

## EUROCODE 5-1-2 – HOLZBAU – WAS WIRD NEU?

Norman Werther

Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion, TU München

Andrea Frangi

Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich, Zürich, Schweiz

Jouni Hakkarainen, Eurofins Expert Services, Helsinki, Finnland

Alar Just, TalTech University, Tallinn, Estland

Joachim Schmid, IGNIS Fire-Design-Consulting, Zürich, Schweiz

### EINLEITUNG

Der Eurocode 5 (EC 5) bzw. die Bemessungsnormen EN 1995 – „Bemessung und Konstruktion von Holzbauten“ wurden 2004 in Europa eingeführt. Ziel war es die unterschiedlichen oder gar fehlenden Richtlinien für die Bemessung von Holzbauten in den Mitgliedsstaaten des Europäischen Normungskomitees (CEN) durch ein gemeinsames technisches Regelwerk mit vergleichbarem Sicherheitskonzept zu ersetzen und so damit beizutragen Barrieren innerhalb Europas weiter abzubauen.

Um die Anwendbarkeit über den Lauf der Zeit zu gewährleisten und damit die stetigen technischen Entwicklungen und Erkenntnisgewinne abzubilden, erteilte die Europäische Kommission 2012 das Mandat zur Überarbeitung und damit zur Erarbeitung für eine zweite Generation dieser Normenreihe.

Die wesentlichen technischen Inhalte, die Gegenstand der Überarbeitung sein sollen, wurden von Seiten CEN im Mandat M/515 festgelegt.

Neben der Aktualisierung der technischen Inhalte sollte im Prozess der Überarbeitung vor allem der „ease of use“, also die Praxistauglichkeit und die Anwenderfreundlichkeit als eines der wesentlichen Kernziele für die zweite Generation der Normenreihe verfolgt werden.

Dies umfasst im Wesentlichen

- eine verbesserte und klarere Struktur, auch im Abgleich mit den anderen Eurocodes;
- eine klarere Verknüpfung und der Angleichung national festgelegter Parameter sowie die Reduktion von NDP's (national determined parameters);
- eine Reduktion von alternativen gleichwertigen Anwendungsregeln und Verfahren;
- die Streichung von Regelungen mit geringer Anwendung und

- die Bestrebung die Grundlagen von Formeln für den Anwender nachvollziehbar zu belassen.

Ab dem Jahr 2025 werden so nach umfassender Überarbeitung der gesamten Eurocode 5 Reihe neue Versionen erhältlich sein.

Gemeinsam mit den Bemessungsregeln zum Nachweis der Standsicherheit von Holzbaukonstruktionen unter Normaltemperatur (EN 1995-1-1) entstehen mit der EN 1995-1-2 neue begleitende Regeln zum Nachweis von Holzbaukonstruktionen für den Brandfall. Der vorliegende Beitrag gibt einen zusammenfassenden Überblick zum aktuellen Bearbeitungsstand als auch zu den Neuerungen und Anpassungen, die innerhalb der Überarbeitung der brandschutztechnischen Bemessung von Holzbauten mit der zweiten Generation der EN 1995-1-2 zukünftig zur Verfügung stehen werden.

## DIE ERARBEITUNG DER NORM

Die Erarbeitung der neuen EN 1995-1-2 wird im Auftrag des Europäischen Normungskomitees (CEN) von einem Projektteam (PT) durchgeführt, das aus den fünf Autoren dieser Publikation besteht. Dieses Projektteam nahm seine Arbeit im Juni 2018 auf und berichtet regelmäßig an die Arbeitsgruppe WG 4 des CEN/TC250/SC5, die abschließend für die Überarbeitung der EN 1995-1-2 verantwortlich ist.

Grundlage dieser Überarbeitung bilden die in den letzten Jahren auf nationaler und internationaler Ebenen entstandenen Forschungsberichte, prüftechnische Erkenntnisse und zugehörige Veröffentlichungen, die den aktuellen Stand der Technik in Bezug auf das brandschutztechnische Verhalten und die Brandschutzbemessung von Holzbauwerken abbilden. Hierzu zählen unter anderem die European Technical Guideline "Fire Safety in Timber Buildings" [3] oder die Berichte die aus der COST Action FP1404 " Fire Safe Use of Bio-Based Building Products" resultieren [4-6].

Gleichzeitig mit dem Normendokument zur zweiten Generation der EN 1995-1-2 [1] wird durch das Projektteam erstmals eine „Background Dokument“ [2] begleitend erarbeitet, das eine umfassende Zusammenstellung der Grundlagen und Veröffentlichungen, die Basis der aktuellen Überarbeitung der EN 1995-1-2 sind, bildet.

In den vergangenen drei Jahren der Bearbeitung wurden durch das Projektteam vier Normenentwürfe erstellt, die von der WG 4 analysiert und von den nationalen Normungsgremien kommentiert wurden.

Der erste Entwurf (Mai 2019, 75 Seiten) erhielt 265 Kommentare, der zweite Entwurf (Mai 2020, 134 Seiten) 624 Kommentare und der dritte Entwurf (November 2020, 138 Seiten) 364 Kommentare. Der vierte Entwurf (Final Draft) zur EN 1995-1-2 wurde im Mai 2021 vorgelegt. Eine weitere Kommentierung innerhalb der „informal enquiry“ beginnt im Herbst 2021. Die abschließende

Bearbeitung erfolgt durch die WG 4 in Abstimmung mit den nationalen Standardisation Bodies und den Mitgliedern des PT.

#### AUFBAU DER NEUEN EN 1995-1-2

Nachstehende Tabelle gibt einen Überblick zum Aufbau des Normenentwurfes und einen Vergleich zur aktuell gültigen EN 1995-1-2:2010.

Im Vergleich der aktuellen EN 1995-1-2 und dem vorliegenden Normenentwurf wird deutlich, dass im neuen Dokument der Fokus darauf liegt die ganzheitliche brandschutztechnische Bemessung von Holzbaukonstruktionen durch die Regelungen des Hauptteils abzudecken, ohne dabei wie in EN 1995-1-2:2004 bzw. Ausgabe 2010 den Regelungen des Anhangs zu bedürfen.

Gleichwohl führte eine Abstimmung mit der „Horizontal Fire Group“ dazu, dass nun zwischen den materialspezifischen Eurocodes (EN 199x-1-2) in der Brandschutzbemessung eine gleiche harmonisierte Struktur im Aufbau vorliegt, was der Anwenderfreundlichkeit beiträgt.

Hierbei wurde das bereits in anderen Eurocodes bekannte Prinzip einer dreistufigen Möglichkeit von Nachweisebenen mit unterschiedlicher Komplexität und Genauigkeit auch für den Holzbau vollständig etabliert. Somit werden zukünftig

- tabellierte Nachweise (Kapitel 6),
  - vereinfachte Bemessungsmodelle (Kapitel 7) und
  - die Grundlagen für erweiterte numerische Bemessungsmodelle (Kapitel 8)
- parallel und gleichwertig zur Verfügung gestellt.

*Tabelle 1 Gegenüberstellung der Inhalte und Aufbau zwischen der aktuellen EN 1995-1-2 und der Überarbeitung*

<b>EN 1995-1-2:2010</b>		<b>EN 1995-1-2:2020 E</b>	
1	Allgemeines	1	Allgemeines
	-	2	Normative Verweise
	-	3	Begriffe, Definitionen, Symbole
2	Grundlagen der Bemessung	4	Grundlagen der Bemessung
3	Materialeigenschaften	5	Materialeigenschaften
4	Bemessungsverfahren für mechanische Beanspruchbarkeit	6	Tabellierte Nachweise
5	Bemessungsverfahren für Wand- und Deckenkonstruktionen	7	Vereinfachte Bemessungsverfahren
	-	8	Numerische Bemessungsverfahren
6	Verbindungen	9	Konstruktive Ausführung und Detailierung
7	Konstruktive Ausführung	10	Verbindungen
	Anhang A Parametrische Brandbeanspruchung		Anhang A Naturbrandbemessung von Holzkonstruktionen
	Anhang B Allgemeine Berechnungsverfahren		Anhang B Beurteilung des Verhaltens der Klebefuge bei Brandeinwirkung
	Anhang C Tragende Deckenbalken und Wandstiele in vollgedämmten Konstruktionen		Anhang C Bestimmung der Abbrandrate von Holz und Holzwerkstoffen
	Anhang D Abbrand von Bauteilen in Wand- und Deckenkonstruktionen mit ungedämmten Hohlräumen		Anhang D Bestimmung der Protection Level für Gefachdämmstoffe
	Anhang E Berechnung der raumabschließenden Funktion von Wand- und Deckenkonstruktionen		Anhang E externe Brandeinwirkung durch Brände in Holzbauten
	Anhang F Anleitung für Benutzer dieses Teils des Eurocodes		Anhang F Bestimmung der Abfallzeiten von Bandschutzmaterialien
	-		Anhang G Bestimmung der Brandschutzwirkung von Schichten für die SFM
	-		Anhang I Bemessungsmodell für Holz-Stegträger
	-		Anhang M Materialkennwerte

Neben den bereits in der aktuellen EN 1995-1-2 bekannten Prinzipien zu vereinfachten (Hand)-Bemessungsmodellen und den Grundlagen für numerische Simulationsmodelle, wird mit dem Kapitel 6 erstmals durch die Listung nachgewiesener Konstruktionsaufbauten oder vordefinierter Kennwerte, wie zur

Schutzwirkung ( $t_{\text{prot}}$ ) von Bekleidungen oder für das vom Aufbau des Querschnitts abhängige ( $d_{0,\text{ef}}$ ) bei Brettsperrholz dem Anwender eine sehr einfache und effiziente Möglichkeit zum Nachweis des Feuerwiderstands gegeben. In Deutschland oder der Schweiz sind solche Ansätze bisher aus den tabellierten Nachweisen der DIN 4102-4 oder den Lignum Dokumentationen bekannt.

Ebenso Einfluss auf die Struktur und den Umfang der zweiten Generation der EN 1995-1-2 nehmen die innerhalb der informativen Anhänge aufgenommenen Verfahren zur Bestimmung von Kennwerten und Parametern als Eingangswerte innerhalb der normativen Beurteilungsverfahren.

Hierüber wird zukunftsweisend die Aktualität und Möglichkeit zur Weiterentwicklung der enthaltenen Bemessungsverfahren gegeben, da so neue Materialien in die bereitgestellte Systematik integriert werden können. Beispielhaft kann hier das Verfahren zur Bestimmung der Schutzwirkung von Gefachdämmstoffen (Anhang D) oder zur Bestimmung der Abbrandrate von Holz und Holzwerkstoffen (Anhang C) genannt werden. Um die zukünftigen Normungsaktivitäten zur Erarbeitung standardisierter Prüfnormen u.a. im TC 127 und TC 193 zu unterstützen, wurden zugehörige Ansätze und Grundprinzipien bereits in die neue EN 1995-1-2 aufgenommen.

Trotz des gestiegenen Umfangs an Regelungen und der Erweiterung des Anwendungsbereiches soll durch die so angepasste Struktur weiterhin eine einfache Anwendung ermöglicht werden.

## NEUE ERKENNTNISSE UND INHALT DER EN 1995-1-2

Mit der Überarbeitung der EN 1995-1-2 werden die produkttechnologischen Entwicklungen der letzten 20 Jahre nun auch in der Brandschutzbemessung im Holzbau aufgegriffen. Gleichzeitig wird dabei den aktuellen nationalstaatlichen Brandschutzanforderungen innerhalb Europas und ingenieurtechnischen Bedürfnissen im Hinblick auf das mehrgeschossige Bauen mit Holz bis und über die Hochhausgrenze hinaus Rechnung getragen. So werden die Bemessungsverfahren für Verbindungen als auch für den Raumabschluss von Holzbauelementen, die bisher auf 60 Minuten ausgelegt sind, zukünftig auf eine Anwendung für bis zu 120 Minuten Feuerwiderstand angepasst und erweitert. Zudem werden auf Basis zahlreicher Forschungsaktivitäten der letzten Jahre weiterführende Ansätze zur Naturbrandbemessung von Holzbauteilen bereitgestellt [6] - [8].

In diesem Gesamtkontext wurden Bemessungsregeln für Brettsperrholz, Holz-Beton-Verbundelemente und Holz-Stegträger berücksichtigt, aber auch inzwischen praxisrelevante Holzarten (wie z.B. Esche), Dämmstoffe (wie z.B. biogenen Dämmstoffe) und Bekleidungen (wie z.B. Gipsfaserplatten) mit in die Bemessungskonzepte aufgenommen.

Die folgende Zusammenstellung enthält einige wichtige Neuerungen und Anpassungen der neuen EN 1995-1-2 als Überblick.

### *Streichung der Methode mit reduzierten Eigenschaften*

Eine wesentliche Änderung in der Nachweisstruktur der EN 1995-1-2 ist die Streichung des Verfahrens der „Methode mit reduzierten Eigenschaften“ und die damit verbundene Erweiterung der Bemessungsregeln für die „Methode mit reduziertem Querschnitt“ (künftig umbenannt in Verfahren mit effektivem Querschnitt). Hierdurch wird für alle Holzbauteile einheitlich und vergleichbar mit den bisherigen Regelungen durch die Ermittlung des ideellen (effektiven) Restquerschnittes in Verbindung mit angepassten Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften und einer reduzierten Einwirkung im Brandfall eine Bemessung in Anlehnung an die Regelungen bei Normaltemperatur ermöglicht.

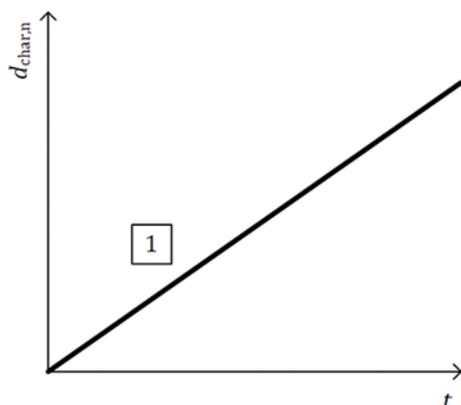
Grund der Streichung der Methode mit reduzierten Eigenschaften war einerseits die fehlende Weiterentwicklung auf neue Materialien und andererseits die Vermeidung von konkurrierenden gleichwertigen Nachweisverfahren.

### *Das European Charring Model*

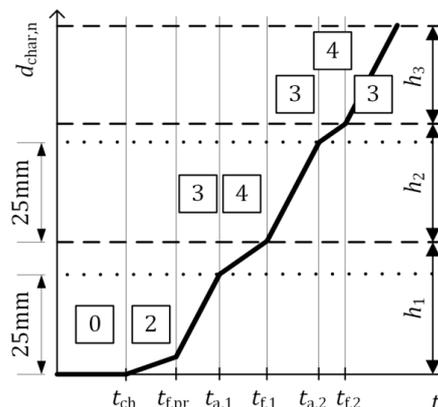
Eine wesentliche Konkretisierung und Differenzierung erfolgt mit der zweiten Generation der EN 1995-1-2 bezüglich des Modells zur Beschreibung des Abbrandverhaltens. Grund hierfür ist einerseits die Notwendigkeit auch den Einfluss von Verklebungen auf das Abbrandverhalten mit erfassen zu können und andererseits anwendungsbezogen den Einfluss innerer und äußerer Parameter auf das Abbrandverhalten situationsspezifisch abzubilden.

Hierzu werden Produkte deren „bond line integrity maintained“ und Produkte deren „bond line integrity“ innerhalb der Brandeinwirkung als „not maintained“, jeweils für anfänglich geschützte sowie ungeschützte Bauteile unterschieden. Zur Bewertung dieses Leistungsmerkmals der Verklebung wurde im Anhang B des Normentwurfs ein entsprechendes Bewertungsverfahren aufgenommen.

Innerhalb der Brandeinwirkung werden so fünf verschiedenen Phasen des Abbrandes (Phase 0 – Phase 4) unterschieden, vgl. Bild 1 und Bild 2.



**Bild 1** Phasen des Abbrandes für anfänglich ungeschützte Seiten von Holzbauteilen, wenn die Klebefuge keinen Einfluss auf das Abbrandverhalten hat



**Bild 2** Phasen des Abbrandes für anfänglich geschützte Seiten von Holzbauteilen, wenn die Klebefuge Einfluss auf das Abbrandverhalten hat

mit

- 0 Encapsulated phase (Phase 0)
- 1 Normal charring phase (Phase 1)
- 2 Protected charring phase (Phase 2)
- 3 Post-protected charring phase (Phase 3)
- 4 Consolidated charring phase (Phase 4)
- $t_{ch}$  Start time of charring
- $t_{f,pr}$  Failure time of the fire protection system
- $h$  Lamella thickness

Die Abbrandrate jeder Phase ergibt sich dabei unter der systematischen Berücksichtigung der spezifischen Rand- und Einbaubedingungen. So kann für das jeweils vorliegende Szenario über zugehörige Modifikationsfaktoren dem Einfluss von Fugen, der Faserorientierung, der Mehrseitigkeit der Brandeinwirkung, der Schutzwirkung von Bekleidungen oder auch z.B. der Vorerwärmung Rechnung getragen werden, vgl. nachstehende Gleichung (1).

$$\beta_n = \prod k_i \cdot \beta_0 \quad (1)$$

$\beta_n$  Bemessungswert der ideellen Abbrandrate innerhalb einer Phase [mm/min]

$\beta_0$  Basiswert der eindimensionalen Abbrandrate bei Normbrandbeanspruchung

$\prod k_i$  Produkt der zu berücksichtigenden Modifikationsfaktoren

Da bezüglich der Anwendung der Abbrandrate in der aktuellen Norm auch Fehlinterpretationen auftraten, werden nun in der zweiten Generation der

EN 1995-1-2 die Abbrandphasen und die Modifikationsfaktoren dem Anwender erstmals ganzheitlich in Kapitel 5 gegeben.

Hieraus wird auch ersichtlich, dass für anfänglich geschützte sowie auch für Produkte, bei denen ein Abfallen von verkohlten Brettlagen infolge des thermischen Versagens der Klebefuge auftritt, stufenförmige Phasen des Abbrandes auftreten, vgl. Bild 2.

Für anfänglich geschützte Bauteile erlaubt die neue EN 1995-1-2 nun auch normativ die Berücksichtigung der erhöhten Schutzfunktion bezüglich des Abfallens von Bekleidungen ( $t_{f,pr}$ ) für Gipskartonplatten Typ A, F und Gipsfaserplatten im Hinblick auf einen daraus resultierenden reduzierten Abbrand in der „protected charring phase“ (Phase 2). Im Vergleich zum heutigen Ansatz, der normativ nur die Schutzwirkung für den Beginn des Abbrandes ( $t_{ch}$ ) für einige Bekleidungsmaterialien liefert, wird so eine deutliche Optimierung der Bemessung möglich. Ein zugehöriges Bestimmungsverfahren für beide Schutzfunktionen ( $t_{ch}$ ) und ( $t_{f,pr}$ ) liefert die EN 13381-7.

#### *Nachweis der Tragfähigkeit von Holzbauteilen*

Anpassung im Hinblick auf die Bestimmung des ideellen (effektiven) Restquerschnitts erfuhr auch der Parameter  $d_0$  (Tiefe der Schicht, bei der die Festigkeit und Steifigkeit zu Null angenommen wird), da hiermit bisher den unterschiedlichen beanspruchungsspezifischen thermischen Entfestigungen für Druck und Zug sowie dem Einfluss der Dauer der Brandbeanspruchung nicht vollständig Rechnung getragen wurde. Resultierend daraus enthält die zweite Generation der EN 1995-1-2 angepasste beanspruchungsabhängige  $d_0$  Werte. Die bisherigen Anhänge C (Tragende Deckenbalken und Wandstiele in vollgedämmten Konstruktionen) und D (Abbrand von Bauteilen in Wand- und Deckenkonstruktionen mit ungedämmten Hohlräumen) wurden umfassend überarbeitet und in den Hauptteil der EN 1995-1-2 integriert. Das neue Bemessungsmodell für Holztafelkonstruktionen mit gefüllten Gefachhohlräumen basiert nun auf der Methode mit effektivem Querschnitt und ermöglicht die Berücksichtigung der Schutzfunktion verschiedener Dämmstoffe (Mineralwolle, Zellulose, Holzfasern usw.) für den Abbrand der Holzrippen. Dieses Leistungsmerkmal der Dämmstoffe „Protection Level“ kann über den Anhang D des Normenentwurfs bestimmt werden. Innerhalb der Tragfähigkeitsbemessung für Wandstiele oder Deckenbalken werden in der Bestimmung des ideellen (effektiven) Restquerschnitts zugehörige  $d_0$  Werte abhängig vom Protection Level des Dämmstoffs bereitgestellt.

#### *Raumabschließende Wirkung von Holzbauelementen*

Basierend auf zahlreichen Forschungsarbeiten [9] - [12] wurde der bisherige Anhang E (Berechnung der raumabschließenden Funktion von Wand- und Deckenkonstruktionen) überarbeitet und in den Hauptteil der neuen

EN 1995-1-2 eingebettet. Das so entstandene Verfahren der „Separation Function Method“ (SFM) erlaubt es die raumabschließende Funktion unter Normbrandbeanspruchung für aus einzelnen Schichten zusammengesetzte Holztafel- oder Massivholzelemente zu bestimmen bzw. die Schutzfunktion eines „fire protective systems“ für Holzbauteile zu ermitteln. Innerhalb des Verfahrens werden wie bisher die verschiedenen Übertragungswege bei der Ermittlung der rechnerischen Wärmedämmung (Kriterium I) berücksichtigt, vgl. Bild 4. Das Raumabschlusskriterium E wird hierbei als erfüllt angenommen, wenn das Kriterium I und die konstruktive Regel gemäß Kapitel 9. eingehalten sind.

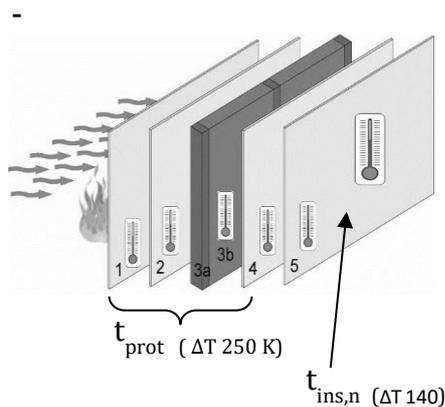
Dem Grundprinzip des bisherigen Ansatzes folgend wird der schützende Beitrag der jeweiligen Schichten einer Konstruktion ermittelt und zur Gesamtschutzzeit ( $t_{ins}$ ) des Bauteils aufaddiert, vgl. Bild 3 und Gleichung (2). Rechnerisch wird von einem Versagen der Einzelschicht bei einer Temperaturerhöhung von 250 K ( $t_{prot,i}$ ) sowie von 140 K für die letzte Schicht auf der feuerabgewandten Seite ( $t_{ins,n}$ ) ausgegangen.

$$t_{ins} = \sum_{i=1}^{i=n-1} t_{prot,i} + t_{ins,n} \quad (2)$$

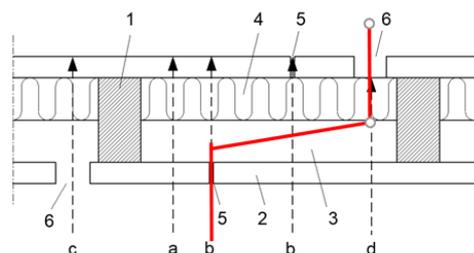
$t_{ins}$  Zeit für die die Wärmedämmende Funktion sichergestellt wird [min]

$t_{prot,i}$  Schutzzeit einer Schicht  $i$  [min]

$t_{ins,n}$  Schutzzeit bezüglich der Wärmedämmwirkung der letzten Schicht  $n$  [min]



**Bild 3** Systematik zur Ermittlung der Schutzzeit nach der „Separating Function Method“



- 1 Holzrippe
- 2 Bekleidung
- 3 Hohlraum
- 4 Gefachdämmung
- 5 Bekleidungsfuge
- 6 Einbauteile
- a-d Wärmeübertragungswege

**Bild 4** Wärmeübertragungswege

Durch die spezifische Berücksichtigung des Einflusses von Schichten vor und hinter einer betrachteten Schicht mittels entsprechender Positionsbeiwerte,

wodurch eine Vorerwärmung aber auch ein Wärmestau erfasst wird sowie die Berücksichtigung der erhöhten Schutzwirkung von Gipsplatten des Typs F oder von Gipsfaserplatten und die Erfassung der spezifischen Fugenausführungen wird der Anwendungsbereich gegenüber dem bisherigen Verfahren nach Anhang E maßgeblich erweitert. Ebenso zur praktischen Akzeptanz und Vielseitigkeit der neuen EN 1995-1-2 trägt die Aufnahme neuer Materialien, wie Gipsfaserplatten, Lehm- und Holzwerkstoffen, Putzen, biogenen Dämmstoffen oder Estrichen bei. Weiterführend wurde das Bemessungsverfahren auf eine Anwendbarkeit von bis zu 120 Minuten Feuerwiderstand validiert und damit erweitert.

#### *Grundlagen für weiterführende numerische Simulationsbetrachtungen*

Mit der Notwendigkeit der Praxis auch brandschutztechnische Lösungen für besondere Ausführungen und Konstruktionsdetails anzubieten, die außerhalb der Anwendungsgrenzen von vereinfachten Nachweisverfahren liegen, wurde mit dem Kapitel 8 die Grundlage für eine weiterführende numerische Betrachtung bei Holzbauten gelegt. Hierzu wurden neben effektiven thermischen Materialkennwerten für Nadelholz nun auch temperaturabhängige Kennwerte für Holzwerkstoffplatten, Gips- und Gipsfaserplatten sowie für Gefachdämmstoffe integriert. In Verbindung mit den temperaturabhängigen mechanischen Eigenschaften von Holz kann so eine thermische und mechanische Analyse von ETK brandbeanspruchten Holzkonstruktionen auf der Grundlage von Finite Elemente Analysen erfolgen.

### *Bandschutztechnische Detailausbildung*

Mit der Erweiterung der konstruktiven Regelungen zur Detailausführung wird dem Aspekt einer ganzheitlichen brandschutztechnischen Planung und Ausführung Rechnung getragen. Hierzu wurde das Kapitel 9 im Vergleich zu den bisherigen Inhalten maßgeblich erweitert und in den zugehörigen bemessungsrelevanten Kapiteln hingewiesen, dass die konstruktiven Regelungen und Detailausführung immer zu beachten sind. Neben konstruktiven Maßnahmen und Regelungen zur Befestigung von Bekleidungen oder Sicherungsmaßnahmen für Dämmstoffe werden so erstmals Ausführungsregeln für Fugen und Anschlüsse, brandschutztechnische Trennungen von Elementen aber auch zur Integration haustechnischer Installationen gegeben. Pate für diese Lösungen standen vielfach die Erfahrungen aus der Schweiz, Österreich, Deutschland und Frankreich.

### *Nachweis von Verbindungen*

Auf der Grundlage umfangreicher experimenteller und numerischer Analysen der letzten Jahre konnten auch die bisher auf 60 Minuten begrenzten Bemessungsregeln für Verbindungen auf bis zu 120 Minuten Feuerwiderstand erweitert werden. Besonders im Fokus stehen hier weiterhin Verbindungen mit auf Abscheren beanspruchte stiftförmige Verbindungsmittel in ungeschützter oder geschützter Ausführung. Hierfür stellt die zweite Generation der EN 1995-1-2 drei Nachweisebenen bereit.

- Nachweis des Feuerwiderstandes (maximal 20 Minuten im ungeschützten Zustand) auf Basis von Mindestanforderungen nach EN 1995-1-1, Auslastungsgrad und Mindestseitenholzdicke
- Nachweis des Feuerwiderstandes bis maximal 120 Minuten für Verbindungen mit maximal sechs Scherfugen auf Basis tabellierter Kennwerte unter Einhaltung geometrischer Randbedingungen, vgl. Tabelle 2
- Nachweis des Feuerwiderstandes auf Basis der „Exponential Reduction Method“ bis maximal 120 Minuten, wodurch individuelle Verbindungsmitteldesigns nachweisbar bleiben.

*Tabelle 2 Tabellierte Nachweis mit geometrischen Anforderungen für eine Stahl-Holz-Verbindung mit Stabdübeln und drei Schlitzblechen*

Feuerwiderstand Zeit $t_{fi}$	$t_{1,fi}$			$a_{fi}$
	$\eta_{fi} \leq 0,1$	$\eta_{fi} \leq 0,2$	$\eta_{fi} \leq 0,3$	
30 min	$\geq 25$	$\geq 35$	$\geq 40$	$\geq 15$
60 min	$\geq 50$	$\geq 60$	$\geq 65$	$\geq 50$
90 min	$\geq 75$	$\geq 85$	$\geq 100$	$\geq 90$
120 min	$\geq 100$	$\geq 110$	$\geq 115$	$\geq 130$
Die Tabelle darf auch beim Ersatz von zwei Stabdübeln durch zwei Bolzen (Schrauben) erfolgen				

$t_{1,fi}$  Seitenholzdicke [mm]

$\eta_{fi}$  Ausnutzungsfaktor ( $E_{d,fi} / R_k$ )

$a_{fi}$  Maß der End- und Randabstände für die Feuerwiderstandsdauer [mm]

Besonders über die tabellierten Nachweise wird eine schnelle und anwenderfreundliche Möglichkeit zum Nachweis entsprechender Standardverbindungen gegeben.

Erweiternd dazu wurden ebenso die Nachweise für auf herausziehen beanspruchte Verbindungsmittel optimiert, wodurch geringerer Randabstände möglich werden. Ergänzend wurden ebenso Regelungen für typische zimmermannsmäßige Verbindungen aufgenommen, die auf Basis der Regelungen der Methode mit effektivem Querschnitt nachgewiesen werden können.

#### *Nachweismöglichkeiten für Naturbrandmodelle*

Für die Bemessung von Holzbauwerken auf Basis von zur Einheits-Temperaturzeitkurve abweichenden Bemessungsbränden wurden Regelungen entwickelt, die der stetigen Interaktion zwischen Abbrand des Holzes und Wärmefreisetzung im Brandraum Rechnung tragen. Hierdurch kann neben dem Einfluss der mobilen Brandlast auch dem Beitrag von brandbeanspruchten Holzkonstruktionen an der Wärmefreisetzung Rechnung getragen werden. In zugehörigen iterativen Prozessen kann so die Abbrandtiefe und Tragfähigkeit entsprechender Holzkonstruktionen unter Naturbrand oder parametrischer Brandbeanspruchung bestimmt werden.

## AUSBLICK

Auch wenn der Abschluss der Arbeit zur EN 1995-1-2 mit den Jahren 2025 noch weit entfernt scheint und zugehörige nationale Anwendungsdokumente wohl erst im Jahr 2027 zur Verfügung stehen werden, so sind die wesentlichen Änderungen bereits bekannt.

Ersichtlich ist dabei, dass die zweite Generation von EN 1995-1-2 die Lücken der aktuellen EN 1995-1-2 schließt und vor allem neue Anwendungsbereiche ermöglicht und damit eine sichere und wirtschaftliche Bemessung von Holzbauwerken im Brandfall ermöglichen wird.

Klar wahrzunehmen ist ebenso, dass durch die notwendige Berücksichtigung neuer Produkte und die Erweiterung bekannter Bemessungsansätze der Umfang der Norm anwächst. Trotz dessen liegt ein zentraler Fokus darauf durch Neustrukturierung, Homogenisierungen und vereinfachte Regelungen die Anwenderfreundlichkeit beizubehalten und sogar zu erhöhen.

Dennoch wird ähnlich wie bei der Umstellung auf die erste Generation der EN 1995-1-2 ein zusätzlicher Lern- und Ausbildungsprozess notwendig sein, deren Start bereits vor der finalen Erscheinung einsetzen wird.

## LITERATUR

- [1] EN 1995-1-2: 2020 (E) Eurocode 5 – Design of timber structures Part 1-2: Structural fire design, Final draft May 3, 2021
- [2] CEN / TC 250 / SC 5 / WG4 - Structural Fire Design, Background Document to EN 1995-1-2, 2nd draft, May 3, 2021
- [3] Östman B. et al.: Fire safety in timber buildings Technical Guideline for Europe. SP Technical research Institute of Sweden, Wood Technology. SP Report 2010:19. Stockholm, Sweden.
- [4] Just A., Schmid J. (eds): Improved fire design models for Timber Frame Assemblies – Guidance document, COST Action FP1404, Zürich, Switzerland, 2018.
- [5] Klippel, M, Just, A (eds): Guidance on Fire design of CLT including best practice, COST Action FP1404, Zürich, Switzerland, 2018
- [6] Brandon, D., Kagiya K., Hakkarainen, T.: Performance based design for mass timber structures in fire – a design example, COST Action FP1404, Zürich, Switzerland, 2018
- [7] Werther, N.: „Einflussgrößen auf das Abbrandverhalten von Holzbauteilen und deren Berücksichtigung in empirischen und numerischen Beurteilungsverfahren“, Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion,

Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt, Technische Universität München,  
11/2016

- [8] Schmid J.: Structural Timber In Compartment Fires – The Timber Charring and Heat Storage Model, Open Eng. 2021; 11:435–452
- [9] Schleifer, V.: Zum Verhalten von raumabschließenden mehrschichtigen Holzbauteilen im Brandfall. Zürich : vdf, Hochsch.-Verl. AG an der ETH, 2009 (Bericht / Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich Nr. 313)
- [10] Winter S., Werther N., Hofmann V., Kammerer E., Rauch M., Standardisierung der brandschutztechnischen Leistungsfähigkeit von Holztafelkonstruktionen mit biogenen Dämmstoffen, Band F 3101. Fraunhofer IRB Verlag, 2019
- [11] Mäger K. N., Just A., Schmid J., Werther N., Klippel M., Brandon D., Frangi A., Procedure for implementing new materials to the component additive method. Fire Safety Journal, 107
- [12] Rauch M., Werther N., Winter S., Fire design method for timber floor elements – the contribution of screed floor toppings to the fire resistance, WCTE 20/21, 2020