

Dipl.-Ing. David Hübeler

Windlastverteilung mehrgeschossiger Gebäude

Leistungsbeschreibung des BauStatik-Moduls S811.de Aussteifungssystem mit Windlastverteilung

Die Aussteifung von Gebäuden ist für die Gesamtstandsicherheit von entscheidender Bedeutung. Geschossbauten müssen daher gegen angreifende Horizontallasten wie Windlasten, Anprall und ggf. Erdbebeneinwirkungen ausgesteift werden. Zur Bearbeitung einer Auslegung der Gebäudeaussteifung berechnet das Modul S811.de die Verteilung der Horizontalkräfte auf die vertikalen Aussteifungselemente von ein- und mehrgeschossigen Gebäuden.

The screenshot displays the 'Eingabe' (Input) tab in the BauStatik software. The main window shows the 'Eingabe' panel with the following data:

Name	h [m]	Kommentar
1 KIG	3.000	Kellergeschoss
2 EG	3.500	Erdgeschoss
3 OG	3.500	Obergeschoss

The 'Statik' panel shows the following table of results:

Geoschicht	h [m]	Stiffigkeit	Horizontalkraft
OG	3.500	1.000	1.000
EG	3.500	2.000	2.000
KIG	3.000	3.000	3.000

Allgemeines

Die Aussteifung von Geschossbauten erfolgt in der Regel mit einem Aussteifungssystem bestehend aus horizontalen und vertikalen Aussteifungselementen wie Decken-, Wandscheiben und Verbänden. Neben Horizontallasten aus Imperfektionen und Erdbebenlasten bilden die Windlasten die wesentlichen Einwirkungen auf ein Aussteifungssystem.

Mit dem Modul S811.de können die resultierenden Windlasten je Aussteifungselement bzw. die Verteilung der Windlasten im Aussteifungssystem in ein- oder mehrgeschossigen Gebäuden ermittelt werden. Die Verteilung der Windlasten erfolgt in Abhängigkeit der Steifigkeiten bzw. dem Verhältnis der Steifigkeiten der einzelnen Aussteifungselemente.

Die Verteilung der Windlasten erfolgt in Abhängigkeit der Steifigkeiten bzw. dem Verhältnis der Steifigkeiten der einzelnen Aussteifungselemente.

System

Als Aussteifungselemente können einzelne Wandscheiben oder polygonal zusammengesetzte Aussteifungselemente definiert werden. Darüber hinaus lassen sich parallel verlaufende Wandscheiben geschossweise sowie geschossübergreifend zu einem Aussteifungselement zusammenfassen.

Vorbemerkung **System** Wind Belastungen Kombinatorik Ausgabe
Erläuterung

Gebäudeabmessungen

B 12.000 m Gebäudebreite in x-Richtung
L 15.000 m Gebäudelänge in y-Richtung

Definition der Geschosse

Name	h [m]	Kommentar
1 KG	3.000	Kellergeschoss
2 EG	3.500	Erdgeschoss
3 OG	3.500	Obergeschoss

Geländeoberkante
h_{GOK} 2.000 m bezogen auf die Gründungsebene

Flächenmoment um die schwache Wandachse
J/N berücksichtigen

Einzelne Wandscheiben definieren

Name	x _a [m]	y _a [m]	x _e [m]	y _e [m]	von Ge	bis Ge	d [m]	E/E _c [-]
1 W1	0.000	3.000	0.000	8.000	KG	OG	0.200	1.00
2 W2	0.000	2.900	4.000	2.900	KG	OG	0.200	1.00
3 W3	0.000	8.100	4.000	8.100	KG	EG	0.200	1.00
4 W4	12.000	6.000	12.000	15.000	KG	OG	0.360	1.00
5 W5	5.000	1.000	10.000	1.000	OG	OG	0.200	1.00

Polygon definieren 01
J/N Polygon als Wandscheibe definieren

Wandscheiben zusammenfassen
J/N Aussteifungselement definieren

Aussteifungselemente auf Stützen lagern 01
Aussteifungselemente auf Stützen lagern
J/N Aussteifungselemente auf Stützen lagern

Aussteifungselemente auf Fundament lagern
J/N Aussteifungselemente auf Fundament lagern

Bild 1. Systemeingabe „System“

Einzelne Wandscheiben definieren

Die Eingabe von Wandscheiben erfolgt durch die Vorgabe eines Namens sowie der Lage der Wandscheibe im Gebäude. Die Lage einzelner Wandscheiben im Gebäudegrundriss wird durch die Eingabe der Koordinaten des Anfangs- und Endpunktes der Wandscheibe definiert. Als Koordinatenursprung ist die linke untere Ecke des Gebäudegrundrisses festgelegt (Bild 2).

Über die Vorgabe des Verhältnisses der Steifigkeiten *E/E_c* können unterschiedliche Materialien berücksichtigt werden. Erhalten z.B. alle Wandscheiben den Wert 1,0 so haben alle denselben E-Modul. Wird für eine Wandscheibe 0,6 eingetragen, so hat diese Scheibe einen um 40% niedrigeren E-Modul.

Polygon als Wandscheiben-Aussteifungselement definieren

Neben der Vorgabe einzelner Wandscheiben können auch Polygone definiert werden. Mit der Funktion „Polygone anhängen“ werden unterschiedlichste Geometrien von Aussteifungselementen vorgegeben (Bild 3).

Hierbei können auch nicht zusammenhängende Wände als ein gemeinsam wirkendes Aussteifungselement definiert werden. Somit können unter anderem Aufzugsschächte oder Treppenhauskerne aus nicht zusammenhängenden Wänden als Aussteifungselement definiert werden (Bild 4).

Die Form und Lage der zusammenwirkenden Aussteifungselemente der Polygone werden durch die Koordinaten der Polygonpunkte sowie durch die Vorgabe der Dicke der einzelnen Wandscheiben bestimmt (Bild 2).

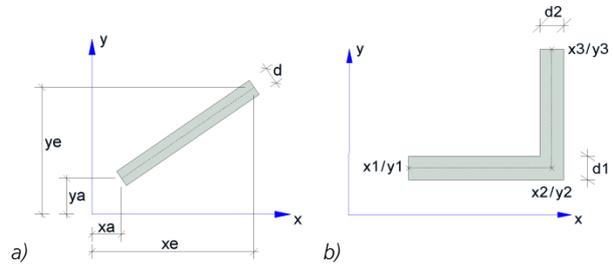


Bild 2. Grafische Hilfe
a) Einzelne Wandscheibe definieren
b) Polygon definieren

Vorbemerkung **System** Wind Belastungen Kombinatorik Ausgabe
Erläuterung

Polygon definieren 01

J/N Polygon als Wandscheibe definieren

Name der Wandscheibe
Name W6 Name der Wandscheibe

Koordinaten der Polygonpunkte

	x _i [m]	y _i [m]
1	2.500	10.500
2	2.500	13.000
3	4.000	13.000
4	4.000	10.500

von Ge KG bis Ge OG

Dicke der einzelnen Scheiben

	von Punkt	bis Punkt	d [m]
1	1	4	0.250

E/E_c 1.00 - Vergleichs-E-Modul

Polygon anhängen
J/N Polygon anhängen

Koordinaten der Polygonpunkte

	x _i [m]	y _i [m]
1	5.500	13.000
2	6.000	13.000
3	6.000	10.500
4	5.500	10.500

Dicke der einzelnen Scheiben

	von Punkt	bis Punkt	d [m]
1	1	4	0.250

Polygon anhängen
J/N Polygon anhängen

Polygon definieren 02
J/N Polygon als Wandscheibe definieren

Bild 3. Systemeingabe „Polygon definieren“

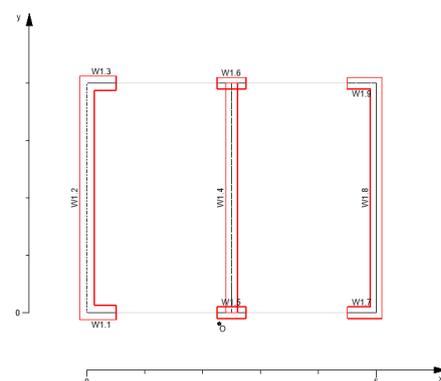


Bild 4. System „Beispiel: Aussteifungskern-Aufzugsschacht“

Die Ermittlung der Steifigkeiten von polygonal zusammengesetzten Wandscheiben erfolgt unter der Annahme, dass die einzelnen Wandscheiben des Polygons schubfest zusammenwirken. Dabei ist es nicht zwingend erforderlich, dass sich die einzelnen Polygonabschnitte berühren.

Wandscheiben zusammenfassen

Einzelne Wandscheiben und Polygone können auf Geschossebene sowie geschossübergreifend zu Aussteifungselementen zusammengefasst werden. Einzelwandscheiben, die bereits geschossübergreifend eingegeben sind, werden automatisch geschossübergreifend zusammengefasst. Durch die Vorgabe einer Winkeltoleranz kann der Anwender die Rahmenbedingungen zum Zusammenfassen von „parallel“ verlaufenden Wandscheiben selbst steuern und definieren (Bild 5).

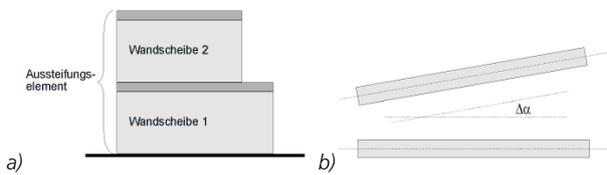


Bild 5. Grafische Hilfe
a) Wandscheiben zusammenfassen
b) Winkeltoleranz definieren

Tiefer gelegene Wandscheiben eines Aussteifungselements nehmen die Lasten der darüber liegenden Wandscheiben unabhängig von ihren geometrischen Eigenschaften und ihrer Lage auf.

Der Ansatz der Steifigkeit von geschossweise zusammengefassten Aussteifungselementen erfolgt als Summe der Steifigkeiten der einzelnen Wandscheiben. Die Last aus Wandscheiben im darüber liegenden Geschoss wird entsprechend des Verhältnisses der Steifigkeiten der zusammengefassten Einzelwandscheiben verteilt.

Einwirkungen

Die wesentlichen Einwirkungen auf ein Aussteifungssystem bilden die Windlasten. Neben den Windlasten können auch weitere Horizontallasten wie Erdbebenlasten und Imperfektionen in Form von horizontalen Ersatzlasten berücksichtigt werden.

Automatisch generierte Windlasten

Die Windlasten werden standardmäßig programmseitig ermittelt. Es besteht aber auch die Möglichkeit, den Geschwindigkeitsdruck manuell vorzugeben (Bild 6). Die automatische Windlastermittlung erfolgt auf Grundlage von DIN EN 1991-1-4 [1].

Mit den Informationen zum Gebäudestandort und den Gebäudeabmessungen werden die Windkräfte, die auf das Aussteifungssystem wirken, ermittelt.

Auswahl der Windlastermittlung:

- vereinfacht: nach DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 NA.B.3.2 (Tab. NA.B.3)
- Regelfall: nach DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 NA.B.3.3
- Geländekategorie: nach DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 NA.B.1

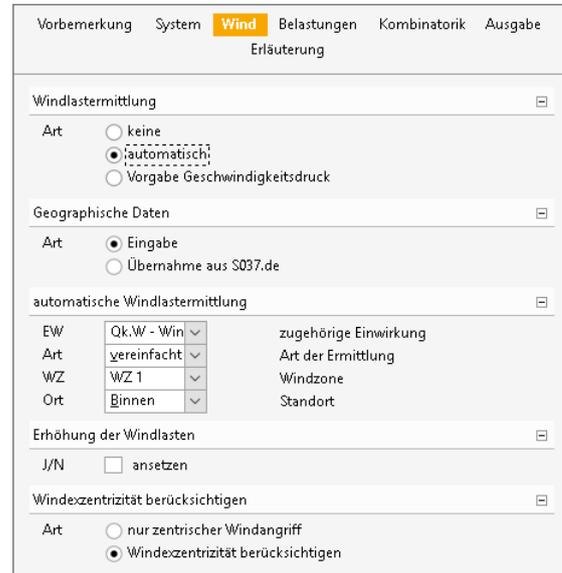


Bild 6. Systemeingabe „Wind“

Sobald eine geometrische Exzentrizität vorliegt bzw. bei torsionsanfälligen Bauwerken, sind nach DIN EN 1991-1-4 zusätzliche Lastfälle unter Beachtung von exzentrischen Lastangriffspunkten zu untersuchen. Zur Ermittlung der Exzentrizität ist die Verteilung des Druckbeiwertes dreieckförmig anzusetzen. Der Sogbeiwert ist ohne Exzentrizität anzusetzen (Bild 7).

Die Exzentrizität ergibt sich zu

$$e = \frac{1/12 c_{pe,Druck}}{1/2 c_{pe,Druck} + c_{pe,Sog}} \cdot b$$

und die Windlast zu

$$w_k^* = (c_{pe,Sog} + \frac{1}{2} c_{pe,Druck}) \cdot w_k$$

mit

c_{pe} aerodynamischer Kraftbeiwert
 w_k Winddruck

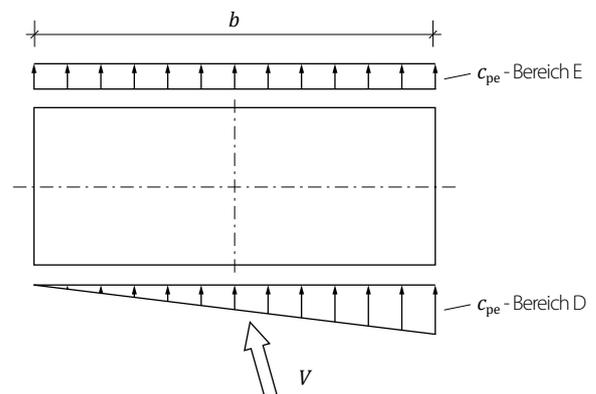


Bild 7. Druckverteilung zur Berücksichtigung von Torsionseffekten [Bild 7.1 - DIN 1991-1-4]

Die Berücksichtigung der Exzentrizität erfolgt im Modul S811.de automatisch (Bild 8). Weiterhin hat der Anwender die Möglichkeit, zur Reduzierung der Anzahl der Wind-Lastfälle den Ansatz der Exzentrizität zu vernachlässigen.

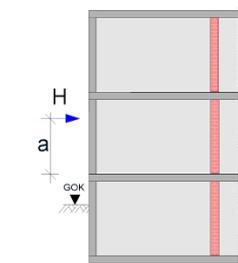
Einwirkungen		Einwirkungen nach DIN EN 1990:2010-12	
Qk,W	Wind		
	Windlasten		
	Qk,W	(min/max Werte)	
	Qk,W.00Z	Anströmrichtung = 0°; zentrisch	
	Qk,W.00N	Anströmrichtung = 0°; neg. Ausmitte	
	Qk,W.00P	Anströmrichtung = 0°; pos. Ausmitte	
Belastungen	Wind 0°	nach DIN EN 1991-1-4:2010-12	
		Windzone 1, Binnenland	
		Geschwindigkeitsdruck nach vereinfachtem Verfahren	
		q	= 0.50 kN/m ²
		Außendruckbeiwerte für vertikale Wände (Tab. NA.1)	
		Anströmrichtung	$\theta = 0$
Bereich D	$W_{e,10} = 0.76 \cdot 0.50 = 0.38$ kN/m ²		
Bereich E	$W_{e,10} = -0.41 \cdot 0.50 = -0.21$ kN/m ²		

Bild 8. Ausgabe Einwirkungen

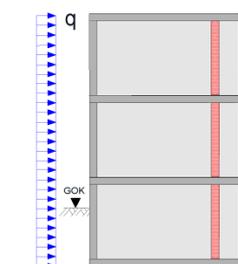
Sonstige Horizontallasten

Als sonstige Horizontallasten stehen folgende Lasttypen zur Verfügung:

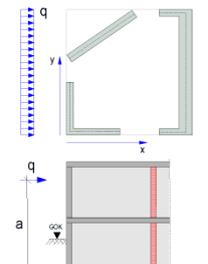
- Einzellast
- Vertikale Gleichlast
- Horizontale Gleichlast
- Vertikale Trapezlast
- Horizontale Trapezlast



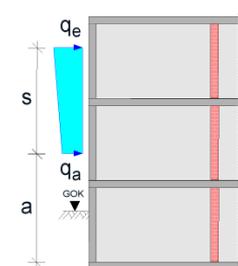
Einzellast



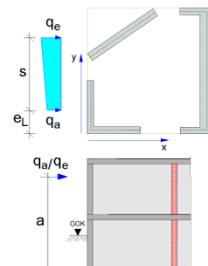
vertikale Gleichlast



horizontale Gleichlast



vertikale Trapezlast



horizontale Trapezlast

Bild 9. Lasttypen

Erdbebeneersatzlasten aus dem Modul S033.de sowie Imperfektionen in Form von horizontalen Ersatzlasten aus dem Modul S032.de können mit der Übernahmefunktion der BauStatik als Aussteifungslasten angesetzt werden. Soll von der Möglichkeit des exzentrischen Lastansatzes Gebrauch gemacht werden, so kann dies durch eine entsprechende Wahl des Lastangriffspunktes der Erdbebeneersatzlast erfolgen.

Kombinatorik

Die Ermittlung der Bemessungsschnittgrößen erfolgt für die in DIN EN 1990 geforderten Kombinationsregeln für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen. Falls außergewöhnliche Einwirkungen (Erdbeben oder Anprall) zu berücksichtigen sind, erfolgt die Ermittlung der Bemessungsschnittgrößen für die außergewöhnliche Bemessungssituation. Einwirkungskombinationen und Bemessungsschnittgrößen können wahlweise für alle Kombinationen oder nur für die maßgebenden Kombinationen ausgegeben werden.

Aussteifungslasten

Die Verteilung der Horizontallasten je Geschoss auf die einzelnen Aussteifungselemente erfolgt unter der Voraussetzung, dass die Deckenplatten in ihrer Ebene starre Scheiben darstellen. Die Deckenscheiben müssen imstande sein, die auftretenden Horizontallasten auf die vertikalen Aussteifungselemente zu übertragen. Jedes Aussteifungselement, welches auf der Bodenplatte steht, wird standardmäßig als ein in der Gründungsebene eingespannter Stab aufgefasst.

Aussteifungselemente, welche nicht auf der Bodenplatte stehen bzw. nicht bis zum untersten Geschoss reichen, können auf mindestens zwei Stützen, auf einem Fundament (Bild 10) oder auf einer anderen Wandscheibe gelagert werden.

- Anzeige -

Der Stellenmarkt in bauingenieur24 ist doppelt stark. Erstens: Hier finden Sie attraktive Jobangebote, sortiert nach Arbeitsort (Region), Fachgebiet, Berufsgruppe, Arbeitgeber und Anstellungsart. Und mit dem Jobletter erhalten Sie alle neuen Stellenangebote auch bequem per E-Mail - einfach anmelden! Zweitens: Sie legen sich ein kostenfreies Bewerberprofil an und bewerben sich damit online - auch plattformunabhängig. Perspektive für Sie: www.bauingenieur24.de/stellenmarkt

Aussteifungselemente auf mindestens zwei Stützen lagern

Werden Aussteifungselemente auf Stützen gelagert, so wird der Querkraftanteil oberhalb der Stützen in die Deckenplatte zurückgeführt, der Momentenanteil wird in die Stützen weitergeleitet.

Die Anordnung der Stützen kann vom Anwender wahlweise gleichmäßig oder ungleichmäßig unterhalb der Wandscheibe angeordnet werden.

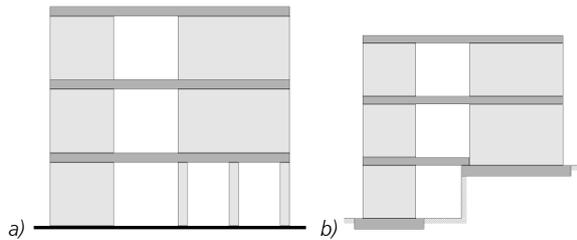


Bild 10. Mögliche Lagerungen Aussteifungselemente
a) Aussteifungselement auf Stützen lagern
b) Aussteifungselement auf Fundament lagern

Zusammengefasste Wandscheiben	Aussteifungselement	Wandscheiben	Geschoss
	W5	W5	OG
	W1	W1	KG ... OG
	W2	W2	KG ... OG
	W3	W3	KG ... EG
	W4	W4	KG ... OG
	W6	W6	KG ... OG

Aufgelagerte Aussteifungselemente	Aussteifungselement	Stütze	l _a [m]
	W5	S1	0.50
		S2	2.50
		S3	4.50

Drehpolkoordinaten	Geschoss	O _x [m]	O _y [m]
	KG	10.49	8.37
	EG	10.49	8.37
	OG	10.53	6.50

Bild 11. Ausgabe „System“

Bem.-schnittgrößen	Bemessungsschnittgrößen	Geschoss	Aussteifungselement	V _{z,d} [kN]	M _{y,d} [kNm]	V _{y,d} [kN]	M _{x,d} [kNm]	
EK 1, global	Tabelle	KG	W1	0.00	0.00	-4.50	20.04	
			W2	17.43	103.75	0.00	0.00	
			W3	13.02	66.55	0.00	0.00	
			W4	0.00	0.00	13.26	-69.46	
			W6	72.36	440.81	-8.76	49.42	
			W1	0.00	0.00	-3.03	6.53	
		EG	W2	11.84	51.46	0.00	0.00	
			W3	7.85	27.48	0.00	0.00	
			W4	0.00	0.00	8.96	-29.68	
			W6	49.21	223.73	-5.94	23.15	
			OG	W1	0.00	0.00	1.16	-4.07
				W2	2.86	10.01	0.00	0.00
W4	0.00	0.00		-0.48	1.69			
W5	5.40	18.89		0.00	0.00			
W6	14.71	51.49		-0.68	2.37			

Bild 12. Ausgabe „Bem.-schnittgrößen“ - Geschossweise Sortierung

Bem.-schnittgrößen	Bemessungsschnittgrößen	Aussteifungselement	Geschoss	V _{z,d} [kN]	M _{y,d} [kNm]	V _{y,d} [kN]	M _{x,d} [kNm]	
EK 1, global	Tabelle	W1	KG	0.00	0.00	-4.50	20.04	
			EG	0.00	0.00	-3.03	6.53	
			OG	0.00	0.00	1.16	-4.07	
		W2	KG	17.43	103.75	0.00	0.00	
			EG	11.84	51.46	0.00	0.00	
			OG	2.86	10.01	0.00	0.00	
		W3	KG	13.02	66.55	0.00	0.00	
			EG	7.85	27.48	0.00	0.00	
			OG	0.00	0.00	13.26	-69.46	
		W4	KG	0.00	0.00	13.26	-69.46	
			EG	0.00	0.00	8.96	-29.68	
			OG	0.00	0.00	-0.48	1.69	
		W5	OG	5.40	18.89	0.00	0.00	
			W6	KG	72.36	440.81	-8.76	49.42
				EG	49.21	223.73	-5.94	23.15
		OG		14.71	51.49	-0.68	2.37	

Bild 13. Ausgabe „Bem.-Schnittgrößen“ - Aussteifungselementweise Sortierung

Aussteifungselemente auf Fundament lagern

Neben der Lagerung einer Wandscheibe auf Stützen kann eine Lagerung auf einem Fundament vorgegeben werden. Hierbei wird das Aussteifungselement in der definierten Gründungsebene als eingespannter Stab aufgefasst. Mit der Funktion der Lagerung von Aussteifungselementen auf Fundamenten können z.B. Teilunterkellerungen berücksichtigt werden.

Ausgabe

Es wird eine vollständige, übersichtliche und nachvollziehbare Ausgabe der Windlastverteilung zur Verfügung gestellt. Der Anwender kann den Ausgabeumfang in der gewohnten Weise steuern. Neben maßstabsgetreuen Skizzen werden die Schnittkräfte und Spannungen unter Angabe der Berechnungsgrundlagen wahlweise tabellarisch und grafisch ausgegeben.

Vorbemerkung System Wind Belastungen Kombinatorik **Ausgabe**

Erläuterung

Positionsplandaten J/N vorgeben

System Tabelle Grafik (System) Systemgrafik drehen

Einwirkungen J/N Tabelle

Belastungen J/N Tabelle Zusammenstellungen J/N Grafik

Charakteristische Schnittgrößen (char. Schnittgrößen) J/N Schnittgrößen (Tabelle) J/N Schnittgrößen (Grafik) J/N sortiert nach Aussteifungselementen

Kombinationen J/N Kombinationen Art maßgebende alle

Bemessungsschnittgrößen (Bem.-schnittgrößen) J/N Tabelle J/N Grafik Art Umhüllende (min/max-Werte) maßgebende alle J/N zusätzlich lokale Bemessungsschnittgrößen J/N sortiert nach Aussteifungselementen J/N Schnittgrößen je Wandabschnitt

Momente als Trapezlasten J/N charakteristische Werte J/N Bemessungswerte

Maßstabssteuerung der Grafiken

System M ΔM Maßstab Schrittweite

Belastung M ΔM Maßstab Schrittweite

Schnittgrößen M ΔM Maßstab Schrittweite

Bild 14. Systemeingabe „Ausgabe“

Dokumentation der Wandscheiben

Im Rahmen der Ausgabe erfolgt eine vollständige Dokumentation des eingegebenen Systems. Neben den Gebäudekennwerten und den Angaben zu den Geschossen erfolgt eine detaillierte Ausgabe der angesetzten Aussteifungselemente sowie eine Übersicht der zusammengefassten und aufgelagerten Wandscheiben (Bild 11).

Charakteristische Schnittgrößen / Bemessungsschnittgrößen

Die Querkräfte und Biegemomente, die sich infolge der Aussteifungslasten ergeben, werden einwirkungsbezogen ausgegeben.

Die Ausgabe der Ausgabewerte bzw. die Sortierung der Ausgabewerte kann entweder geschossweise (Bild 12) oder aussteifungselementweise (Bild 13) erfolgen.

Neben den Schnittgrößen der einzelnen Aussteifungselemente kann die Ausgabe der Trapezlasten infolge des resultierenden Momentes am Wandfuß ausgegeben werden (Bild 15).

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

Literatur

- [1] DIN EN 1991-1-4: Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 + AC:2010
- [2] DIN EN 1991-1-4/NA D: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten

EK 1, Trapezlasten				
Geschoss	Wandscheibe	q_x [kN/m]	q_y [kN/m]	
KG	W1	-4.81	4.81	
	W2	38.91	-38.91	
	W3	24.96	-24.96	
	W4	5.14	-5.14	
	W6.1	35.94	39.15	
	W6.2	39.15	5.59	
	W6.3	5.59	2.38	
EG	W6.4	-27.97	-39.15	
	W6.5	-39.15	-42.37	
	W6.6	-42.37	-31.18	
	W1	-1.57	1.57	
	W2	19.30	-19.30	
	W3	10.31	-10.31	
	W4	2.20	-2.20	
OG	W6.1	18.66	19.63	
	W6.2	19.63	2.57	
	W6.3	2.57	1.59	
	W6.4	-14.50	-20.19	
	W6.5	-20.19	-21.17	
	W6.6	-21.17	-15.48	
	W1	0.98	-0.98	
	W2	3.75	-3.75	
	W4	-0.13	0.13	
	W5	4.53	-4.53	
W6.1	4.93	4.16		
W6.2	4.16	0.17		
W6.3	0.17	0.95		
W6.4	-3.81	-5.14		
W6.5	-5.14	-4.36		
W6.6	-4.36	-3.03		

Bild 15. Ausgabe „Trapezlasten“

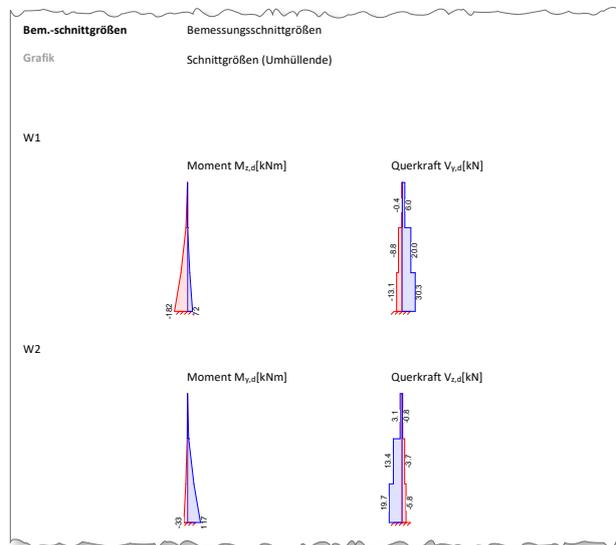


Bild 16. Ausgabe „Bem.-schnittgrößen“ - Grafische Ausgabe

! Aktuelle Angebote

Module
S811.de Aussteifungssystem mit Windlastverteilung – EC 1, DIN EN 1991-1-4:2012-12 **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). Folgekonzern-/Netzwerkbedingungen auf Anfrage. – Stand: Januar 2017
 Unterstütztes Betriebssystem: Windows 10 (64)

Preisliste: www.mbaec.de