

03
2019

Konstruktiver Ingenieurbau

Grundbau

Seegründung der „Werratalbrücke“
unter schwierigen Baugrund- und
Grundwasserverhältnissen

Stahlbau

Quasigelenkiger Stirnplatten-
anschluss mit Kontakt am
unteren Trägerflansch

Beton

Schalenmodellierung
textilbewehrter Betonschalen

Stahlbetonbau

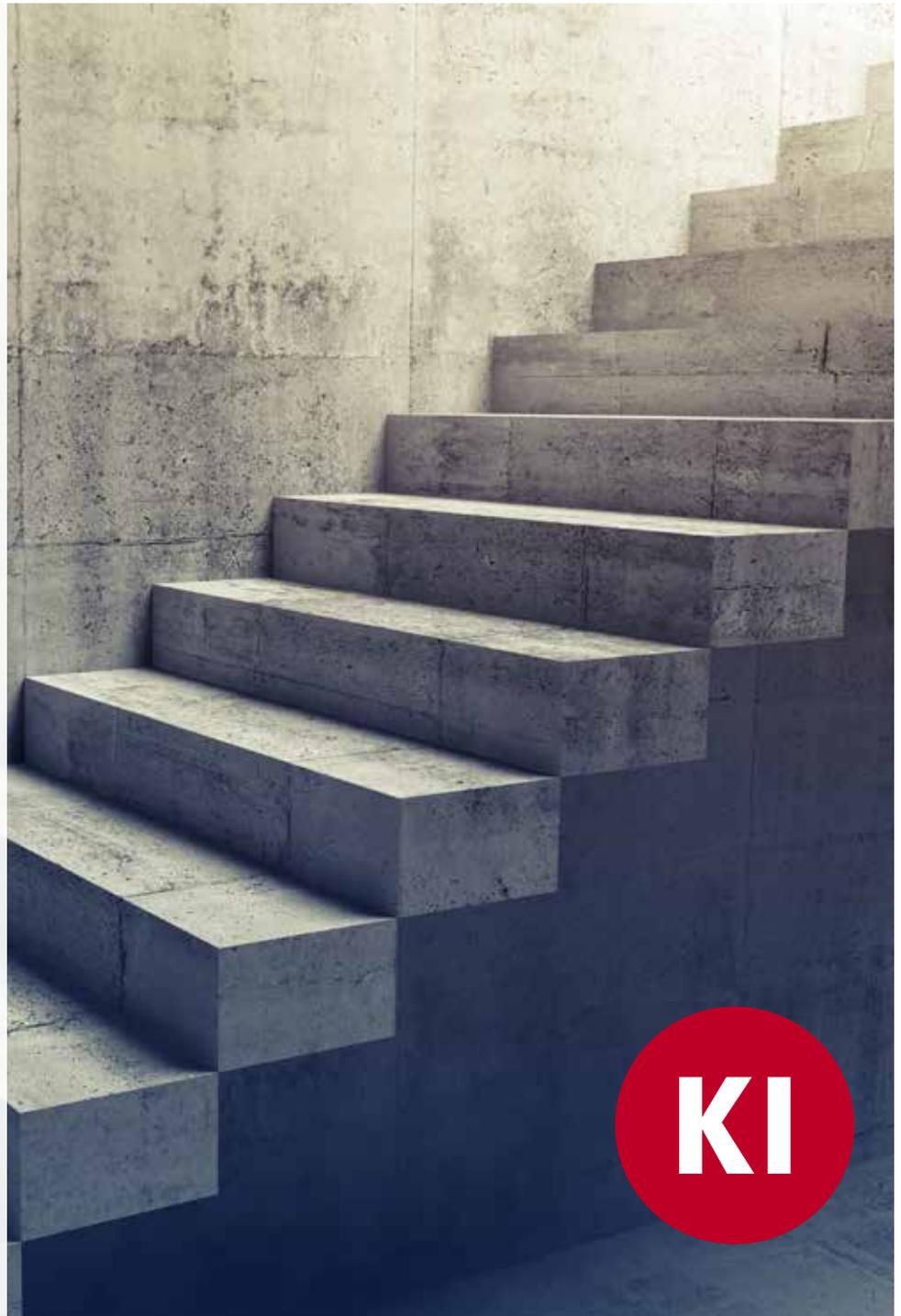
Bemessung und
Konstruktion von stumpf
gestoßenen Stahlbetonstützen

Holzbau

Logistikhalle mit Atmosphäre

Brandschutz

Brandschutz im Holzbau



Reinhard Eberl-Pacan

Brandschutz im Holzbau

„Oh verd..., das brennt doch wie Zunder.“



Bild 1: Holzkonstruktionen können sich im Brandfall durchaus ebenbürtig zu anderen Bauweisen erweisen. (Quelle: Remi Mathis auf Wikimedia)

Die Tatsache, dass Holz brennt, kann zu spektakulären Brandereignissen führen (s. Bild 1 und Infokasten 1), sie schließt aber nicht aus, dass sich Holzkonstruktionen im Brandfall durchaus ebenbürtig zu anderen Bauweisen erweisen können. Einsatzkräfte der Feuerwehr bestätigen dies häufig: Holzkonstruktionen leisten dem Feuer lange Widerstand und kündigung – im Gegensatz zu Stahlkonstruktionen – einen möglichen Einsturz vorher akustisch an.

Eine kompetente Planung und vor allem ein an den Baustoff Holz angepasster Umgang mit dem erforderlichen Brandschutz vorausgesetzt, sind Holzkonstruktionen auch bei Gebäudedimensionen und -nutzungen vorstellbar, bei denen sie eigentlich „verboten“ sind. Immer noch stellen nämlich die meisten Landesbauordnungen (LBO) der Bundesländer [1] (s. Infokasten 2) die größten Hürden

für den Holzbau dort dar, wo er am dringendsten benötigt wird: Bei mehrgeschossigen Holzbauten im Herzen unserer Städte (s. Bild 2).

Denn dort ist eine hervorragende Infrastruktur bereits vorhanden und es kann flächensparend gebaut werden, finden sich Gemeinschaften von ökologisch orientierten Menschen, die an Nachhaltigkeit und Ressourcenschutz interessiert sind, sind schnelle Bauprozesse und eine optimale Vorfertigung besonders nötig, um lange Störungen des Wohnumfelds zu vermeiden.

Das Tragwerk

Tragkonstruktionen aus Holz können die Forderung der Bauordnungen für Gebäude ab Gebäudeklasse (GK) 4 nach „nicht-brennbaren Baustoffen“ (Baustoffklasse A) für tragende und aussteifende Bauteile

Das Tragwerk

Bemessung unbedeckter tragender Holzbauteile

Holzbaurichtlinie

Probleme mit Bauprodukten

Fazit



Bild 2: Durch Änderungen in verschiedenen Bauordnungen ist eine Tür für den Holzbau im Herzen unserer Städte aufgestoßen worden. (Quelle: Scharabi | Raupach Architekten Illustration: Rendering Manufaktur)

grundsätzlich nicht erreichen. Selbst wenn sie Feuerwiderstandsdauern von 90 Minuten (F 90) aufweisen, werden sie damit nicht in allen LBO als „feuerbeständig“ eingestuft.

Gebäude, deren Höhe eine „feuerbeständige“ Tragkonstruktion erfordert (GK 5; i.d.R. > 4 Geschosse), können daher nur abweichend vom Baurecht genehmigt werden. Für die Zulassung dieser „Abweichungen“ sind ein durchdachtes Brandschutzkonzept und sinnvolle Kompensationen (alternative Maßnahmen zum Brandschutz, z.B. Hausalarmanlage) erforderlich.

Gebäude, deren Höhe lediglich eine „hochfeuerhemmende“ Tragkonstruktion (Gebäudeklasse 4; in der Regel bis 4 Geschosse mit Standardwohnungen, s. Bild 3) erfordert, können tragende und aussteifende Bauteile aus Holz durch nichtbrennbare Verkleidungen „gekapselt“ werden. Ein aufwendiges Verfahren, das Sicherheit und Erfahrung im Umgang mit Detailplanung und Ausführung verlangt.

Andererseits ist der Nachweis, dass tragende Konstruktionen aus Holz mit Feuerwiderständen von 60 bzw. 90 Minuten oder als Brandwandersatzkonstruktion mit Stoßbeanspruchung möglich sind, durch viele Forschungsergebnisse erbracht. Die Forderung, nichtbrennbare Baustoffe für

tragende Bauteile des Gebäudes verwenden zu müssen, geht davon aus, dass die Tragfähigkeit der Konstruktion bei einem realen Brandereignis auch ohne wirksame Löscharbeiten der Feuerwehr erhalten bleiben soll. Für die Feuerwehren, die in allen Gemeinden Deutschlands auf Lösch- und ggf. Rettungsmaßnahmen bei Bränden vorbereitet sind, ist es entscheidend, ob das Brandszenario insgesamt beherrschbar bleibt. Die Brennbarkeit oder Nichtbrennbarkeit einer Konstruktion ist deshalb von untergeordneter Bedeutung, wenn der Gesamtkontext (freiwillige Feuerwehr, Berufsfeuerwehr, Innenangriff unter Atemschutz möglich etc.) stimmt. Konstruktionen, die einen ausreichend langen Feuerwiderstand aufweisen, die Ausbreitung von Feuer und Rauch auf benachbarte Nutzungseinheiten behindern und damit eine wirkungsvolle Brandbekämpfung erlauben, können auch in Holzbauweise die Schutzziele des Brandschutzes zumindest bis zur Hochhausgrenze erfüllen.

Bemessung unbekleideter tragender Holzbauteile

Die Bemessung tragender Holzbauteile beruht auf einer Brandschutzbetrachtung zum Thema Holz, die schon lange bekannt, aber seit 100 Jahren nicht angewendet wurde: Holz hilft sich im Brandfall selbst. Durch eine Verkohlungsschicht, die sich exakt nach dem Brandverlauf berechnen lässt (Abbrand

s. Bild 5) schützt es über einen definierten Zeitraum den tragenden oder raumabschließenden Holzkern vor dem Einsturz oder dem Durchbrand. Zu dem statisch erforderlichen Holzquerschnitt wird der z.B. für 90 Minuten Branddauer errechnete Abbrand addiert und damit sichergestellt, dass das Gebäude innerhalb dieser Zeit weder einstürzt, noch sich Brände in andere Brandabschnitte ausbreiten können.

Für den Nachweise des konstruktiven Brandschutzes im Holzbau sind folgende Normen zu beachten:

- DIN EN 1990 Grundlagen der Tragwerksplanung
- DIN EN 1991 Einwirkungen auf Tragwerke (hier DIN EN 1991-1-2)
- DIN EN 1995 Bemessung und Konstruktion von Holzbauten (hier DIN EN 1995-1-2)

Die Grundlagen liefert die DIN EN 1990 mit den Vorgaben zur Berechnung und Bemessung nach Grenzwerten mit Teilsicherheitsbeiwerten. In DIN EN 1991-1-2 werden die thermischen und mechanischen Einwirkungen für die konstruktive Bemessung von Tragwerken unter Brandbeanspruchung beschrieben. In DIN EN 1995-1-2 werden Modelle der Tragwerke im Holzbau für Grundsätze und Anforderungen (Sicherheit, Gebrauchstauglichkeit,



Bild 3: Gebäude der Gebäudeklasse 4 erfordern lediglich eine „hochfeuerhemmende“ Tragkonstruktion (Illustration: IfuH Berlin)

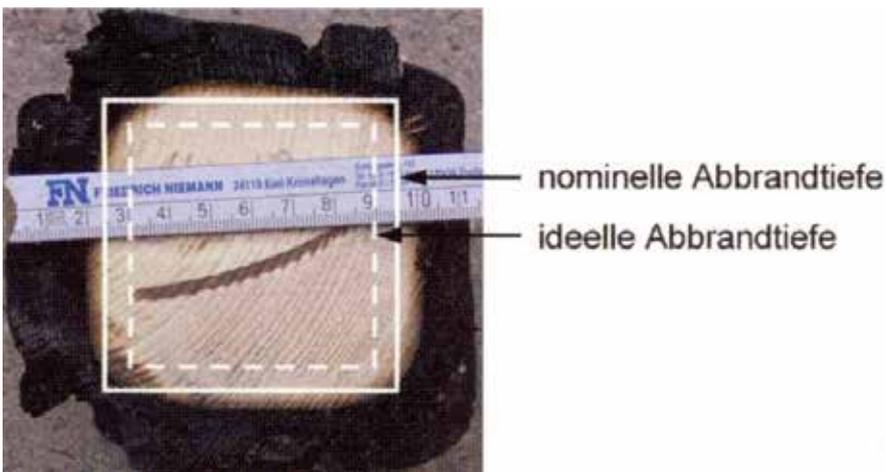


Bild 4: Eine Verkohlungsschicht, die sich exakt nach dem Brandverlauf berechnen lässt, schützt über einen definierten Zeitraum den tragenden oder raumabschließenden Kern von Holzbauteilen vor dem Einsturz oder dem Durchbrand. (Quelle: Prof. Dr. Gerd Geburtig)

Dauerhaftigkeit aufgestellt, die das Verhalten im Lastfall „Brand“ darstellen.

Grundsätzlich sind bei der Tragwerksbemessung für den Brandfall folgende Vorgaben festzulegen:

- Vorgabe 1 Gebäudeklasse (GKI 1 bis 5)
- Vorgabe 2 Bauaufsichtliche Anforderungen an die nachzuweisenden Bauteile
- Vorgabe 3 Anforderungen an das Brandverhalten der Baustoffe
- Vorgabe 4 Klassifizierung nach der Feuerwiderstandsfähigkeit

Für die brandschutztechnische Bemessung tragender Holzbauteile werden in der DIN EN 1995 Teil 1-2 zwei vereinfachte Rechenverfahren angegeben, die beide von der Abbrandrate $d(t_i)$ ausgehen und eine bestimmte Abbrandtiefe d nach einer Brandeinwirkung von t_i Minuten berechnen. Die Abbrandrate β_n wird in Abhängigkeit von der Holzsorte (Vollholz, Brettschichtholz, u.a.) vorgegeben.

Bei der Bemessung mit ideellem Restquerschnitt (Δd -Methode) wird die effektive Abbrandtiefe $d(t_i)$ um einen Betrag $d_0 = 7 \text{ mm}$ erhöht (siehe Infokasten 3). Dieser Wert berücksichtigt die verminderten Werkstoffeigenschaften infolge des Abbrandes bei erhöhten Temperaturen. Der Tragfähigkeitsnachweis für den effektiven Restquerschnitt wird dann mit den Festigkeits- und Verformungseigenschaften bei Normaltemperatur durchgeführt.

Die Bemessung mit reduzierter Festigkeit und Steifigkeit (T_m -Methode) wird mit dem um d_0 reduzierten Restquerschnitt geführt (s. Infokasten 3). Für die temperaturabhängige Reduzierung der Biege-, Druck- und Zugfestigkeit sowie des Elastizitätsmoduls werden Rechenfunktionen in Abhängigkeit vom Verhältnis des beflamten Umfangs des Restquerschnitts zur Fläche des Restquerschnitts angegeben. Diese Bemessung darf nur für Rundhölzer mit allseitiger bzw. Rechteckquerschnitte aus Nadelholz mit drei- oder vierseitiger Brandbeanspruchung angewendet werden. [2]

Holzbaurichtlinie

Eine Herausforderung bei Holzbauten, insbesondere nach den LBO BW, HBO und BauO NRW, stellt die Umsetzung der zusätzlichen Anforderung, z.B. in LBO BW § 26 (3), dar, dass „die Bauteile so hergestellt und

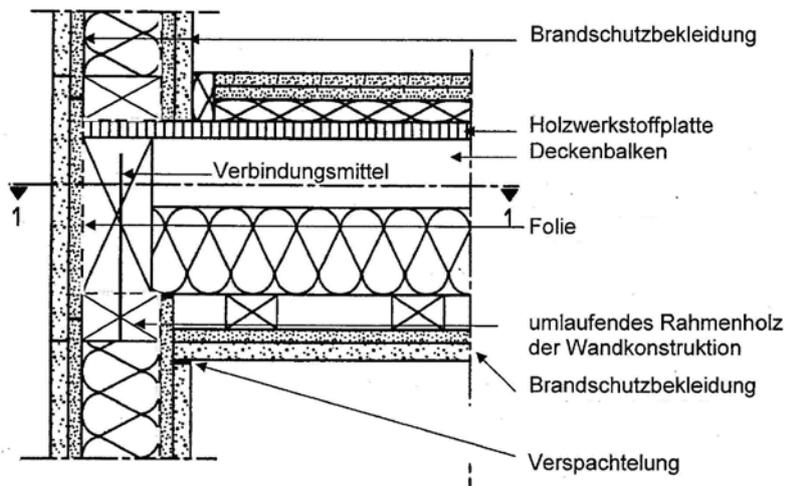


Bild 5: Erforderliche Kapselung von Holzbauteilen auf Basis der „Holzbaurichtlinie“
(Quelle: M-HFHolzR)

eingebaut werden [müssen], dass Feuer und Rauch nicht über Grenzen von Brand- oder Rauchschutzbereichen, insbesondere Geschosstrennungen, hinweg übertragen werden können.“ Diese Formulierung stammt ursprünglich aus der „Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise“ (M-HFHolzR) [3] von 2004, besser bekannt als „Holzbaurichtlinie“. Durch die in der Richtlinie aufgeführten Anforderungen sollen nämlich

- „ein Brennen der tragenden und aussteifenden Holzkonstruktionen,
 - die Einleitung von Feuer und Rauch in die Wand- und Deckenbauteile über Fugen, Installationen oder Einbauten sowie eine Brandausbreitung innerhalb dieser Bauteile und
 - die Übertragung von Feuer und Rauch über Anschlussfugen von raumabschließenden Bauteilen in angrenzende Nutzungseinheiten oder Räume“
- verhindert werden.

In der Praxis führt dies dazu, dass die Anforderung, eine Übertragung von Feuer und Rauch über Grenzen von Brand- oder Rauchschutzbereichen bei Holzbauten zu verhindern, nur durch die Anwendung der Holzbaurichtlinie sicher erfüllt werden kann. Holzbauten der GK 4 und 5 werden daher vielfach weiterhin auf Basis der Holzbaurichtlinie (GK 4) oder einer Erweiterung ihres Anwendungsbereichs auf GK 5 errichtet. Dadurch entfällt jedoch z.B. die Möglichkeit, Holzbauteile wie Wände oder Stützen sichtbar in Holz zu belassen, da

sie gem. Holzbaurichtlinie gekapselt, d.h. mit Gipskarton- oder Faserzementplatten bekleidet, werden müssen.

Probleme mit Bauprodukten

Ein weiteres Hindernis bei der Bauausführung von Gebäuden in Holzbauweise stellen fehlende Übereinstimmungsnachweise und Zulassungen für Bauprodukte, wie Türen oder Abschottungen, dar. Für solche „unregelmäßig“ Bauprodukte (Bauprodukte, für die es keine Technische Baubestimmung und keine allgemein anerkannte Regel der Technik gibt, oder die von Technischen Baubestimmungen wesentlich abweichen) werden die für die Anwendung erforderlichen Übereinstimmungsnachweise (allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen – abZ – oder allgemeine bauaufsichtliche Prüfzeugnisse – abP) durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) i.d.R. nur auf Basis der Musterbauordnung (MBO) erteilt. In der MBO sind allerdings nur feuerbeständige bzw. hochfeuerhemmende Bauteile aus nichtbrennbaren Baustoffen (bzw. nichtbrennbar gekapselt) enthalten.

Die Zulassungen von Feuer- und Rauchschutzabschlüssen (Brand- oder Rauchschutztüren) oder Abschottungen für brennbare oder nichtbrennbare Leitungsanlagen (Elektrokabel oder Installationsrohre), die durchaus für den Einsatz in Holzbauteilen geeignet wären, enthalten daher Anforderungen an die umgebenden Bauteile (z.B. Wand oder Decke), die von feuerbeständigen Bauteilen nach Lesart LBO BW nicht erfüllt werden können (z.B. nichtbrennbar zu sein).

Manche Hersteller von Bauprodukten gehen – soweit die Voraussetzungen nach der europäischen Bauproduktenverordnung vorliegen – den Weg über europäische CE-Kennzeichnungen, die sie vorzugsweise vom Österreichischen Institut für Bautechnik (ÖIB) ausstellen lassen. Basis einer CE-Kennzeichnung ist eine Europäische Technische Bewertung (European Technical Assessment – ETA), die entweder auf einer „harmonisierten Europäischen Norm“ (hEN) oder einem „Europäischen Bewertungsdokument“ (European Assessment Document – EAD) beruht. Für Bauprodukte, die die CE-Kennzeichnung aufgrund der Bauproduktenverordnung tragen, sind weitere Nachweise nicht mehr erforderlich.

Ein anderer Weg, zu einer Erklärung des Anwenders („Herstellers“) eines Bauprodukts zu gelangen, dass er die maßgebenden technischen Regeln und die Anforderung in einer abZ oder in einem abP eingehalten hat (Übereinstimmungserklärung), ist die sogenannte „nichtwesentliche Abweichung“. „Als Übereinstimmung gilt auch eine Abweichung, die nicht wesentlich ist“ heißt es z.B. im § 21 (1) der LBO BW. Der „Hersteller“ hat also durchaus die Möglichkeit, bei entsprechender Sachkunde und Erfahrung und in Rücksprache mit dem tatsächlichen Hersteller des Bauprodukts (baurechtlich oft „Systemgeber“ genannt) eine Übereinstimmungserklärung auszustellen, wenn nicht alle Vorgaben des Übereinstimmungsnachweises eingehalten sind und diese Abweichung „nicht wesentlich“, d.h. geringfügig, ist.

Fazit

Durch die bereits durchgeführten und vorgesehenen Änderungen in fünf Bundesländern, die den Holzbau baurechtlich fördern sollen, ist eine breite Tür aufgestoßen worden. Wer sie durchschreitet und mit Holz in den GK 4 oder 5 bauen will, hat als Avantgardist jedoch immer noch einen einsamen und dornigen Weg vor sich, bis er trotz aller Hemmnisse und Schwierigkeiten zum Ziel gelangen kann.

[1] Ausnahmen stellen die LBO der Länder Baden-Württemberg, Berlin, Hamburg, Hessen und Nordrhein-Westfalen dar. Dort sind Gebäude der GK 4 und 5 unter bestimmten Voraussetzungen auch als Holzkonstruktion zulässig.

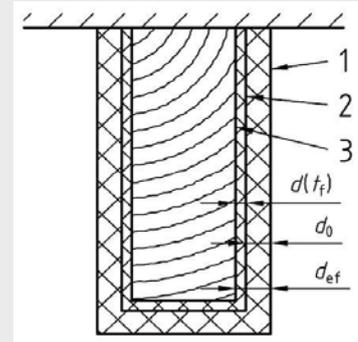
[2] Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jochen Zehfuß: „Brandschutzbemessung nach Eurocode – Praxisbeispiele“ aus: 4. HolzBauSpezial Akustik & Brandschutz 2013

[3] Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an hochfeuerhemmende Bauteile in Holzbauweise – M-HFHolzR (Fassung Juli 2004).

Brand des Dachstuhls Notre-Dame Paris

Das spektakuläre Feuer in der Pariser Kathedrale Notre-Dame sorgte für weltweite Aufmerksamkeit. Dabei wurde der gesamte historische Dachstuhl zerstört, der aus Eichenstämmen, die Zimmerleute vor Jahrhunderten bearbeitet hatten, bestand. In Punkto Brandschutz hatte die Pionierleistung damaliger Zimmerleute positive

Auswirkungen auf die Gesamtkonstruktion der Kirche. Der Dachstuhl hielt über 4 Stunden den Flammen stand und sorgte so dafür, dass die darunterliegende Gewölbe-konstruktion nur langsam und gleichmäßig durch herabfallende Kohle- und Ascheteile belastet wurde. Auch die Bleideckung des Daches brach nur langsam schmelzend ein.



Ermittlung des ideellen Restquerschnitts

$$d_{ef} = d(t_f) + d_0$$

mit

- d_{ef} = ideale Abbrandtiefe
- $d(t_f) = \beta_n \times t_f$ Bemessungswert der effektiven Abbrandtiefe
- $d_0 = 7 \text{ mm}$
- β_n = ideale Abbrandrate nach DIN EN 1995-1-2 Tab. 3.1
- t_f = geforderte Feuerwiderstandsdauer
- 1 = Bauteiloberfläche
- 2 = verbleibender Restquerschnitt
- 3 = ideeller Restquerschnitt

Bauordnungen der Bundesländer, die Holzbau in den GK 4 und 5 ohne Bekleidung zulassen:

Landesbauordnung für Baden-Württemberg (LBO BW) seit 1. März 2015

§ 26 (3) „Abweichend von Absatz 2 Satz 3 sind tragende oder aussteifende sowie raumabschließende Bauteile, die hochfeuerhemmend oder feuerbeständig sein müssen, aus brennbaren Baustoffen zulässig, wenn die geforderte Feuerwiderstandsdauer nachgewiesen wird und die Bauteile so hergestellt und eingebaut werden, dass Feuer und Rauch nicht über Grenzen von Brand- oder Rauchschutzbereichen, insbesondere Geschosstrennungen, hinweg übertragen werden können.“

Bauordnung Berlin (BauO Bln) seit 20. April 2018

§ 26 (3) „Abweichend von Absatz 2 Satz 3 sind tragende oder aussteifende sowie raumabschließende Bauteile, die hochfeuerhemmend oder feuerbeständig sein müssen, in Holzbauweise zulässig, wenn die erforderliche Feuerwiderstandsfähigkeit gewährleistet wird.“

Hamburgische Bauordnung (HBauO) seit 1. Mai 2018

§ 24 (3) „Bei Gebäuden mit einer Höhe nach § 2 Absatz 3 Satz 2 von bis zu 22 m und Nutzungseinheiten mit jeweils nicht mehr als 200 m² und Brandabschnitten von nicht mehr als 800 m² pro Geschoss sind abweichend von Absatz 2 Satz 3 tragende oder aussteifende sowie raumabschließende Bauteile, die

hochfeuerhemmend oder feuerbeständig sein müssen, in massiver Holzbauweise zulässig, wenn die geforderte Feuerwiderstandsfähigkeit nachgewiesen wird.“

Hessische Bauordnung (HBO) seit 7. Juni 2018

§ 29 (1) Satz 5: „Abweichend von Satz 4 sind andere Bauteile, die feuerbeständig oder hochfeuerhemmend sein müssen, aus brennbaren Baustoffen zulässig, sofern sie den Technischen Baubestimmungen nach § 90 entsprechen.“

Satz 6: Abweichungen von in den Technischen Baubestimmungen enthaltenen Planungs-, Bemessungs- und Ausführungsregelungen bedürfen einer Abweichungsentscheidung nach § 73.

Satz 8: Satz 5 gilt nicht für Wände nach § 33 Abs. 3 Satz 1 [Brandwände] und Wände nach § 38 Abs. 4 Satz 1 Nr. 1 [Wände von Treppenträumen].“

Bauordnung Nordrhein-Westfalen (BauO NRW) seit 1. Januar 2019

§ 26 (3) „Abweichend von Absatz 2 Satz 3 sind tragende oder aussteifende sowie raumabschließende Bauteile, die hochfeuerhemmend oder feuerbeständig sein müssen, aus brennbaren Baustoffen zulässig, wenn die geforderte Feuerwiderstandsdauer nachgewiesen wird und die Bauteile so hergestellt und eingebaut werden, dass Feuer und Rauch nicht über Grenzen von Brand- oder Rauchabschnitten, insbesondere Geschosstrennungen, hinweg übertragen werden können.“



© Andreas Winter

Dipl.-Ing. Reinhard Eberl-Pacan

Geschäftsführer Eberl-Pacan Architekten + Ingenieure Brandschutz, Brandschutz Akademie Berlin; Vorsitzender der Bundesvereinigung Fachplaner und Sachverständige für den vorbeugenden Brandschutz (BFSB); Vize-Präsident des Deutschen Instituts für vorbeugenden Brandschutz (DlVb)

brandschutz@eberl-pacan.de
www.brandwende.com