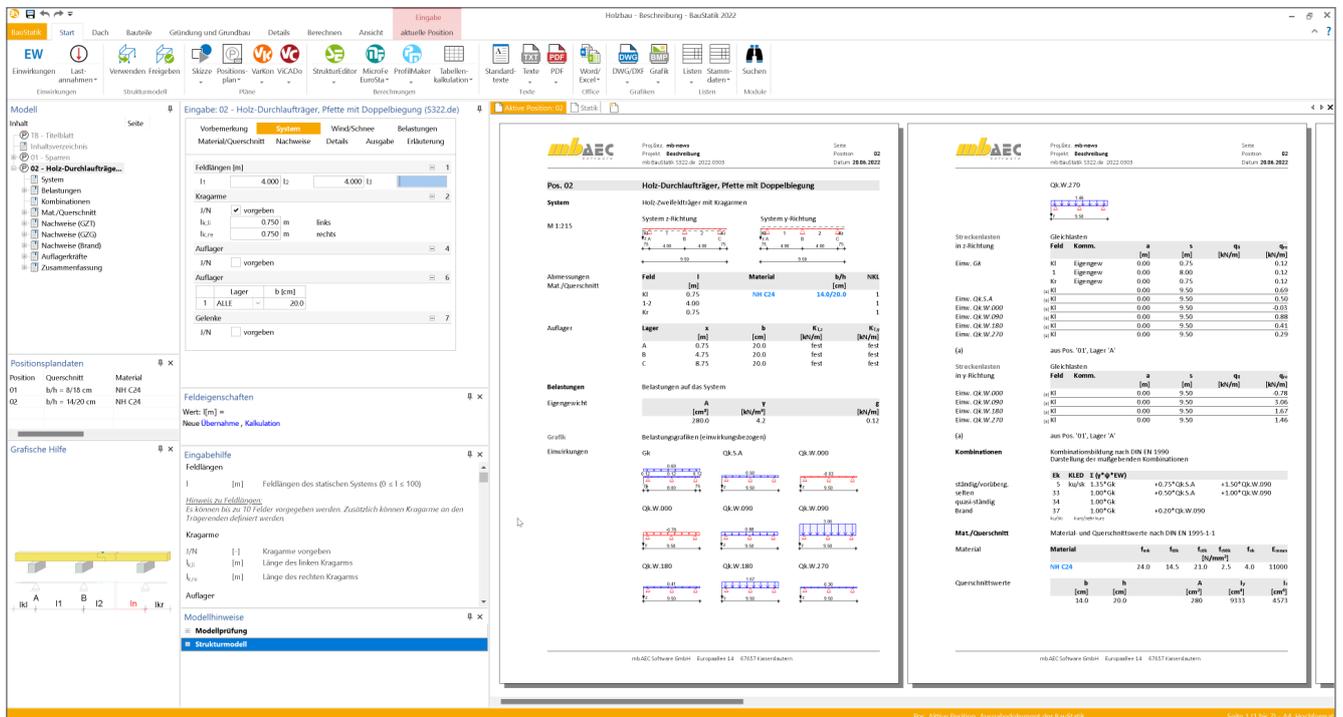


Dipl.-Ing. Thomas Blüm

Holzbalken mit Doppelbiegung

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S322.de Holz-Durchlaufträger, Doppelbiegung – EC 5, DIN EN 1995-1-1

Im Holzbau kommt es häufiger vor, dass Träger oder Pfetten auf Doppelbiegung beansprucht werden. Diese grundlegende Aufgabenstellung für Tragglieder aus Holz mit konstantem Querschnitt und zweiaxialer Beanspruchung kann schnell und effizient mit dem Modul S322.de erledigt werden. Alle erforderlichen Tragfähigkeits-, Stabilitäts- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise werden im Normaltemperaturbereich geführt. Ergänzend kann eine Nachweisführung im Brandfall vorgenommen werden.



System

Als statische Systeme können Ein- und Mehrfeldträger mit und ohne Kragarme definiert werden. Dabei ist es möglich die Auflagerbedingungen für die Systeme in y- und z-Richtung separat zu definieren. Somit können sich auch die Feldlängen für beide Richtungen unterscheiden. Außerdem sind im Kapitel „System“ die Auflagerbreiten festzulegen. Optional können Momentengelenke oder Momenten- / Querkraftgelenke eingegeben werden.

Vorbemerkung	System	Wind/Schnee	Belastungen
Material/Querschnitt	Nachweise	Details	Ausgabe
Erläuterung			
Feldlängen [m]			
I1	4,000	I2	5,000
I3			
Kragarme			
I/N	<input checked="" type="checkbox"/> vorgeben		
I _{k,l}	1,000 m	links	
I _{k,r}	m	rechts	
Auflager			
I/N	<input type="checkbox"/> vorgeben		
Auflager			
Lager		b [cm]	
1	ALLE	20,0	
Gelenke			
I/N	<input type="checkbox"/> vorgeben		

Bild 1. Kapitel „System“

Wind/Schnee

Mit dem Modul S031.de gibt es die Möglichkeit die Wind- und Schneelasten für mehrere Bauteile im Gebäude komfortabel zu ermitteln. Diese Belastungen können im Modul S322.de per Lastabtrag im Kapitel „Wind/Schnee“ eingebunden werden. Dies hat auch den Vorteil, dass bei mehreren Bauteilen die Angaben zu Gebäudegeometrie, Wind- und Schneelastzonen usw. nur einmal getroffen werden müssen.

Belastung

Die Belastungen können als „Lastabtrag“ aus einer anderen Position komfortabel eingegeben werden. Hierfür kann in der Eingabe direkt auf die Auflagerreaktionen von ausgewählten Baustatik-Modulen (z.B. S100.de Holz-Dachsystem, S110.de Holz-Sparren und S301.de Stahl-Durchlaufträger) sowie auf MicroFe-Ergebnisse zugegriffen werden.

Alternativ können die Belastungen manuell definiert werden. Eine Dokumentation von Lastzusammenstellungen und einzelnen Lastübernahmen in der Ausgabe ist möglich.

Als Lastenarten stehen u.a. Gleichlasten, Trapezlasten, Blocklasten, Einzellasten und Einzelmomente in den beiden Hauptrichtungen z und y des Trägers zur Verfügung. Außerdem kann eine feldweise konstante Normalkraft eingegeben werden.

Das Eigengewicht des Balkens kann durch das Modul automatisch generiert werden.

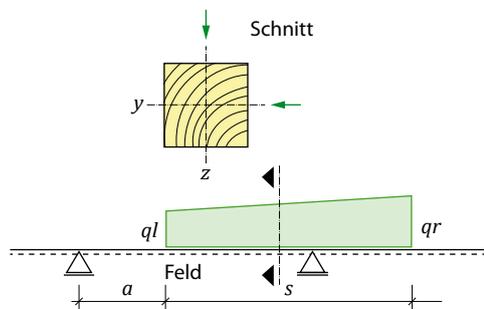


Bild 2. Eingabe einer Trapezlast auf den Träger

Material/Querschnitt

Für den Balken stehen folgende Materialien zur Verfügung:

- Vollholz aus Nadelholz oder Laubholz
- Brettschichtholz
- KVH
- Duo- und Trio-Holz
- Furnierschichtholz (Kerto, STEICO, BauBuche)

Die Steifigkeits- und Festigkeitswerte werden entsprechend der gewählten Festigkeitsklasse automatisch aus den Stammdaten entnommen.

Die Querschnittseingabe zum Zwecke der Nachweisführung erfolgt mit festen Werten für Breite und Höhe. Zur Bemessung sind die Schrittweite der möglichen Querschnittserhöhung und ggf. die maximalen Querschnittsabmessungen festzulegen. Im Rahmen der Bemessung ermittelt das Modul eigenständig auf Basis der getroffenen Eingaben und der gewählten Nachweise den wirtschaftlichsten Querschnitt.

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

Vorbemerkung	System	Wind/Schnee	Belastungen
Material/Querschnitt	Nachweise	Details	Ausgabe
		Erläuterung	
Werkstoff	200		
Art	BSH GL24c		
Rechteckquerschnitt	206		
b	14.0 cm	h	16.0 cm
Δb	0.0 cm	Δh	2.0 cm
b _{max}	cm	h _{max}	cm
Nutzungsklasse	210		
	von Feld	bis Feld	NKL
1	ERSTES	LETZTES	1

Bild 3. Eingabe „Material/Querschnitt“

Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit

Der Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) wird auf Basis der DIN EN 1995-1-1 geführt.

Biegung

Bei einer zweiachialen Biegung werden gleichzeitig die beiden Stabachsen durch Biegemomente um die y- und die z-Achse beansprucht. Wie bei einfacher Biegung ist hier ein planmäßig mittiger Lastangriff in beiden Stabachsen sicherzustellen.

Bei den Nachweisen der Querschnittstragfähigkeit wird die Spannungsverteilung über den Querschnitt durch Überlagerung der einzelnen Biegespannungsverteilungen aus den beiden Achsen gebildet. Die betragsmäßig größten Biegespannungen treten an zwei diagonal gegenüberliegenden Querschnittsecken auf. Alle anderen Querschnittsbereiche weisen geringere Spannungen auf.

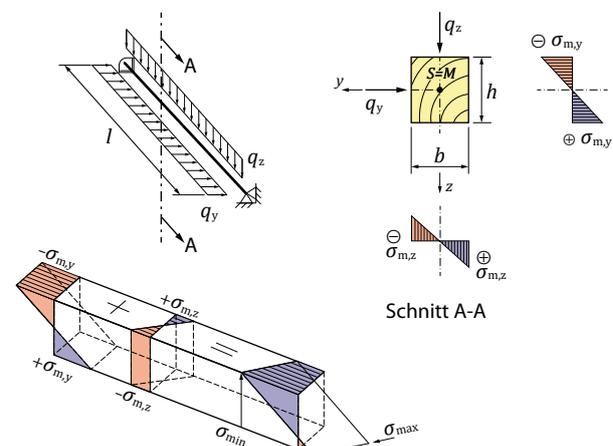


Bild 4. Rechteckquerschnitt unter zweiachialer Biegung - lineare Überlagerung der Spannungen

Der Nachweis für Doppelbiegung erfolgt als lineare Interaktion der beiden Richtungen auf Grundlage der Gleichungen (6.11) und (6.12), [1].

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$\sigma_{m,y,d}, \sigma_{m,z,d}$ Bemessungswert der Biegespannung um die y- oder z-Achse

$f_{m,y,d}, f_{m,z,d}$ Bemessungswert der Biegefestigkeiten

Der Beiwert k_m berücksichtigt die Spannungsverteilung in Verbindung mit möglichen Inhomogenitäten des Holzes und erlaubt bei Rechteckquerschnitten eine Reduzierung eines Spannungsanteils. Diese Reduzierung kann vorgenommen werden, weil die Wahrscheinlichkeit geringer ist, dass in den beiden punktförmig maximal beanspruchten Querschnittsecken eine Materialinhomogenität liegt und dies zum Versagen der Querschnittstragfähigkeit führt. (vgl. [3])

Als Belastung kann auch eine Normalkraft im Träger eingegeben werden. Die beiden Formeln sind entsprechend für Zug bzw. Druck zu erweitern.

Zugkraft nach [1], 6.2.3

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

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

Druckkraft nach [1], 6.2.4

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Stabilität

Der Nachweis der Stabilität des Trägers erfolgt nach dem Ersatzstabverfahren. Dabei wird vereinfachend über die gesamte Länge ein Stabilitätsverlust durch Biegedrillknicken infolge M_y und/oder Knicken infolge einer Normalkraft untersucht.

Als Biegedrillknicken wird das seitliche Ausweichen des Druckgurtes eines Biegeträgers bezeichnet. Die Gefahr eines Stabilitätsversagens steigt mit zunehmender Schlankheit des Rechteckquerschnittes.

Der Kippbeiwert k_{crit} ist nur im Term für Biegung um die y-Achse angegeben, da i.d.R. hier die Kippgefahr vorliegt. Der Wert liegt zwischen 0 und 1.

Biegedrillknicken nach [2], Gl. (NA.60), (NA.61)

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}}\right)^2 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

Biegeknicken nach [1], Gl. (6.23), (6.24)

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

mit

k_{crit} Kippbeiwert nach [1], 6.3.3

$k_{c,y}; k_{c,z}$ Knickbeiwerte für Knicken um die y- bzw. z-Achse nach [1], 6.3.2

Schub

Der Querkraftnachweis bei Doppelbiegung wird nach Gleichung (NA.55),[1] geführt. Zur Interaktion werden die Ausnutzungen der beiden Richtungen quadriert und addiert.

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

mit

$\tau_d = 1,5 \frac{V_d}{h \cdot b \cdot k_{cr}}$ für Rechteckquerschnitte
 τ_d Bemessungswert der Schubspannung
 $f_{v,d}$ Bemessungswert der Schubfestigkeit
 k_{cr} Beiwert zur Berücksichtigung des Einflusses von Rissen nach [2], NDP zu 6.1.7 (2)

Der Beiwert k_{cr} ist für Einwirkungen rechtwinklig zu möglichen Rissebenen anzusetzen.

Nachweis im Brandfall

Die Nachweisführung im Brandfall basiert auf dem genaueren Verfahren mit brandreduzierten Festigkeiten und Steifigkeiten nach DIN EN 1995-1-2. 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 Restquerschnitts ermittelt.

Die Feuerwiderstandsdauer und die beflamten Seiten des Querschnitts, an denen ein Abbrand stattfinden kann, sind manuell einzutragen. Die Bemessungsschnittgrößen werden nach den Kombinationsregeln für die außergewöhnliche Bemessungssituation gebildet.

Mit den reduzierten Werten für den Querschnitt und die Festigkeiten werden die Nachweise für Biegung und Querkraft mit den besonderen Regeln für den Brandfall geführt.

Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Verformungen

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 Elastizitätsmoduln und den Teilsicherheitsbeiwerten für Einwirkung und Material mit $\gamma = 1,0$ berechnet werden.

Im Modul S322.de können bis zu drei Nachweise ausgewählt 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.

Elastische Anfangsdurchbiegung

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

Enddurchbiegung

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

Gesamte Enddurchbiegung

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

w_{inst} elastische Durchbiegung, die sich unmittelbar nach Aufbringen der Last einstellt.

w_{creep} Kriechverformung ($k_{def} \cdot w_{inst}$)

w_{fin} Enddurchbiegung inkl. Kriechen ($w_{inst} + w_{creep}$)

Die nach [1], Tabelle 7.2 angegebenen Grenzwerte der Verformung sind lediglich empfohlene Grenzwerte und müssen nicht zwingend eingehalten werden. Im Zweifelsfall sollten diese immer gemeinsam mit dem Bauherrn, aufgrund der vorhergesehenen Nutzung, abgestimmt werden.

Nachweis	w_{inst}	w_{fin}	$w_{net,fin}$
Grenzbereich nach Norm	$l/300$ bis $l/500$	$l/150$ bis $l/300$	$l/250$ bis $l/350$
Empfehlung	$l/300$	$l/200$	$l/300$

Tabelle 1. Grenzwerte w_{grenz} für Durchbiegungen

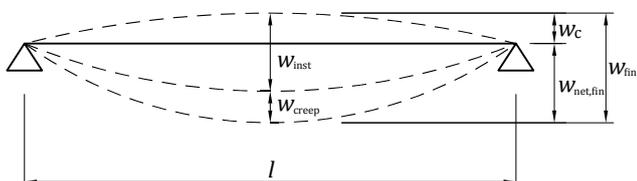


Bild 5. Anteile der Durchbiegung [1]

Details

Im Modul S322.de ist es möglich verschiedene Detailpunkte zur Nachweisführung zu definieren. Dazu wird im Eingabekapitel „Details“ die Stelle und das Nachweismodul festgelegt. Dann werden alle relevanten Übergaben bei der Berechnung erzeugt. Somit ist ein sicherer und effizienter Arbeitsablauf innerhalb der dokument-orientierten Statik gewährleistet.

Über das Kontextmenü „Detailnachweis“ kann dann im Anschluss komfortabel die Detailposition erzeugt werden. Hier müssen dann lediglich einige dem Detail spezifische Angaben getroffen werden.

Als Details werden unter anderem die Holzauflagerung mit Querdruckverstärkung, die Brandwandauflagerung, das Gerbergelenk sowie der Balkenschuh angeboten.

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 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] H. Neuhaus: Ingenieurholzbau – Grundlagen, Bemessung, Nachweise, Beispiele - 4.Auflage - 2017 - Springer Vieweg Verlag

Preise und Angebote

S322.de Holz-Durchlaufträger, Doppelbiegung – EC 5, DIN EN 1995-1-1:2010-12

Weitere Informationen unter <https://www.mbaec.de/modul/S322de>

BauStatik 5er-Paket

bestehend aus 5 BauStatik-Modulen deutscher Norm nach Wahl

BauStatik 10er-Paket

bestehend aus 10 BauStatik-Modulen deutscher Norm nach Wahl

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: Juli 2022

Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)

Preisliste: www.mbaec.de