



schweizerischer ingenieur- und architektenverein
société suisse des ingénieurs et des architectes
società svizzera degli ingegneri e degli architetti
swiss society of engineers and architects

SIA EC2G-PLUS: Nachfolge-Projekt zum Projekt Eurocodes 2nd Generation (EC2G) – Holzbau

Schlussbericht 2024

Verfügung Nr.: 8V80/00.5196.PZ/0014 / 8B0DA13EF / 2-21.30

Vertragsdauer: 1. Juni 2021 – 31. Dezember 2024 (43 Monate)

Berichtsautoren: Prof. Dr. Andrea Frangi, Dr. René Steiger, Dr. Pedro Palma

Projektleiter: Giuseppe Martino

Berichtsdatum: 28.11.2024

1 Einleitung

Um die Philosophie der konsistenten, praxistauglichen SIA-Tragwerksnormen in die laufende Revision der europaweit angewendeten Eurocodes einzubringen, wurde 2015 das Projekt EC2G (Engagement bei der Erarbeitung der Eurocodes 2nd Generation) vom Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein (SIA) mit Partnern aus Verwaltung und Privatwirtschaft gestartet. Mit ideeller und finanzieller Unterstützung sollten mit den Schweizer Verhältnissen vertraute beauftragte Experte versuchen, eine Annäherung der Eurocodes 2nd Generation an die Schweizer Tragwerksnormen zu erreichen und gegenläufige Entwicklungen verhindern.

Zuständig für die Revision der Eurocodes ist im Europäischen Komitee für Normung (CEN) das Technische Komitee CEN/TC 250 «Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau». Das Technische Subkomitee CEN/TC 250/SC 5 «Eurocode 5 – Bemessung von Holzbauwerken» ist verantwortlich für die Revision der Tragwerksnormen für den Holzbau. Im Projekt EC2G konnten von 2015 bis 2020 die Entwürfe der 2nd Generation Eurocodes in vielen Bereichen im Vergleich zu den heute gültigen Fassungen deutlich verbessert werden. Per 2021 haben die letzten Projektteams ihre Arbeiten an den Normentwürfen der 2nd Generation Eurocodes abgeschlossen, die Entwürfe wurden nach Abschluss der Arbeiten der Projektteams von den zuständigen SCs und Arbeitsgruppen (WGs) weiterbearbeitet und für die CEN Public Enquiry (Vernehmlassung) und die Formal Vote (Schlussabstimmung) vorbereitet. Die Formal Vote (FV) des letzten 2nd Generation Eurocodes ist momentan auf Oktober 2025 geplant.

Ziel des Nachfolge-Projekts EC2G-PLUS war es, die Arbeiten an ausgewählten, für die Schweiz prioritären Eurocodes fortzusetzen und die im Projekt EC2G erreichten Erfolge entsprechend der Philosophie der konsistenten, praxistauglichen SIA-Tragwerksnormen im Inhalt der 2nd Generation Eurocodes bis zur Schlussabstimmung zu verteidigen, allenfalls sogar noch zu verbessern und dadurch eine weitere Annäherung der Eurocodes 2nd Generation an die Schweizer Tragwerksnormen zu erreichen.

Durch den Aktionsplan Holz wurde die weitere Entwicklung und Erarbeitung der 2. Generation der Tragwerksnormen für den Holzbau (Eurocode 5) durch die aktive Mitwirkung der Schweizer Experten unterstützt. Für die längerfristige, verstärkte Nutzung von Holz als Baumaterial in der Schweiz, in Europa und weltweit ist ein konsistenter, praxistauglicher Eurocode 5 von entscheidender Bedeutung.

2 Zwischenstand 2024

Die Aktivitäten der Schweizer Experten (Prof. Dr. A. Frangi, Dr. R. Steiger, Dr. P. Palma) im Jahr 2024 wurden durch die Vorbereitung der Dokumente FprEN 1995-1-1 und FprEN 1995-1-2 und die Aktualisierung der entsprechenden Hintergrund-Dokumente für die Formal Vote (Start April 2025) geprägt. Die Vorbereitung der Dokumente für die Formal Vote erwies sich als sehr zeitaufwendig, da im Rahmen der CEN ENQ (Start 15. September 2023 – Ende 4. Januar 2024) insgesamt 7'130 Kommentare (davon 537 von der Schweiz) eingereicht worden waren. Die Abbildung 1 zeigt eine Übersicht der zu den verschiedenen Dokumenten eingereichten Kommentaren. Für die Bearbeitung der Kommentare wurden die Arbeitsgruppen (WG) wieder stark beansprucht, wobei zusätzlich eine Task Gruppe (TG) Formal Vote (vgl. Abbildung 2) eingeführt wurde, um schwierige Themen zu diskutieren und zudem die Plenar Sitzungen vorzubereiten (Prof. Frangi und Dr. Steiger sind Mitglieder der TG). Alle Entscheidungen wurden auf Stufe SC 5 getroffen. Insgesamt wurden von Januar bis Oktober 2024 acht SC 5 Plenar Sitzungen durchgeführt. Die finalen Dokumente für die Formal Vote wurden am 19. August 2024 (FprEN 1995-1-2) bzw. 2. Oktober 2024 (FprEN 1995-1-1) durch das SC 5 ohne Gegenstimmen angenommen und an das CEN/TC 250 zur Weiterbearbeitung (formale Kontrolle, Übersetzung auf Deutsch und Französisch, Vorbereitung Formal Vote) weitergeleitet.

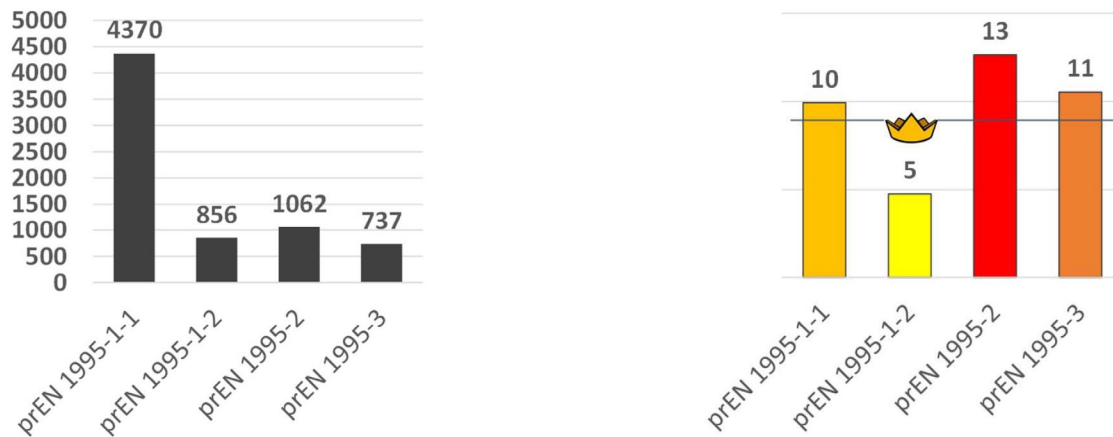


Abb. 1 Eingereichte Kommentare im Rahmen der CEN ENQ (links: Anzahl Kommentare pro Dokument; rechts: Durchschnittliche Anzahl Kommentare pro Seite)

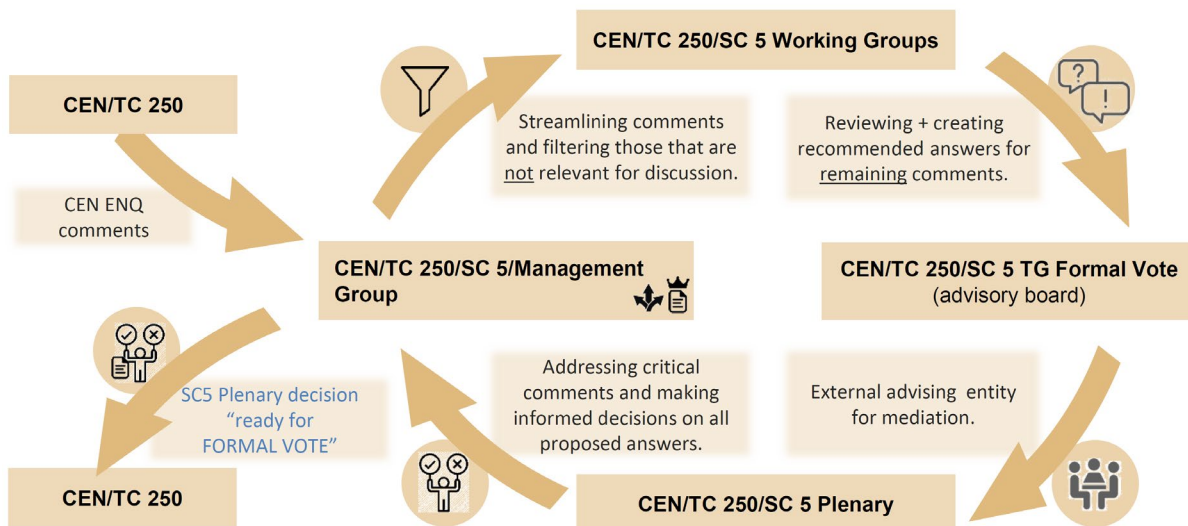


Abb. 2 Organisation des CEN/TC 250/SC 5 für die Behandlung der im Rahmen der CEN ENQ eingereichten Kommentare

Die von R. Steiger geleitete Arbeitsgruppe CEN/TC 250/SC 5/WG 3, gegliedert in die Untergruppen Stabilität / Aussteifung; Querdruck; Schub / Torsion; Deckenschwingungen; Wand-, Decken- und Dachscheiben; Fundationspfähle; Ermüdung war konfrontiert mit insgesamt 960 Kommentaren aus der CEN ENQ (Vernehmlassung), wovon etwas mehr als 50% technischer Art waren. Die überwiegende Mehrzahl der technischen Kommentare wurden akzeptiert und die sich daraus ergebenden Änderungen und Ergänzungen an der FprEN 1995-1-1 führten zu einer merklichen Verbesserung der Norm. Die Arbeiten waren indes sehr zeitaufwendig und es war eine Vielzahl von Sitzungen in den zuständigen Untergruppen, in der WG 3 und in der TG FV nötig. Zusätzlich zu den in der WG 3 bereits bestehenden Untergruppen wurde (unter Mitwirkung von R. Steiger) eine TG gegründet, welche sich um die Kommentare zur Ziffer 12 (Mechanisch verbundene und geklebte Steg- oder Flanschträger) und zu den Anhängen E (Nachgiebig verbundene Biegestäbe) und F (Zusammengesetzte Druckstäbe) und um die Überarbeitung der entsprechenden Normteile kümmerte.

In der Arbeitsgruppe CEN/TC 250/SC 5/WG 10, in der P. Palma mitwirkte, konzentrierten sich die Arbeiten in der Abschlussphase auf folgende Themen: Steifigkeitswerte für Tragwerksanalysen (Ziffer 4); Konsolidierung der Angaben betreffend Berücksichtigung des Grösseneinflusses in Bemessungsnachweisen (Ziffer 5); k_{def} -Werte (Ziffer 5); Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (Ziffer 9); Robustheit (Anhang A); Anhang M "Material and product properties for design".

Die von A. Frangi geleiteten Arbeitsgruppe (CEN/TC 250/SC 5/WG 4, TG prEN 1995-1-2) beschäftigte sich mit der Finalisierung des Dokumentes FprEN 1995-1-2 für die Formal Vote (Schlussabstimmung). Insgesamt wurden 856 Kommentare im Rahmen der CEN ENQ eingereicht und beantwortet. Davon wurden 504 Kommentare akzeptiert, 341 abgelehnt und 11 notiert. Die Korrektur der vielen redaktionellen Kommentare sowie die neue einheitliche Zeichnung aller Abbildungen haben die Richtigkeit und Verständlichkeit des Dokumentes deutlich verbessert. Der technische Inhalt des Dokumentes wurde mit Fokus auf Vollständigkeit und Benutzerfreundlichkeit weiter verbessert. Alle tabellierten Werte im Kapitel 6 wurden kontrolliert und zum Teil erweitert und korrigiert. Einige Korrekturen wurden in den Kapiteln 7 und 9 bei der Bemessung von Bauteilen (lineare und flächige Bauteile sowie Bauteile in Holzrahmenbauweise) und Verbindungen vorgenommen. Die Bemessungsgrundlagen decken nun alle wichtigen Holzbauteile und Verbindungen und sind übersichtlich und konsistent.

3 EN 1995-1-1 Bemessung von Holzbauten für den Normalfall

Der vorliegende, 436 Seiten umfassende Schluss-Entwurf der FprEN 1995-1-1 beinhaltet neben Vorwort, Einleitung, Anwendungsbereich, normativen Verweisungen, Definition von Begriffen, Symbolen und Abkürzungen, die Kapitel 4 Grundlagen der Bemessung, 5 Baustoffe, 6 Dauerhaftigkeit, 7 Tragwerksanalyse, 8 Tragsicherheitsnachweise, 9 Gebrauchstauglichkeitsnachweise, 10 Ermüdung, 11 Verbindungen, 12 Scheiben und 13 Fundationspfähle. Die Norm enthält zudem 11 Anhänge, wovon 3 normativ und 8 informativ sind. Die massgeblichen Änderungen gegenüber der Ausgabe 2004 / 2008 der EN 1995-1-1 sind:

- Aufnahme der wichtigsten "neuen" Holzprodukte, und Bildung von Produktgruppen
- Vorgaben zu Materialparametern, die für die Bemessung nach prEN 1995-1-1 erforderlich sind
- Erweiterte Angaben zur Dauerhaftigkeit
- Aufnahme von Bestimmungen zu Löchern und Durchbrüchen in Trägern
- Nachweise für Druck rechtwinklig zur Faserrichtung auf die Bemessung im Gebrauchszustand
- Aufnahme von Bestimmungen zur Bemessung von Verstärkungen
- Erweiterung der Anleitungen zum Nachweis von Schwingungen
- Übernahme des Nachweises der Ermüdung aus der EN 1995-2
- Aufnahme von Bestimmungen für zimmermannsmässige Verbindungen (Stoss, Versatz)
- Aufnahme von Bestimmungen zu eingeklebten Stangen
- Aufnahme von Bestimmungen zu Fundationspfählen aus Holz
- Verbesserte Bestimmungen zur Robustheit.

Die FprEN 1995-1-1 wurde am 2. Oktober 2024 ohne Gegenstimmen und mit einer Enthaltung (UK) von CEN/TC 250/SC 5 zur Weiterleitung and CEN/TC 250 verabschiedet. Ausstehend vor der Publikation der Norm sind momentan noch die formale Prüfung, die Übersetzung auf Deutsch und Französisch sowie die formale Schlussabstimmung (Formal Vote), welche im April / Mai 2025 stattfinden wird. Sämtliche Änderungen und Neuerungen zu beschreiben, würde den Rahmen dieses Berichts sprengen. Im Folgenden wird daher nur auf einige wesentliche Aspekte in den Themenbereichen der WG 3 und der WG 10 eingegangen.

Robustheit

Zusätzlich zu den Regelungen in der EN 1990:2023 wird betreffend die Robustheit von Tragwerken in der FprEN 1995-1-1 darauf hingewiesen, dass "die Auslegung auf Robustheit mehr mit dem Tragwerkskonzept, der Redundanz, der angemessenen Wahl der Baustoffe und Verbindungen sowie der konstruktiven Detailgestaltung zu tun hat als mit komplexen analytischen oder numerischen Analysen." Hinweise, wie dies bei Holztragwerken umgesetzt werden kann, gibt der neue Anhang A, welcher massgeblich durch P. Palma erarbeitet wurde. Es werden dort zwei Konzepte vorgeschlagen: (i) die Bemessung für den Widerstand gegen den Ausfall von tragenden Bauteilen durch die Schaffung alternativer Lastpfade und (ii) die Strategie der Abschnittsbildung unter Verwendung von Operelementen.

Klassen der Lasteinwirkungsdauer

Um eine Bemessung gemäss FprEN 1995-1-1 durchführen zu können, müssen die Einwirkungen entsprechend ihrer Dauer in Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED) (Permanent, Long-term, Medium-term, Short-term, Instantaneous) eingeteilt werden. Diese Vorgehensweise wird auch in der Norm SIA 265/1:2018 bei der Bemessung von Bauteilen aus Holzwerkstoffen angewendet, und wurde in der Schweiz bereits 2009 eingeführt, ist also hierzulande bekannt. Bei der Einstufung der Einwirkungen in die KLED handelt es sich um einen national festzulegenden Parameter (NDP).

Nutzungsklassen

Eine bedeutende Änderung hat sich in der FprEN 1995-1-1 ergeben, was die Nutzungsklassen (Service classes, SC) betrifft. Es wurde eine zusätzliche SC 4 (mostly fully saturated) eingeführt, für Bauteile in der Erde oder unter Wasser (z.B. Fundationspfähle) und die in der SC 3 zu erwartenden Holzfeuchten wurden mit Werten angegeben. Neu spricht man nicht mehr nur von für die einzelnen SC massgebenden Umgebungsklimas (bzw. relativen Luftfeuchten) und den entsprechend zu erwartenden Holzfeuchten, sondern gibt obere Grenzen und Mittelwerte über den Jahresverlauf an, dies sowohl für die relativen Luftfeuchten als auch für die sich einstellenden Holzfeuchten. Dabei sollen die Obergrenzen der relativen Luftfeuchte für die Einstufung von Bauteilen in eine SC verwendet werden. Der Jahresdurchschnitt der relativen Luftfeuchte über einen Zeitraum von mindestens zehn Jahren sollte verwendet werden, um Holzbauteile in Kategorien der Korrosivität (massgebend für Stahlteile) einzuordnen. Der mit der Änderung A1;2008 in die EN 1995-1-1 eingeführte Reduktionsbeiwert k_{cr} zur Berücksichtigung des Einflusses von Rissen bei auf Schub beanspruchten Bauteilen, ist entfallen. Mit dem Reduktionsbeiwert sollten die zu hohen charakteristischen Werte der Schubfestigkeit, welche laut den Prüfnormen an Prüfkörpern mit im Vergleich zu praxisgerechten Bauteilen geringen Abmessungen ermittelt werden, reduziert werden. Allerdings sollten bei einer korrekten Planung, bei der die Bauteile auf diejenige Ausgleichsfeuchte konditioniert werden, welche am Einsatzort zu erwarten ist, eigentlich kaum Risse auftreten. Die Einführung des Beiwerts k_{cr} war deshalb stets kontrovers diskutiert worden. Bekannt ist jedoch, dass die Schubfestigkeit stark von der Bauteilgrösse abhängt und es war daher naheliegend, dass dieser Einfluss durch Einführung eines entsprechenden Korrekturfaktors berücksichtigt wird (siehe unten).

Bemessungskonzept

Die Bemessung laut FprEN 1995-1-1 erfolgt nach dem sogenannten k_{mod} -Konzept:

- als Festigkeitsnachweis $f_d = k_{mod} \cdot \eta \cdot \frac{f_k}{\gamma_M}$
- als Tragwiderstandsnachweis $R_d = k_{mod} \cdot \eta \cdot \frac{R_k}{\gamma_R}$

mit:

k_{mod}	Modifikationsbeiwert zur Berücksichtigung von Lasteinwirkungsdauer und Feuchtegehalt
η	Umrechnungsfaktor zur Berücksichtigung aller Effekte (Volumeneinfluss, Stabilität, etc.), die das Verhalten des Bauteils oder der Verbindung im Tragwerk beeinflussen
f_k	Charakteristischer Wert der Festigkeit von Baustoffen
R_k	Charakteristischer Wert des Tragwiderstands von Verbindungen oder Bauteilen
γ_M	Teilsicherheitsbeiwert für eine Baustoffeigenschaft
γ_R	Teilsicherheitsbeiwert für den Tragwiderstand

Das k_{mod} -Bemessungskonzept wird auch in der Norm SIA 265/1:2018 bei der Bemessung von Bauteilen aus Holzwerkstoffen angewendet, und wurde in der Schweiz bereits 2009 eingeführt. Beim Parameter k_{mod} handelt es sich um vorgegebene Werte zur Berücksichtigung der Lasteinwirkungsdauer und des Feuchtegehalts. Nationale Festlegungen sind hier nur möglich bei der Einstufung von Einwirkungen in KLED (siehe oben). Jedoch sind die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M und γ_R NDP, welche

im Nationalen Anhang (NA) festzulegen sind. In der FprEN 1995-1-1 wurde die Tabelle mit den Teilsicherheitsbeiwerten stark erweitert, jedoch ohne die Werte gegenüber der 1. Generation der EN 1995-1-1 zu ändern.

Steifigkeiten von Bauteilen und Verbindungen in Nachweisen der Gebrauchstauglichkeit

In Nachweisen der Gebrauchstauglichkeit (Durchbiegungen, Schwingungen) ist nach wie vor von den Mittelwerten des Elastizitätsmoduls E_{mean} , des Schubmoduls G_{mean} und des Verschiebungsmoduls von Verbindungen K_{SLS} auszugehen. Bei der Berücksichtigung des Einflusses der Lasteinwirkungsdauer und der Feuchte bei der Berechnung von Verformungen hat sich jedoch eine Änderung ergeben. Die entsprechende Reduktion der Moduln erfolgte früher mit dem Faktor $(1 + \psi_2 k_{\text{def}})$. In der FprEN 1995-1-1 ist der Lastbeiwert ψ_2 zur Berücksichtigung von quasi-ständigen Anteilen in der Einwirkung, welche die grössten Spannungen hervorruft, entfallen. $\psi_2 = 1$ zu setzen, ist zwar eine auf der sicheren Seite liegende Vereinfachung, ist jedoch nicht in allen Fällen wirtschaftlich. Die in der Norm SIA 265 anzusetzende Reduktion der Steifigkeiten mit $\eta_w = 0.9$ in der Feuchtekategorie 2 und $\eta_w = 0.75$ in der Feuchtekategorie 3, findet man in der FprEN 1995-1-1 nicht. Die Normenkommission SIA 265 wird prüfen, ob dazu in der Schweiz eine nicht widersprechende ergänzende Festlegung (non-contradictory complementary information, NCCI) eingeführt werden soll.

Was die Nachweise der Tragsicherheit betrifft, sind die Bemessungswerte der Steifigkeit, welche in der EN 1995-1-1:2004/2008 durch Division der Mittelwerte der Steifigkeiten durch den Teilsicherheitsbeiwert γ_M ermittelt worden waren, aus der Norm entfernt worden. Laut FprEN 1995-1-1 ist die Tragwerksanalyse zur Ermittlung der Schnittgrössen in Querschnitten und Verbindungen in der Regel basierend auf den Mittelwerten der Steifigkeiten E_{mean} , G_{mean} und K_{ULS} durchzuführen. Da die Variabilität der Steifigkeiten bei Tragwerken mit spröden Versagensarten und begrenzter Möglichkeit in der Umverteilung von Kräften besonders kritisch ist, empfiehlt die Norm bei statisch unbestimmten Tragwerken eine Sensitivitätsanalyse der Schnittgrössenverteilung in Bezug auf die Variabilität der Steifigkeiten in Betracht zu ziehen. Bei Tragwerken mit einer relativ geringen Anzahl von Stäben sollten Tragwerksanalysen 2. Ordnung unter Verwendung der Steifigkeitswerte $E_{0,05}$, $G_{0,05}$ und K_{ULS} gemacht werden, weil der Einfluss von Stäben mit geringer Steifigkeit bei Tragwerken mit einer geringen Anzahl von Stäben bedeutend sein kann. Die Definitionen zu den Steifigkeiten der Verbindungen wurden präziser formuliert. Der Anfangsverschiebungsmodul K_{ser} wird neu als Mittelwert des Verschiebungsmoduls für Nachweise im Gebrauchszustand K_{SLS} bezeichnet, der Verschiebungsmodul im Grenzzustand der Tragfähigkeit $K_u = 2/3 K_{\text{ser}}$ als Mittelwert des Verschiebungsmoduls für Nachweise der Tragsicherheit $K_{\text{ULS}} = K_{\text{ser}} / 1.5$.

Baustoff- und Produkteigenschaften

Neu werden in der gesamten FprEN 1995-1-1 für die Baustoffe und Bauprodukte Abkürzungen verwendet, damit die Normformulierungen nicht zu schwerfällig sind und die Ziffertexte nicht zu lang werden. Die Eigenschaften von Bauprodukten, die bei der Bemessung nach FprEN 1995-1-1 in Tragwerken verwendet werden, sind durch charakteristische Werte zu beschreiben, welche den Angaben in der FprEN 1995-1-1 entsprechen oder aus Europäischen Technischen Produktspezifikationen (Europäische Norm (EN), Europäische Technische Spezifikation (TS) oder eine transparente und reproduzierbare Bewertung, die alle Anforderungen eines Europäischen Bewertungsdokuments EAD erfüllt.) stammen, oder aufgrund von Vorschriften bestimmt wurden, welche in dem jeweiligen Mitgliedsland gelten. Im (normativen) Anhang M ist für diverse Bauprodukte und Baustoffe, sowie auch für die Verbindungsmittel und Fundationspfähle angegeben, welche Material- und Produkteigenschaften erforderlich sind, um eine Bemessung gemäss FprEN 1995-1-1 durchführen zu können.

Einflüsse der Lasteinwirkungsdauer und der Feuchte auf Festigkeit bzw. Tragwiderstand

In der FprEN 1995-1-1 sind Modifikationsbeiwerte k_{mod} für sämtliche Bauprodukte und Baustoffe, sowie auch für die Verbindungsmittel und Fundationspfähle für die jeweils relevanten Nutzungsklas-

sen und die 5 Klassen der Lasteinwirkungsdauer angegeben. Neben der Zusammenfassung sämtlicher Bauprodukte und Baustoffe in einer anwenderfreundlicheren Tabelle, fällt im Vergleich mit der EN 1995-1-1:2004 auf, dass für Vollholz- und BSH-Bauteile, welche der Nutzungsklasse SC 1 zugeordnet sind, die charakteristischen Werte der Druckfestigkeit parallel zur Faserrichtung $f_{c,0,k}$ neu mit 1.2 multipliziert werden dürfen.

Kriechverformungen

In der FprEN 1995-1-1 sind Beiwerte zur Bestimmung der Kriechverformung k_{def} für sämtliche Bauprodukte und Baustoffe für die jeweils relevanten Nutzungsklassen angegeben. Die tabellierten Werte sind umfangreicher als in der EN 1995-1-1:2004/2008. In einer Fussnote zur Tabelle der k_{def} -Werte wird neu darauf hingewiesen, dass bei der Verformungsberechnung von Bauteilen, die an oder nahe ihrem Fasersättigungspunkt eingebaut werden und bei denen die Gefahr besteht, dass sie unter Belastung austrocknen, die k_{def} -Werte um 1 erhöht werden sollten.

Einfluss der Bauteilgrösse

Die FprEN 1995-1-1 enthält Angaben zur Berücksichtigung des Einflusses der Bauteilgrösse bei der Bemessung. Gänzlich nicht vorhanden waren in der EN 1995-1-1:2004/2008 Regeln bzw. Angaben zur Berücksichtigung des Einflusses der Bauteilgrösse auf die Schubfestigkeit, obwohl es bekannt ist, dass dieser Effekt bei der Festlegung der entsprechenden Bemessungswerte beachtet werden sollte. Es sind nun Angaben in der FprEN 1995-1-1 enthalten und der ungeliebte, 2008 eingeführte Reduktionsbeiwert k_{cr} konnte aus der Norm entfernt werden (siehe oben). Der Exponent s für die Berücksichtigung des Einflusses der Bauteilgrösse auf die Biegefestigkeit von BSH-Bauteilen wurde nach langen Diskussionen in der WG 10 gegenüber der EN 1995-1-1:2004/2008 von 0.1 auf 0.04 reduziert und der Maximalwert des Korrekturfaktors (1.1) wurde entfernt.

Schwinden und Quellen

In der EN 1995-1-1:2004/2008 haben Angaben zum Schwinden und Quelle der Bauprodukte und Baustoffe gefehlt. Die für die Planung und Ausführung höchst relevanten Angaben wurden nun in der FprEN 1995-1-1 ergänzt. Zudem wird darauf hingewiesen, dass behinderte Formänderungen aufgrund von Feuchtigkeitsschwankungen (Schwinden oder Quellen) zu inneren Spannungen führen, auch wenn die Dehnungen gering sind.

Dauerhaftigkeit

Die FprEN 1995-1-1 weist deutlich mehr Angaben zur Dauerhaftigkeit von Holztragwerken, Bauteilen und Verbindungsmitteln auf als die EN 1995-1-1:2004/2008. Dies ist höchst begrüssenswert, den der Aspekt Dauerhaftigkeit von Tragwerken hat im Zuge der Diskussionen zur Kreislaufwirtschaft und zu Lebenszyklus-Analysen (LCA) massiv an Bedeutung gewonnen, insbesondere wenn es um den Vergleich der verschiedenen Bauweisen (Massivbau, Stahlbau, Holzbau) im Zusammenhang mit der zu erreichenden Nutzungsdauer geht.

Grenzzustände der Tragfähigkeit

Im Vergleich zur EN 1995-1-1:2004+A1:2008 enthält die FprEN 1995-1-1 Nachweise für mehr Einwirkungskombinationen. Die aufgeführten Nachweise umfassen: i) Zug parallel, ii) rechtwinklig und iii) unter einem Winkel zur Faserrichtung (für Holzprodukte und Holzwerkstoffe mit Querlagen); iv) Druck parallel, v) rechtwinklig und vi) unter einem Winkel zur Faserrichtung, vii) Biegung; viii) Interaktion von Zug und Biegung, ix) Interaktion von Druck und Biegung, x) Schub, xi) Torsion oder Schub und Torsion kombiniert, xii) Schub und Druck rechtwinklig zur Faserrichtung und xiii) Schub und Zug rechtwinklig zur Faserrichtung.

Die Nachweise für **Druck rechtwinklig zur Faserrichtung** wurden vollständig überarbeitet und umfassen jetzt mehr Baustoffe, mehr Belastungskonfigurationen, Verstärkungen und die Berechnung von Verformungen. Bei verschiedenen Bauteilen aus Nadelholz darf jetzt der Tragwiderstand bei

Druck rechtwinklig zur Faserrichtung erhöht werden, wenn eine Verstärkung mit Schrauben mit durchgehendem Gewinde, Stahlstangen mit Holzschraubengewinde oder mit eingeklebten Stahlstangen angeordnet wird.

Der **Schubnachweis** in der EN 1995-1-1:2004 lautete $\tau_d \leq f_{v,d}$, wobei τ_d der Bemessungswert der Schubspannung und $f_{v,d}$ der Bemessungswert der Schubfestigkeit basierend auf dem charakteristischen 5%-Fraktilwert ist. Letzterer wurde mit Versuchen nach EN 408:2003 ermittelt. Die gemäss EN 408:2003 ermittelten Schubfestigkeitswerte basierten jedoch auf Versuchen an Probekörpern mit kleinen Abmessungen, welche nicht für Bauteile mit praxisgerechten Abmessungen gelten. Mit der Änderung des Eurocode 5 im Jahr 2008 (EN 1995-1-1:2004+A1:2008) wurde daher ein Korrekturfaktor k_{cr} eingeführt, um den negativen Einfluss von "Rissen" auf den Schubtragwiderstand zu berücksichtigen. Da es sich um einen national festgelegten Parameter handelte, konnten die Länder ihre eigenen Werte für k_{cr} festlegen, was zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen bei den Nachweisen führte. Der überarbeitete Schubnachweis in der FprEN 1995-1-1 lautet $\tau_d \leq k_v \cdot f_{v,d}$. Dabei ist k_v der Anpassungsfaktor für die Schubfestigkeit. Der Anpassungsfaktor k_v wird durch Multiplikation von drei Faktoren berechnet, die den Bemessungswert der Schubfestigkeit beeinflussen: i) ein Faktor $k_{h,v}$, der die Grösseneffekte berücksichtigt; ii) ein Faktor k_{var} , der die Auswirkungen der Umgebungsbedingungen im Bauwerk, insbesondere die Einwirkung hoher Feuchtigkeitsschwankungen, berücksichtigt und; iii) ein Verhältnis $f_{v,ref,k}/f_{v,k}$, welches zu hohe, nicht repräsentative Werte der Schubfestigkeit aus technischen Produktspezifikationen korrigiert, die z.B. aus Versuchen nach der Prüfnorm EN 408 stammen.

Bezüglich der gleichzeitigen Wirkung von **Schub- und Druckspannungen rechtwinklig zur Faserrichtung** sieht die FprEN 1995-1-1 die Möglichkeit vor, die Schubfestigkeit um bis zu 25% zu erhöhen. Die gleichzeitige Einwirkung von Schub- und Zugspannungen rechtwinklig zur Faserrichtung führt, wie in den früheren Ausgaben der Norm, zu einer Reduktion der Schubfestigkeit.

Nach einigen kontroversen Diskussionen wurde der Nachweis der **Stabilität von Bauteilen** nach dem so genannten k_c - k_m Verfahren in der FprEN 1995-1-1:2024 aus der Vorgängernorm übernommen. Diese Verfahren berücksichtigen implizit die geometrischen nichtlinearen Biegemomente durch die Faktoren k_c (mit Einfluss auf die Druckspannungen) und / oder k_m (mit Einfluss auf die Biegespannungen bezüglich der Hauptachse). Es handelt sich um ein bewährtes Verfahren, welches auch in der Norm SIA 265:2021 enthalten ist. Was sich gegenüber der EN 1995-1-1:2004+A1:2008 geändert hat, ist, dass der Imperfektionsbeiwert β nicht mehr als konstant angenommen, sondern berechnet wird. Der Beiwert β beschreibt die Steigung der Knickkurve nach der Schlankheitsgrenze, ab welcher Knicken auftreten kann. Es können jedoch konservative Werte für β festgelegt werden, die diese Berechnung umgehen. Die Spannungen zweiter Ordnung können auch durch numerische, Berechnungs- oder analytische Verfahren bestimmt werden. Ein allgemeineres analytisches Verfahren für verschiedene Belastungskonfigurationen, Auflagerbedingungen und veränderliche Querschnitte ist im Anhang B der FprEN 1995-1-1:2024 enthalten.

Bauteile mit besonderer Geometrie sind Bauteile mit variierenden Querschnitten, gekrümmte Bauteile, Satteldachträger und Bauteile mit Durchbrüchen. Die Nachweise für einige dieser Bauteile waren bereits in der EN 1995-1-1:2004+A1:2008 enthalten, aber die FprEN 1995-1-1:2024 erweitert den Anwendungsbereich in zwei Hauptaspekten: i) sie enthält jetzt umfassende Anleitungen für Bauteile mit rechteckigen, kreisförmigen und exzentrischen Durchbrüchen; und ii) empfiehlt dringend die Verstärkung dieser Bauteile und gibt direkte Anleitungen für den Nachweis der Verstärkung gegen spröde Versagensmodi in all diesen Bauteilen. Die folgenden innenliegenden, stiftförmigen Verstärkungen und Flächen-Verstärkung dürfen angewendet werden: i) Schrauben mit durchgehendem Gewinde; ii) Stangen mit Holzschraubengewinde; iii) eingeklebte Gewinde- oder Rippenstahlstangen; iv) aufgeklebte Sperrholz-(PW) oder Massivholzplatten (SWP); v) aufgeklebte Furnierschichtholzplatten (LVL); vi) aufgeklebte Lamellen aus Bauholz für tragende Zwecke (ST) oder Sperrholz (ST)

oder Furnierschichtholz (LVL); und vii) aufgedruckte, gestanzte Nagelplatten aus Metall. Einige dieser Verstärkungsarten sind auch in der Norm SIA 265:2012 (Anhang D) bzw. in der Norm SIA 265:2021 (Anhang E) enthalten.

Wenn ein Bauteil oder eine Komponente aus mehreren Bauteilen oder Komponenten besteht, die untereinander zu einem verformungsausgleichenden System verbunden sind, darf der Tragwiderstand, wie bereits in der EN 1995-1-1:2004+A1:2008, mit einem **Systemfaktor** k_{sys} erhöht werden. In der FprEN 1995-1-1:2024 wird die Anwendung dieses Faktors detaillierter und für mehr Anwendungen definiert, z. B. für blockverklebtes Brettschichtholz.

Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Die Ziffer 9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit der FprEN 1995-1-1:2024 ist in drei Unterziffern unterteilt: i) Verformungen; ii) Schwingungen; und iii) Druckverformung rechtwinklig zur Faserrichtung. Die Nachweise der Verformungen und Schwingungen wurden gegenüber der EN 1995-1-1:2004+A1:2008 erheblich geändert. Der Nachweis von Druckverformungen rechtwinklig zur Faserrichtung ist neu und steht im Zusammenhang mit dem oben beschriebenen Nachweis von Druckspannungen rechtwinklig zur Faserrichtung.

Die Nachweise von **Verformungen** wurden geändert, damit sie der neuesten Version der EN 1990:2023 *Eurocode 0* entsprechen. Die verbleibende Gesamtverformung w_{max} unter Berücksichtigung der Überhöhung w_0 sollte wie folgt berechnet werden: $w_{max} = w_{tot} - w_0 = w_1 + w_2 + w_3 - w_0$. Dabei ist w_{tot} die Gesamtverformung, w_0 die Überhöhung des unbelasteten tragenden Bauteils, w_1 die anfängliche elastische Verformung aufgrund der massgebenden Kombination der ständigen Einwirkungen und des quasi-ständigen Anteils der variablen Einwirkungen, w_2 der Langzeit-Kriechanteil der Verformung aufgrund der massgebenden Kombination der ständigen Einwirkungen und des quasi-ständigen Anteils der variablen Einwirkungen, und w_3 die sofortige elastische Verformung infolge der variablen Einwirkungen, ohne deren quasi-ständigen Anteil. Gemäss EN 1990:2023 müssen Verformungen unter Verwendung der charakteristischen, häufigen oder quasi-ständigen Kombination der Einwirkungen nachgewiesen werden. Irreversible Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit werden im Allgemeinen anhand der charakteristischen Kombination der Einwirkungen berechnet. Reversible Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit werden im Allgemeinen mit der häufigen Kombination der Einwirkungen berechnet. Langfristige Auswirkungen und das Aussehen des Tragwerks werden im Allgemeinen mit der quasi-ständigen Kombination der Einwirkungen berechnet. Die w_i -Komponenten der Verformung werden unter Verwendung einer entsprechenden Steifigkeit und Lastkombinationen berechnet, die nun in der FprEN 1995-1-1:2024 vorgegeben sind.

Bezüglich der Nachweise von **Schwingungen** definiert die FprEN 1995-1-1:2024 eine Klassierung der Decken anhand von vier Kriterien: i) Steifigkeit; ii) Eigenfrequenz; iii) Geschwindigkeit und; iv) Beschleunigung der Schwingung. Das Beschleunigungskriterium ist nur dann zu berücksichtigen, wenn die Eigenfrequenz der Decke niedrig ist und sich der Frequenz der Oberschwingungen der Schrittfrequenz nähert ("*resonance build up*" ist dann wahrscheinlich). Die FprEN 1995-1-1:2024 enthält Formeln zur Berechnung dieser Parameter (und anderer benötigter Zwischenparameter, wie modale Masse und Dämpfung) für Ein- und Zweifeld-Decken. Die Norm sieht auch ein zusätzliches, fortgeschrittenes Verfahren (in Anhang E) vor, das auf modalen Eigenschaften basiert, die aus einer numerischen Tragwerksanalyse ermittelt werden. Um die sehr unterschiedlichen Bauweisen und die Akzeptanz der Bewohner und Nutzer bezüglich Schwingungen abzudecken, wurden acht Leistungsstufen für Decken definiert. Angesichts der in der Schweiz üblichen Deckentypen, nämlich Holz-Beton-Verbunddecken, und der hohen Erwartungen der Bewohner und Nutzer an den Komfort werden hierzulande die meisten Decken in die besten Leistungsstufen fallen.

Zusätzlich zu den vorgestellten Tragwiderstandsnachweisen für Querdruck enthält die FprEN 1995-1-1:2024 auch eine Methode zur Ermittlung der **Verformungen in Bauteilen unter Querdruckbeanspruchung**. Dieser Nachweis ist besonders wichtig in Fällen, in denen Verformungen rechtwinklig zur Faserrichtung andere Stellen des Tragwerks beeinträchtigen oder Schäden an

anderen Bauteilen verursachen könnten. In jedem Fall sollten Entwürfe, die auf einer zu optimistischen Einschätzung des Tragwiderstands bei Querdruck beruhen, vermieden werden, da das Holz empfindlich auf solche Beanspruchungen reagiert und die entsprechenden Verformungen sehr gross und irreversibel sein können.

Ermüdung

Die Angaben zu Ermüdungsnachweisen wurden aus dem Brückenteil des Eurocode 5 (EN 1995-2) in den Hauptteil (FprEN 1995-1-1) verschoben und aktualisiert.

Scheiben

Die Bemessungs- und Konstruktionsregeln für Wand-, Decken- und Dachscheiben wurden aktualisiert und erweitert. Der frühere national festzulegende Parameter NDP (Wahl der Bemessungsmethode A bzw. B für Wandscheiben) wurde entfernt. Im Hauptteil der FprEN 1995-1-1 werden nur noch die vollständige verankerten Wandscheiben thematisiert. Regeln für nicht oder nur teilweise verankerte Wände, wie sie z.B. in Irland, Grossbritannien, Belgien und in einigen nordischen Ländern verwendet werden, wo die Anzahl der Geschosse klein und die Erdbebengefährdung gering sind, sind nun in einem informativen Anhang zu finden.

Neue Regeln für die Bemessung und Ausführung von Foundationen mit Holzpfählen

Auf Bestreben der Niederlande und des CEN/TC 250/SC 7 (Eurocode 7, Geotechnical design) hin, sind in der FprEN 1995-1-1 nun auch Bemessungsregeln für Fundationspfähle und Anforderungen an das entsprechende Rohmaterial (Stämme) zu finden. Einige wichtige Regeln zur Ausführung von Foundationen mit Holzpfählen sind in der FprEN 1995-3 spezifiziert.

4 EN 1995-1-2 Bemessung von Holzbauten für den Brandfall

Mit der Überarbeitung der EN 1995-1-2 konnten die produkttechnologischen Entwicklungen der letzten 20 Jahre nun auch in der Brandschutzbemessung im Holzbau berücksichtigt werden. Gleichzeitig wurde dabei den aktuellen nationalen Brandschutzanforderungen innerhalb Europas und ingenieurtechnischen Bedürfnissen im Hinblick auf das mehrgeschossige Bauen mit Holz bis und über die Hochhausgrenze hinaus Rechnung getragen. So wurden die Bemessungsverfahren für Verbindungen als auch für brandabschnittsbildende Holzbauteile, die bisher auf 60 Minuten Feuerwiderstand ausgelegt sind, zukünftig auf eine Anwendung für bis zu 120 Minuten Feuerwiderstand angepasst und erweitert. In diesem Gesamtkontext wurden neue Bemessungsregeln für Brettsperrholz, Holz-Beton-Verbundelemente und Holz-Stegträger eingeführt, 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. Zudem wurden im informativen Anhang A auf Basis zahlreicher Forschungsaktivitäten der letzten Jahre weiterführende Ansätze zur Naturbrandbemessung von Holzbauteilen bereitgestellt.

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 verschiedener Parameter auf das Abbrandverhalten abzubilden. Hierzu werden verklebte Holzprodukte unterschieden, deren „bond line integrity maintained“ und Holzprodukte deren „bond line integrity“ innerhalb der Brandeinwirkung als „not maintained“, jeweils für anfänglich geschützte sowie ungeschützte Bauteile. Falls ein Versagen der „bond line integrity“ eintritt, kann es zu einem Abfallen der verkohlenden und den Restquerschnitt schützenden Kohleschicht kommen, das zu einer erhöhten Abbrandrate führt. In diesem Fall wird das Stufenmodell anstelle des linearen Modells angewendet. Innerhalb der Brandeinwirkung werden somit verschiedene Phasen des Abbrandes unterschieden. Zur Bewertung

dieses Leistungsmerkmals der Verklebung wurde im normativen Anhang B der neuen EN 1995-1-2 ein entsprechendes Bewertungsverfahren zur Einstufung des Verhaltens aufgenommen.

Für anfänglich geschützte Bauteile erlaubt die zweite Generation der EN 1995-1-2 nun auch normativ die Berücksichtigung der erhöhten Schutzfunktion bezüglich des Abfallens von Bekleidungen für Gipskartonplatten Typ A, F und Gipsfaserplatten im Hinblick auf einen daraus resultierenden reduzierten Abbrand in der „protected charring phase“. Die Berechnung des Abfallens von Bekleidungen erfolgt mit einfachen Gleichungen in Abhängigkeit des Schichtaufbaues und der Dicke der eingesetzten Platten auf der Basis einer umfassenden Datenbank von Brandversuchen. Im Vergleich zum heutigen Ansatz, der normativ nur die Schutzwirkung für den Beginn des Abbrandes für einige Bekleidungsmaterialien liefert, wird so eine deutliche Optimierung der Bemessung möglich. Ein zugehöriges Bestimmungsverfahren für beide Schutzfunktionen liefert die EN 13381-7 und erlaubt den Erstellern, höhere Werte zu deklarieren.

Eine wesentliche Änderung in der Nachweisstruktur der neuen EN 1995-1-2 mit dem Kapitel 7 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 „Methode mit effektivem Querschnitt“). Hierdurch wird für alle üblichen Bauteile (lineare und flächige Holzbauteile inkl. Brettsperrholz, Holztafelkonstruktionen, I-Holzbalken, Holz-Beton-Verbundbauteile) 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. Die „Methode mit effektivem Querschnitt“ entspricht der in der Norm SIA 265 und in der Lignum-Dokumentation Brandschutz bekannten und angewendeten Bemessungsmethode mit dem ideellen Restquerschnitt. Eine 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, Kompensationsschicht), da hierbei 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. Für lineare Bauteile gilt z.B. $d_0 = 10$ mm für Biegung und / oder Zug und $d_0 = 14$ mm für Druck. 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.) auf den Abbrand der Holzrippen bzw. Holzständer. Dieses Leistungsmerkmal der Dämmstoffe „Protection Level, PL“ kann über den normativen Anhang D bestimmt werden. Für die Brandschutzbemessung der Holzrippen bzw. Holzständer werden für die Bestimmung des ideellen (effektiven) Restquerschnitts zugehörige d_0 Werte abhängig vom Protection-Level des Dämmstoffs bereitgestellt.

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 Holzkonstruktionen unter Normbrandbeanspruchung 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. Besonders im Fokus standen 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. 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 geringere 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.

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. Basis für diese Lösungen standen vielfach die Erfahrungen aus der Schweiz, Österreich, Deutschland und Frankreich.

Für die Bemessung von Holzbauwerken ausgehend von von zur Normbrandbeanspruchung abweichenden Bemessungsbränden wurden mit dem informativen 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.

Zur Bewertung des Leistungsmerkmals der Verklebung im Brandfall wurden im normativen Anhang B zwei Prüfverfahren eingeführt, mit denen die Flächenverklebung von Holzschichten bzw. die Keilzinkungen in den Flanschen von Stegträgern untersucht werden können. Für die Flächenverklebung ist bekannt, dass das Ablösen von verkohlenden Schichtteilen zu einer erhöhten Abbrandrate führt. Dieses Phänomen kann mit der Temperaturmessung zwischen den Schichten experimentell untersucht werden. Die Erfahrung mit Temperaturmessungen hat jedoch gezeigt, dass die Evaluation der Flächenverklebung über die Temperatur nur mit korrekt installierten Thermodrähten durchführbar ist, wobei die korrekte Installation der Thermodrähte häufig sehr aufwendig oder nicht möglich ist. Zudem ist es in der Vergangenheit häufig zu Fehlinterpretationen bei der Auswertung von Temperaturmessungen gekommen. Aus diesem Grund wurde der Massenverlust der Prüfelemente infolge des Brandes als einfache und alternative Möglichkeit entwickelt, um das Verhalten der Flächenverklebung im Brandfall zu beschreiben. Diese Methode wurde im Rahmen des Forschungsprojektes GLIF (Glue Line Integrity in Fire) weiter untersucht und geprüft. Aufgrund der beobachteten grossen Streuung der Ergebnisse in den verschiedenen Brandöfen, wurde entschieden, einen Referenzkörper gleichzeitig mit dem Versuchskörper zu testen und die gemessene mittlere Abbrandrate als Kriterium zu wählen. Das Kriterium „bond line integrity maintained“ ist erfüllt, wenn die gemessene mittlere Abbrandrate des Versuchskörpers nicht mehr als 5% höher liegt als die gemessene mittlere Abbrandrate des Referenzkörpers. Die genaue Bestimmung dieser mittleren Abbrandrate sowie die Mindestanzahl von erforderlichen Messpunkten muss dabei berücksichtigt werden.

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Im Rahmen dieses Projektes konnten sich die Schweizer Experten (Prof. Dr. A. Frangi, Dr. R. Steiger, Dr. P. Palma) in den Aktivitäten von CEN/TC 250/SC 5 stark engagieren, um die Philosophie der konsistenten, praxistauglichen SIA-Tragwerksnormen im Inhalt der 2nd Generation Eurocodes bis zur Schlussabstimmung zu verteidigen. Zwischen Anfang 2021 und Ende 2024 wurden die Dokumente prEN 1995-1-1, prEN 1995-1-2, prEN 1995-2 und prEN 1995-3 zuerst für die interne Vernehmlassung, danach für die CEN Public Enquiry (Vernehmlassung) und zum Schluss für die Formal Vote (Schlussabstimmung) erarbeitet. Anfang Oktober 2024 wurden alle Dokumente erfolgreich an das CEN/TC 250 für die Formal Vote eingereicht.

Die Praxistauglichkeit der Dokumente wurde auf Basis der im Rahmen der Umfragen eingegangenen Kommentare ständig verbessert und wird mehrheitlich positiv beurteilt. Die Dokumente wurden besser strukturiert, indem bestimmte Inhalte in normativen bzw. informativen Anhängen verschoben wurden. Zudem wurden alternative Methoden reduziert bzw. eliminiert. Vereinfachungen für die Praxis haben hohen Stellenwert und konnten in die Dokumente behalten bzw. neu eingeführt werden. Der Umfang der FprEN 1995-1-1 ist allerdings markant angestiegen (von bisher 123 auf total 433 Seiten, davon 269 Seiten als Hauptteil und 164 Seiten als Anhänge), vor allem auch, weil viele neue Themen behandelt werden. Die Auslagerung gewisser Inhalte in normativen und informativen Anhängen gewährleistet jedoch eine gute Übersichtlichkeit und Benutzerfreundlichkeit. Die FprEN 1995-1-1 wird betreffend Zielerreichung im Projekt EC2G mehrheitlich positiv beurteilt. Durch Aufnahme zusätzlicher Bemessungsregeln für Brettsperrholz (CLT, Cross-Laminated Timber), Verbindungen, Verstärkungen und Holz-Beton-Verbund werden Regeln in ETAs unnötig. Divergenzen im Entwurf der prEN 1995-1-1 zu national angewandten Bemessungsregeln (Stabilitätsnachweise von Druckstäben, Biegeträgern, Tragwerksanalyse sowie Aussteifungsverbände) konnten weitgehend beseitigt werden. Es konnten weitere Verbesserungen und Vereinfachungen mit Fokus auf Benutzerfreundlichkeit und Verständlichkeit vorgenommen werden. Schweizer Anliegen zur Bemessungsphilosophie wurden, was die Bemessung von modernen Verbindungen betrifft, berücksichtigt. Die FprEN 1995-1-2 und die FprEN 1995-2 werden ebenfalls positiv beurteilt. Die Struktur der Normen wurde optimiert und neues Wissen eingeführt. Die Bemessungsgrundlagen der FprEN 1995-1-2 decken alle wichtigen Holzbauteile und Verbindungen und sind übersichtlich und konsistent. Zudem wurden im Kapitel 6 tabellierte Werte für Brettsperrholz eingeführt, so dass die Bemessung stark erleichtert wird. Die FprEN 1995-1-2 konvergiert mit der Norm SIA 265 und den Lignum-Brandschutz Dokumenten. Die FprEN 1995-3 zur Ausführung von Holzbauten wurde von der Schweiz kritisch beurteilt und kommentiert, da die Schweiz über eine hohe Qualitätssicherung und Professionalität verfügt und grundsätzlich die Verantwortung für eine korrekte Ausführung beim Unternehmer liegt. Und diese Verantwortung ist anders geregelt. Ein Beispiel: Witterungsschutz für Holzbau ist wichtig. Mit der Einführung mehrerer NDP erhalten die Länder nun die Möglichkeit, landesspezifische Eigenheiten für die Ausführung von Holzbauten beizubehalten. Somit sollte die FprEN 1995-3 auch in der Schweiz umsetzbar sein. Die Experten beurteilen den Stand der heutigen Dokumente als grösstenteils positiv.

Die zweite Generation des Eurocode 5 schliesst die Lücken der aktuellen Eurocode 5-Fassung und ermöglicht vor allem neue Anwendungsbereiche und damit eine sichere und wirtschaftliche Bemessung von Holztragwerken. Klar wahrzunehmen ist ebenso, dass durch die notwendige Berücksichtigung neuer Produkte und die Erweiterung bekannter Bemessungsansätze der Umfang der Norm gross geworden ist. Trotzdem lag ein zentraler Fokus darauf, durch Neustrukturierung, Homogenisierungen und vereinfachte Regelungen die Anwenderfreundlichkeit beizubehalten und sogar zu erhöhen. Dennoch wird ähnlich wie bei der Einführung der ersten Generation des Eurocode 5 bzw. bei dessen Umsetzung in der Schweiz in Form der ersten Generation der modernen SIA-Tragwerksnormen (Swisscodes) ein zusätzlicher Lern- und Ausbildungsprozess notwendig sein.