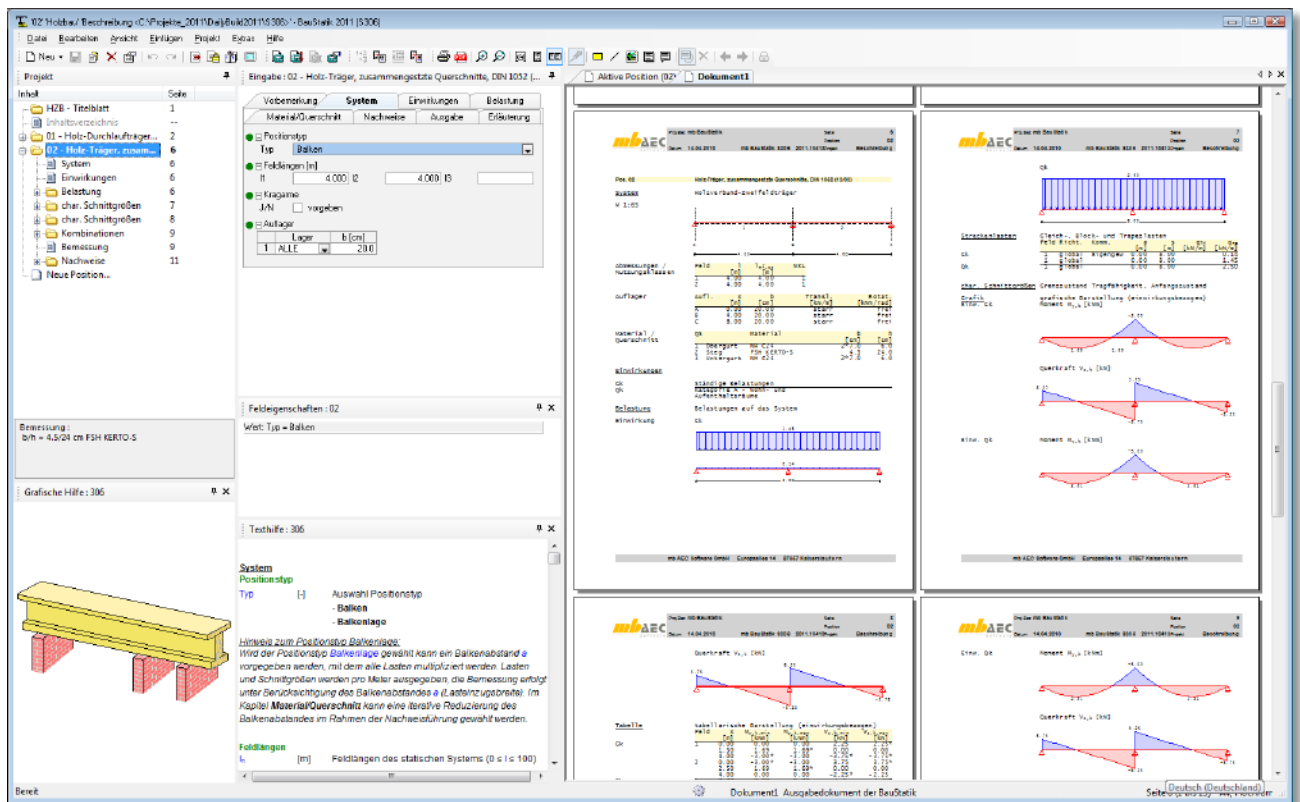


Dipl.-Ing. Thomas Blüm

Zusammengesetzte Holzquerschnitte

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls
S306 Holz-Träger, zusammengesetzte Querschnitte, DIN 1052 (12/08)

Um Lasten über größeren Spannweiten abtragen zu können, werden häufig zusammengesetzte Holzquerschnitte eingesetzt. Diese zusammengesetzten Querschnitte bestehen aus mehreren Einzelquerschnitten, die durch Kleber „starr“ oder durch mechanische Verbindungsmittel „nachgiebig“ miteinander verbunden werden. So entstehen biegetragfähige Querschnitte mit möglichst geringem Materialverbrauch.



Allgemein

Um bei biegebeanspruchten Bauteilen eine große Tragfähigkeit zu erzielen, ist ein möglichst großes wirksames Flächenmoment 2. Grades (I_{ef}) erforderlich. Dies wird u. a. dadurch erreicht, dass bei zusammengesetzten Querschnitten größere Querschnittsteile möglichst weit vom Gesamtschwerpunkt angeordnet werden. Die Verbindungen der einzelnen Querschnittsteile können dabei starr oder nachgiebig ausgeführt werden.

Lose aufeinander gelegte Balken werden als Querschnitte seit alters her verwendet. Die Gesamttragfähigkeit ergibt sich aber „nur“ als Summe der Einzeltragfähigkeiten. Erst ein Verbinden der einzelnen Querschnittsteile (z. B. mittels Dübel besonderer Bauart, Stabdübeln, Passbolzen, Nägel oder Klammern) führt zu einer Tragfähigkeitssteigerung (gegenüber der Summe der Einzeltragfähigkeiten).

Bei einer nachgiebigen Verbindung können sich die Einzelquerschnitte in der Anschlussfuge (Verbundfuge) nur soweit gegeneinander verschieben, wie dies die Verbindungsmittel zulassen. Mit zunehmender Verdübelung steigt die Gesamttragfähigkeit bei gleichzeitiger Abnahme der gegenseitigen Verschiebung (Relativverschiebung) der Einzelquerschnitte in der Verbundfuge. In der Anschlussfuge sind die Schubkräfte durch die Verbindungsmittel von einem Einzelquerschnitt auf den anderen zu übertragen. Werden die Relativverschiebungen der einzelnen Querschnittsteile auf „Null“ reduziert, liegt starrer Verbund vor. Starre Verbindungen sind mit nachgiebigen mechanischen Verbindungsmitteln jedoch nicht zu erreichen; hierzu sind die Einzelquerschnitte mit Klebern zu verbinden. Die in der Anschlussfuge auftretenden Schubkräfte sind voll zu übertragen. Das prinzipielle Tragverhalten (ohne Verbund – nachgiebiger Verbund – starrer Verbund) zusammengesetzter Holzquerschnitte ist in Bild 1 dargestellt.

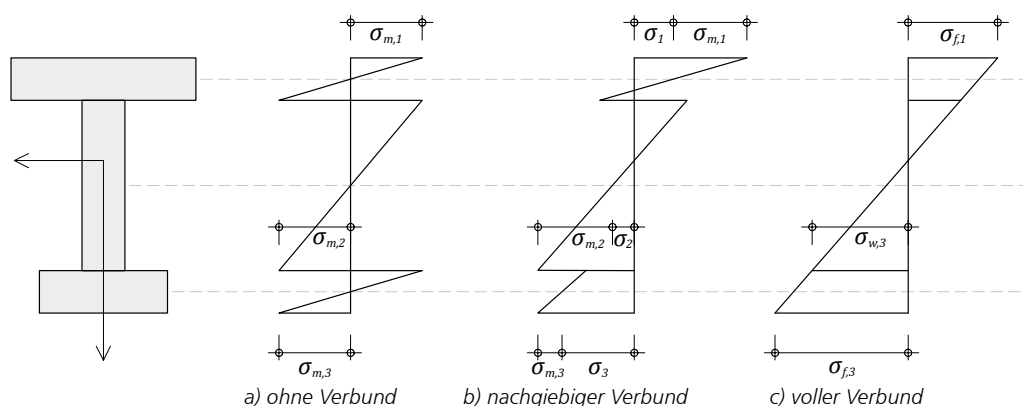
System

Im Kapitel „System“ wird das statische System definiert. Es können Einfeld- oder Mehrfeldträger mit und ohne Kragarme festgelegt werden. Die Definition der Auflagerbreite ist für den Nachweis der Auflagerpressung und die maßgebende Stelle der Bemessungsquerkraft notwendig. Nach den Erläuterungen zu DIN 1052 [2] ist das vereinfachte Berechnungsverfahren nach DIN 1052, Abs. 8.6 [1] für Mehrfeldträger und Kragarme bei nachgiebigem Verbund nur als Näherungslösung zu sehen.

Einwirkungen

Als Einwirkungen können projektweite Einwirkungen aus dem Modul S026 übernommen werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit charakteristische Einwirkungen nach [2], Tab. A.2 zu definieren. Anhand der definierten Einwirkungstypen werden programmseitig die Kombinationsbeiwerte nach [2], Tab. A.2 und die Klassen der Lasteinwirkungsdauer (KLED) nach [1], Tab.4 zugewiesen. Die Kombinationsbildung erfolgt automatisch auf der Grundlage der DIN 1055-100. S306 ermöglicht auch die Vorgabe von Bemessungslasten. Hierzu ist die Kombinationszuordnung (Grundkombination, außergewöhnliche Kombination) und die Zuordnung der Klassen der Lasteinwirkungsdauer (ständig, mittel, kurz, sehr kurz) durch den Anwender vorzunehmen.

Bild 1. Prinzipielles Tragverhalten zusammengesetzter Holzquerschnitte



Belastung

Das Modul S306 kann das Eigengewicht des Trägerquerschnittes automatisch berechnen und als Belastung ansetzen. Des Weiteren können Lasten vom Typ „Gleichlast“ definiert werden. Jeder Belastung ist eine vorher definierte Einwirkung zuzuweisen.

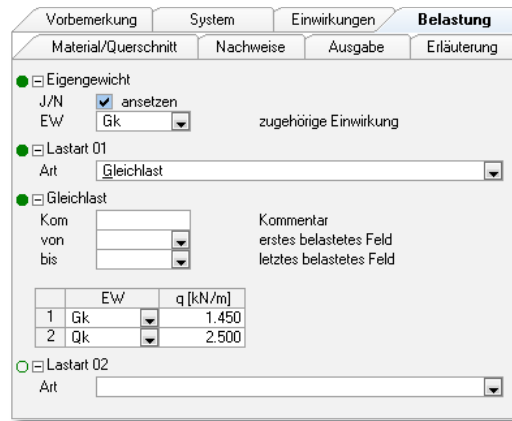


Bild. 2. Eingabekapitel "Belastung"

Material

Die einzelnen Querschnitte können aus dem gleichen oder verschiedenen Materialien bestehen. Folgende Hölzer und Holzwerkstoffe stehen zur Verfügung:

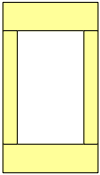
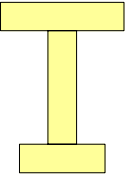
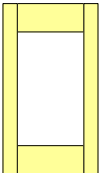
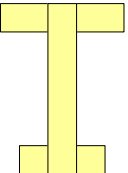
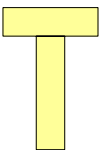
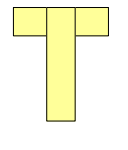
- Nadelholz
- Laubholz
- Brettschichtholz
- Furnierschichtholz
- Sperrholzplatten
- OSB-Platten
- Kunstharzgebundene Spanplatten

Anhand des gewählten Materials werden vom Modul die nach DIN 1052, Anhang F [1] hinterlegten Materialkennwerte für die Festigkeitsklassen verwendet.

Um dem Einfluss des Umgebungsklimas während der vorgesehenen Nutzungsdauer Rechnung zu tragen, wird eine Nutzungsklasse (NKL) je Feld vorgegeben.

Querschnitt

Das Modul S306 ermöglicht eine Bemessung von bis zu drei verbundenen Rechteckquerschnitten. Damit können die in der Praxis üblichen Querschnitte für aufeinander gelegte Balken, I-, T- und Kasten-Querschnitte berechnet werden. Zur Eingabe des Verbundquerschnittes stehen sechs verschiedene Querschnittstypen zur Wahl.

Querschnittstypen	
<p>Typ A1 Hohlkasten mit horizontalen Fugen</p> 	<p>Typ A2 I-Querschnitt mit horizontalen Fugen</p> 
<p>Typ B1 Hohlkasten mit vertikalen Fugen</p> 	<p>Typ B2 I-Querschnitt mit vertikalen Fugen</p> 
<p>Typ C1 T-Querschnitt mit horizontalen Fugen</p> 	<p>Typ C2 T-Querschnitt mit vertikalen Fugen</p> 

Mit S306 können sowohl starr verleimte Querschnittsteile als auch mit mechanischen Verbindungsmitteln „elastisch“ verbundene Querschnittsteile berechnet werden.

Beim nachgiebigen Verbund können die Querschnitte durch folgende Verbindungsmittel zusammengefügt werden:

- Nägel
- Dübel besonderer Bauart
- Stabdübel
- Paßbolzen
- Bolzen
- Holzschrauben
- Gewindebolzen

Dabei wird programmseitig überprüft, ob das verwendete Verbindungsmittel für die Verbindung der Teilquerschnitte eignet ist.

Ausgehend von einem Startwert für den Verbindungsmittelabstand kann das Modul im Rahmen einer Bemessung den Abstand optimieren. Dabei kann vom Anwender gewählt werden, ob die Verbindungsmittel äquidistant oder entsprechend dem Querkraftverlauf abgestuft angeordnet werden.

Berechnungsgrundlagen

Allgemein

Nach DIN 1052, Abs. 8.2 [1] sind die Steifigkeitskennwerte im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_M abzumindern.

$$E_i = \frac{E_{\text{mean},i}}{\gamma_M} \quad (1)$$

$$G_i = \frac{G_{\text{mean},i}}{\gamma_M} \quad (2)$$

$$K_i = \frac{K_{u,\text{mean},i}}{\gamma_M} = \frac{2 K_{\text{ser},i}}{3 \gamma_M} \quad (3)$$

mit

E_i Mittelwert des Elastizitätsmoduls des i-ten Querschnittsteils

G_i Mittelwert des Schubmoduls des i-ten Querschnittsteils

$K_{u,\text{mean},i}$ Mittelwert des Verschiebungsmoduls des Verbindungsmittels der i-ten Fuge

γ_M Teilsicherheitsbeiwert, für Holz und Holzwerkstoffe $\gamma_M = 1,3$

Das Modul S306 bietet die Möglichkeit unterschiedliche Baustoffe für die Teilquerschnitte auszuwählen. Bei Verbundquerschnitten, deren Teilquerschnitte unterschiedliches Verformungsverhalten während der Nutzungsdauer aufweisen, ergibt sich dadurch eine unterschiedliche effektive Steifigkeit und Spannungsverteilung im Anfangs- und Endzustand. Nach DIN 1052, Abs. 8.6.1 [1] müssen die Nachweise sowohl für den Anfangs- als auch für den Endzustand geführt werden. Beim Nachweis im Endzustand dürfen die Elastizitäts-, Schub- und Verschiebungsmodule vereinfachend durch $(1+k_{\text{def}})$ dividiert werden, wobei die jeweiligen Beiwerte k_{def} für die Klasse der Lasteinwirkungsdauer „ständig“ zugrunde gelegt werden dürfen.

Querschnittswerte starrer Verbund

Die zusammengeklebten Einzelquerschnitte können sich durch die starre Verbindung nicht gegeneinander verschieben. Sie wirken wie ein monolithischer Querschnitt mit den gleichen Abmessungen. Die Schubkräfte in der Verbundfuge werden voll übertragen. Die effektive Steifigkeit $(EI)_{\text{ef}}$ ist die Summe der einzelnen Flächenmomente 2. Grades und der Steiner-Anteile multipliziert mit den jeweiligen E-Moduli.

Tragende, geklebte Verbindungen dürfen nach DIN 1052 [1] nur aus zugelassenen Klebstoffen bestehen und nur von Betrieben mit entsprechender Eignung ausgeführt werden.

Querschnittswerte nachgiebiger Verbund

Beim nachgiebigen Verbund sind die Querschnitte in der Fuge durch mechanische Verbindungsmittel „elastisch“ miteinander verbunden. Durch diese Nachgiebigkeit können sich die Einzelquerschnitte gegeneinander verschieben. Je steifer die Verbindungsmittel sind desto geringer ist die gegenseitige Verschiebung und desto größer ist die effektive Steifigkeit des Gesamtquerschnittes.

Das vereinfachte Berechnungsverfahren nach DIN 1052, Abs. 8.6 [1] ermöglicht eine Bemessung von bis zu drei nachgiebig verbundenen Rechteckquerschnitten. Beim sogenannten γ -Verfahren werden die Steiner-Anteile mit einem Abminderungsfaktor γ multipliziert, der von der Dehnsteifigkeit des jeweiligen Querschnittsteils und der Fugensteifigkeit abhängig ist.

$$(E \cdot I)_{ef} = \sum_{i=1}^3 (E_i \cdot I_i + \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i^2) \quad (4)$$

und

$$\gamma_2 = 1 \quad (5)$$

$$\gamma_i = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_i \cdot A_i \cdot s_i}{K_i \cdot l^2}} \quad (6)$$

mit

$E_i \cdot A_i$	Dehnsteifigkeit des i-ten Querschnittsteils
K_i/s_i	Fugensteifigkeit der i-ten Fuge
s_i	Abstand der in einer Reihe gedachten Verbindungsmittel der Fuge

Wirksame Beplankungsbreite

Für Querschnitte, deren Gurte aus plattenförmigen Holzwerkstoffen bestehen, ist aufgrund der auftretenden Schubverformungen und der Gefahr des Ausbeulens von einer ungleichförmigen Spannungsverteilung in den Gurten auszugehen. Für die Berechnung der effektiven Querschnittsteifigkeiten wird bei druckbeanspruchten bzw. zugbeanspruchten Gurten vereinfacht mit einer wirksamen Breite $b_{c,ef}$ bzw. $b_{t,ef}$ nach DIN 1052, Abs. 8.6.1 [1] gerechnet.

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) werden sowohl für den starren Verbund als auch für den nachgiebigen Verbund folgende Nachweise geführt:

- Spannungsnachweise
- Biegerandspannung im Zug-, Druckgurt und Steg
- Schwerpunktspannungen im Zug- und Druckgurt (vgl. Bild 1)
- Schubspannungen im Steg
- Vereinfachter Nachweis für Stegbeulen nach DIN 1052, Abs. 10.5.1 (3) [1]
- Nachweis der Klebfugenspannung nach DIN 1052, Abs. 10.5.1 (4) bzw. (5) [1] (nur für starren Verbund)
- Nachweis der Verbindungsmittel nach DIN 1052, Anhang G (nur für nachgiebigen Verbund)
- Nachweis der Auflagerpressung

Beim nachgiebigen Verbund ergeben sich durch die Verbindungsmittel Querschnittsschwächungen und örtliche Spannungserhöhungen. Nach DIN 1052, Abs. 10.5.2 (4) [1] dürfen diese näherungsweise durch Multiplikation der Schwerpunktspannungen mit dem Verhältnis ungeschwächter zu geschwächter Querschnittsfläche ($A_i/A_{i,n}$) und der Biegespannungen mit dem Verhältnis ungeschwächtes zu geschwächtes Flächenträgheitsmoment 2. Grades Querschnittsfläche ($I_i/I_{i,n}$) erhöht werden.

Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (GZG) sind diejenigen Zustände, bei deren Überschreitung Verformungen das Erscheinungsbild oder die planmäßige Nutzung des Tragwerks beeinträchtigen. Schwingende Konstruktionen können Unbehagen bei Menschen verursachen oder zu Schäden am Bauwerk führen.

Das Modul S306 führt folgende Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit:

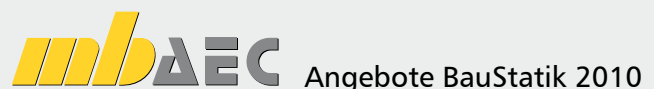
- Elastische Durchbiegung (Gl. 40)
- Enddurchbiegung (Gl. 41)
- Durchhang (Gl. 42)
- Schwingungen

Die Unterscheidung der Durchbiegungsbegrenzung in drei Nachweise [Gl. (40), (41) und (42) nach DIN 1052 (08/04)] ermöglicht es dem Tragwerksplaner, in Absprache mit dem Bauherrn, zu entscheiden, ob und welche Bedingungen für ein bestimmtes Tragwerk zu berücksichtigen sind. Der Schwingungsnachweis erfolgt für Decken in Wohngebäuden durch eine Begrenzung der Durchbiegung. Diese wird am ideellen Einfeldträger infolge ständiger und quasi-ständiger Einwirkungen ermittelt. Die Grenzwerte der Verformungen hängen von der Nutzung des Tragwerks und den daraus resultierenden Anforderungen ab. Aus diesem Grund sind die in DIN 1052, Abs. 9.2 und 9.3 [1] angegebenen Grenzwerte der Durchbiegung von Bauteilen nur Empfehlungen und keine fest vorgeschriebenen Verformungsgrenzen.

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

Literatur

- [1] DIN 1052: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Ausgabe Dezember 2008. Beuth Verlag
- [2] Erläuterungen zu DIN 1052: 2004-08, 1. Auflage, 2004. Informationsdienst Holz
- [3] Neuhaus, H.: Ingenieurholzbau: Grundlagen - Bemessung - Nachweise - Beispiele. 2. Auflage, Januar 2009. Vieweg + Teubner



S306 Holz-Träger, zusammengesetzte Querschnitte, DIN 1052 (12/08)

290,- EUR

Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

BauStatik 5-er Paket

890,- EUR

bestehend aus:

5 BauStatik-Module deutscher Norm nach freier Wahl

(ausgenommen: S018, S408, S409, S755, S928)

Es gelten unsere Allg. Geschäftsbedingungen. Änderungen und Irrtümer vorbehalten. Alle Preise zzgl. Versandkosten (7,50 EUR) und ges. MwSt. Hardlock für Einzelplatzlizenzen, je Arbeitsplatz erforderlich (95,- EUR). Handbücher auf DVD. Betriebssystem Windows XP (32) / Windows Vista (32/64) / Windows 7 (32/64) – Stand: Mai 2010

Kurzpreisliste siehe www.mbaec.de