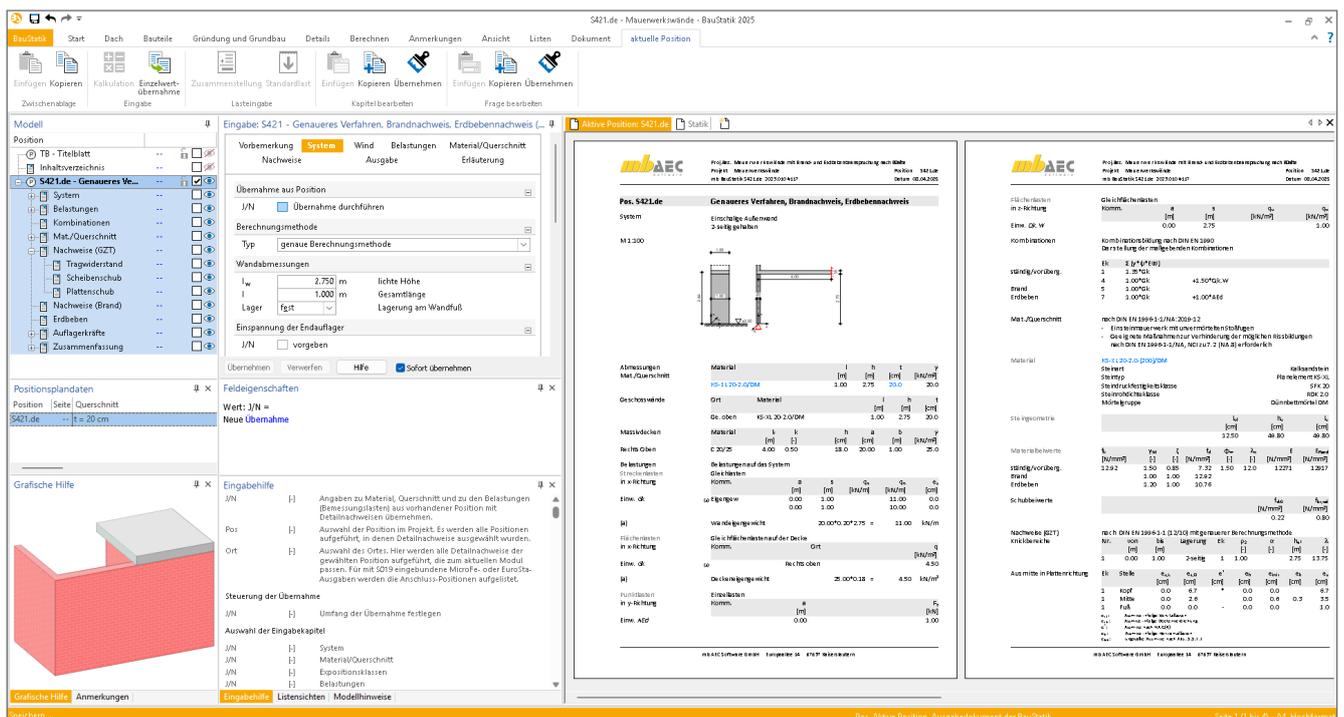


Dipl.-Ing. Yvonne Steige

Mauerwerkswände mit Brand- und Erdbebenbeanspruchung nach EC 6

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S421.de Mauerwerk-Wand, Erdbeben- und Heißbemessung

Das Modul S421.de ermöglicht den Nachweis von Mauerwerkswänden mit ein- oder beidseitig angrenzenden Decken in verschiedenen Bemessungssituationen, einschließlich der außergewöhnlichen Einwirkung wie Brand und Erdbeben. Für den Mauerwerksnachweis stehen sowohl das vereinfachte als auch das genauere Berechnungsverfahren nach EC 6 zur Verfügung. Zudem können die aus der Planung der technischen Gebäudeausrüstung benötigten Schlitzte ebenfalls rechnerisch berücksichtigt werden.



Allgemein

Die Berechnung von Mauerwerkswänden kann unter bestimmten Randbedingungen nach DIN EN 1996-3 [10] mit der vereinfachten Berechnungsmethode nachgewiesen werden. Für eine genauere Betrachtung steht auch die genaue Berechnungsmethode nach DIN EN 1996-1-1 [6] zur Verfügung. Im Kapitel „System“ kann zwischen den beiden Berechnungsmethoden ausgewählt werden (Bild 1).

Material/Querschnitt

Im Kapitel „Material/Querschnitt“ kann die Stein-Mörtel-Kombination nach Norm oder nach Zulassung ausgewählt werden. Für eine genormte Stein-Mörtel-Kombination erfolgt die Ermittlung der charakteristischen Druckfestigkeit automatisch. Es sind lediglich das Material, die Mauersteinform, der Mauerwerkstyp, die Steindruckfestigkeitsklasse und die Mörtelgruppe vorzugeben (Bild 2). Die Ermittlung erfolgt dann nach den im Grundlagenartikel [15] beschriebenen Verfahren.

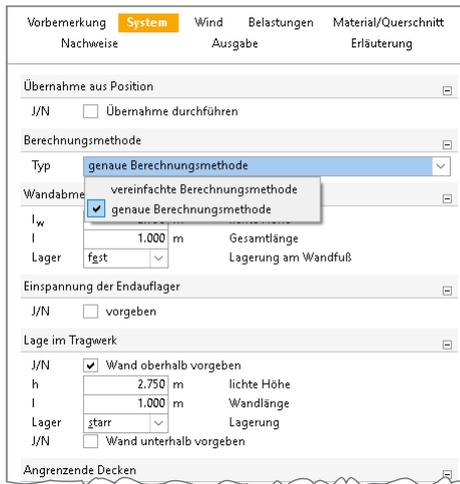


Bild 1. Eingabe „System“, Auswahl der Berechnungsmethode

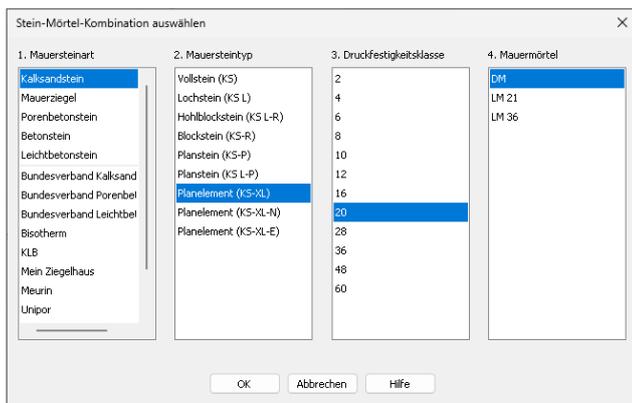


Bild 2. Eingabe „Material/Querschnitt“: Materialdefinition von Mauersteinen nach Norm und Zulassung

Vereinfachte Berechnungsmethode

Randbedingungen

Die vereinfachte Berechnungsmethode darf nur unter bestimmten Randbedingungen hinsichtlich Geometrie, Abmessungen, zulässigen Wandhöhen usw. angewendet werden. Diese werden programmseitig überprüft und im Fall einer Überschreitung durch eine Fehlermeldung abgefangen.

System

Im Kapitel „System“ werden die Abmessung der Wand und der angrenzenden Decken vorgegeben.

Neben der lichten Höhe werden auch die Spannweiten und die Bauteilbreiten abgefragt. Dadurch werden zum einen die Knicklängen, zum anderen die Lasten aus den Decken ermittelt. Damit können auch teilaufgelagerte Decken berücksichtigt werden. Durch eine Eingabe der Auflagertiefe wird diese auf die Mindestabmessungen hin überprüft und der Tragfähigkeitsnachweis entsprechend geführt.

Darüber hinaus können Gebäudeangaben für die Überprüfung der Randbedingungen eingeben werden.

Wände im obersten Geschoss müssen aufgrund der fehlenden Auflast gesondert betrachtet werden. Dies kann unter der Frage „Lage im Tragwerk“ definiert werden.

Belastungen

Im Kapitel „Belastungen“ kann das Eigengewicht der Wand, des Putzes und der Decken berücksichtigt werden.

Zusätzlich stehen als Lastarten im vereinfachten Verfahren die nachfolgenden Belastungen zur Verfügung:

- Belastung am Kopf [kN/m]
- Punktlast am Kopf [kN]
- Blocklasten am Kopf [kN/m]
- Trapezlasten am Kopf [kN/m]
- Deckenbelastungen (Flächenlast [kN/m²], Streifenlast [kN/m])

Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

Im Grenzzustand der Tragfähigkeiten wird der Nachweis der vertikalen Tragfähigkeit nach Gl. (1) nachgewiesen.

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} \tag{1}$$

mit

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

Der Bemessungswert N_{Rd} ermittelt sich nach Gl. (2).

$$N_{Rd} = \Phi_s \cdot A \cdot f_d \tag{2}$$

mit

Φ_s Abminderungsbeiwert zur Berücksichtigung der Schlankheit und der Lastausmitte
 f_d Bemessungswert der Druckfestigkeit des Mauerwerks
 A belastete Bruttoquerschnittsfläche der Wand

Der Abminderungsbeiwert an Wandkopf und -fuß ist mit Gl. (3) und (4) festgelegt.

$$\Phi_1 = 1,6 - \frac{l_f}{6} \cdot \frac{a}{t} \leq 0,9 \cdot \frac{a}{t} \quad \text{für } f_k \geq 1,8 \text{ N/mm}^2 \tag{3}$$

$$\Phi_1 = 1,6 - \frac{l_f}{5} \cdot \frac{a}{t} \leq 0,9 \cdot \frac{a}{t} \quad \text{für } f_k < 1,8 \text{ N/mm}^2 \tag{4}$$

mit

f_k char. Wert der Druckfestigkeit des Mauerwerks
 l_f Deckenspannweite in m
 a Deckenaufлагertiefe bei Teilauflagerung
 t Wanddicke

Aufgrund einer geringen Auflast gilt für Decken über dem obersten Geschoss, insbesondere Dachdecken, Gl. (5).

$$\Phi_1 = 0,333 \cdot \frac{a}{t} \tag{5}$$

Wenn konstruktive Maßnahmen (z.B. Zentrierleisten) zur Vermeidung der Traglastminderung infolge Deckendrehung getroffen werden, kann der Abminderungsbeiwert nach Gl. (6) ermittelt werden. Dies kann im Kapitel „Nachweise“ unter der Frage „Maßnahmen gegen Rissbildung“ vorgegeben werden.

$$\Phi_1 = 0,9 \cdot \frac{a}{t} \tag{6}$$

Für die Wandmitte gilt für den Abminderungsbeiwert die Gl. (7).

$$\phi_2 = 0,85 \cdot \left(\frac{a}{t}\right) - 0,0011 \left(\frac{h_{ef}}{t}\right)^2 \quad (7)$$

mit
 h_{ef} Knicklänge der Wand

Die Knicklängen der Wand werden programmseitig abhängig von den eingegebenen Querwänden im Kapitel „System“ automatisch ermittelt und der Nachweis an der maßgebenden Stelle geführt.

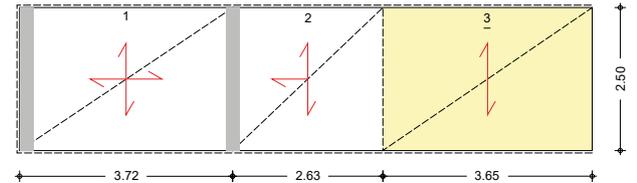


Bild 3. Ausgabe, Knicklängenbereiche mit maßgebenden Bereich (gelb)

Mat./Querschnitt	nach DIN EN 1996-1-1/NA:2019-12	
	- Einsteinauwerk	
	- Konstruktive Maßnahmen (z.B. Zentrierleisten) zur Begrenzung der Deckenverdrehung erforderlich	
Material	HLW 10-2.0-(240)/M5	Mauerziegel
	Steinart	Hochlochziegel HL2W
	Steintyp	SFK 10
	Steindruckfestigkeitsklasse	RDK 2.0
	Steinrohdeichtheitsklasse	Normalmauermörtel M5
	Mörtelgruppe	E
Materialbeiwerte	f_k	γ_m
	[N/mm ²]	[-]
	3,58	1,50
	ζ	f_d
	[-]	[N/mm ²]
	0,85	2,03
		E
		[N/mm ²]
		3941

Bild 4. Ausgabe, Material und Querschnitt

Nachweise (GZT)	nach DIN EN 1996-3 mit vereinfachter Berechnungsmethode	
Anwendungsbedingungen	für vereinfachte Berechnungsmethode	
	- mittlere Gebäudehöhe über Gelände ≤ 20 m	
	- Stützweite der aufliegenden Decken ≤ 6,0 m bzw. konstruktive Maßnahmen zur Begrenzung der Deckendrehwinkel	
	- Auflagertiefe der Decke > Mindestauflagertiefe	
	- char. Nutzlast der Decke ≤ 5,0 kN/m ²	
	- lichte Wandhöhe ≤ zulässige lichte Wandhöhe von 2,88 m	
	- Nachweis der Mindestauflast der durch Wind beanspruchten Außenwand erfüllt	
NCI zu 4.2.1.2 (NA.4)	Ek	N_{Ed}
	w_k	q_{Ed}
	[kN/m ²]	[kN/m ²]
	1,26	1,89
	b	a
	[m]	[cm]
	1,00	24,00
	N_{Ed}	N_{Ed,eff}
	[kN]	[kN]
	25,00	9,56
Knickbereiche	Nr.	von
		bis
	[m]	[m]
	Lagerung	Ek
		ρ_2
		α
		h_{ef}
		λ
	1	0,00
	1	1,00
	1	2-seitig
	1	0,90
	1	2,25
	1	9,38
Tragwiderstand	Nachweis des vertikalen Tragwiderstands	
Abs. 4.2.2	Ek	Stelle
	Φ_1	Φ_2
	[-]	[-]
	N_{Ed}	N_{Rd}
	[kN]	[kN]
	η	
	[-]	
	1	Kopf
	1	Mitte
	1	Fuß
	0,900	0,753
	0,900	0,900
	25,65	33,75
	438,58	367,10
	0,06	0,09
	41,85	438,58
	0,10	

Bild 5. Ausgabe, Nachweise (GZT) – Tragwiderstand

Teilflächenlast	Nachweis des vert. Tragwiderst. unter Einzellasten	
Abs. 6.1.3(1)	Ek	N_{Ed}
	a_s	β
	[m]	[-]
	1	1,00
	A_s	N_{Ed}
	[m ²]	[kN]
	0,020	36,59
	N_{Rd}	η
	[kN]	[-]
	219,58	0,17
Abs. 6.1.3(5)	Ek	N_{Ed}
	$0,5 \cdot h_c$	Φ_2
	[m]	[-]
	1	0,88
	l_{ef}	N_{Ed}
	[m]	[kN]
	1,21	199,19
	N_{Rd}	η
	[kN]	[-]
	2228,40	0,09

Bild 6. Ausgabe, Nachweise (GZT) – Teilflächenlast

Für eingegebene Einzellasten durch eine Punktlast am Wandkopf wird zusätzlich der Nachweis für die Teilflächenlast nach DIN EN 1996-1-1 geführt (Bild 6). Die Erläuterung der Berechnung erfolgt im Anschluss unter dem Kapitel „Genauere Berechnungsmethode“.

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

Aufgrund der konstruktiven Randbedingungen für das vereinfachte Verfahren sind keine Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu führen.

Genauere Berechnungsmethode

Allgemein

Die genauere Berechnungsmethode findet Verwendung, wenn die Randbedingungen für das vereinfachte Verfahren nicht eingehalten werden können oder eine wirtschaftlichere Lösung gesucht wird. Im Unterschied zum vereinfachten Verfahren werden die Abminderungsfaktoren differenzierter ermittelt. Zusätzlich ist der Nachweis der Querkrafttragfähigkeit in Platten- und Scheibenrichtung zu führen.

Systeme und Schnittgrößenermittlung

Abhängig von der jeweiligen Lastkomponente werden die Querschnittsbelastungen an unterschiedlichen statischen Systemen ermittelt.

Momente aus Deckendrehwinkel

Durch DIN EN 1996-1-1 [6], NCI Anhang NA.C können die Momente am Wand-Decken-Knoten oder an einem geeigneten Rahmensystem berechnet werden. Mit dem Faktor nach Gl. (8) können die Momente abgemindert werden.

$$\eta = 1 - \frac{k_m}{4} \quad (8)$$

Dabei kann das Verhältnis der Deckensteifigkeit zur Wandsteifigkeit k_m nach Gl. (9) berechnet werden.

$$k_m = \frac{n_3 \cdot \frac{E_3 I_3}{l_3} + n_4 \cdot \frac{E_4 I_4}{l_4}}{n_1 \cdot \frac{E_1 I_1}{h_1} + n_2 \cdot \frac{E_2 I_2}{h_2}} \leq 2 \quad (9)$$

mit

- n_i Steifigkeitsfaktor des anschließenden Stabes. Der Faktor ist 4 für beidseitig eingespannte Stäbe und 3 in allen anderen Fällen
- $E_{1,2} I_{1,2}$ Steifigkeit der anschließenden Wandstäbe
- $E_{3,4} I_{3,4}$ Steifigkeit der anschließenden Deckenstäbe
- h_i lichte Höhe der Wandstäbe
- l_i Spannweite der Decken

Für die Ermittlung der Momente aus Deckendrehwinkel an einem Rahmensystem müssen alle an die betrachtete Wand anschließenden Stäbe wie angrenzende Wände und Decken ober- und unterhalb vorgegeben werden. Die Eingaben können im Kapitel „System“ vorgegeben werden (Bild 9).

Tabelle aus Deckenverdrehung	Schnittgrößen (maßgebende)	
	Stelle	M_{Ed,y}
		[kNm]
	Komb. 1	k_m
	Kopf	0,10
	Mitte	0,98
	Fuß	0,97
		η
		[-]
		M_{Ed,y,red}
		[kNm]
	Kopf	-14,87
	Mitte	0,38
	Fuß	15,63

Bild 7. Ausgabe, Tabelle für Momente aus Deckenverdrehung

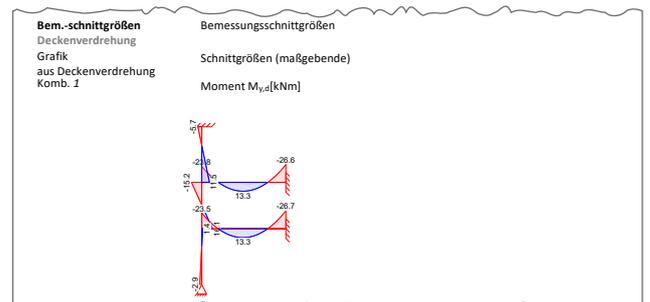


Bild 8. Grafische Ausgabe, Momente aus Deckenverdrehung

Bild 9. Eingabe „System“, genaue Berechnungsmethode

Momente aus Lasten in Plattenrichtung

Für Beanspruchungen in Plattenrichtungen (z.B. Wind senkrecht auf die Wand) wird als statisches System ein Einfeldträger herangezogen. Dabei können die Endenspannungen manuell unter der Frage „Einspannung der Endauflager“ im Kapitel „System“ durch eine prozentuale Eingabe vorgegeben werden (Bild 9). Somit sind alle Zustände zwischen Volleinspannung und gelenkiger Lagerung modellierbar.

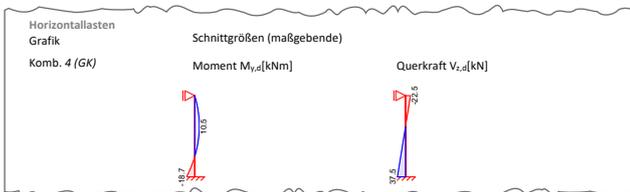


Bild 10. Ausgabe, Bemessungsschnittgrößen aus horizontaler Plattenbelastung

Momente aus Scheibenbelastung

Bei einer Scheibenbelastung wird die Wand als am Fußpunkt eingespannter Kragträger betrachtet.

Exzentrizitäten

Für die Berechnung mittels des genauen Verfahrens spielt die Ermittlung der Exzentrizitäten für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) und im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG) am Wandkopf, in Wandmitte und am Wandfuß eine zentrale Rolle.

Ausmitte in Scheibenrichtung		Ek	Stelle	e_y [cm]
		1	Kopf	0.2
		4	Mitte	0.8
		1	Fuß	-2.7

Ausmitte in Plattenrichtung		Ek	Stelle	$e_{2,L}$ [cm]	$e_{2,D}$ [cm]	e^* [cm]	e_{2h} [cm]	e_{2mit} [cm]	e_{2c} [cm]	e_2 [cm]
		1	Kopf	0.0	7.7	-	0.0	0.0	0.0	7.7
		4	Mitte	0.0	-0.1	-	-5.0	-0.5	0.0	-5.7
		1	Fuß	0.0	-4.0	-	0.0	0.0	0.0	-4.0

$e_{2,L}$: Ausmitte infolge Vertikallasten
 $e_{2,D}$: Ausmitte infolge Deckenverdrehung
 e^* : Ausmitte nach NA.6(4)
 e_{2h} : Ausmitte infolge Horizontallasten
 e_{2mit} : ungewollte Ausmitte nach Abs. 5.5.1.1
 e_{2c} : Kriechausmitte nach Abs. 6.1.2.2
 e_2 : Ausmitte nach NA.6(4) nicht angesetzt, da Ausmitte infolge Deckenverdrehung $\leq 1/3$

Bild 11. Ausgabe, Exzentrizitäten für Scheiben- und Plattenrichtung

In der Ausgabe können durch die Ausgabesteuerung die einzelnen Anteile der Gesamtexzentrizität mit ausgegeben werden (Bild 11). In der letzten Spalte wird die Summe aller Anteile dokumentiert.

Zusätzlich werden programmseitig die Anteile aus Imperfektionen und Kriechen automatisch nach DIN EN 1996-1-1 [6], 6.1.2.2 ermittelt. Dabei wird die Mindestausmitte von $0,05 \cdot t$ nicht unterschritten.

Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)

Die Nachweise werden mit den resultierenden Schnittgrößen am Gesamtsystem geführt:

- Nachweis des vertikalen Tragwiderstands
- Nachweis der Querkrafttragfähigkeit für Scheiben- und Plattenschub
- Nachweis des vertikalen Tragwiderstands unter Einzellasten

Nachweis des vertikalen Tragwiderstand

Der Nachweis ist analog zum vereinfachten Verfahren nach Gl. (1) zu führen. Abweichend hierzu wird der Tragwiderstand mit zwei Abminderungsfaktoren für Scheiben- und Plattenrichtung berücksichtigt, siehe Gl. (10). Die Abminderungsfaktoren werden nach Gl. (11) bis (13) ermittelt.

$$N_{Rd} = \phi_y \cdot \phi_z \cdot f_d \cdot A \tag{10}$$

Am Wandkopf und -fuß

$$\phi_y = 1 - 2 \cdot \frac{e_y}{l} \text{ (Scheibenrichtung)} \tag{11}$$

$$\phi_z = 1 - 2 \cdot \frac{e_z}{t} \text{ (Plattenrichtung)} \tag{12}$$

In Wandmitte

$$\phi_z = 1,14 \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_z}{t}\right) - 0,024 \cdot \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \leq 1 - 2 \cdot \frac{e_z}{t} \tag{13}$$

mit

- e_y Ausmitte in Scheibenrichtung
- e_z Ausmitte in Plattenrichtung
- l Wandlänge
- t Wanddicke
- h_{ef} Knicklänge der Wand

Nachweis der Querkrafttragfähigkeit für Scheiben- und Plattenschub

Die Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit erfolgt nach nationalem Anhang zu DIN EN 1996-1-1 [7], NCI zu 6.2.(NA.6) für die Querkraft in Platten- und Scheibenrichtung. Die Schubfestigkeiten sind nach nationalem Anhang zu DIN EN 1996-1-1 [7], NDP zu 3.6.2 zu bestimmen.

Scheibenschub NCI zu 6.2 (NA.19)		Nachweis der Querkrafttragf. in Scheibenrichtung						
Ek	Stelle	l_{ed} [m]	c [-]	f_{vk} [N/mm ²]	$V_{ed,y}$ [kN]	V_{Rdt} [kN]	η [-]	
2	Kopf	10.00	1.00	0.09	13.50	138.27	0.10	
2	Mitte	10.00	1.00	0.09	13.50	148.04	0.09	
2	Fuß	10.00	1.00	0.10	13.50	157.21	0.09	

NCI zu 6.2 (NA.21)		Nachweis Querkrafttragf. inf. Schubdruckversagens						
Ek	Stelle	l_c [m]	c [-]	N_{ed} [kN]	V_{ed} [kN]	V_{Rdt} [kN]	η [-]	
1	Fuß	9.79	1.00	331.17	13.50	1057.0	0.01	

NCI zu 6.2 (NA.23)		Nachweis Querkrafttragf. inf. Fugenversagens						
Ek	Stelle	N_{ed} [kN]	V_{ed} [kN]	V_{Rdt} [kN]	η [-]			
1	Mitte	331.17	13.50	26.77	0.50			

Plattenschub NCI zu 6.2 (NA.24)		Nachweis der Querkrafttragf. in Plattenrichtung						
Ek	Stelle	t_{ed} [m]	c [-]	f_{vk} [N/mm ²]	$V_{ed,z}$ [kN]	V_{Rdt} [kN]	η [-]	
4	Kopf	0.15	1.50	0.20	-22.50	130.86	0.17	
4	Mitte	0.19	1.50	0.20	7.50	174.06	0.04	
4	Fuß	0.24	1.50	0.21	37.50	221.86	0.17	

Bild 12. Ausgabe, Scheiben- und Plattenschub

Nachweis des vertikalen Tragwiderstand unter Einzellasten
 Für Einzellasten darf unter bestimmten Umständen der Bemessungswert der Druckfestigkeit mit einem Lasterhöhungsfaktor β für den Lasteinleitungsbereich erhöht werden.

$$N_{Rdc} = \beta \cdot A_b \cdot f_d \quad (14)$$

mit
 A_b belastete Fläche

Die Ermittlung des Lasterhöhungsfaktors hängt von der Steinform, dem Randabstand, der Höhe des Lastangriffs und von der Lastausbreitungslänge ab (Bild 13).

Zusätzlich im Abstand von $h_c/2$ unterhalb der Lasteinleitungsfläche ist ein Knicknachweis zu führen. Die Lastausbreitung darf dabei mit 60° angenommen werden. Überschneidungen der Lastenausbreitungsflächen zweier benachbarter Einzellasten ist in der Berechnung zu berücksichtigen.

Vollsteine		Lochsteine
$a_1 > 3 \cdot l_1$	$a_1 \leq 3 \cdot l_1$	
$\beta = \left(1 + 0,3 \cdot \frac{a_1}{h_c}\right) \cdot \left(1,5 - 1,1 \cdot \frac{A_b}{A_{ef}}\right)$	$\beta = 1 + 0,1 \cdot \frac{a_1}{l_1} \leq 1,5$	
$1,0 \leq \beta \leq \begin{cases} 1,25 + \frac{a_1}{2 \cdot h_c} \\ 1,5 \end{cases}$		
falls: $\frac{A_b}{A_{ef}} \leq 0,45$ und $e \leq \frac{t}{4}$	falls: $A_b \leq 2 \cdot t^2$ und $e \leq \frac{t}{6}$	

Bild 13. Ermittlung Lasterhöhungsfaktor β

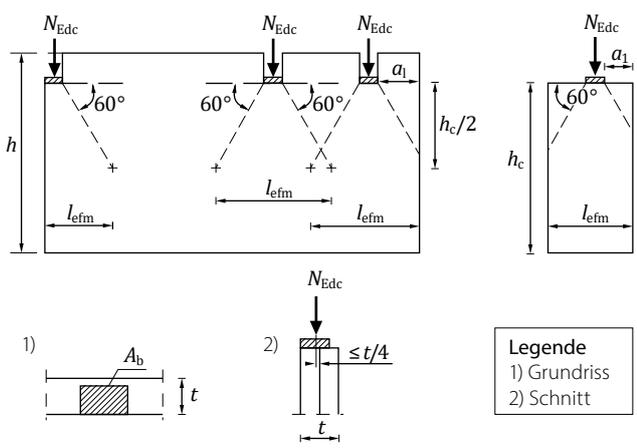


Bild 14. Maße und Bezeichnungen im Bereich von Teilflächenbelastungen

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)

Ausmitte in Plattenrichtung

Für die Exzentrizitäten aus der charakteristischen Kombination ohne ungewollte Ausmitte (i_{init}) und Kriechausmitte (e_k) gilt die Bedingung aus Gl. (15).

$$e \leq \frac{t}{3} \quad (15)$$

Ausmitte in Scheibenrichtung

Die Exzentrizitäten in Scheibenrichtung werden aus der häufigen Kombination gebildet und sind nur für Wandabmessungen nach Gl. (16) zu begrenzen.

$$\text{Für } \frac{l}{h} < 0,5 \text{ gilt } e_y \leq \frac{l}{3} \quad (16)$$

Nachweis der Randdehnungen

Wenn bei der Ermittlung der char. Schubfestigkeit in Scheibenrichtung die Haftscherfestigkeit berücksichtigt wird und die Bedingung nach Gl. (17) gilt, ist der Nachweis der Randdehnungen in der char. Bemessungssituation nach Gl. (18) zu führen.

$$e_y > \frac{l}{6} \quad (17)$$

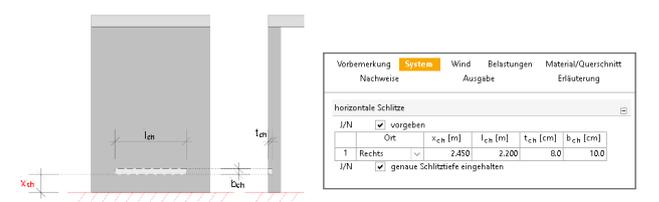
$$\epsilon_R = \frac{\sigma_D}{E} \cdot \frac{l_{c,lin}}{1 - l_{c,lin}} \leq 10^{-4} \quad (18)$$

mit
 $E = 1000 \cdot f_k$
 $\sigma_D = \frac{2 \cdot N_{Ed}}{l_{c,lin} \cdot t}$

Horizontale Schlitz

Allgemein

Im Kapitel „System“ können einseitige und beidseitige Schlitzte vorgegeben werden. Dabei können die geometrische Lage und die Schlitzabmessung (Bild 15) eingegeben werden.



Grafische Hilfe

Eingabe „System“

Bild 15. Eingabebezeichnung horizontaler Schlitzte

Maximale Schlitztiefe

Wenn die nach DIN EN 1996-1-1/NA Tabelle NA.21 maximale Schlitztiefe eingehalten ist, ist ein rechnerischer Nachweis nicht erforderlich. Die Überprüfung wird, wie in Bild 16 dargestellt, in der Ausgabe dokumentiert.

Für eine unbeschränkte Wandlänge kann die max. Schlitztiefe um 10 mm erhöht werden, wenn die Schlitztiefe durch spezielle Werkzeuge eingehalten wird. Dies kann durch die Frage „genaue Schlitztiefe eingehalten“ im Kapitel „System“ berücksichtigt werden.

rechner. Nachweis NDP zu 8.6.3(1)	Nr.	Installationszone	t _{ch} [cm]	t _{ch,h} [cm]	rechner. Nachweis
	1	OK	2,0	≤ 3,0*	nicht erforderlich

*: Verwendung von Werkzeugen, mit denen die Tiefe genau eingehalten werden kann

Bild 16. Ausgabe, Überprüfung der maximalen Schlitztiefe

Rechnerischer Nachweis für horizontale Schlitzte

Der rechnerische Nachweis ist nur mit der genauen Berechnungsmethode möglich. In diesem Fall werden die Schnittgrößen in Höhe des Schlitzes ermittelt und der Nachweis für Druck und Schub wird mit einem geschwächten Querschnitt, sowie mit den Ausmitten für den Schlitz geführt (Bild 17).

Tragwiderstand Abs. 6.1.2		Nachweis des vertikalen Tragwiderstands				
Ek	Stelle	Φ _y [-]	Φ _z [-]	N _{Ed} [kN]	N _{Rd} [kN]	η [-]
1	Kopf	0.999	0.900	567.00	6305.79	0.09
1	Mitte	0.992	0.894	567.00	6214.08	0.09
1	Fuß	0.984	0.900	567.00	6209.22	0.09
1	Schlitz 1	0.998	0.796	567.00	3730.23	0.15

Bild 17. Ausgabe, zusätzlicher Nachweise des vertikalen Tragwiderstands für Schlitzte

Nachweis im Brandfall

Allgemein

Die Bemessung im Brandfall erfolgt durch eine Einstufung mittels Mindestbauteildicken und Mindestbauteillängen abhängig von der Ausnutzung in eine Feuerwiderstandsklasse. Diese sind in DIN EN 1996-1-2 [8] in Verbindung mit dem dazu gehörigen Nationalen Anhang DIN EN 1996-1-2/NA:2013-06 [9] oder in den herstellerspezifischen Zulassungen geregelt.

Brandkombination

Der Bemessungswert der Normalkraft im Brandfall ist in der außergewöhnlichen Kombination nach Gl. (19) zu ermitteln. Für eine Leiteinwirkung Wind gilt nach DIN EN 1991-1-2/NA [5], NDP zu 4.3.1(2) als Kombinationsbeiwert gesondert $\gamma_{1,1}$ anstatt $\gamma_{2,1}$.

$$E_{d,fi} = E\{\sum_{j \geq 1} \gamma_{GA,j} \cdot G_{k,j} \oplus \gamma_{PA} \cdot P_k \oplus \psi_{leit} \cdot Q_{k,1} \oplus \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}\} \quad (19)$$

mit

- ψ_{leit} Kombinationsbeiwert für die Leiteinwirkung
- $\psi_{leit} = \psi_{1,1}$ Wind
- $\psi_{leit} = \psi_{2,1}$ sonstige veränderliche Einwirkungen

Ausnutzungsfaktor im Brandfall

Der Ausnutzungsfaktor wird nach Gl. (20) oder (21) berechnet in Abhängigkeit der Wandschlantheit.

$$\alpha_{6,fi} = \omega \cdot \frac{N_{Ed,fi}}{l \cdot t \cdot \frac{f_k}{k_0} \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_{mk,fi}}{t}\right)} \quad \text{für } \frac{h_{ef}}{t} < 10 \quad (20)$$

$$\alpha_{6,fi} = \omega \cdot \frac{15}{25 - \frac{h_{ef}}{t}} \cdot \frac{N_{Ed,fi}}{l \cdot t \cdot \frac{f_k}{k_0} \cdot \left(1 - 2 \cdot \frac{e_{mk,fi}}{t}\right)} \quad \text{für } 10 \leq \frac{h_{ef}}{t} \leq 25 \quad (21)$$

mit

- ω Anpassungsfaktor an Steinart nach Tab. NA.1
- $N_{Ed,fi}$ Bemessungswert der Normalkraft im Brandfall
- $e_{mk,fi}$ planmäßige Ausmitte von $N_{Ed,fi}$ in halber Geschosshöhe unter Berücksichtigung des Kriecheinflusses
- k_0 Faktor zur Berücksichtigung von Wandabschnitten kleiner als 0,1 m² mit $k_0 = 1,25$; sonst gilt $k_0 = 1,0$

Nachweis im Brandfall

Im Katalog „Nachweise“ kann der Brandnachweis aktiviert werden und eine projektbezogene oder bauteilbezogene Feuerwiderstandsklasse vorgegeben werden, sowie die Angabe zum Putz und ob der alternative Nachweis nach DIN EN 1996-1-2 geführt werden soll (Bild 18).

Vorbemerkung	System	Wind	Belastungen	Material/Querschnitt
Nachweise			Ausgabe	Erläuterung
Brandfall				
J/N	<input checked="" type="checkbox"/>	Nachweis führen		
Art	<input type="radio"/>	projektbezogen		
	<input checked="" type="radio"/>	bauteilbezogen		
Klasse	REI30	...		
J/N	<input checked="" type="checkbox"/>	Wand mit beidseitigem Putz		
J/N	<input type="checkbox"/>	alternativer Nachweis		
Zulässige Ausnutzungsüberschreitungen und -unterschreitungen				
J/N	<input type="checkbox"/>	vorgeben		

Bild 18. Eingabe „Nachweise“, Frage zum Brandnachweis

Für genormte Steinarten sind im Nationalen Anhang [9] Tabellen NA.B.1.2 bis NA.B.4.5 aufgeführt, mit denen die Einstufung in eine Feuerwiderstandsklasse erfolgt. Dabei wird für tragende Wände zwischen den Typen raumabschließende Wände, nichtraumabschließende Wände, nichtraumabschließende Pfeiler (Länge < 1 m) und raumabschließende Brandwände unterschieden.

Innerhalb des Moduls erfolgt die Zuordnung zu den Tabellen automatisch. Die entsprechende Mindestwanddicke wird mit der vorhandenen Wanddicke überprüft. In der Ausgabe (Bild 19) werden die maßgebenden Parameter zur Einordnung übersichtlich, kompakt und nachvollziehbar dokumentiert.

Nachweise (Brand)		nach DIN EN 1996-1-2/NA:2013-06, Zu Anhang B	
		- Anforderung Feuerwiderstandsklasse: REI30	
		- Nachweis der Feuerwiderstandsdauer $t_{req} = 30$ min	
		- tragende, raumabschließende Wand	
		- Wand mit beidseitigem Putz nach DIN EN 1996-1-2, 4.2(1)	
Tabelle NA.B.2.2	Anpassungsfaktor an Steinart	$\omega =$	3,00
	Normalkraft im Brandfall	$N_{Ed,fi} =$	420,00 kN
	Ausmitte in Wandmitte Brandfall	$e_{mk,fi} =$	0,00 cm
	Ausnutzungsfaktor Brandfall	$\alpha_{6,fi} =$	0,29
	Mindestwanddicke	$t_r =$	115 mm
	Wanddicke	$t =$	200 mm

Bild 19. Ausgabe, Nachweis (Brand)

Nachweis für Erdbeben

Allgemein

Die Bemessung für Erdbeben kann wahlweise nach DIN EN 1998-1 [12] oder nach DIN 4149 [2] erfolgen. Eine Erläuterung zu den zwei unterschiedlichen Erdbebenbetrachtungen ist im mb-news Artikel [1] gegeben. Aussteifungswände dürfen nur mit dem genauen Verfahren berechnet werden. Für einen erfolgreichen Erdbebennachweis müssen somit eingabeseitig die nachfolgenden Voraussetzungen erfüllt sein:

- Positionstyp: genaue Berechnungsmethode
- Definition einer Einwirkung vom Typ „Erdbeben“
- Eingabe von Lasten in der Einwirkung „Erdbeben“
- Aktivierung der Erdbebennachweise im Kapitel „Nachweise“

Erdbebenkombination

Nach DIN EN 1990 ist für die Bemessungssituation für Erdbeben die Kombinationsvorschrift nach Gl. (22) einzuhalten.

$$E_{d,AE} = E\{\sum_{j \geq 1} G_{k,j} \oplus P_k \oplus \gamma_1 \cdot A_{Ed} \oplus \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}\} \quad (22)$$

mit

- A_{Ed} Bemessungswert einer Einwirkung aus Erdbeben

Nachweisführung

Für den Erdbebennachweis sind in der Erdbebenkombination alle Nachweise, wie im Kapitel „genaue Berechnungsmethode“ beschrieben, zu führen. Dabei werden nach DIN 4149, Tab 16 [2] bzw. DIN EN 1998-1/NA [13], Tabelle NA.9 die Festigkeitswerte mit einem reduzierten Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_m = 1,2$ bestimmt.

Für den Erdbebennachweis steht die Anforderung hinsichtlich der Wandgeometrie in Abhängigkeit von der Erdbebenzone für DIN 4149, Tab. 14 bzw. der Bodenbeschleunigung für DIN EN 1998-1/NA, Tab. NA.8 zur Verfügung.

Für die Überprüfung der Anforderungen können in der Eingabe die relevanten Parameter vorgegeben werden, siehe exemplarisch Bild 20 für das Verfahren nach DIN EN 1998-1.

Bild 20. Eingabe „Nachweise“, Erdbeben mit DIN EN 1998-1

In der Kombinationsbildung werden die Erdbebenkombinationen zusätzlich mit ausgegeben (Bild 21) und in den Trag sicherheitsnachweisen integriert, wie in Bild 22 exemplarisch für den Scheibenschub dargestellt ist.

Kombinationen		Kombinationsbildung nach DIN EN 1990 Darstellung der maßgebenden Kombinationen	
	Ek	$\gamma \cdot \psi \cdot E \cdot W$	
ständig/vorüberg.	1	1.35*Gk	
	2	1.35*Gk	+1.50*Qk.N
	8	1.00*Gk	+1.50*Qk.W
Brand	12	1.00*Gk	+0.30*Qk.N
Erdbeben	15	1.00*Gk	+1.00*AEd
	16	1.00*Gk	+0.30*Qk.N +1.00*AEd

Bild 21. Ausgabe „Kombinationen“, ständig/vorüberg., Brand und Erdbeben Kombinationen

Scheibenschub NCI zu 6.2 (NA.19)		Nachweis der Querkrafttragf. in Scheibenrichtung					
Ek	Stelle	l _{eff} [m]	c [-]	f _{yk} [N/mm ²]	V _{Edy} [kN]	V _{ultk} [kN]	η [-]
8	Kopf	4.20	1.00	0.46	5.00	147.42	0.03
8	Mitte	4.20	1.00	0.46	5.00	147.42	0.03
8	Fuß	4.20	1.00	0.46	5.00	147.42	0.03
15	Kopf	4.20	1.00	0.46	8.00	147.42	0.05
15	Mitte	4.20	1.00	0.46	8.00	147.42	0.05
15	Fuß	4.20	1.00	0.46	8.00	147.42	0.05

Bild 22. Ausgabe „Nachweise“, Scheibenschub mit maßgebender Erdbebenkombination 15

Zusätzlich erfolgt im Ausgabekapitel „Erdbeben“ die Dokumentation des Ergebnisses der Überprüfung der Mindestanforderungen entsprechend der gewählten Norm (Bild 23).

Erdbeben		Nachweis nach DIN 4149:2005-04 Erdbebenzone 1	
Abs. 11.3, Tabelle 14	Mindestanforderungen an aussteifende Wände (Schubwände)		
	zulässige Schlankheit	zul λ =	27.00
	Schlankheit	λ =	17.61
	Mindestwanddicke	min t =	115 mm
	Wanddicke	t =	115 mm
	Mindestlänge	min l =	740 mm
	vorhandene Länge	l =	4200 mm

Bild 23. Ausgabe „Erdbeben“, Überprüfung der Mindestanforderungen nach DIN 4149

StrukturEditor

Allgemein

Der StrukturEditor spielt eine zentrale Rolle für die modellorientierte Tragwerksplanung. Dort kann das komplette Bauwerk mit den einwirkenden vertikalen und horizontalen Lasten zentral als Systemlinienmodell eingegeben oder aus einem Architekturmodell abgeleitet werden.

Ulrike Kuhlmann (Hrsg.)

Stahlbau-Kalender 2025

Schwerpunkte: Neue Normen; Leichtmetallbau; Digitales Planen und Bauen

- aktueller Stand der Stahlbau-Regelwerke
- zukunftsorientiert: KI und 3D-Druck
- topaktuell: Stahlleichtbau und Aluminiumtragwerke

Das Buch erläutert Teile der neuen EC-Generation. Außerdem enthält es aktuelle Beiträge zu Sandwichelementen, zur Bemessung im Stahlleichtbau und von Aluminiumtragwerken. Die Zukunftsthemen KI und additive Fertigung sind mit Praxisanwendungen dargestellt. Mit praxisnahen Beispielrechnungen und Anwendungsbeispielen.

BESTELLEN

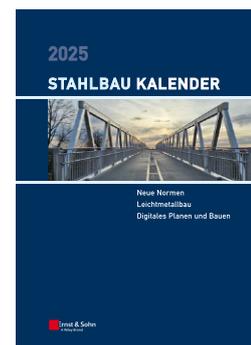
+49 (0)30 470 31-236

marketing@ernst-und-sohn.de

www.ernst-und-sohn.de/3450

*Der €-Preis gilt ausschließlich für Deutschland inkl. MwSt.

Ernst & Sohn
A Wiley Brand



4 / 2025 · 884 Seiten ·
590 Abbildungen · 237 Tabellen

Hardcover

ISBN 978-3-433-03450-8 € 159*

Fortsetzungspreis € 139*

Bereits vorbestellbar.

Berechnungsmodelle im Strukturmodell

Für die weitere statische Analyse hinsichtlich der Bemessung und Nachweisführung der Tragwerkelemente können Berechnungsmodelle angelegt werden. Das Berechnungsmodell für Mauerwerkswände speichert die notwendigen Informationen zu Material, Geometrie und Belastung für die Verwendung in der BauStatik (Bild 24).

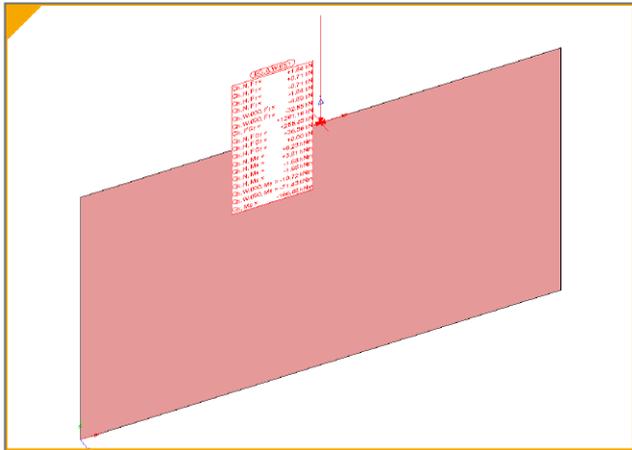


Bild 24. Berechnungsmodell für Mauerwerkswand mit Aussteifungslasten und vertikalen Lasten

Verwendung in der BauStatik

Im Anschluss kann das Berechnungsmodell in der BauStatik verwendet werden (Bild 25).

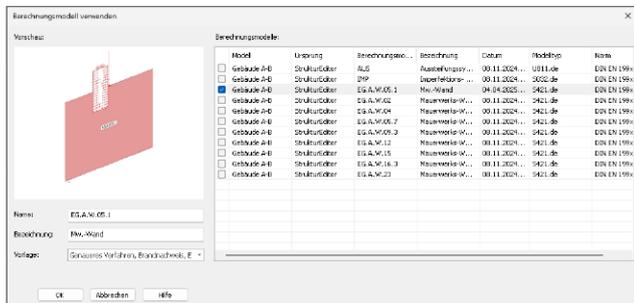


Bild 25. Berechnungsmodell verwenden in der BauStatik

Die im Strukturmodell festgelegten und gespeicherten Informationen zur Mauerwerkswand werden an das Modul übergeben. Diese sind dabei in grün gekennzeichnet (Bild 26).

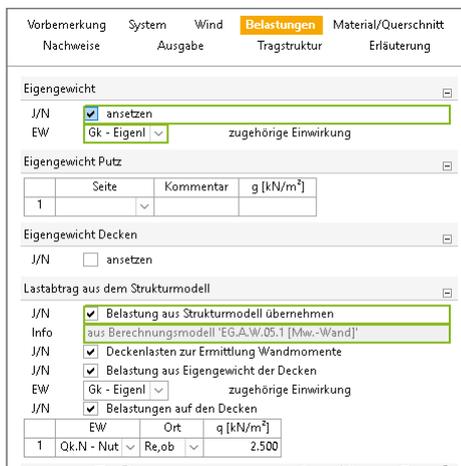


Bild 26. Eingabe „Belastungen“, Lastabtrag aus Strukturmodell

Die Lasten aus dem Lastabtrag werden als summierte Punktlasten übergeben (Bild 27). Wenn die Bemessung mit dem vereinfachten Verfahren durchgeführt wird, erfolgt programmseitig eine Überprüfung, ob ungültige Belastungen wie z.B. H-Lasten oder Momente aus dem Strukturmodell vorhanden sind.

Wenn durch den Lastabtrag bisher noch keine Momente aus den Deckenlasten berücksichtigt wurden, kann dies unter der Frage „Deckenlasten zur Ermittlung Wandmomente“ innerhalb des Moduls ergänzt werden. Das Eigengewicht der Decken, sowie zusätzliche Belastungen wie z.B. Deckenaufbau und Nutzlasten können eingegeben werden. Diese werden nur zur Ermittlung der Wandmomente herangezogen und nicht zusätzlich in der vertikalen Belastung berücksichtigt.

Punktlasten summiert	am Wandkopf					
	Komm.	F _x [kN]	F _{s,y} [kN]	F _{p,z} [kN]	M _{p,y} [kNm]	M _{s,z} [kNm]
Einw. Gk	(a)	1261.16	0.00	0.00	0.00	-166.88
Einw. Qk.N	(a)	0.00	-2.57	0.00	0.00	-3.29
	(a)	max H	255.83	2.57	0.00	7.84
Einw. Qk.W.000	(a)	0.00	-6.84	0.00	0.00	-21.02
Einw. Qk.W.090	(a)	0.00	-45.57	0.00	0.00	-139.99
Einw. Qk.H	(a)	0.00	-0.99	0.00	0.00	-3.82
	(a)	max H	36.36	0.99	0.00	5.68

Bild 27. Ausgabe „Punktlasten summiert“ am Wandkopf, Lastabtrag aus Strukturmodell

Aussteifungssystem mit MicroFe M130.de

Allgemein

Gebäude sind neben der vertikalen Belastung auch hinsichtlich der horizontalen Belastung aus Wind, Imperfektion und Erdbeben zu beurteilen. Mit dem MicroFe-Modul M130.de können Aussteifungssysteme in 3D analysiert werden. Im entsprechenden mb-news-Artikel [14] wird die Leistung des Moduls übersichtlich erläutert.

Detailnachweis

Die Aussteifungsbelastung kann für Mauerwerkswände innerhalb des Moduls ermittelt werden. Durch die Einbindung des entsprechenden MicroFe-Modells in die BauStatik mittels einer S019-Position können die Wände durch Einfügen „Neue Position zum Detailnachweis“ für die Bemessung angelegt werden.

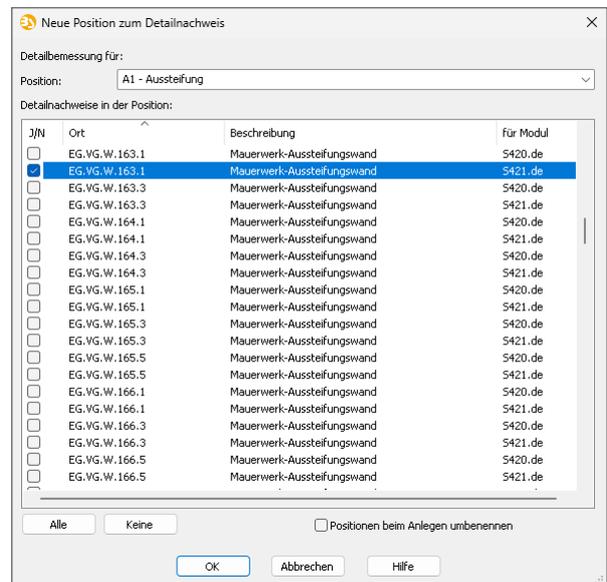


Bild 28. Neue Position zum Detailnachweis aus S019 eines MicroFe-Modells M130.de

Übergeben werden die Wandabmessungen, das Material und die Beanspruchungen infolge Horizontallasten. Die Vertikalbelastung kann beispielweise durch eine Plattenbemessung innerhalb der Position per Lastabtrag zusätzlich ergänzt werden. Wie aus dem StrukturEditor werden ebenfalls Punktlasten summiert am Wandkopf übergeben.

Punktlasten summiert		am Wandkopf				
	Komm.	F_x [kN]	$F_{x,y}$ [kN]	$F_{y,z}$ [kN]	$M_{x,y}$ [kNm]	$M_{y,z}$ [kNm]
Einw. GK	(a)	342.27	2.60	0.01	-0.00	112.13
Einw. Qk.N	(a) min H	0.15	-0.51	-0.00	0.00	0.15
	(a) max H	69.98	0.51	0.00	0.00	41.91
Einw. Qk.W.000	(a)	8.54	-28.33	-0.07	0.03	0.30
Einw. Qk.W.090	(a)	3.79	-2.46	-0.36	-0.29	2.97
Einw. Qk.W.180	(a)	-8.59	28.34	0.07	-0.03	-0.21
Einw. Qk.W.270	(a)	-3.79	2.53	0.36	0.29	-3.02
Einw. Qk.H	(a) min H	-0.15	0.00	0.00	0.00	-0.38
	(a) max H	22.62	0.00	0.00	0.00	5.68

Bild 29. Ausgabe „Punktlasten summiert“ am Wandkopf, Lastabtrag aus S019

Ausgabe

Der Ausgabeumfang kann individuell durch das Kapitel „Ausgabe“ angepasst werden. Grafiken des Systems mit Ansicht und Schnitt, der Belastungen, der Schnittgrößen und der Knickbereiche können wahlweise mit gewünschtem Maßstab zusätzlich mit ausgegeben werden.

Somit wird eine vollständige, übersichtliche und prüffähige Dokumentation der Bemessung einer Mauerwerkswand zur Verfügung gestellt.

Fazit

Das Modul ermöglicht eine effiziente und präzise Bemessung von Mauerwerkswänden unter ständigen und veränderlichen sowie außergewöhnlichen Einwirkungen wie Brand und Erdbeben. Zusätzlich können Querschnittsschwächungen durch Schlitz berücksichtigt werden.

Besonders hervorzuheben ist der Workflow zur Übernahme von Lasten sowie den Informationen über Material und Querschnitt aus dem StrukturEditor oder MicroFe. Dies ermöglicht, dass der Planungsprozess erheblich vereinfacht und beschleunigt wird.

Dipl.-Ing. Yvonne Steige
mb AEC Software GmbH
mb-news@mbaec.de

Literatur

- [1] Degiuli, F.: Erdbebenbetrachtung nach DIN 4149 und Eurocode 8. mb-news 1/2025
- [2] DIN 4149:2005-04: Bauten in deutschen Erdbebengebieten - Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten
- [3] DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Handbuch Eurocode 6 - Mauerwerksbau - Vom DIN konsolidierte Fassung. Berlin: Beuth Verlag GmbH 2012.
- [4] DIN EN 1991-1-2:2010-12, Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke
- [5] DIN EN 1991-1-2/NA:2010-12: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen - Brandeinwirkungen auf Tragwerke
- [6] DIN EN 1996-1-1:2013-02, Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk
- [7] DIN EN 1996-1-1/NA:2019-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk
- [8] DIN EN 1996-1-2:2011-04, Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall
- [9] DIN EN 1996-1-2/NA:2022-02, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 1-2: Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den Brandfall
- [10] DIN EN 1996-3:2010-12, Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten
- [11] DIN EN 1996-3:2019-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten - Teil 3: Vereinfachte Berechnungsmethoden für unbewehrte Mauerwerksbauten
- [12] DIN EN 1998-1:2010-12, Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten
- [13] DIN EN 1998-1/NA:2023-11, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten
- [14] Heuß, S.: Aussteifung unregelmäßiger Systeme. mb-news 6/2019
- [15] Kretz, J.: Grundlagen zur Bemessung von Mauerwerksbauten nach Eurocode 6. mb-news Nr. 5/2013

Preise und Angebote

S421.de Mauerwerk-Wand, Erdbeben- und Heißbemessung – EC 6, DIN EN 1996-1-1:2010-12

Weitere Informationen unter
<https://www.mbaec.de/modul/S421.de>

BauStatik 4er-Paket

bestehend aus 4 BauStatik-Modulen
deutscher Norm nach Wahl

BauStatik 10er-Paket

bestehend aus 10 BauStatik-Modulen
deutscher Norm nach Wahl

Weitere Informationen unter

<https://www.mbaec.de/produkte/baustatik/>

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 2025

Betriebssysteme: Windows 10 (22H2, 64-Bit), Windows 11 (23H2, 64-Bit),
Windows Server 2022 (21H2) mit Windows Terminalserver.

Ausführliche Informationen auf www.mbaec.de/service/systemvoraussetzungen