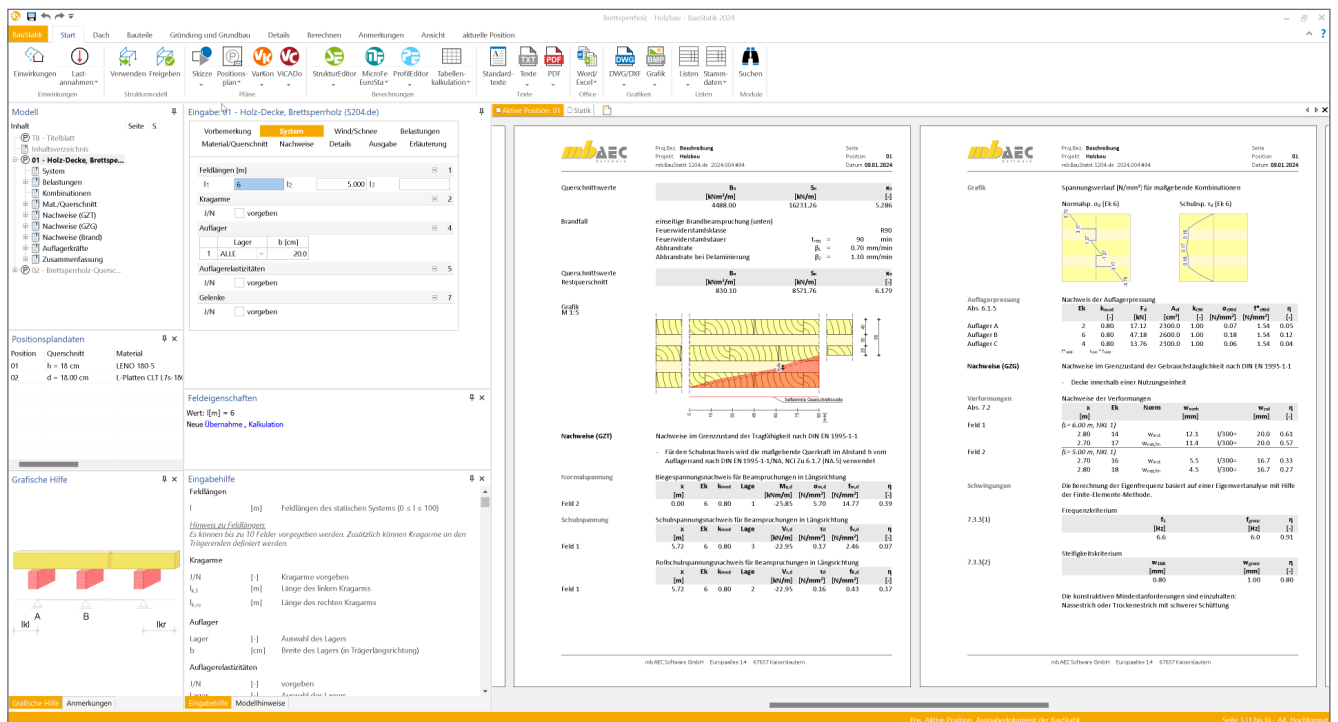


Dipl.-Ing. Thomas Blüm

Heißbemessung von Brettsperrholz

Leistungserweiterung für die Bemessung von Brettsperrholz im Brandfall

In der Praxis werden immer häufiger Brettsperrholzbauteile eingesetzt. Dabei spielt auch der bauliche Brandschutz eine immer größere Rolle. Mit der mb WorkSuite 2024 ist nun auch eine Bemessung im Brandfall für die BauStatik und MicroFe möglich.



Allgemein

Der Ingenieurholzbau entwickelt sich in den letzten Jahren immer weiter und vergrößert dadurch seine Marktanteile. Zu den innovativen Holzbauprodukten zählt auch Brettsperrholz.

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 seit-

lichem Abstand zueinander angeordnet sein können. Der Schichtaufbau ist normalerweise symmetrisch zur Mittellage. Als Material wird Nadelholz verwendet.

Holz ist ein brennbares Material, jedoch führt die sich bildende Verkohlungsschicht zu einer berechenbaren Abbrandrate. Das Tragverhalten von Holz kann somit auch unter Einwirkung eines Brandes rechnerisch ausgelegt werden. Im Gegensatz zu Stahl- und Stahlbetonkonstruktionen bleiben Holzkonstruktionen auch bei sehr hohen Temperaturen tragfähig. Für die Bewertung gesamter Elemente, wie Wände oder Geschossdecken, ist der Feuerwiderstand der Konstruktion zu betrachten.

Es werden immer größere Bauvorhaben mit den massiven Holzelementen ausgeführt. Dadurch steigen die Anforderungen an den baulichen Brandschutz.

Mit der mb WorkSuite 2024 wird nun diese für die Bemessung von Brettsperrholz-Bauteilen wichtige Lücke geschlossen und um die Nachweisführung im Brandfall für folgende Module ergänzt:

BauStatik

- S204.de Holz-Decke, Holzwerkstoffe
- S422.de Holz-Wand, Brettsperrholz
- S854.de Brettsperrholzquerschnitte erzeugen und nachweisen (*bereits in WorkSuite 2023*)

MicroFe

- M322.de Scheibentragwerke aus Brettsperrholz
- M332.de Plattentragwerke aus Brettsperrholz
- M342.de Faltwerke aus Brettsperrholz

Material/Querschnitt

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

Alternativ können mit dem Modul S854.de weitere Brettsperrholzquerschnitte erzeugt und in den Stammdaten gespeichert werden (Bild 1). Dabei muss 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 $G_{R,mean}$, die Rollschubfestigkeit $f_{R,k}$, die Schubfestigkeit bei Scheibenschub $f_{v,k}$ 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 Wand- und Deckenelementen unterschieden. Je nach Hersteller können hier lineare oder nicht lineare Werte definiert werden.

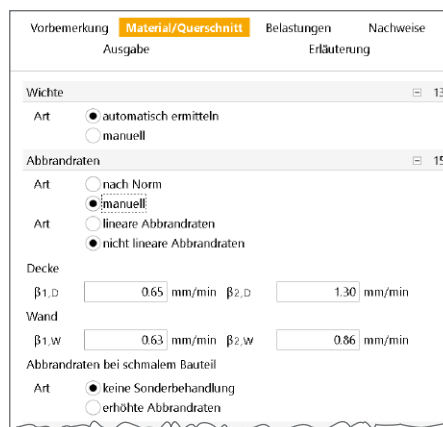


Bild 1. Eingabekapitel „Material/Querschnitt“, S854.de

Belastung

Die Nachweise der Tragfähigkeit im Brandfall sind in der außergewöhnlichen Bemessungssituation zu führen. Nach DIN EN 1990, 6.4.3.3 sind die Einwirkungskombinationen so zu bilden:

$$E_{d,fi} = \sum_{j \geq 1} \gamma_{GA,j} \cdot E_{Gk,j} \oplus \gamma_{QA,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot E_{Qk,1} \oplus \sum_{i > 1} \gamma_{QA,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot E_{Qk,i}$$

Nachweise im Brandfall

In den Grenzzuständen der Tragfähigkeit im Brandfall wird das nach geforderter Brandwiderstandsdauer 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 $d_{char,n}$, für die geforderte Brandwiderstandsdauer ermittelt. Für diesen reduzierten Querschnitt wird eine Schichtstärke $k_0 d_0$ ohne Festigkeit und Steifigkeit vom abgebrannten Querschnitt abgezogen. Es gilt:

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 d_0$$

Dabei ist

- $d_0 = 7 \text{ mm}$
- $d_{char,n}$ entsprechend der jeweiligen Abbrandrate
- 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: $\beta_0 = 0,65 \text{ mm/min}$) 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 Veröffentlichungen werden diese Flächen als etwa handteller groß beschrieben.

Nach [3] wird angenommen, dass nach vollem Ausfall einer vor Brand schützenden Schicht (beispielsweise durch Herunterfallen abgehängter Gipskartonplatten) zunächst ein 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.

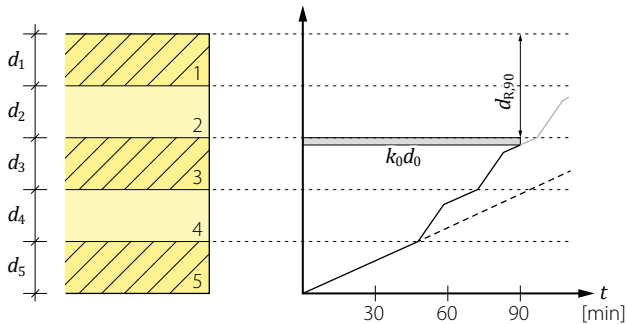


Bild 2. Zeitverlauf des Abbrandes für ein Deckenelement mit Berücksichtigung der Delaminierung

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 1,3	0,8
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 2. Abbrandraten β_0 je Brettsperrholz-Hersteller

Falls nach dem Abbrand Restlamellen mit einer Dicke von höchstens 3 mm verbleiben, dann 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 analog dem Kaltzustand bestimmt werden. Entsprechend [3] dürfen die Steifigkeiten mit dem 20%-Fraktilwert statt dem 5%-Wert bestimmt werden.

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 Verdrehung κ_{xy}) und den fünf Plattenschnittgrößen ($m_x, m_y, m_{xy}, q_x, q_y$). In Matrixschreibweise ergibt sich wie folgt:

$$\begin{bmatrix} m_x \\ m_y \\ m_{xy} \\ v_x \\ v_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_x & B_y & 0 & 0 & 0 \\ B_y & B_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & B_{xy} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & S_x & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & S_y \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \kappa_x \\ \kappa_y \\ \kappa_{xy} \\ \gamma_x \\ \gamma_y \end{bmatrix}$$

Weil in der Regel kein fugen- und rissfreies Kontinuum in Querrichtung der jeweiligen Lage vorliegt, wird in [1] empfohlen, sowohl die Steifigkeit B_y in der Matrix als auch den E-Modul quer zur Faser (E90) mit 0 anzunehmen.

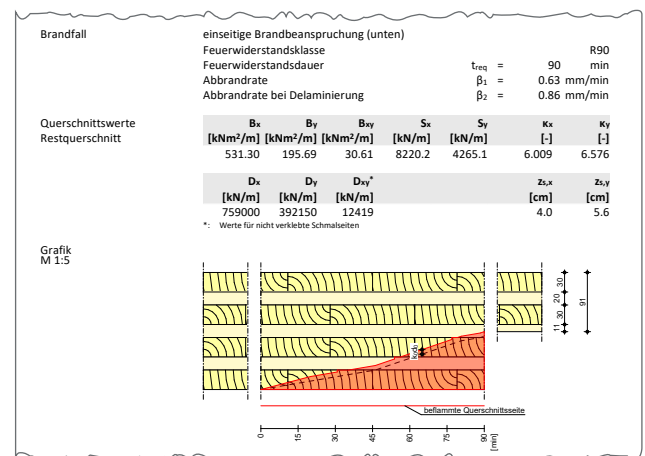


Bild 3. Auszug aus der Ausgabe der Querschnittswerte im Brandfall (S854.de)

Die Ermittlung der Spannungen erfolgt dann mit den Werten für den reduzierten Querschnitt. Die Spannungsnachweise werden analog zum Kaltzustand geführt.

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:

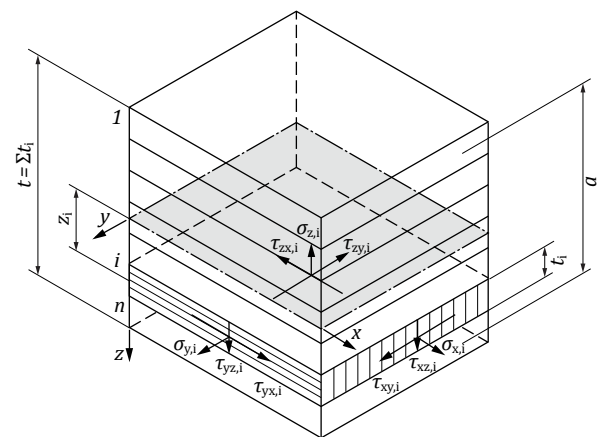


Bild 4. Spannungen in der Schicht i

Für das Brettsperrholzelement werden die Nachweise für Normal- und Biegespannung, Schubspannungen und Rollschubspannungen geführt. Nach DIN EN 1995-1-1, NCI, NA.9.3.1 müssen folgende Bedingungen in jeder Schicht erfüllt sein:

Beanspruchung in Faserrichtung

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0$$

$$\left(\frac{\tau_{d}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{xy,d}}{f_{v,d}}\right)^2 \leq 1,0$$

Beanspruchung rechtwinklig zur Faserrichtung

$$\frac{\tau_{R,d}}{f_{R,d}} \leq 1,0$$

Ausgabe

Es wird eine vollständige, übersichtliche und prüffähige Ausgabe der Nachweise zur Verfügung gestellt. Der Ausgabeumfang kann in gewohnter Weise gesteuert werden.

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

The screenshot displays a detailed technical report from the mbAEC software. It includes the following sections:

- Project Information:** Project name 'Heißbau', version '2024.08.01e', and page number '81'.
- Material Properties:** Tables for 'Querschnittswerte' (cross-section values) and 'Brandfall' (fire case) parameters, including fire resistance class 'REI 90' and material properties like $f_{t,0,d}$, $f_{c,0,d}$, and $f_{v,d}$.
- Calculation Results:** Tables for 'Normalspannung' (normal stress), 'Schubspannung' (shear stress), and 'Biegemoment' (bending moment) across different fields (e.g., 'Feld 2', 'Feld 1').
- Diagrams:** Visual representations of the cross-section and stress distributions, including a 'Schubspannung' diagram and a 'Spannungsverlauf' diagram.
- Additional Data:** Tables for 'Aufgaberkräfte' (load forces) and 'Charakteristische Auflagerkräfte' (characteristic support forces).

Bild 5. Beispielausgabe (S204.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)
- [7] Winter, Stefan; Kreuzinger, Heinrich; Mestek, Peter: Teilprojekt 15 - Flächen aus Brettstapeln, Brettsperrholz und Verbundkonstruktionen
- [8] <http://www.brettsperrholz.org>

Preise und Angebote

- BauStatik**
- S204.de Holz-Decke, Holzwerkstoffe
- S422.de Holz-Wand, Brettsperrholz
- S854.de Brettsperrholz-Querschnitte erzeugen und nachweisen
- Weitere Informationen unter <https://www.mbaec.de/produkte/baustatik>
- MicroFe**
- M322.de Scheibentragwerke aus Brettsperrholz
- M332.de Plattentragwerke aus Brettsperrholz
- M342.de Schalentragwerke, Faltwerke aus Brettsperrholz
- Brettsperrholz-Paket**
- bestehend aus den MicroFe-Modulen M322.de, M332.de, M342.de und dem BauStatik-Modul S854.de
- Weitere Informationen unter <https://www.mbaec.de/produkte/microfe>

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 2024

Betriebssysteme: Windows 10 (22H2, 64-Bit), Windows 11 (22H2, 64-Bit), Windows Server 2022 (21H2) mit Windows Terminalserver