

Dipl.-Ing. Thomas Blüm

Zusammengesetzte Holzquerschnitte

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls

S341.de Holz-Träger, zusammengesetzte Querschnitte, DIN EN 1995-1-1

Um Lasten über größere 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.

The screenshot shows the BauStatik software interface for designing a composite wood beam. The main window is titled 'Test 2019 - Beschreibung S341.de - BauStatik 2019'. The 'Eingabe' (Input) panel is active, showing the following data:

- Positionstyp:** Balken
- Feldlängen [m]:** $l_1 = 4.500$
- Kragarme:** None
- Auflager:** 1: Lager, 2: b [cm] = 200
- Material/Querschnitt:** NH C24, Sperr F40/...

The 'Statik' (Statics) panel shows a table of material properties:

Material / Querschnitt	OS	NE	TE	FA
1: Original	NH C24	24,0	36,0	21,0
2: Sperr	Sperr F40/30	30,0	30,0	21,0
3: Kleber	NH C24	24,0	36,0	21,0

The 'Querschnitt' (Cross-section) panel shows a detailed view of the composite beam with its individual layers and their properties. The total height is 110 mm. The layers are:

- OS: NH C24, $b = 24,0$ cm, $h = 36,0$ cm
- NE: Sperr F40/30, $b = 30,0$ cm, $h = 30,0$ cm
- TE: NH C24, $b = 24,0$ cm, $h = 36,0$ cm
- FA: NH C24, $b = 24,0$ cm, $h = 21,0$ cm

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.

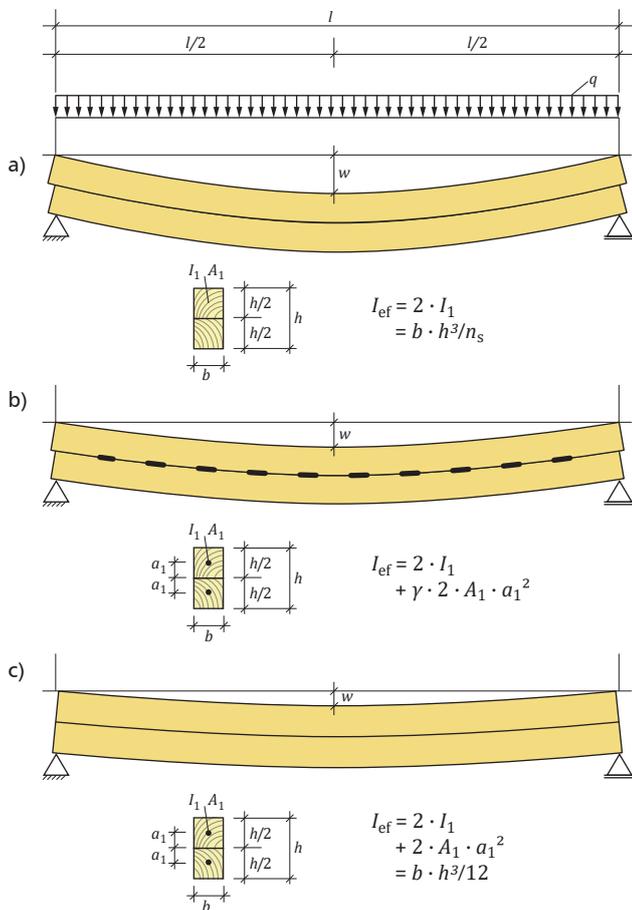


Bild 1. Tragverhalten eines Biegeträgers aus zwei Holzquerschnitten
 a) kein Verbund
 b) nachgiebiger Verbund
 c) voller Verbund

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. Beim Positionstyp „Balkenlage“ ist zusätzlich noch der Abstand der Balken untereinander zu definieren.

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 S341.de per Lastabtrag im Kapitel „Wind/Schnee“ eingebunden werden. Dies hat auch den Vorteil, dass bei mehreren Bauteilen die Angaben zur Gebäudegeometrie, Wind- und Schneelastzonen usw. nur einmal getroffen werden müssen.

Belastung

Das Modul S341.de kann das Eigengewicht des Trägerquerschnittes automatisch berechnen und als Belastung ansetzen. Außerdem sind die Belastungen als „Lastabtrag“ aus einer anderen Position komfortabel einzugeben. Hierfür kann in der Eingabe direkt auf die Auflagerreaktionen von ausgewählten BauStatik-Modulen sowie von MicroFe-Ergebnissen zugegriffen werden. Zusätzlich zu den automatisch generierten Eigenlasten und dem Lastabtrag können Belastungen manuell definiert werden. Eine Dokumentation von Lastzusammenstellungen und einzeln Lastübernahmen in der Ausgabe ist möglich. Als Lastenarten stehen u.a. Punktlasten, Gleichlasten, Blocklasten, Trapezlasten sowie Deckenlasten zur Verfügung.

Material/Querschnitt

Mit S341.de können sowohl starr verleimte Querschnittsteile als auch mit mechanischen Verbindungsmitteln „elastisch“ verbundene Querschnittsteile berechnet werden.

Das Modul 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		
Typ A1 Hohlkasten mit horizontalen Fugen		Typ A2 I-Querschnitt mit horizontalen Fugen
Typ B1 Hohlkasten mit vertikalen Fugen		Typ B2 I-Querschnitt mit vertikalen Fugen
Typ C1 T-Querschnitt mit horizontalen Fugen		Typ C2 T-Querschnitt mit vertikalen Fugen

Entsprechend dem gewählten Querschnittstyp sind die Abmessungen und das Material für die einzelnen Querschnittsteile zu definieren. Die Querschnitte können aus gleichen oder verschiedenen Materialien bestehen.

Folgende Hölzer und Holzwerkstoffe stehen zur Verfügung:

- Nadelholz
- Laubholz
- Brettschichtholz
- KVH
- Duo und Trio Holz
- Sperrholzplatten
- OSB-Platten
- Kunstharzgebundene Spanplatten

Anhand des gewählten Materials werden vom Modul die in den Stammdaten hinterlegten Materialkennwerte für die Festigkeitsklassen verwendet.

Vorbemerkung	System	Wind/Schnee	Belastungen
Material/Querschnitt	Nachweise	Ausgabe	Erläuterung
Art des Verbundes der Querschnittsteile			
Art <input type="radio"/> starr; <input checked="" type="radio"/> nachgiebig			
Querschnittstyp			
Typ Typ B1 (Hohlkasten-Querschnitt, vertikale Fugen)			
Querschnittsteil 1 (Obergurt)			
Werkstoff			
Art NH C24			
Rechteckquerschnitt			
b	20,0 cm	Breite	
h	6,0 cm	Höhe	
Verbindungsmittel			
Verbm. Nägel GLATT 3,0x60			
n	2	Anzahl der Reihen	
Verbindungsmittelabstand in Trägerrichtung			
	von Feld	bis Feld	s _{ef} [cm]
1	ERSTES	LETZTES	5,0
Querschnittsteil 2 (Steg)			
Werkstoff			
Art Sperr F40/30 E60/40			
Rechteckquerschnitt			
b	2,0 cm	Breite	
h	36,0 cm	Höhe	
Querschnittsteil 3 (Untergurt)			
Werkstoff			
Art NH C24			
Höhe			
h	6,0 cm	Querschnittshöhe	
Verbindungsmittel			
Verbm. Nägel GLATT 3,0x60			
n	2	Anzahl der Reihen	
Verbindungsmittelabstand in Trägerrichtung			
	von Feld	bis Feld	s _{ef} [cm]
1	ERSTES	LETZTES	5,0
Nutzungsklasse			
	von Feld	bis Feld	NKL
1	ERSTES	LETZTES	1

Bild 2. Eingabekapitel "Material/Querschnitt"

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 geeignet ist. Außerdem ist der effektive Verbindungsmittelabstand s_{ef} vorzugeben. Um dem Einfluss des Umgebungsklimas während der vorgesehenen Nutzungsdauer Rechnung zu tragen, wird eine Nutzungsklasse (NKL) je Feld vorgegeben.

Berechnungsgrundlagen

Allgemein

Im Modul S341.de können die einzelnen Querschnittsteile aus verschiedenen Baustoffen zusammengesetzt sein. Bei Verbundquerschnitten, deren Teilquerschnitte unterschiedliches Verformungsverhalten während der Nutzungsdauer aufweisen, ergibt sich dadurch eine unterschiedliche effektive Steifigkeit und Spannungsverteilung im Anfangs- und Endzustand. Für diesen Fall sind nach [2], NCI Zu 9.1.3 (NA.5) die Steifigkeiten für den Anfangszustand ($t = 0$) und den Endzustand ($t = \infty$) gesondert zu ermitteln und die Nachweise zu führen. Für den Anfangszustand (*inst*) im Grenzzustand der Tragfähigkeit gilt:

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

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

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

Beim Nachweis im Endzustand dürfen die Elastizitäts-, Schub- und Verschiebungsmodul vereinfachend durch $(1 + k_{def})$ dividiert werden, wobei die jeweiligen Beiwerte k_{def} vereinfachend für die Klasse der Lasteinwirkungsdauer „ständig“ zugrunde gelegt werden. Es gilt dann für den Endzustand (*fin*) im Grenzzustand der Tragfähigkeit:

$$E_{i,fin} = \frac{E_{mean,i}}{(1 + k_{def}) \cdot \gamma_M} \quad (4)$$

$$G_{i,fin} = \frac{G_{mean,i}}{(1 + k_{def}) \cdot \gamma_M} \quad (5)$$

$$K_{i,fin} = \frac{K_{u,mean,i}}{(1 + k_{def}) \cdot \gamma_M} = \frac{2}{3} \frac{K_{ser,i}}{(1 + k_{def}) \cdot \gamma_M} \quad (6)$$

mit

E_i Mittelwert des Elastizitätsmoduls des i -ten Querschnittsteils

G_i Mittelwert des Schubmoduls des i -ten Querschnittsteils

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

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

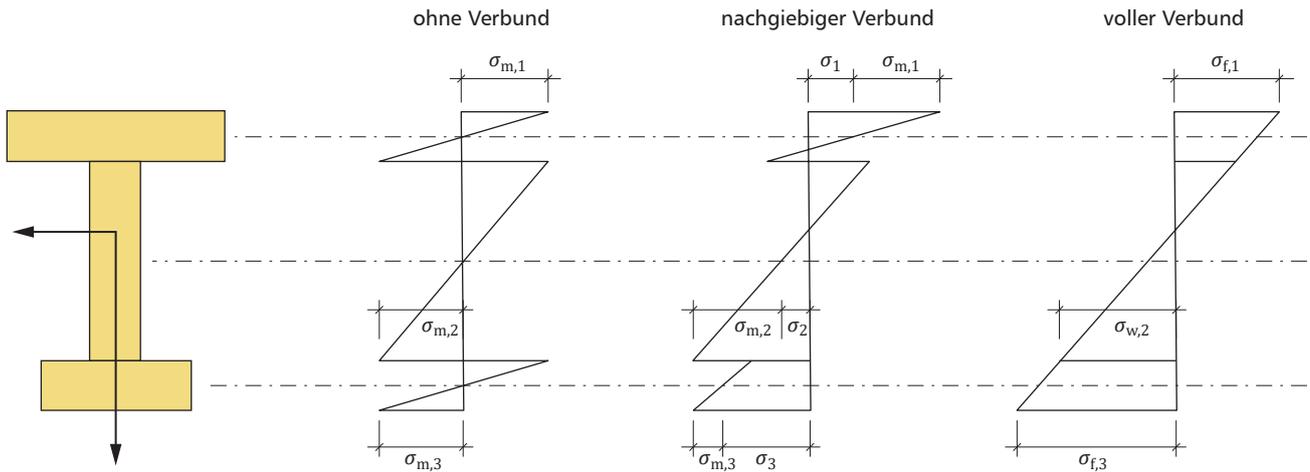


Bild 3. Prinzipieller Spannungsverlauf für einen Doppel-T-Querschnitt mit unterschiedlichem Verbund

Querschnittswerte starrer Verbund

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

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. Es wird eine geradlinige Dehnungsverteilung über die Querschnittshöhe angenommen. Die effektive Steifigkeit $(EI)_{ef}$ ist die Summe der einzelnen Flächenmomente 2. Grades und der Steiner-Anteile multipliziert mit den jeweiligen E-Moduli.

Querschnittswerte nachgiebiger Verbund

Beim nachgiebigen Verbund sind die Querschnitte in der Fuge durch mechanische Verbindungsmittel „elastisch“ miteinander verbunden. Die Nachgiebigkeit der Verbindungsmittel muss nach [1], 9.1.3 (1) zwingend berücksichtigt werden. 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 Modul S341.de verwendet zur Ermittlung der Steifigkeiten das vereinfachte Berechnungsverfahren nach [1], Anhang B mit den unter B1.2 getroffenen Annahmen. Dieses Berechnungsverfahren ermöglicht eine Bemessung von bis zu drei nachgiebig verbundenen Rechteckquerschnitten. Das wirksame Flächenmoment 2. Grades I_{ef} des ungeschwächten Querschnitts liegt zwischen I_{ef} ohne Verbund und dem starren Verbund.

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. Der Abminderungsfaktor liegt zwischen $0 < \gamma < 1,0$.

Die wirksame Biegesteifigkeit ergibt sich zu:

$$(E \cdot I)_{ef} = \sum_{i=1}^3 (E_i \cdot I_i + \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i \cdot a_i^2) \quad (7)$$

und

$$\gamma_2 = 1 \quad (8)$$

$$\gamma_1 = \frac{1}{1 + \frac{\pi^2 \cdot E_i \cdot A_i \cdot S_i}{K_i \cdot l^2}} \quad (9)$$

mit

- $E_i \cdot A_i$ Dehnsteifigkeit des i-ten Querschnittsteils
- E_i / A_i Fugensteifigkeit der i-ten Fuge
- S_i Abstand der in eine Reihe geschoben gedachten Verbindungsmittel der Fuge

Die Lage der Spannungsnullebene ergibt sich üblicherweise zu:

$$a_2 = \frac{\gamma_1 \cdot E_1 \cdot A_1 (h_1 + h_2) - \gamma_3 \cdot E_3 \cdot A_3 (h_2 + h_3)}{2 \sum_{i=1}^3 \gamma_i \cdot E_i \cdot A_i} \quad (10)$$

mit

$$a_2 \geq 0 \quad \text{und} \quad a_2 \leq h_2/2$$

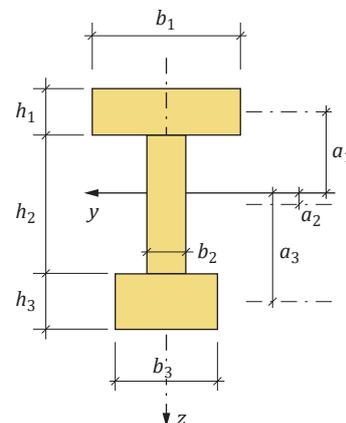


Bild 4. Bezeichnungen für einen Doppel-T-Querschnitt

Verbindungsmittel werden üblicherweise gleichmäßig über die Trägerlänge verteilt. Dabei ist der Abstand s der mittlere Abstand der in eine Reihe geschobene Verbindungsmittel, mit denen die Gurte an den Steg befestigt sind.

Nach [1], 9.1.3 ist es möglich, die Verbindungsmittelabstände entsprechend dem Querkraftverlauf abzustufen. Dadurch kann die Anzahl der Verbindungsmittel reduziert werden. Dabei sind folgende Bedingungen einzuhalten.

$$s_{\max} \leq 4 \cdot s_{\min}$$

$$s_{\text{ef}} = 0,75 \cdot s_{\min} + 0,25 \cdot s_{\max} \tag{11}$$

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. Wenn kein genauere Nachweis erfolgt, sollte bei druckbeanspruchten bzw. zugbeanspruchten Gurten mit einer wirksamen Breite $b_{c,ef}$ bzw. $b_{t,ef}$ nach [1], 9.1.2 gerechnet werden. Dies wird vom Modul geprüft und gegebenenfalls mit einem Hinweis in der Ausgabe kommentiert.

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 3)
 - Schubspannungen im Steg
- Vereinfachter Nachweis für Stegbeulen nach [1], 9.1.1
- Nachweis der Klebfugenspannung nach [1], 9.1.1 (nur für starren Verbund)
- Nachweis der Verbindungsmittel nach [1], Abs. 8 (nur für nachgiebigen Verbund)
- Nachweis der Auflagerpressung

Beim nachgiebigen Verbund ergeben sich durch die Verbindungsmittel Querschnittsschwächungen und örtliche Spannungserhöhungen. Nach [4], Abs. 10.5.2 (4) 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 geschwächtem Flächenträgheitsmoment 2. Grades der Querschnittsfläche ($I_i/I_{i,n}$) erhöht werden.

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 dürfen unter Verwendung der Mittelwerte der Elastizitätsmoduln und den Teilsicherheitsbeiwerten für Einwirkung und Material mit $\gamma = 1,0$ berechnet werden. Bei Verbundteilen mit Teilquerschnitten aus Baustoffen mit unterschiedlichem Verhalten über die Zeit sind die Verformungen im Anfangs- und Endzustand am System mit den jeweiligen Steifigkeiten zu ermitteln.

Im Modul S341.de können bis zu drei 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, siehe [3]) werden alle Verformungen mit der quasi-ständigen Kombination gebildet.

Elastische Anfangsdurchbiegung (12)

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

Enddurchbiegung (13)

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{fin,G}} + w_{\text{fin,Q,1}} \cdot \psi_{2,1} + w_{\text{inst,Q,1}} \cdot (1 - \psi_{2,1}) + \sum_{i>1} w_{\text{fin,Q,i}} \cdot \psi_{2,i} + w_{\text{inst,Q,i}} \cdot (\psi_{0,i} - \psi_{2,i}) \leq w_{\text{grenz}}$$

Gesamte Enddurchbiegung (14)

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

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

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

W_{fin} Enddurchbiegung inkl. Kriechen ($W_{\text{inst}} \cdot W_{\text{creep}}$)

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}	$w_{\text{net,fin}}$
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 2. Grenzwerte w_{grenz} für Durchbiegungen

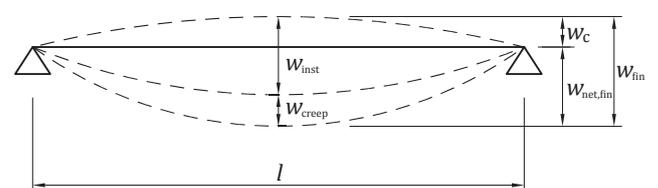


Bild 5. Anteile der Durchbiegung [1]

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] Neuhaus, H.: Ingenieurholzbau: Grundlagen - Bemessung - Nachweise - Beispiele. 4. Auflage, 2017. Springer Vieweg.
- [4] DIN 1052: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken, Ausgabe Dezember 2008. Beuth Verlag.

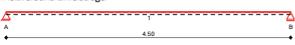


Proj. Bez. _____
 Projekt Überprüfung 2019
 mb BauStatik S341.de 2019.000

Seite _____
 Position#1_S341.de
 Datum 24.10.2018

Pos. 01_S341.de Holz-Träger, zusammengesetzte Querschnitte

System Holzverbund-Einfeldträger

M 1:40 

Abmessungen / Nutzungsklassen

Feld	l	l _{eff}	NKL
[m]	[m]	[m]	
1	4.50	4.50	1

Auflager

Aufl.	x	b	Transl.	Rotat.
	[m]	[cm]	[kN/m]	[kNm/rad]
A	0.00	20.00	starr	frei
B	4.50	20.00	starr	frei

Material / Querschnitt

QS	Material	b	h
		[cm]	[cm]
1	Obergurt NH C24	20.0	6.0
2	Steg Sperrholz F40/30 E60/40	2*11.0	36.0
3	Untergurt NH C24	20.0	6.0

Belastungen Belastungen auf das System

Grafik

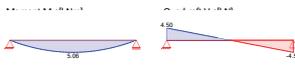
Einwirk



Proj. Bez. _____
 Projekt Überprüfung 2019
 mb BauStatik S341.de 2019.000

Seite _____
 Position#1_S341.de
 Datum 24.10.2018

Einw. (kN/m)



Kombinationen Kombinationsbildung nach DIN EN 1990
Darstellung der maßgebenden Kombinationen

Ek	KLED	E (N/mm ²)	ψ	ψ ₀	ψ ₁	ψ ₂	ψ ₃
3	m	1.35	Gk	+1.50*	0.0	0.0	0.0
6		1.00*	Gk	+1.00*	0.0	0.0	0.0
7		1.00*	Gk	+0.30*	0.0	0.0	0.0

mi: mittel

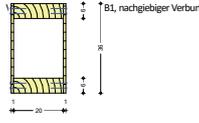
Mat./Querschnitt nach DIN EN 1995-1-1, Abs. 9.1.3 und Abs. 9.1.3

Materialien

QS	Holz	f _{tdk}	f _{tk}	f _{yk}	f _{yk}	f _{yk}	f _{yk}	E _{mean}
		[N/mm ²]						
1	NH C24	24.0	14.0	21.0	2.5	4.0	11000	
2	Sperrholz F40/30 E60/40	29.0	29.0	21.0	22.0	9.5	4400	
3	NH C24	24.0	14.0	21.0	2.5	4.0	11000	

Querschnittswerte

QS	b	h	A	I _y
	[cm]	[cm]	[cm ²]	[cm ⁴]
1	20.0	6.0	120.0	360.0
2	2*11.0	36.0	72.0	7776.0
3	20.0	6.0	120.0	360.0

Schnitt M 1:10 

Verbindungsmittel

QS	Art	Abmessung	F _{td}	K _{ser}	F _{u,td}
			[N/mm]	[N/mm]	[kN]
1-2	Nagel beidseitig verwendet	3.0x60		787	0.73
3-2	Nagel beidseitig verwendet	3.0x60		787	0.73

Preise und Angebote

S341.de Holz-Träger, zusammengesetzte Querschnitte - EC 5, DIN EN 1995-1-1
Leistungsbeschreibung siehe nebenstehenden Fachartikel

399,- EUR

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: November 2018

Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)

Preisliste: www.mbaec.de