

Brettsperrholz, LVL und GLVL – die neuen EC5 Materialoptionen

Tobias Wiegand
Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V.
Wuppertal, Deutschland



Brettsperrholz, LVL und GLVL – die neuen EC5 Materialoptionen

1. CEN/TC 250 SC 5 WG 1 «Brettsperrholz & Weiteres»

CEN/TC 250 SC 5 WG 1 ist eine von mittlerweile elf Arbeitsgruppen, die den neuen Eurocode 5 geschrieben haben. Ursprünglich mit der Entwicklung von (Kalt-)Bemessungsregeln für Brettsperrholz beauftragt, werden in WG 1 zwischenzeitlich folgende Themen und Produkte behandelt:

- Bemessungsregeln für Brettsperrholz (CLT);
- Bemessungsregeln für Furnierschichtholz (LVL) sowie Mehrfach verklebtes Furnierschichtholz (GLVL);
- Bemessungsregeln für Mehrschichtplatten (SWP);
- Bemessungsregeln für softboards (SB) als aussteifende Platten;
- Dauerhaftigkeit von Holzprodukten (prEN 1995-1-1:2023, 6.1 und 6.2);
- Systemfestigkeit (prEN 1995-1-1:2023, 8.4);
- Horizontalverformungen von Schubwänden (prEN 1995-1-1:2023, Anhang R).

WG 1 hat für CLT, LVL, GLVL, SWP und SB Bemessungsregeln für verschiedene Abschnitte der prEN 1995-1-1:2023 [1] erarbeitet, die in der Nachfolge von anderen WGs überarbeitet wurden. So wurden z.B. Vorschläge für die Schwingungsbemessung von Brettsperrholzdecken in einen allgemeinen Abschnitt Schwingungen integriert.

Für die Kaltbemessung von CLT basieren die Vorschläge der WG 1 i.W. auf die Vorarbeiten des Projekt Teams SC 5.T1.

In diesem Beitrag soll nur auf CLT, LVL und GLVL eingegangen werden.

Eine umfassendere Darstellung findet sich in [2].

2. Brettsperrholz (CLT)

2.1. Produktregel und Materialkennwerte

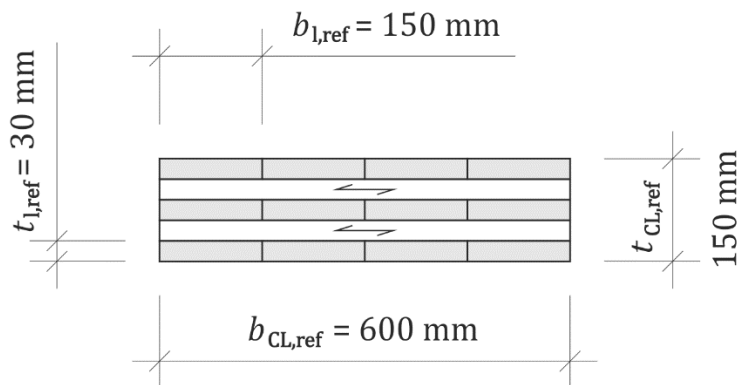
Mit EN 16351: 2021 liegt mittlerweile die zweite Fassung einer europäischen Produktnorm für Brettsperrholz vor. Die Norm wird derzeit erneut überarbeitet. Weiterhin ist EN 16351 [3] aber nicht im Offiziellen Amtsblatt der EU zitiert und können Produkte nicht auf Basis dieser Norm mit dem CE-Zeichen gekennzeichnet werden.

CLT bleibt daher über europäisch technische Bewertungen (ETA) auf Basis des EAD 130005-00-0305 [4] oder nationale Verwendbarkeitsnachweise geregelt.

Trotz des Fehlens einer harmonisierten Produktnorm (hEN) enthält prEN 1995-1-1:2023 aber viele allgemeingültige Kennwerte für CLT wie:

- Modifikationswerte k_{mod} ;
- Verformungsfaktoren k_{def} ; sowie
- Quell- und Schwindbeiwerte.

Es wird davon ausgegangen, dass sich Festigkeitswerte für CLT auf einen Referenzquerschnitt nach Abbildung 1 beziehen. Der Normentwurf enthält eine Formel zur Abminderung der Festigkeit bei geringeren Breiten, sofern entsprechende Vorgaben nicht der jeweiligen ETA entnommen werden können.



Abbildungung 1: Referenzquerschnitt CLT

prEN 1995-1-1:2023 enthält im Anhang N eine Tabelle mit einer Festigkeitsklasse CL 24. Die Werte dieser Klasse entsprechen denen der gleichnamigen Klasse des BS-Holz-Merkblattes [5] und stellen die jeweils kleinsten Werte dar, die zum Zeitpunkt der Veröffentlichung von [5] in Europa deklariert wurden, siehe auch Abbildung 2.

Property		Symbol	Cross laminated timber built up from boards		Values for Layers of class C 24 or T 14	Class CL 24 according to [4]	Class CL 24 according to prEN 1995-1-1
			graded in tension	graded in bending	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
Bending strength	out of plane	$f_{m,k}$	$3,2 f_{t,0,l,k}^{0,8}$	$1,1 f_{m,l,k}$	26,4	24	24
	in plane	$f_{m,edge,k}$	$f_{m,l,k}$		20,5 ¹⁾	20,5 ¹⁾	20,5 ¹⁾
Tensile strength	in plane	$f_{t,0,k}^{(2)}$	$1,2 f_{t,0,l,k}$		17,4	14,5	14,5
	perpendicular to plane	$f_{t,90,k}^{(2)}$	$f_{t,90,l,k}$		0,4	0,4	0,12
Compression strength	in plane	$f_{c,0,k}$	$3,2 f_{t,0,l,k}^{0,8}$	$1,1 f_{m,l,k}$	26,4	21	21
	perpendicular to plane	$f_{c,90,k}$	$f_{c,90,l,k}$		2,5	2,5	2,5
Shear strength	out of plane	$f_{v,k}$	3,50		3,5	3,5	3,5
	rolling shear	$f_{r,k}$	$\min. \begin{cases} 0,2 + 0,3 \frac{b_l^{(a)}}{t_l} \\ 1,1 \end{cases}$		Abhängig von b_l/t_l	0,7	0,7

¹⁾ Unless a higher value is given in the DoP.

Abbildungung 2: Bestimmung von CLT-Kennwerten aus Lamelleneigenschaften und Festigkeitsklassen (Auszug)

Es sei darauf hingewiesen, dass bei der laufenden Überarbeitung der EN 16351 [2] die Ermittlung von Festigkeitswerten für CLT aus den Eigenschaften der Vollholzlagen (ursprünglich für prEN 1995-1-1:2023 erarbeitet) aufgenommen werden wird. Mit diesen Formeln lassen sich zukünftig bei gleichen Eigenschaften der Vollholzlagen höhere Festigkeitswerte deklarieren.

Es werden für die Bemessung erforderliche, in Leistungserklärungen aber üblicherweise nicht enthaltene Kennwerte wie die charakteristische Torsionsschubfestigkeit des Überkreuzungsbereiches $f_{tor,node,k}$ geregelt.

2.2. Ausgewählte Nachweise nach prEN 1995-1-1

prEN 1995-1-1:2023 legt zukünftig in allen Abschnitten explizit fest, für welche Materialien die jeweiligen Nachweise anwendbar sind.

Für ausschließlich aus Vollholzlagen hergestelltes CLT sollten für die Bemessung nur die Lagen angesetzt werden, deren Faserrichtung parallel zur Lastrichtung verläuft.

prEN 1995-1-1: 2023 legt fest, dass übliche Fugen und Nuten in Vollholzlagen von CLT nicht als Schwächungen zu betrachten sind. Der Fachverband Holz, Wien, konnte durch umfangreiche Messungen den Medianwert der Fugenbreite zu etwa 0,6 mm bestimmen.

Hinsichtlich der anzusetzenden Imperfektionen wird CLT wie BS-Holz behandelt.

Für den Querdrucknachweis wird zukünftig ein Materialbeiwert k_{mat} für die verschiedenen Verformungsniveaus und ein Faktor $k_{c,90}$ für die Lastausbreitung benötigt. Trotz der Vielfalt möglicher Querschnittsaufbauten und Lastpositionen auf einer CLT Fläche konnte ein Lastausbreitungswinkel von 35° in beiden Haupttragrichtungen und durch alle Lagen als konservative Abschätzung für CLT mit Dickenverhältnissen der Lagen von $1 \leq t_{l,\text{max}}/t_{l,\text{min}} \leq 2$ gefunden werden.

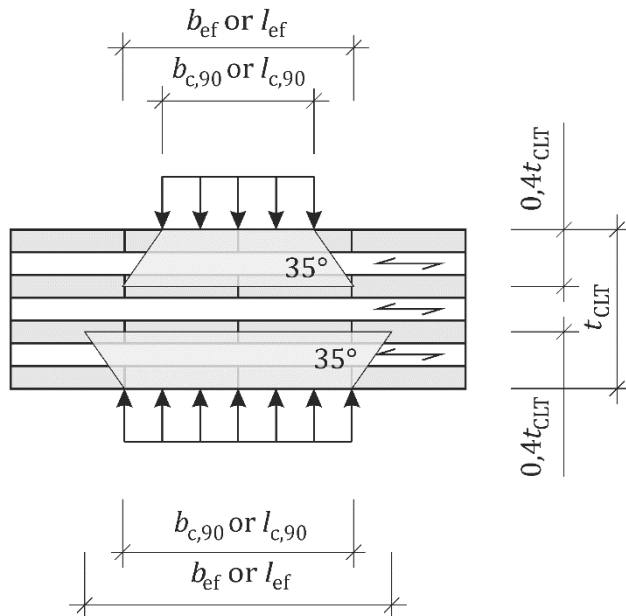


Abbildung 3: Lastausbreitung Querdruckspannungen in CLT

prEN 1995-1-1:2023, 11, enthält nach Materialien differenzierte Vorgaben für Verbindungsmitteleabstände und -durchmesser.

Für schubbeanspruchte Wandbauteile wird zukünftig zwischen monolithischen und segmentierten CLT-Bauteilen differenziert. Die Segmentierung ist aufgrund der größeren Energiedissipation in den Elementfugen vor Allem in Regionen mit Starkbeben von Interesse.

Die Ermittlung der Horizontalverformungen von schubbeanspruchten Wänden in mehrgeschossigen Gebäuden nach prEN 1995-1-1:2023 wurde ebenfalls vor Allem für die Belange der Erdbebenbemessung entwickelt. Der Anhang erlaubt aber auch den Nachweis windinduzierter Verformungen. Für den Anhang R steht eine Ausweitung der Anwendbarkeit auf segmentierte CLT-Schubwände noch aus.

In prEN 1995-1-1: 2023, Anhang D sind seltener benötigte Nachweise für CLT gesammelt. Der Anhang enthält:

- Durchstanznachweise für unverstärktes und gegen Schubversagen verstärktes CLT
- Regeln für die Ermittlung der mitwirkenden Breiten für durch Einzellasten beanspruchte CLT-Wandscheiben ohne oder mit Öffnungen; und
- Regeln für Rippenplatten mit CLT-Platten.

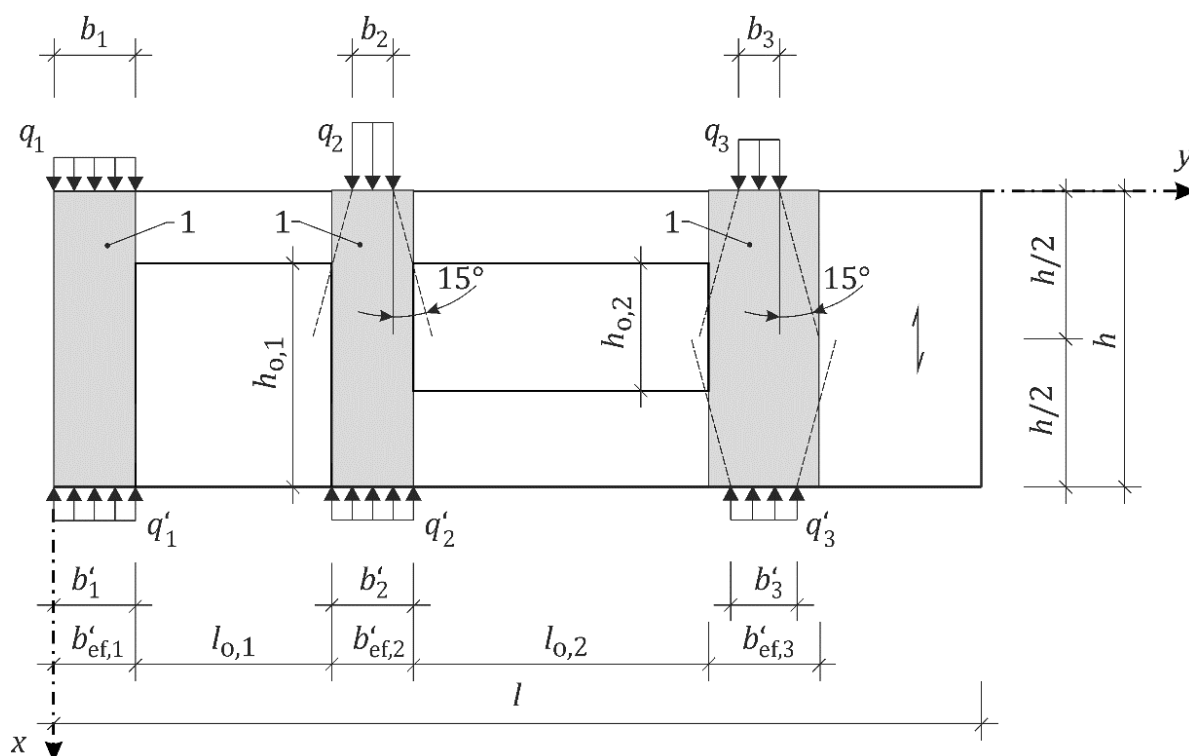


Abbildung 4: Lastausbreitung in CLT Wänden mit Öffnungen

Für die Brandbemessung ist nach prEN 1995-1-2:2023 [6] für CLT und andere Produkte mit Flächenklebungen ein Nachweis der Klebfugenintegrität im Brandfall nach Anhang B der Norm zu führen. Ausgenommen sind die für CLT unüblichen Phenolresorcinharze. Wird der Nachweis nicht erbracht, so ist anstelle eines linearen Abbrandes das sogenannte Treppenmodell anzusetzen. Weiterhin wird diskutiert, ob der Nachweis nach Anhang B durch eine Scherprüfung des Klebstoffes bei erhöhten Temperaturen ersetzt werden kann.

Der Feuerwiderstand R kann nach prEN 1995-1-2 sowohl für Klebstoffe mit oder ohne Nachweis der Klebfugenintegrität im Brandfall auch tabellarisch geführt werden.

3. Furnierschichtholz (LVL) und mehrfach verklebtes Furnierschichtholz (GLVL)

3.1. Produktregel und Materialkennwerte

Eine im Jahr 2020 inhaltlich fertig gestellte neue Fassung der harmonisierten Produktnorm für LVL (EN 14374 [7]) sollte u.a. Regelungen für GLVL und Festigkeitsklassen für Furnierschichtholz ohne oder mit Querlagen enthalten. Da keine Möglichkeit zu einer Harmonisierung bestand, wurde der Normentwurf nicht fertig gestellt.

Tabelle 3:

Furnierschichtholz mit Querfurnieren (LVL-C)

				Festigkeitsklasse					
	Eigenschaft ^a	Symbol	Einheit	LVL 22 C	LVL 25 C	LVL 32 C	LVL 36 C	LVL 70 C	LVL 75 C
Biege- festigkeit	Hochkant, parallel zur Faser (Tiefe 300 mm)	$f_{m,0,edge,k}$	N/mm ²	19	20	28	32	54	60
	Flachkant-, parallel zur Faser	$f_{m,0,flat,k}$	N/mm ²	22	25	32	36	70	75
	Größeneffekt-Parameter	S	–	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
	Flachkant-, rechtwinklig zur Faser	$f_{m,90,flat,k}$	N/mm ²	MDV ^c	MDV ^c	7	8	32	20
Zug- festigkeit	Parallel zur Faser (Länge 3 000 mm)	$f_{t,0,k}$	N/mm ²	14	15	18	22	45	51
	Rechtwinklig zur Faser, hochkant	$f_{t,90,edge,k}$	N/mm ²	4	4	5	5	16	8
Druck- festigkeit	Parallel zur Faser für Nutzungsklasse 1	$f_{c,0,k}$	N/mm ²	18	18	18	26	54	64
	Parallel zur Faser für Nutzungsklasse 2 ^b	$f_{c,0,k}$	N/mm ²	15	15	15	21	45	53
	Hochkant, rechtwinklig zur Faser	$f_{c,90,edge,k}$	N/mm ²	8	8	9	9	45	23
	Flachkant, rechtwinklig zur Faser (außer Kiefer)	$f_{c,90,flat,k}$	N/mm ²	1,0	1,0	2,2	2,2	16	16
	Flachkant, rechtwinklig zur Faser, Kiefer	$f_{c,90,flat,k,pine}$	N/mm ²	MDV ^c	MDV ^c	3,5	3,5	– ^d	– ^d
Scher- festigkeit	Hochkant parallel zur Faser	$f_{v,0,edge,k}$	N/mm ²	3,6	3,6	4,5	4,5	7,8	7,8
	Flachkant, parallel zur Faser	$f_{v,0,flat,k}$	N/mm ²	1,1	1,1	1,3	1,3	3,8	3,8
	Flachkant, rechtwinklig zur Faser	$f_{v,90,flat,k}$	N/mm ²	MDV ^c	MDV ^c	0,6	0,6	MDV ^c	MDV ^c
Steifigkeits- modul	Hochkant, parallel zur Faser	$E_{0,mean}^e$	N/mm ²	6 700	7 200	10 000	10 500	11 800	13 200
	Hochkant, parallel zur Faser	$E_{0,k}^f$	N/mm ²	5 500	6 000	8 300	8 800	10 900	12 200
	Hochkant, rechtwinklig zur Faser	$E_{c,90,edge,mean}^i$	N/mm ²	MDV ^c	MDV ^c	2 400	2 400	MDV ^c	MDV ^c
	Hochkant, rechtwinklig zur Faser	$E_{c,90,edge,k}^j$	N/mm ²	MDV ^c	MDV ^c	2 400	2 400	MDV ^c	MDV ^c

Abbildung 5: Auszug Festigkeitsklassen LVL-C

LVL für tragende Zwecke ist nach EN 14374 [7] herzustellen. Es sei darauf hingewiesen, dass LVL nach EN 13986 [8] mit EN 14279 [9] nicht für tragende Zwecke verwendet werden kann und daher auch nicht in prEN 1995-1-1 in Bezug genommen wird.

Für GLVL bleibt es bis auf Weiteres bei ETAs auf Basis des EAD 130010-00-0304 [10] (für Buche) oder EAD 130337-00-0304 [11] (für Nadelholz) geregelt.

Neben Modifikationswerten k_{mod} enthält prEN 1995-1-1:2023 nach Lastrichtung und Produkt (LVL oder GLVL) differenzierte Verformungsfaktoren k_{def} sowie Quell- und Schwindbeiwerte.

Aufgrund der unterschiedlichen Produktabmessungen gibt es für GLVL neben dem Höhenbeiwert s für Hochkantbiegung und Zug auch Höhenbeiwerte für Flachkantbiegung und -schub $s_{v,flat}$ und $s_{m,flat}$ mit zugehörigen Referenzhöhen oder -längen, die der jeweiligen Leistungserklärung oder prEN 1995-1-1:2023 entnommen werden können.

Gemäß prEN 1995-1-1 ist für in Nutzungsklasse 2 und 3 verbautes LVL oder GLVL die Druckfestigkeit um 17% abzumindern, da diese Festigkeit nach EN 14374 in NKL 1 Bedingungen ermittelt wird.

prEN 1995-1-1:2023 enthält im Anhang N eine Tabelle mit Festigkeitsklassen für Furnierschichtholz mit oder ohne Querlagen (LVL-C oder LVL-P), die ursprünglich Bestandteil der überarbeiteten EN 14374 werden sollte. Die Werte entsprechen denen des LVL-Merkblattes [12], siehe Abbildung 5.

3.2. Ausgewählte Nachweise nach prEN 1995-1-1

Hinsichtlich der anzusetzenden Imperfektionen werden LVL und GLVL wie BS-Holz behandelt. Für den Querdrucknachweis enthält prEN 1995-1-1:2023 für LVL und GLVL nach Produktaufbau (mit oder ohne Querlagen) und Lastrichtung differenzierte Beiwerte k_{mat} .

prEN 1995-1-1:2023 enthält Regelungen für Bauteile aus LVL und GLVL mit veränderlicher Geometrie. Parameter für Ausklinkungen in LVL und GLVL wurden ermittelt. Die Anwendung der Regeln für Durchbrüche auch für LVL und GLVL wurde verifiziert (siehe auch Vortrag von Prof. Dietsch).

LVL kann als außenliegende streifen- oder plattenförmige Querzug- und/oder Schubverstärkung angesetzt werden. Ausführungsregeln können prEN 1995-3:2023 [13] entnommen werden.

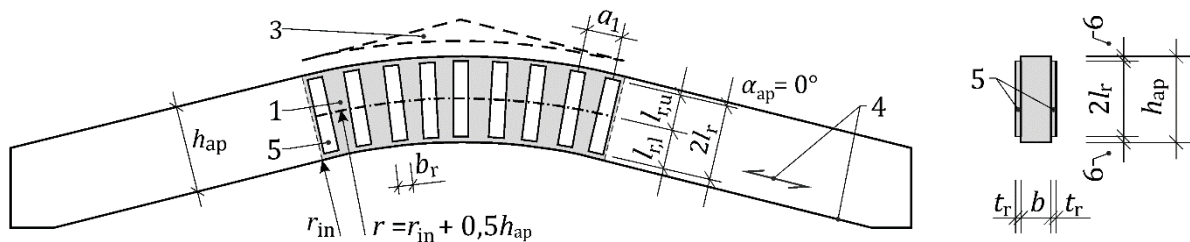


Abbildung 6: Bauteil mit streifenförmiger Verstärkung

prEN 1995-1-1:2023, 11, enthält nach Materialien differenzierte Vorgaben für Verbindungsmittelabstände und -durchmesser. Für die Befestigung in Schmalseiten von LVL und GLVL mit stiftförmigen Verbindungsmitteln geringen Durchmessers wurden Untersuchungen durchgeführt, die noch nicht berücksichtigt wurden. prEN 1995-1-1:2023 regelt auch die Bemessung von axial und/oder quer zur Faser beanspruchten eingeklebten Stahlstangen in LVL und GLVL.

Anhang R zur Ermittlung von Horizontalverformungen von Schubwänden ist auch für Holzmasselemente aus LVL oder GLVL anwendbar.

4. Bildquellen

Abbildung 1: Ulrich Hübner, Wien

Abbildung 2: Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V., Wuppertal

Abbildungen 3 und 4: Ulrich Hübner, Wien, und Tobias Wiegand, Wuppertal

Abbildung 5: Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V., Wuppertal und Fachverband Holzindustrie, Wien

Abbildung 6: Philipp Dietsch, Karlsruhe

5. Zitierte Literatur

- [1] prEN 1995-1-1:2023, *Eurocode 5 – Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*
- [2] Dietsch, P., Schickhofer, G., Brunauer, A., Tomasi, R., Hübner, U., Krenn, H., Mestek, P., Moosbrugger, T., Wiegand, T.; *Eurocode 5:2022 – Einführung in die neuen Abschnitte Brettspertholz und Verstärkungen*, Karlsruher Tage – Forschung für die Praxis, 2018.
- [3] EN 16351, *Holzbauwerke – Brettspertholz – Anforderungen*
- [4] EAD 130005-00-0304, *Solid wood slab element to be used as a structural element in buildings*
- [5] *Brettspertholz Merkblatt*, 5. Auflage, Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. und Fachverband Holzindustrie Österreich, 2023
- [6] prEN 1995-1-2:2023, *Eurocode 5 – Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-2: Tragwerksbemessung für den Brandfall*

- [7] EN 14374, *Holzbauwerke – Furnierschichtholz für tragende Zwecke – Anforderungen*
- [8] EN 13986, *Holzwerkstoffe zur Verwendung im Bauwesen – Eigenschaften, Bewertung der Konformität und Kennzeichnung*
- [9] EN 14279, *Furnierschichtholz (LVL) - Definitionen, Klassifizierung und Spezifikationen*
- [10] EAD 130010-00-0304, *Glued laminated timber made of hardwood – Structural laminated veneer lumber made of beech*
- [11] EAD 130337-00-0304, *Glued laminated LVL*
- [12] *Furnierschichtholzmerkblatt (LVL)*, 2. Auflage, Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V. und Finnish woodworking industry, 2020
- [13] prEN 1995-3, *Eurocode 5 – Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 3: Ausführung*