

Die neue Generation der Eurocodes – Entwicklungen bei EN 1995-1-2

Prof. Dr. Andrea Frangi
ETH Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion
Zürich, Schweiz



Dr. Joachim Schmid
IGNIS Fire-Design-Consulting, Zürich & ETH Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion
Zürich, Schweiz



Dr. Norman Werther
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion
Technische Universität München
München, Deutschland



Die neue Generation der Eurocodes – Entwicklungen bei EN 1995-1-2

1. Einführung

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. 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. 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. Die Erarbeitung der neuen EN 1995-1-2 wurde im Auftrag des Europäischen Normungskomitees (CEN) von einem Projektteam (PT) durchgeführt, das aus den folgenden Personen bestand: Andrea Frangi (ETH Zürich), Jouni Hakkarainen (Eurofins Expert Services, Helsinki), Alar Just (TalTech University, Tallinn), Joachim Schmid (ETH Zürich & IGNIS Fire-Design-Consulting, Zürich), Norman Werther (TU München). 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].

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** in der neuen EN 1995-1-2 erstmals durch die Listung nachgewiesener Konstruktionsaufbauten oder vordefinierter Kennwerte (wie zur Schutzwirkung (t_{prot}) von Bekleidungen oder für die vom Aufbau des Querschnitts abhängige Kompensationsschicht ($d_{0,\text{ef}}$) bei Brettsperrholz) dem Anwender eine sehr einfache und effiziente Möglichkeit zum Nachweis des Feuerwiderstandes gegeben. In Deutschland oder der Schweiz sind solche Ansätze bisher aus den tabellierten Nachweisen der DIN 4102-4 oder den Lignum Dokumentationen bekannt. Trotz des gestiegenen Umfangs an Regelungen und der Erweiterung des Anwendungsbereiches soll durch die so angepasste Struktur weiterhin eine einfache Anwendung ermöglicht werden.

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Inhalte und Aufbau zwischen der aktuellen EN 1995-1-2 [1] und dem vorliegenden Normenentwurf [2]

EN 1995-1-2:2004 [1]	EN 1995-1-2:2025 Entwurf [2]
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 Verbindungen
7 Konstruktive Ausführung	10 Konstruktive Ausführung und Detailierung
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

3. Inhalt der neuen 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 Brettsperholz, Holz-Beton-Verbundelemente und Holz-Stegträger berücksichtigt, aber auch inzwischen praxisrelevante Holzarten (wie z.B. Esche), Dämmstoffe (wie z.B. biogene Dämmstoffe) und Bekleidungen (wie z.B. Gipsfaserplatten) mit in die Bemessungskonzepte aufgenommen.

Eine wesentliche Konkretisierung und Differenzierung erfolgt mit der zweiten Generation der EN 1995-1-2 bezüglich des Modells zur Beschreibung des Abbrandverhaltens (**Kapitel 5**). Der Grund hierfür ist einerseits die Notwendigkeit auch den Einfluss von Verklebungen auf das Abbrandverhalten erfassen zu können und andererseits anwendungsbezogen den Einfluss innerer und äußerer Parameter auf das Abbrandverhalten situationsspezifisch abzubilden. Hierzu werden verklebte Holzprodukte unterschieden, deren «bond line integrity maintained» und Produkte deren «bond line integrity» innerhalb der Brandeinwirkung als «not maintained», jeweils für anfänglich geschützte sowie ungeschützte Bauteile. Falls es zu einem Versagen der Klebefuge kommt und damit ein Versagen der «bond line integrity» eintritt, kann es zu einem Abfallen der verkohlenden und den Restquerschnitt schützenden Kohleschicht kommen. Zur Bewertung dieses Leistungsmerkmals der Verklebung wurde im **Anhang B** des EN 1995-1-2 Normentwurfs ein entsprechendes Bewertungsverfahren zur Einstufung des Verhaltens aufgenommen [9]. Innerhalb der Brandeinwirkung werden so fünf verschiedene Phasen des Abbrandes (Phase 0 – Phase 4) unterschieden, vgl. Abbildung

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. Gleichung (1).

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

β_n Bemessungswert der ideellen Abbrandrate innerhalb einer Phase [mm/min]

β_0 Basiswert der eindimensionalen Abbrandrate bei Normbrandbeanspruchung [mm/min]

$\prod k_i$ 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. Abbildung 2.

Für anfänglich geschützte Bauteile erlaubt die zukünftige zweite Generation der 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

Basierend auf zahlreichen Forschungsarbeiten [11-14] wurde der bisherige Anhang E (Berechnung der brandabschnittsbildenden Funktion von Wand- und Deckenkonstruktionen) überarbeitet und ins **Kapitel 7** eingebettet. Das so entstandene Verfahren der «Separation Function Method» erlaubt es die brandabschnittsbildende 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. Abbildung 4. Das Raumabschlusskriterium E wird hierbei als erfüllt angenommen, wenn das Kriterium I und die konstruktiven Regeln gemäss Kapitel 10 eingehalten sind.

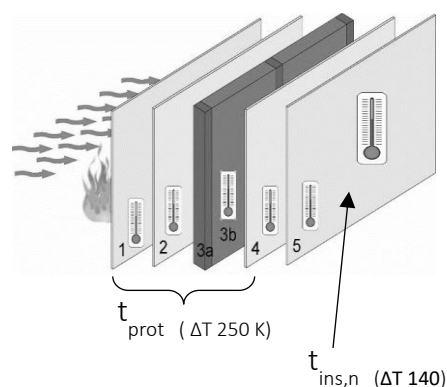
Dem Grundprinzip des bisherigen Ansatzes folgend, wird der schützende Beitrag der jeweiligen Schichten einer Konstruktion ermittelt und zur Gesamtschutzzeit (t_{ins}) des Bauteils aufaddiert, vgl. Abbildung 3 und Gleichung (2). Rechnerisch wird von einem Versagen der Einzelschicht bei einer Temperaturerhöhung 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} Gesamtschutzzeit (Feuerwiderstand) des Bauteils [min]

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

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



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 (Einheits-Temperaturzeitkurve) brandbeanspruchten Holzkonstruktionen auf der Grundlage von Finite Elemente Analysen erfolgen.

Auf der Grundlage umfangreicher experimenteller und numerischer Analysen der letzten Jahre konnten mit dem **Kapitel 9** auch die bisher auf 60 Minuten begrenzten Bemessungsregeln für Verbindungen auf bis zu 120 Minuten Feuerwiderstand erweitert werden [15-17]. 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 Nachweise mit geometrischen Anforderungen für eine Stahl-Holz-Verbindung mit Stabdübeln und drei Schlitzblechen

Feuerwiderstand Zeit t_{fi}	$t_{1,fi}$	
-------------------------------	------------	--

Mit der Erweiterung der konstruktiven Regelungen zur Detailausführung wird dem Aspekt einer ganzheitlichen brandschutztechnischen Planung und Ausführung Rechnung getragen. Hierzu wurde das **Kapitel 10** 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 Lagesicherungsmassnahmen 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.

Für die Bemessung von Holzbauwerken auf Basis von zur Einheits-Temperaturzeitkurve abweichenden Bemessungsbränden wurden mit dem **Anhang A** 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.

4. 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 der 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.

5. Literatur

- [1] EN 1995-1-2: 2004 Eurocode 5 – Design of timber structures Part 1-2: Structural fire design.
- [2] EN 1995-1-2: 2025 Eurocode 5 – Design of timber structures Part 1-2: Structural fire design, Final draft for Informal Enquiry, September 5, 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] Klippel M., Schmid J., Fahrni R., Kleinhenz M., Frangi A.: Vorschlag einer Standardprüfmethode für Brettsperrholz im Brandfall, Bautechnik, 2019; 96(11): 824–831.
- [10] EN 13381-7:2019, Test methods for determining the contribution to the fire resistance of structural members - Part 7: Applied protection to timber members, CEN, Brüssel.
- [11] Frangi A., Schleifer V., Fontana M.: Design model for the verification of the separating function of light timber frame assemblies, Engineering Structures, 2010; 32: 1184–1195.
- [12] 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.
- [13] 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, 2019, 107, pp. 149–160.
- [14] Rauch M., Werther N., Winter S.: Fire design method for timber floor elements – the contribution of scre