

Überblick über das neue Kapitel zur Verbindungstechnik im Eurocode 5

Ulrich Hübner
Fachverband der Holzindustrie Österreichs
Wien, Österreich



Überblick über das neue Kapitel zur Verbindungstechnik im Eurocode 5

1. Einleitung

Die Verbindungen im Holzbau sind vielfältig und höchst relevant für die Tragwerkskosten. Die Bemessungsregeln nehmen in EN 1995-1-1 als auch im Entwurf prEN 1995-1-1 etwa ein Viertel der Seiten ein. Dieser Umfang als auch die Bedeutung birgt Chancen für eine wirtschaftliche Bemessung, aber auch Risiken durch zu hohe Komplexität.

Dieser Beitrag soll einerseits die neue Struktur des Kapitels Verbindungen erklären und auf wichtige Änderungen eingehen. Andererseits soll er zum Lesen des Entwurfs prEN 1995-1-1 [1] und zur aktiven Mitgestaltung anregen.

2. Rahmen für die Weiterentwicklung

2.1. Europäische Kommission und CEN TC250

Der «Auftrag zur Änderung der bestehenden Eurocodes und zur Erweiterung des Gegenstands tragwerkrelevanter Eurocodes» [2] erteilte die Europäische Kommission im Dezember 2012 an CEN mit dem Mandat M/515. Die Antwort auf das Mandat veröffentlichte CEN TC250 im May 2013 [3]. Darin wird für CEN TC250 SC5 *Eurocode 5 – Design of timber structures* die Aufgabe 5 (SC5.T5 Sub-committee 5 Task 5) für Verbindungen wie folgt untergliedert:

- Reduktion der Anzahl nationaler Wahlmöglichkeiten,
- Erhöhte Benutzerfreundlichkeit durch verbesserte Klarheit, einfachere Navigation und die Vermeidung praktisch wenig oder nur beschränkt anwendbarer Regeln,
- Bemessungsregeln für eingeklebte Gewindestangen,
- Vermeidung von Ergebnissprüngen in Bemessungsregeln,
- Erweiterung der Regeln für spröde Versagensmechanismen,
- Bemessungsregeln für moderne zimmermannsmäßige Verbindungen,
- Überarbeitung der Rand- und Zwischenabstände von Verbindungsmitteln und
- Überarbeitung der Johanssen-Gleichungen und Verbesserung der Regeln für mehrschnittige Verbindungen.

2.2. COST Action FP 1402 Basis of Structural Timber Design – from research to standards

Von November 2014 bis November 2018 trafen sich überwiegend Europäische Holzbauexperten um «die Lücke zwischen den allgemein verfügbaren wissenschaftlichen Ergebnissen und den spezifischen Informationen, die von Konstrukteuren, der Industrie, Behörden und Normenausschüssen benötigt werden, zu schließen und einen Transfer für die praktische Anwendung bei der Holzkonstruktion und Innovation zu schaffen» [4]. Die Leitung und Organisation hatten Jochen Köhler and Philipp Dietsch übernommen. Die Arbeitsgruppe 3 wurde von Jørgen Munch-Andersen und Carmen Sandhaas geleitet und befasste sich in sieben Workshops und zwei weiteren Treffen mit Verbindungen. Die umfangreichen Veröffentlichungen der COST Action FP 1402 sind unter [5] abrufbar.

Für die Evaluierung des Eurocodes 5 wurde ein Online-Fragebogen erarbeitet und die 412 Antworten aus 28 europäischen und 5 nicht-europäischen Ländern ausgewertet [6]. Etwa zwei Drittel der Antwortenden hatten mehr als 10 Jahre Berufserfahrung und 9 von 10 mehr als drei Jahre Erfahrung in der Bemessung von Holzkonstruktionen. Die Hälfte arbeitete in Planungsbüros, je ein Sechstel bei Herstellern und Baufirmen. Das Kapitel Verbindungen war jeweils Spitzenreiter bei Unvollständigkeit, Unkorrektheit, Aufwand bei der Bemessung und unökonomischen Lösungen. Bei den Problemen wurde die schwierige Navigation (67 %), verwirrende Aussagen (48 %), fehlende Informationen (35 %),

schlechte Darstellung des technischen Inhaltes (39 %) und die Abhängigkeit von anderen Normen (25 %) von den meisten Holzbauexperten genannt. 80 % fanden, dass eingeklebte Gewindestangen, zimmermannsmäßige Verbindungen, Verstärkungen, moderne Holzschrauben großen Durchmessers und auf Druck beanspruchte Schrauben fehlen. Mangelhaft sei auch die unzureichende Abdeckung von Holzwerkstoffen. 55 % fanden, dass die Rand- und Verbindungsmittelabstände unverständlich seien. Weitere Lücken bzw. Schwachstellen seien:

- Regeln für momentbeanspruchte Verbindungen,
- effektive Anzahl der Verbindungsmittel,
- Verbindungsverschiebung,
- Kombination lateraler Beanspruchung und Zugbeanspruchung,
- Sprödbuchnachweise und
- Bemessung für duktile Verbindungen.

Im aktuellen Eurocode erfolgt die Gliederung nach Verbindungsmitteln. Alle Antworten auf den Fragebogen bestätigten, dass jeweils an einem Ort die Gleichungen für die Fließmomente, Lochleibungsfestigkeit, Johanssen-Gleichungen, Seileffekt und Verbindungsmittelabstände etc. stehen sollten.

In der WG3 der COST Action FP 1402 gingen die Ergebnisse der Befragung in die Diskussion einer neuen Struktur des Kapitels für Verbindungen ein. Das Ziel war eine Gliederung, welcher vom Beginn bis zum Ende der Bemessung einer Verbindung gefolgt werden kann [7].

2.3. CEN TC250 SC5 WG5 Connections and fasteners

Im Oktober 2014 wurde Jørgen Munch-Andersen zum Vorsitzenden der Arbeitsgruppe 5 ernannt und bis Jänner 2021 fanden 14 WG5-Treffen zur Diskussion des Kapitels Verbindungen statt. Ab Februar 2021 übernahm Ulrich Hübner und in 23 Videokonferenzen und einem hybriden Treffen wurde der Entwurf bis Ende September 2022 weiter verbessert. In der ersten Jahreshälfte 2022 wurden die 850 Kommentare aus dem Informal Enquiry 12/2021 beantwortet und die 120 Seiten von Kapitel 11 mit den zugehörigen Anhängen überarbeitet. Im Schnitt kamen 14 nationale Delegierte zu den Sitzungen und allein die Sitzungszeit summiert sich seit 2015 auf 200 Stunden.

2.4. Project Team SC5.PT5

Die Aufgabe der Projekt-Teams war die Verdichtung der Diskussionen und Entscheidungen der zugehörigen Arbeitsgruppe(n) zu einem Normentext mit Hintergrunddokument. Von Nederlandse Norm (NEN) wurden jeweils 5 Experten beauftragt, wobei zusätzlich oftmals Experten mitarbeiteten, die Spezialgebiete abdeckten.

Bereits in der Antwort von CEN TC250 auf das Mandat M/515 [3] wurden die Aufgaben des Project Teams SC5.PT5 weitgehend definiert (siehe Aufzählung in 2.1). Einzig die Erstellung eines kompletten Bemessungskonzepts für Ermüdung kam hinzu. Dem Project Team gehörten Ad Leijten als Vorsitzender, Frank Brühl, José Manuel Cabrero (ab 01/2021), Ulrich Hübner, Robert Jockwer und Keerthi Ranasinghe (bis 12/2020) an. Wesentliche Beiträge haben Jørgen Munch-Andersen zur Struktur des Kapitels und zu den Johanssen-Gleichungen, João Negrão und Maurizio Piazza zu den zimmermannsmäßigen Verbindungen und Julian Marcroft zu den Nagelplattenverbindungen geleistet. Die Vertragslaufzeit des SC5.PT5 begann 01/2018 und endete 12/2021. Zum zweiten Entwurf (04/2019) gingen 1169 und zum dritten Entwurf (04/2020) 791 Kommentare ein, welche bis 11/2020 bzw. 03/2021 beantwortet und eingearbeitet wurden. Für den Schlussentwurf, das Background-Dokument und die Beantwortung der Kommentare wurden etwa 4600 Stunden geleistet.

3. Neue Gliederung

3.1. Entwurf prEN 1995-1-1

Der Vergleich der alten Gliederung nach ÖNORM B 1995-1-1 zur neuen in Tabelle 1 zeigt, dass das bisherige Kapitel 1 *Allgemeines* auf drei Kapitel aufgeteilt wurde, um mit aktuellen europäischen Normen gleichzuziehen.

Neu sind die Kapitel 10 Ermüdung, 13 Ebene Elements mit Scheibenbeanspruchung und 14 Gründung mit Holzpfehlen.

Tabelle 1: Vergleich der Gliederungen in ÖNORM EN 1995-1-1 und Entwurf prEN 1995-1-1

ÖNORM B 1995-1-1	prEN 1995-1-1
1 General	1 Scope
1.1 Scope	2 Normative References
1.2 Normative References	3 Terms, definitions and symbols
1.3 Assumptions	
1.4 Distinction between Principles and Application Rules	
1.5 Terms and definitions	
1.6 Symbols used in EN 1995-1-1	
2 Basis of design	4 Basis of design
3 Material properties	5 Materials
4 Durability	6 Durability
5 Basis of structural analysis	7 Structural analyses
6 Ultimate limit states	8 Ultimate limit state
7 Serviceability limit states	9 Serviceability limit state
	10 Fatigue
8 Connections with metal fasteners	11 Connections
9 Components and assemblies	12 Members
	13 Planar elements resisting diaphragm action
	14 Foundations with timber piles
10 Structural detailing and control	
Annex	
A (i) Block shear and plug shear failure (-> 11.5 und 11.6)	A (i) Additional guidance for increasing the robustness of timber structures
B (i) Mechanically jointed beams (-> I)	D (i) Stability and bracing of members and structural systems
C (i) Built-up columns (-> J)	F (i) Buckling of beam columns – non-linear method
E (n) Zimmermannsmäßige Verbindungen (-> 11.9)	G (n) Addition design provisions for cross laminated timber (CLT)
F (n) Durchbrüche bei Biegeträgern	I (i) Mechanically jointed beams
G (n) Verstärkungen für Querschlüsse und Ausklinkungen sowie querzuggefährdete Bereiche bei Biegeträgern (-> 8.3.3.2, 8.3.4.2, 8.3.5.2, 11.3.5, 11.6.2)	J (i) Built-up columns
H (n) Gips- und Gipsfaserplatten	K (i) A general method for vibration analysis of floors
I (n) Verbindungen mit eingeklebten Stahlstäben (-> 11.8)	M (n) Material and product properties for the design with EN 1995-1-1
J (n) Klebefugen bei Verstärkungen und eingeklebten Stahlstäben (-> prEN 1995-3)	N (i) Classes and determination of some material properties
K (n) Brettsperrholz (-> G)	P (n) Connections with punched metal plate fasteners (PMPF)
L (n) Ausführung (-> prEN 1995-3)	Q (i) Design of three-dimensional connectors
	R (i) Connections with expanded tube fasteners
	S (n) Connections with interlayers
	U (n) Laminated timber decks
	V (i) Numerical analysis for unidirectional timber elements
	W (n) Foundations with timber piles
	X (i) Requirements on logs and pile extensions used as foundation piles
	Y (i) Lateral displacement of multi storey timber shear walls for monolithic and segmented shear walls
	Z (i) Framed walls with combined anchorage
(n) normativ (i) informativ	Die blauen Teile sind relevant für Verbindungen.

3.2. Materialien

Die in prEN 1995-1-1 (11.9.2022) verwendeten Materialien werden in Table 3.1 – *Products and materials* gelistet, gruppiert, abgekürzt und die Europäischen Produktspezifikationen (hEN und EAD) zugeordnet. Die Furnierschichthölzer, Massivholzplatten, Brettsper Holz als auch Gips- und Gipsfaserplatten wurden aufgenommen. Die Tabelle 3.2 gibt in ähnlicher Weise den Verbindungsmittel-Überblick. Der Anhang M definiert die für die Bemessung notwendigen Eigenschaften für Materialien und Verbindungsmittel und stellt somit die Schnittstelle zu den europäischen Produktspezifikationen in hEN und ETAs dar.

3.3. Korrosion

Angaben zur Dauerhaftigkeit stehen in EN 1995-1-1 im Kapitel 4. Sowohl die Dauerhaftigkeit des Holzes gegen Schädlingsbefall als auch die der Verbindungsmittel gegen Korrosion werden in prEN 1995-1-1 in Kapitel 6 genauer geregelt. Die notwendige Zinkschichtdicke bzw. minimale Korrosionswiderstandsklasse bei Edelstahl hängt von der atmosphärische Beanspruchungskategorie und der Beanspruchungskategorie des Verbindungsmittels im Holz ab. Für diese Zuordnungen war auch die Ergänzung einer mittleren maximalen Holzfeuchte übers Jahr in den Nutzungsklassen für vollholzbasierte Produkte notwendig. Die Angaben in prEN 1995-1-1 wurden von der Untergruppe *Corrosion* unter Leitung von Klaas Gümmer mit Experten aus CEN TC124 WG4 *Connectors*, CEN TC250 SC5 WG5 *Connections and fasteners* und weiteren Korrosionsexperten erarbeitet. Die prEN 1995-1-1 ermöglicht nun eine praxistaugliche Abschätzung der Beanspruchung und Zuordnung des erforderlichen Korrosionswiderstands.

3.4. Kapitel Verbindungen

Die Inhalte der österreichischen verbindungsrelevanten Anhänge gehen komplett in prEN 1995-1-1 bzw. in den Entwurf der Ausführungsnorm über (siehe Tabelle 1).

prEN 1995-1-1 hat aber auch komplett neue Inhalte zu Verbindungen: Schrauben und Gewindestangen mit Holzschraubengewinde unter Axialdruck, detailliertere Bemessung von Nagelplatten, Verbindungen mit 3D-Verbindern, mit expandierten Stahlrohren und mit Zwischenschichten. So wurden einerseits nationale Anhänge europäisiert als auch die Bemessungsmöglichkeiten in prEN 1995-1-1 systematisiert und erweitert.

11	Connections	162
11.1	General	162
11.1.1	Introduction	162
11.1.2	General requirements	162
11.2	Resistance of a dowel-type fastener	163
11.2.1	General	163
11.2.2	Axial resistance of a fastener	166
11.2.3	Lateral resistance of a fastener per shear plane	172
11.3	Connection design with dowel-type fasteners	182
11.3.1	General	182
11.3.2	Axial design capacity	182
11.3.3	Lateral design capacity	182
11.3.4	The effective number of dowel-type fasteners	183
11.3.5	Reinforced connections with laterally loaded fasteners	185
11.3.6	Interaction of axial and lateral loads	186
11.3.7	Slip modulus	187
11.3.8	Additional design considerations for dowel-type fastener connections	190
11.3.9	Minimum thickness of members	194
11.3.10	Pre-drilling requirements for dowel-type fasteners	194
11.3.11	Dowel-type fasteners in end grain	195

Abbildung 1: Gliederung des Kapitels 11 bis 11.3

Die Gliederung des Kapitels 11 Verbindungen in prEN 1995-1-1 (siehe Abbildungen 1 bis 4). resultiert aus den Ergebnissen der COST Action WG3, den Diskussionen im Project Team SC5.PT5, der Arbeitsgruppe CEN TC250 SC5 WG5 und im Drafting Panel (Philipp Dietsch, Andrea Frangi, Ulrich Hübner, Laurent Le Magorou, Julien Marcraft, René Steiger, Tomi Toratti, Tobias Wiegand, Stefan Winter). Das Drafting Panel hat den Entwurf Korrekturgelesen, redaktionelle Änderungen vorgenommen und technische vorgeschlagen.

Der Abschnitt 11.1 *Allgemeines* gliedert sich in 11.1.1 mit einer Liste von Verweisen auf Abschnitte für verschiedene Verbindungsmittel bzw. Verbindungen und 11.1.2 für die allgemeinen Anforderungen (siehe Abbildung 1). Unter 11.2 *Tragwiderstand eines stiftförmigen Verbindungsmittels* werden in 11.2.1 die Bemessungsschritte für ein einzelnes Verbindungsmittel gelistet und die Bezeichnungen bei Verbindungsmitteln und Verbindungen beschrieben. Die folgenden Abschnitte 11.2.2 *Axialer Tragwiderstand* und 11.2.3 *Lateraler Tragwiderstand pro Scherfuge* enthalten die Bemessung eines Verbindungsmittels. Im Abschnitt 11.3 *Bemessung der Verbindung mit stiftförmigen Verbindungsmitteln* wird der axiale (11.3.2) und laterale Tragwiderstand (11.3.3), das Zusammenwirken mehrerer Verbindungsmittel (11.3.4) die Verstärkung lateral beanspruchter Verbindungsmittel (11.3.5) sowie die Interaktion lateral/axial (11.3.6) geregelt.

Die lateralen, axialen und kombinierten Verschiebungsmoduln werden in prEN 1995-1-1 in Abschnitt 11.3.7 definiert. Damit wurden diese vom Kapitel 7 (Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit) ins Verbindungskapitel verschoben. Die axialen und kombinierten Verschiebungsmoduln werden erstmals normativ geregelt.

In 11.3.8 wurden zusätzliche Vorgaben für Verbindungen beschrieben:

- Minimale Anzahl der Verbindungsmittel in einer Verbindung
- Übergreifungslänge von Schrauben und Nägeln
- Wechselbeanspruchung in Verbindungen
- Durch Prüfungen bestimmte Festigkeitseigenschaften
- Schrägvernaagelung
- Ausmittigkeiten

11.3.9 regelt die Minstdicken von Bauteilen, gefolgt von Angaben zum Vorbohren in 11.3.10 und 11.3.11 *Stiftförmigen Verbindungsmitteln im Hirnholz*.

11.4 Spacing, edge and end distances	195
11.4.1 General	195
11.4.2 Recommended minimum spacing, edge and end distances for laterally loaded fasteners	196
11.4.3 Spacing of staggered laterally loaded dowel-type fasteners	199
11.4.4 Recommended spacing and edge and end distances for axially loaded and inclined fasteners	201
11.4.5 Recommended maximum spacing, edge and end distances for laterally loaded staples, nails and screws	203

Abbildung 2: Gliederung des Abschnitts 11.4

11.5 Brittle failure modes of connections with dowel-type fasteners loaded parallel to grain	204
11.5.1 General	204
11.5.2 Simplification	205
11.5.3 Design brittle resistance of the connection	206
11.5.4 Design resistance of a timber member	207
11.5.5 Row shear failure	207
11.5.6 Block shear failure	207
11.5.7 Plug shear failure	208
11.5.8 Net tensile failure	209
11.5.9 Design capacities of the individual failure plane	209
11.5.10 Effective thickness of the failure planes	210
11.6 Brittle failure of connections loaded perpendicular to grain	213
11.6.1 General	213
11.6.2 Reinforced connections	215

Abbildung 3: Gliederung der Abschnitte 11.5 bis 11.6

Wie in der Antwort auf Mandat/515 von CEN TC250 und für SC5.PT5 vorgesehen, wurden die Nachweise für spröde Versagensmechanismen für parallel zur Faserrichtung beanspruchte Verbindungen ausgebaut und normativ geregelt (siehe Abbildung 3). Die bereits vorhandenen Regelungen für quer zur Faserrichtung beanspruchte Verbindungen wurden überarbeitet.

Die Abschnitte zu den Verstärkungen wurden jeweils so nah wie möglich bei den Regeln für die unverstärkten Verbindungen eingefügt.

Die bereits in EN 1995-1-1 vorhandenen Regelungen für Dübel besonderer Bauart (siehe Abb. 4) wurden übernommen und mit den Fehlflächen und den Regelungen für die Hirnholzanschlüsse aus dem deutschen bzw. österreichischen nationalen Anhang komplettiert.

11.7	Shear connectors	217
11.7.1	General	217
11.7.2	Split-ring and shear plate connectors	217
11.7.3	Toothed plate connectors	219
11.7.4	Split-ring and shear plate connectors in end grain	221
11.7.5	Punched metal plate fasteners	224
11.7.6	Expanded tube fasteners	224
11.8	Bonded-in rods	224
11.8.1	General	224
11.8.2	Effects of moisture content changes	226
11.8.3	Material requirements	226
11.8.4	Geometric requirements for bonded-in rods	227
11.8.5	Axial resistance	227
11.8.6	Lateral resistance	230
11.8.7	Spacing, edge and end distances	231
11.9	Carpentry connections	233
11.9.1	Single and double step connections	233
11.9.2	Mortise and tenon	237
11.9.3	Dovetail connection	239

Abbildung 4: Gliederung der Abschnitte 11.7 bis 11.9

Auf die eingekleben Gewindestangen nach 11.8 wird Robert Jockwer im nachfolgenden Tagungsbeitrag eingehen.

Bei 11.9 *Zimmermannsmäßigen Verbindungen* galt es einen Kompromiss zwischen den verschiedenen Traditionen in den einzelnen Ländern zu finden (siehe auch [8]) und die relevantesten Verbindungen auszuwählen. João Negrão und Maurizio Piazza waren federführend. Aufgenommen wurden Stirn- und Fersenversatz sowie doppelter Versatz, Schwalbenschwanz- und Zapfenverbindungen, nicht jedoch der Treppenversatz [9].

3.5. Kennwerte für die Bemessung von Verbindungsmitteln (Anhang M.6)

Der Anhang M.6 tabelliert für Scherverbinder, Verbinder, Nagelplatten und stiftförmige Verbindungsmittel die für die Bemessung erforderlichen Kennwerte. Der Anhang stellt somit eine Schnittstelle zu den harmonisierten europäischen technischen Spezifikationen her (hEN und ETA). Für die Bemessung von Verbindungen als definierte Schwachstelle zur Vermeidung von Totaleinstürzen als auch für die Erdbebenbemessung sind auch 95%-Quantilwerte erforderlich. Für die Schraubpressverklebung ist der Kopfdurchzieh Widerstand bei geringem Einsinken des Schraubenkopfes bzw. der Scheibe anzugeben.

Die prEN 1990 beschreibt in 7.3 die Bemessung auf Basis von Prüfwerten, z.B. wenn adäquate Bemessungsmodelle nicht verfügbar sind. Dieser Weg könnte auch für die Eingangswerte der Bemessung von Verbindungen oder für ganze Verbindungen genutzt werden.

Die Änderungen im Verbindungsmittelkapitel ziehen auch notwendige Veränderungen in EN 14592 *Stiftförmige Verbindungsmittel* und den Prüfnormen EN 383 *Lochleibungsfestigkeit*, EN 1382 *Auszieh Widerstand*, EN 1383 *Kopfdurchzieh Widerstand* und EN 409 *Fließmoment* nach sich. Dies betrifft meist redaktionelle, aber auch inhaltliche Änderungen.

Beispielsweise wurde der Ausziehparameter $f_{ax} = F_{max}/d \cdot l_d$ durch die Ausziehfestigkeit $f_w = F_{max}/\pi d \cdot l_w$ ersetzt. Für die Schraubpressverklebung ist der Kopfdurchzieh Widerstand bei kleiner Eindringtiefe ins Material zu bestimmen und dies erfordert eine Ergänzung der EN 1383. Diese Änderungswünsche wurden von der WG5 in Kommentartabellen zusammengestellt und CEN TC124 WG4 *Connectors* und WG1 *Test methods* übermittelt. Mit der WG4 erfolgte eine Abstimmung hinsichtlich der Änderungswünsche in EN 14592.

Bis die Änderungen in den Prüf- und Produktnormen umgesetzt werden ist eine Umrechnung des Ausziehparameters und des Kopfdurchziehparameters in die Ausziehfestigkeit und die Kopfdurchziehfestigkeit notwendig und in Anhang M.6.3 und M.6.4 geregelt.

3.6. Kategorien für Schrauben und Gewindestangen mit Holzschraubengewinde (Anhang N.8)

Zur Vereinfachung der Bemessung von Schrauben und Gewindestangen mit Holzschraubengewinde und der notwendigen Untergliederung der breiten Palette der Ausziehfestigkeiten und der charakteristischen Stahlzugfestigkeiten wurden 5 Kategorien für die Ausziehfestigkeit und 10 Kategorien für die Stahlzugfestigkeiten eingeführt. Die Schraubenhersteller sind wenig begeistert, doch die Vertreter der Anwender (z.B. Timber Construction Europe, SBS) befürworten die Umsetzung dieses schon lange diskutierten Themas.

Anhang N.8 wäre überflüssig, wenn eine überarbeitete EN 14592 im Amtsblatt zitiert würde. Doch seit 2019 schafft es die Abteilung Construction (GROW.H.1) der Europäischen Kommission leider nicht neue oder überarbeitete harmonisierte Produktnormen im Europäischen Amtsblatt zitieren zu lassen oder vernünftige Vorschläge für eine Systemreform vorzulegen. Während man bei den Eurocodes eine Evolution anstrebt, bräuchte es bei GROW.H.1 eher eine Revolution.

3.7. Verbindungen mit Nagelplatten (Anhang P)

Die Regelungen zu den Nagelplattenverbindungen wurden von einer Untergruppe der WG5 unter Leitung von Julien Marcroft erarbeitet und von den bisherigen 5 Seiten auf Anhang P mit 16 Seiten erweitert. Die Transparenz der Bemessung steigt dadurch deutlich.

3.8. 3D-Verbinder (Anhang Q)

Die 3D-Verbinder sind geschweißte oder gekantete Blechformteile zwischen Komponenten oder Bauteilen, welche mit stiftförmigen Verbindungsmitteln befestigt werden. Beispiele sind Sparren-Pfetten-Anker, Balkenschuhe, Winkel, Schlitzbleche auf Kopfplatten, Zuganker und Stützenfüße. In EAD 130186-00-0603 werden dreidimensionale Nagelplatten geregelt, wobei alle möglichen Stahl- und Aluminiumformteile gemeint sind, z.B. auch verstellbare Stützenfüße.

Anhang Q zu 3D-Verbindern regelt Grundlegendes zu Winkeln, Balkenschuhen und Stützenfüßen und vereinheitlicht beispielsweise die Bezeichnungen der Lasten.

3.9. Verbindungen mit Rohrverbindern (Anhang R)

In den Niederlanden wurde Ende der 1990er Jahre eine Momentenverbindung für Rahmenecken entwickelt, bei der die Holzteile mit aufgeklebtem Kunstharzpreßholz nach EN 61061-3-1 auf den sich berührenden Seiten verstärkt wurden. Die verbindenden Stahlrohre $\varnothing 17,2 \dots 33,7$ mm werden dann durch die passenden Bohrungen gesteckt, Scheiben beidseits aufgesteckt und dann mit hydraulischer Presse das Rohr aufgeweitet und die Enden umgebörtelt.

Ein Vorteil der Verbindung ist die hohe berechenbare Duktilität. Ein Nachteil ist sicherlich die bisher nur regionale Anwendung, dass das Kunstharzpressholz kein Bauprodukt ist und kein Klebstoff dafür nach EN 301 geprüft wurde. Es gibt also weder eine EAD, ETA noch eine harmonisierte Produktnorm für diese Verbindung. Zwar hatten sich Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Österreich und die Schweiz Anfang 2021 für das Löschen des Anhangs ausgesprochen, doch die Mehrheit votierte für einen informativen Anhang. Hier gibt es noch Regelungsbedarf, insbesondere beim Klebstoff.

3.10. Verbindungen mit Zwischenschichten (Anhang S)

In der Praxis durchdringen stiftförmige Verbindungsmittel häufig Zwischenschichten, insbesondere im Holzrahmenbau. Die notwendige Erweiterung der Johannsen-Gleichungen wurde in [8] und [9] veröffentlicht und nun in Anhang S aufgenommen. Dabei wird zwischen beweglichen und verklebten Zwischenschichten jeweils für Holz-Holz- als auch Stahl-Holz-Verbindungen unterschieden.

Nimmt man als Beispiel einen Balkenschuh auf einer Zwischenschicht, vernagelt mit einem Vollholzsteher reicht die Spanne der Modifikationsbeiwerte k_{mod} für eine mittlere Lasteiwirkungsdauer, z.B. aus Verkehrslasten, von 0,45 für eine Gipsfaserplatte bis 0,80 für Vollholz. Beim üblichen geometrischen Mittel der Modifikationsbeiwerte $k_{\text{mod}} = \sqrt{k_{\text{mod},1} k_{\text{mod},2}}$ erhält man $k_{\text{mod}} = 0,6$. Die Lochleibungsfestigkeit der Gipsfaserplatte würde also um ein

Drittel überschätzt. Um solch große Abweichungen zu vermeiden und mechanisch korrekte Fehlermechanismen zu erhalten, wurde die charakteristische Lochleibungsfestigkeit in den Gleichungen durch das Produkt $k_{\text{mod}} f_{h,k}$ ersetzt. Der Nachteil liegt in unterschiedlichen charakteristischen Tragwiderständen für unterschiedliche Lasteinwirkungsauern.

Nach der mechanisch korrekten Bestimmung des charakteristischen Tragwiderstands wird mit dem für Verbindungen empfohlenen Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_M = 1,3$ der Bemessungstragwiderstand bestimmt.

4. Ausblick

Der Entwurf prEN 1995-1-1 wird derzeit vom Swedish Institute for Standards (SIS) in die formal korrekte Form gebracht. Vom 5.12.2022 bis 12.1.2023 werden die nationalen Normungsinstitute in einem Committee Internal Ballot (CIB) gefragt werden, ob der Entwurf technisch fertig für das Formal Enquiry vom 1.9.2023 bis 31.12.2023 ist. Im Formal Enquiry können von der breiten Öffentlichkeit Kommentare über die nationalen Normungsinstitute eingereicht werden. Gravierende technische Kommentare könnten zu einem Second Formal Enquiry führen und den mit den anderen Eurocodes abgestimmten Zeitplan durcheinanderbringen. Geplant ist, dass 2025 der neue Eurocode 5 erscheint. Dieser wird genau so gut sein, wie wir ihn als europäisches Team gestalten. Ganz wichtig ist die Anwendungserprobung durch Beispielrechnungen und Vergleiche.

Die neue Generation der Eurocodes wird in etwa 32 Ländern zumindest eine Dekade angewendet werden. Die aktive Mitarbeit an diesem Europäischen Projekt, dass effiziente und neue konstruktive Möglichkeiten eröffnen wird, lohnt sich also.

5. Referenzen

- [1] CEN/TC 250/SC 5 N1616: prEN 1995-1-1 (working draft), 12.09.2022
- [2] The European Commission (2012) Mandate M/515 – Mandate for amending existing Eurocodes and extending the scope of structural Eurocodes
- [3] CEN/TC250 (2013) Response to Mandate M/515 – Towards a second generation of Eurocodes
- [4] <https://www.cost.eu/actions/FP1402/>, Zuletzt abgerufen am 2.11.2021
- [5] <https://webarchiv.typo3.tum.de/TUM/costfp1402/en/home/index.html>, Zuletzt abgerufen am 2.11.2021
- [6] Cabrero, José Manuel; Stepinac, Mislav; Ranasinghe, Keerthi; Kleiber, Marion: Results from a questionnaire for practitioners about the connections chapter of Eurocode 5. In: Design of connections in timber structures. COST Action FP1402, 2018 – ISBN 978-3-8440-6144-4
- [7] Ranasinghe, Keerthi; Cabrero, José Manuel; Stepinac, Mislav; Kleiber, Marion: Proposal for new structure of the connections chapter. In: Design of connections in timber structures. COST Action FP1402, 2018 – ISBN 978-3-8440-6144-4
- [8] Siem, Jan; Jorissen, André J. M.: Carpentry Joints. COST Action FP1101 Assessment, Reinforcement and Monitoring of Timber Structures, 2014
- [9] Blaß, Hans Joachim; Enders-Comberg, M.: Fachwerkträger für den industriellen Holzbau. *Karlsruher Institut für Technologie (KIT)*, 2012
- [10] Blaß, Hans Joachim; Laskewitz, Bernd: Load-carrying capacity of joints with dowel-type fasteners and interlayers, In: *Proceedings of CIB-W18*, 2000
- [11] Blaß, Hans Joachim; Laskewitz, Bernd: Tragfähigkeit von Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln und Zwischenschichten. In: *Bauen mit Holz* 105, 2003