	383	1.771	20.284	massiv
	358	9.587	9.945	890	20.780	nicht massiv
	1.672	26.404	10.327	2.661	41.064	beide
Brände pro 1.000 Gebäude und Jahr	12,1	12,25	6,95	14,88	12,25	massiv
	7,21	11,90	11,92	12,63	11,80	nicht massiv
	10,57	12,12	11,61	14,04	12,02	beide
Schaden pro Brand (CHF)	13.691	6.204	14.162	36.590	9.492	massiv
	20.541	9.511	13.500	38.377	12.847	nicht massiv
	15.157	7.405	13.525	37.188	11.190	beide
Brandtote pro 10 ⁵ Brände	0	1,01	0	0,56	0,89	massiv
	8,38	1,77	0,10	0,00	1,01	nicht massiv
	1,79	1,29	0,10	0,38	0,95	beide

Tabelle 1: Anzahl der Brände und Brandschäden im Kanton Bern 1986 –bis 1995 aus [Fontana]

Die Autoren der Brandschutzstudie [Schneider] geben das Zahlenmaterial der Schweizer Studie nicht vollständig und teilweise nicht im richtigen Zusammenhang wieder. Es werden ausschließlich Zahlenangaben zur Brandeintrittshäufigkeit und Brandopfern bezogen auf den m² Wohnfläche genannt, ohne Bezug auf die tatsächliche Anzahl der Gebäudebrände zu nehmen.

Im reellen Vergleich der Gebäudebrände (Abbildung 2), d.h. der Bewertung der Brandentstehungswahrscheinlichkeit zwischen Massiv- und Nichtmassivbauweisen, verhält sich die Anzahl der Brände in Wohnungsbauten sehr ausgeglichen (12,25 zu 11,9 Bränden pro 1.000 Gebäude). Wird das Schadenausmaß pro Brand betrachtet, können die von Schneider erkannten großen Unterschiede wiederum relativiert werden (siehe Abbildung 3). Im Wohnungsbau wurden pro Brand entgegen seiner Aussagen nicht 2,5 mal so große Schäden an Gebäuden angerichtet; allerdings liegen die Schadenssummen noch etwa 50 % über denen des Massivbaus. Dieses Ergebnis wird auch durch Untersuchungen im Rahmen einer Diplomarbeit an der Universität Leipzig [Stein-1] in Zusammenarbeit mit der Versicherungskammer Bayern näherungsweise bestätigt. Hier zeigte sich, dass insbesondere im Einfamilienhausbau durch brandtechnisch ungünstig ausgeführte Konstruktionen älterer Häuser tatsächlich je Brandfall größere Schäden eintreten können.

Allerdings entstehen auch dadurch erhöhte Schadenssummen, weil die Einschätzung der tatsächlichen Brandschäden durch die Sachverständigen unzureichend erfolgt. Es fehlen zuverlässige Beurteilungskriterien wie beispielsweise das Ausmaß der Kontaminierung von Hohlräumen durch Rauch.

Die darüber hinaus in der Brandschutzstudie [Schneider] wiedergegebenen Zahlen zu den Brandopfern pro m² Wohnfläche und Jahr liegen im Kanton Bern für den Wohnungsbau bei Nichtmassivgebäuden etwa 75 % höher als bei Massivgebäuden. Durch den Flächenbezug sind die Zahlen allerdings aufgrund der hier vorliegenden geringen Opferzahlen wenig aussagekräftig. Betrachtet man unabhängig von der Nutzung alle in die Statistik eingegangenen Gebäude, ergeben sich Abweichungen vom + 6 % für Nichtmassiv- und – 6 % für Massivbauten gegenüber dem Durchschnitt.

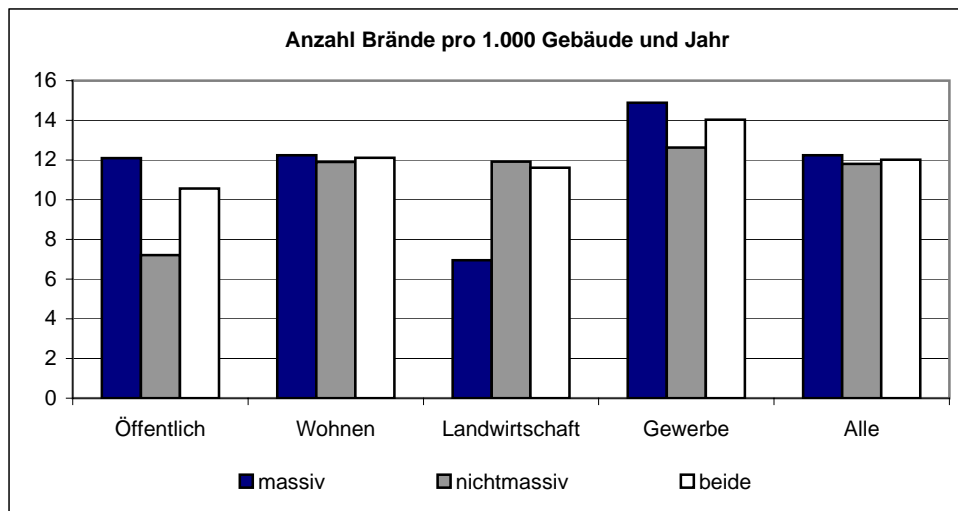


Abbildung 2: Anzahl der Gebäudebrände im Kanton Bern 1986 bis 1995 [Fontana]

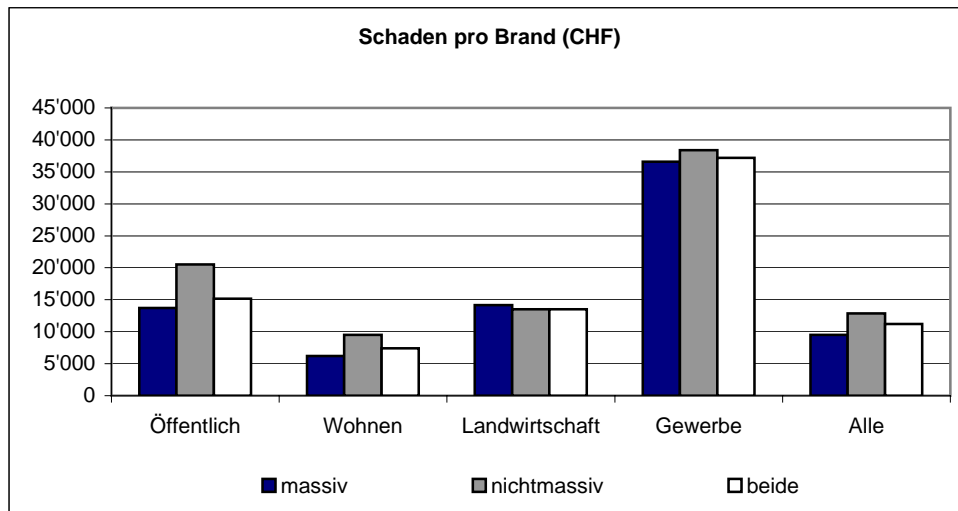


Abbildung 3: Brandschadenssumme an Gebäuden im Kanton Bern 1986 bis 1995 [Fontana]

Die Schweizer Untersuchungen zwischen 1986 und 1995 an Gebäuden aller Erstellungsjahre machen einen Einfluss von Gebäudenutzung und Bauweise deutlich. Gebäude in massiver Bauweise weisen zwar eine geringere Schadenbelastung als nichtmassive Bauten auf, die Untersuchungen haben aber auch gezeigt, dass Schadenanteil und Schadenbelastung mit steigendem Alter zunehmen. Es wird abschließend festgestellt, dass die Schadenbelastung moderner Holzbauten vergleichbar mit der von massiven Wohnbauten ist und es wird empfohlen, die heute angewandten Tarife nach Art der Bauweise durch die Kriterien Alter und Gebäudezustand zu ergänzen.

3.3 Statistische Untersuchungen in Schweden

In schwedischen Untersuchungen [Ondrus] wird festgestellt, dass die Unterschiede von Materialschäden durch Brandeinwirkung bei den verschiedenen Bauweisen gering sind. Im direkten Vergleich der Bauweisen vergrößert sich das Schadenausmaß zum Nachteil von nichtmassiven Gebäuden, je größer diese sind und je mehr Räume sie enthalten. Die offene Bauweise größerer Gebäude ermöglicht zudem eine Brandweiterleitung auf Geschossebene und ggf. über Geschosse hinweg. Ein weiteres Ergebnis der statistischen Untersuchungen ist, dass die Schadenssummen von der Gebäudenutzung und nicht von der Höhe der Gebäude abhängen und dass die Brandeintrittswahrscheinlichkeit von der Verteilung der Bevölkerung auf die Bauweisen abhängig ist.

4 Brandlasten

Die Brandbelastung beschreibt die freisetzbare Wärmemenge sämtlicher in einem Raum anzurechnender brennbarer Stoffe, bezogen auf die Grundfläche des Raumes. Die Gesamtbrandlast als Summe der immobilen und mobilen Brandlasten ist stark abhängig von Art und Nutzung des jeweiligen Raumes. In der Literatur findet man zu diesem Thema widersprüchliche bzw. veraltete Angaben. Auch bei einer Beschränkung der Betrachtung auf Gebäude normaler Art und Nutzung, also Wohn- und Bürogebäude, schwanken die Werte erheblich. Als Orientierung konnten bisher die vom Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein angegebenen Durchschnittswerte von ca. 600 MJ/m² für Wohnungen und 800 bis 1000 MJ/m² für Büros gelten [SIA 81]. Mit der Einführung des Eurocode EN 1991-1-2 (Tabelle E.4) wurden aktuelle, den heute üblichen Raumausstattungen angepasste Werte veröffentlicht. Die mobile Brandlastdichte für Wohnungen wird mit 780 MJ/m² angegeben und die für Büros mit 420 MJ/m². Zusätzliche stationäre (immobile) Brandlasten durch das Bauwerk wie Tragelemente, Bekleidungen, Installationen und Beschichtungen, sind zu diesen Werten zu addieren (siehe Tab. 2). Untersuchungen der MFPA Leipzig [Kotthoff] und praktische Erfahrungen beim Einrichten von Prüfräumen zeigen, dass eine Brandlastdichte von 500 bis 600 MJ/m² als ausreichend hoher Durchschnitts- und Orientierungswert angesehen werden kann.

Gesamtbrandlast		
Mobile Brandlast	Immobil Brandlast	
Nutzungsspezifische Ausstattung - Mobiliar, Dekoration - individuelle Wand-/Deckenbekleidungen - besonderes brandempfindliche bzw. feuergefährliche Stoffe (z. B. für Hobbys) - gelagerte Stoffe (Holz für Zusatzöfen)	Bauweisenspezifische Brandlast	Konstruktionsneutrale Brandlast
	Trag- und Aussteifungskonstruktionen	z. B. Fenster, Türen, Installation, Gebäudetechnik

Tabelle 2: Zusammensetzung der Brandlastanteile in einem Gebäude in Anlehnung an [DGfH-1]

4.1 Einfluss der Bauweise auf die Gesamtbrandlast

In Abbildung 4 sind resultierende Gesamtbrandlasten in Abhängigkeit der Bauweise nach [DGfH-1] aufgeführt. Diese Grafik wird in der Brandschutzstudie [Schneider] unvollständig wiedergegeben. Als Vergleichswert zur massiven Bauweise werden dort ausschließlich die Holzkonstruktionen der Variante B [DGfH-1] hinzugezogen. Diese stellen in den der Brandlastermittlung zugrunde gelegten Berechnungen lediglich die theoretische Vergleichsgröße einer nicht optimierten Holzbauweise dar, bei der das Zusammenwirken von geschützten und ungeschützten Bauteilen unberücksichtigt bleibt. Es wird hier quasi von ungeschützten Holzbauteilen ausgegangen, was in keiner Weise der Regelkonstruktionen im Holzhausbau entspricht, die nach einer Umfrage des BDF (Bundesverband Deutscher Fertigungsbau e.V.) und des BDZ (Bund Deutscher Zimmermeister) i.d.R. mit brandschutztechnisch wirksamen Platten bekleidet werden. Bauweisen der Variante B mit ungeschützter brennbarer Tragkonstruktion wären zudem derzeit in Deutschland für das betrachtete 4-geschossige Gebäude nicht zulässig.

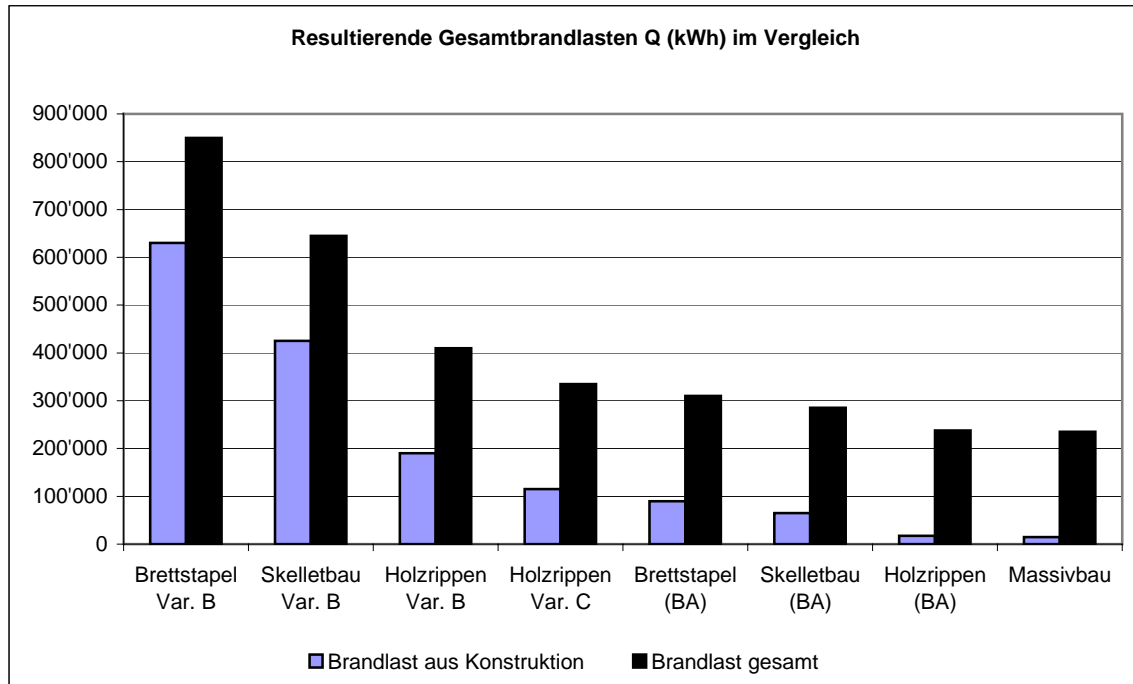


Abbildung 4: Gegenüberstellung der konstruktiven und der gesamten Brandlast unterschiedlicher Bauweisen für einen 4-geschossigen Wohnbau mit 800 m² Wohnnutzfläche [DGfH-1]
 Variante B: nicht optimierte Holzbauweise ohne Berücksichtigung von Bekleidungen
 Variante C: optimierte Holzbauweise mit Reduzierung des Anteils brennbarer Baustoffe
 BA-Bauweise: Holzbauweise mit konsequent ausgeführter hochfeuerhemmender Bekleidung

Interessant an den Ergebnissen der Vergleichsrechnung ist der Einfluss der konsequenten BA-Bauweise, d.h. einer raum- und bauteilabschließenden, brandschutztechnisch wirksamen, nichtbrennbaren Bekleidung. Diese mittlerweile in die Musterbauordnung aufgenommene Bauweise kapselt die Holzkonstruktion durch eine definierte Bekleidung gemäß Musterholzbau-Richtlinie [M-HFH HolzR] über lange Zeiträume. Die Brandlasten aus Trag- und Aussteifungskonstruktionen stellen danach nur einen Bruchteil der Gesamtbrandlast dar. Der gegenüber Massivbauweisen geringe zusätzliche Eintrag von immobilen Brandlasten ist nur dann von Bedeutung, wenn:

- diese im Brandfall auch thermisch umgesetzt werden können, d.h. dem Feuer zugänglich sind bzw. der Abbrand der mobilen Brandlasten durch die immobilen Brandlasten maßgeblich beeinflusst wird
- die aktivierbaren immobilen Brandlasten in einem maßgeblichen Verhältnis zu den Gesamtbrandlasten stehen, wobei bei den immobilen Brandlasten eine zusätzliche Differenzierung in bauweisenabhängige und konstruktionsneutrale Brandlasten erfolgen muss (Tab. 2)

5 Brandrisikobewertung

Jedes Gebäude, unabhängig von seiner Bauweise, kann der außergewöhnlichen Einwirkung „Brand“ ausgesetzt werden, es unterliegt demnach einem bestimmten Brandrisiko. Nach [SIA 81] verbindet der Begriff Brandrisiko die Brandgefährdung mit der nicht exakt messbaren Eintretenswahrscheinlichkeit eines Schadenfeuers. Das effektive Brandrisiko wird i.d.R. für den gefährlichsten Brandabschnitt eines Gebäudes bestimmt, indem die Brandgefährdung mit der Aktivierungsgefahr, also dem Maß für die Eintretenswahrscheinlichkeit eines Brandes, multipliziert wird.

5.1 Brandgefährdung

Der Verlauf von Bränden wird durch eine Vielzahl von Einflussgrößen bestimmt. Diese können sich hemmend oder begünstigend auf den Brandverlauf auswirken und die daraus resultierenden Schäden beeinflussen. Aus dem in [SIA 81] aufgeführten Verfahren zur Brandrisikobewertung wird deutlich, dass die Brandgefährdung differenzierter zu bewerten ist, als eine alleinige Betrachtung der (konstruktiven) Brandlasten vorzunehmen. Die Brandgefährdung berücksichtigt danach alle brandbegünstigenden Gefahrenfaktoren (potentielle Gefahren) sowie die brandhemmenden Schutzfaktoren eines Gebäudes, siehe Tab. 3. Die Gefahreninflussgrößen setzen sich zusammen aus den inhaltsbedingten und den gebäudebedingten Gefahren.

Potentielle Gefahren		Schutzfaktoren
Gefahren aus Inhalt	Gefahren aus Gebäude	
Mobile Brandbelastung - Einrichtung - Möblierung - Technik	Immobil (konstruktive) Brandbelastung d.h. Bauweise, Brandbelastung durch Bauteile d.h. Anteil der brennbaren Materialien des Bauwerks <u>und</u> deren Einfluss auf die Brandausbreitung	Normalmaßnahmen z. B. Handfeuerlöscher, Innenhydranten
Brennbarkeit von Materialien - Entzündung - Abbrandgeschwindigkeit	Geschosslage, lichte Raumhöhe z. B. bei mehrgeschossigen Gebäuden Berücksichtigung erschwerter Fluchtmöglichkeiten und erschwerter Einsatz der Feuerwehr	Sondermaßnahmen z. B. zur Brandentdeckung oder Alarmübermittlung; Löschanlagen, RWA
Rauchbildung Stoffe mit besonders starker Rauchentwicklung Korrosionsgefahr/Toxizität Stoffe, die beim Verbrennen gefährliche Gase entwickeln	Großflächigkeit von Brandabschnitten d. h. Ausbreitungsmöglichkeit eines Brandes in horizontaler Richtung	Bauliche Schutzmaßnahmen z. B. Feuerwiderstand von tragenden bzw. umfassenden Bauteilen

Tabelle 3: Einflussfaktoren für die Brandgefährdung nach [SIA 81]

5.2 Brandentstehungswahrscheinlichkeit

Die Brandentstehungswahrscheinlichkeit korreliert im Wohnungsbau nicht vorrangig mit der Brandlast, weder der mobilen noch der konstruktiven. Ob beispielsweise eine Stahlbetondecke durch einen Unterzug aus Stahlbeton oder Brettschichtholz unterstützt wird, ändert zunächst nichts an der Brandentstehungswahrscheinlichkeit. Vielmehr ist diese abhängig von:

- Grad und Güte der technischen Installationen, einschließlich der im Dauerbetrieb und im Stand-by-Betrieb befindlichen Geräte, z. B. auch Transformatoren
- dem Verhalten der Bewohner, z. B. "brandgefährliche" Hobbys, Raucher
- den Einrichtungsgegenständen und deren Baustoffklasse, z. B. Vorhänge, Möbel
- der Lage des Objektes, z. B. in Erdbebenzonen, Waldbrandregionen

Nach Ansicht der Autoren ist damit auch die in der Brandschutzstudie [Schneider] enthaltene Hochrechnung der zukünftigen Eintrittshäufigkeit von Bränden in Abhängigkeit eines zunehmenden Anteils an Holzbauweisen der weitgehendste Fehler. Hierzu wird die statistisch ermittelte Eintrittswahrscheinlichkeit von signifikanten Bränden ($E = 1,05 \times 10^{-5}$ Brände pro m^2 und Jahr) entsprechend der derzeitigen Bauweisenverteilung auf die konstruktiven und die mobilen Brandlasten aufgeteilt:

Berechnung nach [Schneider]:

13 % Holzbau $\times 1,05 \times 10^{-5}$ ergibt: $E_{konstr} = 0,14 \times 10^{-5}$ Brände durch konstruktive Brandlast
 87 % Massivbau $\times 1,05 \times 10^{-5}$ ergibt: $E_{mobil} = 0,91 \times 10^{-5}$ Brände durch mobile Brandlast

Schneider geht also davon aus, dass ein Holzbau grundsätzlich aufgrund seiner konstruktiven Brandlasten in Brand gerät. Damit steht für ihn fest, dass bei einer Erhöhung des Holzbauanteils die Eintrittshäufigkeit von Bränden quasi direkt proportional steigt. Die von Schneider ausgewiesene, scheinbar mögliche Steigerung des Schadenausmaßes bei einer Erhöhung der Anzahl von Gebäuden in Holzbauweise wird somit an die falsche und unbewiesene Annahme der Erhöhung des Brandentstehungsrisikos in Abhängigkeit von der Bauweise gekoppelt. Auf der Grundlage dieser unbewiesenen (hier widerlegten) Annahme werden dann von Schneider anhand mathematisch richtiger Beziehungen scheinbare Gefahrenpotentiale durch die Ausweitung der Anwendung der Holzbauweise errechnet.

5.3 Brandausbreitungswahrscheinlichkeit

Die Brandausbreitungswahrscheinlichkeit ist abhängig von brennbaren Baustoffen in unmittelbarer Umgebung des Brandherdes. Holzbauten, wie Holzrahmen- oder Holztafelbauten, und die raumbildenden Bauteile im Holzskelettbau sind im Regelfall mit brandschutztechnisch wirksamen, nicht brennbaren Beplankungen oder Bekleidungen versehen. Die konstruktiv eingesetzten brennbaren Baustoffe tragen damit zur Brandausbreitungswahrscheinlichkeit nach Brandentstehung nicht oder erst verzögert bei.

Beispiel:

Ein in der Nähe eines implodierenden Fernsehgerätes hängender Vorhang trägt (Bauweisen unabhängig) wesentlich mehr zur Brandausbreitungsgeschwindigkeit bei als ein zwei Meter über dem Fernseher befindlicher massiver Brettschichtholzbalken.

Zudem ist bekannt, dass Tragwerke aus Holz ein gutmütiges Tragverhalten bei Brandbeanspruchung aufweisen. Bei einer Naturbrandbeanspruchung mit einem Abfallen der Brandraumtemperatur nach meist 30 Minuten führt die sich bildende schützende Holzkohleschicht zu einem relativ geringen, tatsächlichem Abbrand. Die verbleibenden Restquerschnitte bleiben wegen der geringen Wärmeleitfähigkeit des Holzes kühl und somit tragfähig.

5.4 Brandverläufe und Vollbrandwahrscheinlichkeit

Ein Raumbrand entwickelt sich generell in Abhängigkeit von Art und Anordnung der in ihm befindlichen brennbaren Materialien, der „Brandlast“, sowie den gegebenen Ventilationsbedingungen. Es liegen umfangreiche Untersuchungen von Raumbrandversuchen vor. Beispielsweise hat die MFPA Leipzig in den letzten 15 Jahren etwa 130 Raumbrandversuche durchgeführt und durch Berechnungen ergänzt, die auf der Grundlage von Ingenieurmethoden und Brandsimulationen mit Zonen- und Feldmodellen durchgeführt wurden.

5.4.1 Brandverläufe in Räumen

Nachfolgend wird ein typischer Brandverlauf geschildert, nachgestellt an einem an der MFPA Leipzig [Kotthoff] vorgenommenen maßstäblichen Raumbrandversuch mit praxisüblicher Möblierung. Es soll aufgezeigt werden, welchen Einfluss Brandlasten und andere Bedingungen auf die Brandentwicklung haben. Bei dem betrachteten Raum wird ein Wohn- oder Büroraum mit einer Grundfläche von ca. 20 m² bei einer Raumhöhe von 3 m nachgestellt, der nur zwei Öffnungen - eine Tür und ein Fenster in der Fassade - aufweist. Die Brandlastdichte wird mit 500 bis 600 MJ/m² als hinreichend hoher Durchschnittswert angenommen.

Fenster und Raumtür zunächst geschlossen

- Die Zündung erfolgt an einer Couch mit PUR-Weichschaumdämmung über einen flächig verschütteten Brandvermittler.
- Nach der Zündung verläuft der Brand in der Phase des Entstehungsbrandes zunächst brandlastgesteuert, d.h. in der Raumluft ist mehr Sauerstoff vorhanden als für eine chemische (stöchiometrische) Verbrennung der Brandlast zu diesem Zeitpunkt benötigt wird.
- Ab der 5. Prüfminute ist der Brandraum ab einer Höhe von 0,5 m oberhalb des Fußbodens mit Rauch gefüllt.
- Bis zur 7. Prüfminute sind durch die Scheiben des Fensters intermittierend Flammen wahrnehmbar. Zu diesem Zeitpunkt beträgt die Brandfläche ca. 2 m² und die Flammenhöhen 2 m (Energieabgabe 0,8 bis 1,2 MW).
- Da das Raumluftvolumen und damit das Sauerstoffangebot des geschlossenen Raumes begrenzt ist, steht nach kurzer Zeit nicht mehr genügend Sauerstoff für den Verbrennungsprozess zur Verfügung.
- Der Raum füllt sich im Anschluss über seine gesamte Höhe mit Rauch. Die Temperaturmessungen weisen einen starken Rückgang der Brandintensität aus. Das Feuer mit offenen Flammen geht in einen Schwel- bzw. Glimmbrand über, der im günstigsten Fall selbständig verlöschen kann.

Fenster wird in der 25. Minute mechanisch zerstört

- Nach zunächst starkem Rauchaustritt kommt es zur erneuten Entflammung des Mobiliars im Bereich der Zündstelle und der Entstehungsbrand geht nach weiteren 5 Minuten in einen Vollbrand mit Flammenaustritt auf die Fassade über.



Abbildung 5: Entstehungsbrand

- Örtlich auf maximal 1 m² begrenzte Brandfläche
- Temperaturen unter der Decke kleiner als 200°C
- Beginnende Rauchsichtung, kein Rauchaustritt vor die Fassade
- Energieabgabe < 0,5 MW

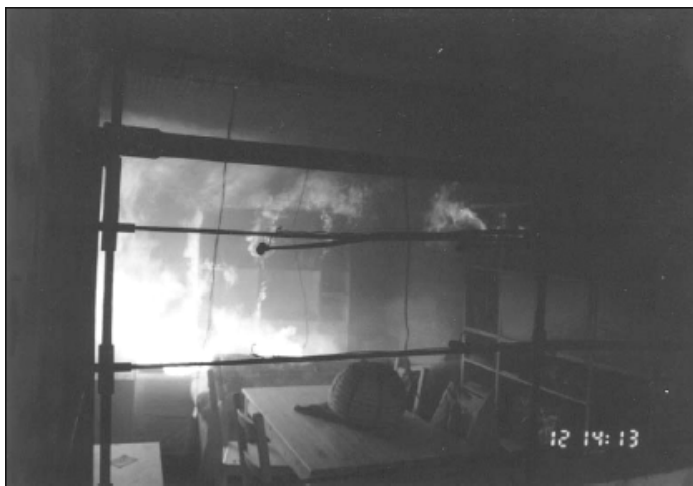


Abbildung 6: Entwickelter Brand

- räumliche Ausdehnung des Brandes 1 bis 4 m²
- Flammen unter der Decke lokal über der Zündstelle 500°C
- Heißgasschicht 200 – 350°C
- Rauchaustritt auf die Fassade Temperaturen < 300 °C
- Energieabgabe 0,8 bis 1,5 MW



Abbildung 7: Durchzündung (flash-over)

- rasche Vergrößerung der Brandfläche
- Heißgasschicht unter der Decke (500 – 600 °C)
- Pyrolyse aller Möbeloberflächen durch Wärmestrahlung
- Gasexplosion mit spontaner Volumenvergrößerung
- Energieabgabe 2 bis 3 MW



Abbildung 8: Vollbrand

- Raum ist vollständig mit Flammen erfüllt
- Temperaturen im gesamten Raum über die Höhe zwischen 600 und 1000°C
- flächige Beanspruchung der raumbegrenzenden Bauteile
- Flammenaustritt auf die Fassade oder in den angrenzenden Flur
- „Abfackeln“ unverbrannter Pyrolysegase nach Durchmischung mit Frischluft („Gasbrenner“)
- Energieabgabe:
 - ~ im Raum: 4 – 6 MW
 - ~ außerhalb: 1 – 2 MW

Anhand des beschriebenen Szenariums ist erkennbar, dass vor allen Dingen die immobile Brandlast das Brandgeschehen zu Beginn eines Brandes beeinflusst. Darüber hinaus haben die Ventilationsbedingungen einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung des Brandes in einem Raum, da ohne ausreichendes Angebot an Luftsauerstoff eine Verbrennung der Brandlast nicht möglich ist.

Die beschriebenen Brandverläufe sind zunächst Bauweisen unabhängig.

5.4.2 Brandversuche in Räumen von Holzkonstruktionen

In einem umfangreichen finnischen Forschungsvorhaben [Hakkarainen] wurden die Brandverläufe in Räumen mit „leichten“ und „schweren“ Holzkonstruktionen untersucht. Die Untersuchungen dienten vor allen Dingen dazu, die parametrischen Kurven zur Simulation einer Brandbeanspruchung aus dem Eurocode 1 (DIN EN 1991-1-2) zu überprüfen. Sie haben folgende Erkenntnisse gebracht:

- Die gemessenen Brandgastemperaturen blieben um 300° - 500°C unter den parametrischen Temperatur-Zeit-Kurven aus dem Eurocode 1 für Räume mit ungeschützten Holzbauteilen
- Die Übereinstimmung der gemessenen Kurven mit den Ansätzen des Eurocode war bei den mit Gipsbauplatten geschützten Konstruktionen deutlich besser; wie im ersten Fall lagen die Ergebnisse aber deutlich auf der sicheren Seite
- Eine einlagige Beplankung mit Gipsbauplatten der Dicke $d = 12,5$ mm (Typ A nach DIN EN 520) verzögerte den Beginn des Abbrandes der Holzkonstruktion um ca. 20 Minuten
- Eine zweilagige Beplankung mit Gipsbauplatten der Dicken $d = 12,5$ und 15 mm (1 x Typ A + 1 x Typ F (brandseitig) nach DIN EN 520) ergab entsprechend eine Verzögerung des Beginns des Abbrandes von ca. 40 Minuten
- Bei langandauernden Brandbeanspruchungen ungeschützter Bauteile wurde eine Reduktion der Abbrandraten durch den Aufbau einer schützenden Kohleschicht beobachtet

5.4.3 Auswertung der Brandversuche

Die Erkenntnisse der Brandversuche zeigen, dass Brandentstehung und Brandentwicklung im wesentlichen von der Einrichtung und den räumlichen Gegebenheiten abhängen. Die finnischen Untersuchungen [Hakkarainen] in Räumen aus Holzkonstruktionen zeigen außerdem, dass die Ansätze von [Schneider] bezüglich der Brandlasten falsch sind, da sich die Holzkonstruktion in den heute üblichen Gebäuden erst nach frühestens 20 Minuten am Brand beteiligt, ein Zeitpunkt zu dem im Regelfall bereits die Löscharbeiten eingesetzt haben (die max. Reaktionszeit der Feuerwehren in Deutschland beträgt üblicherweise 12,5 Minuten!). Selbst bei ungeschützten Konstruktionen kann man nicht davon ausgehen, dass sich die gesamte Konstruktion am Brandverlauf beteiligt. Die praktischen Erfahrungen bei Bränden in Konstruktionen mit massiven Holzbauteilen zeigen, dass diese im Regelfall in wesentlichen Teilen erhalten bleiben und ihre Tragfähigkeit nicht vollständig verlieren. Weitere Untersuchungen zur Wechselwirkung von Raumboflächen und dem Brandverlauf wurden an der MFPA Leipzig durchgeführt und werden gerade im Rahmen einer Dissertation [Kotthoff] ausgewertet.

Ergänzend werden weitere Untersuchungen an der TU München durchgeführt, um die Beteiligung der Gesamtkonstruktion bei einem Brand in Abhängigkeit der Konstruktionsart weiter zu reduzieren und die Schadensumfänge je Einzelbrand weiter zuverlässig zu reduzieren [Stein-2].

Anhand der beschriebenen Brandszenarien lässt sich außerdem erkennen, dass eine räumliche Trennung ganz unabhängig von der Bauweise von großem Vorteil ist. Geschlossene Türen und Fenster verhindern die Brandausbreitung wirkungsvoll; ein Brand kann sogar ersticken. Jede geschlossene Tür, auch wenn es sich um keine ausgewiesene Brandschutztüre handelt, verzögert die Brandausbreitung um wertvolle Minuten, was eine bedeutende Schadensbegrenzung zur Folge haben kann.

6 Gleichwertigkeit von Holzkonstruktionen

Eine grundsätzliche Verknüpfung von Feuerwiderstandsdauer und Brennbarkeit der Baustoffe ist nicht mehr zeitgemäß. Die bautechnischen Möglichkeiten, gekapselte Holzkonstruktionen mit den in den Bauordnungen geforderten Feuerwiderstandsdauern herzustellen, lässt die Forderung zu, grundsätzlich Baustoff unabhängige Bauteilanforderungen zu stellen und die Anforderungen an die Brennbarkeit der Oberflächen für die jeweiligen Bauabschnitte gezielt zu definieren, beispielsweise für Fluchtwege. Der Trend zu risikogerechten und volkswirtschaftlich sinnvollen bauordnungsrechtlichen Anforderungen mit den Feuerwiderstandsstufen 30, 60 und 90 Minuten wird in Deutschland durch die Musterbauordnung vorgegeben. Die (Holz-) Bautechnik kann diesem Anspruch Folge leisten, hochfeuerhemmende Holzkonstruktionen haben sich in Versuchen bewährt. Durch die Verwendung von Holz als Baustoff muss das Sicherheitsniveau des Brandschutzes keinesfalls eingeschränkt werden, wie seitens der Massivbauindustrie behauptet wird [Schneider, MMM].

Die Einführung der zusätzlichen, auch häufig kritisierten Stufe „hochfeuerhemmend“ ist im übrigen Bauweisen unabhängig. Sie gilt für Gebäude mittlerer Höhe und ist ein sinnvoller Zwischenschritt zur Berücksichtigung des tatsächlichen Brandrisikos.

7 Zusammenfassende Bewertung

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Ausführungen der Autoren der „Brandschutzstudie“ [Schneider] wissenschaftlich nicht belegbar sind. Die tatsächlichen Verhältnisse im Vergleich der Bauweisen bezüglich Brandentstehungswahrscheinlichkeit, Brandausbreitungswahrscheinlichkeit und Vollbrandverhalten werden nicht untersucht. Tatsächlich zeigen andere Untersuchungen [Fontana, Ondrus], dass das Brandentstehungsrisiko vielmehr von der Verteilung der Bevölkerung und der Nutzungsverteilung auf die Bauweisen abhängig ist. Bereits die Ausgangsbasis kann bei [Schneider] als ungenau angesehen werden, da „Massivbauten“ eine Vielzahl von Gebäudearten und -typen umfassen. Im Wohnungsbau besteht durch Dachkonstruktionen häufig bis zu einem Drittel der Bausubstanz aus Holzbauteilen, selbst dann, wenn das Gebäude als Massivbau bezeichnet wird.

Bereits Konrad Wachsmann, bekannt als Architekt von Albert Einsteins Ferienhaus in Caputh und einer der Vorreiter des Holzrahmenbaus, stellte 1930 in seinem Buch "Holzhausbau" fest [Wachsmann]:

"Die Feuergefährlichkeit ist gerade zur fixen Idee geworden. (...) Sie ist keineswegs größer als bei einem anderen Hause, denn der ganze Innenausbau, Decken und Fußböden, Türen und Fenster usw. ist hier wie dort gleich. Fast alle Versicherungsgesellschaften des In- und Auslandes haben sich diese Erkenntnis zu eigen gemacht. Man kann heute Holzhäuser zu denselben Sätzen versichern wie andere Bauten."

Wie sich die Zeiten gleichen! In einem modernen Holzrahmen- oder Holztafelbau ist jedenfalls ein erhöhtes Brandentstehungsrisiko nicht gegeben. Allerdings sollten Weiterentwicklungen betrieben werden, um die Brandausbreitung und damit die Schadenshöhe nach einem Brand noch sicherer begrenzen und damit auch beurteilen zu können. Und es sollte immer wieder deutlich gemacht werden, dass wie bei allen Bauweisen auch im Holzbau Differenzierungen vorzunehmen sind. Ein Blockhausbausatz, in Eigenleistung montiert, ist mit einem gütegesichert erstellten Holztafel- oder Holzskelettbau nicht vergleichbar.

8 Literatur

[Fontana] Fontana, Lienert, Favre, Maag; Statistische Untersuchungen zu Gebäudebränden in S+S report, VdS Magazin zur Schadenverhütung + Sicherheitstechnik, Ausgabe 1/2002.

[DGfH-1] Becker et al.: Theoretische und experimentelle Grundlagenuntersuchungen zum Brandschutz mehrgeschossiger Gebäude in Holzbauweise, Untersuchungsbericht Teil 1 – Theoretische Grundlagenuntersuchungen, 1997.

[Hakkarainen] Hakkarainen, T.: Post-flash over fires in light and heavy timber construction compartments. Journal of FIRE SCIENCES, Vol. 20 – March 2002.

[Kotthoff] Kotthoff, Ingolf: Brandentwicklung in Wohnräumen, unveröffentlichter Bericht der MFPA Leipzig GmbH.

[MBO 2002] Musterbauordnung (MBO), Fassung November 2002: Bauministerkonferenz IS-Argebau, Deutschland.

[M-HFH HolzR] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise – M-HFH HolzR (Fassung Juli 2004), Bauministerkonferenz IS-Argebau, Deutschland.

[MMM] Homepage des Verbandes Massiv Mein haus e.V.: www.massiv-meinhaus.de/Home/massiv_aktuell/Sept-2003/Brand_sept_03.htm.

[Ondrus] Ondrus, Julia: Fire in Low-Rise Residential Buildings, Building Research and Information, Vol. 22, Number 1, 1994 – kompletter Bericht: Ondrus, Julia: Fire in Low-Rise Residential Buildings. The Risk of Personal Injuries and Material Damages. Departement of fire Safety Engenieering, Lund University, TVBB-3055, Lund 1991.

[Schneider] Schneider, U.; Oswald, M.: Brandschutztechnische Analyse von Massiv- und Holzbauweisen, Brandschutz-Studie (o.J.).

[SIA 81] Brandrisikobewertung, Berechnungsverfahren: SIA-Dokumentation 81, Schweizer Ingenieur- und Architekten-Verein, 1984.

[Stein-1] Stein, R.: Vergleichende Bewertung der Brandausbreitung von Gebäuden in Holz- und Massivbauweise; Diplomarbeit an der Universität Leipzig, 2003.

[Stein-2] Stein, R.: Ermittlung der Mechanismen der Brandweiterleitung bei Gebäuden in Holzbauweise für die Entwicklung eines Konstruktionskataloges für "Holzhäuser mit erhöhter Brandsicherheit"; Dissertation an der TU München (in Bearbeitung).

[Wachsmann] Wachsmann, Konrad: Holzhausbau, Technik und Gestaltung. Birkhäuser-Verlag, Berlin, 1995.

[Wilmot] Wilmot, R.T.D: United Nations Fire Statistics Study, World Fire Statistics Centre Bulletin, Geneva Association, Genf, Sept. 1999.

[Winter 2003] Winter, S.: Mehrgeschossiger Holzbau nach der neuen Musterbauordnung in Deutschland. Vortrag beim 8. internationalen Holzbauforum Garmisch-Patenkirchen 2003.