

Was sagt der Prüflingenieur, worauf muss man achten?

Matthias Gerold
Harrer Ingenieure Gesellschaft
Beratender Ingenieure VBI GmbH
Karlsruhe, Deutschland



Was sagt der Prüferingenieur, worauf muss man achten?

1. Einleitung: Aufgabe eines Prüferingenieurs

In Deutschland gibt es seit ca. 80 Jahren das sog. «Vier-Augen-Prinzip» als unabhängige Prüfung der Ausführungsplanung für öffentliche Bauwerke sowie sonstige Bauwerke abhängig ihrer Gebäudeklassen, bei denen Dritte zu Schaden kommen können. Grundlage ist §3 jeder Landesbauordnung «Leben und Gesundheit». Die bautechnische Prüfung bezieht sich damit im Wesentlichen auf die ausreichende Standsicherheit (*ultimate limit state* ULS) über die Nutzungsdauer des Bauwerks nach Eurocode 0. Dies umfasst auch die Dauerhaftigkeit wie z.B. die Dichtigkeit einer WU-Konstruktion, von Treibmistkanälen oder Fahrhilfen insbesondere bei Einbau von Silage obwohl dies einen Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (*servicability limit state* SLS) darstellt, sowie ermüdungsbeanspruchte Bauteile wie Decken in Gewerbegebäuden, Kranbahnträger und -stützen oder Glockenstühle.

Für die unabhängigen Vergleichsberechnungen im Rahmen der bautechnischen Prüfung werden i.A. andere als die vom Aufsteller verwendeten Berechnungsmethoden oder Softwareprogramme angewendet. Im Fall von auftretenden Abweichungen z.B. bei räumlichen Berechnungen der Tragstrukturen und/oder Bauwerks-Boden-Interaktionen bitten wir den Aufsteller um Zurverfügungstellung seines Modells, um den Abweichungen besser auf den Grund gehen zu können. Bei für uns nicht erklärbaaren deutlichen Abweichungen weisen wir den Aufsteller darauf hin und bitten um Stellungnahme.

Auch werden Aufstellern Prüfbemerkungen mitgeteilt und Vorschläge zur Lösung von Problemen unterbreitet. Dies führt in aller Regel bei den Aufstellern zur Erstellung ergänzender Nachweise und erneuter Vorlage zur Prüfung bzw. zur Übernahme in die bautechnischen Nachweise. Dabei ist darauf zu achten, dass das Vier-Augen-Prinzip gewährleistet bleibt – den Aufstellern übermittelte Skizzen oder Vergleichsberechnungen dürfen nicht Teil der Ausführungsplanung werden, sondern können lediglich als Grundlage dafür dienen.

2. Allgemeines zur bautechnischen Prüfung

2.1. Am Bau Beteiligte

Zunächst möchten wir Ihnen einen Überblick über alle am Bau Beteiligten verschaffen.

Tabelle 1: Am Bau Beteiligte

Am Bau Beteiligte / Wer ist ...	Gibt es zudem einen ...
Bauherr?	Baugrundgutachter?
Entwurfsverfasser?	Brandschutzsachverständigen?
Architekt?	Bauphysiker (Schallschutz, Energiehaushalt)?
Bauleiter?	ev. Fachbauleiter?
Unternehmer? Nachunternehmer?	
Weitere Tragwerksplaner (Verbau, Sondergründungen, Fassade, PV-Anlage, Sondervorschläge, u.a.)?	
Baurechtsbehörde?	

Falls Ihnen diese nicht bekannt sein sollten: Fragen Sie Ihren Auftraggeber und bitten um die entsprechende Übersicht mit allen Kontaktdaten.

2.2. Baurecht

Besonders wichtig ist die Baugenehmigung. Sie enthält – in Ergänzung zur jeweiligen Landesbauordnung – alle baurechtlichen Anforderungen der Unteren Baurechtsbehörde und ihrer Dienststellen bezogen auf das jeweilige Bauvorhaben. Daher sollten sie als Aufsteller gleich zu Beginn des Bauvorhabens folgende Punkte abfragen:

Sind Sie im Besitz der Baugenehmigung?

Zeigt bereits der Titel des Bauvorhabens Besonderheiten auf (z.B. Gewölbekeller, Carport)?

Gibt es in den genehmigten Baueingabeplänen Eintragungen z.B. zum Brandschutz?

Wird bereits in den Nebenbestimmungen zur Baugenehmigung eine aBG, eine vBG oder ein abP gefordert?

In welchem Bundesland steht das Bauvorhaben (föderale Struktur)?

Sind Sie im Besitz der einschlägigen Landesbauordnung (LBO) und deren Rechtsvorschriften?

2.3. Notwendige Unterlagen für die bautechnische Prüfung

Für die bautechnische Prüfung sind dem Prüferingenieur folgende Unterlagen vorzulegen:

- Baugenehmigung (Pläne + textlicher Teil; vgl. 2.2)
- Geologischer Bericht:
Eine Baumaßnahme ist gemäß DIN 4020 Anhang AA in eine geotechnische Kategorie (GK) einzustufen.
Die Bodenbeschaffenheit und das Zutreffen der in der statischen Berechnung angenommenen Werte nach DIN EN 1997-1 ist von einem Geotechnischen Sachverständigen zu bestätigen. D.h. Sie sollten auf die Vorlage eines Geotechnischen Bericht eines Sachverständigen für Geotechnik drängen – sonst übernehmen Sie im Schadensfall juristisch mit dem Bauherrn die Verantwortung.
- Brandschutzkonzept, sofern vorhanden
- Bautechnische Nachweise (statische Berechnungen + Ausführungspläne) aller tragenden Bauteile;
einschließlich (je nach Bundesland)
Schallschutznachweis für den inneren und ggf. auch äußeren Schallschutz
- Verwendbarkeits- und Anwendbarkeitsnachweise oder Nachweise für besondere Sachkunde bei der Herstellung der Bauteile (z.B. abZ (national), ETA (europäisch), aBG, abP, Leimgenehmigung, Eignungsnachweise zum Schweißen etc.)
Hinweis: Fehlende Nachweise dieser Art sind häufig der Grund, dass Projekte nicht abgeschlossen werden können.

Abkürzungen:

- abZ allgemeine bauaufsichtliche Zulassung
- ETA European Technical Assessment
- aBG allgemeine Bauartgenehmigung
- vBG vorhabenbezogene Bauartgenehmigung
- abP allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis

3. Wo sind die größten Hürden? Tipps für eine prüffähige Tragwerksplanung

Die bautechnischen Nachweise sind oft nicht vollständig.

Bautechnische Nachweise bestehen aus

- statische Berechnung (Leistungsbild HOAI [26] §51: Lph 4 Genehmigungsplanung),
- Ausführungspläne (Leistungsbild HOAI §51: Lph 5 Ausführungsplanung), sowie dem
- Schallschutznachweis (nicht in allen Bundesländern).

Die bautechnische Prüfung der Standsicherheit umfasst die Prüfung der Nachweise der Standsicherheit (sog. Kaltbemessung) und des konstruktiven Brandschutzes.

3.1. Allgemeines

Trotz ggfs. Funktionaler Ausschreibung oder vom Architekten geforderter Produktneutralität für die Ausschreibung ist vom Tragwerksplaner (TWPI) eine machbare Ausführung durchzuführen und zur Prüfung vorzulegen.

Beim Einsatz von Baubuche ist Produktneutralität schwierig umzusetzen – bekannt ist nur ein Hersteller, aber Hartholz- und Tropenholz-Alternativen möglich. Beim Einsatz von Brettspertholz sind die technischen Randbedingungen (Schichtenaufbau, ETA mit Stufenmodell «glueline integrity») im Leistungsverzeichnis anzugeben.

Bei der Angabe von Verbindungsmitteln ist auf den Ausführungsplänen das in der Berechnung angenommene Fabrikat anzugeben und dann «o.glw.» (oder gleichwertig) in den bautechnischen Nachweisen zu ergänzen.

Ergibt sich nach Auftragsvergabe gegenüber Ihrer Tragwerksplanung (TWPI) eine geänderte Ausführung, ist ein Nachweis der Gleichwertigkeit durch den Auftragnehmer bzw. Sie als Tragwerkplaner zu erbringen, welcher gesondert zu vergüten ist.

Ebenso muss im Anschluss die bautechnische Prüfung der geänderten Ausführung durch den Prüfingenieur (PI) erfolgen, welche ebenfalls gesondert zu vergüten ist.

Gesamtheitliche Planung ist wichtig, d.h. es sind von vorneherein auch die Anforderungen, des Schall-, Brand- und Wärmeschutz zu berücksichtigen. Hierzu zählt z.B. schützenswerte Räume durchzuführen und entsprechende Wandaufbauten zu wählen sowie Brandschutzaufbauten und Dämmungsarten bzw. -stärken zu beachten.

Aber auch bei anderen Anforderungen, wie z.B. PV-Anlagen, sind frühzeitige Hinweise an den Bauherren zu geben:

PV-Anlagen gehören i.d.R. nicht in das Leistungsbild der TWPI aber die Verankerung der Konstruktion beeinflusst die TWPI ebenso wie die Berücksichtigung bei den Einwirkungen.

Zudem sind nur zugelassene Systeme zu verwenden (siehe auch KI Nr.162 des BVPIVPI BW). Häufiges Problem sind Sandwichprofile als Dacheindeckung, die nicht mit den Unterkonstruktionen der Anlagen kompatibel sind.

Bei den Themen «Cradle to Cradle – Reuse / Reliability / Wirtschaftlichkeit / Nachhaltigkeitszertifizierungen» ist eine frühzeitige Abstimmung mit dem PI sinnvoll.

Es wird zudem empfohlen den Baulichen Holzschutz frühzeitig in der Planung zu berücksichtigen.

Frei bewitterte Holzbauteile sind entweder dreiseitig hinterlüftet zu bekleiden oder mit Hölzern, deren natürliche Dauerhaftigkeit nach DIN EN 350-2 maximal 3-4 beträgt (z.B. Ipé, Robinie, Bongossi / Azobé, Afzelia, Teak, Western Red Cedar (UK), Eiche, Kiefer, Föhre, Douglasie (Europa), Lärche), auszuführen.

Hirnholzflächen und Stützenfüße sind besonders zu schützen; wobei grundsätzlich sämtliche Holzbauteile – je nach Witterung – vor, während und nach dem Einbau unverzüglich vor Niederschlägen zu schützen sind. Dies sollte insbesondere in der Ausschreibung bzw. dem Leistungsverzeichnis erwähnt werden.

Sämtliche Holzbauteile sind mit der (Holz)Ausgleichsfeuchte einzubauen, die über die Nutzungsdauer gesehen, im Bauwerk zu erwarten ist.

Der anzuwendende Korrosionsschutz der Verbindungsmittel und Stahleinbauteile ist anzugeben. Neben der Nutzungsklasse sind künftig die Atmosphärischen Expositionsklassen CE sowie die Holz-Expositionsklassen TE zu berücksichtigen. Letztere orientieren sich am pH-Wert und damit an dem bekannten Einfluss der Gerbsäure bei z.B. Eiche und Douglasie. Die im Kapitel 6.3 des Hauptteils FprEN 1995-1-1 enthaltenen Tabellen sind analog zu der in Kapitel 6.2 für Holzbrücken angegebenen Tabelle aufgebaut. Neben den dort angegebenen Beispielen für einen Korrosionsschutz (galvanische Verzinkung oder Verwendung von nichtrostendem Stahl) gibt es auf dem Markt noch weitere Möglichkeiten wie z.B. die Verwendung von Duplex-Systemen.

Handelsname	Natürliche Dauerhaftigkeit DK gegen holzerstörende Pilze	
Afzelia	1	sehr dauerhaft
Greenheart	1	
Robinie	1 bis 2	dauerhaft
Bangkirai	2	
Edelkastanie	2	
Eibe	2	
Eiche	2	
American Mahagony	2	
Teak	1 bis 3	mäßig dauerhaft
American „Cedar“, Yellow Cedar	2 bis 3	
Bongossi / Azobé	3	
Nußbaum	3	
African Mahagony	3	
Pitch Pine	3	
Western Red Cedar (UK)	3	mäßig bis wenig dauerhaft
Contorta Kiefer, Schwarzkiefer,	3 bis 4	
Kiefer Föhre		
Douglasie (Europa)	3 bis 4	
Lärche	3 bis 4	
Weißtanne	4	wenig dauerhaft
Buche	5	nicht dauerhaft

3.2. Genehmigungplanung (statische Berechnungen)

- Hinweise zu Besonderheiten bei den Einwirkungen:
 - Kranbahn (Ermüdung Kranbahnträger, Konsole, Stütze)
 - PV-Anlage (ggfs. erhöhte Einwirkungen aus Schneeanwehungen bei aufgeständerten Systemen)
 - Trennwandzuschläge
 - Horizontallasten:
 - aus Anprall von Gabelstaplern, LKW oder PKW entsprechend DIN EN 1991-7 sind statisch zu berücksichtigen
 - Anzusetzende Geländerholmlasten
 - in (mind.) 0,9 / 1,0 m Höhe von OK Treppenbelag / Fußboden (Einbaubereich)
 - Bei Bestandsbauten:
 - Sofern bei denkmalgeschützten öffentlichen Gebäuden die Einwirkungen nach Norm nicht nachweisbar sind, ist eine Abweichung von den geregelten Flächenlasten durch Vorlage von plausiblen Möblierungsplänen oder Anordnung von Drehkreuzen mit Zugangsbeschränkung grundsätzlich möglich. Dies ist mit der unteren Baurechtsbehörde abzustimmen; eine frühzeitige Abstimmung mit dem PI wird empfohlen.
 - Verbale Angaben zu Verbindungen genügen nicht. Es sind statische Nachweise und Anschlussdetails mit Angabe sämtlicher Verbindungsmittel, Stahleinbauteilen etc. erforderlich. Hierbei sind auch Exzentrizitäten bei Anschlüssen zu berücksichtigen.

1. Beispiel:

Zuganschluss außermittig
 DW des Herstellerprogramms nur Zuganschluss.

Achtung: außermittige Anschlüsse werden nicht beachtet
 => Voraussetzung ist gesondert nachzuweisen

2. Beispiel:

Anschluss Windrispenbänder

4 Auskrenzungen je Seite erforderlich

Windrispenband
 BAN 2040xx + CNA 40x40

je Sparren: 2 CNA 40x40
 Traufert-Fast: 8 CNA 40x40

Schiebeli am Auflager

Zankbänder sind zu beachten:
 $a_{kc} = 5 * d = 20 \text{ mm}$
 $a_{kf} = (5 + 2 * \sin \alpha) * d = (5 + 2 * \sin 30) * 4 \text{ mm} = 26,4 \text{ mm}$

stat. Nachweis Windrispenband siehe 8. Seiten

3. Beispiel: Darstellung komplexer Knotenpunkte Explosionszeichnung

Aufgelöste Darstellung zu Detail "I"

Sparren Ø 24/55 BSH GL 24c

Wand d= 24cm BSH GL 24c

Anpassung 10x10/20cm

Balken Ø 16/55 BSH GL 24c

Anpassung 10x10/20cm

Unterzug Ø 24/55 BSH GL 24c

Grundriss

Unterzug Ø 24/55 BSH GL 24c

4x ASSY plus 18 Ø10+50 mm

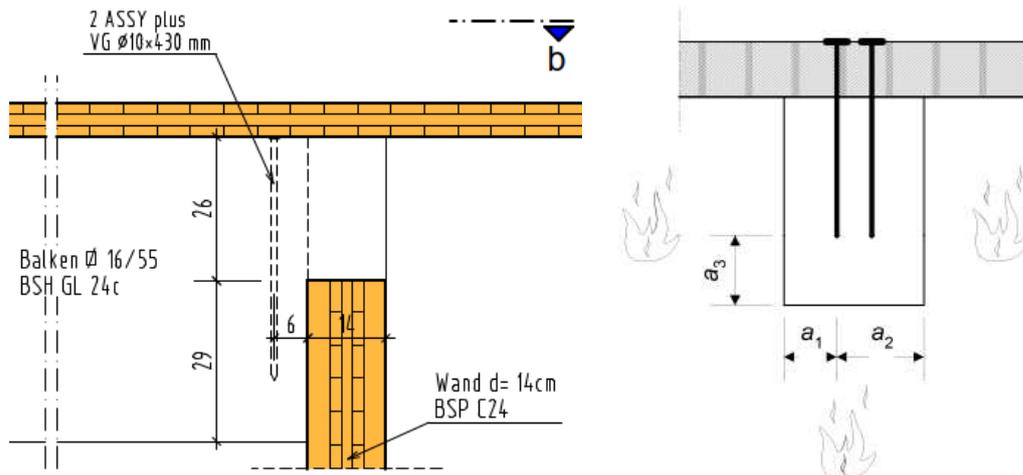
Balken Ø 16/55 BSH GL 24c

Wand d= 24cm BSH GL 24c

– Statische Berechnung der Holzbaudetails:

Die Detailbemessung sollte anhand eines klaren und einfachen Lastflusses erfolgen. Gegebenenfalls ist eine Skizze mit statischem System anzufertigen (Exzentrizitäten). Die Bestimmungen in den Zulassungen und Randabstände sind zu beachten und anzugeben. Insbesondere Brand- und Schallschutzanforderungen sind bei der Detailbemessung mitzudenken und zu berücksichtigen. Entsprechende Angaben sollten auf den Holzbauplänen enthalten sein.

Beispiel Ausklinkung: Abminderung der Tragfähigkeit im Brandfall von zugbeanspruchten Schrauben in Abhängigkeit der Randabstände ist nach DIN EN 1995-1-2, 6.4



$$\eta = \begin{cases} 0 & \text{für } a_1 \leq 0,6 t_{d,5} & \text{(a)} \\ \frac{0,44 a_1 - 0,264 t_{d,5}}{0,2 t_{d,5} + 5} & \text{für } 0,6 t_{d,5} \leq a_1 \leq 0,8 t_{d,5} + 5 & \text{(b)} \\ \frac{0,56 a_1 - 0,36 t_{d,5} + 7,32}{0,2 t_{d,5} + 23} & \text{für } 0,8 t_{d,5} + 5 \leq a_1 \leq t_{d,5} + 28 & \text{(c)} \\ 10 & \text{für } a_1 \geq t_{d,5} + 28 & \text{(d)} \end{cases} \quad (6.11)$$

– Grundsätzlich ist Querzug soweit möglich zu vermeiden.

Auf Querzug beanspruchte Anschlüsse und Bauteile sind nach Norm nachzuweisen und häufig zu verstärken; siehe hierzu auch Regelungen der DIN EN 1995-1-1/NA [8] sowie in den Technischen Mitteilungen der Prüferingenieurvereinigung. <https://www.bvpi.de/bvpi/de/fachinformationen/fachinfo-suche.php>

– Berechnungen mit EDV-Programm – insbesondere räumliche Modelle («black box») – sind immer auf Plausibilität wie Summe ΣV oder Überprüfung der Biege- und Momentenlinie an einfachen Teilsystemen zu kontrollieren. Eine Kontrolle der zu erwartenden Verformungen kann zudem hilfreich sein.

Bei Verwendung von Herstellerprogrammen sind diese ebenfalls z.B. durch einfache Handrechnungen zu überprüfen.

– Mangelhafte Aussteifungsnachweise (Beispiele):

Für genauere Aussteifungsberechnungen wird auf den Vortrag von Prof. Johann Pravida verwiesen. Nachfolgend nur einige unserer Erfahrungen:

- Verbale Ausführungen sind für den Aussteifungsnachweis eines Gebäudes i.a. nicht ausreichend.
- Wandlängen werden oft zu günstig angenommen, da Öffnungen (z.B. durch Türen) nicht berücksichtigt werden.
- Ständig wirkende stabilisierende Lasten dürfen nur um dem Faktor 1,1 reduziert angesetzt werden.

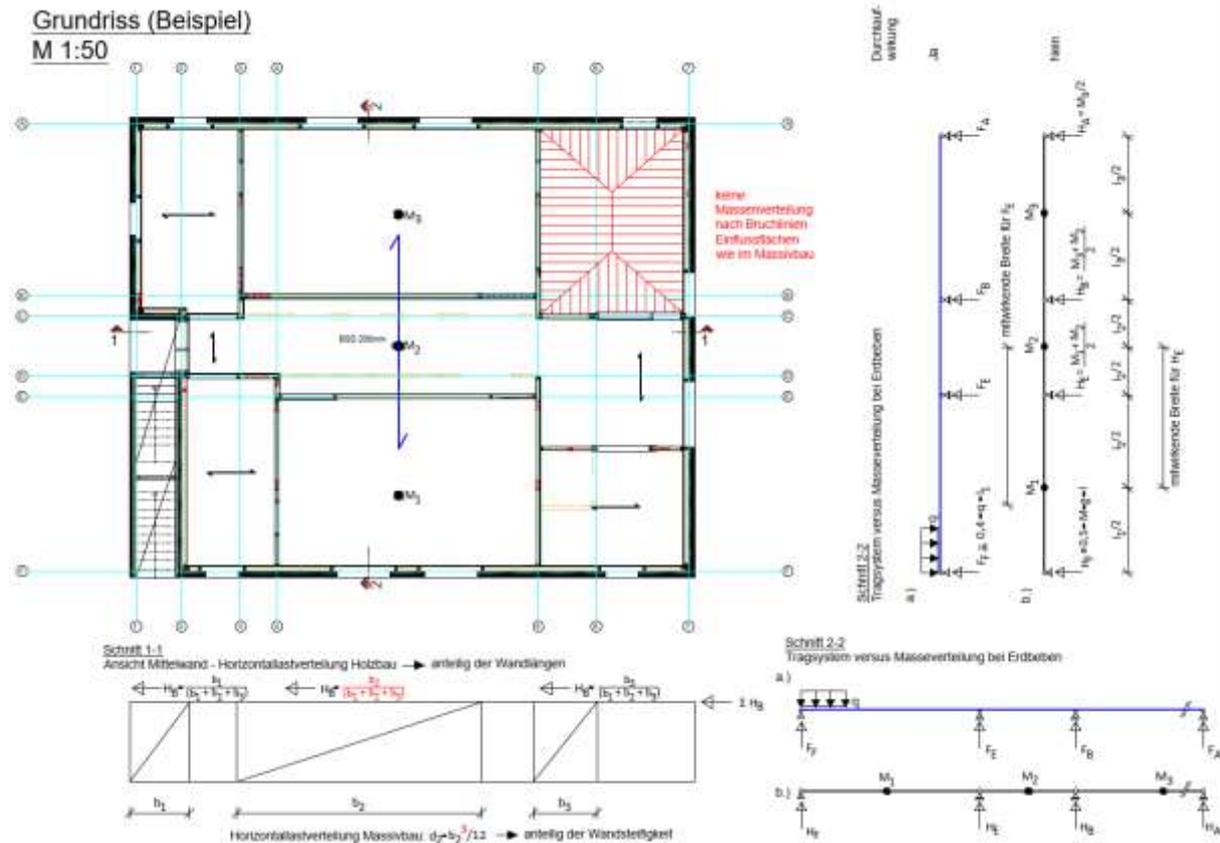
- Aussteifungsnachweise im Lastfall Erdbeben bzw. der Vergleich mit dem Lastfall Wind werden nicht geführt oder sind fehlerhaft.
Nachfolgend einige Hinweise zur Aussteifungsberechnung im Erdbebenlastfall (speziell im Zusammenhang mit dem EC8):

- Bauaufsichtlich eingeführt ist nach wie vor die DIN 4149:2005-04 [7] und damit baurechtliche Grundlage für die bautechnische Prüfung.
Zivil- und werksvertragsrechtlich gilt jedoch der aktuelle Stand der Technik und damit EC 8. Für die Erdbebenberechnung sollte der Spektralwert $S_{ap,R}$ sowie der Bodenparameter gemäß dem Nationalen Anhang DIN EN 1998-1/NA:2023-11 [7a] angesetzt werden, sofern sich dadurch gegenüber DIN 4149 eine höhere Erdbebeneinwirkung ergibt.

nach DIN 4149:2005		nach DIN EN 1998-1/NA:2021-07	
Bedeutungskategorie	III $\gamma_I = 1,2$	Vergleich am Standort Karlsruhe Erdbebenzone 1 Geologische Untergrundklasse S Bedeutungskategorie III	
Baugrund	C-S $q = 1,5$		
Duktilitätsfaktor			
Erdbebenzone	1 $a_g = 0,4 \text{ m/s}^2$	$S_{ap,R} = 1,3892 \text{ m/s}^2$	
Bodenparameter	S = 0,75	Bodenparameter	S = 1,15
$S_d(T) =$	= 0,600 m/s^2	$S_d(T) =$	= 1,278 m/s^2
$\frac{\text{DIN EN 1998-1-1}}{\text{DIN 4149}} = \frac{1,278}{0,600} = 213\%$			

Der S_g -Wert nach EC 8 ist um 113% höher als nach DIN 4149.

- Bei Anbauten wird grundsätzlich empfohlen, diese durch Fuge vom bestehenden Gebäude baulich zu trennen.
Beim Umbau im Bestand sind ggfs. bestehende Bauteile zu ertüchtigen. Wichtig hierbei ist von der Verformbarkeit her gleichwertige Systeme einzubauen (z.B. der Stahlrahmen muss die gleiche Steifigkeit unter einer Last «1» besitzen wie eine vorher vorhandene Wand) – nur ein Spannungsnachweis (ULS) ist hier i.d.R. nicht ausreichend.
- Bei Gebäuden in Erdbebengebieten wird empfohlen, zusätzlich zur kreuzweisen Anordnung der Rispenbänder (Spanngerät verwenden) eine Nut- und Federschalung aufzubringen oder gleich die Dachhaut als Scheibe auszubilden.
- In Erdbebengebieten sollten auch bei Hallen z.B. Zerrbalken bzw. eine Bodenplatte vorhanden sein. Andernfalls sind die Bodenverschiebungen bei der Nachweisführung zu berücksichtigen. Die Verformbarkeit der Binder-Stützen-Anschlüsse bei gleichzeitiger Lagesicherung ist sicherzustellen (siehe auch Tech-News Nr. 2010 [2 in Baden-Württemberg [https://bvpi.de/fachinfo-bibliothek/tech-news\[2010/tech-news_2010_2.pdf](https://bvpi.de/fachinfo-bibliothek/tech-news[2010/tech-news_2010_2.pdf)]).
- Wahl des «richtigen» Aussteifungssystems:
- Horizontallastverteilung über das Deckensystem:
Für das Tragsystem einer Holzbalkendecke mit OSB-Beplankung als Deckenscheibe ist ein Einfeldträger (= schubweicher Biegeträger) anzusetzen. Bei einer Brettsperreholz- bzw. HBV-Decke kann ein Durchlaufträger (= schubstarrer Biegeträger) angenommen werden, wobei hierbei auch die Steifigkeit insbesondere der Innenwände, die bei diesem Tragsystem einen höheren Lastanteil erhalten, zu betrachten ist. Eventuell macht es Sinn eine Innenwand nicht als aussteifende Wand heranzuziehen, wenn diese z.B. sehr kurz ist.



Die Verteilung der horizontalen Aussteifungslast auf die einzelnen Wandscheiben erfolgt also nicht wie im Massivbau über eine starre Deckenscheibe auf die Wände anteilig ihrer Steifigkeit, sondern je nach Deckensystem anhand eines schubweichen oder schubsteifen Biegeträgers.

- Für den Nachweis des Kippens einer Wandtafel muss sich der innere Hebelarm auf die Wirkungslinie der Zuganker beziehen – und nicht auf den jeweils Äußersten (bei Anordnung mehrere Zuganker). Dabei ist die baupraktisch mögliche Ausführung der Anschlüsse zu beachten.
- Höhenproportionale Lastverteilung der Erdbebenlasten am Mehrmassenschwinger
- Ermittlung der Grundschwingzeiten unter Zugrundelegung der Ersatzbiege- und Schubsteifigkeiten der Wände unter Berücksichtigung der einzelnen Verformungsanteile (u.a. Normalkraftbeanspruchung der Rippe und Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel zwischen Beplankung und Rippe sowie Schubverformung der Beplankung)
- Falscher Einsatz von Einbauteilen zur Verankerung von Zugkräften: Schubwinkel sind zur Verankerung von Zugkräften bei Holztafeln nicht geeignet. Künftig Unterscheidung der Verbindungen in **nicht dissipativ (Duktilitätsklasse 2)** oder **dissipativ (Duktilitätsklasse DC 3)** mit überwiegend geringeren Verhaltensbeiwerten; siehe [25]

Fall 1: Holzständerbauweise in Abhängigkeit von Duktilitätsklasse DC

Übersicht der Verbindungen **DC3**, Verhaltensbeiwert $q = 4,0$

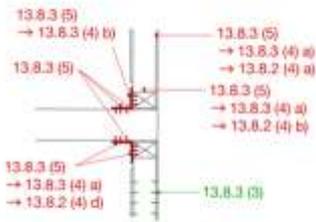
Nachweisführung

13.8.3 (3) Dissipative Anschlüsse, Formel 13.1

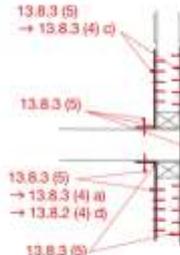
$$F_{Ed} = k_{eq} \cdot F_{Rd} = \frac{F_{Ed}}{q}$$

13.8.3 (5) Nicht dissipative Anschlüsse, Kapazitätsbemessung nach Formel 13.7

$$F_{Ed} \geq \frac{T_{Ed}}{k_{eq}} \cdot N_{u} F_{Ed} + F_{Ed}$$



Schubverbindung



Zugverankerung

Die einzelnen Nachweispunkte nach prEN 1998-1-2

①	Verbindung der Beplankung
②	Schubverbindung
③	Zugverankerung
④	Beplankungsmaterial
⑤	Holzkonstruktion (Knicken, Schwellenpressung)
⑥	Verbindung der Beplankung an den Deckenbalken
⑦.1	Verschraubung zw. Decke und Wand Schrägverschraubung
⑦.2	Zugverankerung am Wandkopf
⑧	Lastaktivierung über senkrechte Wandverschraubung
⑨	Zugverankerung am Boden
⑩	Zugverankerung an Wand darunter
⑪	Schubverbindung am Boden mit Schubwinkel
⑫	Schubverbindung am Boden ohne Schubwinkel
⑬	Zuganker / Zuglasche selbst
⑭	Schubwinkel selbst

Übersicht der Verbindungen **DC2**, Verhaltensbeiwert $q = 2,5$

Nachweisführung

13.8.2 (3) Dissipative Anschlüsse, Formel 13.1

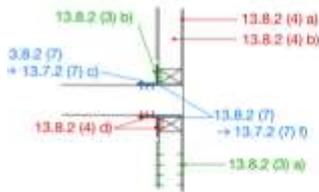
$$F_{Ed} = k_{eq} \cdot F_{Rd} = \frac{F_{Ed}}{q}$$

13.8.2 (4) Nicht dissipative Anschlüsse, Kapazitätsbemessung nach Formel 13.7

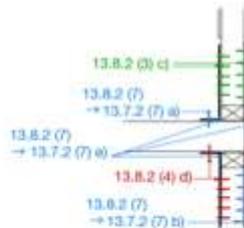
$$F_{Ed} \geq \frac{T_{Ed}}{k_{eq}} \cdot N_{u} F_{Ed} + F_{Ed}$$

13.8.2 (7) Nicht dissipative Anschlüsse, Kapazitätsbemessung nach Formel 13.4

$$\frac{T_{Ed}}{k_{eq}} \cdot F_{Ed} \leq F_{Ed}$$



Schubverbindung



Zugverankerung

Die einzelnen Nachweispunkte nach prEN 1998-1-2

①	Verbindung der Beplankung
②	Schubverbindung
③	Zugverankerung
④	Beplankungsmaterial
⑤	Holzkonstruktion (Knicken, Schwellenpressung)
⑥	Verbindung der Beplankung an den Deckenbalken
⑦.1	Verschraubung zw. Decke und Wand Schrägverschraubung
⑦.2	Zugverankerung am Wandkopf
⑧	Lastaktivierung über senkrechte Wandverschraubung
⑨	Zugverankerung am Boden
⑩	Zugverankerung an Wand darunter
⑪	Schubverbindung am Boden mit Schubwinkel
⑫	Schubverbindung am Boden ohne Schubwinkel
⑬	Zuganker / Zuglasche selbst
⑭	Schubwinkel selbst

Verformungen ② und ③ werden nicht nachgewiesen

Fall 2: Brettsperrholzbauweise in Abhängigkeit von Duktilitätsklasse DC

Übersicht der Verbindungen DC2, Verhaltensbeiwert $q = 2,3$

Nachweisführung

13.7.3 (4) Dissipative Anschlüsse, Formel 13.7

13.7.3 (5) Nicht dissipative Anschlüsse, Kapazitätsbemessung nach Formel 13.7

13.7.3 (12) Nicht dissipative Anschlüsse, Kapazitätsbemessung nach Formel 13.4

$F_{ax,z} = k_{ax} \cdot k_{red} \cdot \frac{F_{ax,d}}{F_{ax}}$

$F_{ax,z} \geq \frac{F_{ax,d}}{k_{ax}} \cdot \eta_{F_{ax,z}} + F_{ax,z}$

$\frac{F_{ax,d}}{k_{ax}} \cdot F_{ax,z} \leq F_{ax,z}$

Schubverbindung Zugverankerung

Die einzelnen Nachweispunkte nach prEN 1998-1-2	
①	Schubverbindung
②	Zugverankerung
③	Fugen zwischen den Wandelementen
④	Fugen zwischen den Wandelementen
⑤	Fugen zwischen den Deckenelementen
⑥	Verbindung zwischen Decke und darunterliegender Wand
⑦	Fugen zw. Rechtwinklig angrenzenden Wänden
⑧	Zugverankerung am Boden
⑨	Zugverankerung an Wand darunter
⑩	Schubverbindung am Boden mit Schubwinkel
⑪	Schubverbindung am Boden ohne Schubwinkel
⑫	Zuganker / Zuglasche selbst
⑬	Schubwinkel selbst

Übersicht der Verbindungen DC3, Verhaltensbeiwert $q = 3,2$

Nachweisführung

13.7.3 (2) Dissipative Anschlüsse, Formel 13.7

13.7.2 (5) Nicht dissipative Anschlüsse, Kapazitätsbemessung nach Formel 13.7

13.7.2 (12) Nicht dissipative Anschlüsse, Kapazitätsbemessung nach Formel 13.4

$F_{ax,z} = k_{ax} \cdot k_{red} \cdot \frac{F_{ax,d}}{F_{ax}}$

$F_{ax,z} \geq \frac{F_{ax,d}}{k_{ax}} \cdot \eta_{F_{ax,z}} + F_{ax,z}$

$\frac{F_{ax,d}}{k_{ax}} \cdot F_{ax,z} \leq F_{ax,z}$

Schubverbindung Zugverankerung

Die einzelnen Nachweispunkte nach prEN 1998-1-2	
①	Schubverbindung
②	Zugverankerung
③	Fugen zwischen den Wandelementen
④	CLT Wand- und Deckenelemente
⑤	Fugen zwischen den Deckenelementen
⑥	Verbindung zwischen Decke und darunterliegender Wand
⑦	Fugen zw. Rechtwinklig angrenzenden Wänden
⑧	Zugverankerung am Boden
⑨	Zugverankerung an Wand darunter
⑩	Schubverbindung am Boden mit Schubwinkel
⑪	Schubverbindung am Boden ohne Schubwinkel
⑫	Zuganker / Zuglasche selbst
⑬	Schubwinkel selbst

- Heißbemessung:
 - Normative Regelwerke:
 - Nachweise nach EN 1995-1-2 [8] bzw. aktuelle Arbeitsfassung [8a]
 - Holzbaurichtlinie (HolzBauRL) [4] zzgl. Anlagen nach VwV TB [3a], [3b], [3d]
 - Restnorm DIN 4102-4 [5] bzw. Entwurf DIN 4102-4/A1
- Gemäß z.B. § 26 (3) der LBO Baden-Württemberg dürfen Gebäude der Gebäudeklasse 4 und 5 abweichend zur Anforderung hochfeuerhemmend und feuerbeständig aus brennbaren Materialien gebaut werden, wenn die hinsichtlich der Standsicherheit und des Raumabschlusses geforderte Feuerwiderstandsfähigkeit nachgewiesen und die Bauteile und ihre Anschlüsse ausreichend lang widerstandsfähig gegen die Brandausbreitung sind.

Dabei ist die HolzBauRL zu beachten. Werden die Regelungen und Angaben in der HolzBauRL BW in Verbindung mit der VwV TB BW angewendet, handelt es sich um ge-regelte Bauarten. Abweichungen davon sind möglich, erfordern dann jedoch einen Verwendbarkeits- bzw. Anwendbarkeitsnachweis.

Die HolzBauRL kann vergleichend mit einer Bauartgenehmigung angesehen werden.

Beispiel:

Die Decken- und Wandelemente aus Brettsperrholz wurden anhand des europäischen Abbrandmodells nachgewiesen. Bei den Brettsperrholz-Wandelementen wurden Schutzzeiten durch eine Brandschutzbekleidung mit GKF-Platten entsprechend einem Kurzbericht der Firma Saint-Gobain Rigips Austria GesmbH vom 06.12.2021 ange-setzt. Aufgrund fehlender normativer Regelungen im bautechnischen Regelwerk zu den Schutzzeiten einer Brandschutzbekleidung wurde hilfsweise die Bemessung an-hand des aktuellen Normenentwurfs des Eurocode 5 Teil 1-2 (FprEN 1995-1-2:2024-

08-01) durchgeführt. Die Ergebnisse deckten sich mit denen des Kurzberichts. Dies ist in der statischen Berechnung entsprechend darzustellen – ggfs. im Hinblick auf die Erteilung einer vbG bezüglich der brandschutztechnischen Anwendbarkeit der Brettspertholz-Bauteile (da z.B. die ETA-06(0009) von Binderholz keine Angaben zur Heißbemessung enthält).

- Schallschutznachweise sind unter Beachtung der Schallnebenwege zu erbringen, ggfs. ist ein Bauphysiker einzuschalten

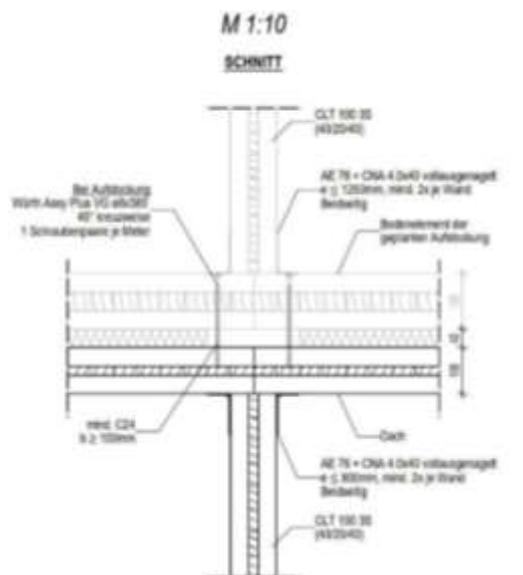
3.3. Ausführungsplanung (Planunterlagen)

Grundsätzlich sollte ein Tragwerksplaner alle zur Prüfung vorgelegten Unterlagen abzeichnen – insbesondere die von Dritten (z.B. Pläne von Fertigteilherstellern).

Im Holzbau gibt es keinen allgemein gültigen Standard analog zu den Schal- und Bewehrungsplänen im Massivbau. Oft sind auf den Holzbauübersichtsplänen die Bauteile unzureichend dargestellt:

- Bei Brettschichtholzbindern aus kombiniertem BSH oder mit z.B. hochgesetzter Trockenfuge oder angeschnittenen Rändern ist ein Lamellenplan erforderlich.
- Ausführungspläne sollten, Werkpläne oder Abbundpläne müssen Angaben zu Wandschlitzern, Decken- und Wanddurchbrüchen, Einblasöffnungen, Verteiler Fußbodenheizung, Lage der Lüftungsleitungen und -kanälen in Decken enthalten.
- Konstruktionspläne (Übersichtszeichnungen mit Regeldetails) nach HOAI Anlage 14 (zu §51 Absatz 5) kommen vom aufstellenden Ingenieurbüro. Werkpläne / Werkstattpläne häufig von der ausführenden Holzbaufirma mit Detailangaben zu Rand- und Achsabständen, Schweißnahtdicken etc. Beides ist für die Prüfung erforderlich.

Schubanschluss



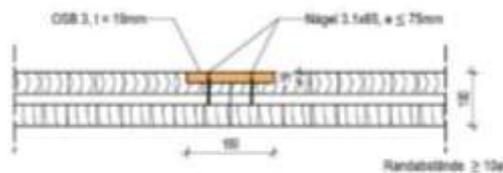
Abbundpläne sind keine Werkstattpläne!

Zusätzlicher Prüfaufwand entsteht, wenn eine detaillierte Ausführungsplanung vom Aufsteller vorliegt und geprüft wurde, durch den Holzbauer jedoch Änderungen vorgenommen werden und diese geänderte Planung erneut zur Prüfung vorgelegt wird.

- Verbale Angaben zu Verbindungen genügen i. a. nicht, es sind Anschlussdetails in Plänen mit Angabe sämtlicher Verbindungsmittel, Stahleinbauteilen, Rand- und Achsabständen etc. erforderlich.
- Ebenso sind Angaben zur Aussteifung auf Plänen notwendig; z.B. die Ausbildung der Deckenscheibe (Bild Mitte) oder die Anordnung von Schub- und Zugankern.

Verbindungsdetail Deckenscheibe

M 1:10



Die übrigen Boden- und Deckenscheiben sind analog auszuführen.
 Es ist darauf zu achten, dass die einzelnen Deckenscheiben einen ungewölbten Randgurt haben. Dieser muss in der Lage sein, die Zug- und Druckkräfte aus dem Biegemoment aufzunehmen.
 Die Deckenscheibe ist umlaufend mit den Wänden / Abfangträger zu verschrauben (45°):
 2 Schraubenspanne abh250 je meter Wand!
 Verbindung der Wände untereinander: Wirth Assy Plus V0 abh220 e ≤ 330mm.
 Alle nicht weiter bezeichneten Anschlüsse sind Zug- und Druckfest auszuführen!

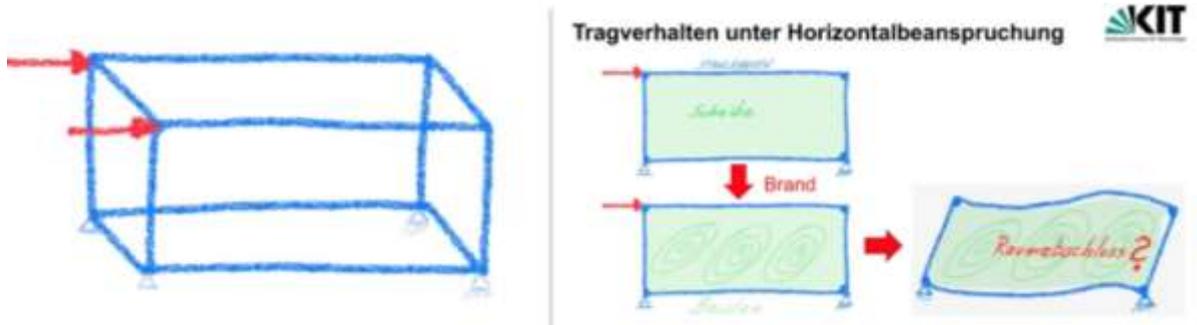
- Arbeitsabläufe sind auf dem Ausführungsplan textlich als Legende anzugeben. Dabei sollten folgende Punkte berücksichtigt werden:
 - Grad der Vorfertigung (z.B. Wandelemente ein – oder zweiseitig beplankt)
 - Ausschulfristen beim Massivbau wegen Auswirkungen auf Verformungsverhalten
 - Baubehelfe / Abstützungsmaßnahmen bei Umbauten
 - HBV Arbeits-/Montageanweisung

MONTAGEABLAUF FÜR DIE HBV-DECKE

1	Wände und Unterzüge montieren - Höhen kontrollieren	Holzbauer
2	Deckensprieße als Unterstützungsjoch für die Deckenelemente montieren gemäß dem Schalplan von HI; sofern auf dem Plan keine dezidierten Angaben vorhanden: Höchst-Abstände Jochreihen alle 2,0 m, Belastbarkeit der Joch ca. 18,0 kN/m und je Geschoss; d.h. Bemessungswert $V_c = 36$ kN/m bei zwei Geschossen; Unterstützung Holzdeckenelemente mittels Jochen aus Rüststützen $e < 1,0$ m vernagelt, bei Sichtholzunterseite mit gehobelten und rundgefasten Brettern (Breite mindestens 140 mm) unter Decke, ggfs. auch auf Mauerkantholz/Schalungsträger legen Überhöhen der Sprieße (Kompensation des Schwindens des Betons während dem Abbinden) derart, dass sich i.d.R. ein Stich der Deckenelemente von 2 / 1,5 / 1 cm bei Deckenspannweite ab 6 m / bis 4,5 m / bis 3 m einstellt	Rohbauer
3	Holzdecken-Elemente montieren - Randfolie gemäß Detailplänen des Holzbauingenieurs einlegen - kraftschlüssige, sach- und fachgerechte Verschraubung auf die Auflager	Holzbauer
4	Lochband (i.d.R. 40x2,0) rechtwinklig zu Holzdecken-Elementen an deren Ränder gemäß Übersichtsplan montieren; Befestigung mit 2 RNä 4,0x40 im Abstand $a \ll 100$ mm; Endverankerung mit mindestens 20 RNä	Holzbauer
5	Bewehrungsmatten auf die Decken heben (an mehreren Stellen nur lagern, noch nicht verteilen)	Rohbauer
6	Holzbau weiter montieren, wobei sich die Ziffern 1 bis 6 stockwerksweise wiederholen	Holzbauer
7	Abschalungen bei den Auflagern sowie bei Treppenöffnungen und Durchbrüchen montieren	Holzbauer
8	Deckenuntersicht mit UV-Lasur behandeln – spritzen (Alternative zu UV-Lasur siehe Ziff. 21)	Malier
9	Randfolien bei Auflagern und Aussparungen gemäß Detailangabe mit SIGA-RISSAN, LDS o. gfw. auf den Holzdecken-Elementen und unterseitig an aufgehende Wände abkleben	Holzbauer
10	Bewehrung nach Bewehrungsplan verlegen	Rohbauer
11	Elektro- und Sanitärinstallationen verlegen - Montage genau nach Plan Elektrotechniker geprüft von HI; Lage der Leitungen hat Einfluss auf Tragverhalten der Decke - Zusätzliche Durchbrüche nur nach Rücksprache mit HI erstellen (sind zu planen!) - Sanitär- und Elektrodurchdringungen mit scharfen Werkzeugen präzise von unten bohren - Rohre und Leitungen dürfen nicht in die Schubkernen verlegt werden - Lüftungsrohre mind. alle 500mm mit Rohrschellen auf Holzdecken-Elementen befestigen	Alle Installateure
12	Randfolien bei Auflagern und Aussparungen kontrollieren, eventuell ergänzen, Durchbrüche abkleben	Holzbauer
13	Lose Teile und Abfall entfernen (mit Luftschlauch und/oder mit Industriestaubsauger)	Holzbauer
14	Zusätzliche Schubverbinder und Zusatzbauteile nach Bewehrungsplan / Werkplan montieren	Holzbauer
15	Kontrolle der Bewehrung und der Sprießung (Erstellung Protokoll)	Bauleiter-HI (+PI)
16	Kontrollieren der Überhöhung der Holzdecken-Elemente (vgl. Ziffer 2)	Holzbauer
17	Holzdecken-Elemente ca. ½ Stunde und 5 Minuten vor dem Betonieren mit Wasserschlauch gut benetzen; stehendes Wasser vermeiden!	Rohbauer
18	Im Regelfall mit der Decke über EG beginnend Betonieren (Größtkorn im Beton: 16 mm) - Beton mit Betonpumpe einbringen - Betonrezeptur nach Bewehrungsplan - Beton normal verdichten und sauber abziehen bzw. glätten - geeignete Nachbehandlung des Betons bei jeder Witterung (Reduzierung der Schwindverformung) - Der Aufbeton hat an allen Stellen die angegebene konstante Dicke aufzuweisen, d.h. er ist oberseitig entsprechend den Überhöhungen der Jochs (Ziffer 2) abziehen	Rohbauer
19	Während dem Betonieren mögliches Betonwasser auf Unterseite Decke mit nassem Schwamm wegwischen	Holzbauer
20	Höhen der Sprieße nachkontrollieren, sobald Beton eingebracht ist	Holzbauer
21	Fenster verdunkeln (wenn Untersicht nicht gemäß Ziff.8 mit UV-Lasur behandelt wird)	Holzbauer
22	Entfernung der Sprieße nach Erhärtung des Beton (28-Tage-Festigkeit), sofern keine anderslautende Angabe seitens HI vorliegt	Rohbauer
23	Bearbeiten der Untersicht mit Schleifvlies im Bereich der Deckensprieße, wenn nur leicht pigmentiert behandelt wird	Holzbauer

3.4 Holz-Modulbau: Brandschutz durch EI-Wände

- Auslöser: verheerende Brände in u.a. Flüchtlingsunterkünften und Schulbauten, ausgeführt als Modulbauten in Stahlbauweise
- Ursache: EI-Wände verhinderten nicht den Rauch- und Wärmeübertrag
- Grund: Verformungen die Rahmenkonstruktion (s.u.) gewährleisteten nicht mehr dichte Anschlüsse zu den Nachbar-Moduln. → Grundsätze des DIBt



Auch Module in Stahlbetonbauweise sind aufgrund der (nicht berücksichtigten) Einspannungen davor nicht gefeit.

Und wie sieht es im Holz-Modulbau aus?

Auch wenn ein Modul(bau) als Bauprodukt klassifiziert wird, benötigt dieser eine eigene abZ+abG sowie eine Überwachung im Werk.

Problem hierbei ist, dass im Hinblick auf EI zwar häufig auf die Details in der Musterholzbaurichtlinie (MHolzbaURL) verwiesen wird, diese aber auch in der Fassung von 2024 den Modulbau nicht umfasst.

Im Hinblick auf die Überwachung bringen uns auch die DIN 1052-10 und -11 nicht weiter; wengleich es zum Teil 11 im Spiegelausschuss schon die Diskussion gab, auch Modulbauten mit zu erfassen.

Bleibt z.Zt. nur die Möglichkeit, nach konstruktiven Lösungen zu suchen und erforderlichenfalls eine vbG zu beantragen.

Praxisbeispiel mit konstruktiver Lösung: mHB Stuttgart-Zuffenhausen → siehe pptx

3.5. Sonderthemen im Holzbau

– Biogasanlagen:

Sollen die Holzbalkendecken eines Biogas-Fermenters (aggressive Atmosphäre) ohne chemischen Holzschutz erstellt werden, kann dem nur zugestimmt werden, sofern die Holzbauteile seitens der Bauherrschaft regelmäßig überprüft und geschädigte Hölzer rechtzeitig ausgetauscht werden. Außerdem ist eine Prüfung der Tragfähigkeit dieser Holzdachtragwerke immer vor Reparatur- und Wartungsarbeiten erforderlich.

Art und Umfang der regelmäßig wiederkehrenden Prüfungen der Tragwerkskonstruktion regeln z.B. die «Hinweise für die Überprüfung der Standsicherheit von baulichen Anlagen durch die Eigentümer / Verfügungsberechtigten»

(siehe www.bauministerkonferenz.de/Hinweise).

– Baumwurf:

Nach einzelnen Landesbauordnungen ist auch der Nachweis des Schutzes der Nutzer baulicher Anlagen vor umstürzenden Bäumen zu erbringen.

Hierzu sind geometrisch die Lagen der Bäume im Verhältnis zum Gebäude, die Baumdurchmesser in 1,0 m Brusthöhe sowie die Baumarten festzustellen. Anschließend können aus den Ertragstafeln z.B. MLR 1993: *Hilfstabellen für die Forsteinrichtung* (Herausgeber: Ministerium für ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Landesforstverwaltung Baden-Württemberg) der zu erwartende Wuchs der Bäume in Abhängigkeit von der (Rest-)Nutzungsdauer des Gebäudes bestimmt und damit statische Nachweise hinsichtlich einer ausreichenden Standsicherheit geführt werden. Alternativ sind Abfangvorrichtungen oder landschaftsgärtnerische Maßnahmen denkbar. Das Durchschlagen von Ästen durch die Dachfläche im Windwurfbereich der Bäume ist

durch konstruktive Maßnahmen (z.B. verstärkte Schalung, reduzierter Sparrenabstand) auszuschließen. Dies ist auch beim nachträglichen Einbau von Dachfenstern zu beachten.

Die Auslegung von Gebäudestrukturen gegen Baumwurf kann nach [12] erfolgen.

3.6. Bauüberwachung / Ingenieurtechnische Kontrolle

- Tragwerksplaner sollten im Eigeninteresse Kontrollen durchführen und sich diese bezahlen lassen
- Die Abstimmung bei BÜ-Terminen mit PI ist selbstverständlich möglich
- Feststellung von Abweichungen zwischen Ausführungsplanung und Bauausführung
- Vorlage von Lieferscheinen seitens der Baufirma (AN)
- Holzkonstruktionen sind bei Transport und Montage vor Witterung zu schützen

3.7. Qualität der Planung

- Ein nachvollziehbarer und klarer Tragwerksentwurf muss die Grundlage bautechnischer Nachweise sein.
- Eine unzureichende Entwurfsplanung führt zu unwirtschaftlichen Tragwerken mit deutlich höheren Baukosten
- Ihre Ingenieurleistung hat seinen Preis; herabgesetzte Honorare lassen keinen Spielraum für gute Entwurfsplanung
- Wählen Sie einfache und klar verständliche Entwurfsgrundsätze und Berechnungsmethoden.
- Denken Sie schon im Entwurf (Lph 3) über Holzbaudetails nach
- Machen Sie es allen am Bau Beteiligten einfach(er)

4. Die nächste Generation Eurocode 5 – aktueller Stand, wichtige Änderungen

2004 wurden in der EU und einigen EFTA-Staaten einheitliche Bemessungsnormen eingeführt, die sogenannten EUROCODEs (EC). Ziel des Europäischen Komitees für Normung (CEN) war es, die unterschiedlichen oder sogar fehlenden Bemessungsrichtlinien in den Mitgliedsstaaten durch ein gemeinsames technisches Regelwerk mit einheitlichem Sicherheitsniveau zu ersetzen und so Barrieren in Europa weiter zu reduzieren. Um die langfristige Anwendbarkeit der Eurocodes zu gewährleisten, erteilte die Europäische Kommission im Jahr 2012 ein Mandat für die Erarbeitung einer zweiten Generation, die die ständigen technischen Entwicklungen und den Wissenszuwachs miteinbezieht. Bei der Entwicklung der zweiten EC-Generation waren die Anforderungen und Empfehlungen des EC0 und EC1 (zwingend) zu berücksichtigen. So war bei der Entwicklung der englischen Normtexte der gezielte Einsatz der Verbformen zu beachten:

- *shall* – deutsches «muss»: Anforderung (unbedingt zu befolgen) → bisher: (P) Prinzip
- *should* – «sollte»: Empfehlung (dringend empfohlen; alternativer Ansatz möglich, sofern technisch begründet)
- *may* – «darf»: zulässig im Rahmen der Eurocodes
- *can* – «kann»: Möglichkeit und Fähigkeit → nur in Bemerkungen (NOTEs)

Um die gleichzeitige Anwendung mehrerer Eurocodes zu erleichtern, insbesondere bei der Arbeit an hybriden Konstruktionen, sind die Überschriften der Hauptkapitel 1 bis 11 (bzw. 1 bis 5 bei Heißbemessung) in allen Material-Eurocodes jeweils identisch. Die Kapitel 2 und 3 wurden neu hinzugefügt.

Für die Normenreihe «EN 1995 – Bemessung und Konstruktion von Holzbauten» erarbeiten Experten seit 2015 regelmäßig Entwürfe zu bestimmten Themen des Holzbaus in Zusammenarbeit und Abstimmung mit den nationalen Normungsgremien. Nach einer umfassenden Überarbeitung der gesamten EC5-Reihe werden ab dem Jahr 2027 neue Versionen davon für alle Mitgliedsstaaten zur Verfügung stehen.

4.1. Wichtige Änderungen

Der EC5 Bemessung und Konstruktion von Holzbauten

(*EN 1995 Design of timber structures*) bleibt wie folgt unterteilt:

- Teil 1-1 – Gemeinsame Regeln und Regeln für Gebäude
(General rules and rules for buildings)
- Teil 1-2 – Tragwerksbemessung für den Brandfall (*Structural fire design*)

Neu: Teil 1-3 – Holz-Beton-Verbund (*Timber concrete composites*)

- Teil 2 – (Holz-)Brücken (*Bridges*)

Neu: Teil 3 – Ausführung (*Execution*)

Seit der Einführung der Europäischen Bemessungsnormen vor rund 20 Jahren hat sich kaum ein Bereich auf Produktebene so stark verändert wie der Holzbau. Dem Stand der Technik entsprechend wird das Regelwerk daher für Materialien und Werkstoffe wie Furnierschichtholz (LVL) und Laubholzprodukte erheblich erweitert sowie neue Materialien und Verbindungsmittel wie z.B. Brettsperrholz (CLT), verleimtes Furnierschichtholz (GLVL) und Vollgewindeschrauben eingeführt.

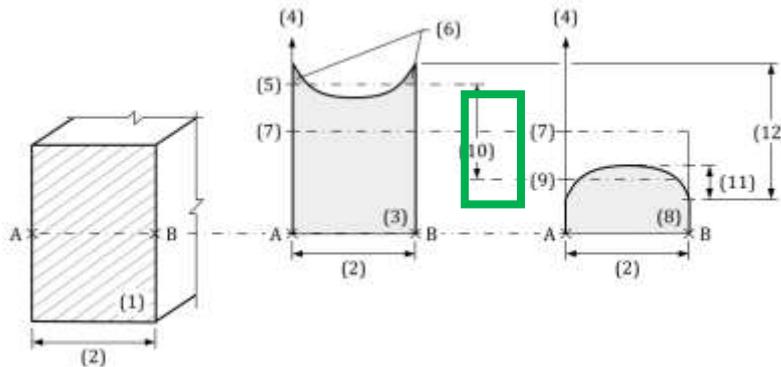
FprEN 1995-1-1: Zukunft wird Gegenwart: Die Hochbaubemessung

Zu den Abschnitten 4 «Grundlagen der Bemessung» und 5 «Baustoffe / Baustoffeigenschaften» der Norm gibt es zahlreiche Neuerungen; nachfolgend stichpunkthaft aufgelistet:

Kapitel 4 (ehem. Kapitel 2):

- Neu: Allgemeine Hinweise zur Robustheit von Konstruktionen
 - Verweis auf consequence classes im Eurocode 0 (EN 1990:2023) [6b]
 - Methoden zur Erhöhung der Robustheit in Anhang A.3 (informativ)
 - Bedeutung des konstruktiven Entwurfs: wesentlicher für Robustheit als komplexe rechnerische Analysen
- Abschnitt 4.2 «Principles of limit state design»: Für den SLS ist die Angabe zur Kombination und Überlagerung in den zugehörigen Abschnitt 9 verlagert worden.
- Neu: kurzer Abschnitt zu Einflüssen der Holzfeuchte (nur allgemein als Hinweis) Hinweis bisher nur indirekt durch Abschnitt Nutzungsklassen und durch Abschnitt 10 Ausführung.
- Geändert bzw. ergänzt: Nutzungsklassen:
 - Neu: Table 4.2: Angabe von relativen Luftfeuchten und mittleren Holzfeuchten für die Nutzungsklassen (bisher im NAD)
 - Ergänzung einer Nutzungsklasse (NKL) 4 für wassergesättigte Bauteile (nur Vollholz) mit Table 4.2; z.B. Holzpfähle (Anhang I.1). Wunsch v.a. der Niederlande, da es hier noch viele Gründungen mit Pfählen im Wasserbereich gibt.
 - Daher Beschränkung der NKL 3 auf relative mittlere Luftfeuchten bis 95% (Obergrenze) bzw. 85% (jährliches Mittel) und Holzfeuchten von 24% (Obergrenze) bzw. 20% (Mittel); Werte können für wenige Wochen überschritten werden.
 - Erläuterung Feuchteverteilung und maßgebende Werte in einem Diagramm (Figure 4.1)
 - Anpassung der k_{mod} -Werte (Table 5.3) für Vollholz: NKL 4 erhält die bisherigen k_{mod} -Werte für Nkl 3; k_{mod} -Werte der NKL 3 liegen künftig zwischen den Werten der Nkl 2 und der alten NKL 3 ($k_{mod} = 0,55/0,60/0,70/0,80[1,00]$)
 - k_{def} -Werte (Table 5.2) werden für NKL 3 und NKL 4 in gleicher Höhe angesetzt (Werte wie bisher NKL 3)

- Der Abschnitt 4.3 «Basisvariable» wird teilweise neu geordnet:
 - Themen «Feuchtegehalt, KLED, Nutzungsklassen sowie Baustoffe und Produkteigenschaften» bleiben in vorgeannt beschriebener geänderter Form im Abs. 4.3
 - «Baustoffe und Produkteigenschaften» enthalten Angaben zum Umgang mit Steifigkeitswerten in Abhängigkeit der Parameter Feuchte und Lasteinwirkungsdauer. Dies erfolgt nun in einem neuen Abschnitt 4.4 «stiffness values for structural analysis» – ohne inhaltliche Veränderungen. Die Anwendung der Steifigkeitswerte wird etwas klarer beschrieben, wenn auch nicht in Form einer zunächst schon enthaltenen Tabelle (wäre übersichtlicher).
- Neu im Abs. 4.4 ist ein Diagramm zur Darstellung des Prinzips der Steifigkeitsermittlung für K_{SLS} und K_{ULS} .



Key

- 1 Member cross-section
- 2 Width or depth of the cross-section
- 3 Moisture content profile, ...
- 4 Moisture content (vertical axis)
- 5 Upper limit of average moisture content, which is used to calculate the strength and stiffness of members and connections
- 6 Upper limit of moisture content may be exceeded for a few weeks per year

- 7 Yearly average moisture content, which is used to assign timber members to corrosivity categories for steel dowel-type fasteners
- 8 Moisture content profile, along the width or depth of the cross-section, under low relative humidity
- 9 Lower limit of average moisture content
- 10 Variation of the average moisture, which may be used to calculate dimensional changes of the section (in the case of unrestrained shrinkage)
- 11 Moisture difference, which may be used to estimate drying cracks in the zone of the member close to its surface
- 12 Moisture variation at the surface

FprEN 1995-1-1, Figure 4.1 – Moisture content along the width or depth of a timber cross-section under high and low relative humidity

- Abschnitt 4.5 «Verification by the partial factor method»
 - Zusätzliche Formel zur Ermittlung der Festigkeiten; bringt inhaltlich nichts Neues, nur dass es neben k_{mod} weitere Einflussfaktoren gibt.
 - Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe: Table 4.3 mit keinen Änderungen der Werte, aber Ergänzung durch differenziertere und ergänzte Auflistung von Baustoffen
 - Was noch fehlt ist die Angabe für die Ermittlung der Bemessungswerte für die Steifigkeitswerte (bisher Formeln 2.15 und 2.16)

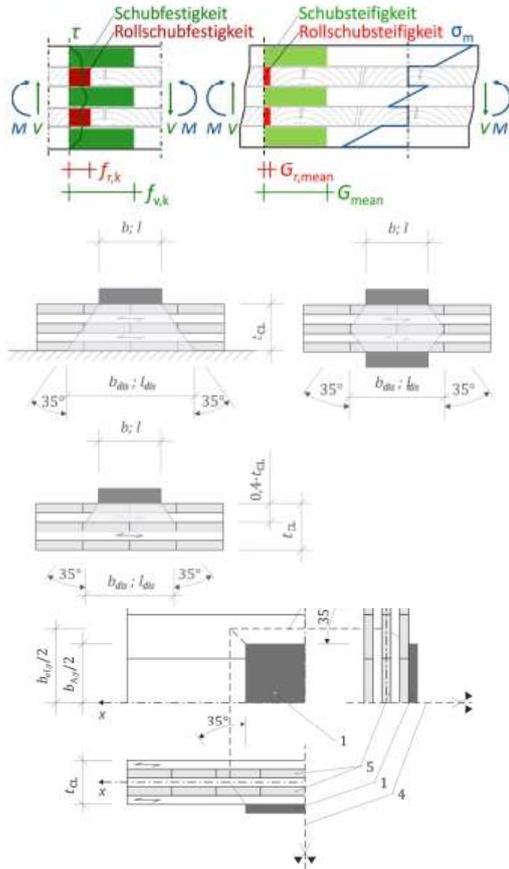
Kapitel 5:

- An mehreren Stellen zusätzliche Angaben, die bislang im NAD enthalten sind
- Ergänzung und stärkere Differenzierung von Table 5.3 (k_{mod}) und Table 5.4 (k_{def}). Damit geht aus den Tabellen die Anwendbarkeit der Baustoffe in den jeweiligen Nutzungsklassen besser hervor (bisher im NAD für die einzelnen Baustoffe genauer angegeben)

- Neu: Angabe von Schwind- und Quellwerten für die verschiedenen Baustoffe (Table 5.3 und Table 5.4, bisher NAD)
- Neue Materialien aufgenommen: Keilgezinktes Vollholz, auf Englisch «*glued solid timber*» (GST), Brettsperrholz (BSP) als «*cross laminated timber*» (CLT) (siehe [15]), Furnierschichtholz, auf Englisch «*glued laminated veneer lumber*» (GLVL)

Nachfolgend drei Auszüge aus [15]:

Abbildung 3: Brettsperrholz:



- Verlauf der Schub- und Biege-spannungen, Verformungsfigur sowie Schubfestigkeiten und Schubsteifigkeiten in Abhängigkeit der Lagenrichtung
- Konzentrierte Lasteinleitung in Scheibenebene
- BSP unter Einzellast (1 Lasteinleitungsfläche; 2 maßgebender Schnitt; 3 BSP; 4 Bauteilrand oder Symmetrieachse; 5 maßgebende Lage)

- Gruppierung der Materialien im Hinblick auf Materialparameter und Zitierung

FprEN 1995-1-1, Table 5.1 – Products and materials

No.	Groups and Subgroups	Product	EN	EAD ^a	
1	Solid wood based (SWB) ^c	Structural lumber (SL) ^c	Strength graded structural timber with rectangular cross-section (ST) ^{b,c}	EN 14081-1	—
2			Structural finger jointed timber (FST) ^{c,d}	EN 15497	—
3		Parallel laminated timber (PL) ^c	Glued solid timber (GST) ^{c,d}	EN 14080	—
4			Glued laminated timber (GL) ^{c,d}	EN 14080	EAD 130320-00-0304
5			Block glued glulam (BGL) ^{c,d}	EN 14080	—
6		Single layered solid wood panel (SWP-P) ^{c,e}	EN 13986 in conjunction with EN 13353	—	

6			Single layered solid wood panel (SWP-P) ^{ce}	EN 13986 in conjunction with EN 13353	—
7		Cross layered timber (CL) ^c	Cross laminated timber (CLT) ^{cd}	—	EAD 130005-00-0304
8			Multi-layered solid wood panel (SWP-C) ^{ce}	EN 13986 in conjunction with EN 13353	—
9	Veneer-based (VB) ^c	Laminated veneer lumber (LVL) ^{ce}	LVL with parallel veneers (LVL-P) ^{ce}	EN 14374	—
10			LVL with crossband veneers (LVL-C) ^{ce}	EN 14374	—
11		Glued laminated veneer lumber (GLVL) ^{cd}	GLVL with parallel veneers (GLVL-P) ^{cd}	—	EAD 130337-00-0304 EAD 130010-01-0304
12			GLVL with crossband veneers (GLVL-C) ^{cd}	—	EAD 130010-01-0304 EAD 130337-00-0304
13		PLY ^{ce}	Plywood (PW) ^{ce}	EN 13986 in conjunction with EN 636	—
14			Non-impregnated densified laminated wood (DLW) ^{ce}	EN 61061-3-1	—
15		Strand based (STB) ^{ce}		Oriented strand board (OSB) ^{ce}	EN 13986 in conjunction with EN 300
17	Wood-fibre-based (WFB) ^{ce}		Fibreboard, hard (HB) ^{ce}	EN 13986 in conjunction with EN 622-2	—
18			Fibreboard, medium (MB) ^{ce}	EN 13986 in conjunction with EN 622-3	—
19			Softboard (SB) ^{ce}	EN 13986 in conjunction with EN 622-4	—
20			Dry process fibreboard (MDF) ^{ce}	EN 13986 in conjunction with EN 622-5	—
21	Wood-particle-based (WPB) ^e		Resinoid-bonded particle board (RPB) ^{ce}	EN 13986 in conjunction with EN 312	—
22			Cement bonded particle board (CPB) ^e	EN 13986 in conjunction with EN 634-2	—
23	Composite wood-based beams and columns ^c		—	—	EAD 130367-00-0304

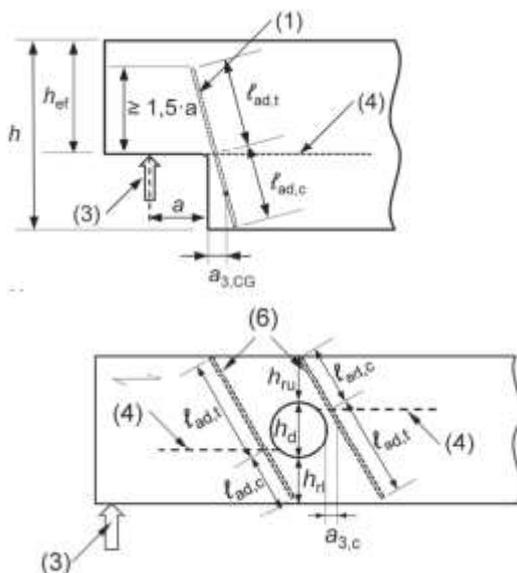
24	Gypsum-based (GYB)	Gypsum plasterboards (GPB)	EN 520	—
25		Gypsum fibreboards (GFB)	EN 15283-2	—
26	Timber-Timber-Composite (TTC)	Composite wood-based beams and columns	—	EAD 130367-00-0304
<p>a The column has the status of a NOTE (informative) and is not exhaustive.</p> <p>b Circular cross-section in static application are currently not covered by a European Technical Product Specification</p> <p>c Wood</p> <p>d Wood based products</p> <p>e Wood based panels</p>				

- Änderungen und Ergänzungen bei den Größeneinflussfaktoren:
 - Vollholz und BSH: zusätzlicher Größeneinfluss für Schubbeanspruchung
 - BSH: Höheneinfluss auch mit Abminderung der Festigkeit für $h > 600$ mm (Exponent 0,08; bisher keine Abminderung)
 - LVL: Höhen- und Längeneinfluss mit Angabe Exponent 0,15 anstatt Verweis auf EN 14374 wie bisher
- Ergänzung der Anwendung von Klebstofftypen in den einzelnen Nutzungsklassen

Kapitel 7 und 8:

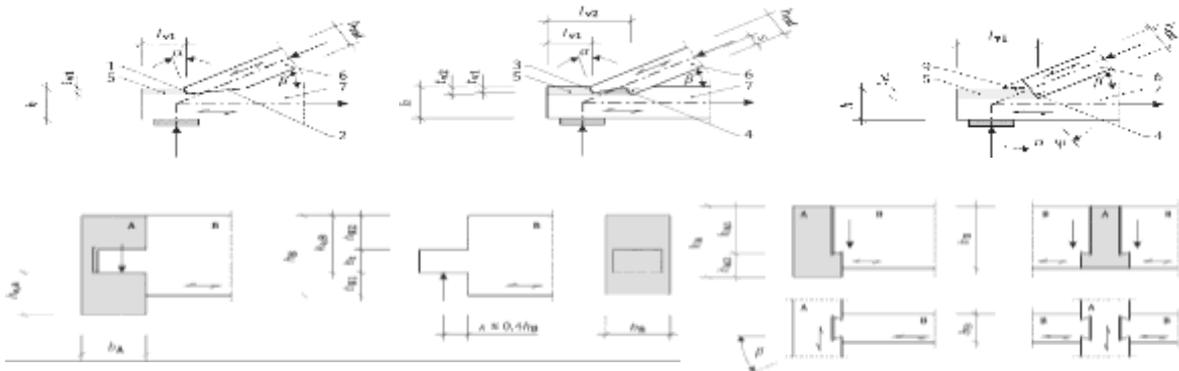
Für die Bemessungsnachweise der folgenden Abschnitte liefert das überarbeitete Kapitel 7 «Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit» der FprEN 1995-1-1 alle notwendigen Randbedingungen.

Kapitel 8 «Nachweise für Bauteile im GZT» ist thematisch in zwei Teile unterteilt: Der erste Teil umfasst alle Nachweise für ein allgemeines Bemessungsverfahren, während der zweite Teil Bemessungsverfahren für Bauteile mit besonderen Anforderungen enthält, z. B. umfangreiche Regelungen für querzugbeanspruchte Bauteile (dabei auch Querzugverstärkungen und Bauteile mit loseem Firstkeil und veränderlicher Höhe; bisher Teil des deutschen Nationalen Anhangs / NA), ausgeklinkte Träger (verstärkt und unverstärkt) sowie für Durchbrüche (auch Gruppen, exzentrische Durchbrüche und geneigte Verstärkungen). Nachfolgend drei Auszüge aus [15]:

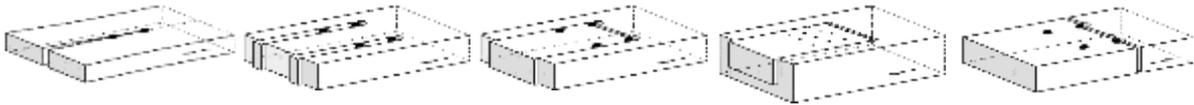


- Verstärkte Ausklinkung (1 geneigtes stiftförmiges Verstärkungselement; 4 mögliche Risslinie)
- Verstärkter Träger mit Durchbruch (4 mögliche Risslinie; 6 geneigte Verstärkung im Fall von z.B. hohen Schubbeanspruchungen)

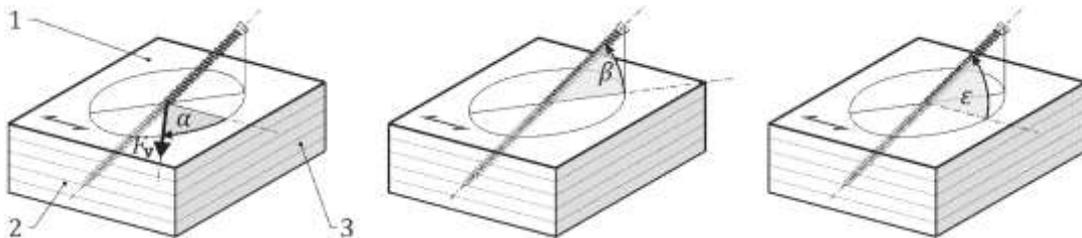
- Auszug wesentlicher Neuerungen und Änderungen für
 - Eingeklebte Gewindestangen
 - Verstärkungen (siehe Kapitel 7; Abbildung aus [5])
 - Zimmermannsmäßige Zapfen- und Schwalbenschwanzzapfen-Verbindungen



- moderne Holzschrauben großen Durchmessers
- auf Druck beanspruchte Schrauben (Knicken), wie bisher in ETAs
- sprödes Versagen des Holzes im Verbindungsbereich parallel zur Faserrichtung (Blockscheren, Reihenscheren; Abbildung aus [18])



- zu berücksichtigende Winkel für Schrauben in Kombination mit mehrlagigem «neuem» Werkstoff Brettsperrholz (CLT; Abbildung aus [18])



- Erweiterung der Angaben zu Kopfdurchziehtragfähigkeiten, Ausziehwiderstände, Lochleibungsfestigkeiten (weitere bzw. genauere Angaben zu Verbindungsmittel-Holz(werkstoff)kombinationen)
- Regeln für momentenbeanspruchte Verbindungsmittel
- Verbindungsverschiebung
- Kombination Schub- und Zugbeanspruchung
- Verstärkte auf Abscheren («lateral») beanspruchte Verbindungen (bislang NA)
- Neuer Ansatz für Stahlblech-Holzverbindungen (Lochleibungsfestigkeit des Stahls in Johansen-Gleichungen)
- Vereinfachte Johansen-Gleichungen mit erforderlichen Holzdicken (analog deutscher NA)
- Mehrschnittige Verbindungen
- Verbindungen mit Zwischenschichten (→ Anhang F.4)
- Bemessung duktiler Verbindungen

Die nachfolgende Tabelle aus dem Entwurf des neuen EC5 gibt einen Überblick über die nunmehr geregelten Verbindungsmittel und Verbindungen.

FprEN 1995-1-1, Table 5.2 – Fasteners and connectors

No.	Group	Subgroup	Product	EN	EAD ^a	
1	Metal dowel-type fasteners	Nail	Smooth shank nail	EN 14592	—	
2			Ring shank nail		EAD 130287-00-0603	EAD 130033-00-0603
3		Staple	Staple		EAD 130019-00-0603	—
4		Dowel, bolt with nut	Dowel, bolt with nut		—	
5		Screw	Lag screw		—	
6			Self-drilling screw, self-tapping screw		EAD 130118-01-0603 EAD 130033-00-0603	
7		Threaded rod	Rod with wood screw thread		—	EAD 130118-01-0603
8			Rod with metric thread		EN ISO 898-1, EN ISO 3506-1	—
9			Ribbed rods		—	EN 10080
10	Expanded tube fasteners	—	Non-alloy steel tubes	EN 10255:2004 Table 2 – M (medium series)	—	
11	Shear connectors	Single-sided shear connector	Shear plate connector, toothed-plate connector	EN 14545	—	
12		Double-sided shear connector	Shear plate connector, ring connector, toothed-plate connector			
13	Punched metal plate fasteners	—	Punched metal plate fasteners	EN 14545-1 ¹	—	
14	Connector plates	—	Nailing plate, strap tie, L strap tie, T strap tie	EN 14545-2 ²	—	
15	Metal 3D-connectors	—	Twist strap, angle bracket, joist hanger, hold-down device	—	EAD 130186-00-0603	
^a The column has the status of a NOTE (informative) and is not exhaustive. NOTE Field splice plates are a two part connector plate with one part being a punched metal plate fastener and the second part being a nailing plate.						

Anhang I.4 enthält Angaben zu mit Kunstharzpressholz verstärkten Rohrverbindern. In den Materialnormen bzw. EAD's für die Bemessung anzugebende Kennwerte sind im normativen Anhang M aufgelistet; dies betrifft neben den erforderlichen Fließmomenten auch die Korrosions-Widerstandskategorien in Holz und in der Atmosphäre.

Der informative Anhang N enthält Festigkeitsangaben für Schrauben und Stahlstangen mit Holzschraubengewinde.

Sonstiges:

Zusätzlich wurde informativ eine Technische Spezifikation (TS) für die Bemessung von Holz-Beton-Verbund-Konstruktionen (HBV-Konstruktionen) als CEN TS 19103 veröffentlicht, welche praktische Anwendungserprobungen ermöglichen und die Anwender:innen auf eine FprEN 1995-1-3 vorbereiten soll.

Für die Bemessung und Ausführung eingeklebter Stahlstangen werden in der FprEN 1995-1-1, Kapitel 11, und der FprEN 1995-3 Regeln angegeben.

Darüber hinaus wurden Regelungen für die Ausführung (*execution*) von Holzkonstruktionen – die Standsicherheit betreffend – in einem neuen Teil 3 der Normenreihe zusammengefasst und wesentlich erweitert. So wurden (ausgehend vom Eurocode 0) umfangreichere Regelungen zur Dauerhaftigkeit in allen Normenteilen aufgenommen.

Die Regelungen im Eurocode 8 «Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben» (jetzt EN 1998-1-2) wurden für Holzkonstruktionen wesentlich erweitert.

Es bleibt festzuhalten, dass die EC5-Bestimmungen zur Standsicherheit von Bauwerken überarbeitet, erweitert und an den Stand der Technik angepasst wurden. Trotz der dreifachen Seitenzahl und der gestiegenen Anzahl an NDPs (im Wesentlichen aufgrund von EC0 und EC1) haben die Normenschreiber:innen stets die Frage der Praxistauglichkeit im Auge behalten, z. B. durch vereinfachte Berechnungsverfahren.

FprEN 1995-1-2: Erweiterte Bemessungsregeln für den Brandfall (vgl. [14], [19])

Gemeinsam mit den Bemessungsregeln zum Nachweis der Standsicherheit von Holzbaukonstruktionen unter Normaltemperatur entstehen mit der FprEN 1995-1-2 neue begleitende Regeln zum Nachweis von Holzbaukonstruktionen für den Brandfall.

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

- tabellierte Aufbauten / Nachweise,
- vereinfachte (Hand-)Bemessungsmodelle, und
- erweitertet numerische Simulationsmodelle

parallel und gleichwertig zur Verfügung gestellt.

Neben den vereinfachten (Hand-)Bemessungsmodellen und erweiterten numerischen Simulationsmodellen (z.B. Finite-Elemente-Simulationen), deren Prinzipien bereits Gegenstand der aktuellen Heißbemessungsregeln im Holzbau sind, wird erstmals durch die Listung nachgewiesener Aufbauten und Konstruktionen dem Anwender eine einfache und zügige Möglichkeit zum herstellerneutralen Nachweis des Feuerwiderstands gegeben. In Deutschland waren solche Ansätze aus den tabellierten Nachweisen der DIN 4102-4 bekannt.

Eine weitere wesentliche Änderung in der Nachweisstruktur der FprEN 1995-1-2 ist die Streichung des Verfahrens der «*Methode mit reduzierten Eigenschaften*» und die damit verbundene Erweiterung der Bemessungsregeln für die «*Methode mit effektivem Querschnitt*». Hierdurch wird für alle Holzbauteile einheitlich und vergleichbar mit den bisherigen Regelungen, durch die Ermittlung des 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.

In der Überarbeitung der FprEN 1995-1-2 werden die produkttechnologischen Entwicklungen der letzten 20 Jahre nun auch in der Brandschutzbemessung im Holzbau aufgegriffen. Weiterführend wird den aktuellen nationalstaatlichen Brandschutzanforderungen 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. Gleichzeitig wurden Bemessungsregeln für Produkte wie Brettspertholz, Holz-Beton-Verbundelemente und I-Stegträger integriert sowie Abbrandraten zusätzlicher praxisrelevanter Holzarten wie Esche aufgenommen.

Ebenso erlaubt die nächste Generation FprEN 1995-1-2 die Berücksichtigung der Schutzwirkung von biogenen Gefachdämmstoffen, Holzfaserdämmplatten, Lehmwerkstoffen oder Estrichen in Fußbodenaufbauten.

Mit der zukünftigen normativen Berücksichtigung der erhöhten Schutzfunktion von Gipskartonfeuerschutzplatten und Gipsfaserplatten im Hinblick auf einen reduzierten Abbrand werden im Vergleich zum heutigen Ansatz deutliche Optimierungen in der Bemessung möglich.

Mit der Erweiterung der konstruktiven Regelungen zur Detailausführung wird dem Aspekt einer ganzheitlichen brandschutztechnischen Planung Rechnung getragen. Hierbei wird auf die Ausführung von geeigneten Befestigungen, Fugen und Anschlüssen als auch auf die Integration haustechnischer Installationen eingegangen.

Ergänzend zum Hauptteil der FprEN 1995-1-2 liefern neue Anhänge Regelungen zur Naturbrandbemessung von Holzbauteilen und normative Beurteilungsverfahren zur Bestimmung der Abbrandrate von Holz und Holzwerkstoffen, der Hochtemperatur-eigenschaften von Verklebungen aber auch zur Bestimmung der brandschutz-technischen Wirkung von neuen Bekleidungen.

Zukünftig EN 1995-1-3; z.Zt. CEN TS 19103 Holz-Beton-Verbund-Bauwerke

Die Bemessungsregeln für Holz-Beton-Verbund (HBV)-Konstruktionen sollen erprobt werden; hierzu wurde die europäische Vornorm bereits ins Deutsche übersetzt und als DIN CEN/TS 19103 (Vornorm 2022-02) veröffentlicht.

Darin ist das Trag- und Verformungsverhalten der Kerbe als Schubverbundmittel geregelt. Im Hinblick auf die abhebenden Kräfte der Kerbe sind Beanspruchungen auf diese Abhebesicherung (Tellerkopfschrauben) angegeben.

Ausgehend von [20] und den Untersuchungen an der Universität Stuttgart wurde festgestellt, dass durch das rheologische Materialverhalten (Schwinden und Kriechen sind zeitlich gegenläufig) neben den Zeitpunkten $t=0$ und $t=\infty$ auch der Zeitraum 3 bis 7 Jahre nachzuweisen ist, da i.d.R. maßgebend (Allgemein anerkannter Stand der Technik). Grundsätzlich sind auch alle bisher durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung / allgemeine Bauartgenehmigung (abZ/aBG) bzw. europäisch technischer Bewertung (ETA) geregelten Verbindungsmittel einsetzbar.

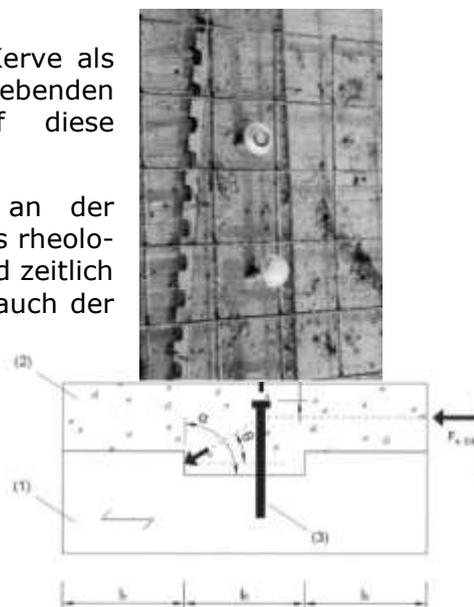


Figure 10.2 - Notched connection dimensions

4.2. Holzbrücken nach FprEN 1995-2

Die Dauerhaftigkeit, Abdichtungssysteme, Holz- und Korrosionsschutz und damit die Robustheit sind elementare Bausteine für die Planung von Holzbrücken. Dabei waren auch (die für Hochbauten gleichermaßen geltenden) Vorgaben der EN 1990:2023 mit Anhang A.2 Brücken zu berücksichtigen; insbesondere

- Definition 3.1.2.26 Maintenance
- Kapitel 4.8 Quality management (should-rules)
- Anhang A.2.4 Durability (shall-rules)

Die darin enthaltene Tabelle zur Nutzungsdauer wurde wie folgt für Brücken angepasst:

FprEN 1995-2, Table 4.1 (NDP) – Design Service Life T_{if} – Categories for Timber Bridges

	Category of Timber Structures	Design Service Life, T_{if} [years]
1	<i>Protected timber bridges (including their foundations and steel tension components according EN 1993-1-11), other civil engineering structures supporting road or railway traffic ^a</i>	100 ^b
2	<i>Timber bridges with the main structural members protected for a 50-year design service life ^b</i>	50 ^b
3	<i>Replaceable structural parts of bridges line 1 and 2 ^d</i>	25
4	<i>Temporary structures ^d</i>	≤ 10
<p>^{a (b)} See EN 1990:2023, Table A.2.2 (NDP) footnote a (b)</p> <p>^b Line 2 can be relevant, for example, for bridges in a low consequence class where the economic consequences of replacement after a shorter design service life are agreed to be acceptable by the relevant authority, or where not specified, agreed for a specific project by the relevant parties, for bridges in another building and noise barriers on bridges with walls made of timber elements.</p> <p>^c A value of 25 years may be given for replaceable structures or parts as well. The protection of steel elements against corrosion should fulfil the design service life. Steel tension components according EN 1993-1-11 shall be designed with a design service life of 100 years (see 4.1.2.2), even if they should be replaceable. Ancillary structures should be classified as replaceable parts of the main structure.</p> <p>^d See EN 1990:2023, Table A.2.2 (NDP) footnote c. Unprotected timber members should be classified as temporary structures. For timber with high durability class see 6.1.2 (6).</p>		

In der künftigen Holzbrückennorm wird daher zwischen geschützten und nicht geschützten Bauteilen / Brücken unterschieden.

Im Kapitel 6 werden dann die Anforderungen an geschützte Brücken beschrieben. Im Anhang D wird anhand konkreter Beispiele aufgezeigt, wie Holzbrücken grundsätzlich geschützt werden können.

In diesem Zusammenhang wurden in FprEN 1995-2, 6.2 auch die Erfahrungen in Deutschland und der Schweiz mit Asphaltbelägen eingebracht (siehe auch [23]).

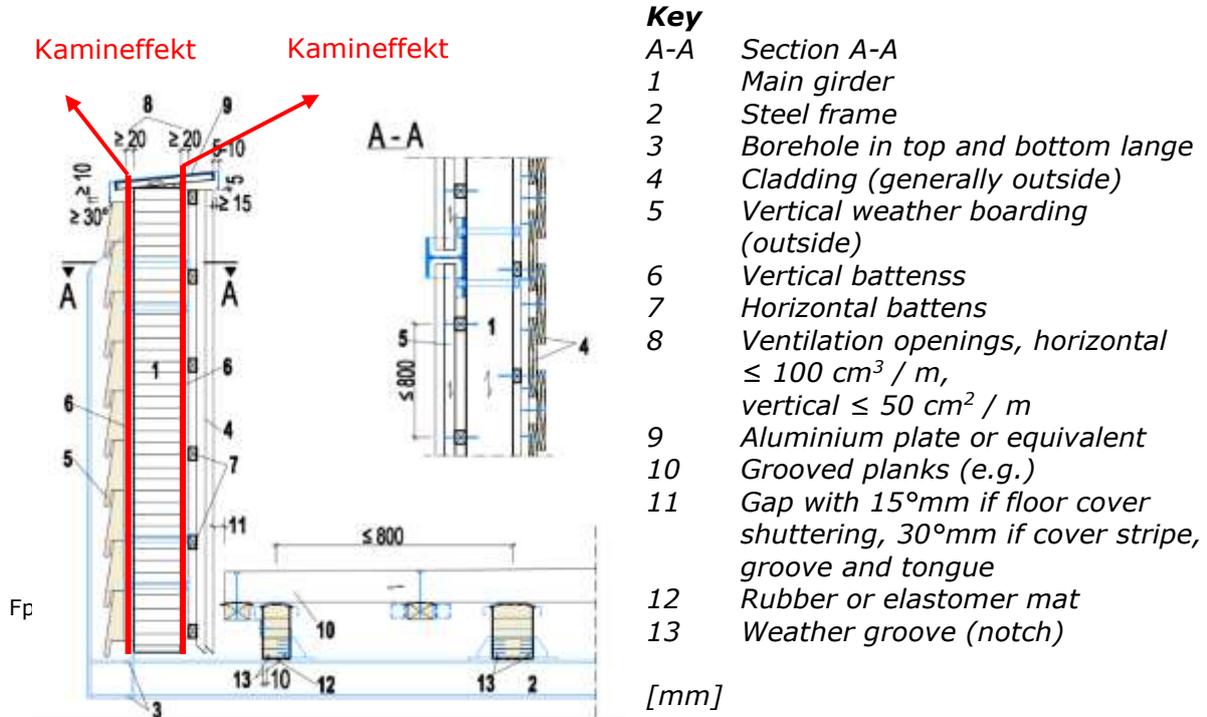
Ferner müssen Brücken aller Materialien in regelmäßigen Intervallen inspiziert werden. Hierbei kann ein Monitoring hilfreich sein (siehe hierzu auch Anhang E).

Auch diese Beispiele in Anhang D waren sprachenneutral zu erstellen. Deshalb folgt nach jeder Zeichnung der «Key» mit Erläuterung zu den einzelnen Buchstaben und Zahlen innerhalb der Zeichnung.

Nachfolgend ein Beispiel:

Lüftungsöffnungen
horizontal $\geq 100 \text{ cm}^2/\text{m}$
vertical $\geq 50 \text{ cm}^2/\text{m}$
Minstdicke 20 mm

Lüftungsöffnungen für den Kamineffekt
wurden in rot ergänzt.
Bei Einhaltung der Querschnitte kann auf einen
aerodynamischen Nachweis verzichtet werden.



FprEN 1995-1-1, Annex D – Construction measures – Weather protection of through bridge by cladding

Der Schutz stählerner Verbindungsmittel in Holzbrücken vor Korrosion wird in Tabelle 6.2 der FprEN 1995-2 behandelt; der Schutz von Stahlbauteile im EC3

prEN 1995-2 – Table 6.2 – Timber exposure T_E -categories and atmospheric exposure C_E -categories with examples of minimum requirement for thicknesses for pure zinc coating, hot-dipped galvanized coating, and types of stainless steels for timber bridges (outdoor) with a design service life of 100 years [50 years]

Situation	Timber exposure category ^{a)} T_E	Atmospheric exposure category ^{b)} C_E	Typical atmospheric exposure ^{c)} (informative)	Examples of minimum	
				zinc thickness ^{d)}	stainless steel grade (type) ^{e)}
Protected outdoor with access of pollution (SC2 and SC3)	T_{E3}/T_{E4}	C_{E2}	$L_{sea} > 10 \text{ km}$ $L_{street} > 100 \text{ m}$ and/or low polluted area ($< 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ of SO_2)	T_{R3} : 40 μm ^{f)} (n/a ^{g)} if T_{E4}) [20 μm ^{f)} (55 μm if T_{E4})] ^{h)}	CRC II (e.g. 1.4301)
	T_{E3}/T_{E4}	C_{E3}	$10 \text{ km} > L_{sea} > 3 \text{ km}$ $100 \text{ m} > L_{street} > 10 \text{ m}$ and/or medium polluted area ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \leq \text{SO}_2 \leq 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	C_{R3} : 110 μm [80 μm] ^{h)}	CRC III (e.g. 1.4401)
	T_{E3}/T_{E4}	C_{E4}	$3 \text{ km} > L_{sea} > 0,25 \text{ km}$ $L_{street} < 10 \text{ m}$ and/or high polluted area ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SO}_2 \leq 90 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	C_{R4} ^{b)} : n/a ^{g)} [110 μm] ^{h)}	CRC III (e.g. 1.4401)
	T_{E3}/T_{E4}	C_{E5}	$L_{sea} < 0,25 \text{ km}$ and/or very high polluted area ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3 < \text{SO}_2$)	C_{R5} ^{b)} : n/a ^{g)}	CRC III (e.g. 1.4529)
Permanent in contact with ground- or fresh-water (SC4) ⁱ⁾	T_{E5}	n/a ^{g)}	For $T_{E5}/\text{SC4}$ especially in case of seawater each case should be evaluated individually.	C_{R5} ^{b)} : n/a ^{g)}	CRC III to CRC V

^{a)} Timber exposure categories T_{E3} , T_{E4} and T_{E5} are according to prEN 1995-1-1:2025, Table 6.2

^{b)} Atmospheric exposure categories C_{E2} , C_{E3} , C_{E4} and C_{E5} are according to prEN 1995-1-1:2025, Table 6.2 and Table 6.3

^{c)} The specified values for SO_2 are reference values only and may vary.

L_{sea} indicates distance from the sea. The actual exposure depends on the prevailing wind direction and the topography of the coast to saltwater seas e.g. Atlantic Ocean, North Sea, Baltic Sea, Mediterranean Sea, Black Sea, Irish Sea

L_{street} indicates distance from roads with heavy traffic with de-icing salt

^{d)} pure zinc coating and hot-dipped galvanized coating T_{R3} is the timber resistance class according to prEN 1995-1-1:2025, 6.3

C_R are the resistance classes for metal fastener or connector made of carbon steel to corrosion according to prEN 1995-1-1:2025, 6.3

^{e)} Minimum corrosion resistance class for stainless steel grade shall be determined in accordance with EN 1993-1-4

^{f)} CrIII passivation may allow the reduction of zinc thickness by 25 % and CrVI passivation by 50 %

^{g)} not applicable

^{h)} values in square brackets for timber bridges with a design live time of 50 years

Ausgehend von EN 1990:2023 nimmt das Thema der Dauerhaftigkeit (*Durability*) (und Nachhaltigkeit) und damit auch das der Inspektion und Unterhaltung (*Inspection and maintenance*) einen deutlich größeren Stellenwert auch in der Holzbaunorm ein; siehe auch FprEN 1995-2, Anhang E.

4.2 FprEN 1995-3: «Execution» bzw. Ausführung zum Eurocode 5

Der Teil 3 des EC5 ersetzt den Abschnitt 10 «Ausführung und Überwachung» der aktuellen DIN EN 1995-1-1:2010-10 und wurde im Rahmen der aktuellen Normungsarbeiten zur nächsten Eurocode 5-Generation zu den mandatierten Normungsinhalten zusätzlich in der Working Group 9 «Execution» erarbeitet.

Insofern behandelt der Normenentwurf drei wesentliche Schwerpunkte:

- Dokumentation und Inspektion (Abschnitt 4)
- Ausführung bzw. Verarbeitung (Abschnitt 5)
- Zulässige geometrische Abweichungen (Abschnitt 6)

In Ergänzung zu den Inhalten des Hauptteils werden nach [24] folgende informative Anhänge aufgeführt:

- zum Anwendungsbereich,
- zum Unterabschnitt Verklebungen,
- zu Holzpfählen,
- Unebenheiten,
- Zimmermannsmäßige Verbindungen,
- Brandsicherheit der gesamten Tragstruktur,
- weitere detaillierte Regelungen zur Erdbebensicherheit,
- mit verdichtetem Furnierholz verstärkte Rohrverbindungen.

Mit den Schwerpunkten auf die Themen «Dokumentation und Kontrolle», «Ausführung» und «zulässige geometrische Abweichungen» ist der Entwurf in weiten Teilen anwendbar in Deutschland. Allerdings sind bis zur Veröffentlichung und Inkrafttreten noch zwei wesentliche inhaltliche Anpassungen vorzunehmen, um eine Anwendung in Deutschland zu ermöglichen:

- Die Anforderungen in Abschnitt «Dokumentation und Kontrolle» (Abschnitt 4.3) müssen sich ohne Ausnahmeerklärung für Einfamilienhäuser an der EN 1990:2023 in Bezug auf die Festlegung der Schadensfolgeklassen (A.1.2 Consequence classes) orientieren.
- Ferner sind die Anforderungen für Schraubenpressklebungen (Abschnitt 5.6.7.3) insbesondere in Bezug auf Schraubendimensionen und zulässige Abstände bei geklebten Tafелеlementen mit der aktuellen DIN 1052-10 abzustimmen.

Darüber hinaus können die restlichen Inhalte als praxistaugliche Weiterentwicklung und als anwendbar in Deutschland angesehen werden. Der Normenentwurf enthält darüber hinaus auch Regelungen aus der prEN 1995-2.

Abschließend ist für alle Normenteile darauf hinzuweisen, dass sich die genannte Nummerierung von Tabellen, Bildern und Anlagen noch bis nach dem Formal Vote ändern kann.

5. Literatur

(Ausgabe Jahr-Monat)

- | | | | |
|------|-----------------------|--|-------------------------------------|
| [1] | MBO | Musterbauordnung;
Umsetzung erfolgt durch die einzelnen Bundesländer; z.B. | |
| [1a] | BayBO | Bayerische Bauordnung, aktuelle Fassung | (2023-07-23) |
| [1b] | LBO BW | Landesbauordnung für Baden-Württemberg,
aktuelle Fassung | (2023-06-13) |
| [2] | LBOAVO | Allgemeine Ausführungsverordnung zur LBO BW
wird laufend aktualisiert, akt. Fassung | (2010-02-05) |
| [3] | MVV TB | Musterliste Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen
Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin
veröffentlicht in: DIBt Mitteilungen; ab 2017-12
Umsetzung erfolgt durch die einzelnen Bundesländer; z.B. | |
| [3a] | BayTB | Bayerische Technische Baubestimmungen | (2022-06) |
| [3b] | VwV TB | Technische Baubestimmungen Baden-Württemberg | |
| [4] | MHolzBauRL | Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen
an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise
MHolzBauRL
veröffentlicht in den DIBt-Mitteilungen, Ausgabe 4, am 23.06.2021
Umsetzung erfolgt durch die einzelnen Bundesländer; z.B. | (2020-10) |
| [4a] | MHolzBauRL | Fassung 2020-10 mit Anlage A 2.2.1.4[1Bay der BayTB [2a] Teil A | |
| [4b] | HolzBauRL | in Verbindung mit der VwV/TB [2b], Teil A, Anlage A 2.2/BW2,
Absatz 4.1 Holztafelbauten | (in Baden-Württemberg) |
| [4c] | MHolzBauRL | Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen
an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise
(MHolzBauRL) | (2024-09-24) |
| [4d] | MHolzBauRL | 1:1 als Anlage B übernommen in
Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen
von Rheinland-Pfalz (VV TB RP) | (2024-12-20) |
| [5] | DIN 4102 | Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen | |
| | Teil 1 | Baustoffe, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen | (1998-05) |
| | Teil 2 | Begriffe, Anforderungen und Prüfungen | (1977-09) |
| | Teil 4 | Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter
Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile | (2016-05) |
| [6] | DIN EN 1990
/NA | Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung
Nationaler Anhang –
National festgelegte Parameter | (2010-12)
(2010-12) |
| [6a] | DIN EN 1990 | Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung
Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010 | (2021-10) |
| [6b] | EN 1990 | Eurocode: Basis of structural and geotechnical design | (2023-04) |
| [7] | DIN 4149 | Bauten in deutschen Erdbebengebieten –
Lastannahmen, Bemessung und Ausführung
üblicher Hochbauten | (2005-04) |
| [7a] | DIN EN 1998
Teil 1 | Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben
Grundlagen,
Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten | (2013-05) |
| | A1
-1/NA | Änderung A1
Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter -
Eurocode 8, Teil 1 | (2010-12), (E 2023-07)
(2023-11) |

- [8] DIN EN 1995 Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauwerken
 Teil 1-1 Allgemeines –
 Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau (2010-12)
 1-1/NA Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter (2010-12)
 ersetzt durch Ausgabe (2013-08)
 Teil 1-2 Allgemeine Regeln –
 Tragwerksbemessung für den Brandfall (2010-12)
 1-2/NA Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter (2010-12)
- [8a] FprEN 1995 Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauwerken
 Teil 1-2 Allgemeine Regeln –
 Tragwerksbemessung für den Brandfall (Entwurf 2023-09)
- [9] DIN 4074 Sortierung von Nadelholz nach der Tragfähigkeit
 Teil 1 Nadelschnittholz (1989-09) (2012-06)
 Teil 3 Sortiermaschinen
 Anforderungen und Prüfung (1998-09, E 2001-05)
 Teil 4 Nachweis der Eignung zur maschinellen
 Schnittholzsortierung (1989-09, E 2001-05)
- [10] DIN 68800 Holzschutz im Hochbau
 Teil 1 Allgemeines (1984-01) (2011-10)
 Teil 2 Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau (1980-01) (2012-02)
 Teil 3 Vorbeugender chemischer Holzschutz (1980-04) (2012-02)
 Teil 4 Bekämpfungs- und Sanierungsmaßnahmen
 gegen Holz zerstörende Pilze und Insekten (2012-02)
 Teil 5 Vorbeugender chemischer Schutz von Holzwerkstoffen (1978-05)
- [11] KOLLMANN, F. 1952
 Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe.
 Erster Band, Springer-Verlag, Berlin
 2. Auflage, 1982
- [11a] KOLLMANN, F.; CÔTÉ, W. 1968
 Principles of Wood Science and Technologie;
 I – Solid Wood.
 Erster Band, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York
- [12] GEROLD, M.; SCHLÜTER, F.-H. 2003
 Auslegung von Gebäudestrukturen gegen Baumwurf.
 In: Baudynamik, VDI-Fachtagung in Kassel,
 VDI-Bericht Nr. 1754, S. 150 – 178, VDI Verlag GmbH, Düsseldorf,
 ISBN 3-18-091754-7; siehe auch www.harrer-ing.de
 siehe auch: Gebäude im Windwurfbereich von Bäumen.
 In: Bauingenieur 78 (2003), H. 7/8, S. 349 – 359
- [13] GEROLD, M. 2013
 Holz kann Holz kapseln – Studentenwohnheim Tübingen.
 4. HolzBau Spezial: Akustik Brandschutz im Holz- und Innenausbau.
 Forum Bad Wörishofen 13.-14.03.2013
 In: Tagungsbericht Hochschule für Architektur, Bau und Holz HSB, CH-Biel (Hrsg.)
- [14] Schenk, M.; Werther, W.; Gerold, M. 2022
 The Next Generation – Die Weiterentwicklung der Holzbaubemessung nach Eurocode 5.
 In: Quadriga, H. 6, p. 16 – 19
- [15] Dietsch, P.; Schickhofer, G.; Brunauer, A.; Tomasi, R.; Hübner, U.; Krenn, H.;
 Mestek, P.; Moosbrugger, T.; Wiegand, T. 2018
 Eurocode 5:2022 – Einführung in die neuen Abschnitte Brettsperrholz und Verstärkungen.
 In: Karlsruher Tage 2018 – Holzbau – Forschung für die Praxis, S. 65-84
 Tagungsband: Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine (Hrsg.)
- [16] Hamm, P. 2022
 Vibration, Deflections.
 In.: 4th International Conference on Timber Bridges ICTB2021^{PLUS}, Biel (Schweiz)
- [17] Stepinac, M.; Cabrero, J.M.; Ranasinghe, K.; Kleiber, M. 2018
 Proposal for reorganization of the connections chapter of Eurocode 5.
 In: Engineering Structures, H. 17, S. 135 – 145

- [18] Hübner, U. 2022
Überblick über das neue Kapitel zur Verbindungstechnik im Eurocode 5.
In: 26. Internationales Holzbau-Forum IHF 2022, Band I, S. 267-276
- [19] Frangi, A.; Just, A.; Werther, N. 2022
Die neue europäische Holzbau-Brand-Bemessungsnorm EC5-1-2 – was ist neu und besser.
Geklebte Holzbauteile im Brandfall – BSH, BSP, I-Träger.
In: 26. Internationales Holzbau-Forum IHF 2022, Band II, S. 169-178
- [20] Gerold, M.; Kuhlmann, U.; Di Risio, T.; Sulzberger, L.; Schänzlin, J. 2000
Messungen des Langzeitverhaltens der Brettstapel-Beton-Verbunddecken des Südstadt-
blocks 9 in Tübingen.
Langfassung Forschungsbericht, durchgeführt im Auftrag der DGfH, München
- [21] Schänzlin, J.; Dias, A. 2022
TCC and Integral Bridges.
In.: 4th International Conference on Timber Bridges ICTB2021PLUS, Biel (Schweiz)
- [22] Gerold, M. 2022
The further Development of the Design of Timber Structures according to Eurocode 5 – Part 2:
Timber Bridges.
In.: 4th International Conference on Timber Bridges ICTB2021^{PLUS}, Biel (Schweiz)
- [23] Müller, A.; Schiere, M.; et al. 2022
Details for timber bridges with asphalt wearing surfaces.
Creating a connection between asphalt surface and timber deck bridges.
In.: 4th International Conference on Timber Bridges ICTB2021PLUS, Biel (Schweiz)
- [24] Bernhard, M.; Niedermeyer, J.; Sieder, M. 2021
Analyse der künftigen Eurocodes hinsichtlich der tatsächlich erreichten Verbesserung der
Anwendbarkeit (Ease of Use).
hier: PRB-PG4 «Holzbau» SC5.WG9 Execution – Ausführung nach EC5
- [25] Fuhrmann, J.; Kleiber, M.; Gerold, M.
Kapazitätsbemessung an einem ausgesuchten Gebäude.
Bundesverband Deutscher Fertigtbau (BDF) e. V., Bad Honnef (Auftraggeber)
- [26] HOAI Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen (2021)
(Honorarordnung für Architekten und Ingenieure – HOAI)