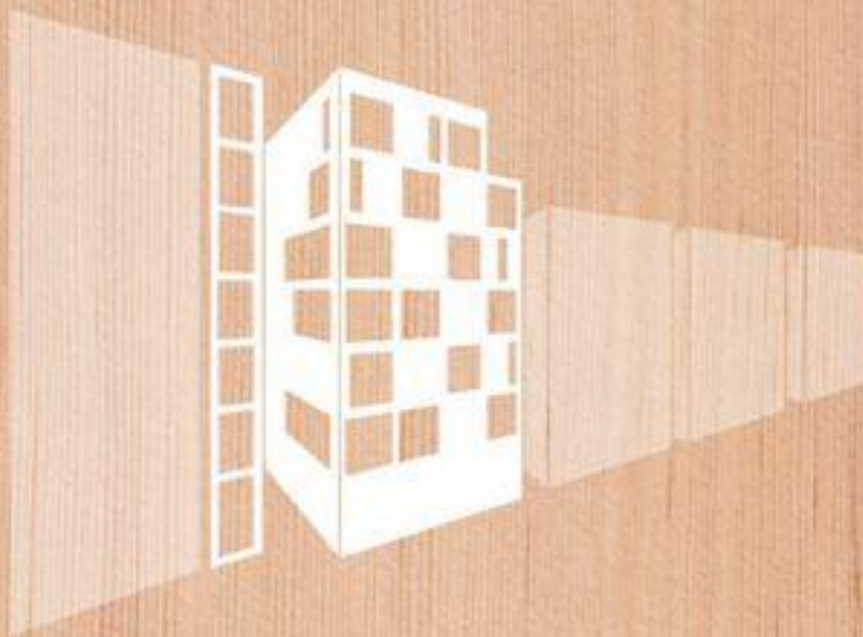


Auszug aus:

Handbuch und Planungshilfe Urbaner Holzbau

Chancen und Potenziale für die Stadt

Herausgegeben von Peter Cheret, Kurt Schwaner und Arnim Seidel



DOM
publishers

Brandschutz im Holzbau

von Stefan Winter

Für den Brandschutz im Holzbau sind eine Reihe wesentlicher baurechtlicher Vorgaben zu beachten aber auch eine Reihe materialspezifischer Eigenschaften. In diesem Kapitel werden die Material- und Bauteileigenschaften behandelt und Hinweise zu brandsicheren Konstruktionen gegeben.

Entgegen weit verbreiteter Vorstellungen ist das Brandentstehungsrisiko - oder anders ausgedrückt die Wahrscheinlichkeit, dass ein Brand entsteht - von den verwendeten Konstruktionsbaustoffen eines Gebäudes völlig unabhängig! Viele Untersuchungen belegen, was der normale Menschenverstand bestätigt: Die Entstehung eines Brands liegt fast immer an menschlichen Fehlern, entweder während der Nutzung des Gebäudes oder bereits früher bei dessen Planung und Errichtung. In den meisten Fällen ist ein technisches Versagen letztlich auch auf ein weiter zurückliegendes menschliches Versagen zurückzuführen, in seltenen Fällen aber auch auf das Versagen von Technik im Rahmen der vereinbarten und gesellschaftlich akzeptierten Ausfallwahrscheinlichkeiten. Brände, die unmittelbar durch menschliches Handeln wie Brandstiftung, die vergessene Kerze oder den verunglückten Fettlöschversuch entstehen, sind statistisch entsprechend der Verteilung der Bevölkerung oder - erweitert - entsprechend der zivilisatorischen Tätigkeit in den jeweiligen Baukonstruktionen verteilt.



Darstellung üblicher Brandphasen eines Wohnungsbrands mit Zuordnung, in welchen Brandphasen die Brennbarkeit der Baustoffe und der Feuerwiderstand der Bauteile von besonderer Bedeutung sind. (Quelle: TU München (TUM), Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion)

Dennoch - Holz ist nun einmal ein brennbarer Baustoff! Dies bedeutet, dass er sich nach der Entstehung eines Brands am Brandgeschehen beteiligen kann und damit eine immobile Brandlast darstellt. Das ist zunächst nicht tragisch, muss aber bei dem Entwurf ausreichend brandsicherer Gebäude adäquat berücksichtigt werden. Dabei ist es wesentlich, zwischen der Brennbarkeitsklasse des Materials und dem Feuerwiderstand der Konstruktion zu unterscheiden. Die Brennbarkeit des Materials der Oberflächen spielt dann eine besondere Rolle, wenn brennbare Oberflächen zu der Ausbreitung eines Brands beitragen können. Daher sind insbesondere in Fluchtwegen nicht brennbare Oberflächen gefordert, um Bereiche

wie Flure und Treppenträume von unmittelbar zur Verfügung stehender Brandlast frei zu halten. Ebenso sollte man im mehrgeschossigen Holzbau die sichtbaren Holzoberflächen begrenzen, um ein Mitbrennen aller Raumbooberflächen nach einem Raumvollbrand ("Flashover") zu verhindern, da sonst häufig eine große Menge nicht vollständig verbrannter Gase entsteht, die sich nach dem Austreten durch Fassadenöffnungen vor der Fassade mit Sauerstoff vermengen und zu sehr intensiver, hoch schlagender Brandbeanspruchung vor der Fassade führen. Als grobe Faustregel kann gelten: Wenn Fußboden und Decke aus brennbarem Material bestehen, dann sollten die Wände nicht brennbar bekleidet sein - und umgekehrt.

Die Brennbarkeitsklassen der Baustoffe werden heute nach europäischen Normen geprüft und klassifiziert. Die Klassifizierung erfolgt nach DIN EN 13501-1. Die nachstehende Tabelle nennt die europäischen Klassifizierungen, die Zuordnung der bauaufsichtlich verwendeten Begriffe und zum Vergleich die alten Klassenbezeichnungen für Baustoffklassen der DIN 4102.

Bauaufsichtliche Bezeichnung	Brennbarkeitsklassen nach DIN EN 13501-1	Baustoffklassen nach DIN 4102
Nicht brennbar	A1, A2	A1, A2
Schwer entflammbar	B, C	B1
Normal entflammbar	D, E	B2
Leicht entflammbar ¹⁾	F	B3

1) Leicht entflammbare Baustoffe dürfen im Bauwesen in der Regel nicht eingesetzt werden.

Die europäischen Klassifizierungen, die Zuordnung der bauaufsichtlich verwendeten Begriffe und zum Vergleich die alten Klassenbezeichnungen für Baustoffklassen der DIN 4102. (Quelle: TU München (TUM), Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion)

Das europäische Klassifizierungssystem regelt zusätzlich zum Brandverhalten die Brandnebenerscheinungen. Für die Rauchentwicklung (smoke release: s1, s2, s3) und das brennende Abtropfen (dropping: d0, d1, d2) werden jeweils drei Klassen angegeben; mit steigender Nummer nimmt die Eigenschaft zu.

Im Holzbau werden als Konstruktionswerkstoffe im Wesentlichen Vollholz, Brettschichtholz, Brettsperrholz und eine Vielzahl plattenförmiger Holzwerkstoffe wie OSB, Furnierschichtholz (LVL) oder Sperrholz verwendet. Die europäische Klassifizierung für die meisten der Holzbaustoffe lautet D-s2,d0, das heißt der Holzbaustoff ist "normal entflammbar", besitzt die Rauchentwicklungsklasse 2 und ist darüber hinaus nicht brennend abtropfend.

Um das Holz vor Entzündung zu schützen und um die Brandausbreitung zu begrenzen, werden nicht brennbare Plattenwerkstoffe eingesetzt, insbesondere Gipsbauplatten wie Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF) oder Gipsfaserplatten. Gipsbauplatten eignen sich besonders gut, da das im Gips chemisch gebundene Wasser bei Brandeinwirkung ausgetrieben wird und infolge der Verdunstung für

einen längeren Zeitraum kühlt. Es entsteht in Abhängigkeit von der Rohdichte und der Dicke der Platte ein zeitlich begrenzter Haltepunkt der Temperatur bei etwa 110 Grad Celsius, der die dahinter liegenden brennbaren Baustoffe vor Entzündung schützt. Der Flammpunkt von Holzbaustoffen liegt beispielsweise bei 270 bis 300 Grad Celsius.

Um diese Schutzeigenschaften der Bekleidungsmaterialien und die Schutzerfordernisse für Holzbaukonstruktionen ergänzend zu beschreiben, wurde eine zusätzliche europäische Klassifizierung der sogenannten Kapselklassen eingeführt. Die mit K2-XX bezeichnete Klassifizierung gibt an, wie lange Holz durch die Bekleidung vor Entzündung geschützt wird. Klassifizierte Materialien zur Kapselung sind bisher immer "nicht brennbar" klassifiziert. Ergänzend spielen die Dämmstoffe bei der Beurteilung des Brandverhaltens einer Holzkonstruktion eine wesentliche Rolle. Sie tragen zum Schutz der tragenden Konstruktion bei und lassen sich zum Beispiel als nicht brennbare Dämmstoffe von Wärmedämmverbundsystemen auch zur Kapselung heranziehen. Als Hohlraumdämmung schützen sie die innen liegenden, tragenden Holzbauteile.

Oberhalb der Gebäude geringer Höhe sind derzeit in allen Bauteilen nicht brennbare Dämmstoffe vorgeschrieben. Sofern diese Brandschutzfunktion besitzen sollen, müssen sie dicht anliegend eingebaut werden und daneben auch in Innenwänden als Volldämmung ausgeführt werden. Dies verhindert wirksam eine Brandausbreitung innerhalb der Gefache. Gerade die zuverlässig dicht eingeblasenen Zellulosefaser-Dämmstoffe erfüllen diese Anforderung teilweise sogar besser als andere, da sie strömungsdichter sind. Zellulosefaser-Dämmstoffe zählen zwar zur Kategorie normal entflammbarer Baustoffe, bilden aber wie Holz eine Kohleschicht und bleiben somit in den Gefachen stabil. Bei den mineralischen Dämmstoffen ist zu beachten, dass für sie in Bauteilen mit Brandschutzanforderungen in der Regel ein Schmelzpunkt von mehr als 1.000 Grad Celsius gefordert ist.



Schankula Architekten: vier- und achtgeschossiger Wohnungsbau in Holz, Bad Aibling bei Rosenheim, 2010 / 2011 (Foto: Huber & Sohn GmbH & Co. KG)

Brandverhalten von Holzbaukonstruktionen

Auch wenn man es im Holzbau, wie aus den vorangegangenen Ausführungen hervorgeht, mit brennbaren Baustoffen zu tun hat, muss man das Brandverhalten der Gesamtkonstruktion im Auge behalten. Im Gegensatz zum Brandverhalten der einzelnen Baustoffe ist dann der Feuerwiderstand der Bauteile maßgebend. Hierzu wird bei Brandbeanspruchung die verbleibende Tragfähigkeit (Kriterium R - Résistance) sowie der Raumabschluss (Kriterium E - Étanchéité) und die Behinderung des Temperaturdurchgangs (Kriterium I - Isolation) beurteilt.

Im Hinblick auf diese Anforderungen ist der Holzbau als sehr gut kalkulierbar zu bezeichnen. Die Holzbauteile selbst werden durch die einsetzende Holzkohlebildung geschützt. Infolge der geringen Wärmeleitung des Holzes durchwärmen die Bauteile nur sehr langsam und bleiben aufgrund der geringen Temperatur und des geringen Temperaturausdehnungskoeffizienten auch sehr formstabil. Dazu kommt eine sehr gute Berechenbarkeit durch umfangreiche Bemessungsnormen für den Brandfall und gut validierte Modelle für außerhalb der Normen zu beurteilende Fälle. Lediglich auf einen Punkt ist gesondert hinzuweisen: Wie bei allen Hohlraumkonstruktionen sind Brände innerhalb der Konstruktionen schwer zu bekämpfen und können zu überproportionaler Schadensausweitung führen, obwohl der eigentliche Primärbrand vielleicht nur sehr klein und kurz war. Die beschriebene Kombination von nicht brennbaren (und brennbaren) Volldämmungen mit dichtem Einbau soll diesen Hohlraumbränden vorbeugen.

Da massive Holzbauteile oder Verbundbauteile aus Brettschichtholz oder Brettsperrholz dagegen keine Hohlräume aufweisen, werden sie insbesondere in den Fällen, in denen sichtbare Holzbauteile gewünscht sind, bevorzugt eingesetzt. Im Brandfall kommt es bei diesen Bauteilen nur zu einem Verkohlen der Oberflächen, ein Ablöschen ist nachgewiesen einfach und auch die Gefahr einer internen Brandweiterleitung ist nicht gegeben.

In den Gebäudeklassen 3-5 lassen sich heute praktisch alle Bauteile mit Feuerwiderstandsklassen von REI 30 bis zu REI 90-K 260 mit geprüften und bauaufsichtlich verwendbaren Konstruktionen realisieren. Selbst für Gebäudeabschlusswände, die wie Brandwände zusätzlich eine mechanische Beanspruchung unter Brandbeanspruchung aushalten (Kriterium M - mechanical resistance), liegen entsprechende Nachweise vor. Die Nachweise können über den Brandschutzteil des Eurocode 5 (DIN EN 1995-1-2 mit nationalem Anhang) und den Ergänzungen der DIN 4102-4 (Neuerscheinung voraussichtlich 2013) geführt werden. Zusätzlich liegt eine große Anzahl von Nachweisen in Form allgemeiner bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse vor, die durch Holzbauunternehmen oder Unternehmen der Baustoffindustrie bereitgehalten werden.

Vier bis acht Geschosse in Holzbauweise

Da die Bauordnungen eine geregelte Anwendung ohne Abweichungen nur bis zur Gebäudeklasse 4 und dann bei strikter Einhaltung der Regeln der Muster-Richtlinie für hochfeuerhemmende Holzbauteile M-HFH HolzR (REI 60-K 260), keine sichtbaren Holzbauteile) zulassen, werden bei der Realisierung von mehr als dreigeschossigen Holzgebäuden häufig Abweichungen erforderlich, um zum Beispiel sichtbare Deckenkonstruktionen zu ermöglichen. Viele Bauherren und Architekten wünschen sich, bei einem Holzbau neben den anderen positiven Nebeneffekten der Holzverwendung auch die angenehmen optischen und raumakustischen Eigenschaften des Holzes zu nutzen. Der Wegfall zusätzlicher Bekleidungen führt zudem zu ökonomisch attraktiven und bautechnisch robusten Konstruktionen.



Schankula Architekten:
achtgeschossiger Wohnungsbau in
Holz, Bad Aibling bei Rosenheim,
2011 (Foto: Sigrid Reinachs)

Die entsprechenden Abweichungen in der Gebäudeklasse 4 und in der - in den meisten heutigen Bauordnungen nicht in Holzbauweise vorgesehenen - Gebäudeklasse 5 werden durch die ohnehin erforderlichen Brandschutzkonzepte begründet. In diesen zusammenfassenden brandschutztechnischen Bewertungen von mehrgeschossigen Holzgebäuden werden insbesondere kurze und eindeutig organisierte Rettungswege sowie übersichtliche Rauch- und Brandabschnitte positiv bewertet. Besonders effizient sind (nicht nur im Holzbau) Rettungswege, die durch Rauch nicht oder nur wenig beeinflusst werden (Laubengänge, außen liegende Treppenräume, Sicherheitstreppe) und bei größeren zu berücksichtigenden Personenzahlen ein zweiter unabhängiger Rettungsweg. Eine adäquate Brandmeldung sollte zudem heute generell vorgesehen werden, denn diese ist bekanntermaßen der sicherste Weg, um Menschenleben zu schützen. Angesichts der Tatsache, dass der größte Feind für den Menschen der Rauch und nicht das Feuer an sich darstellt, ist eine schnelle Alarmierung und Evakuierung der Gebäude entscheidend. Für Rettungswege werden bei vier- bis achtgeschossigen Gebäuden bisher meist Treppentürme aus Stahlbeton - in seltenen Fällen auch außen liegende Stahltreppe - vorgesehen. Wegen der

höheren Maßhaltigkeit hat sich der Einsatz von Stahlbetonfertigteilen im Vergleich zu Ortbetonlösungen bewährt. Andernfalls kommt es beim hochpräzisen Holzbau zu geometrischen Zwangspunkten.

Beim vier- und achtgeschossigen Wohnungsbau in Bad Aibling von Schankula Architekten wurden eigene Holzbaulösungen entwickelt, um eine Setzungsdifferenz in den oberen Geschossen mit den Stahlbeton- oder Stahltreppentürmen zu vermeiden. Durch Aussparungen in den im späteren Zustand sichtbar bleibenden Deckenelementen, die über den tragenden Innenwänden angeordnet sind und nach dem Verlegen mit Vergussquellmörtel gefüllt werden, wird die besonders setzungsempfindliche Beanspruchung der Deckenelemente quer zur Faser verhindert. Die Wand des darüber liegenden Geschosses steht auf "Minibetonstützen". Sprinkleranlagen wurden bei diesen Gebäuden nicht eingesetzt. Anders als in vielen Ländern sind vereinfachte Sprinklerungen im Wohnungs- und Bürobau in Deutschland nicht erwünscht, obwohl sie in allen Bauweisen zu einer deutlich erhöhten Bauwerkssicherheit führen und gerade im Holzbau im Vergleich zu durchgängigen Kapselungen durchaus auch wirtschaftliche Lösungen darstellen und damit ein großes Entwicklungspotenzial beherbergen!

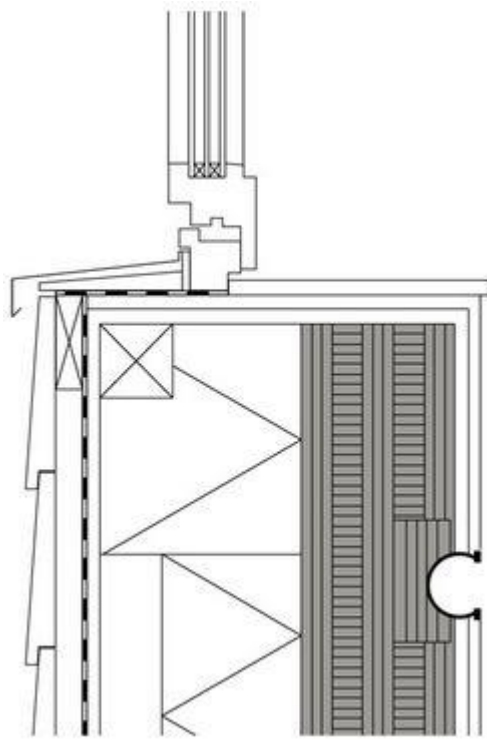
Gerade für den Brandschutz ist die Zusammenarbeit in einem guten Planerteam von Projektbeginn an von wesentlicher Bedeutung, um die Anforderungen bereits in den Entwurfsprozess einfließen zu lassen. Dies und die frühzeitige Absprache mit den Genehmigungsbehörden führen zu ästhetisch ansprechenden und ökonomisch sinnvollen Lösungen.

Nichttragende Außenwände und Fassadenbekleidungen

Vielfach äußert sich der Wunsch des Bauherrn und des Architekten bei einem Holzbau darin, das verwendete Baumaterial auch nach außen zu präsentieren. Doch damit dieser Wunsch in Erfüllung geht, müssen einige Voraussetzungen beachtet werden, die an dieser Stelle angeführt werden sollen:



Montage von Brettsperrholz-Deckenelementen vor Ort beim achtgeschossigen Wohnungsbau in Bad Aibling, 2011. (Foto: Huber & Sohn GmbH & Co. KG)



Typische Wandkonstruktion in der Gebäudeklasse 4: Massivwandkonstruktion mit zusätzlicher Außendämmung und innen liegender Kapselung K 260, die die Installationen einschließt. (Quelle: Bauart Konstruktions GmbH&Co KG; IBK 1 Universität Stuttgart)

Für Fassaden besteht im Bereich zwischen Gebäuden geringer Höhe und der Hochhausgrenze die Baustoffanforderung "schwer entflammbar". Brennbare Unterkonstruktionen können verwendet werden, wenn keine brandschutztechnischen Bedenken bestehen. Dem Bauteil "Fassade" werden dabei hinter- und belüftete Bekleidungen oder Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) zugeordnet. Davon zu unterscheiden ist die Anforderung an "nichttragende Außenwände", die bis zur Hochhausgrenze die Brandschutzanforderung REI 30 erfüllen müssen. Bei Brandbeanspruchung von außen darf mit einer reduzierten Brandbeanspruchung gerechnet beziehungsweise geprüft werden (frühere Bezeichnung in Deutschland: W 30). Der Begriff "nichttragende Außenwand" bedeutet, dass die Wände nur ihr Eigengewicht und die direkt auf sie einwirkenden Windlasten aufnehmen müssen und nicht vertikal oder horizontal durch angrenzende Bauteile beansprucht werden. Ist dies der Fall, so gelten für die Außenwände die Anforderungen an tragende Bauteile. Als "nichttragende Außenwände" gelten damit nur Konstruktionen, die je Geschoss ihre vertikalen Lasten (Eigengewicht) an die Geschossdecke abgeben, wie dies bei in die Tragebene eingestellten Konstruktionen der Fall ist.

Als Beispiel zur Abgrenzung zwischen Fassade und Wand (Gebäudeklasse 4) kann das Bild unten herangezogen werden. Hier befindet sich die Grenze zwischen der außen liegenden Gipsbauplatte und der zweiten wasserführenden Ebene (Folie). Die Brandschutzanforderung REI 30 für nichttragende Wände in Holztafelbauweise zu erfüllen ist einfach, da in der Regel wegen der ohnehin erforderlichen Dämmstärke (innen und außen) einlagig angeordnete Gips- oder Holzwerkstoffplatten von zehn bis 15 Millimetern Dicke, je nach Plattenmaterial, genügen.

Die Erfüllung der Anforderung "schwer entflammbar" an Fassadenmaterialien lässt sich hingegen durch Holzbekleidungen nicht erfüllen. Hier sind besondere konstruktive Maßnahmen erforderlich, um das Schutzziel der Schwerentflammbarkeit - keine selbstständige Ausbreitung des Brands außerhalb des Primärbrandbereichs - trotz der Verwendung eines brennbaren Materials zu

erreichen. Auf der Grundlage umfangreicher Untersuchungen in der Schweiz, Österreich und Deutschland ist dazu inzwischen eine Reihe von Konstruktionsvorschlägen entwickelt worden, die im Rahmen von Brandschutzkonzepten umgesetzt werden können.^{1,2} Diese beruhen im Wesentlichen auf einer geschossweisen Trennung der Hinterlüftungsebene und der geschlossenen Fassadenverbretterungen in Kombination mit festgelegten Überständen, zum Beispiel von Trennblechen. Grundsätzlich wird empfohlen, die Anforderungen hier ebenso wie beim Holzschutz gegen Feuchte konstruktiv umzusetzen und auf den Einsatz von beispielsweise Flammenschutzmitteln im Außenbereich zu verzichten.

Haustechnik

Einen wesentlichen Einfluss auf das Brandentstehungsrisiko und den Feuerwiderstand in allen Bauweisen haben haustechnische Installationen und besonders ihre Durchführung durch trennende Bauteile von Nutzungseinheiten. Für die Stahlbetonbauweisen bestehen viele Standardlösungen, die aufgrund der Ausweitung der Holzbauweise auf das mehrgeschossige Bauen erst entwickelt beziehungsweise angepasst werden mussten. Zurzeit stehen genügend Nachweise in Form von allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen und europäisch technischen Zulassungen für Produkte zu Verfügung. Zudem hat es sich bewährt, die Leitungsführungen in Schächten zu konzentrieren und dort, wenn möglich, die Elektroinstallationen zu separieren. Das erhöht die Übersichtlichkeit ungemein! Daneben ist es vorteilhaft, die vertikalen Schächte in Höhe der Geschossdecken mit Brandschutzschotts auszustatten, um so innerhalb der Nutzungseinheiten keine weiteren Schotts oder Brandschutzklappen zu benötigen. Das gilt sinngemäß auch für horizontale Durchdringungen von Trenn-, Brand- oder Treppenhauswänden.



Der Brandschutzschott verläuft nicht fachgerecht in der Deckenebene und wird von Kabeln in Leerrohren umgeben. (Foto: Stefan Winter)

Die besten Produkte und Planungskonzepte sind allerdings wirkungslos, wenn auf der Baustelle nicht richtig eingebaut wird. Hier ist - in allen Bauweisen - eine bessere Schulung der Ausführenden angezeigt, um Fehlanwendungen zu vermeiden. Zum Thema Brandschutz und Haustechnik ist erst kürzlich sehr gute

weiterführende Literatur erschienen, die Planern und ausführenden Unternehmen zur Lektüre vor Baubeginn empfohlen werden kann.^{3, 4}

Brandschutz im mehrgeschossigen Holzbau bis zur Hochhausgrenze ist ohne "Risikozuschlag" auf der Grundlage vielfältig geprüfter Konstruktionen und Konzepte möglich. Das gilt inzwischen für ganz Europa! Eine Übersicht zum internationalen Stand des Brandschutzes im mehrgeschossigen Holzbau liefert die Zusammenfassung der technischen Richtlinien Fire Safety in Timber Buildings (2010)^{5, 2} der TU München. Entsprechend der Weiterentwicklung des Stands der Technik sollten in Zukunft auch die bauaufsichtlichen Regeln fortgeschrieben werden. Leider sind gerade bei der Ausführung von Brandschutzmaßnahmen auf den meisten Baustellen - dies gilt generell für alle Bauweisen - noch immer Defizite festzustellen. Eine sorgfältige Planung sowie eine hinreichende Überwachung von Fertigung und Ausführung sind in jedem Fall erforderlich, um die angestrebten Sicherheiten dauerhaft zu erreichen. Für die Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Holzbauteile (M-HFHHolzR), die bei Gebäuden der Gebäudeklasse 4 und meist auch bei der Gebäudeklasse 5 anzuwenden ist, benötigen Betriebe, die Bauteile im Rahmen dieser Richtlinie ausführen, eine besondere Eigen- und Fremdüberwachung (ÜZ) entsprechend Bauregelliste (BRL) A Teil 2, Nr. 2.44. Zusätzlich ist die ordnungsgemäße Ausführung auf der Baustelle durch den Prüfenieur für Standsicherheit zu bescheinigen. Auch hier ist der Holzbau Vorreiter bei der Sicherung einer durchgehend optimierten Bauwerksqualität.

Der Autor:

Stefan Winter Prof. Dr., Inhaber des Lehrstuhls für Holzbau und Baukonstruktion an der TU München, geb. 1959, 1993-2003 Fachberater des INFORMATIONSDIENST **HOLZ** für Hessen, seit 2000 öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Holzbau bei der IHK Gießen-Friedberg, 1993 Gründung der bauart Konstruktions GmbH & Co. KG, seit 2006 Prüfenieur für Baustatik, seit 2012 Vorsitzender des Normenausschusses Bau Fachbereich 04 Holzbau und damit Mitglied im Beirat des Normenausschusses Bau im DIN.

Literaturverweise und Quellen

- 1 Stefan Winter / Michael Merk: Brandsicherheit im mehrgeschossigen Holzbau. Abschlussbericht Teilprojekt 2. High-Tech-Offensive Zukunft Bayern. TU München, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, München 2008.
- 2 Peter Schober u.a.: Fassaden aus Holz. Holzforschung Austria, Wien 2010.
- 3 Irmgard Matzinger / Martin Teibinger: Brandabschottung im Holzbau. Holzforschung Austria, Wien 2012.
- 4 Manfred Lippe / Jürgen Wesche u. a.: Kommentar zur Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie (MLAR), Köln 2011.
- 5 Birgit Östman u.a.: Fire Safety in Timber Buildings. European Guideline. SP Trätekt, Stockholm 2010 (zu beziehen über TU München, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion).