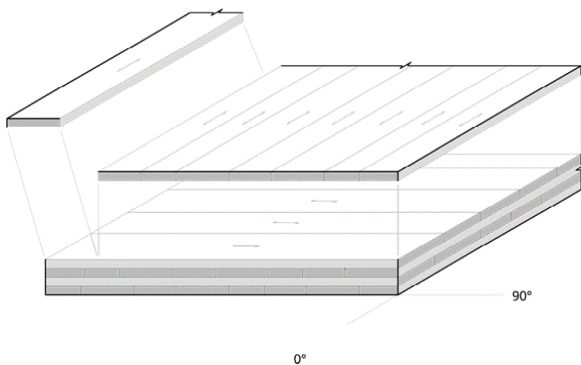


Brettsperrholz (CLT): die Bauweise der Zukunft?

Brettsperrholz (CLT) sind flache Massivholzprodukte, die als Bauelemente verwendet werden können. Dank seiner günstigen ökologischen, ästhetischen und energetischen Eigenschaften wird es manchmal als Material der Zukunft bezeichnet.

Das innovative plattenförmige Produkt mit laminiertem Aufbau und interessanten physikalisch-mechanischen Eigenschaften besteht aus mindestens 3 abwechselnd im 90-Grad-Winkel zueinander verleimten Plattenschichten. Die einzelnen Platten sind meist 40 mm bis 300 mm breit und 6 mm bis 45 mm dick.

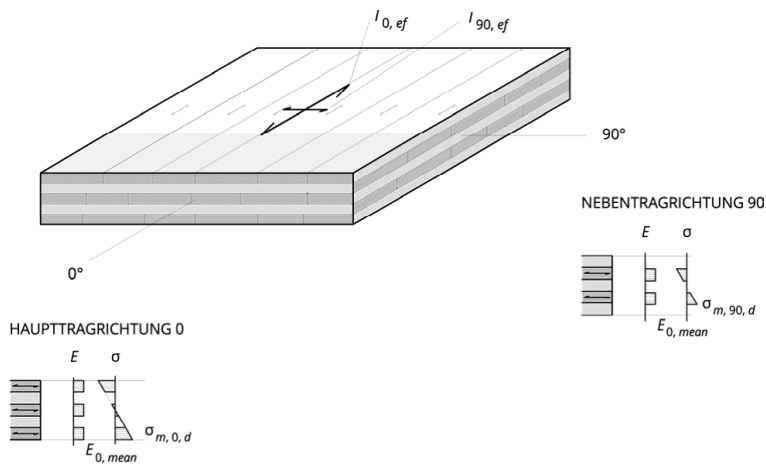


CLT-Platten sind nichts Neues, sie werden bereits seit 1995 hergestellt, wurden aber bisher nicht in Normen aufgenommen. Ihre Verwendung in der Bauindustrie wurde durch technische Richtlinien auf europäischer Ebene geregelt (ETA: European Technical Assessment). Mit der zweiten Generation des Eurocode 5 wird CLT sofort Teil dieser Norm sein, so dass Bauingenieure endlich die Möglichkeit haben, solche Strukturen gemäß der Norm zu entwerfen und zu prüfen. Im Entwurf des neuen Eurocode 5, der um 2025 erwartet wird, ist CLT in jede Prüfung (wo zutreffend) der Norm eingeflochten.

Die Anwendungsmöglichkeiten von CLT-Platten sind sehr vielfältig. Die tragenden Eigenschaften können genutzt werden, um zu wirken:

- Bodenelement
- Bedachungselement
- Wandelement
- Bodenelement
- ...

CLT-Platten sind orthotrop, da die Tragfähigkeit in den beiden Richtungen (0° und 90°) unterschiedlich ist. Dies ist eine direkte Folge der Anzahl der Platten und der Positionierung der Plattenelemente in einer bestimmten Richtung. Die folgende Abbildung veranschaulicht die Orthotropie anhand der Biegespannungen in beiden Richtungen (0° = Hauptlagerrichtung, 90° Nebenlagerrichtung):



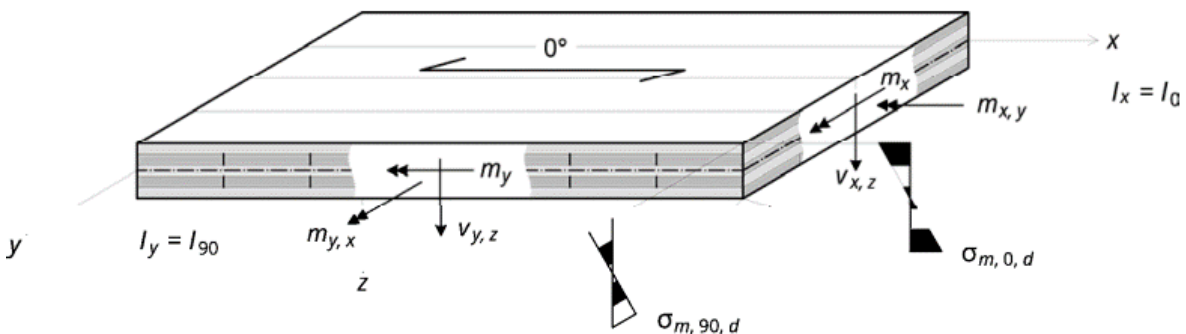
Bei den Biegespannungen werden nur die in der jeweiligen Richtung orientierten Schichten berücksichtigt. Die in die andere Richtung orientierten Lagen wirken als Abstandshalter und werden nur auf Scherung in der Haupttragrichtung belastet.

CLT in SCIA Engineer

Bis jetzt gibt es keinen Nachweis für CLT-Elemente in SCIA Engineer, da es keine Richtlinien im aktuellen Eurocode 5 gibt. Sie können dann (z. B. mit Excel-Tabellen) mit den nach der Analyse verfügbaren Schnittgrößen verglichen werden.

Die Berechnung der orthotropen Parameter kann auf der Grundlage der Mindlin-Plattentheorie, die die Querkraftverformung über D44 und D55 berücksichtigt, wie folgt durchgeführt werden:

Steifigkeitsparameter der Platte (Biegung und Scherung)



- Biegesteifigkeit in x-Richtung: $D_{11} = \frac{E_{0,mean} * I_{0,net}}{(1 - \nu_{x,y} * \nu_{y,y})}$; in der Praxis: $D_{11} = E_{0,mean} * I_{0,net}$
- Biegesteifigkeit in y-Richtung: $D_{22} = \frac{E_{0,mean} * I_{90,net}}{(1 - \nu_{x,y} * \nu_{y,y})}$; in der Praxis: $D_{22} = E_{0,mean} * I_{90,net}$
- Einfluss des Biegemoments auf die Querdehnung: $D_{22} = \frac{E_{0,mean} * I_{90,net}}{(1 - \nu_{x,y} * \nu_{y,y})}$; in der Praxis (keine Poisson-Effekte): $D_{12} = D_{21} = 0$
- Torsionssteifigkeit: $D_{33} = k_{twist} * G_{0,mean} * \frac{b * d^3}{12}$

- Schersteifigkeit: $D_{44} = \frac{1}{\kappa_{0,z}} * G_{0,mean} * A_{0,net}$

- Schersteifigkeit: $D_{55} = \frac{1}{\kappa_{90,z}} * G_{0,mean} * A_{90,net}$

Mit:

$E_{0,mean}$: Mittlerer E-Modul in der Hauptbelastungsrichtung (0°)

$G_{0,mean}$: Mittlerer G-Modul in der Hauptbelastungsrichtung (0°)

$\nu_{x,y}$ & $\nu_{y,y}$: Poisson-Verhältnisse

In der Praxis vernachlässigt man die Poisson-Effekte, denn wenn Bretter in derselben Ebene "unverleimt" nebeneinander liegen, ist $\rightarrow \nu_{x,y} = \nu_{y,y} = 0$

$I_{0,net}$: Nettoträgheitsmoment in Hauptlastrichtung (0°), d. h. es sind nur die Schichten in Hauptlastrichtung nach folgender Formel zu berücksichtigen:

$$I_{0,net} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} \cdot \frac{b \cdot d_i^3}{12} + \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} \cdot b \cdot d_i \cdot a_i^2$$

Darin:

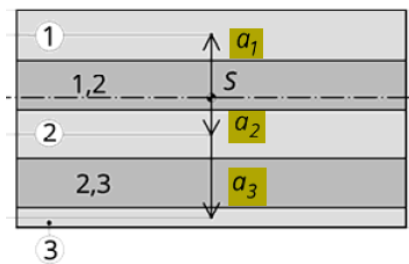
E_i : E-Modul der betreffenden Schicht

E_c : Referenz-E-Modul (wenn alle Schichten den gleichen E-Modul haben $E_i/E_c = 1$)

b : Für die Breite kann eine Einheitsbreite von 1 m verwendet werden.

d_i : Dicke der betreffenden Schicht

a_i : Abstand zwischen dem Schwerpunkt der CLT-Platte als Ganzes und dem Schwerpunkt der betreffenden Schicht



$I_{90,net}$: Nettoträgheitsmoment in der Nebenlagerrichtung (90°), d.h. es sind nur die Schichten in der Nebenlagerrichtung nach folgender Formel zu berücksichtigen:

$$I_{90,net} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} \cdot \frac{b \cdot d_i^3}{12} + \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} \cdot b \cdot d_i \cdot a_i^2$$

k_{twist} : Reduktionsfaktor für die Torsionssteifigkeit

$$k_{twist} \approx 0.65$$

d : Dicke der CLT-Platte (Gesamtdicke)

$\kappa_{0,z}$: Korrekturfaktor für Scherung (außerhalb der Ebene) für die Hauptlastrichtung (0°)

$$\kappa_{0,z} = \frac{\sum G * A}{(E \cdot I_{0,net})^2} * \int_h \frac{[E_{(z)} * S_{(z)}]^2}{G_{(z)} * b} dz$$

Richtwerte für CLT-Paneele mit Standardlamellen verschiedener Dicken (20, 30, 40 mm) für $\kappa_0 = \frac{1}{\kappa_{0,z}}$:

Typ 3s: $0,15 \leq \kappa_0 \leq 0,18$

Typ 5s: $0,18 \leq \kappa_0 \leq 0,20$

Typ 7s: $0,25 \leq \kappa_0 \leq 0,29$

Typ 9s: $0,26 \leq \kappa_0 \leq 0,29$

Richtwerte für CLT-Platten mit Standardlamellen gleicher Dicke und Festigkeit und einem Verhältnis des G-Moduls von $G_{90}/G_0 = 1/10$:

Eine Schicht: $\kappa_0 = 0.83$

Drei Schichten: $\kappa_0 = 0.21$

Fünf Schichten: $\kappa_0 = 0.24$

Sieben Schichten: $\kappa_0 = 0.26$

Neun Schichten: $\kappa_0 = 0.27$

$\kappa_{90,z}$: Korrekturfaktor für Scherung (außerhalb der Ebene) für die sekundäre Lagerrichtung (90°)

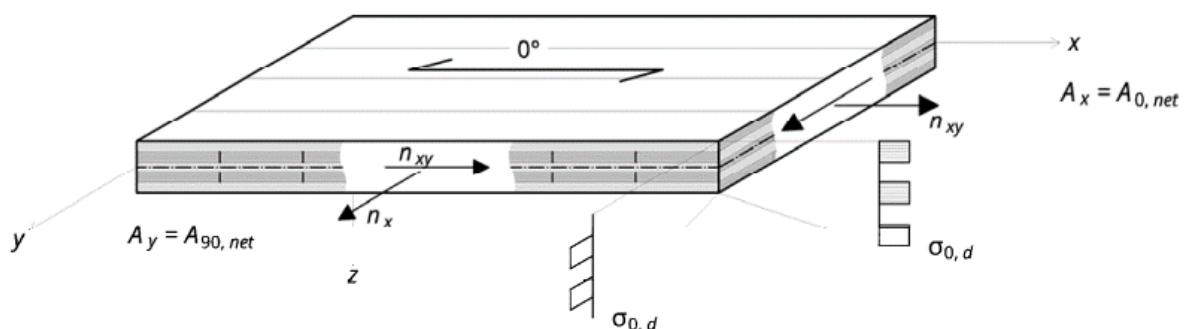
$$\kappa_{90,z} = \frac{\sum G * A}{(E \cdot I_{90,net})^2} * \int_h \frac{[E_{(z)} * S_{(z)}]^2}{G_{(z)} * b} dz$$

Auch hier gelten die gleichen Richtwerte wie oben, jedoch für $\kappa_{90} = \frac{1}{\kappa_{90,z}}$

$A_{0,net}$: Nettofläche in der Hauptbelastungsrichtung

$A_{90,net}$: Nettofläche in der Nebenpeilrichtung

Wandsteifigkeitsparameter (Normalkraft)



Normale Steifigkeit in x-Richtung: $d_{11} = E_{0,mean} * A_{0,net}$

Einfluss der Längsdehnung auf die Querdehnung (Poisson-Effekt)

$d_{12} = \nu * d_{11}$; in der Praxis: $d_{12} = 0$

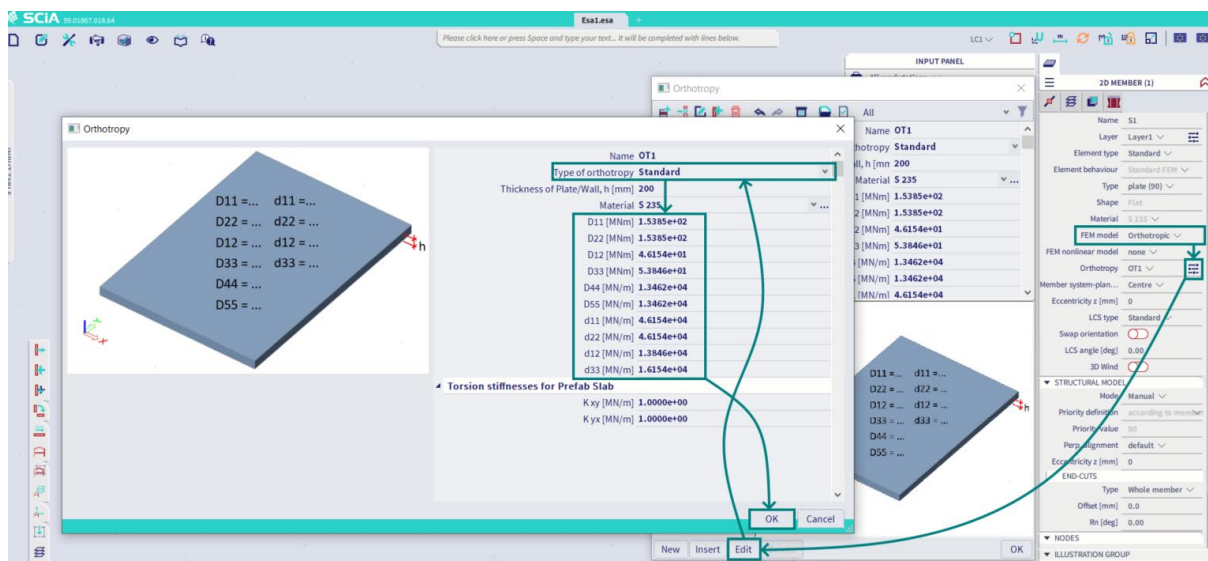
Normale Steifigkeit in y-Richtung: $d_{22} = E_{0,mean} * A_{90,net}$

Schersteifigkeit: $d_{33} = G_{s,mean} * A_{brutto} \approx 0.75 * G_{0,mean} * A_{brutto}$

Eintrag in SCIA Engineer

Sobald die Steifigkeitsparameter berechnet und bekannt sind, können sie in SCIA Engineer über Orthotropie eingegeben werden. Dazu wird das betreffende Plattenelement in SCIA Engineer ausgewählt und anschließend das FEM-Modell in den Eigenschaften auf orthotrop umgestellt.

Anschließend können Sie die Steifigkeitsparameter direkt eingeben, sobald Sie den Orthotropietyp 'Standard' gewählt haben. Siehe die nachstehende zusammenfassende Abbildung:



Wenn Sie die Berechnung fortsetzen, beziehen Sie die Steifigkeiten der CLT-Platten korrekt in die Analyse ein. Der nächste Schritt ist dann die Bewertung der resultierenden Schnittgrößen durch selbst durchgeführte Kontrollen. Hier empfehlen wir dringend die Veröffentlichung von proHolz (2014): Cross-Laminated Timber Structural Design), in dem Sie Methoden zur Überprüfung einer CLT-Platte finden.

Quellen: proHolz Österreich (2014): Brettsperrholz – Tragwerksplanung

By Hamza Bachiri