

Dipl.-Ing. Thomas Blüm

Mehrteilige Druckstäbe aus Holz

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls

S406.de Holz-Stütze, zusammengesetzte Querschnitte – DIN EN 1995-1-1

Zur Erhöhung des Trägheitsmomentes können Druckstäbe aus mehreren Querschnittsteilen zusammengesetzt werden. Dies bietet sich an, wenn viele Vollholzquerschnitte mit relativ kleinen Abmessungen zur Verfügung stehen und ab Werk vorgefertigt werden können. Mit dem Modul S406.de können drei verschiedene Querschnittstypen von zusammengesetzten Druckstäben nachgewiesen werden.

System

Pendelstütze

M 1:60

Abmessungen
Mat./Querschnitt

l	Bezeichnung	Material	OS	b/h
[m]				[cm]
3.00	Obergurt	OSB/4	1	20.0/2.2
	Steg	NH C24	2	6.0/10.0
	Untergurt	OSB/4	3	20.0/2.2

Auflager

Lager	x	$K_{T,2}$	$K_{D,2}$	$K_{T,1}$	$K_{D,1}$
	[m]	[kN/m]	[kNm/rad]	[kN/m]	[kNm/rad]
B	3.00	fest	frei	fest	frei
A	0.00	fest	frei	fest	frei

Belastungen

Belastungsgrafiken (einwirkungsbezogen)

Einwirkungen

Gk	Gk	Qk.N	Qk.N
4.00	4.00	4.00	4.00

Positionstyp

Art des Verbundes

- nicht gespreizter Stab mit kontinuierlicher Verbindung:** Die einzelnen Querschnittsteile sind über die Bauteillänge kontinuierlich mit Leim oder mechanischen Verbindungsmitteln verbunden.
- gespreizter Stab:** Aufgelöster Querschnitt, die

Modellhinweise

Positi...	Art	Beschreibung
-----------	-----	--------------

Allgemein

Bereits in alten Holzkonstruktionen wurden bei großen Knicklängen und hohen Lasten mehrteilige Druckstäbe eingesetzt. Dabei wurden die Einzelstäbe häufig mit gleichen Abmessungen und Abständen ausgeführt.

In der heutigen Zeit werden mehrteilige Druckstäbe für Fachwerkbinder, für Wandstiele, Stützen oder auch für Masten und Türme verwendet.

System

Grundsätzlich unterscheidet man im Modul S406.de bei mehrteiligen Druckstäben zwischen den Querschnittstypen:

- nicht gespreizte Stäbe mit kontinuierlicher Verbindung
- gespreizte Stäbe
- Gitterstäbe

Beim statischen System gilt die Annahme einer Pendelstütze mit der Stablänge l . Für die Stabilitätsnachweise kann alternativ die Knicklänge um die y - und z -Achse vorgegeben werden.

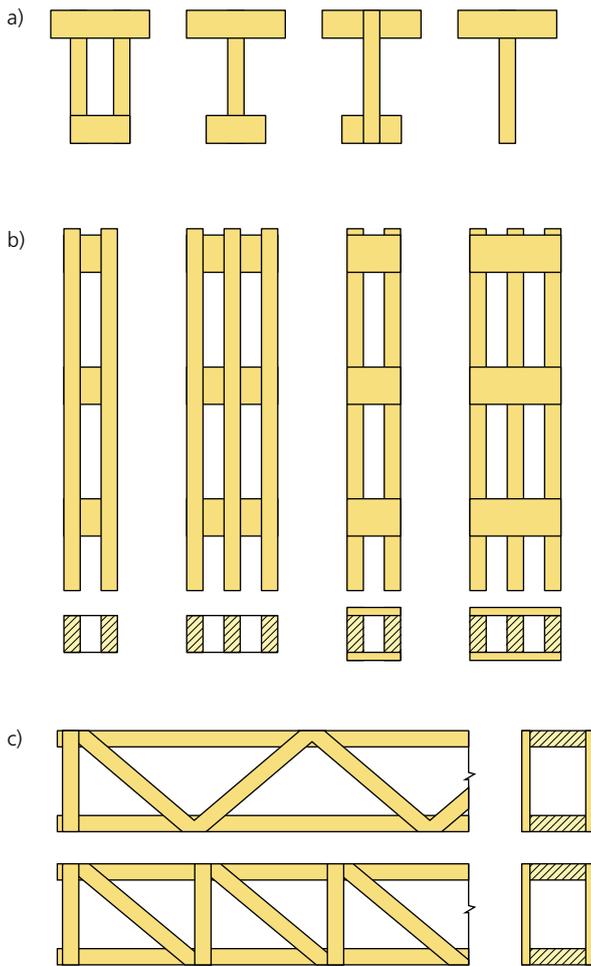


Bild 1. Positionstypen
 a) nicht gespreizte Stäbe mit kontinuierlicher Verbindung
 b) gespreizte Stäbe mit Zwischen- und Bindehölzern
 c) Gitterstäbe mit V- bzw. N-förmiger Vergitterung

Wind

Der Positionstyp „nicht gespreizte Stäbe“ kann horizontale Belastungen aufnehmen. Somit ist es möglich mit dem Modul S031.de in Abhängigkeit der Windzone, des Gebäudestandorts und der Lage der Stütze in einer Wand, die Windlast nach DIN EN 1991-1-4 zu bestimmen und diese im Kapitel „Wind“ als Belastung zu übernehmen.

Belastung

Das Eigengewicht der Stütze kann das Programm automatisch ermitteln und als Last ansetzen.

Weitere Belastungen in Form einer zentrischen Einzellast am Stützenkopf können als „Lastabtrag“ aus einer anderen Position komfortabel eingegeben werden. Hierfür kann in der Eingabe direkt auf die Auflagerreaktionen von ausgewählten BauStatik-Modulen sowie MicroFe-Ergebnissen zugegriffen werden.

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

Material / Querschnitt

Die einzelnen Querschnittsteile können starr oder nachgiebig miteinander verbunden sein. „Starr“ bedeutet hier verleimt und „nachgiebig“ heißt mit stiftförmigen Verbindungsmitteln (Nägeln, Schrauben oder Dübel besonderer Bauart).

Nicht gespreizter Stab

Bei nicht gespreizten Stäben werden alle Querschnittsteile entsprechend ihrer Steifigkeit auf Druck beansprucht. Der Stab kann aus bis zu drei Querschnittsteilen bestehen. Es muss aber eine Symmetrieachse vorliegen.

Die Querschnittsteile können in den Abmessungen und dem Material verschieden sein. Diese sind in der Eingabe zu definieren. Die Teile können entweder aus Vollholz aus Nadelholz oder Laubholz sowie Brettschichtholz und Holzwerkstoffen sein. Als Verbindungsmittel können Dübel, Nägel und Schrauben gewählt werden. Diese werden in einem kontinuierlichen Abstand *s* angeordnet.

Gespreizter Stab

Gespreizte Stäbe bestehen aus zwei oder drei Einzelstäben mit gleichem Querschnitt und Material in einem bestimmten Abstand. Zusammengehalten werden sie von Binde- oder Zwischenhölzern. Diese können wiederum starr oder nachgiebig mit den Einzelstäben verbunden sein. Der Gesamtquerschnitt ist doppelsymmetrisch.

Vorbemerkung	System	Wind	Belastungen	Material/Querschnitt
Nachweise		Ausgabe		Erläuterung
Art des Verbundes der Querschnittsteile 103				
Art <input type="radio"/> starr <input checked="" type="radio"/> nachgiebig				
Anzahl der Einzelstäbe 104				
n	2		Anzahl	
Einzelquerschnitt 105				
Werkstoff				
Art NH C24 ...				
Rechteckquerschnitt				
b	20,0	cm	Breite	
h	6,0	cm	Höhe	
Verbindungsstellen 108				
Art <input checked="" type="radio"/> mit Zwischenhölzern <input type="radio"/> mit Bindehölzern				
n	3		Anzahl	
Spreizung				
a	15,0	cm	Abstand der Einzelquerschnitte	
Werkstoff				
Art NH C24 ...				
Zwischenholzquerschnitt				
h	5,0	cm	Höhe	
Verbundmittel 119				
Verbindungsmittel				
Verbm.	Nägel GLATT 5,0x120 ...			
nv	2		Anzahl in vertikaler Richtung	
nh	2		Anzahl in horizontaler Richtung	
Nutzungsklasse 165				
NKL	1		Nutzungsklasse	

Bild 2. Eingabe Kapitel Material/Querschnitt „gespreizter Stab“

In der Eingabe müssen die Anzahl, die Abmessungen und das Material der Druckstäbe und der Binde- bzw. Zwischenhölzer definiert werden. Als Verbindungsmittel dienen Nägel, Schrauben und Dübel besonderer Bauart.

Gitterstab

Die Gitterstäbe bestehen aus zwei gleichen Einzelstäben, die durch Gitterdiagonalen N- oder V-förmig verbunden sind. Der Querschnitt ist symmetrisch bezüglich der y- und z-Achse. Die Verbindungen können wiederum starr (geklebt) oder nachgiebig ausgeführt werden. Bei der Auswahl „nachgiebig“ stehen für den Anschluss der Gitterstäbe an die Hauptstäbe Nägel und Schrauben zur Wahl.

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

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

Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit

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

Für dieses Verfahren gelten folgende Annahmen:

- die Druckstäbe der Länge *l* sind beidseits unverschieblich gelagert (Pendelstütze)
- die Einzelteile sind ungestoßen
- die Belastung ist eine Normalkraft, die im geometrischen Schwerpunkt des Querschnitts angreift (Ausnahme „nicht gespreizter Querschnitt“)

Es muss davon ausgegangen werden, dass eine Belastung, die in der Theorie ideal zentrisch aufgebracht wird, praktisch so nicht vorkommt. Es muss ein ungewollter ausmittiger Kraftangriff angenommen werden. Diese Ausmitten werden herangezogen durch:

- Ungenauigkeiten der Querschnittsform
- den Verlauf der Stabachse
- die Bauausführung

Deshalb erfolgt der Nachweis des Stabes auf Druck und Stabilität mittels des Ersatzstabverfahrens nach [1], 6.3.2. Da Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln eine erhebliche Nachgiebigkeit aufweisen, muss dies beim Nachweis der Stabilität berücksichtigt werden.

Für das Ausknicken um die z-Achse ist die Tragfähigkeit in der Regel als die Summe der Tragfähigkeiten der Einzelstäbe anzunehmen. Es ist nachzuweisen:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0 \tag{1}$$

Für das Ausknicken um die y-Achse gilt:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0 \tag{2}$$

mit Gl. (C.2)

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{F_{c,d}}{A_{tot}} \tag{3}$$

A_{tot} Gesamtquerschnittsfläche der Einzelstäbe
k_c Knickbeiwert nach [1], 6.3.2 ermittelt mit einer bezogenen Schlankheit *λ_{ef}* nach [1], Anhang C

Nicht gespreizter Stab

Für nachgiebig verbundene Stäbe gilt, dass die Steifigkeit der Verbindungsmittel, die die einzelnen Querschnittsteile zusammenfügen, das Gesamtverhalten des Stabes bestimmt.

Der wirksame Schlankheitsgrad ist anzunehmen zu:

$$\lambda_{ef,y} = l_y \cdot \sqrt{\frac{(EA)_{tot}}{(EI)_{ef,y}}} \tag{4}$$

mit
(EI)_{ef,y} berechnet nach [1], Anhang B

Der Knickbeiwert *k_{c,y}* ergibt sich dann aus:

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \tag{5}$$

und

$$k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) \tag{6}$$

Wenn der zusammengesetzte Querschnitt aus Materialien mit unterschiedlichem Kriechverhalten besteht, ist jeder Querschnittsteil im Anfangs- und Endzustand zu untersuchen. Dabei reduziert das Modul auf Grundlage der gewählten Nutzungsklasse die Steifigkeiten und ermittelt die Beiwerte für beide Zustände.

Wirken neben Normalkräften zusätzliche parabelförmige Momente um die y-Achse, werden diese entsprechend [1], 6.3.2 (3) überlagert.

Zusätzlich zum Nachweis der Stabilität muss die Tragfähigkeit der Verbindungsmittel nachgewiesen werden. Die Beanspruchung der Verbindungsmittel berechnet sich nach [1], Anhang B, Gl. (B.10).

Die Querkraft in dieser Gleichung wird so bestimmt:

$$V_d = \begin{cases} \frac{F_{c,d}}{120 k_c} & \text{für } \lambda_{ef} < 30 \\ \frac{F_{c,d} \lambda_{ef}}{3600 k_c} & \text{für } 30 \leq \lambda_{ef} \leq 60 \\ \frac{F_{c,d}}{60 k_c} & \text{für } 60 \leq \lambda_{ef} \end{cases} \tag{7}$$

Gespreizter Stab

Für das Ausknicken um die y-Achse gilt:

$$\lambda_{ef,y} = \sqrt{\lambda_y^2 + \eta \cdot \frac{n}{2} \lambda_1^2} \quad (8)$$

mit

λ_y Schlankheitsgrad eines einteiligen Druckstabs derselben Länge und Querschnittsfläche (A_{tot}) und demselben Wert des Flächenmomentes 2. Grades (I_{tot})

$$\lambda_y = l \cdot \sqrt{\frac{A_{tot}}{I_{tot,y}}} \quad (9)$$

$$\lambda_1 = \sqrt{12} \cdot \frac{l_1}{h} \geq 30 \quad (10)$$

l_1 Abstand der Zwischen- bzw. Bindehölzer
 n Anzahl der Einzelstäbe
 η Beiwert nach Tabelle C.1

Klasse der Lasteinwirkungsdauer	Zwischenhölzer			Bindehölzer	
	geklebt	genagelt	verbolzt ^a	geklebt	genagelt
ständig/lang	1	4	3,5	3	6
mittel/kurz	1	3	2,5	2	4,5

^a Mit Dübeln besonderer Bauart

Tabelle 1. Tabelle C.1 aus [1]

Außerdem müssen die Beanspruchungen der Verbindungsmittel sowie der Zwischen- bzw. Bindehölzer berücksichtigt und entsprechende Nachweise geführt werden. Exemplarisch wird dies hier für einen gespreizten Stab mit zwei Einzelquerschnitten und Bindehölzern gemacht.

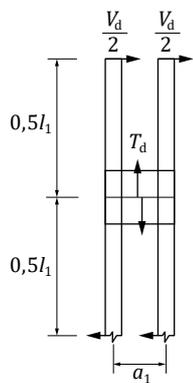


Bild 3. Beanspruchung von Bindehölzern eines zweiteiligen Querschnitts

Die Querkraften in den Bindehölzern sollten wie folgt berechnet werden:

$$T_d = \frac{V_d \cdot l_1}{a_1} \quad (11)$$

Dabei wird die Querkraft V_d wie in Gleichung (7) ermittelt.

Im Bindeholz selbst tritt ein Moment $M_{Bi,d}$ und eine Querkraft von T_d auf. Diese erzeugen eine Biege- und Schubspannung im Holz.

$$M_{Bi,d} = \frac{T_d \cdot z}{2} \quad (12)$$

Die Verbindungsmittel eines Einzelstabes müssen folgende Beanspruchungen aufnehmen:

$$T'_d = \frac{T_d}{2} \quad (13)$$

$$M'_{Bi,d} = \frac{M_{Bi,d}}{2} \quad (14)$$

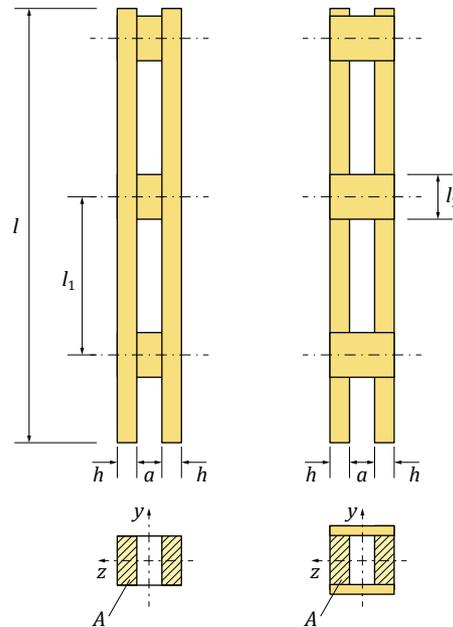


Bild 4. Zweiteilig gespreizter Stab mit Zwischen- bzw. Bindehölzern

Gitterstab

Für das Ausknicken um die y-Achse gilt:

$$\lambda_{ef,y} = \max \left\{ \lambda_{tot} \sqrt{1 + \mu}, 1,05 \cdot \lambda_{tot} \right\} \quad (15)$$

Dabei ist

λ_{tot} der Schlankheitsgrad eines einteiligen Druckstabs derselben Länge und Querschnittsfläche und demselben Wert des Flächenmomentes 2. Grades

$$\lambda_{tot} \approx \frac{2l}{h} \quad (16)$$

Der Beiwert μ wird ermittelt zu:

- bei geklebter V-Vergitterung
$$\mu = 4 \frac{e^2 \cdot A_f}{I_f} \left(\frac{h}{l} \right)^2 \quad (17)$$

- bei geklebter N-Vergitterung
$$\mu = \frac{e^2 \cdot A_f}{I_f} \left(\frac{h}{l} \right)^2 \quad (18)$$

- bei genagelter V-Vergitterung
$$\mu = 25 \frac{h \cdot E_{mean} \cdot A_f}{l^2 \cdot n \cdot K_u \cdot \sin 2\theta} \quad (19)$$

- bei genagelter N-Vergitterung
$$\mu = 50 \frac{h \cdot E_{mean} \cdot A_f}{l^2 \cdot n \cdot K_u \cdot \sin 2\theta} \quad (20)$$

Die Streben und deren Anschlusskräfte sind für eine Stabkraft wie folgt zu bemessen:

$$S_d = \frac{V_d}{\sin \theta} \quad (21)$$

Die Pfosten (bei N-Vergitterung) und die Anschlüsse sind für eine Stabkraft $S_d = V_d$ auszulegen. Dabei wird die Querkraft V_d wie in Gleichung (7) ermittelt.

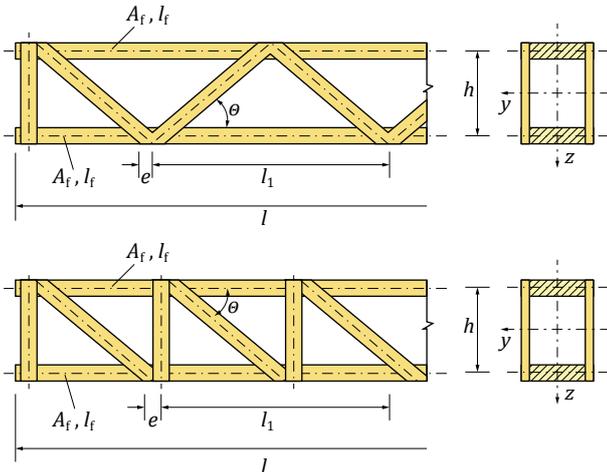


Bild 5. V-förmige und N-förmige Vergitterung

Auflagerpressung

Wie bei anderen Stützenmodulen auch, kann optional ein Querdrucknachweis der anschließenden Bauteile am Stützenkopf und Stützenfuß geführt werden.

Der Nachweis erfolgt nach [1], Gl. (6.3) und (6.4). Es kann sowohl die wirksame Aufstandsfläche entsprechend [1], 6.1.5 (1) erhöht werden als auch die Querdruckfestigkeit mit dem Beiwert $k_{c,90}$.

$$\frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}} \leq 1 \quad (22)$$

mit

$F_{c,90,d}$	Bemessungswert der Druckkraft rechtwinklig zur Faserrichtung
A_{ef}	wirksame Kontaktfläche
$f_{c,90,d}$	Bemessungswert der Druckfestigkeit rechtwinklig zur Faserrichtung
$k_{c,90}$	Beiwert nach [1], 6.1.5

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] Colling, F.: Holzbau - Grundlagen und Bemessung nach EC 5. 3. Auflage, Juli 2012. Springer Vieweg.
- [4] Holzbau - Bemessung und Konstruktion, Rug, Mönck - 16. Auflage, 2015 Beuth Verlag.
- [5] Erläuterungen zu DIN 1052: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken - Blaß, Ehlbeck, Kreuzinger, Steck - 1. Auflage, 2004 Bruderverlag.

Preise und Angebote

**S406.de Holz-Stütze,
zusammengesetzte Querschnitte –
EC 5, DIN EN 1995-1-1**

399,- EUR

Leistungsbeschreibung siehe
nebenstehenden Fachartikel

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: Mai 2018

Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)

Preisliste: www.mbaec.de