

Lastgenerierung für Flächenlasten

Teil 1 : [Hintergrund zur Lastermittlung über die Methode der finiten Elemente](#)

Teil 2 : [Anwendung auf die Wind- und Schneelasten](#)

Teil 3 : [Beispiele verschiedener Dachformen](#)

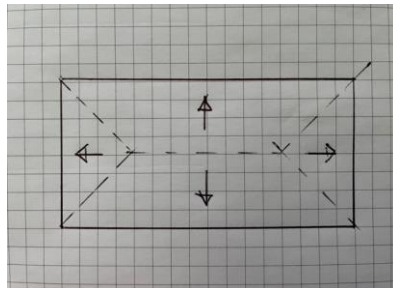
Teil 4 : [Lastfälle in RSX](#)

Vorbemerkungen

Flächenlasten in Stabwerken sind nur mit weitere Zusatzannahmen zu erstellen. Bei einer Flächenlast muss festgelegt werden, wie die Lasten auf die vorhandenen Stäbe verteilt werden. Dazu gibt es verschiedene Verfahren.

Die einfachste und am längsten verwendete Methode ist die ingenieurmäßige Verteilung über eine Flächenaufteilung gemäß der vorhandenen lastabtragenden Stäbe.

Verteilung bei einem Rechteck



Es entstehen auf den angrenzenden Stäben Dreiecks- und Trapezlasten.

Dieser einfache Ansatz ist für allgemeine Flächen nicht zweifelsfrei durchzuführen. Wenn auch noch Zwischenunterstützungen vorliegen, werden die Flächen immer komplizierter und die Aufteilung immer fehleranfälliger. Deswegen wurde dieser anschauliche Ansatz in RSX wieder verworfen und eine alternative Methode gesucht.

Panels im RSX

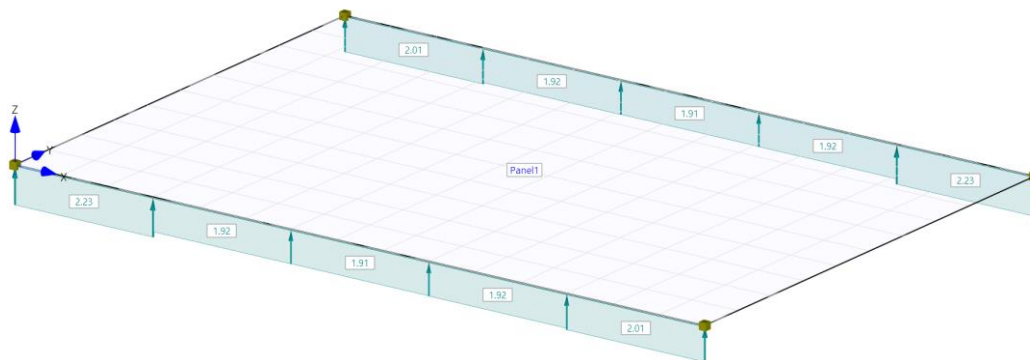
Für die Erstellung von Flächenlasten und deren Lastabtragung benötigt man im Stabwerk Flächen. Diese Flächen werden als „Panels“ in das Stabsystem eingeführt. Die Definition von Panels kann auf vielfältig Art und Weise erfolgen. Flächenlasten können dabei vom Anwender nur vollflächig auf das jeweilige Panel aufgetragen werden. Eine Teilflächenbelastung von Panels durch den Anwender ist nicht möglich. Bei den Windlasten werden die Panels aus dem Ansatz der Gebäudegeometrie automatisch erstellt.

Details zu den Panels sind in einem späteren Kapitel beschrieben.

Lastverteilung mit einem FEM-Ansatz

Das Panel wird mit einem FEM-Netz idealisiert und die lastabtragenden Stäbe als Lager auf das System angebracht. Die Fläche bekommt die Eigenschaften einer dünnen Platte und die FEM-Berechnung ermittelt jetzt die Lagerkräfte. Diese Lagerkräfte werden als Lasten auf das Stabwerk angesetzt. Dieser Ansatz funktioniert für Formen der Lastflächen und liefert eine plausible Verteilung der Lasten.

Beispiel eines Rechtecks mit 1-achsiger Lastabtragung



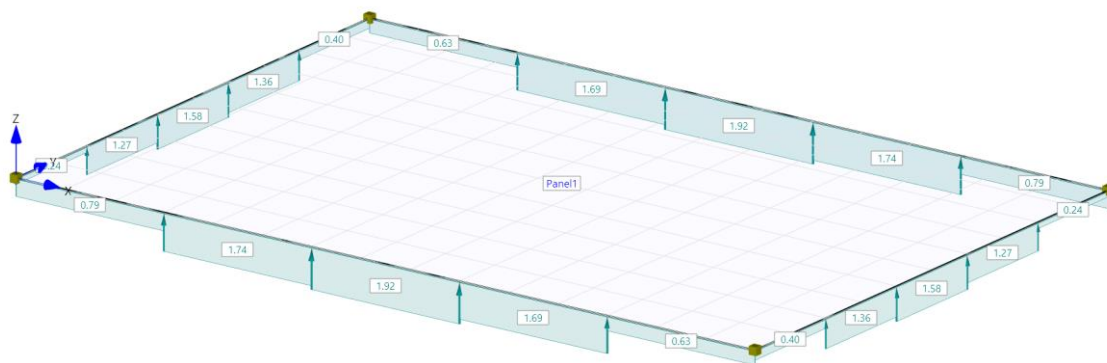
Der ingenieurmäßige Ansatz würde eine konstante Last auf beiden Seiten liefern, der FEM-Ansatz liefert geringe Abweichungen, mit einer geringen Konzentration auf die Ecken. Das könnte man durch eine Verfeinerung des Netzes noch minimieren, ist aber für den Ansatz der Lastverteilung genau genug.

Die zusammengefassten Lasten sind nicht immer symmetrisch, da bei der Zusammenfassung durch die willkürliche Trennung bei 1/5 eine Einzellast aus dem FEM-Modell entweder links oder rechts in der verteilten Last drin sein kann. Es wurde darauf verzichtet, diese kleine Unsauberkeit zu glätten. Will man die „realen“ Einzellasten als Lasten haben, kann dies durch eine Option eingestellt werden und dann ist die Verteilung in diesem Beispiel auch korrekt symmetrisch.

Option: Die Lastzusammenfassung ist aktuell global für alle Panels und alle Seiten. Die Vorgabe der Lastzusammenfassung kann als Parameter auf die einzelnen Seiten eines Panels definiert werden und es sind auch noch weitere Formen der Zusammenfassung denkbar. Eine Zusammenfassung als Dreieckslast oder als Trapezlast würde die Annäherung an den ingenieurmäßigen Ansatz noch verbessern.

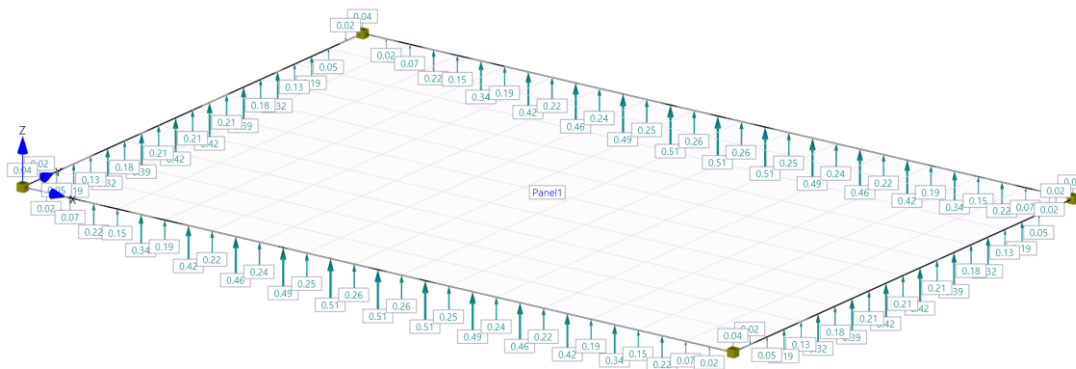
Wenn man dasselbe Rechteck mit 2-achsiger Lastabtragung untersucht kommt eine Verteilung heraus, die im Wesentlichen der oben dargestellten Handrechnung entspricht.

Beispiel eines Rechtecks mit 2-achsiger Lastabtragung



Die aus dem FEM-Berechnung kommenden Einzellasten der Auflager werden in RSX zu Linienlasten zusammenfasst. Es gibt die Option konstante Linienlast, 3-fach abgestuft oder 5-fach abgestuft. Letzteres entspricht dem Bild oben.

Einzellasten aus der FEM-Berechnung

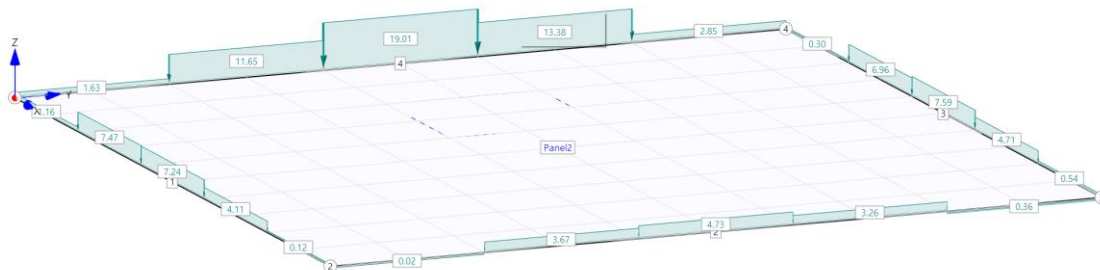
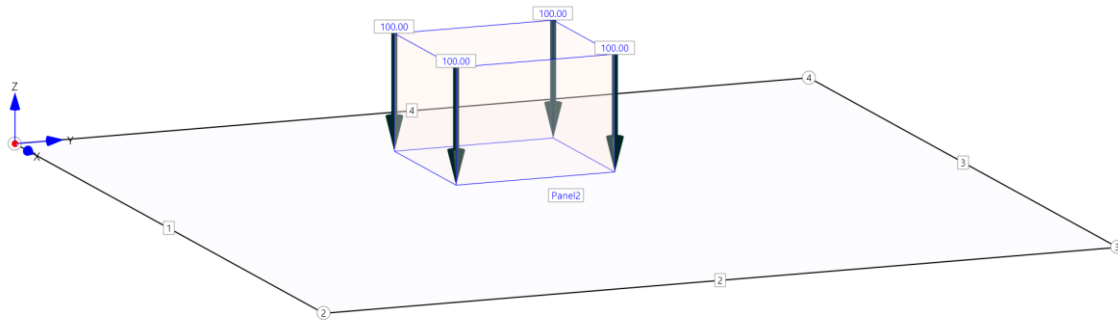


Die „Unsauberkeiten“ in der Ecke sind dem Verhalten von Platten in den Ecken geschuldet. Je nach verwendetem Elementansatz können in den Ecken auch hohe Einzelkräfte entstehen. Die hier verwendeten Schubweichen isoparametrischen Lagrange-Elemente haben diesen Effekt fast nicht und liefern auch bei 2-achsiger Lastabtragung einen plausiblen Verlauf der Lagerkräfte und damit auch der Lastverteilung.

Bei einer vollen Flächenlast ist eine anschauliche Verteilung noch ziemlich einfach. Bei einer Flächenlast, die nur einen Teil der Fläche belastet wird die Verteilung schon deutlich komplexer. Die FEM-Berechnung löst dieses Problem sehr elegant und liefert für alle Fälle eine plausible und brauchbare Lastverteilung.

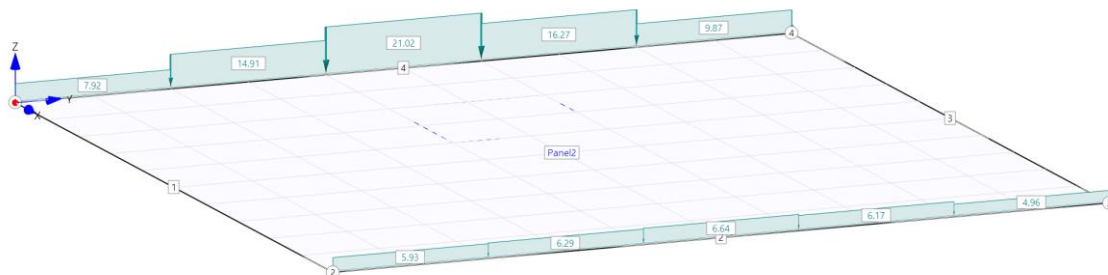
Beispiel Teilbelastung 2-achsige Lastabtragung

Hinweis: Das Bild dient nur der Veranschaulichung für die Lastverteilung des Panels aus der FEM-Berechnung. Eine Teilflächenlast auf ein Panel kann durch den Anwender nicht definiert werden.



Erwartungsgemäß geht die meiste Last in das naheliegende Auflager. Insgesamt entspricht diese Lastverteilung der Erwartungshaltung.

Ändert man die Lastabtragung in 1-achsig ab, bekommt man folgende Verteilung, die ebenfalls sehr plausibel ist.



Hinweis: Durch den Algorithmus ist sichergestellt, dass die gesamte Last aus der Flächenlast definitiv in den Linienlasten ankommt, die Lastsumme ist immer korrekt.

Verwendung der Flächenlasten bei den Wind- und Schneelasten

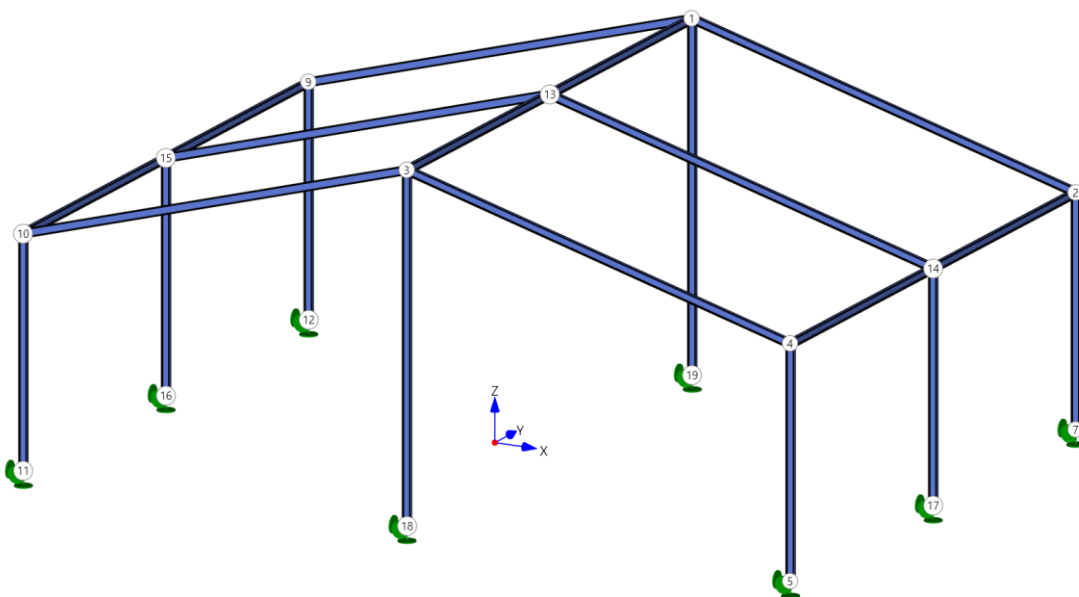
Die Wind- und Schneelasten wirken immer als Flächenlasten. Für die Belastung eines Stabwerks werden die Stablasten benötigt. Mit dem oben beschriebenen Ansatz werden diese Lasten auf die definierten Stäbe mit einer korrekten und plausiblen Lastverteilung gesetzt.

Die Norm definiert die Windlasten nur für bestimmte Gebäudetypen. Alles, was nicht in diese Gebäudetypen passt, kann nicht mit der im RSX integrierten Methode der Windlasten bearbeitet werden. Dazu sind weitergehende Annahmen erforderlich.

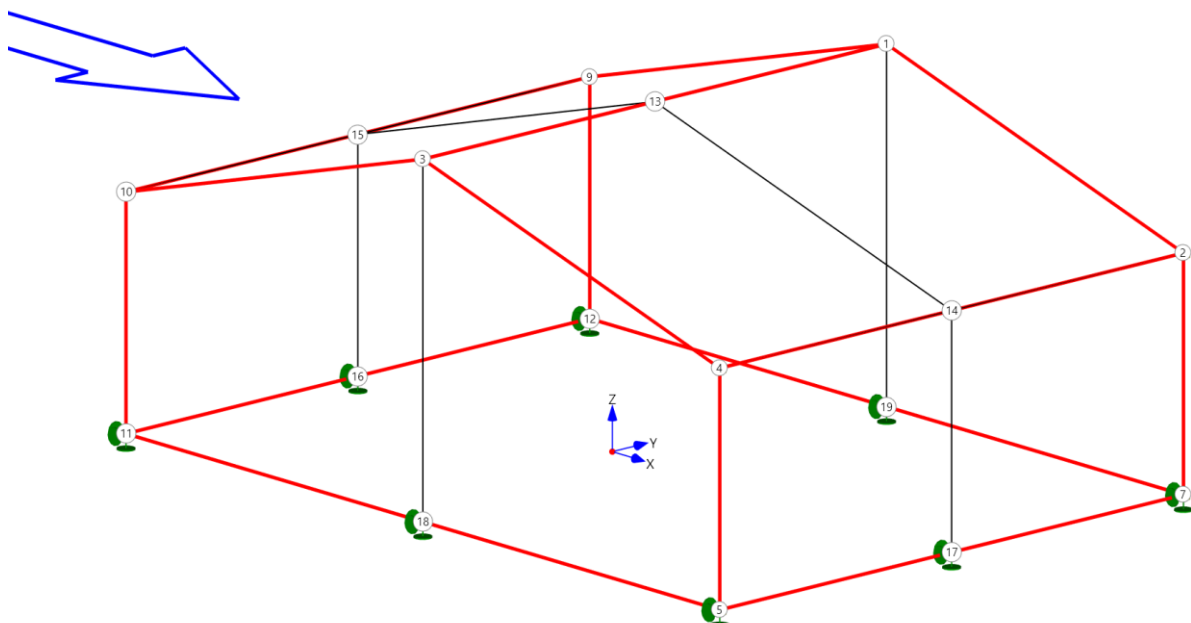
Definierte Gebäudetypen sind

- Flachdach
- Pultdach
- Satteldach

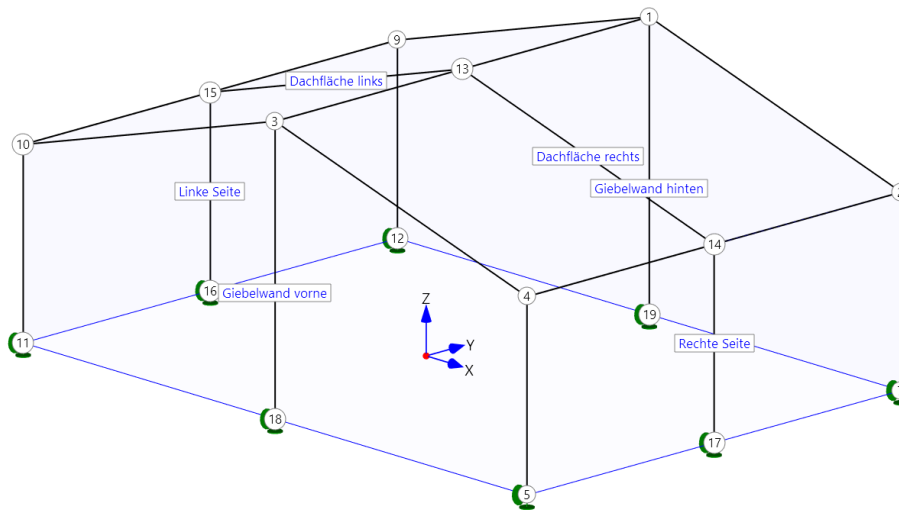
RSX analysiert die Struktur und versucht aus der Struktur der Daten, den Gebäudetyp zu ermitteln. Bei klaren geometrischen Verhältnissen funktioniert diese Analyse sehr zuverlässig. Bei Gebäuden mit Unregelmäßigkeiten in der Geometrie kann es erforderlich sein, zusätzliche Aktionen auszuführen.



Diese einfache Halle wird von RSX als Gebäude mit Satteldach erkannt. Beim Aufruf der Windlasten wird die erkannte Gebäudehülle dargestellt und die zugehörige Windrichtung.



Aus der hier rot dargestellten Gebäudehülle werden die entsprechenden Panels gebildet, die mit den Flächenlasten aus dem Dialog der Windlasten generiert werden. Der Dialog der Windlasten wird angezeigt, zu Auswahl der Gemeinde oder zur Eingabe der Werte der Windlasten.



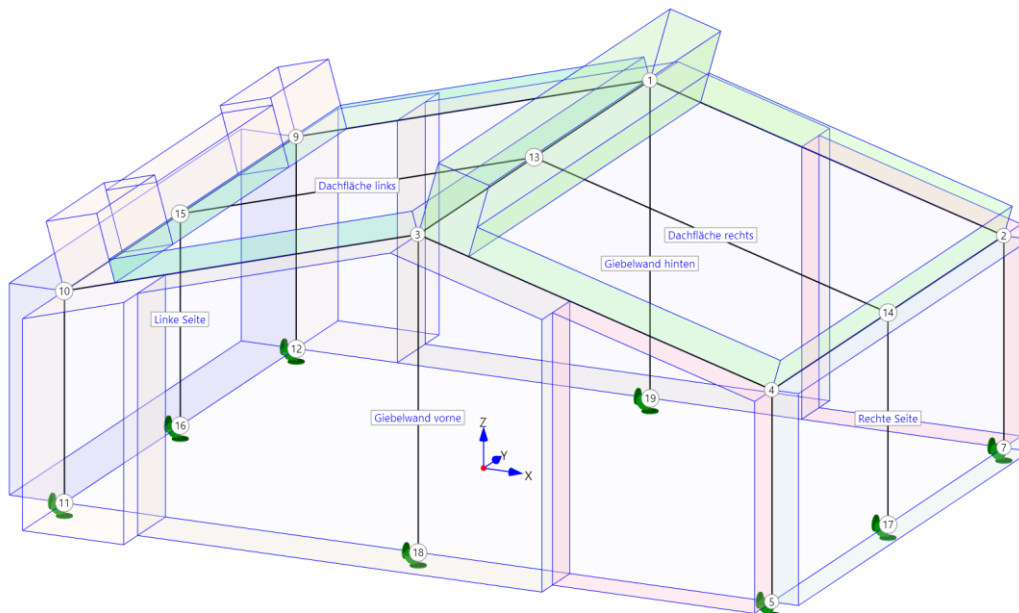
Die automatisch definierten Panels bekommen auch aussagekräftige Namen, so dass man sofort sehen kann, welche Seiten gemeint sind.

Die Lastfälle werden entsprechend der Norm erstellt. Der Dialog der Windlasten hat insgesamt 15 Flächenlasten, die über das Gebäude verteilt sind. Aus diesem einzelnen Flächenlasten werden die Lastfälle zusammengestellt.



- Wind von links Fall1
- Wind von links Fall 2
- Wind von links ohne Sog

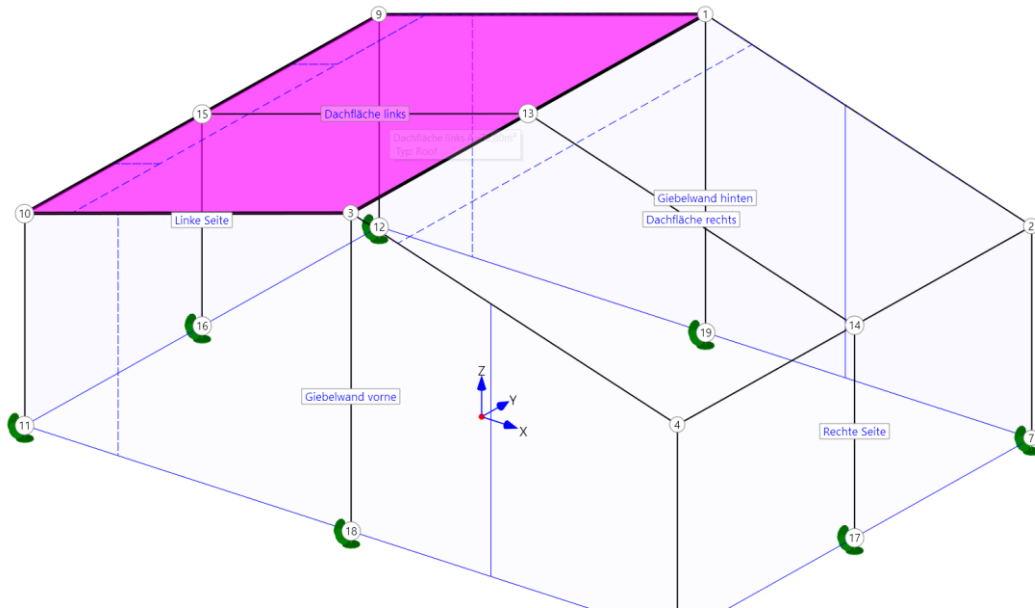
Fall 1 enthält die Sogspitzen an der angeströmten Dachfläche, der Fall 2 enthält nur den gleichmäßigen Sog an der angeströmten Dachfläche, der Wind von links ohne Sog enthält nur die Druckbelastungen auf der Dachfläche. Die Lasten auf den Giebelwänden sind überall enthalten.



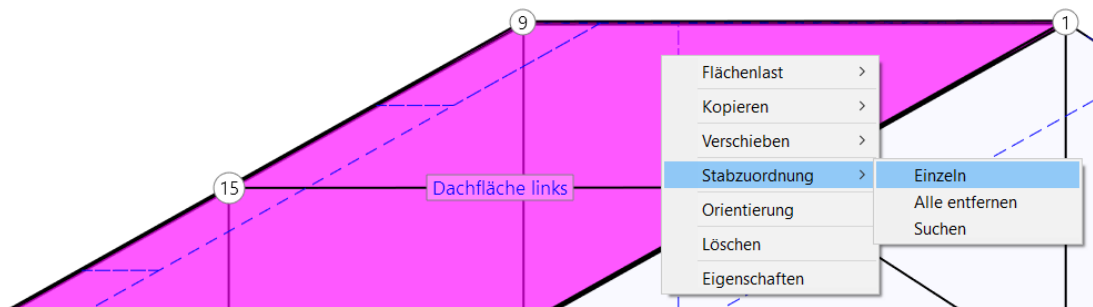
Wind von links mit den Sogspitzen an der angeströmten Dachfläche

Umrechnung der Flächenlasten in Linienlasten

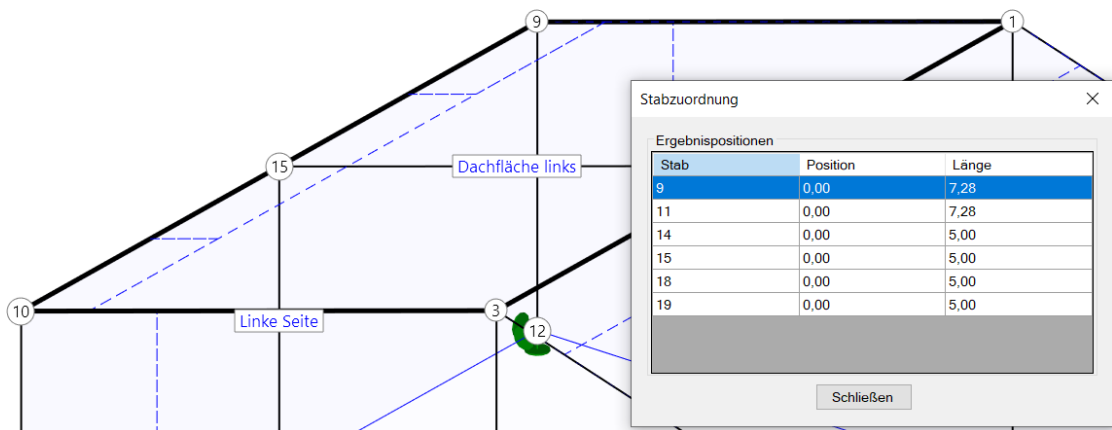
Für jedes Panel wird eine FEM-Berechnung ausgeführt. Für diese Berechnung müssen die lastabtragenden Stäbe bekannt sein. Die Zuordnung der lastabtragenden Stäbe wird bei den Panels eingestellt.



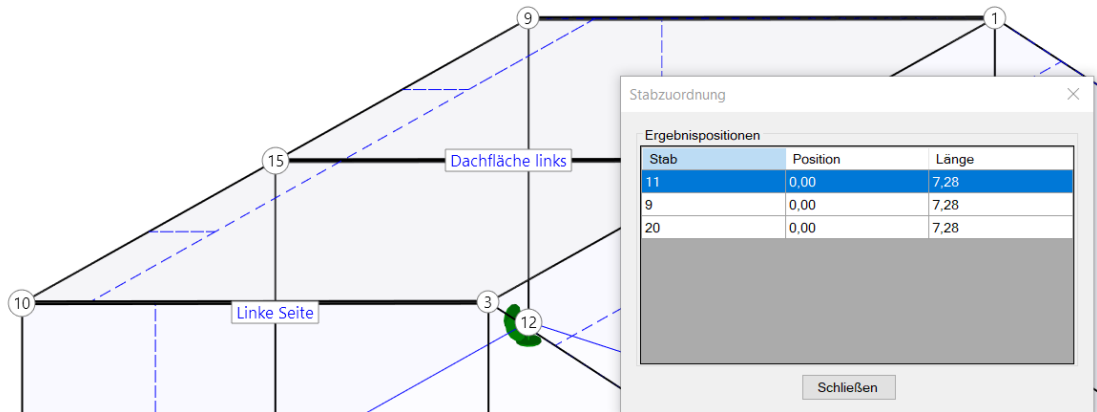
Das Panel „Dachfläche links“ hat nach der Definition einen Standardzuordnung, die im Bild zu sehen ist. Je nachdem, wie die Dacheindeckung gebaut ist, wird die Lastabtragung entweder von oben nach unten sein, oder von links nach rechts.



Die Stabzuordnung wird über die Kontextfunktion „Stabzuordnung → Einzeln“ eingestellt.



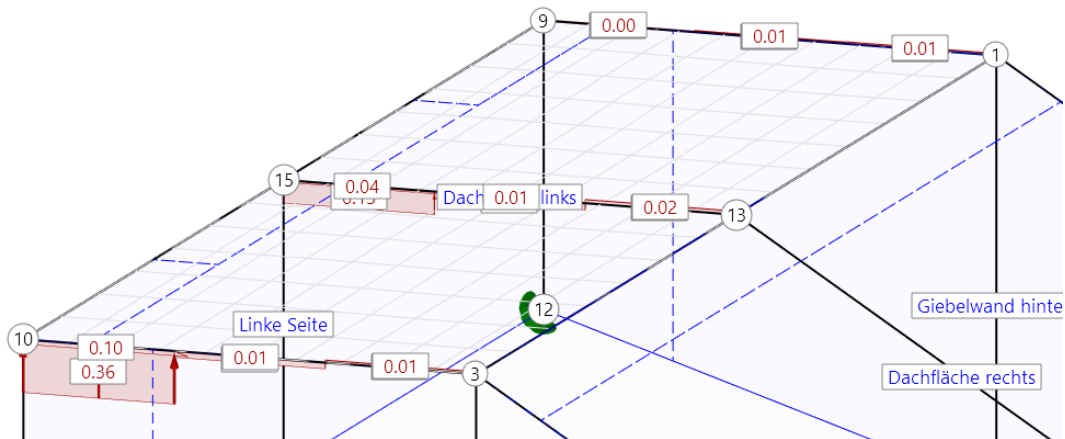
Durch Anklicken der Stäbe wird eine neue Zuordnung hergestellt.



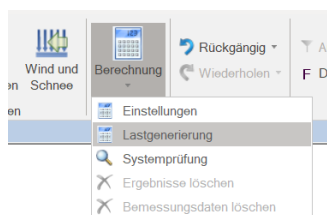
Die Lastabtragung wird also von links nach rechts über die Sparren erfolgen.

Jedes Panel muss vom Anwender auf die Lastabtragung geprüft und eingestellt werden!

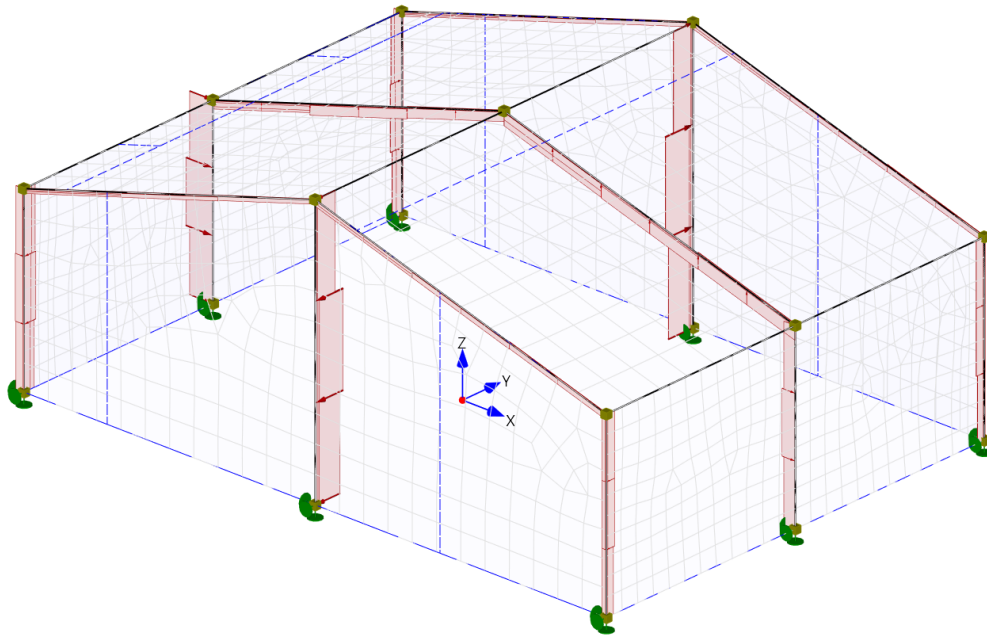
Sind alle Panels korrekt definiert kann die Lastgenerierung ausgeführt werden. Die Lastgenerierung wird vor jeder Berechnung immer automatisch ausgeführt, kann aber zur Kontrolle sowohl für alle Panels und alle Lasten, als auch einzeln für bestimmte Flächenlasten ausgeführt werden.



Lastverteilung nur für eine Sogspitze (linke vordere Ecke) über das Kontextmenü der Flächenlast ausgeführt – das Ergebnis ist plausibel.



Lastgenerierung für alle Panels und alle Lasten ausführen, analog zur Ausführung vor der Berechnung. Danach sind alle Stablasten in maximal 4 Lastfällen zusammengefasst.



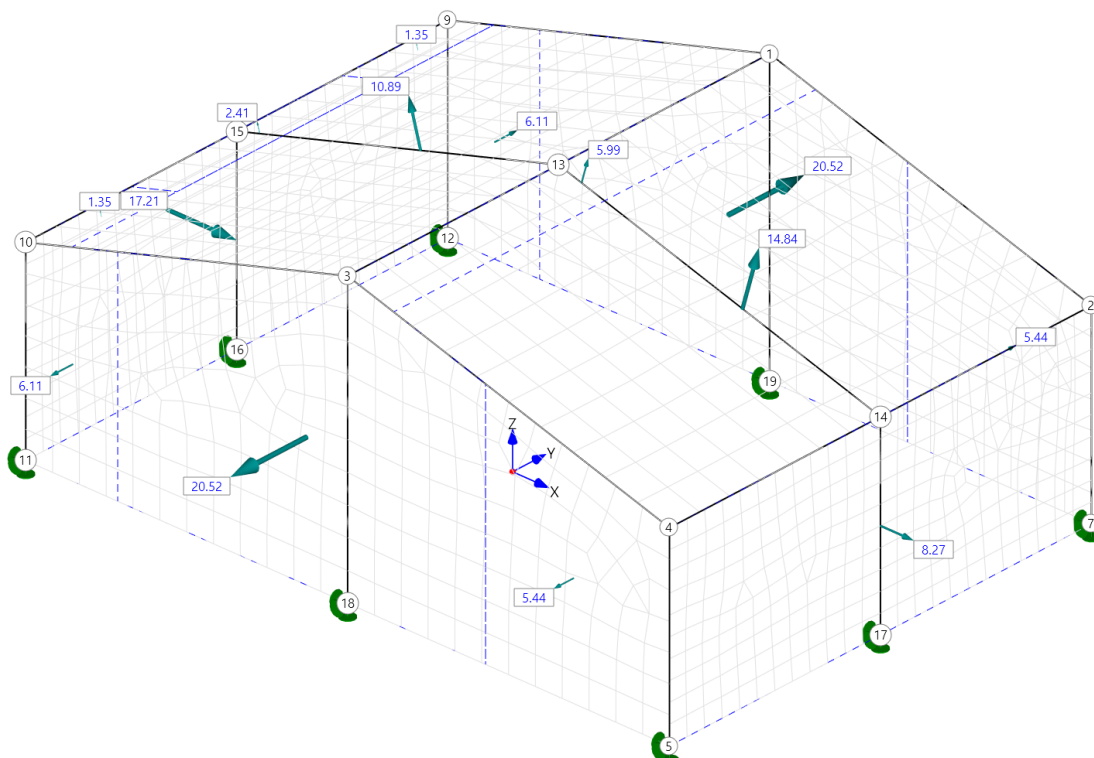
Diese Darstellung des Lastfall „Wind von links Fall 1“ ist für eine Kontrolle kaum zu gebrauchen, das Ergebnis muss man nach den vorherigen Prüfungen als plausibel und brauchbar ansehen.

Die entscheidende Frage ist immer: Sind die Stabzuordnungen bei den Panels korrekt?

Diese Frage kann man aus dem generierten Lastbild einigermaßen beantworten. Im Zweifelsfall noch einmal für jedes Panel kontrollieren. Noch einmal der Hinweis: Es gehen keine Lasten verloren, es kann nur sein, dass die Lasten anders als erwartet verteilt sind.

Kontrolle der Belastung aus Wind

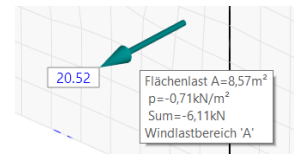
Für eine übersichtliche Kontrolle der Windlasten gibt es eine Darstellungsoption für die Flächenlasten, die man sehr schnell sowohl vom Betrag als auch von der Richtung kontrollieren kann. Die Darstellung der Flächenlasten kann durch mehrfachen Klick auf den Sichtbarkeitsbutton umgeschaltet werden. Pfeile mit Beschriftung, nur Rechtecke ohne Beschriftung, nur die Flächen als gestrichelte Linien und die Zusammenfassung zu Resultierenden (siehe Bild)



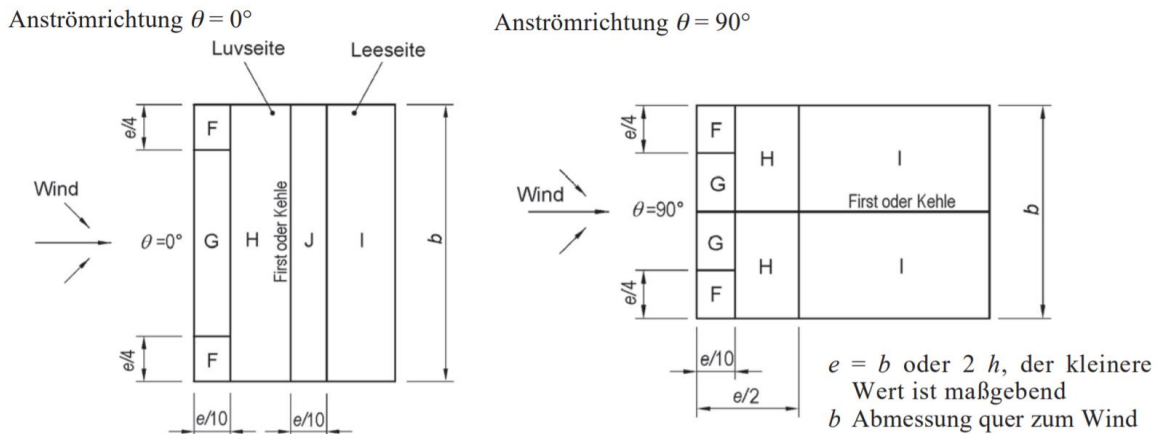
Die Flächenlasten werden für jede Flächen zu einer Resultierenden zusammengefasst und mit Betrag und Richtung dargestellt. Im Tooltip wird auch noch der Windlastbereich angegeben, die Gesamtlast und die Flächenlast mit der Flächengröße.

Diese Informationen finden sich auch als Dokumentation in der Ausgabe wieder.

Im Beispiel ist durch die Zusammenfassung gut zu sehen, dass die hohen Soglasten am vorderen Rand in der Summe ziemlich klein sind, weil die Fläche auch klein ist und das Gesamtverhalten des Systems wenig beeinflussen. Die vertikale Verankerung des Daches auf den Stützen wird bezüglich der Sogwerte zu beachten sein.



Satteldächer



Die Flächenlasten können in RSX als einzelne Lastfälle definiert werden, oder als zusammengefasste Lasten in einem Lastfall. Dabei müssen mehrere Lastfälle gebildet werden um alle unterschiedlichen Strömungsverhältnisse am Dach einigermaßen zu erfassen.

Tafel 3.34 Außendruckbeiwerte für Sattel- und Trogdächer

Neigungswinkel α ¹⁾	Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$ ²⁾ ; Bereich											
	F		G		H		I		J			
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$		
Trogdach	-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5	
	-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4	
	-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2	
	-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2			+0,2	
Satteldach	5°		-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2			+0,2	
				+0,0		+0,0		+0,0		-0,6		-0,6
	15°		-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
				+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0
	30°		-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4			-0,5
				+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0
	45°		-0,0		-0,0		-0,0		-0,2			-0,3
				+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0
60°		+0,7		+0,7		+0,7		-0,2			-0,3	
75°		+0,8		+0,8		+0,8		-0,2			-0,3	

Zitat: „Für die Anströmrichtung 0° und Neigungswinkeln von -5° bis $+45^\circ$ ändert sich der Druck schnell zwischen positiven und negativen Werten; daher werden sowohl der positive als auch der negative Wert angegeben. Bei solchen Dächern sind vier Fälle zu berücksichtigen, bei denen jeweils der kleinste bzw. größte Wert für die Bereiche F, G und H mit den kleinsten bzw. größten Werten der Bereiche I und J kombiniert werden. Das Mischen von positiven und negativen Werten auf einer Dachfläche ist nicht zulässig.“

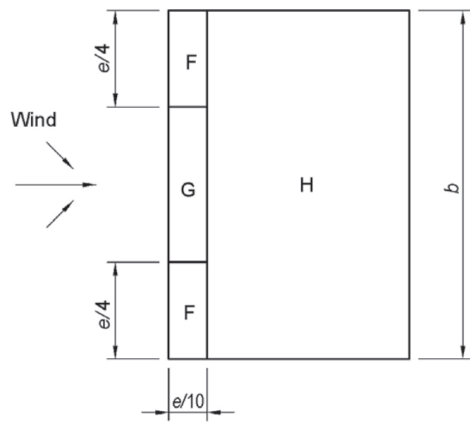
Lastfall	Kombination
Wind von links Fall 1	F-G-H Sog und I-J Sog
Wind von links Fall 2	F-G-H Druck und I-J Sog
Wind von links Fall 3	F-G-H Sog und I-J Druck
Wind von links Fall 4	F-G-H Druck und I-J Druck

Die Dachneigung spielt bei Satteldächern eine große Rolle. Flache Satteldächer haben im Bereich F-G-H sowohl Sog- als auch Druckwerte und Dächer mit 10 Grad Neigung und kleiner haben im Bereich I-J auch Sog- und Druckwerte. Satteldächer steiler als 45 Grad haben auf der angeströmten Seiten nur noch Druck und auf der abgewandten Seite nur noch Sog. Daraus ergeben sich bei den Kombinationen Fall1 bis Fall 4 sehr unterschiedliche Lastbilder.

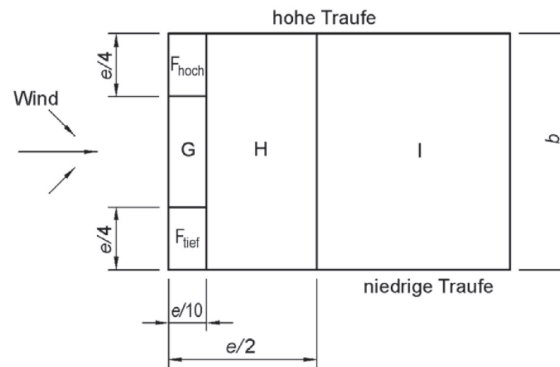
Pultdächer

Pultdächer mit eine Neigung <5 Grad werden als Flachdächer behandelt.

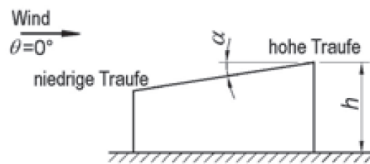
Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$ und $\theta = 180^\circ$



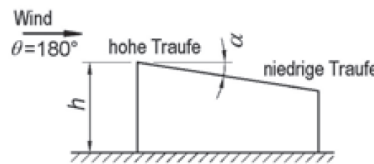
Anströmrichtung $\theta = 90^\circ$



Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$



Anströmrichtung $\theta = 180^\circ$



$e = b$ oder $2h$, der kleinere Wert ist maßgebend
 b Abmessung quer zum Wind

Bezugshöhe: $z_e = h$

Tafel 3.33 Außendruckbeiwerte für Pultdächer

Neigungswinkel $\alpha^1)$	Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$ ²⁾						Anströmrichtung $\theta = 180^\circ$					
	Bereich						Bereich					
	F		G		H		F		G		H	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3	-0,3	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2	-0,2	-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	
	+0,7		+0,7		+0,4							
45°	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0	-0,6	-1,3	-0,5		-0,7	
	+0,7		+0,7		+0,6							
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	

Zitat: „Bei Anströmrichtung 0° und bei Neigungswinkeln von $+5^\circ$ bis $+45^\circ$ ändert sich der Druck schnell zwischen positiven und negativen Werten. Für diesen Bereich wird daher sowohl der positive als auch der negative Außendruckbeiwert angegeben. Bei solchen Dächern sind beide Fälle (Druck und Sog) getrennt zu berücksichtigen, d.h. es sind erstens ausschließlich positive Werte (Druck) und zweitens ausschließlich negative Werte (Sog) zu betrachten.“

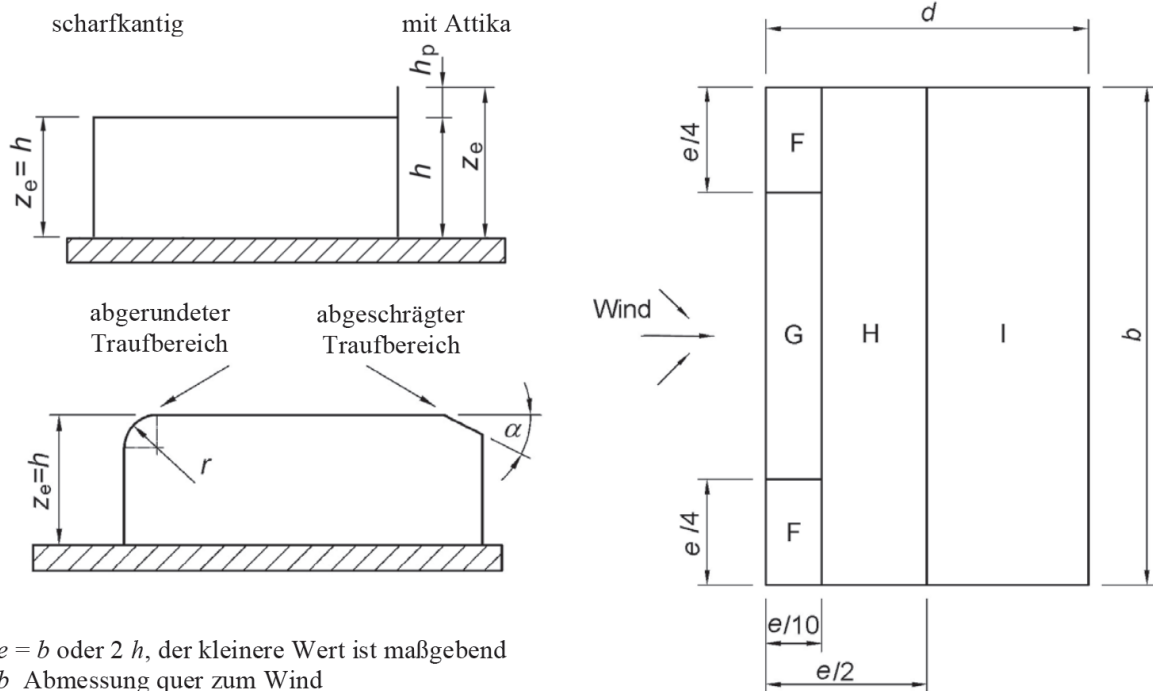
Lastfall	Kombination
Wind von links (180 Grad, über die hohe Traufkante)	F-G-H Sog (nur ein Lastfall)
Wind von rechts (0 Grad, über die niedrige Traufkante)	F-G-H Sog und alternativ F-G-H Druck (2 Lastfälle)

Anströmrichtung $\theta = 90^\circ$										
Neigungs- winkel $\alpha^{1)}$	Bereich									
	F_{hoch}		F_{tief}		G		H		I	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5°	-2,1	-2,6	-2,1	-2,4	-1,8	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
15°	-2,4	-2,9	-1,6	-2,4	-1,9	-2,5	-0,8	-1,2	-0,7	-1,2
30°	-2,1	-2,9	-1,3	-2,0	-1,5	-2,0	-1,0	-1,3	-0,8	-1,2
45°	-1,5	-2,4	-1,3	-2,0	-1,4	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
60°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,7	-1,2
75°	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,5	

Für diese Richtung und für alle Neigungen gibt es nur Sogwerte!

Lastfall	Kombination
Wind von der Seite (90 Grad)	Alle Flächen haben Sogwerte – ein Lastfall

Flachdach



$e = b$ oder $2 h$, der kleinere Wert ist maßgebend
 b Abmessung quer zum Wind

Tafel 3.32 Außendruckbeiwerte für Flachdächer

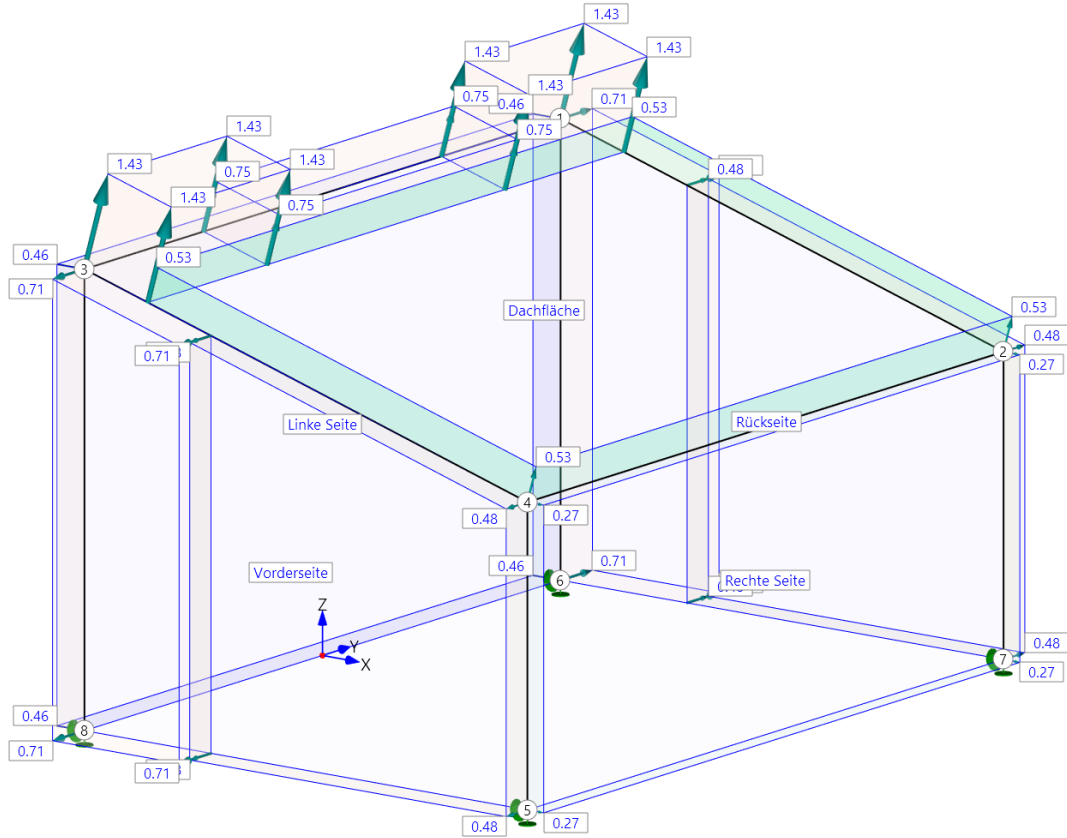
Ausbildung des Traufbereichs	Artikel I. Bereich								
	F		G		H		I		
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	
Scharfkantiger Traufbereich	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+0,2	-0,6	
Mit Attika	$h_p/h = 0,025$	-1,6	-2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+0,2	-0,6
	$h_p/h = 0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+0,2	-0,6
	$h_p/h = 0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+0,2	-0,6

Zitat: „Bei Flachdächern mit Attika oder abgerundetem Traufbereich darf für Zwischenwerte h_p/h und r/h linear interpoliert werden. Bei Flachdächern mit mansardendachartigem Traufbereich darf für Zwischenwerte von α zwischen $\alpha = 30^\circ, 45^\circ$ und 60° linear interpoliert werden. Für $\alpha > 60^\circ$ darf zwischen den Werten für 60° und den Werten für Flachdächer mit scharfkantigem Traufbereich interpoliert werden. **Im Bereich I, für den positive und negative Werte angegeben werden, sollten beide Werte berücksichtigt werden.**“

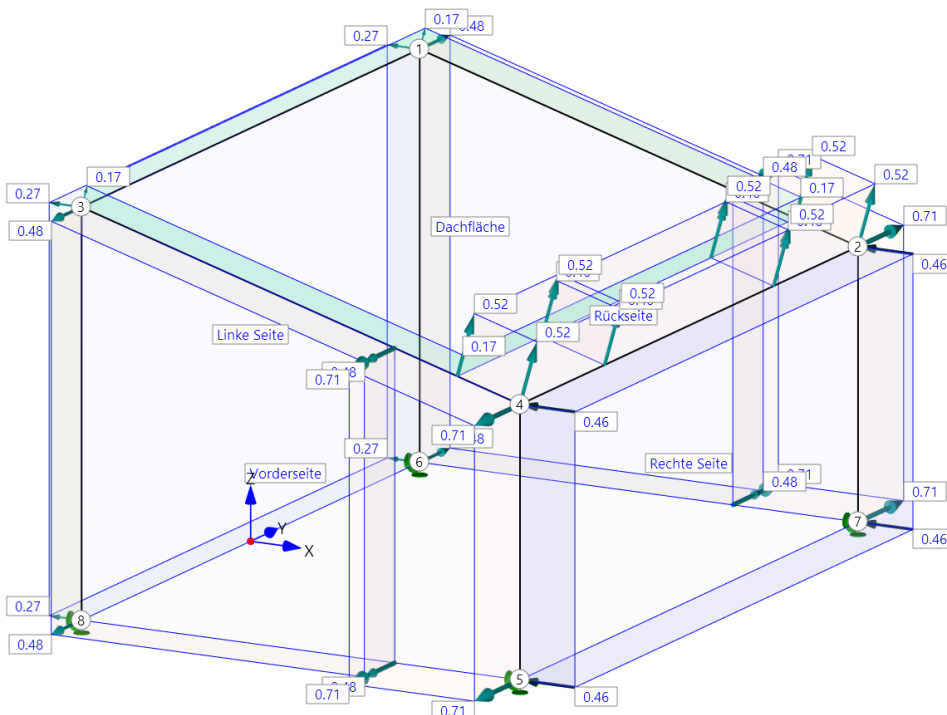
Lastfälle in RSX

Pultdach < 30 Grad

Wind (von links) über die hohe Traufkante – ein Lastfall, alles Sog



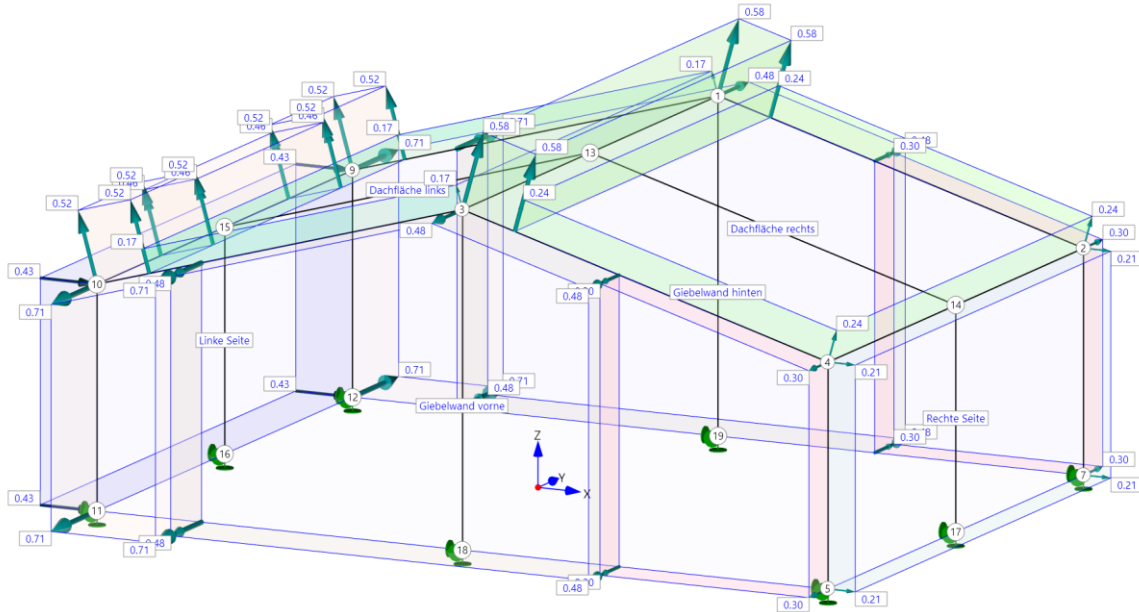
Wind (von rechts) über die niedrige Traufkante – Sog



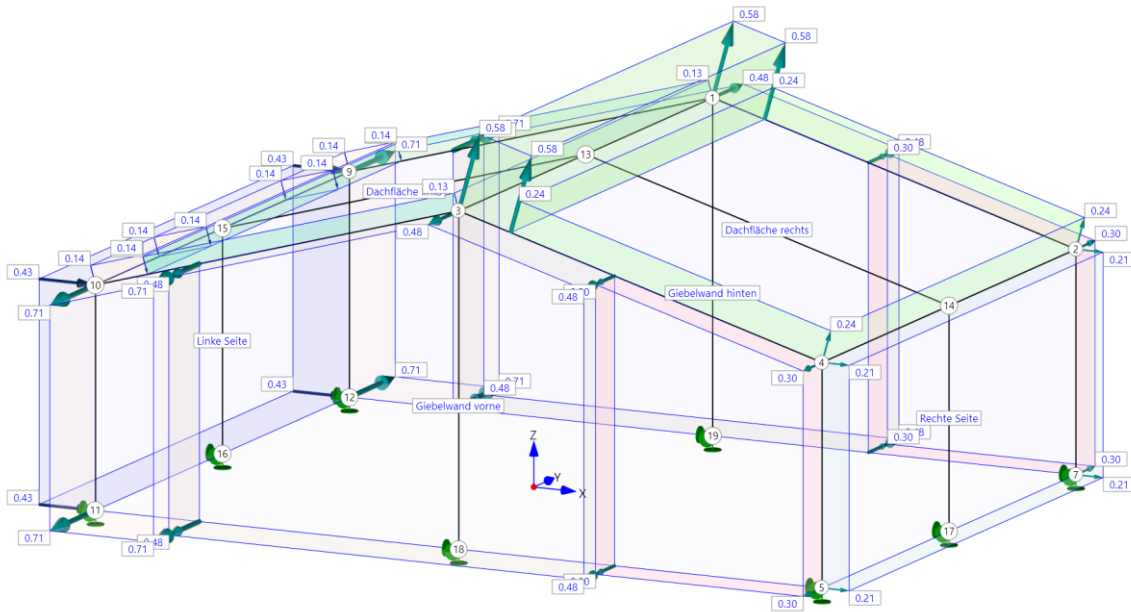
Satteldach < 30 Grad und > 15 Grad

Wind von links – Windrichtung quer zum Giebel, symmetrisches Dach

Wind von links Fall 1 – links Sog – rechts Sog



Wind von links Fall 2 – links Druck – rechts Sog



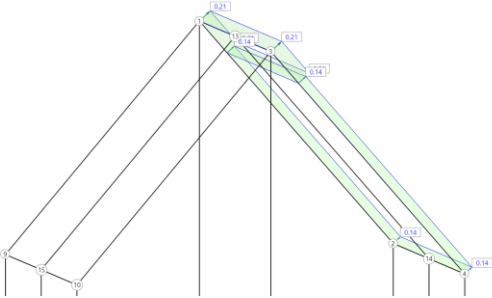
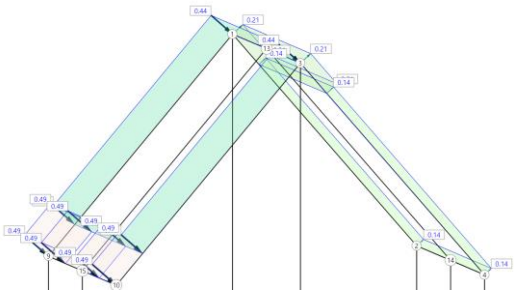
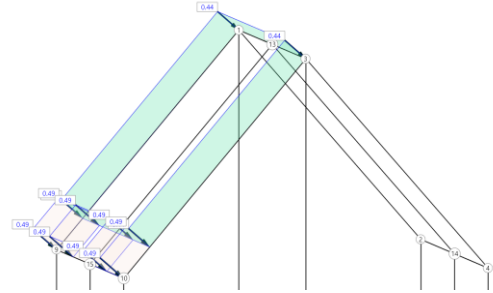
Flachdach

<p>Wind von links - Sog</p>	<p>Wind von der Seite – Sog</p>
<p>Lastfall fehlt noch!</p>	<p>Lastfall fehlt noch!</p>
<p>Wind von links – Druck (auf dem Bereich I)</p>	<p>Wind der Seite - Druck (auf dem Bereich I)</p>

Verschiedene Richtungen gibt es hier eigentlich nicht, aber es werden trotzdem verschiedene Lastfälle für zwei Richtungen erstellt, damit das Gebäude von beiden Seiten belastet wird.

Satteldach 45 Grad und steiler

Bei diesen Dächern gibt es keinen Sog auf der linken Seite und keinen Druck auf der rechten Seite. Also entfällt der Fall 3 und bei Fall 1 und Fall 4 sind die Lasten nur auf einer Seite anzusetzen.

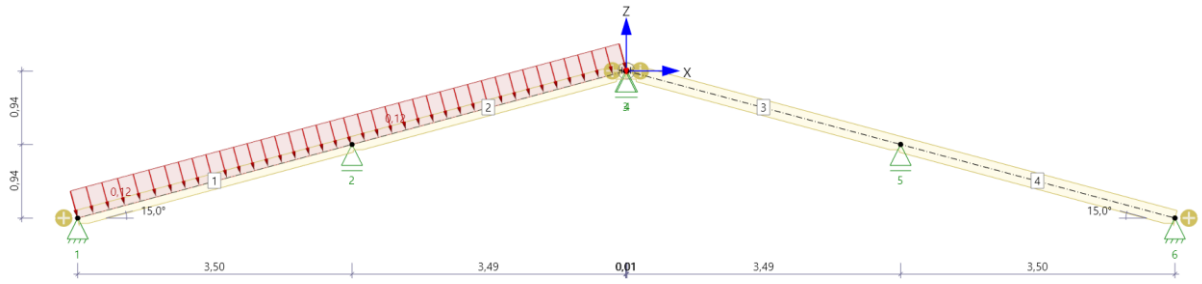
	
<p>Wind von links Fall 1 (Sog-Sog)</p>	<p>Wind von links Fall 2 (Druck-Sog)</p>
<p>Dieser Lastfall entfällt, weil Links kein Sog und Rechts kein Druck</p>	
<p>Wind von links Fall 3 (Sog-Druck)</p>	<p>Wind von links Fall 4 (Druck-Druck)</p>

Sind die Dächer zwischen 30 und 45 Grad, dann gibt es auf der rechten Seite noch einen kleinen Bereich mit Druck.

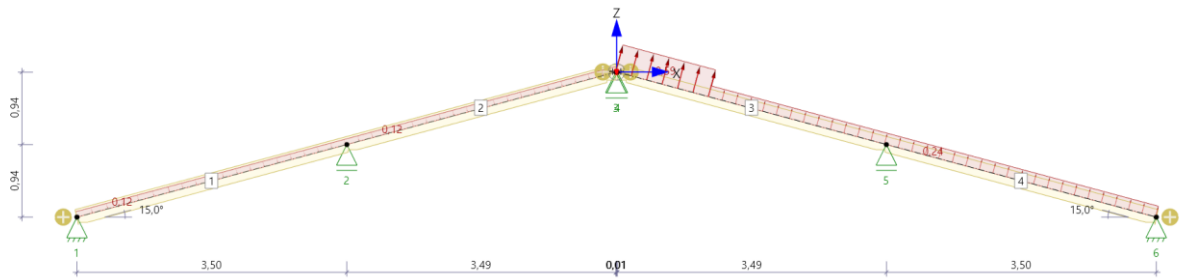
Zwischen 15 und 30 Grad sind alle 4 Lastfälle mit Lasten bestückt.

Vergleich mit Dachprogramm Sparrendach 15 Grad

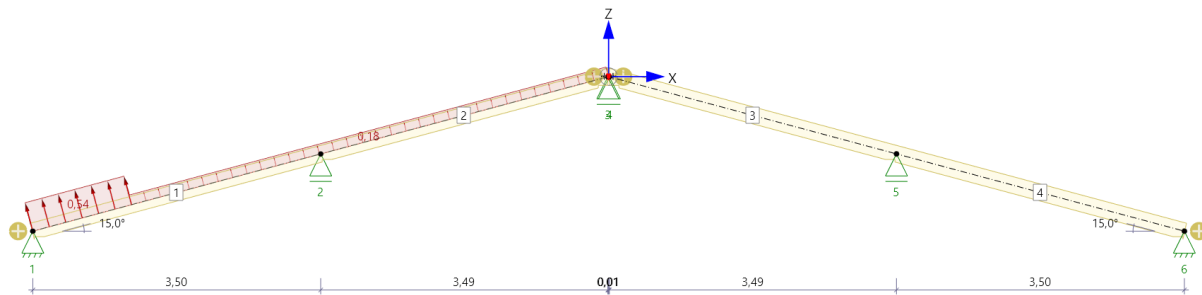
Wind von links – Druck – keine Last



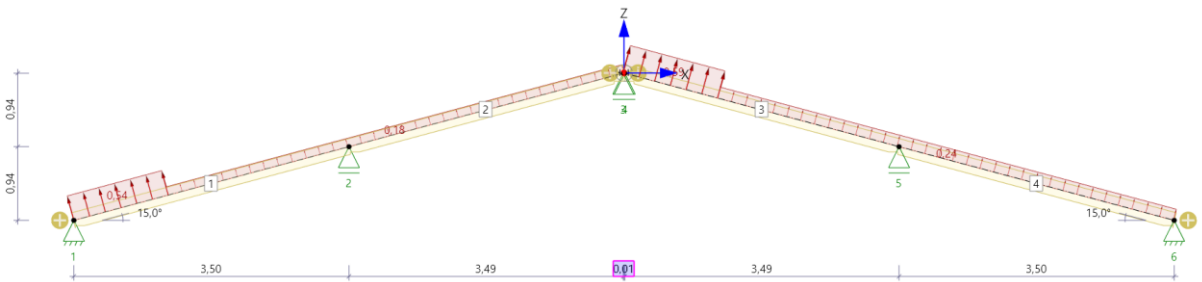
Wind von links – Druck - Sog



Wind von links – Sog – keine Last

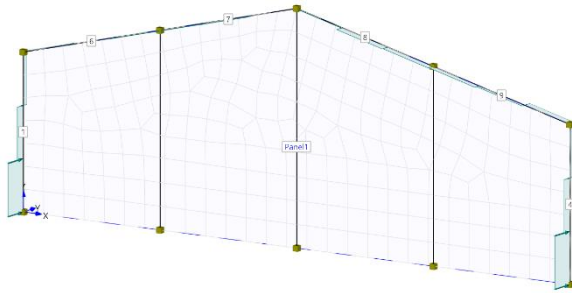


Wind von links – Sog – Sog



Ein paar Hinweise zur Lastabtragung

Eine Seitenwand einer Halle wird mit einer Flächenlast belastet. Als Lastabtragung wird 2-achsig gewählt und alle vorhandenen Stäbe sind für die Lastabtragung aktiviert.



Die Lastabtragung erfolgt über die Kontur des Panels und das entspricht einer 3-seitig gelagerten Platte. Deswegen auch der eigenwillige Verlauf der Lasten mit einem Vorzeichenwechsel. Was wäre zu tun?

Am unteren Rand des Stabwerks ist normalerweise ein Fundamentbalken, der für die Lastabtragung mit modelliert werden muss.

Wird der Fundamentbalken in die Lastabtragung des Panels einbezogen, entstehen plausible Lastverteilungen, auch bei 2-achsiger Lastabtragung.

Der Normalfall wird aber eine 1-achsige Verteilung sein, z.B. über Trapezbleche, die horizontal an den Stützen aufgelagert sind.

Wird die Lastabtragung 1-achsig über die vertikalen Stäbe gesetzt, passt die Lastverteilung auch ohne Fundamentbalken. Das untere Bild zeigt diese Verteilung über die vertikalen Stäbe mit 1-achsiger Biegung.

