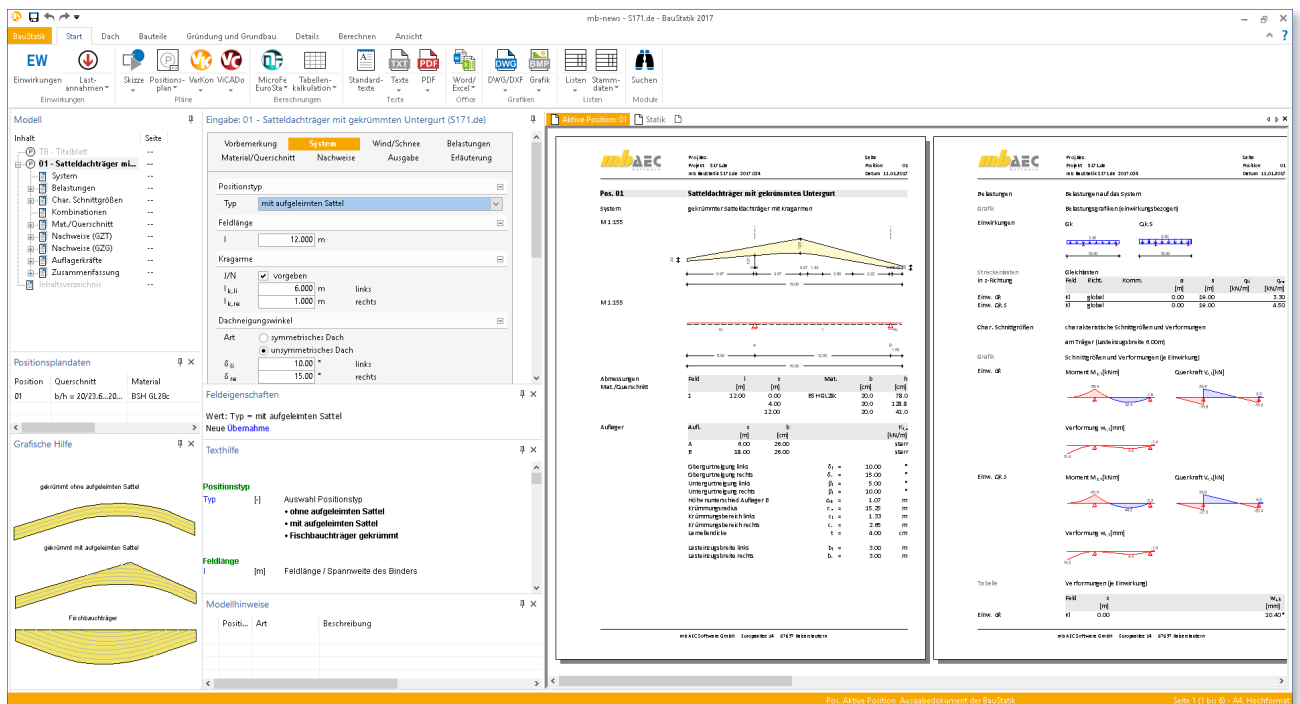


Dipl.-Ing. Thomas Blüm

Satteldachbinder aus Brettschichtholz

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S171.de Holz-Dachbinder, Satteldachbinder mit gekrümmter Unterkante

Satteldachbinder stellen aufgrund der dem Kräfteverlauf und der Dachneigung angepassten Trägergeometrie wirtschaftliche Lösungen zum Überbrücken größerer Spannweiten dar. Eine Ausführung der Satteldachbinder mit gekrümmter Unterkante ermöglicht eine Dachneigung bis ca. 20°. Die bei diesen großen Dachneigungen entstehenden Querkzugbeanspruchungen im mittleren Trägerbereich müssen über zusätzliche Querkzugsicherungen abgefangen werden.



Gekrümmte Binder bzw. Satteldachbinder bieten große Gestaltungsmöglichkeiten. Außerdem wird gegenüber Trägern mit gerader Unterkante durch ihre Formgebung das Material wirtschaftlich besser genutzt. Der obere Rand entspricht in der Regel der Neigung des Gebäudedaches, während der untere Rand je nach Anforderung die gleiche oder eine andere Neigung aufweisen kann und im Firstbereich eine Krümmung aufweist. Bei unterschiedlicher Neigung des oberen und unteren Randes entsteht ein Rechteckquerschnitt mit veränderlicher Höhe über die

Trägerlänge. Außerdem sind die Holzfasern am oberen Rand angeschnitten, sodass Spannungskombinationen aus Längs-, Quer- und Schubspannungen auftreten. Der Faseranschnittswinkel ist nach [2] auf 24° begrenzt.

Durch äußere Lasten und klimatische Einflüsse können durch die Bauform bedingt Querkzugspannungen im Firstbereich des Binders entstehen. Diese sind bei der Bemessung zu berücksichtigen.

System

Im Kapitel „System“ ist zunächst der Positionstyp auszuwählen. Es können Satteldachbinder ohne oder mit aufgeleimtem Sattel sowie Fischbauchträger mit Krümmung gewählt werden.

Für alle Positionstypen sind die Feldlänge und eventuell vorhandene Kragarme zu definieren. Bei Satteldachbindern ist der Winkel der Dachneigung vorzugeben. Dabei sind sowohl symmetrische als auch unsymmetrische Dächer möglich. Auch ein Höhenunterschied der beiden Auflager ist in der Eingabe vorgesehen.

Mit Hilfe der Lasteinzugsbreiten links und rechts werden Flächenlasten auf das Dach in Streckenlasten umgerechnet.

Vorbemerkung	System	Wind/Schnee	Belastungen
Material/Querschnitt	Nachweise	Ausgabe	Erläuterung
Positionstyp			
Typ <input type="text" value="mit aufgeleimten Sattel"/>			
Feldlänge			
l <input type="text" value="12.000"/> m			
Kragarme			
J/N <input checked="" type="checkbox"/> vorgeben			
l _{k,li} <input type="text" value="6.000"/> m links			
l _{k,re} <input type="text" value="1.000"/> m rechts			
Dachneigungswinkel			
Art <input type="radio"/> symmetrisches Dach			
<input checked="" type="radio"/> unsymmetrisches Dach			
δ _{li} <input type="text" value="10.00"/> ° links			
δ _{re} <input type="text" value="15.00"/> ° rechts			
Auflager			
b _A <input type="text" value="26.0"/> cm b _B <input type="text" value="26.0"/> cm			
Höhenunterschied der Auflager			
J/N <input checked="" type="checkbox"/> vorgeben			
Δ _B <input type="text" value="-107.0"/> cm Höhendifferenz rechtes Auflager			
Lasteinzugsbreiten			
L _{B,li} <input type="text" value="3.000"/> m links			
L _{B,re} <input type="text" value="3.000"/> m rechts			

Bild 1. Eingabekapitel „System“

Wind/Schnee

Bei der Bemessung von Dachbauteilen sind Wind- und Schneelasten zu berücksichtigen. Das Modul S171.de bietet die Möglichkeit, diese Beanspruchungen nach DIN EN 1991-1-3 bzw. 1991-1-4 zu ermitteln. Durch die Vorgabe von Wind- und Schneelastzonen, Gebäudestandort, Gebäudeparametern, Lage des Bauteils und Lasteinzugsflächen werden die Lasten auf das Bauteil automatisch angesetzt. Auch Besonderheiten wie Unterwind an der Traufe lassen sich erfassen.

Bei Situationen, in denen die Wind- oder Schneelastzonen nicht vorliegen, lassen sich der Geschwindigkeitsdruck des Windes und die Schneelast auf den Boden manuell vorgeben.

Andererseits gibt es die Möglichkeit, die Wind- und Schneelasten für das Dach und evtl. weitere Dachbauteile mit dem Modul „S031.de Wind- und Schneelasten“ komfortabel zu ermitteln und diese per Übernahme im Kapitel „Wind/Schnee“ einzubinden. Dies hat den Vorteil, dass bei mehreren Dachbauteilen die Angaben zur Gebäudegeometrie, Wind- und Schneelastzonen usw., nur einmal getroffen werden müssen.

Belastung

Die ständigen Lasten für das Eigengewicht des Binders sowie die Flächenlasten aus Eindeckung und Ausbaulast können durch das Modul automatisch generiert werden.

Zusätzlich zu den automatisch generierten Eigen-, Wind- und Schneelasten können Belastungen manuell definiert werden. Hier kann zwischen Gleich- und Trapezflächenlasten, einer Linienlast senkrecht zur Binderebene, Punkt-, Gleich-, Block- und Trapezlasten gewählt werden.

Eine Dokumentation von Lastzusammenstellungen und einzelnen Lastübernahmen in der Ausgabe ist möglich.

Material/Querschnitt

Als Material kann Brettschichtholz mit den aktuellen Festigkeitsklassen nach DIN EN 14080:2013 gewählt werden. In Abhängigkeit der gewählten Festigkeitsklasse werden die entsprechenden Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtewerte den Stammdaten entnommen. Eine Erhöhung der charakteristischen Biegefestigkeiten $f_{m,k}$ von Brettschichtholz mit dem Beiwert k_h ist optional möglich.

Die Querschnittsabmessungen werden für Binderbreite und Binderhöhe am linken Auflager abgefragt. Für bestimmte Systeme (z.B. unsymmetrische Satteldachbinder) kann auch die Eingabe der Höhe am rechten Auflager erforderlich sein. Über die Eingabe einer Schrittweite zur Verbreiterung bzw. Erhöhung des Querschnitts können die statisch erforderlichen Querschnittsabmessungen programmseitig ermittelt werden. Bei dieser optionalen Querschnittswahl werden die Abmessungen solange um die vorgegebenen Schrittweiten vergrößert, bis eine ausreichende Tragfähigkeit und Stabilität sowohl unter Normaltemperatur als auch im Brandfall erreicht wird.

Die Lamellendicke t wird u.a. für die Ermittlung des Krümmungsbeiwertes k_r benötigt.

Die Krümmung an der Unterseite des Binders im Firstbereich kann entweder über den Krümmungsradius oder über die Bereichslänge der Krümmung festgelegt werden. Beide Angaben sind äquivalent. Die Untergurtneigung kann auf beiden Seiten des Firstes gleich oder unterschiedlich vorgegeben werden. Auch die Option „parallel zum Obergurt“, d.h. gleiche Neigung wie der Obergurt, ist möglich.

Mit den Angaben aus „System“ und „Material/Querschnitt“ ermittelt das Modul S171.de alle geometrischen Daten für die Nachweise. Um Fehleingaben und geometrische Konflikte zu verhindern wird auf eine Eingabe von redundanten Daten verzichtet.

Neben den Material- und Querschnittsabmessungen ist die zu berücksichtigende Nutzungsklasse (NKL) zu wählen. Die Tragfähigkeit eines Holzbauteils nimmt mit zunehmender mittlerer Holzfeuchtigkeit ab. Diese Abhängigkeit wird über die Definition der Nutzungsklasse berücksichtigt.

The screenshot shows a software interface with the following sections:

- Vorbemerkung:** Material/Querschnitt, System: Nachweise, Wind/Schnee: Ausgabe, Belastungen: Erläuterung
- Werkstoff:** Art: BSH GL28c
- Rechteckquerschnitt:**
 - Binderbreite:** b: 20.0 cm (Startwert), Δb: (empty) cm (Schrittweite), b_{max}: (empty) cm (Maximalwert)
 - Binderhöhe am Auflager:** h_{ij}: 78.0 cm (Startwert links), h_{re}: 41.0 cm (Startwert rechts), Δh: 2.0 cm (Schrittweite), h_{ij,max}: 160.0 cm (Maximalwert)
 - Lamellendicke:** t: 4.0 cm (Lamellendicke)
 - Untergurtkrümmung:** Art: Krümmung über Radius, Krümmung über Länge; r: 15.250 m (Krümmungsradius)
 - Untergurtneigung:** Art: gleich, unsymmetrisch, parallel zum Obergurt; β_l: 5.00 grad (links), β_r: 10.00 grad (rechts)
 - Nutzungsklasse:**

	von Feld	bis Feld	NKL
1	ERSTES	LETZTES	1

Bild 2. Eingabekapitel „Material/Querschnitt“

Berechnungsgrundlagen/Nachweise

Allgemeines

Die Ermittlung der Schnittgrößen erfolgt an einem ebenen Einfeldträger, gegebenenfalls mit Kragarmen. Die Normalkräfte der in der Regel flach geneigten Binder werden dadurch vernachlässigt.

Für den Binder werden die folgenden Nachweise geführt:

- Nachweis der Querschnittstragfähigkeit (Spannungsnachweise)
- Nachweis der Stabilität (Biegedrillknicken)
- Nachweis der Auflagerpressung
- Nachweis der Querkzugtragfähigkeit
- Nachweise der Verformung

Nachweise der Querschnittstragfähigkeit

Die Nachweise der Querschnittstragfähigkeit für Biegung und Querkraft erfolgen nach [1]. Dabei ist zu beachten, dass der Querschnitt eine veränderliche Höhe hat und der obere Rand angeschnittene Fasern besitzt. Dadurch kommt es zu einer Überlagerung von Spannungen.

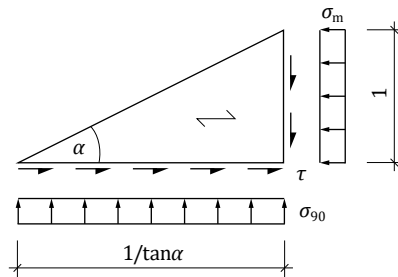


Bild 3. Dreieckselement am angeschnittenen Rand [6]

Für den angeschnittenen Rand mit angeschnittenen Holzfasern im Winkel α gilt die Bedingung:

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

mit

$\sigma_{m,\alpha,d}$ Bemessungswert der Biegebeanspruchung unter Berücksichtigung des Trägeranschnittes
 $f_{m,d}$ Bemessungswert der Biegefestigkeit
 $k_{m,\alpha}$ wird wie folgt berechnet:

- für Zugspannungen entlang des angeschnittenen Randes:

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{0,75 f_{v,d}} \tan \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{t,90,d}} \tan^2 \alpha\right)^2}}$$

- für Druckspannungen entlang des angeschnittenen Randes:

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{1,5 f_{v,d}} \tan \alpha\right)^2 + \left(\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \tan^2 \alpha\right)^2}}$$

Durch die Umlenkkräfte, die im Firstbereich entstehen, ist bei der Bemessung von Satteldachträgern folgende zusätzliche Bedingung einzuhalten:

$$\sigma_{m,d} \leq k_r \cdot f_{m,d} \tag{3}$$

mit

k_r Beiwert zur Berücksichtigung der Spannungen infolge des Biegens der Lamellen während der Herstellung, siehe [1], Gl. (6.49)
 $\sigma_{m,d}$ Bemessungswert der Biegespannung im Firstbereich, wie folgt:

$$\sigma_{m,d} = k_1 \frac{6 M_{ap,d}}{b h_{ap}^2}$$

mit
 k_1 Beiwert zur Ermittlung der Biegespannung im Firstquerschnitt nach [1], Gl. (6.43)

Nachweis der Stabilität

Wenn der stabilitätsgefährdete, druckbeanspruchte Träger- rand nicht kontinuierlich gehalten und damit das seitliche Ausweichen behindert ist, ist ein Biegedrillknicknachweis zu führen. Bei biegebeanspruchten Bauteilen mit über die Länge veränderlicher Querschnittshöhe ist die maßgebende Trägerstelle des Kippens meist nicht direkt feststellbar, da die größte Biegespannung nicht an der Stelle der größten Querschnittshöhe auftritt. Deshalb wird der Träger in verschiedene Bereiche eingeteilt und in jedem Bereich mit der Länge l_i und mit den Querschnittswerten an der Stelle $0,65 \cdot l_i$ der Beiwert k_{cr} ermittelt.

Entscheidend für die Größe der Bereiche ist der Abstand der seitlichen Halterungen am Druckgurt (i.d.R. der obere Rand). Die Eingabe bietet hier drei verschiedene Möglichkeiten. Die Option „an Lagerstellen“ hat zur Folge, dass l_{ef} gleich der Feldlänge ist. Die „Abstände seitlicher Abstützungen“ entsprechen dann jeweils der Länge der einzelnen Bereiche. Außerdem kann die „Ersatzstablänge“ l_{ef} und die Höhe $h_{0,65}$ manuell vorgegeben werden.

Seitliche Halterungen

Art

an Lagerstellen

Abstände seitlicher Abstützungen

Ersatzstablänge

Abstände seitlicher Abstützungen

	s [m]
1	5.000
2	4.000
3	4.000
4	5.000

Bild 4. Angaben zur seitlichen Halterung im Nachweis Stabilität

Als zweiten Nachweis im Bereich Stabilität ist die Torsion am Auflager nachzuweisen. Hierzu wird in Abhängigkeit der Lagerbedingungen ein Torsionsmoment ermittelt. Die Torsionsspannung wird im Nachweis Querkraft mit der Schubspannung aus Querkraft überlagert und der entsprechende Nachweis nach [2], NCI NA.6.1.9 geführt.

Querzug

Durch Umlenkkräfte äußerer Lasten und zusätzliche klimabedingte Einflüsse können bei Satteldachbindern Querzugkräfte entstehen, die ein Aufspreizen der Holzfasern zur Folge haben. Durch ungenügende Berücksichtigung des Querzuges ist es in der Praxis schon häufig zu Schadensfällen gekommen. Die folgende Grafik veranschaulicht die Ursache des Querzuges:

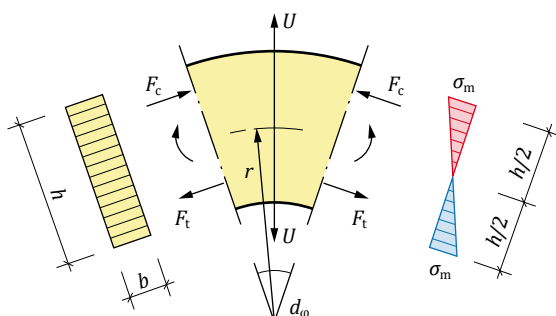


Bild 5. Firstbereich eines gekrümmten Trägers, aus [6]

Der querzugbeanspruchte Bereich entspricht bei Satteldachträgern dem gekrümmten Bereich:

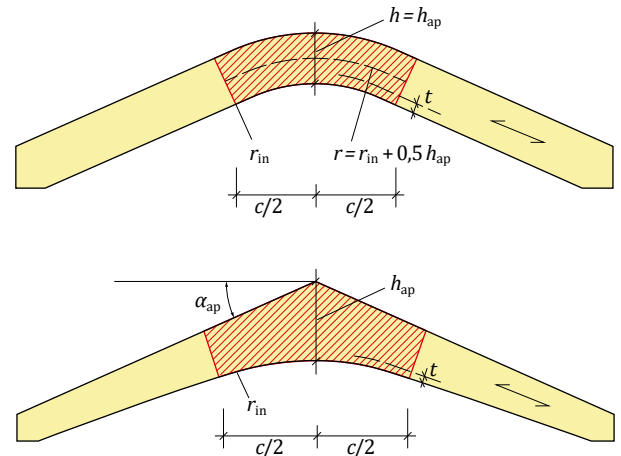


Bild 6. Firstbereich / querzugbeanspruchter Bereich (rot)

Der Nachweis des Querzugs im Firstbereich muss folgende Bedingung erfüllen ([1], Gl. (6.53)):

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} + \frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{dis} k_{vol} f_{t,90,d}} \leq 1 \tag{5}$$

mit

k_{vol} Volumenfaktor, siehe [1], Gl. (6.51)

k_{dis} Beiwert zur Berücksichtigung der Spannungsverteilung im Firstbereich, siehe [1], Gl. (6.52)

$\sigma_{t,90,d}$ Bemessungswert der größten Zugspannung rechtwinklig zur Faser nach [1], Gl. (6.54)

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \frac{6 M_{ap,d}}{b h_{ap}^2}$$

mit

k_p Beiwert nach [1], Gl. (6.56)

Im Modul S171.de hat der Anwender die Möglichkeit den Querzugnachweis zu führen und dabei den Träger ohne Verstärkung auszuführen. Weiterhin gibt es die Möglichkeit Verstärkungen im querzugbeanspruchten Bereich anzubringen. Diese Verstärkungen können „konstruktiv“ sein und lediglich die klimabedingten Querzugspannungen nach [2], NCI NA.6.8.5 abdecken oder sie nehmen vollständig die vorhandenen Querzugspannungen nach [2], NCI NA.6.8.6 auf. In der Anmerkung zu [2], NCI NA.6.4.3 wird empfohlen, Satteldachträger mit gekrümmtem Untergurt immer für die klimabedingten Querzugspannungen zu verstärken.

Für den Fall, dass Verstärkungen für die Aufnahme der zusätzlichen, klimabedingten Querzugspannungen nach NCI NA.6.8.5 angeordnet wurden, darf die obige Bedingung aus Gl. (1) unberücksichtigt bleiben und es gilt [2], Gl. (NA.93):

$$\left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{dis} \cdot \left(\frac{h_0}{h_{ap}}\right)^{0,3} \cdot f_{t,90,d}} \leq 1 \tag{7}$$

mit

k_{dis} Beiwert zur Berücksichtigung der Spannungsverteilung im Firstbereich, siehe [2], Gl. (NA.93)

Die Verstärkung ist für die Zugkraft $F_{t,90,d}$ zu bemessen:

$$F_{t,90,d} = \frac{\sigma_{t,90,d} \cdot b^2 \cdot a_1}{640 \cdot n} \quad (8)$$

mit

a_1 Abstand der Verstärkungen in Trägerlängsrichtung in Höhe der Trägerachse
 n Anzahl der Verstärkungselemente innerhalb der Länge a_1

Wenn Verstärkungen für die vollständige Aufnahme der Querzugspannungen nach NCI NA.6.8.6 angeordnet wurden, darf die obige Bedingung aus Gl. (1) unberücksichtigt bleiben. Die Verstärkung ist dann für die vollständige Zugkraft $F_{t,90,d}$ zu bemessen.

$$F_{t,90,d} = \frac{\sigma_{t,90,d} \cdot b \cdot a_1}{n} \quad (9)$$

Als Verstärkungen können im Modul entweder geklebte Gewindebolzen nach DIN 976-1 oder geschraubte Gewindestangen nach DIN 7998 verwendet werden. Entsprechend der Eingaben wird eine Bemessung der Verstärkungen durchgeführt und diese im Firstbereich automatisch durch das Modul angeordnet. Diese Anordnung kann auch grafisch dargestellt werden.

Querzugverstärkung

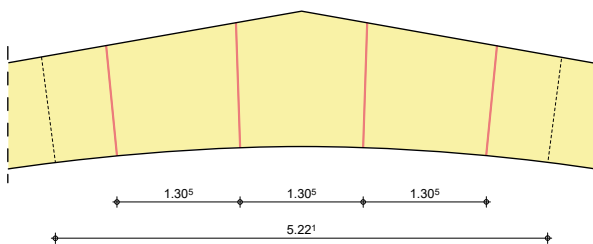


Bild 7. Ausgabe der Querzugverstärkungen

Nachweise im Brandfall

Die Nachweise im Brandfall werden nach [3] nach dem genaueren Verfahren mit reduzierter Festigkeit und reduzierter Steifigkeit geführt. Im ersten Schritt wird der verbleibende Restquerschnitt des Bauteils durch eine Reduzierung des Ausgangsquerschnitts durch die Abbrandtiefe ermittelt. Die Abbrandtiefe wird in Abhängigkeit der geforderten Feuerwiderstandsdauer und der von der Holzart abhängigen Abbrandrate berechnet. Im zweiten Schritt werden die durch die Temperaturerhöhung reduzierten Bemessungswerte der Festigkeiten und Steifigkeiten des verbleibenden Restquerschnittes ermittelt. Die Feuerwiderstandsdauer und die beflamten Seiten des Querschnitts, an denen ein Abbrand stattfindet, sind manuell einzutragen.

Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Die Verformungen einer Konstruktion sind so zu begrenzen, dass keine Schäden an nachgeordneten Bauteilen auftreten, die Benutzbarkeit nicht eingeschränkt wird und das Erscheinungsbild gewahrt bleibt. Die Berechnung der Verformungen darf unter Verwendung der Mittelwerte der Elastizitätsmodul und den Teilsicherheitsbeiwerten für Einwirkung und Material mit $\gamma = 1,0$ berechnet werden.

Im Modul S171.de können bis zu vier Nachweise angewählt werden. Der Nachweis der „elastischen Anfangsdurchbiegung“ erfolgt mit Anfangsdurchbiegungen in der charakteristischen Kombination. Die Kriechanteile im Nachweis der „Enddurchbiegung“ werden mit der quasi-ständigen Kombination gebildet. Für den Nachweis der „gesamten Enddurchbiegung“ (oder auch „Netto“-Enddurchbiegung) werden alle Verformungen mit der quasi-ständigen Kombination gebildet. Zusätzlich ist bei Bindern noch der Nachweis der horizontalen Auflagerverschiebung möglich.

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 Haupttrichterichtung 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 1995-1-2: Eurocode 5 - Bemessung und Konstruktion von Holzbauten. Ausgabe Dezember 2010. Beuth Verlag.
- [4] DIN EN 1995-1-2/NA: Nationaler Anhang Eurocode 5 - Bemessung und Konstruktion von Holzbauten. Ausgabe Dezember 2010. Beuth Verlag.
- [5] DIN EN 1991-1-1: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke. Ausgabe Dezember 2010. Beuth Verlag.
- [6] Erläuterungen zu DIN 1052:2004-08; Blaß, Ehlbeck, Kreuzinger, Steck; Informationsdienst Holz, 1. Auflage 2004



Aktuelle Angebote

Module

S171.de Holz-Dachbinder, Satteldachbinder mit gekrümmter Unterkante – EC 5, DIN EN 1995-1-1:2010-12 **390,- EUR**

Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

Volumen-Pakete

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

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

* ausgenommen S012, S018, S030, S928, S141.de, S261.de, S410.de, S411.de, S414.de, S630.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). Folgelizenz-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: Januar 2017

Unterstützte Betriebssysteme:
 Windows 7 (64) / Windows 8 (64) / Windows 10 (64)

Preisliste: www.mbaec.de