

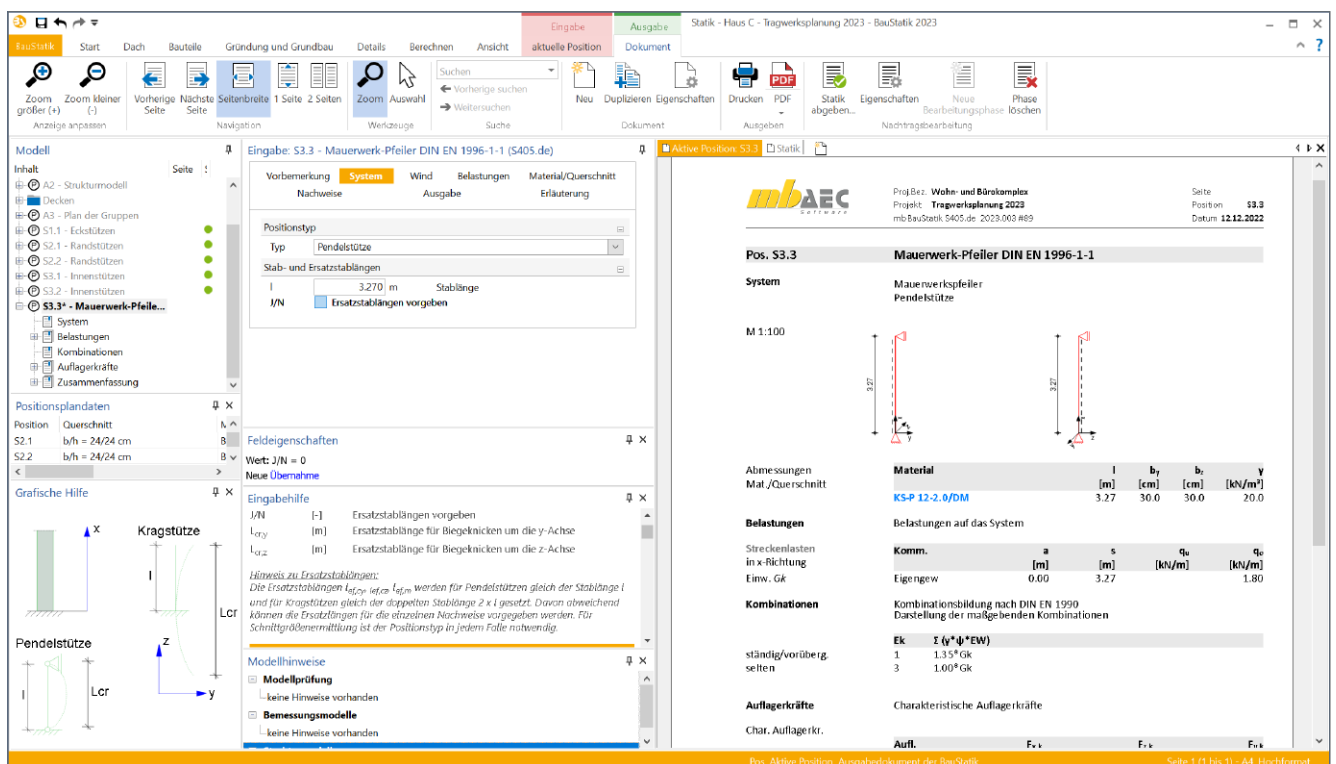
Dipl.-Ing. David Hübel

Mauerwerk-Stützen

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls

S405.de Mauerwerk-Stütze – EC 6, DIN EN 1996-1-1:2010-12

Für den Nachweis von Mauerwerk-Stützen ist der wesentliche Unterschied zum Nachweis von Wänden die zweiachsige Belastung. Aufgrund der zweiachsigen Belastung ist ein Nachweis nach dem vereinfachten Berechnungsverfahren für Mauerwerk-Pfeiler nicht möglich. Das Modul S405.de ermöglicht den Nachweis von Mauerwerk-Stützen nach dem genauen Berechnungsverfahren.



System

Im Kapitel „System“ werden alle Eingaben getroffen, die notwendig sind, um das statische System der Mauerwerk-Stütze zu definieren. Im Wesentlichen handelt es sich hierbei um den Positionstyp und die Stablänge. Alle weiteren Detaillierungen erfolgen im Kapitel „Material/Querschnitt“.

Als statische Systeme können Krag- und Pendelstützen untersucht werden. Über die Stützenhöhe kann automatisch die Knicklänge bestimmt werden.

Vorbemerkung	System	Wind	Belastungen	Material/Querschnitt
Nachweise		Ausgabe		Erläuterung
Positionstyp				
Typ: Pendelstütze				
Stab- und Ersatzstablängen				
l: 3.270 m Stablänge				
J/N: ☒ Ersatzstablängen vorgeben				
l _{cr,y} : 3.270 m Knicken um die y-Achse				
l _{cr,z} : 6.54 m Knicken um die z-Achse				

Bild 1. Eingabe „System“

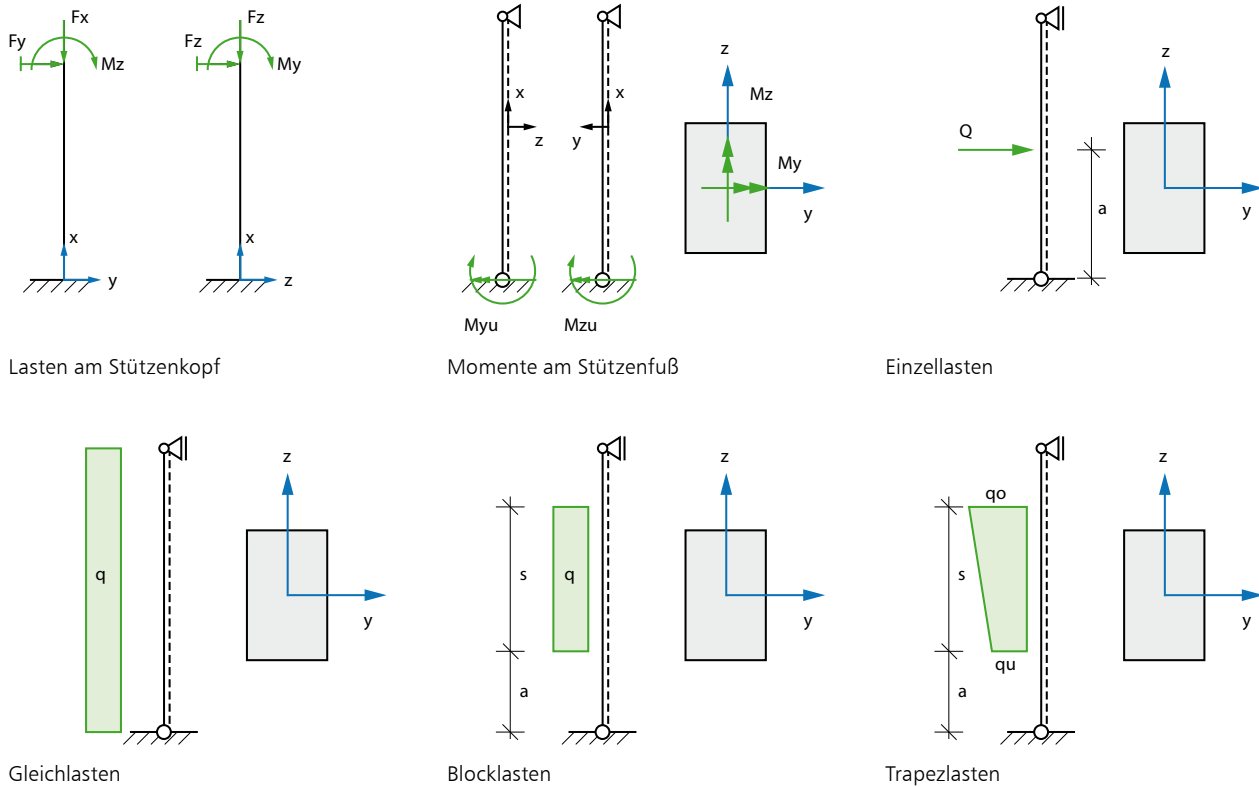


Bild 2. Lasttypen

Belastungen

Das Programm ermittelt automatisch das Eigengewicht für die nachzuweisende Mauerwerk-Stütze. Als weitere Belastungen können neben Normalkräften an Stützenkopf und -fuß zusätzlich zweiachsig Biegemomente angreifen sowie horizontal wirkende Belastungen vorgegeben werden.

Lasteingabe

Zur direkten Lasteingabe stehen folgende Lastarten zur Verfügung (Bild 2):

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

Wind

Zur erleichternden Eingabe der Windlasten ist eine Übernahme aus dem Modul S031.de möglich. 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.

Material/Querschnitt

Genormtes Mauerwerk

Im Modul S405.de erfolgt die Ermittlung der charakteristischen Druckfestigkeit für genormte Stein-Mörtel-Kombinationen automatisch.

Es sind lediglich das Material, die Steinform, die Steindruckfestigkeitsklasse und die Mörtelgruppe vorzugeben.

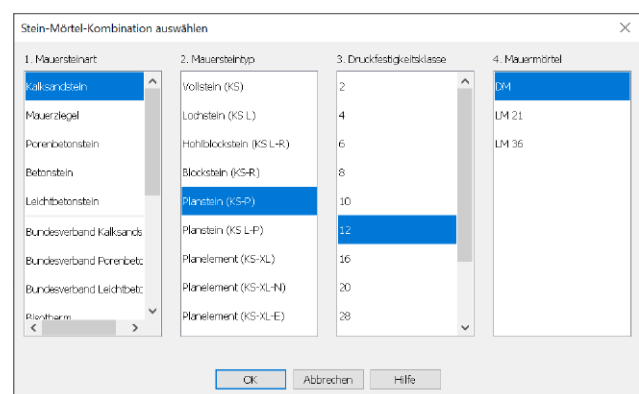


Bild 3. Auswahldialog Stein-Mörtel-Kombination

Mauerwerk nach Zulassung

Auf Mauerwerk nach Zulassung kann über die Projekt- oder die Bürostammdaten zugegriffen werden. Durch Eingabe weniger Parameter wird dort eine Stein-Mörtel-Kombination definiert, auf die über ihren Namen im Kapitel „Material/Querschnitt“ zugegriffen werden kann. Zusätzlich zur Materialbezeichnung ist eine Spalte zur näheren Beschreibung des Mauersteins vorgesehen, die z.B. für die Zulassungsnummer oder für eine Herstellerbezeichnung genutzt werden kann.

Die Auswahl des Materials der Mauerwerk-Stütze erfolgt im Register „Material/Querschnitt“. Die Dokumentation erfolgt im Kapitel Mat./Querschnitt mit allen relevanten Materialbeiwerten.

Mat./Querschnitt	nach DIN EN 1996-1-1/NA:2019-12		
gewählt	KS-P 12-2.0-(350/350)/DM		
Steinart			Kalksandstein
Steintyp			Planstein KS-P
Steindruckfestigkeitsklasse			SFK 12
Steinrohrichteckklasse			RDK 2.0
Mörtelgruppe			Dünnbettmörtel DM
	Mauerwerk mit unvermörtelten Stoßfugen		
Materialbeiwerte	charakt. Druckfestigkeit	$f_k =$	6.98 N/mm ²
	Teilsicherheitsbeiwert	$\gamma_M =$	1.50
	Dauerstandsfaktor	$\zeta =$	0.85
	Bemessungswert Druckfestigk.	$f_d =$	3.96 N/mm ²
	Rechenwert der Endkriechzahl	$\phi_{\infty} =$	1.50
	Elastizitätsmodul	$E =$	6633 N/mm ²

Bild 4. Ausgabe „Mat./Querschnitt“

Nachweise

Allgemeines

Der Nachweis von Mauerwerk-Stützen erfolgt grundsätzlich analog zum Nachweis von Mauerwerk-Wänden unter Beachtung der DIN EN 1996-1-1.

Für die Bemessung von unbewehrtem Mauerwerk stehen im Eurocode 6 zwei Berechnungsverfahren zur Verfügung:

- Das **vereinfachte** Berechnungsverfahren nach DIN EN 1996-3/NA
- Das **genauere** Berechnungsverfahren nach DIN EN 1996-1-1/NA

Aufgrund der zweiachsigen Belastung ist ein Nachweis nach dem vereinfachten Berechnungsverfahren für Mauerwerk-Stützen nicht möglich. Mauerwerk-Stützen sind demnach nach dem genaueren Berechnungsverfahren nach DIN EN 1996-1-1/NA nachzuweisen.

Vorbemerkung	System	Wind	Belastungen	Material/Querschnitt
Nachweise				
Ausgabe				
Erläuterung				
Kombinatorik				
Art				
☒ automatische Kombination der Einwirkungen ☐ manuelle Kombination der Einwirkungen				
Grenzzustand der Tragfähigkeit				
J/N ☒ Nachweise führen				
vertikale Tragfähigkeit für Wandquerschnitte < 0,1 m ²				
J/N ☒ Wandquerschnitt aus getrennten Steinen mit Lochanteil > 35%				
J/N ☒ Wandquerschnitt durch Schlitz / Aussparungen geschwächt				
Schubtragfähigkeit				
J/N ☐ Mauerwerk mit vermörtelten Stoßfugen				
Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit				
J/N ☒ Nachweise führen				
Zulässige Ausnutzungsüberschreitungen und -unterschreitungen				
J/N ☐ vorgeben				

Bild 5. Eingabe „Nachweise“

Knicklänge

Beim Knicksicherheitsnachweis von Druckstäben werden die Lagerungsbedingungen an den Stabenden über die Knicklänge h_{ef} erfasst. Bei der automatischen Ermittlung der Knicklängen wird der Positionstyp und die manuell vorgegebene Ersatzstablänge beachtet.

Neben der automatischen Berechnung der Knicklänge kann getrennt für jede Richtung die Knicklänge direkt vorgegeben werden.

Die Knicklänge der Stütze wird bei gewählter automatischer Ermittlung aus der Lagerung der Stütze nach den Regeln der DIN EN 1996-1, NCI zu 5.5.1.2 (NA.16) programmseitig ermittelt.

Mat./Querschnitt		nach DIN EN 1996-1-1/NA:2019-12	
Knickbeiwerte	Richtung	h_{ef} [m]	λ [-]
	um z	6.54	18.69
	um y	3.27	9.34

Bild 6. Ausgabe „Knickbeiwerte“

Ausmitten

Grundlage für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit ist die Ermittlung der Exzentrizitäten am Wandkopf, in Wandmitte und am Wandfuß. Neben den Exzentrizitäten infolge der Auflagerlasten wird die Ausmitte aus Imperfektionen und Kriechen programmseitig nach DIN EN 1996-1-1 [1], 6.1.2.1 ermittelt. Dabei wird die Gesamtausmitte nie kleiner als die Mindestausmitte von 0,05 t angenommen.

Ausmitte nach DIN EN 1996-1-1: 6.1.2.2 (1)

$$e_i = e_L + e_k + e_{init} \geq 0,05 t$$

mit

e_L Ausmitte infolge Vertikallasten

$$e_L = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

e_{init} ungewollte Ausmitte nach DIN EN 1996-1-1; Abs. 5.5.1.1

$$e_{init} = \frac{h_{ef}}{450}$$

e_k Kriechausmitte nach DIN EN 1996-1-1; Abs. 6.1.2.2

$$e_k = 0,002 \cdot \Phi_{\infty} \cdot \frac{h_{ef}}{t} \cdot \sqrt{t \cdot e_m}$$

Die einzelnen Anteile an der Gesamtexzentrizität werden übersichtlich und mit einer Legende versehen ausgegeben.

Nachweise (GZT)		nach DIN EN 1996-1-1 (12/10) mit genauerer Berechnungsmethode					
Ausmitte in y-Richtung	Ek	Stelle	e_{yL} [cm]	e_{yH} [cm]	e_{yinit} [cm]	e_{yk} [cm]	e_{yi} [cm]
	1	Kopf	6.3	0.0	0.0	0.0	6.3
	1	Mitte	2.3	0.0	1.5	0.4	4.2
	1	Fuß	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
		e_{yL} :	Ausmitte infolge Vertikallasten				
		e_{yH} :	Ausmitte infolge Horizontallasten				
		e_{yinit} :	ungewollte Ausmitte nach Abs. 5.5.1.1				
		e_{yk} :	Kriechausmitte nach Abs. 6.1.2.2				
Ausmitte in z-Richtung	Ek	Stelle	e_{zL} [cm]	e_{zH} [cm]	e_{zinit} [cm]	e_{zk} [cm]	e_{zi} [cm]
	1	Kopf	-8.3	0.0	0.0	0.0	-8.3
	1	Mitte	-3.1	0.0	0.0	0.0	-3.1
	1	Fuß	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
		e_{zL} :	Ausmitte infolge Vertikallasten				
		e_{zH} :	Ausmitte infolge Horizontallasten				
		e_{zinit} :	ungewollte Ausmitte nach Abs. 5.5.1.1				
		e_{zk} :	Kriechausmitte nach Abs. 6.1.2.2				

Bild 7. Ausgabe „Ausmitten“

Schubtragfähigkeit

Die Schubfestigkeit f_{vk} ist eine wichtige Einflussgröße zur Beurteilung der Querkrafttragfähigkeit von Mauerwerk, die vor allem für den Standsicherheitsnachweis von Aussteifungswänden und Kellerwänden von großer Bedeutung ist.

Die charakteristische Schubfestigkeit f_{vk} ergibt sich, je nachdem ob Reibungs- oder Steinzugversagen maßgebend wird, aus dem kleineren der beiden Werte für f_{vt} .

$$f_{vk} = \min \begin{cases} f_{vt,1} \\ f_{vt,2} \end{cases}$$

mit

$f_{vt,1}$ charakteristische Schubfestigkeit im Fall von Reibungsversagen
 $f_{vt,2}$ charakteristische Schubfestigkeit im Fall von Steinzugversagen

Reibungsversagen

bei vermörtelten Stoßfugen:

$$f_{vt,1} = f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_{Dd}$$

bei unvermörtelten Stoßfugen:

$$f_{vt,1} = 0,5 \cdot f_{vk0} + 0,4 \cdot \sigma_{Dd}$$

Steynzugversagen

unabhängig von der Ausführung der Stoßfugen:

$$f_{vt,2} = 0,45 \cdot f_{bt,cal} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_{Dd}}{f_{bt,cal}}}$$

f_{vk0} Haftscherfestigkeit
 $f_{bt,cal}$ charakteristische Steinzugfestigkeit nach Kapitel 2.5.2

mit

$f_{bt,cal} = 0,020 \cdot f_{st}$ für Hohlblocksteine
 $f_{bt,cal} = 0,026 \cdot f_{st}$ für Hochlochsteine und Steine mit Grifflöchern oder Griffaschen
 $f_{bt,cal} = 0,032 \cdot f_{st}$ für Vollsteine ohne Grifflöcher oder Griffaschen
 f_{st} umgerechnete mittlere Steindruckfestigkeit

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

Die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) werden mit resultierenden Schnittgrößen am Gesamtsystem geführt.

Vertikaler Tragwiderstand

Im Grenzzustand der Tragfähigkeiten ist nachzuweisen, dass:

$$N_{Ed} = N_{Rd} \quad (1)$$

mit

N_{Ed} Bemessungswert der vertikalen Belastung
 N_{Rd} Bemessungswert des vertikalen Tragwiderstands

$$N_{Rd} = \phi \cdot f_d \cdot A$$

mit

ϕ Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Schlankheit und der Lastausmitte
 f_d Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerks
 A Bruttoquerschnittsfläche der Stütze
 $A = b_y \cdot b_z$
 b_y Abmessung in y-Richtung
 b_z Abmessung in x-Richtung

Bei einer kombinierten Beanspruchung aus Biegung um die y-Achse und Biegung um die x-Achse ist der Nachweis der Doppelbiegung an der maßgebenden Stelle zu führen. Vereinfachend dürfen die Abminderungsfaktoren ϕ multiplikativ kombiniert werden.

$$N_{Rd} = \phi_y \cdot \phi_z \cdot f_d \cdot A \quad (2)$$

mit

ϕ_y Abminderungsfaktor in y-Richtung
 Stützenkopf und -fuß:

$$\phi_y = 1 - 2 \cdot \frac{e_y}{b_y}$$

Stützenmitte

$$\phi_y = 1,14 \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_y}{b_y}\right) - 0,024 \cdot \frac{h_{ef}}{b_y} \leq 1 - 2 \cdot \frac{e_y}{b_y}$$

ϕ_z Abminderungsfaktor in x-Richtung
 Stützenkopf und -fuß:

$$\phi_z = 1 - 2 \cdot \frac{e_z}{b_z}$$

Stützenmitte

$$\phi_z = 1,14 \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_z}{b_z}\right) - 0,024 \cdot \frac{h_{ef}}{b_z} \leq 1 - 2 \cdot \frac{e_z}{b_z}$$

Nachweise (GZT)		nach DIN EN 1996-1-1 (12/10) mit genauerer Berechnungsmethode						
Tragwiderstand		Nachweis des vertikalen Tragwiderstands						
Abs. 6.1.2		Ek	Stelle	Φ_y [-]	Φ_z [-]	N_{Ed} [kN]	N_{Rd} [kN]	η [-]
		1	Kopf	0.643	0.524	-16.20	-163.20	0.10
		1	Mitte	0.418	0.712	-21.61	-144.36	0.15
		1	Fuß	0.900	0.900	-27.02	-392.57	0.07

Bild 8. Ausgabe „Nachweis des vertikalen Tragwiderstands“

Querkrafttragfähigkeit

Die Querkrafttragfähigkeit wird nach Nationalem Anhang zu DIN EN 1996-1-1, NCI zu 6.2.(NA.6) für die Querkraft in Platten- und Scheibenrichtung ermittelt. Die Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit einer Mauerwerk-Stütze erfolgt in y-Richtung und x-Richtung nach DIN EN 1996-1-1, NCI zu 6.2.(NA.15).

Die Querkrafttragfähigkeit von Rechteckquerschnitten senkrecht zur Wandebene ist demnach nach folgender Formel nachzuweisen:

$$V_{Ed} \leq V_{Rdlt}$$

mit

V_{Ed} Bemessungswert der einwirkenden Querkraft
 V_{Rdlt} Bemessungswert der Querkrafttragfähigkeit

$$V_{Ed} = f_{vd} \cdot t_{cal} \cdot \frac{l}{c}$$

mit

f_{vd} Bemessungswert der Schubfestigkeit von Mauerwerk mit $f_{vd} = f_{vk} / \gamma_M$
 t_{cal} rechnerische Wanddicke
 l Länge der Wand
 c Schubspannungsverteilungsfaktor, hier $c = 1,5$

Nachweise (GZT)		nach DIN EN 1996-1-1 (12/10) mit genauerer Berechnungsmethode					
Beiwerter Plattenschub		Ek	Stelle	$b_{y,clin}$ [m]	$b_{z,clin}$ [m]	N_{Ed} [kN]	σ_{Dd} [N/mm ²]
		1	Kopf	0.34	0.28	-16.20	0.17
		1	Mitte	0.35	0.35	-21.61	0.18
		1	Fuß	0.35	0.35	-27.02	0.22

Plattenschub		Nachweis der Querkrafttragf. in y-Richtung							
NCI zu 6.2 (NA.24)		Ek	Stelle	$b_{y,cal}$ [m]	c [-]	f_{vk} [N/mm ²]	$V_{Ed,y}$ [kN]	V_{Rdlt} [kN]	η [-]
		1	Kopf	0.34	1.50	0.25	-0.31	10.37	0.03
		1	Mitte	0.35	1.50	0.25	-0.31	13.75	0.02
		1	Fuß	0.35	1.50	0.28	-0.31	15.19	0.02

Bild 9. Ausgabe „Nachweis der Querkrafttragf. in y-Richtung“

Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

Bauteile sind so zu bemessen, dass der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nicht überschritten wird.

Bei Mauerwerk-Stützen, bei Beanspruchung aus vertikalen Lasten mit und ohne horizontale Einwirkungen senkrecht zur Stütze, darf die planmäßige Ausmitte in der charakteristischen Bemessungssituation bezogen auf den Schwerpunkt des Gesamtquerschnitts rechnerisch nicht größer als $1/3$ der Wanddicke t sein.

Ausmitte in Plattenrichtung

Die Exzentrizitäten sind in der charakteristischen Kombination ohne ungewollte Ausmitte (e_{init}) und Kriechausmitte (e_k) zu ermitteln. Es gilt:

$$e_y \leq \frac{b_y}{3}$$

$$e_z \leq \frac{b_z}{3}$$

Nachweise (GZG)		nach DIN EN 1996-1-1/NA:2019-12, NCI zu 7.2					
Ausmitte NCI zu 7.2 (NA.7)		Nachweis der planmäßigen Ausmitte					
Ek	Stelle	$(e_y/b_y)^2$	$(e_z/b_z)^2$	$\Sigma(e/b)^2$	zul Σ	η	
3	Kopf	0.032	0.057	0.089	0.111	0.80	
3	Mitte	0.004	0.008	0.012	0.111	0.11	
3	Fuß	0.000	0.000	0.000	0.111	0.00	

Bild 10. Ausgabe „Nachweis der planmäßigen Ausmitte“

The screenshot displays the mbAEC software interface with several calculation modules for a masonry column (S405.de). The modules shown include:

- Nachweise (GZT):** Ausmitte in y-Richtung and Ausmitte in z-Richtung. It shows tables for eccentricity calculations at different points (Kopf, Mitte, Fuß) for both y and z directions.
- Mat./Querschnitt:** Details the material properties (KS-P 12-2-0/D16/350/D16) and cross-section parameters (Kalkantstein, Planstein KS-P, SFK 1.2, etc.).
- Pos. 53.3 Mauerwerk-Pfeiler DIN EN 1996-1-1:** A detailed section showing the system (Mauerwerk-Pfeiler), dimensions (M 1:100), and various load cases (Belastungen) including horizontal loads, vertical loads, and combinations.
- Abmessungen:** Provides geometric data for the masonry column.
- Belastungen:** Lists various load cases and their corresponding values.
- Kombinationen:** Shows the combination of different load cases according to DIN EN 1990.

Bild 11. Beispielausgaben S405.de

Ausgabe

Es wird eine vollständige, übersichtliche und prüffähige Ausgabe der Nachweise zur Verfügung gestellt. Der Anwender kann den Ausgabeumfang in der gewohnten Weise steuern.

Neben maßstabsgetreuen Skizzen der Stütze werden die Schnittkräfte, die Nachweise unter Angabe der Berechnungsgrundlage und der Einstellungen des Anwenders tabellarisch ausgegeben.

Dipl.-Ing. David Hübeler
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] DIN EN 1996-1-1:2013-02, Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk.
- [2] DIN EN 1996-1-1/NA: 2012-05, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk.
- [3] DIN EN 1996-2:2010-12, Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk.
- [4] DIN EN 1996-2:2012-01, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 2: Planung, Auswahl der Baustoffe und Ausführung von Mauerwerk.
- [5] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Der Eurocode 6 für Deutschland - DIN EN 1996: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten mit Nationalen Anhängen - Kommentierte Fassung Berlin: Beuth Verlag GmbH 2013.
- [6] Kretz, J.: Grundlagen zur Bemessung von Mauerwerksbauten nach Eurocode 6, mb-news Nr. 5/2013, September 2013.

Preise und Angebote

S405.de Mauerwerk-Stütze – EC 6, DIN EN 1996-1-1:2010-12
Weitere Informationen unter
<https://www.mbaec.de/modul/S405de>

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 2023

Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (21H1, 64-Bit), Windows 11 (64)

Preisliste: www.mbaec.de