

Dipl.-Ing. Thomas Blüm

# Aussteifungswand aus Brettsperrholz

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls

S422.de Holz-Wand, Brettsperrholz – EC 5, DIN EN 1995-1-1:2010-12

Wandelemente aus Brettsperrholz können vertikale Lasten und horizontale Lasten in Wandebene sowie horizontale Lasten senkrecht zur Wandebene aufnehmen. Mit dem Modul S422.de können Brettsperrholzwände bemessen und nachgewiesen werden. Dabei werden die Spannungen in den einzelnen Lagen ermittelt und alle erforderlichen Nachweise nach EC 5 geführt. Der für Druckbauteile erforderliche Nachweis der Stabilität erfolgt mit einem modifizierten Ersatzstabverfahren.

The screenshot shows the BauStatik 2020 software interface. The main workspace displays the design and calculation of a cross-laminated timber (CLT) wall. The interface includes a menu bar, a toolbar, a model tree on the left, and a main workspace with various panels for input, output, and calculation. The main workspace displays a 3D model of the wall and a detailed calculation table for the wall's properties and stability.

System	Material	Querschnitt	Nachweise	Details	Ausgabe	Erläuterung
01	Holz-Wand, Brettsperrholz	h = 12 cm	NH C24			

The calculation table shows the following data:

Parameter	Value	Unit
Wandabmessungen	3.000	m
l <sub>w</sub>	5.000	m
l <sub>0</sub>	5.000	m
l <sub>0</sub> / l <sub>w</sub>	1.667	-

## Allgemein

Brettsperrholzbauteile sind massive Holzelemente mit mindestens drei kreuzweise verleimten Brettlamellen. Brettsperrholz oder in Englisch cross-laminated-timber (CLT) ist die herstellerunabhängige Bezeichnung. Außerdem gibt es Produktbezeichnungen von Herstellern, die das gleiche meinen. Die Verwendbarkeit von Brettsperrholzprodukten ist momentan noch an bauaufsichtliche Zulassungen gebunden. Die in den Zulassungen festgelegten Bestimmungen gelten immer in Verbindung mit der nationalen Normung.

Brettsperrholzelemente werden als tragende und aussteifende Dach-, Decken- und Wandbauteile für private und öffentliche Bauwerke eingesetzt.

Durch den Einsatz als räumliche Fläche entstehen vielfältige architektonische Gestaltungsmöglichkeiten. Wände aus Brettsperrholz dienen dem Raumabschluss mit Anforderungen an Schall-, Feuchte-, Wärme- und Brandschutz und als tragende Wände als Teil des Tragwerks. Tragende Wände dienen zur Aufnahme vertikaler Lasten (z.B. aus Deckenlasten), horizontaler Lasten quer zur Wandebene (z.B. aus Wind) und horizontaler Lasten in Wandebene (z.B. Aussteifungslasten).

Brettsperrholzwände können bereits mit schlanken Querschnitten hohe vertikale Lasten abtragen. Die Tragfähigkeit wird jedoch häufig durch die Knickgefahr begrenzt.

### System

Im Eingabekapitel „System“ wird die Wandhöhe und die Wandlänge definiert. Mit dem MicroFe Modul M356.de ist es möglich und sinnvoll, das komplette Aussteifungssystem eines Gebäudes mit Wänden und Decken einzugeben. Hier werden die Aussteifungslasten ermittelt. In S422.de können die Geometriedaten, Aussteifungslasten und Querschnittsdaten übernommen werden. Dazu wird die MicroFe Position mit S019 in die Baustatik eingebunden. Danach stehen die Werte zur Übernahme bereit und können mit „Übernahme aus Position“ übernommen werden. Alternativ können eine oder mehrere Wandpositionen im Modul S019 über das Kontextmenü Detailnachweis erzeugt werden.

### Belastung

S422.de kann das Eigengewicht der Wand automatisch ermitteln. Außerdem können folgende manuelle Belastungen vorgegeben werden:

- Normalkraft als Gleichlast, Blocklast, Trapezlast oder Punktlast am Wandkopf
- Schubkraft am Wandkopf
- Moment in Scheibenebene oder Moment in Plattenebene am Wandkopf
- Gleichflächenlast, Blockflächenlast, Trapezflächenlast oder Streckenlast in horizontaler Richtung auf die Wand
- Aufsummierte Belastungen (Normalkraft, Schubkraft und Momente) am Wandkopf bzw. Wandfuß

Die letzte Belastungsart dient dazu, Lasten aus anderen Positionen einfacher zu übernehmen.

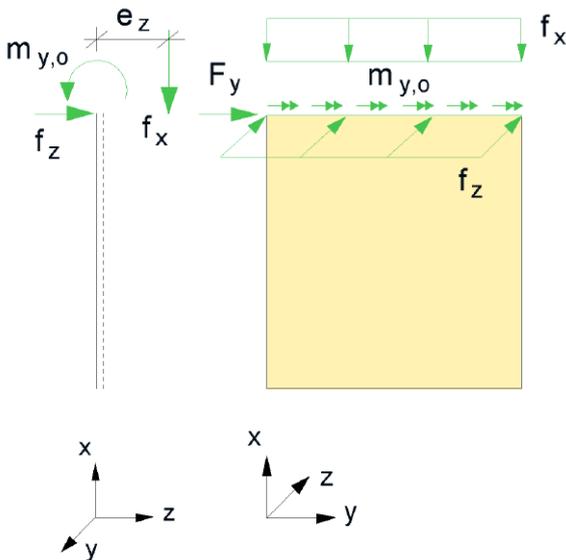


Bild 1. Belastungen (summiert) am Wandkopf

### Schnittgrößen

#### Allgemeines

Die Schnittgrößen können jeweils tabellarisch und/oder grafisch charakteristisch je Einwirkung oder als kombinierte Bemessungswerte ausgegeben werden.

### Plattenrichtung

Es wird der Momenten- und Querkraftverlauf über die Wandhöhe ermittelt, wobei durch die Lasteingabe vorgegeben ist, dass diese Verläufe über die Wandbreite konstant sind.

### Scheibenrichtung

Die Normalkraft wird vereinfacht über die Wandhöhe als konstant angenommen. Die Ermittlung erfolgt am Wandfuß. Es wird ein trapezförmiger Verlauf vorausgesetzt.

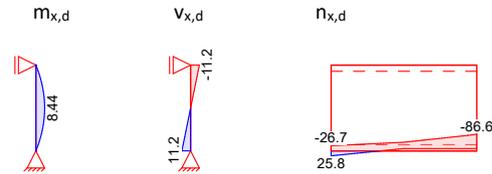


Bild 2. Ausgabe der Bemessungsschnittgrößen als Umhüllende

### Material/Querschnitt

Im Kapitel „Material/Querschnitt“ wird der Wandaufbau definiert. Dies geschieht über eine Auswahl vordefinierter Querschnitte verschiedener Brettsper Holzhersteller. In den Stammdaten sind bereits die Standardaufbauten und Zulassungen folgender Hersteller hinterlegt.

Hersteller	Produkt	Zulassung
Binderholz	BBS 125, BBS XL	ETA-06/0009
Derix	Derix X-LAM	Z-9.1-892 ETA-11/0189
Eugen Decker	ED-BSP	ETA12/0327
KLH	KLH	Z-9.1-482 ETA-06/0138
Züblin Timber (Merk)	Leno	ETA-10/0241
Merkle	Merkle X-LAM	ETA-11/0210
Stora Enso	CLT	ETA-14/0349

Tabelle 1. BSP-Hersteller in Stammdaten

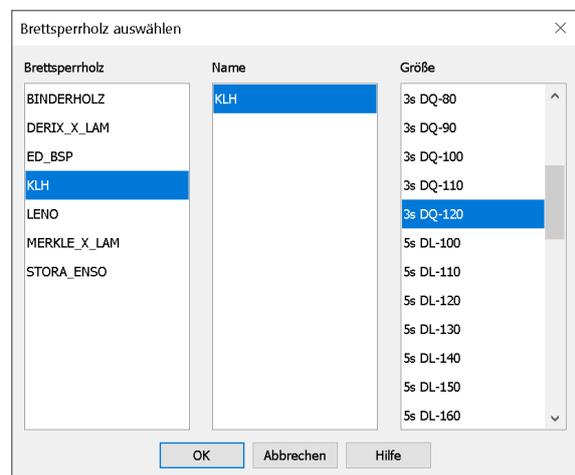


Bild 3 AuswahlDialog „Brettsper Holz auswählen“

Darüber hinaus können mit dem Modul S854.de weitere Querschnittsaufbauten erzeugt und in den Stammdaten gespeichert werden. Bei Wandelementen werden für den vertikalen Lastabtrag üblicherweise die Decklagen auch in vertikaler Richtung ausgerichtet. Die Ausrichtung der Decklagen kann mit einem Schalter von 0° auf 90° geändert werden.

### Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit

#### Ermittlung der Steifigkeiten

Brettspertholz 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 in der Regel 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. In den Querlagen tritt eine Schubverformung auf, die bei 15 bis 20 % der Biegeverformung liegt. Damit ist das Ebenbleiben des Querschnitts nach der Hypothese von Bernoulli nicht mehr gegeben.

Die Biegesteifigkeiten für die x- und y-Richtung ergeben sich aus den Trägheitsanteilen und dem E-Modul in Faserlängsrichtung (E0) und Querrichtung (E90) für jede Schicht  $i$ . In der Regel liegt kein fugen- und rissfreies Kontinuum in Querrichtung der jeweiligen Lage vor. Deshalb wird davon ausgegangen, dass die beiden Richtungen unabhängig voneinander sind. Auch das E-Modul quer zur Faser (E90) wird zu 0 angenommen.

$$B_x = \sum_{i=1}^n E_{x,i} \cdot \left( \frac{t_i^3}{12} + t_i \cdot z_{s,i}^2 \right) \quad (1)$$

$$B_y = \sum_{i=1}^n E_{y,i} \cdot \left( \frac{t_i^3}{12} + t_i \cdot z_{s,i}^2 \right) \quad (2)$$

Wie bereits erwähnt, muss die Schubverformung bei der Berechnung berücksichtigt werden. Um das Tragverhalten der schubweichen Querlagen angemessen berücksichtigen zu können, werden die Schubsteifigkeiten  $S_x$  und  $S_y$  mit sogenannten Schubkorrekturbeiwerten modifiziert.

$$S_x = \frac{\sum_{i=1}^n G_{x,i} \cdot t_i}{\kappa_x} \quad (3)$$

$$S_y = \frac{\sum_{i=1}^n G_{y,i} \cdot t_i}{\kappa_y} \quad (4)$$

Ernst & Sohn (Hrsg.)

## Bauprodukte digital 2020

Zu früh, zu spät – genau richtig kommt Bauprodukte digital 2020. Das erste Heft von 2018 war vielleicht noch vom Duft der Kaffeesatzleserei umweht und kam doch früh genug. Jetzt aber ist es an der Zeit.

Da sind BIM und Digitalisierung besonders für die Hersteller von Bauprodukten und Baustoffen keine Modewörter, sondern Realität des Bauens. Da wird das Heft zur Pflichtlektüre. Industrie 4.0, KI, blockchain, Roboting – Themen, die uns längst betreffen. Dem Heft geht es dabei um die ganz konkrete Rolle der Hersteller in Sachen Digitalisierung, um die der Planungsportale, aber auch um ausführende Unternehmen bis hin zum Handwerk, BIM-Dienstleister und den großen Bereich der Softwareapplikationen.

Hochwertige Informationen und viel Platz für den Diskurs – das ist das Konzept der Ernst & Sohn Sonderhefte zum BAUEN DIGITAL.

#### BESTELLEN

+49 (0)30 470 31-236

marketing@ernst-und-sohn.de

[www.ernst-und-sohn.de/themenhefte](http://www.ernst-und-sohn.de/themenhefte)

**Ernst & Sohn**  
A Wiley Brand



April 2020 · 100 Seiten

Bestell-Nr.: 2134 2003

€ 23,36\*

Wie die Schubkorrekturbeiwerte und die weiteren Steifigkeiten berechnet werden, kann [7] entnommen werden. Die relevanten Querschnittswerte werden in der Ausgabe dokumentiert.

Querschnitt	$B_x$ [kNm <sup>2</sup> /m]	$B_y$ [kNm <sup>2</sup> /m]	$B_{xy}$ [kNm <sup>2</sup> /m]	$S_x$ [kN/m]	$S_y$ [kN/m]	$K_x$ [-]	$K_y$ [-]
	1254.53	329.47	64.58	9571.4	5306.5	5.441	6.920
	$D_x$ [kN/m]	$D_y$ [kN/m]	$D_{xy}$ [kN/m]	$Z_{x,x}$ [cm]	$Z_{x,y}$ [cm]		
	792000	528000	20700	6.0	6.0		

\*: Werte für nicht verklebte Schmalseiten

Bild 4. Ausgabe der Steifigkeiten im Modul S422.de

**Spannungen**

Für eine Plattenbeanspruchung werden allgemein die Schnittgrößen nach Bild 5 bezeichnet.

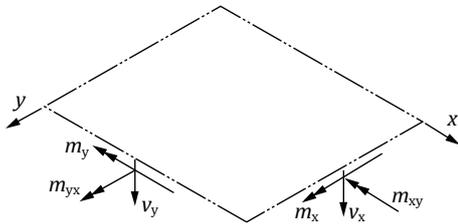


Bild 5. Plattenschnittgrößen

Für die Schnittgrößen in der Scheibe gelten die Bezeichnungen in Bild 6.

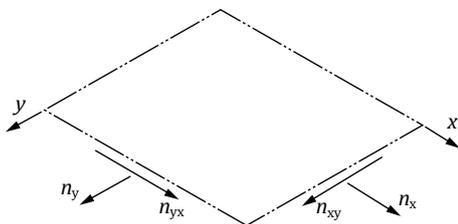


Bild 6. Scheibenschnittgrößen

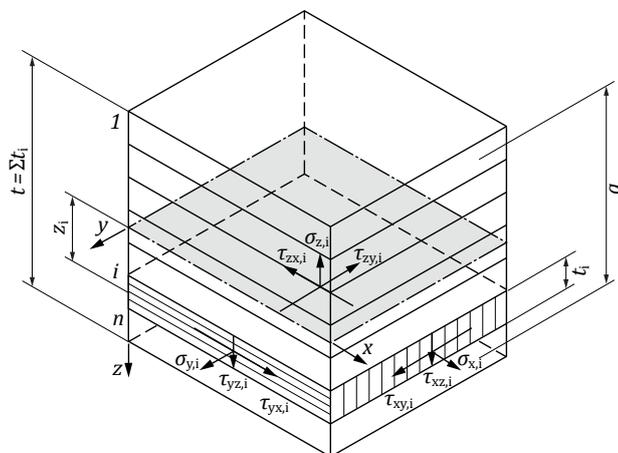


Bild 7. Spannungen in der Schicht i

Durch die Orthotropie des Materials und damit des Querschnitts erfolgt die Ermittlung der Spannungen getrennt für die Schichten in Längs und Querrichtung.

Die oben aufgeführten Schnittgrößen erzeugen in der Schicht i folgende Spannungen:

**Normalspannung aus Biegemomenten**

$$\sigma_{x,i} = E_{x,i} \frac{m_x}{B_x} \cdot z \tag{5}$$

$$\sigma_{y,i} = E_{y,i} \frac{m_y}{B_y} \cdot z \tag{6}$$

**Schubspannung aus Drillmoment**

$$\tau_{xy,i} = G_{xy,i} \frac{m_{xy}}{B_{xy}} \cdot z \tag{7}$$

**Schubspannung aus Querkraften**

$$\tau_x = \frac{E \cdot S_x}{B_x} \cdot v_x \tag{8}$$

$$\tau_y = \frac{E \cdot S_y}{B_y} \cdot v_y \tag{9}$$

**Normalspannung aus Membrankräften**

$$\sigma_{x,i} = E_{x,i} \frac{n_x}{D_x} \tag{10}$$

$$\sigma_{y,i} = E_{y,i} \frac{n_y}{D_y} \tag{11}$$

**Schubspannung aus Membranschubkraft**

$$\tau_{xy,i} = G_{xy,i} \frac{n_{xy}}{D_{xy}} \tag{12}$$

In Bild 8 ist eine übliche Belastungssituation eines Wandelements mit einer Normalkraftbeanspruchung  $n_x$  am Kopf und einer Biegebeanspruchung  $m_x$  infolge einer Flächenlast senkrecht dazu dargestellt. Daneben sind die Normalspannungen  $\sigma_{nx}$  und die Biegespannungen  $\sigma_{mx}$  zu sehen. Die Beanspruchungen werden nur von den Lagern, die in x-Richtung (vertikal) verlaufen, aufgenommen.

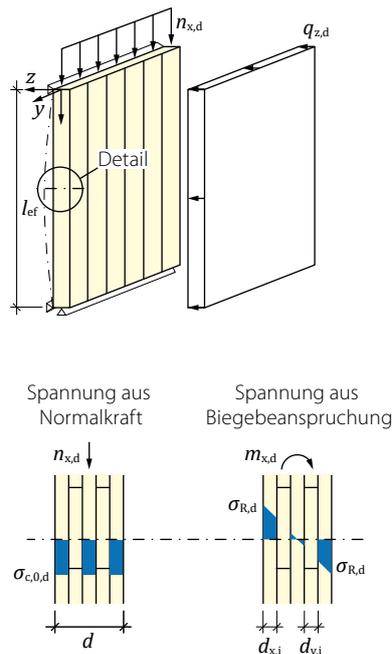


Bild 8. Wandelement unter Normalkraft- und Biegebeanspruchung, aus [6]

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

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0 \quad (13)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0 \quad (14)$$

$$\left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{xy,d}}{f_{v,d}}\right)^2 \leq 1,0 \quad (15)$$

$$\frac{\tau_{R,d}}{f_{R,d}} \leq 1,0 \quad (16)$$

### Stabilität

Das Knickverhalten von Wänden aus Brettsper Holz hängt unter anderem von der Verteilung der Druckkräfte in der betrachteten Wandscheibe ab. Durch Momentenbeanspruchung und lokalen Lastenleitungen können Zonen starker Druckbeanspruchung neben Zonen schwacher Druckbeanspruchung vorhanden sein. S422.de führt den Nachweis der Stabilität als vereinfachten Nachweis mit einem modifizierten Ersatzstabverfahren. Dabei wird das Wandelement in  $n$  gleich große Teile unterteilt. Innerhalb dieser Abschnitte wird mit einer gemittelten Normalkraft gerechnet und jeder Teil als schubnachgiebiger Knickstab mit Knicken um die  $y$ -Achse nachgewiesen.

Das Knickverhalten von Stäben wird neben der Knicklänge durch das Verhältnis aus Querschnittsfläche zur Steifigkeit gegen das Ausweichen des Stabes bestimmt. Die Steifigkeit gegen Ausweichen setzt sich aus einem Anteil der Biegesteifigkeit und einem für Brettsper Holz nicht immer zu vernachlässigenden Anteil der Schubsteifigkeit zusammen. Durch den Anteil der Schubsteifigkeit verringert sich die kritische Knicklast. (vgl. [5])

Nach [5] kann beim Ersatzstabverfahren der Einfluss der Schubnachgiebigkeit über einen Faktor  $k_{cs}$  berücksichtigt werden. Dieser erhöht die Schlankheit des Knickstabes.

$$k_{cs} = \sqrt{1 + \frac{\pi^2 \cdot B_x}{S_x \cdot l_k^2}} \quad (17)$$

mit

$k_{cs}$	Faktor zur Berücksichtigung der Schubnachgiebigkeit im Knickfall
$B_x$	Biegesteifigkeit
$S_x$	effektive Schubsteifigkeit
$l_k$	Knicklänge

Die Schlankheit des schubnachgiebigen Stabes ergibt sich zu

$$\lambda = \frac{l_k}{i_x} \cdot k_{cs} \quad (18)$$

Die weitere Berechnung und der Nachweis erfolgt nach [1], 6.3.2.

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad (19)$$

$$k = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] \quad (20)$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 + \lambda_{rel}^2}} \quad (21)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1,0 \quad (22)$$

### Lagesicherheit und Zugkraftverankerung

Im Modul S422.de kann der Nachweis der Lagesicherheit (EQU) und gegebenenfalls die Ermittlung der Bemessungszugverankerung erfolgen. Der Nachweis wird nach [3], NDP zu A.1.3.1(3) geführt. Dabei ist zu zeigen, dass der Bemessungswert der destabilisierenden Einwirkungen kleiner ist als der Bemessungswert der stabilisierenden Einwirkungen.

$$\frac{E_{d,dst}}{E_{d,stb}} \leq 1,0 \quad (23)$$

In [3] sowie im zugehörigen NDP ist geregelt, wie die Bemessungswerte zu ermitteln sind. So sind beim Nachweis der Lagesicherheit die charakteristischen Werte aller destabilisierend wirkenden Anteile der ständigen Einwirkungen ( $E_{d,dst}$ ) mit dem Faktor  $\gamma_{G,dst}$  und die charakteristischen Werte aller stabilisierenden Anteile ( $E_{d,stb}$ ) mit dem Faktor  $\gamma_{G,stb}$  zu multiplizieren.

Wenn der Nachweis der Lagesicherheit nicht eingehalten ist, muss diese durch den zusätzlichen Ansatz eines Bauteilwiderstandes (Bemessungswert  $R_{d,anch}$ ) sichergestellt werden. Nach [3] berechnet sich die erforderliche Verankerungskraft zu:

$$E_{d,anch} = E_{d,dst} + E_{d,stb} \quad (24)$$

$$E_{d,anch} = E_{Gk,dst} \cdot \gamma_{G,dst} + E_{Qk} \cdot \gamma_Q + E_{Gk,stb} \cdot \gamma_{G,stb} \quad (25)$$

Außerdem ist nach [3], NDP zu A.1.3.1(3) der Bemessungswert der Verankerungskraft bei günstiger Auswirkung aller ständigen Einwirkungen mit  $\gamma_{G,inf}$  zu bestimmen.

$$E_{d,anch} = (E_{Gk,dst} + E_{Gk,stb}) \cdot \gamma_{G,inf} + E_{Qk} \cdot \gamma_Q \quad (26)$$

Der größte Bemessungswert der Verankerungskraft aus den Gleichungen (24) bzw. (25) und (26) ist maßgebend. Für den Nachweis des Verankerungsbauteils gilt:

$$E_{d,anch} \leq R_{d,anch} \quad (27)$$

Einwirkung	Symbol	Situationen	
		P/T	A/E
<b>Ständige Einwirkungen</b>			
<i>destabilisierend</i>	$\gamma_{G,dst}$	1,10	1,00
<i>stabilisierend</i>	$\gamma_{G,stab}$	0,90	0,95
<b>Ständige Einwirkungen für den kombinierten Nachweis der Lagesicherheit, der den Widerstand der Bauteile mit einschließt</b>			
<i>destabilisierend</i>	$\gamma_{G,dst}^*$	1,35	1,00
<i>stabilisierend</i>	$\gamma_{G,stab}^*$	1,15	0,95
<b>Unabhängige ständige Einwirkungen</b>			
<i>Auswirkung günstig</i>	$\gamma_{G,inf}$	1,00	1,00
<b>Veränderliche Einwirkung</b>			
<i>destabilisierend</i>	$\gamma_Q$	1,50	1,00
<b>Außergewöhnliche Einwirkung</b>	$\gamma_A$	-	1,00

Tabelle 2. Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen

## Details

Im Kapitel „Detail“ kann die Übergabe für das Detailmodul S492.de Holz-Wand-Decken-Verbindung erzeugt werden. Damit kann das Detailmodul komfortabel auf die Geometrie, den Querschnitt und die Auflagerkräfte zurückgreifen.

## Ausgabe

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

Neben der grafischen Darstellung des Systems in Haupttragrichtung werden die Belastungen, Schnittgrößen und Nachweise unter Berücksichtigung der Einstellungen des Anwenders sowohl grafisch als auch tabellarisch ausgegeben.

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

## Literatur

- [1] DIN EN 1995-1-1: Eurocode 5 – Bemessung und Konstruktion von Holzbauten. Ausgabe Dezember 2010. Beuth Verlag.
- [2] DIN EN 1995-1-1/NA: Nationaler Anhang Eurocode 5 – Bemessung und Konstruktion von Holzbauten. Ausgabe Dezember 2010. Beuth Verlag.
- [3] DIN EN 1990: Eurocode 0 – Grundlagen zur Tragwerksplanung. Ausgabe Dezember 2010. Beuth Verlag.
- [4] Wallner-Novak, Dr. M., Koppelhuber, J., Pock, K.: Brettsperrholz Bemessung Band I – Grundlagen für Statik und Konstruktion nach Eurocode, proHolz Austria Juli 2013.
- [5] Wallner-Novak, Dr. M., Augustin, M., Koppelhuber, J., Pock, K.: Brettsperrholz Bemessung Band II – Anwendungsfälle, proHolz Austria Januar 2018.
- [6] Mestek, P.: Berechnung und Bemessung von Brettsperrholz – ein Überblick, Unterlagen für den 4. Europäischen Kongress für energieeffizientes Bauen mit Holz 2011.
- [7] Hohenstern, S., Blüm, T.: Brettsperrholz – Leistungsbeschreibung der Module M322.de, M332.de, M342.de, S854.de, mb-news 5/2015.

## Preise und Angebote

**S422.de Holz-Wand, Brettsperrholz – 390,- EUR**  
EC 5, DIN EN 1995-1-1:2010-12  
Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

**BauStatik 5er-Paket 990,- EUR**  
bestehend aus 5 BauStatik-Modulen  
deutscher Norm nach Wahl\*

**BauStatik 10er-Paket 1.690,- EUR**  
bestehend aus 10 BauStatik-Modulen  
deutscher Norm nach Wahl\*

\* ausgenommen: S012, S018, S030, S141.de, S261.de, S410.de, S411.de, S414.de, S630.de, S811.de, S853.de

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: April 2020

Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)

Preisliste siehe [www.mbaec.de](http://www.mbaec.de)