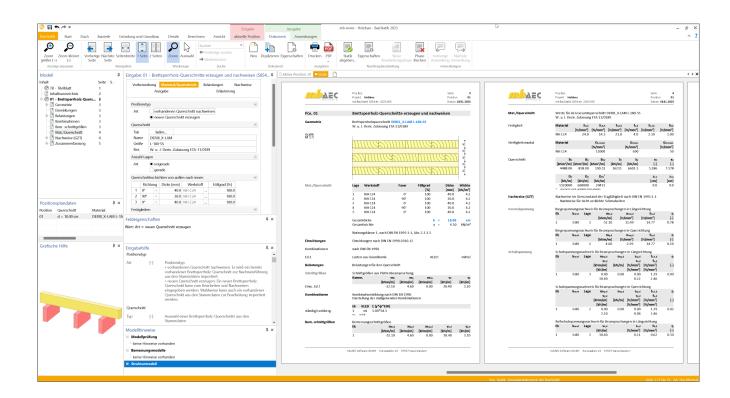
Dipl.-Ing. Thomas Blüm

Kalt- und Heißbemessung von Brettsperrholz

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S854.de Brettsperrholzquerschnitte erzeugen und nachweisen

Brettsperrholz ist ein flächiges Holzbauelement, welches völlig neue Tragkonzepte und gestalterische Möglichkeiten zulässt. Das BauStatik-Modul S854.de bietet die Möglichkeit, die orthotrop wirkendenden Brettsperrholzelemente wirtschaftlich zu bemessen. Darüber hinaus können neue Querschnitte erzeugt und die Querschnittswerte berechnet werden.



Allgemein

Im Ingenieurholzbau sind in den letzten Jahren viele innovative Produkte auf den Markt gekommen. Hierzu zählt auch Brettsperrholz, das zunehmend an Bedeutung gewinnt. Es werden immer größere Bauvorhaben mit den massiven Holzelementen ausgeführt. So zum Beispiel ein Wohngebäude mit neun Geschossen in London, ein Schulgebäude in Frankfurt oder eine Kirche in Regensburg.

Die Vorteile des Produkts liegen auf der Hand. Die werkseitige und witterungsunabhängige Produktion von großflächigen Wand- und Deckenbauteilen ermöglicht einen sehr hohen Vorfertigungsgrad. Rohbauten können so in kürzester Zeit fertiggestellt werden. Durch die flächige Lastabtragung der massiven Elemente können im Vergleich zu stabförmigen

Tragsystemen Systemaufbauten mit geringerer Bauteilhöhe und niedrigem Eigengewicht realisiert werden. Die Oberfläche der Bauteile kann in Sichtqualität erstellt werden und bietet so direkt eine ansprechende Optik. Weiterhin bietet die flächige Bauweise mit dem Werkstoff Holz sehr gute bauphysikalische Eigenschaften in Bezug auf den Wärme-, Feuchte-, Brand- und Schallschutz. (vgl. [3])

Brettsperrholz ist ein massives Holzprodukt und wird als Platten- oder Scheibenelement eingesetzt. Es besteht aus mindestens drei i.d.R. rechtwinklig zueinander verklebten Lagen aus Schnitthölzern, wobei die einzelnen Schnitthölzer längs ihrer Schmalseiten ohne oder mit planmäßigem seitlichem Abstand zueinander angeordnet sein können.

Der Schichtaufbau ist im Allgemeinen symmetrisch zur Mittellage, wobei bis zu drei benachbarte Lagen faserparallel angeordnet werden dürfen. Brettsperrholz wird aus Nadelholz hergestellt. Die einzelnen Bretter sind 40 bis 300 mm breit und 6 bis 45 mm dick und werden in Längsrichtung mittels Keilzinkenverbindung zu einer Endloslamelle verbunden. Die Elemente werden bis zu 30 m lang und 4,8 m breit hergestellt (vgl. [3]).

Brettsperrholz wird seit 1995 produziert. Es ist aber bisher normativ nicht geregelt und bedarf bei der baurechtlichen Verwendung daher einer nationalen oder Europäisch Technischen Zulassung (ETA). Diese sieht unter anderem vor, dass Brettsperrholz nur in den Nutzungsklassen 1 und 2 verwendet werden darf.

Brettsperrholz ist auch unter den Produktnamen Dickholz, X-Lam oder Kreuzlagenholz bekannt.



Bild 1. Drei- und fünflagige Brettsperrholzbauteile [9]

Material/Querschnitt

Im Modul S854.de können im Kapitel "Material/Querschnitt" entweder vorhandene Querschnittsaufbauten aus den Stammdaten importiert oder neue Querschnitte definiert werden.

Zurzeit stehen die Produkte folgender Hersteller bereits in den Stammdaten zur Auswahl und sind mit den jeweiligen Schichtaufbauten und zulassungsspezifischen Kennwerten hinterlegt:

Hersteller	Produkt	Zulassung	
Binderholz	BBS 125 BBS XL	ETA-06/0009	
Derix	Derix X-LAM	ETA-11/0189	
Eugen Decker	ED-BSP	Z-9.1-721 ETA-12/0327	
KLH	KLH	ETA-06/0138	
Züblin Timber	Leno	Z-9.1-501 ETA-10/0241	
Merkle	Merkle X-LAM	ETA-18/1002	
Stora Enso	C-Platten L-Platten	ETA-14/0349	

Tabelle 1. BSP-Hersteller in Stammdaten

Bei einer neuen Definition eines Querschnitts wird zunächst ein bestehender Querschnitt geladen. Dieser kann dann bearbeitet und unter einem neuen Namen in die Stammdaten gespeichert werden. Somit können auch in weiteren Modulen (z.B. in MicroFe) zusätzliche benutzerdefinierte Querschnitte verwendet werden.

Bei manuell definierten Querschnitten muss zunächst neben dem Namen und der Nenngröße der Schichtaufbau beginnend mit der äußeren Schicht bis zur mittleren Schicht eingegeben werden. Dabei ist jeweils die Orientierung, die Dicke, das Material und der prozentuale Füllgrad anzugeben.

Zusätzlich gibt es die Möglichkeit, den Rollschubmodul $G_{\rm Rmean}$, die Rollschubfestigkeit $f_{\rm R,k}$ sowie die Wichte abweichend zur Norm bzw. einer Zulassung manuell zu definieren. Außerdem kann die Abbrandrate für das Bauteil bestimmt werden. Dabei wird zwischen der Abbrandrate von Wandund Deckenelementen unterschieden. Je nach Hersteller können hier lineare oder nicht lineare Werte definiert werden.



Bild 2. Eingabekapitel "Material/Querschnitt"

Belastung

Um die Nachweise für ein Brettsperrholzelement führen zu können, müssen zunächst Schnittgrößen eingegeben werden. Es können sowohl charakteristische Schnittgrößen als auch Bemessungsschnittgrößen definiert werden.

S854.de überlagert automatisch alle charakteristischen Einwirkungen nach DIN EN 1990. Bei der Eingabe wird zwischen Plattenschnittgrößen und Scheibenschnittgrößen unterschieden.

Eine Belastung auf eine Platte erzeugt die Momente $m_{\rm x}$, $m_{\rm y}$, $m_{\rm xv}$ und die Querkräfte $q_{\rm x}$ und $q_{\rm v}$.

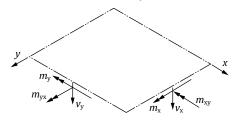


Bild 3. Plattenschnittgrößen

Eine Belastung auf eine Scheibe erzeugt die Normalkräfte n_x , n_y sowie die Scheibenschubkraft n_{xy} .

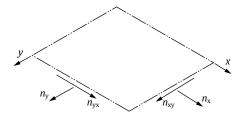


Bild 4. Scheibenschnittgrößen

Tragwirkung und Berechnungsgrundlagen

Brettsperrholz ist durch die kreuzweise miteinander verleimten Lamellen ein orthotropes Holzprodukt mit einer ausgeprägten Haupttragrichtung. Die Haupttragrichtung (0°) ist jene mit der höheren Steifigkeit und entspricht i.d.R. der Richtung der Deckfurniere. Diese Richtungsabhängigkeit bei den Festigkeits- und Elastizitätseigenschaften erfordert eine differenzierte statische Betrachtung. Im Gegensatz zu Brettschichtholz erfahren die Querlagen eine Schubbeanspruchung senkrecht zu Ihrer Längsrichtung, den sogenannten Rollschub. Der Rollschubmodul ist deutlich geringer als der Schubmodul in Längsrichtung. Somit tritt in den Querlagen eine Schubverformung auf, die bei 15 - 20 % der Biegeverformung liegt. Damit ist das Ebenbleiben des Querschnitts nach der Hypothese von Bernoulli nicht mehr gegeben.



Plattenbeanspruchung

Die meisten Berechnungsverfahren für Brettsperrholzplatten sehen einen Nachweis als einachsig tragenden Plattenstreifen vor. Um die Nachgiebigkeit der Querlagen zu berücksichtigen, wird neben dem transversal-schubnachgiebigen Balken nach Thimoshenko in den Zulassungen meist das (modifizierte) Gamma-Verfahren (vgl. [1], Anhang B) angegeben.

Um eine zweiachsige Tragwirkung von Brettsperrholzplatten zu berücksichtigen, kann die transversal-schubnachgiebige Plattentheorie nach Reissner-Mindlin herangezogen werden. Um die Schnittgrößen mit MicroFe zu berechnen, werden die Steifigkeiten des Brettsperrholzquerschnittes benötigt.

Die innere Struktur der Platte bestimmt die Zusammenhänge zwischen den fünf Plattenverzerrungen (Plattenverkrümmung κ_x und κ_y , Abscherung γ_x und γ_y sowie Verdrillung κ_{xy}) und den fünf Plattenschnittgrößen (m_x , m_y , m_{xy} , v_x , v_y). In Matrix-schreibweise ergibt sich wie folgt:

$$\begin{bmatrix} m_{\rm x} \\ m_{\rm y} \\ m_{\rm xy} \\ v_{\rm x} \\ v_{\rm y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_{\rm x} & B_{\rm v} & 0 & 0 & 0 \\ B_{\rm v} & B_{\rm y} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & B_{\rm xy} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & S_{\rm x} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & S_{\rm y} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \kappa_{\rm x} \\ \kappa_{\rm y} \\ \kappa_{\rm xy} \\ \gamma_{\rm x} \\ \gamma_{\rm y} \end{bmatrix}$$

Weil i.d.R. kein fugen- und rissfreies Kontinuum in Querrichtung der jeweiligen Lage vorliegt, wird in [3] empfohlen, sowohl die Steifigkeit $B_{\rm v}$ in der Matrix als auch den E-Modul quer zur Faser (E_{90}) mit 0 anzunehmen.

Somit kann mit dem Eigenträgheitsanteil, dem Steiner-Anteil und dem E-Modul in Faserlängs- (E_0) und Querrichtung (E_{90}) eine Biegesteifigkeit je Schicht ermittelt werden. Die Summe in x- bzw. y-Richtung ergibt die Biegesteifigkeiten B_x und B_y .

$$\begin{split} B_{\rm x} &= \sum_{i=1}^n E_{\rm x,i} \cdot \left(\frac{t_{\rm i}^3}{12} + t_{\rm i} \cdot z_{\rm s,i}^2 \right) \\ B_{\rm y} &= \sum_{i=1}^n E_{\rm y,i} \cdot \left(\frac{t_{\rm i}^3}{12} + t_{\rm i} \cdot z_{\rm s,i}^2 \right) \end{split}$$

Durch die Annahme, dass E_{90} gleich 0 ist, liefern nur die Schichten, deren Faserrichtung in Haupttragrichtung verlaufen, einen Anteil für $B_{\rm x}$ und die Schichten senkrecht dazu einen Anteil für $B_{\rm y}$. Diese Annahme erübrigt auch den Querzugspannungsnachweis.

Die Schubverformung muss bei der Berechnung berücksichtigt werden. Um das Tragverhalten der schubweichen Querlagen angemessen berücksichtigen zu können, wird mit Grundwerten der Schubsteifigkeiten $S_{\rm x}$ und $S_{\rm y}$ gearbeitet. Diese ermitteln sich wie folgt, wobei immer eine Abminderung durch Division mit sogenannten Schubkorrekturfaktoren $\kappa_{\rm x}$ und $\kappa_{\rm y}$ stattfindet:

$$S_{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} G_{x,i} \cdot t_{i}}{\kappa_{x}}$$

$$S_{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} G_{y,i} \cdot t_{i}}{\kappa_{y}}$$

Die Schubkorrekturfaktoren werden mit den im Querschnitt vorhandenen Schubspannungen, welche im Gleichgewicht mit den Biegespannungen sind, bestimmt (vgl. [3]). Diese Werte werden mittels einem Doppelintegral für beliebige Schichtaufbauten ermittelt. Bei gleichen Schichtdicken und einem Verhältnis von $G_{\rm mean}/G_{\rm R}$ = 10 ergeben sich folgende Werte:

Schichtanzahl	κ_{x} (Haupttragrichtung)	(Nebentragrichtung)	
3	4,854	1,440	
5	4,107	5,316	
7	3,873	4,364	

Tabelle 2. Schubkorrekturfaktoren für $G_{\text{mean}}/G_{\text{R}} = 10$

Aufgrund des orthotropen, elastischen Materialgesetzes von Holz gibt es keine Kopplung zwischen der Schub- und den Normalspannungssteifigkeiten. Das gleiche gilt auch für die über die Querschnittshöhe integrierten Plattensteifigkeiten. Die Drillsteifigkeit B_{xy} kann daher entkoppelt von den ausschließlich E-Modul gesteuerten Plattenbiegesteifigkeiten berechnet werden. Da die Schubsteifigkeit über die Bauteilhöhe nicht konstant ist, wird die Drillsteifigkeit B_{xy} mit dem Reduktionsfaktor κ_{xy} abgemindert.

$$B_{xy} = \kappa_{xy} \cdot \frac{G_{xy} \cdot t^3}{12}$$

Der Faktor κ_{xy} wird nach den Angaben von [5], 7.3.2 berechnet.

Scheibenbeanspruchung

Da Holz senkrecht zur Faser eine deutlich kleinere Steifigkeit aufweist als in Faserrichtung und in Querrichtung Fugen und Risse nicht ausgeschlossen werden können, wird $E_{90} = 0$ gesetzt. Somit werden bei der Ermittlung der Steifigkeiten für die jeweilige Richtung auch nur die Lagen angesetzt, deren Faser in Längsrichtung verlaufen.

Die Beziehung zwischen Schnittgrößen, Steifigkeiten und Weggrößen lautet in Matrixschreibweise wie folgt:

$$\begin{bmatrix} n_{x} \\ n_{y} \\ n_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_{x} & 0 & 0 \\ 0 & D_{y} & 0 \\ 0 & 0 & D_{xy} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \varepsilon_{x} \\ \varepsilon_{y} \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix}$$

Für eine Scheibenbeanspruchung können die Dehnsteifigkeiten $D_{\rm x}$ und $D_{\rm y}$ sowie die Schubsteifigkeit $D_{\rm xy}$ aus [2], NCI NA5.6.2.3 entnommen werden.

$$D_{x} = \sum_{i=1}^{n} E_{x,i} \cdot t_{i}$$

$$D_{y} = \sum_{i=1}^{n} E_{y,i} \cdot t_{i}$$

$$D_{xy} = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^{n} G_{xy,i} \cdot t_{i}$$

Nachweise

Durch die Orthotropie des Materials und damit des Querschnitts erfolgt die Ausgabe der Nachweise getrennt für die Schichten in Längs- und Querrichtung. Die oben aufgeführten Schnittgrößen erzeugen in der Schicht i folgende Spannungen:

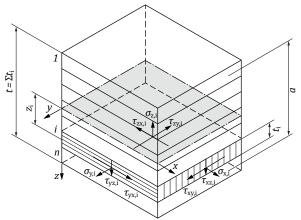


Bild 5. Spannungen in der Schicht i

Normalspannung aus Biegemomenten

$$\sigma_{\mathrm{x,i}} = E_{\mathrm{x,i}} \frac{m_{\mathrm{x}}}{B_{\mathrm{x}}} \cdot z$$

$$\sigma_{y,i} = E_{y,i} \frac{m_y}{B_y} \cdot z$$

Schubspannung aus Drillmoment
$$\tau_{\rm xy,i} = G_{\rm xy,i} \frac{m_{\rm xy}}{B_{\rm xy}} \cdot z$$

Schubspannung aus Querkräften

$$\tau_{\mathbf{x}} = \frac{E \cdot S_{\mathbf{x}}}{B_{\mathbf{x}}} \cdot v_{\mathbf{x}}$$

$$\tau_{\rm y} = \frac{E \cdot S_{\rm y}}{B_{\rm y}} \cdot v_{\rm y}$$

Normalspannung aus Membrankräften

$$\sigma_{\mathrm{x,i}} = E_{\mathrm{x,i}} \frac{n_{\mathrm{x}}}{D_{\mathrm{x}}}$$

$$\sigma_{y,i} = E_{y,i} \frac{n_y}{D_{y,i}}$$

Schubspannung aus Membranschubkraft $au_{ ext{xy,i}} = G_{ ext{xy,i}} rac{n_{ ext{xy}}}{D_{ ext{xv}}}$

$$\tau_{\rm xy,i} = G_{\rm xy,i} \frac{n_{\rm xy}}{D_{\rm xy}}$$

Das Modul S854.de führt für das Brettsperrholzelement die Nachweise für Normal- und Biegespannung, Schub- und Rollschubspannungen. Nach DIN EN 1995-1-1, NCI, NA.9.3.1 müssen folgende Bedingungen für die Beanspruchung in jeder Schicht erfüllt sein:

$$\begin{split} & \frac{\sigma_{\text{t,0,d}}}{f_{\text{t,0,d}}} + \frac{\sigma_{\text{m,d}}}{f_{\text{m,d}}} \leq 1,0 \\ & \frac{\sigma_{\text{c,0,d}}}{f_{\text{c,0,d}}} + \frac{\sigma_{\text{m,d}}}{f_{\text{m,d}}} \leq 1,0 \\ & \left(\frac{\tau_{\text{d}}}{f_{\text{v,d}}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\text{xy,d}}}{f_{\text{v,d}}}\right)^2 \leq 1,0 \\ & \frac{\tau_{\text{R,d}}}{f_{\text{R,d}}} \leq 1,0 \end{split}$$

Nachweise im Brandfall

In den Grenzzuständen der Tragfähigkeit im Brandfall wird das durch Abbrand reduzierte Bauteil in der außergewöhnlichen Bemessungssituation untersucht.

Für Brettsperrholz muss die Methode mit reduziertem Querschnitt nach [3], 4.2.2 angewendet werden. Zunächst wird die Abbrandtiefe $d_{\mathrm{char},\mathrm{n}}$, für die geforderte Brandwiderstandsdauer ermittelt. Für diesen reduzierten Querschnitt wird eine Schichtstärke k_0d_0 ohne Festigkeit und Steifigkeit vom abgebrannten Querschnitt abgezogen. Es gilt:

$$d_{\rm ef} = d_{\rm char.n} + k_0 d_0$$

Dabei ist:

 d_0 = 7 mm

entsprechend der jeweiligen Abbrandrate $d_{\rm char,n}$

 k_0 nach [3], 4.2.2 (2) und (3)

In [3] wird beim Abbrand von einer konstanten Abbrandrate β_0 (z.B. für Nadelholz: β_0 = 0,65 mm/min) ausgegangen. Neuere Brandversuche bei Brettsperrholz zeigen, dass erhöhte Temperatur zu reduzierten Klebeeigenschaften von thermoplastischen Klebstoffen wie Polyurethan führt. Bei Decken und anderen horizontal eingebauten Bauteilen kann es daher bei diesem Klebertyp zur Ablösung von Teilflächen der verkohlten Lagen kommen, was als Delaminierung bezeichnet wird. In Beschreibungen werden diese Flächen als etwa handtellergroß beschrieben.

Nach [3] wird angenommen, dass nach vollem Ausfall einer vor Brand schützenden Schicht, beispielsweise durch Herunterfallen abgehängter Gipskartonplatten, zunächst Abbrand mit doppelter Geschwindigkeit auftritt. Nach 25 mm Abbrand kann wieder von der normalen Abbrandrate ausgegangen werden, da durch Verkohlung eine neue Schutzschicht ausgebildet werden konnte. Dieses Verhalten kann man auch auf Brettsperrholz übertragen.

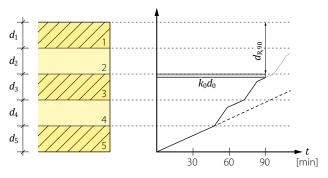


Bild 6. Zeitverlauf des Abbrandes für ein Deckenelement mit Berücksichtigung der Delaminierung

In [3] gibt es kein spezielles Bemessungsverfahren für Brettsperrholz. Je nach ETA werden unterschiedliche Abbrandraten, meist ohne Ansatz der Delaminierung, verwendet. Für die in den Stammdaten vorhandenen Brettsperrholzquerschnitte sind die jeweiligen Werte hinterlegt.

Hersteller	ETA	Decke [mm/min]	Wand [mm/min]
Stora Enso	ETA-14/0349	0,65 1,3	0,63 0,86
BBS	ETA-06/0009	0,7	0,7
Leno	ETA-10/0241	0,7	0,7
Derix X-LAM	ETA-11/0189	0,65	0,65
ED-BSP	ETA-12/0327	0,65	0,65
KLH*	ETA-06/0138	0,65/0,75 1,0/1,1	0,55/0,65 0,8/0,9
Merkle	ETA-18/1002	0,65	0,65

 $^{^{*}}$ 1. Wert globaler Mittelwert, 2. Wert lokaler Wert für b < 300 mm

Tabelle 3. Abbrandraten je Brettsperrholz-Hersteller

Falls nach dem Abbrand Restlamellen mit einer Dicke von höchstens 3 mm verbleiben, werden diese vernachlässigt. Vergleichsrechnungen zeigen, dass für diesen Fall der Querschnitt nach Ausfall dieser Restlamelle einen höheren Widerstand aufweist als mit Lamelle (vgl. [4]).

Nach der Ermittlung des Restquerschnitts können auch die zugehörigen Querschnittswerte bestimmt werden. Entsprechend [3] dürfen die Steifigkeiten mit dem 20%-Fraktilwert statt dem 5%-Wert bestimmt werden.

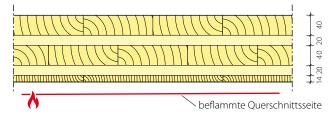


Bild 7. Ausgabe des brandreduzierten Querschnitts

Die Schnittgrößen und Spannungen werden nach [3] für den außergewöhnlichen Lastfall Brand bestimmt. Die Spannungsnachweise erfolgen analog zum Kaltzustand.

Ausgabe

Die Ausgabe umfasst die vollständige Beschreibung des Querschnitts mit den relevanten Querschnittswerten. Falls Schnittgrößen vorgegeben wurden, werden zusätzlich die Einwirkungskombinationen und Bemessungsschnittgrößen sowie die verschiedenen Spannungsnachweise dokumentiert. Alternativ zur ausführlichen Ausgabe der Nachweise hat man die Möglichkeit, sich die Ergebnisse in einer Zusammenfassung kompakt mit den maßgebenden Ausnutzungen für Biegung und Querkraft ausgeben zu lassen.

Dipl.-Ing. Thomas Blüm mb AEC Software GmbH mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] DIN EN 1995-1-1:2010-12, Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten Teil 1-1: Allgemeines Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau.
- [2] DIN EN 1995-1-1/NA:2013-08, Eurocode 5: Nationaler Anhang National festgelegte Parameter Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau.
- [3] DIN EN 1995-1-2:2010-12, Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten Teil 1-2: Allgemeine Regeln Tragwerksbemessung für den Brandfall.
- [4] Bogensperger, Thomas, Silly, Gregor: Zweiachsige Lastabtragung von Brettsperrholzplatten - Bautechnik 91 (2014), Heft 10
- [5] Brettsperrholz Bemessung Band I Grundlagen für Statik und Konstruktion nach Eurocode , pro:Holz Austria (2013)
- [6] Brettsperrholz Bemessung Band II Anwendungsfälle, pro:Holz Austria (2018)
- Winter, Stefan, Kreuzinger, Heinrich, Mestek, Peter: Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettsperrholz und Verbundkonstruktionen
- [8] http://www.brettsperrholz.org
- [9] Cross laminated timber blocks: Oregon Department of Forestry, FlickR.com, CC BY 2.0, https://www.flickr.com/ photos/oregondepartmentofforestry/14329312300

Preise und Angebote

S854.de Brettsperrholz-Querschnitte erzeugen und nachweisen – EC 5, DIN EN 1995-1-1:2010-12 Weitere Informationen unter

https://www.mbaec.de/modul/\$854de

BauStatik Ser-Paket

bestehend aus 5 BauStatik-Modulen deutscher Norm nach Wahl

BauStatik 10er-Paket bestehend aus 10 BauStatik-Modulen deutscher Norm nach Wahl

Es gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten und MwSt. – Hardlock für Einzelplatzlizenz je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgelizenz-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: Januar 2023

Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (21H1, 64-Bit), Windows 11 (64)

Preisliste: www.mbaec.de