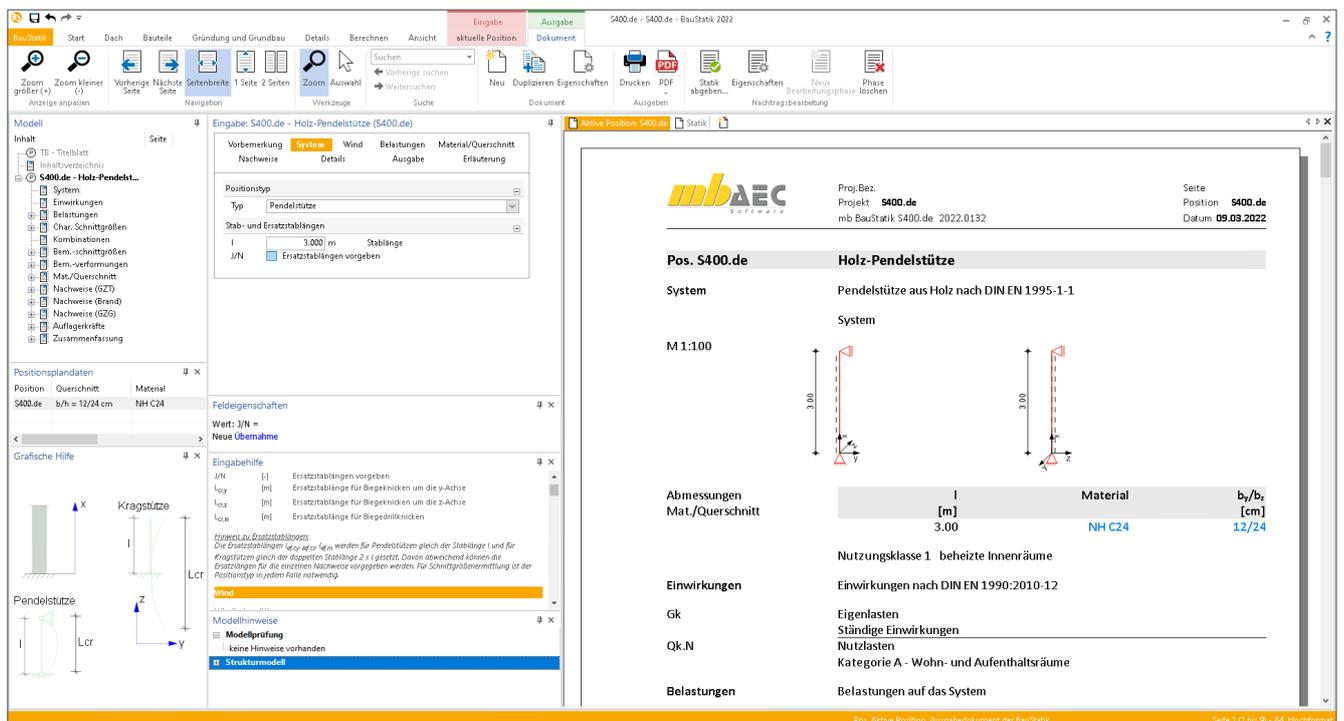


Florian Degiuli M. Sc.

# Druckbeanspruchte Holzstützen

## Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S400.de Holz-Stütze – EC 5, DIN EN 1995-1-1:2010-12

Pendelstützen und Kragstützen stellen Standardfälle für druckbeanspruchte Bauteile dar. Bedingt durch die Normalkraftbeanspruchung sind solche Stützen auf Stabilitätsversagen zu untersuchen. Neben dem Nachweis der Stützentragsfähigkeit können im Modul S400.de auch die Nachweise im Brandfall und die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit (Verformungsnachweise) geführt werden.



### System

Über den Positionstyp wird das statische System der Stütze festgelegt. Als statisches System sind die beiden Eulerfälle, Pendelstütze oder Kragstütze, möglich.

Die Auflagerbedingungen werden automatisch vom Programm gesetzt. Durch die manuelle Vorgabe der Ersatzstablängen können auch andere statische Systeme berücksichtigt werden.

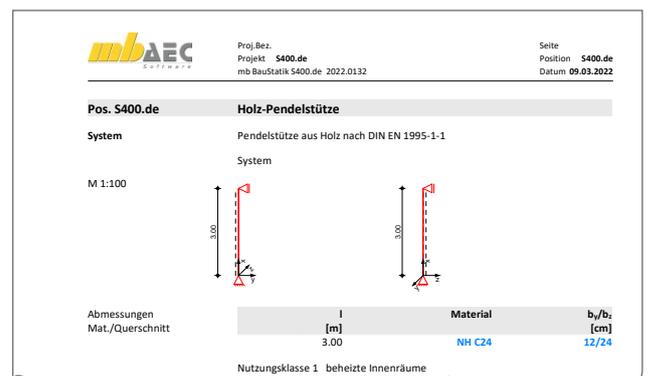


Bild 1. Ausgabe „System“

## Belastungen

### Eigengewicht

Das Eigengewicht der Stütze wird automatisch ermittelt.

### Wind

Zur erleichternden Eingabe der Windlasten ist eine Übernahme aus dem Modul S031.de vorgesehen. Dabei wird im Modul S031.de die Lage des Bauteils im Gebäude mit Lasteingangsfläche festgelegt und automatisch die Windlast in allen vier Anströmrichtungen übergeben. Dabei werden sowohl Lastordinaten als auch die Lastanordnung direkt übertragen.

### Lastabtrag

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 sowie auf MicroFe-Ergebnisse zugegriffen werden.

### Lasteingabe

Zur direkten Lasteingabe stehen folgende Lastarten zur Verfügung:

- Lasten am Stützenkopf
- Momente am Stützenfuß
- Einzellasten
- Gleichlasten
- Blocklasten
- Trapezlasten

	EW	F <sub>x</sub> [kN]	F <sub>z</sub> [kN]	F <sub>y</sub> [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
1	Gk - Eigenl	25.000				
2	Qk.N - N	15.000				

Bild 2. Eingabe „Belastungen“

## Material/Querschnitt

Die Bemessung erfolgt für Holzstützen mit Rechteck- und Kreisquerschnitten.

Als Material stehen folgende Hölzer bzw. Holzwerkstoffe zur Verfügung:

- Nadelholz (NH)
- Laubholz (LH)
- Brettschichtholz (BSH)
- Konstruktionsvollholz (KVH)
- Duo und Trio Holz
- Furnierschichtholz

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

Bild 3. Definition des Holzmaterials

Die Querschnittseingabe erfolgt in Abhängigkeit des Stützentyps. Für Rechteckstützen sind die Querschnittsbreite  $b_y$  und höhe  $b_z$  vorzugeben, für Holzstützen mit einem Kreisquerschnitt genügt die Vorgabe des Außendurchmessers  $D$ .

Optional können die Querschnittsabmessungen im Rahmen der Bemessung programmseitig ermittelt werden. Hierzu sind in der Eingabe die Schrittweiten  $\Delta b_y$  und  $\Delta b_z$  zur Vergrößerung der Querschnittsabmessungen vorzugeben. Bei dieser Querschnittswahl werden die Querschnittsabmessungen so lange um die vorgegebenen Schrittweiten vergrößert, bis eine ausreichende Tragfähigkeit erzielt wird.

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

Bild 4. Eingabe „Material/Querschnitt“

## Nachweise

Holzstützen unter Druckbeanspruchung oder unter kombinierter Druck- und Biegebeanspruchung können auf verschiedene Arten versagen. Im Grenzzustand der Tragfähigkeit kann die Traglast durch die Querschnittstragfähigkeit begrenzt sein oder der Verlust der Stabilität kann zum Versagen des Bauteils führen. Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind Anforderungen bzgl. der Verformungen einzuhalten.

### Stabilität

Für druckbeanspruchte Holzstützen besteht die Gefahr des Ausknickens. Da durch das seitliche Ausbiegen zusätzliche Biegebeanspruchungen im Druckstab entstehen, müssen diese in einem Knicknachweis berücksichtigt werden.

Im Modul S400.de erfolgt der Nachweis der Stabilität nach dem Ersatzstabverfahren nach DIN EN 1995-1-1 [1], Abschn. 6.3.2. Beim Ersatzstabverfahren werden die Schnittkräfte am unverformten System nach Theorie I. Ordnung ermittelt. Die nichtlinearen Effekte werden im Zuge des Nachweises der Biegetragfähigkeit mit den Knickbeiwerten  $k_{c,y}$  und  $k_{c,z}$  berücksichtigt.

Knickbeiwerte:

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} \quad (1)$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} \quad (2)$$

mit

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

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) \quad (4)$$

Die Knickbeiwerte  $k_{c,y}$  und  $k_{c,z}$  sind von der Schlankheit abhängig:

Bezogene Schlankheitsgrade:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad (5)$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad (6)$$

mit

$\lambda_y$  Schlankheitsgrad für Biegung um die y-Achse  
 $\lambda_z$  Schlankheitsgrad für Biegung um die z-Achse

### Biegung und Druck

Der Nachweis der Biegetragfähigkeit erfolgt nach DIN EN 1995-1-1, 6.2.4 unter Berücksichtigung der Randbedingungen des Ersatzstabverfahrens.

Falls die Bedingungen  $\lambda_{rel,y} \leq 0,3$  und  $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$  erfüllt sind, erfolgt der Nachweis der Biegetragfähigkeit gemäß DIN EN 1995-1-1, Gl. 6.19 und Gl. 6.20.

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (7)$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (8)$$

Bei größeren Schlankheitsgraden ( $\lambda_{rel,y} > 0,3$ ,  $\lambda_{rel,z} \leq 0,3$ ) erfolgt der Nachweis der Biegetragfähigkeit gemäß DIN EN 1995-1-1, Gl. 23 und Gl. 24, wobei nun mit einer reduzierten Druckfestigkeit gerechnet wird.

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (9)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad (10)$$

### Querkraft

Der Nachweis der Querkrafttragfähigkeit wird nach DIN EN 1995-1-1/NA [2], Gl. NA.55 geführt. Die Schubspannungen werden bei Doppelbiegung quadratisch überlagert.

$$\left(\frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}}\right)^2 \leq 1 \quad (11)$$

### Auflagerpressung

Optional kann ein Querdrucknachweis der anschließenden Bauteile am Stützenkopf und Stützenfuß geführt werden.

Der Nachweis erfolgt nach DIN EN 1995-1-1, Gl. 6.3. Es kann sowohl die wirksame Aufstandsfläche entsprechend DIN EN 1995-1-1, 6.1.5 (1) als auch die Querdruckfestigkeit mit dem Beiwert  $k_{c,90}$  erhöht werden.

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d} \quad (12)$$

mit

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}} \quad (13)$$

### 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 stattfindet, sind manuell einzutragen. Die bemessungsmaßgebenden Kombinationen und die Querschnittswerte im Brandfall sind mit dem Kürzel  $f_i$  gekennzeichnet.

Die Ermittlung der Schnittgrößen werden am unverformten System ermittelt und der Nachweis erfolgt mit dem Ersatzstabverfahren.

**Verformungsnachweise (GZG)**

Zur Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit eines Bauwerkes sind die Verformungen gemäß DIN EN 1995-1-1, Abs. 7.2 zu begrenzen. Insgesamt können drei Verformungsnachweise geführt werden:

- Nachweis der Anfangsdurchbiegung
- Nachweis der Enddurchbiegung
- Nachweis der gesamten Enddurchbiegung

Für die Verformungsnachweise werden die Anfangs- und Endverformungen berechnet. Hierfür werden die Schnittgrößen nach Theorie I. Ordnung mit dem E-Modul  $E_{mean}$  ermittelt. Die Berechnung der Endverformung findet unter Berücksichtigung des Kriechens ( $k_{def}$ ) statt.

**Nachweise (GZT)**  
 Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit nach DIN EN 1995-1-1  
 - Die Berücksichtigung des Kriechens ist nach DIN EN 1995-1-1/NA NCI NA.5.9 für NKL 1 nicht erforderlich.

**Biegung Abs. 6.1**  
 Nachweis der Biegetragfähigkeit

x	Ek	k <sub>mod</sub>	N <sub>d</sub>	σ <sub>0,d</sub>	f <sub>0,d</sub>	η
[m]	[-]	[-]	[kN,kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]
(L = 3.00 m)						
3.00	2	0.80	-56.25	1.95	12.92	
			1.35	1.17	14.77	
			1.35	2.34	14.77	0.60
3.00	1	0.60	-33.75	1.17	9.69	
			1.35	1.17	11.08	
			1.35	2.34	11.08	0.59
0.00	2	0.80	-56.74	1.97	12.92	
			0.00	0.00	14.77	
			0.00	0.00	14.77	0.39
0.00	1	0.60	-34.24	1.19	9.69	
			0.00	0.00	11.08	
			0.00	0.00	11.08	0.31

**Querkraft Abs. 6.1.7**  
 Nachweis der Querkrafttragfähigkeit

x	Ek	k <sub>mod</sub>	V <sub>d</sub>	τ <sub>d</sub>	f <sub>v,d</sub>	η
[m]	[-]	[-]	[kN]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]
3.00	2	0.80	0.45	0.05	2.46	0.03
			-0.45	0.05	2.46	
3.00	1	0.60	0.45	0.05	1.85	0.04
			-0.45	0.05	1.85	

**Stabilität Abs. 6.3**  
 Nachweis der Stabilität  
 Der Einfluss der Stabilität ist im Nachweis der Biegetragfähigkeit enthalten. Folgende Ersatzstablängen werden berücksichtigt.

l	l <sub>ef,y</sub>	l <sub>ef,z</sub>	l <sub>ef,m</sub>
[m]	[m]	[m]	[m]
3.00	3.00	3.00	3.00

**Auflagerpressung Abs. 6.1.5**  
 Nachweis der Auflagerpressung

Ek	k <sub>mod</sub>	F <sub>d</sub>	A <sub>ul</sub>	k <sub>90</sub>	σ <sub>90,d</sub>	f <sup>*</sup> <sub>90,d</sub>	η
[-]	[-]	[kN]	[cm <sup>2</sup> ]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]
2	0.80	56.25	432.0	1.00	1.30	1.54	0.85
2	0.80	56.74	432.0	1.00	1.31	1.54	0.85

f<sup>\*</sup><sub>90,d</sub>: k<sub>90</sub> \* f<sub>90,d</sub>

Bild 5. Ausgabe „Nachweise (GZT)“

**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.

Florian Degiuli M. Sc.  
 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.

**Preise und Angebote**

**S400.de Holz-Stütze – EC 5, DIN EN 1995-1-1:2010-12**  
 Weitere Informationen unter <https://www.mbaec.de/modul/S400de>

**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: Mai 2022

Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)

Preisliste: [www.mbaec.de](http://www.mbaec.de)