

Christian Keller B.Eng.

Geschossdecken aus Holzwerkstoffen

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls

S204.de Holz-Decke, Holzwerkstoffe – EC 5, DIN EN 1995-1-1:2010-12

Der Holzbau erfreut sich im Zuge des Klimaschutzes immer größerer Beliebtheit und erfährt aufgrund seiner zahlreichen Stärken einen deutlichen Zuspruch von Architekten und Tragwerksplanern. Das Modul S204.de bietet für die Bemessung von Decken aus Holzwerkstoffen, wie z.B. Brettsperrholz, eine schnelle und wirtschaftliche Lösung.

Pos. S204.de Brettsperrholz-Decke

System
Brettsperrholz-Zweifeldträger mit Kragarm
M 1:85

Abmessungen / Nutzungsklassen

Feld	l [m]	NKL
K1	0.80	1
1	4.00	1
2	5.30	1

Auflager

Aufl.	x [m]	b [cm]	Transl. [kN/m]	Relat. [kNm/rad]
A	0.80	30.00	starr	frei
B	4.80	30.00	starr	frei
C	10.10	30.00	starr	frei

Material / Querschnitt

Material	h [cm]
LENO 180	18.0

Einwirkungen
Einwirkungen nach DIN EN 1990:2010-12
Gk
Eigenlasten
Ständige Einwirkungen
Qk-N
Nutzlasten
Kategorie A – Wohn- und Aufenthaltsräume
fw
frei

Erläuterungen
Lastansatz ungünstig (fw)
Die Lasten der Einwirkung werden in ungünstiger Laststellung wirkend ange setzt.

Belastungen
Be lastungen auf das System
Grafik
Be lastungsgrafiken (einwirkungsbezogen)
Einwirkungen
Gk
Qk-N

Allgemein

Im Vergleich zu herkömmlichen Baustoffen weisen Holzwerkstoffe eine wesentlich günstigere CO₂-Bilanz auf. Im Zuge der Bemühungen um den Klimaschutz führt dies aktuell zu steigenden Anteilen von Holzkonstruktionen am Gesamtbauvolumen.

Das Modul „S204.de Holz-Decke, Holzwerkstoffe“ ergänzt das Angebot der mb WorkSuite insbesondere auch im Bereich der Brettsperrholz-Bemessung und ermöglicht die Berechnung einachsig gespannter Platten aus Holz und Holzwerkstoffen innerhalb der BauStatik.

Dabei werden für den Werkstoff Brettsperrholz alle Zustandsgrößen anhand einer Finiten-Elemente-Analyse unter Berücksichtigung der Schubnachgiebigkeit der Querlagen ermittelt. Gegenüber gängigen Näherungsverfahren, wie z.B. dem γ -Verfahren, hat das den Vorteil, dass es keine Einschränkungen der Anwendbarkeit des Berechnungsverfahrens gibt. D.h. für alle statischen Systeme, Lagerungsbedingungen und Belastungssituationen können wirklichkeitsnahe Nachweise durchgeführt werden. Die Bemessung erfolgt in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit nach DIN EN 1995-1-1 [1]. Abhängig vom gewählten Material werden auch die entsprechenden bauaufsichtlichen Zulassungen berücksichtigt.

System

Bei der Modellierung des statischen Systems können Ein- oder Mehrfeldträger, mit oder ohne Kragarme, erzeugt werden. Für den Nachweis der Auflagerpressung kann die Auflagerbreite je Auflager festgelegt werden. Ist das Bauteil nachgiebig gelagert, z. B. auf einem Unterzug, kann dies mit Hilfe der Auflagerelastizität als Weg- oder Drehfeder berücksichtigt werden. Momentengelenke können dem System an beliebiger Stelle hinzugefügt werden.

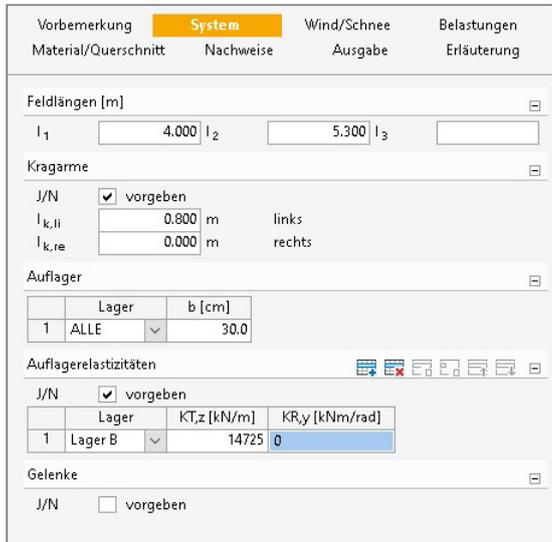


Bild 1. Kapitel „System“

Wind/Schnee

Wird die Decke als Flachdach bemessen, müssen Beanspruchungen aus Schnee- und Windlast berücksichtigt werden. Diese Lastanteile werden auf Basis von Wind und Schneelastzonen, Gebäudestandort, Gebäudeparameter und Last-einzugsflächen ermittelt und können manuell im Kapitel „Belastung“ eingegeben werden. Für ein schnelleres und komfortableres Arbeiten sorgt die Lastübernahme aus dem Modul S031.de „Wind- und Schneelastermittlung“. Nach der Definition der Randbedingungen des Gebäudes folgt die Bestimmung der Bauteillage. Dadurch kann die genaue Belastung für das Bauteil ermittelt und an das Nachweismodul übergeben werden.

Belastung

Abhängig vom gewählten Material kann auf Wunsch das Eigengewicht der Decke automatisch ermittelt werden. Ebenso kann feldübergreifend eine gleichmäßig verteilte Nutzlast angesetzt werden. Bei fehlender Querverteilung der Lasten kann dieser Wert um ΔQ erhöht werden. Die Erhöhung wird bei der Lastweiterleitung nicht berücksichtigt. Wie gewohnt können Lasten auch aus vorhandenen Positionen übernommen werden. Alternativ steht die manuelle Eingabe von Lasten zur Verfügung. Die Einzelwertübernahme bzw. Lastzusammenstellung ermöglicht den Zugriff auf Auflagerreaktionen von bestehenden BauStatik-Modulen sowie von MicroFe-Modellen.

In der Ausgabe ist die Dokumentation von Lastzusammenstellungen und Lastübernahmen möglich. Als Lastarten stehen Linienlasten, Gleichflächenlasten, Blockflächenlasten und Trapezflächenlasten zur Verfügung.

Material/Querschnitt

Bei der Auswahl des Materials stehen folgende Holzwerkstoffe zur Verfügung:

- Brettsperrholz (siehe Tabelle1)
- Nadelholz
- Laubholz
- Konstruktionsvollholz
- Furnierschichtholz (Steico, Kerto)
- Sperrholz
- OSB-Platten
- Kunstharzgebundene Spanplatten

Die Materialkennwerte werden entsprechend der Auswahl den Stammdaten entnommen. Abhängig vom gewählten Material kann Einfluss auf die Ausrichtung des Werkstoffes genommen werden, so dass zwischen Haupt- und Nebentragrichtung unterschieden werden kann. Bei der Verwendung von Brettsperrholz wird zusätzlich der Schichtaufbau in der Ausgabe dokumentiert.

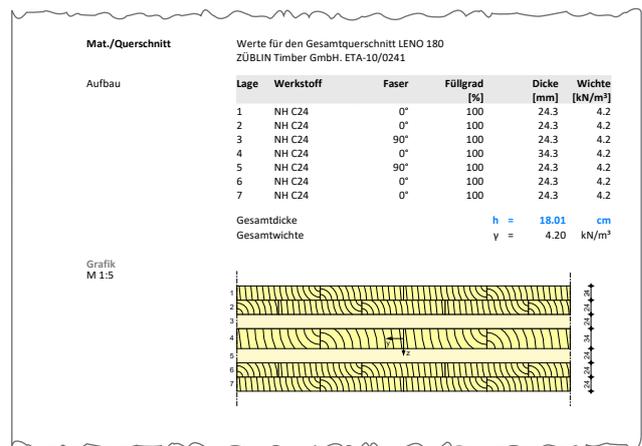


Bild 2. Aufbau eines Brettsperrholzquerschnitts in der Ausgabe

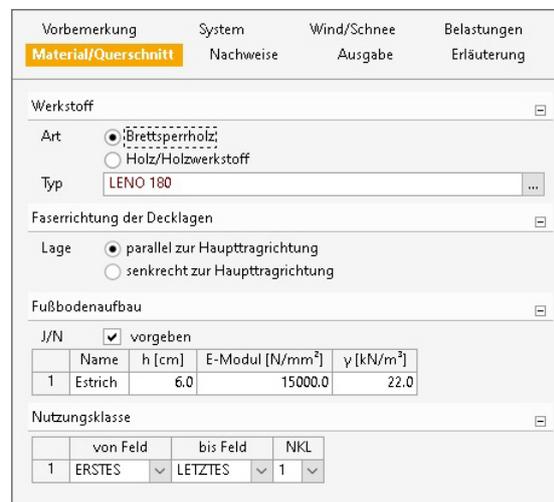


Bild 3. Kapitel „Material/Querschnitt“

Auf Wunsch kann der Fußbodenaufbau durch die Vorgabe der Schichthöhe und der Wichte bei der Lastermittlung erfasst werden. Durch die Angabe des E-Moduls wird die positive Wirkung der zusätzlichen Biegesteifigkeit beim Schwingungsnachweis berücksichtigt. Eine Dokumentation des Fußbodenaufbaus ist in der Ausgabe enthalten.

Um den Einfluss des Umgebungsklimas während der vorgesehenen Nutzungsdauer zu berücksichtigen, wird das Holzbauteil in eine Nutzungsklasse (NKL) eingeordnet.

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	ETA-12/0327
KLH	KLH	Z-9.1-482 ETA-06/0138
Merkle	Merkle X-LAM	ETA-11/0210
Stora Enso	CLT	ETA-14/0349
Züblin Timber (Merk)	Leno	ETA-10/0241

Tabelle 1. BSP Hersteller in den Stammdaten

Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Die Nachweise der Holzwerkstoffe im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) werden auf Basis der DIN EN 1995-1-1 [1] und unter Beachtung der jeweils geltenden bauaufsichtlichen Zulassung geführt.

Bei der Nutzung von Brettsperrholz werden beim Nachweis im GZT die Netto-Querschnittswerte (Index „net“) verwendet, da bei der Plattenbiegung lediglich Brettlagen parallel zur Tragrichtung berücksichtigt werden.

Nachweis der Biegespannung

Der Systembeiwert k_{sys} dient bei BSP zur Erhöhung der Biegefestigkeit und kann auf Wunsch manuell vorgegeben werden.

Für Bauteile aus Vollholz mit einem Rechteckquerschnitt erfolgt eine Modifizierung mit dem Faktor k_h nach 3.2 [1].

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \tag{1}$$

$$\frac{M_{0,d}}{W_0} \leq k_{mod} \cdot k_{sys} \cdot k_h \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M}$$

$\sigma_{m,d}$ Bemessungswert der Biegespannung
 $f_{m,d}$ Bemessungswert der Biegefestigkeit
 k_{sys} Systembeiwert bei BSP
 k_h Höhenbeiwert bei Vollholz

Nachweis der Schubspannung

Für den Schubnachweis kann die Querkraft in der rechnerischen Auflagerlinie oder im Abstand h zum Auflagerrand ver-

wendet werden. Ist eine auflagernahe Einzellast vorhanden, kann diese wahlweise abgemindert werden.

$$\tau_{V,d} \leq f_{V,d} \tag{2}$$

$$\frac{V_{0,d} \cdot S_{0,V}}{I_0 \cdot b} \leq k_{mod} \cdot \frac{f_{V,k}}{\gamma_M}$$

mit

$\tau_{V,d}$ Bemessungswert der Schubspannung
 $f_{V,d}$ Bemessungswert der Schubfestigkeit
 $S_{0,V}$ statisches Moment
 I_0 Flächenträgheitsmoment

Als Besonderheit bei der Verwendung von Brettsperrholz kann die Ausgabe um den Verlauf der Schub- und Normalspannung innerhalb des Querschnitts ergänzt werden (siehe Bild 4).

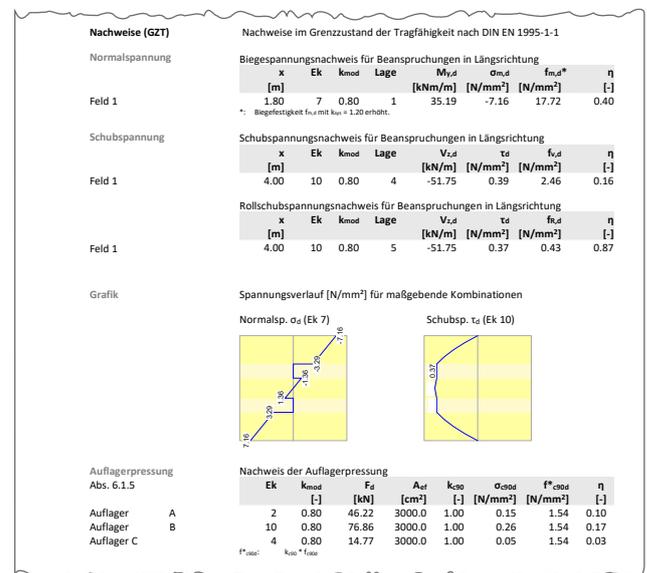


Bild 4. Nachweis GZT am Beispiel Brettsperrholz

Nachweis der Rollschubspannung (nur BSP)

Dieser Nachweis wird speziell bei Brettsperrholzquerschnitten geführt und berücksichtigt die Schubfestigkeit der Querlagen. Ein Versagen der Querlage wird in der Regel durch einen Bruch tangential zu den Jahresringflächen sichtbar. Dieser Bruch wird als Rollschubversagen bezeichnet und entsteht im Allgemeinen bei der Überschreitung der Rollschubfestigkeit der schwerpunktnächsten Querlage.

Der Nachweis der Schubspannung wird in der Regel von der Rollschubfestigkeit der Querlagen limitiert.

$$\tau_{V,R,d} \leq f_{V,R,d} \tag{3}$$

$$\frac{V_{0,d} \cdot S_{0,R,net}}{I_{0,net} \cdot b} \leq k_{mod} \cdot \frac{f_{V,R,k}}{\gamma_M}$$

mit

$\tau_{V,R,d}$ Bemessungswert der Rollschubspannung
 $f_{V,R,d}$ Bemessungswert der Rollschubfestigkeit

Nachweis der Auflagerpressung

Der Querdrucknachweis der Platte über den Auflagern wird nach Gl. (6.3) und (6.4) [1] geführt. Für diesen Nachweis können sowohl die wirksame Aufstandsfläche entsprechend 6.1.5 (1) [1] als auch die Querdruckfestigkeit mit dem Beiwert $k_{c,90}$ erhöht werden. Da für die Querdruckbeiwerte von Brettspertholz zurzeit nur unzureichende Forschungsergebnisse vorliegen, wird wie in [3] empfohlen für $k_{c,90}$ der Wert von Brettschichtholz aus DIN EN 1991-1-1 [1] genutzt.

Bei der Verwendung von Furnierschichthölzern werden für $k_{c,90}$ die Vorgaben der jeweiligen Zulassung berücksichtigt. Ergänzend wird die Druckfestigkeit mit einem vorgegebenen Erhöhungsfaktor modifiziert.

$$\frac{\frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} \leq 1 \tag{4}$$

mit

$F_{c,90,d}$	Bemessungswert der Druckkraft
A_{ef}	wirksame Kontaktfläche
$f_{c,90,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit
$k_{c,90}$	Querdruckbeiwert

Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Um die Gebrauchstauglichkeit zu gewährleisten, sind über die gesamte Nutzungszeit bestimmte Grenzwerte der Verformung sowie der Schwingung einzuhalten. Im Zweifel sind die Grenzwerte in Abstimmung mit dem Bauherrn festzulegen.

Verformung

Der Nachweis der Verformung wird ohne die Berücksichtigung der Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkung bzw. Baustoffeigenschaften geführt. Bei der Verwendung von Brettspertholz wird die Schubverformung der Querlagen berücksichtigt. Im Modul S204.de können bis zu drei Verformungsnachweise geführt werden (siehe Bild 5).

Elastische Anfangsdurchbiegung ($t = 0$)

$$w_{inst} = w_{inst,G} + w_{inst,Q,1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} \cdot w_{inst,Q,i} \leq w_{grenz} \tag{5}$$

mit

$w_{inst,G}$	el. Anfangsdurchbiegung infolge ständiger Last
$w_{inst,Q,i}$	el. Anfangsdurchbiegung infolge veränderlicher Last
$\psi_{0,i}$	char. Kombinationsbeiwert
w_{grenz}	Grenzwert

Der Nachweis der elastischen „Anfangsdurchbiegung“ zum Zeitpunkt $t = 0$ soll Schäden an nachgeordneten Bauteilen vorbeugen und wird mithilfe der charakteristischen Kombination gebildet. Die Durchbiegung stellt sich unmittelbar nach Aufbringen der Last ein.

Enddurchbiegung ($t = \infty$)

$$w_{fin} = w_{inst} + w_{inst,G} \cdot k_{def} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot w_{inst,Q,i} \cdot k_{def} \leq w_{grenz} \tag{6}$$

mit

k_{def}	Verformungsbeiwert
$\psi_{2,i}$	quasi-ständiger Kombinationsbeiwert

Bauteile wie Trennwände, Installationen etc. werden in der Regel erst dann eingebaut, wenn eine Durchbiegung infolge von Eigengewicht bereits vorhanden ist. Schäden werden demnach nur von Verformungen verursacht, die über die elastische „Anfangsverformung“ hinausgehen. Beim Nachweis der „Enddurchbiegung“ wird die Kriechverformung aus ständigen Lastanteilen berücksichtigt. Der Kriechanteil der veränderlichen Einwirkungen erfolgt über den quasi-ständigen Lastanteil.

Gesamte Enddurchbiegung ($t = \infty$)

$$w_{fin} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) + \left(\sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot w_{inst,Q,i} \cdot (1 + k_{def}) \right) - w_c \leq w_{grenz} \tag{7}$$

mit

w_c	Überhöhung (falls vorhanden)
-------	------------------------------

Der Nachweis der „gesamten Enddurchbiegung“ wird zur Vermeidung einer optischen Beeinträchtigung infolge des Durchhangs eines Bauteils geführt. Der Nachweis erfolgt in der quasi-ständigen Kombination und berücksichtigt die Überhöhung des Bauteils. Für BSP wird die Überhöhung mit 0 angenommen.

Schwingung

Nach [1] ist sicherzustellen, dass häufig zu erwartende Einwirkungen keine Schwingungen verursachen, welche die Funktion eines Bauwerks beeinträchtigen oder bei den Benutzern unannehmbares Unbehagen hervorrufen. Insbesondere für Wohnungsdecken wird ausdrücklich ein Schwingungsnachweis gefordert. Mit dem Modul S204.de erfolgen die Nachweise der Schwingungen mithilfe des Frequenz- und des Steifigkeitskriteriums. Die Nachweise sind einzeln auswählbar (siehe Bild 5).

Für Holz und Holzwerkstoffe wird ein vereinfachter Schwingungsnachweis nach [3] erbracht. Für die Anwendbarkeit wird ein konstruktiver Deckenaufbau vorausgesetzt, der vom Nutzungsbereich abhängig ist (siehe Tabelle 2).

Deckentyp	Innerhalb einer Nutzungseinheit	Verschiedene Nutzungseinheiten
Holzbalkendecke	NE oder TE + S	NE + S

NE = schwimmender Nassestrich
 TE = schwimmender Trockenestrich
 S = schwere Schüttung

Tabelle 2. Konstruktive Mindestanforderungen nach [3]

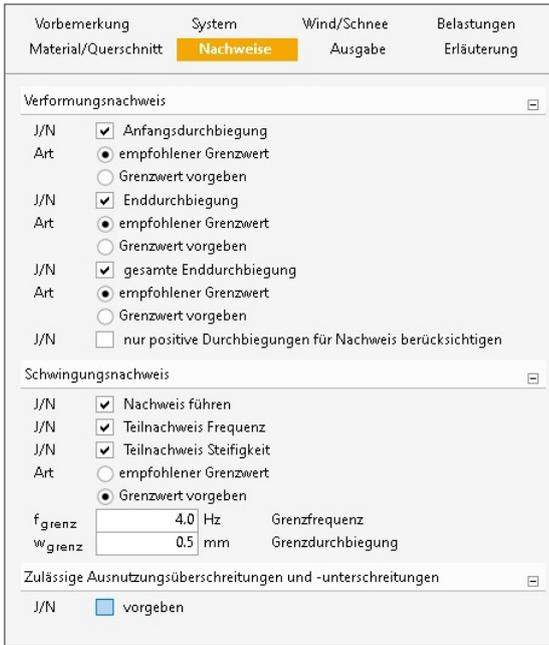


Bild 5. Kapitel „Nachweise“ Bereich GZG

Für Brettsperrholz wird ein genauer Schwingungsnachweis mithilfe der Finiten-Elemente-Analyse geführt. Dabei wird das gesamte System inklusive Auflagerelastizitäten, Momentengelenke und Kragarme berücksichtigt. Um das Schwingungsverhalten der Decke weiter zu verbessern, besteht die Möglichkeit im Kapitel „Material/Querschnitt“ einen Fußbodenaufbau zu definieren (siehe Bild 3). Vereinfachend wird dabei die Summe der Biegesteifigkeiten der einzelnen Deckenteile gebildet und somit die Gesamtbiegesteifigkeit erhöht. Der Steineranteil wird auf der sicheren Seite liegend vernachlässigt.

Da der Nutzer immer höhere Anforderungen an den Schwingungskomfort stellt, sind die Grenzbereiche nach Norm oft nicht ausreichend und im Zweifel mit dem Bauherrn zu konkretisieren. Auf Wunsch können in diesem Fall die Grenzwerte manuell definiert werden (Siehe Bild 5). Wird auf eine manuelle Vorgabe verzichtet, werden die empfohlenen Grenzwerte nach [3] verwendet (siehe Tabelle 3).

Grenzwert	Decke innerhalb einer Nutzungseinheit	Decke zwischen fremden Nutzungseinheiten
f_{grenz}	6 Hz	8 Hz
w_{grenz}	1,0 mm	0,5 mm

Tabelle 3. Empfohlene Grenzwerte nach [3]

Frequenzkriterium

$$f \geq f_{\text{grenz}} \quad (8)$$

Ziel des Frequenzkriteriums ist es, einen möglichst großen Abstand zwischen der Eigenfrequenz der Deckenkonstruktion und der Schrittfrequenz einzuhalten.

Steifigkeitskriterium

$$w \geq w_{\text{grenz}} \quad (9)$$

Das Steifigkeitskriterium untersucht das dynamische Verhalten der Decke infolge eines länger anhaltenden Impulses, wie beispielsweise durch einen einmaligen Fußauftritt. Die Schwingungsanfälligkeit einer Decke ist maßgeblich von ihrer Steifigkeit abhängig. Im Umkehrschluss ist es möglich, die Steifigkeit als Durchbiegung auszudrücken.

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 Stützensystems werden die Belastungen, Schnittgrößen und Nachweise unter Berücksichtigung der Einstellungen des Anwenders sowohl grafisch als auch tabellarisch ausgegeben.

Christian Keller B.Eng.
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] DIN EN 1995-1-1:2010-12: Eurocode 5 – Bemessung und Konstruktion von Holzbauten. Beuth Verlag.
- [2] G. Schickhofer, A. Thiel: Holz-Massivbauweise in Brettsperrholz –Allgemeines zur Bauweise und Nachweise auf Basis des europäischen Normenkonzepts Verfügbar: https://www.forum-holzbau.com/pdf/ihf10_schickhofer.pdf [Zugriff am 14.06.2020].
- [3] Schneider: Bautabellen für Ingenieure 20. Auflage, Januar 2012. Werner Verlag.

Preise und Angebote

S204.de Holz-Decke, Holzwerkstoffe – EC 5, DIN EN 1995-1-1:2010-12
Weitere Informationen unter <https://www.mbaec.de/modul/S204.de>

BauStatik 5er-Paket
bestehend aus 5 BauStatik-Modulen deutscher Norm nach Wahl*

BauStatik 10er-Paket
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 Einzelplatzlizenzen je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Folgelizenzen-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: Juni 2020

Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)

Preisliste siehe www.mbaec.de