

Die neue Windlastnorm DIN 1055-4

Dr. Heinrich Schroeter

Dr. Schroeter & Dr. Kneidl Beratende Ingenieure GmbH, Weiden

Zusammenfassung

Die neue, an den EC1 angepasste, Wind-Norm DIN 1055-4 wird mit ihren wesentlichen neuen Regelungen vorgestellt. Am Beispiel eines rechteckigen Baukörpers wird die Ermittlung des Geschwindigkeitsdrucks auf die verschiedenen Außenflächen gezeigt und mit der Norm DIN 1055 Teil 4 von 1986 verglichen. Die Ermittlung dieser Windlasten mit den Möglichkeiten der SOFiSTiK Programme wird vorgeführt und mit den Ergebnissen der Handrechnung verglichen.

1 EINLEITUNG

Seit einigen Jahren werden die Lastnormen der Reihe DIN 1055 überarbeitet. Ziel der Überarbeitung ist die Anpassung an das probabilistische Sicherheitssystem und besonders bei der Windnorm DIN 1055-4 [1], ein annähernd vergleichbares Sicherheitsniveau in ganz Deutschland. Die Norm ist im März 2005 als Weißdruck erschienen. Eine gute Darstellung der Hintergründe der Neubearbeitung ist in [2] zu finden.

1.1 Was ist neu?

Änderungen gegenüber DIN 1055-4: 1986-08 und DIN 1055-4/A1: 1987-06

- vollständige Überarbeitung auf der Grundlage von DIN V ENV 1991-2-4
- Übernahme des europäischen Konzepts zur Ermittlung von Windkarten auf der Grundlage von Windzonen
- Regelungen für schwingungsfällige Tragwerke
- Erweiterung der Beispiele für aerodynamische Beiwerte
- Regelungen für den Einfluss der Geländerauhigkeit
- Regelungen für wirbelerregte Querschwingungen.
- Regelungen für Gebäude bis 300 m Höhe
- Windlasten für vorübergehende Zustände mit der Dauer von 3 Tagen bis 24 Monate

Keine Regelungen für:

- abgespannte Maste – dort gilt weiterhin ENV 1993-3-1
- Keine Regelungen für Brücken – dort gelten die DIN-Fachberichte

Im Rahmen der kurzen zur Verfügung stehenden Zeit kann nur auf die Windlasten bei nicht schwingungsanfälligen Bauwerken eingegangen werden.

2 WICHTIGE REGELUNGEN

2.1 Schwingungsanfälligkeit

Es wird ein neues Kriterium für die Schwingungsanfälligkeit eingeführt. Wenn dieses Kriterium eingehalten ist, können die Windlasten als quasi ruhende Lasten betrachtet werden. Ist es nicht eingehalten, muss der Wind durch einen Böenreaktionsfaktor vergrößert werden. Im Rahmen dieses Referats wird darauf nicht eingegangen.

Kriterium:

$$\frac{x_s}{h} \leq \frac{\delta}{\left(\sqrt{\frac{h_{ref}}{h} \frac{h+b}{b}} + 0,125 \sqrt{\frac{h}{h_{ref}}} \right)^2} \quad \text{mit} \quad h_{ref} = 25 \text{ m}$$

mit

x_s..... der Kopfpunktverschiebung unter Eigenlast in Windrichtung wirkend angenommen, in m

δ..... das logarithmische Dämpfungsdekrement nach Anhang F der Norm,

b..... der Breite des Bauwerks in m

h..... der Höhe des Bauwerks in m.

Wohn- Büro- und Industriegebäude bis 25 m Höhe gelten ohne besonderen Nachweis als nicht schwingungsanfällig.

2.2 Böengeschwindigkeitsdruck

Was in der alten Norm Staudruck genannt wurde, heißt jetzt Böengeschwindigkeitsdruck.

Allerdings ist die Norm in dieser Bezeichnung nicht konsequent: Es wird ebenso oft der einfachere Ausdruck Geschwindigkeitsdruck verwendet.

Der Druck ist wie bisher von der Geschwindigkeit abhängig:

$$q = \frac{\rho}{2} v^2 \quad \text{bzw.} \quad q = \frac{v^2}{1600}$$

mit

v = Windgeschwindigkeit in m/sec

ρ = Luftdichte in kg/m³

(1,25 bei einem Luftdruck von 1013 hPa und einer Temperatur von 10°C)

$q = \text{Druck in kN/m}^2$

2.3 Windgeschwindigkeit und Böengeschwindigkeitsdruck

Die Windgeschwindigkeit wird in einer Windkarte mit 4 Windzonen angegeben. Der Bereich der Mittelgebirge ist in der Zone 1 eingestuft, das norddeutsche Tiefland und das Voralpenland in Zone 2. Der Küstennahe Bereich Norddeutschlands ist Zone 3 und die Zone 4 ist der eigentlichen Küste und den Inseln der Nordsee vorbehalten.

In der Windkarte werden für die Zonen angegeben:

v_{ref} [m/sec] mittlere Referenzgeschwindigkeit

q_{ref} [kN/m²] Geschwindigkeitsdruck

Aus q_{ref} kann der höhenabhängige Böengeschwindigkeitsdruck $q(z)$ auf zwei unterschiedlichen Wegen ermittelt werden:

Aus einem Profil in Abhängigkeit von der Geländerauhigkeit

Dies ist vollständig in Anhang B erläutert – hier wird aus Zeitgründen darauf nicht eingegangen. Aber mit dieser Methode arbeitet SOFILOAD.

In Anhang B sind die Geschwindigkeiten angegeben, aus denen der Druck zu errechnen ist.

Im Abschnitt 10.3 der Norm sind für drei dieser Profile, die sogenannten Standardprofile, direkt die Drücke $q(z)$ angegeben. Dies entspricht exakt den Werten nach Anhang B. Bei Benutzung der Formeln nach Abschnitt 10.3 erspart man sich bei der Handrechnung den Rechengang $q(z) = V(z)^2/1600$.

Bei Bauwerken bis 25 m Höhe vereinfacht konstant über die gesamte Höhe nach Tabelle 2 im Abschnitt 10.2 in Abhängigkeit von der Windzone und dem Geländeprofil

Mit dem Standardprofil Binnenland wird der Böengeschwindigkeitsdruck im Abschnitt 10.3 nach den folgenden Formeln errechnet:

Für $z \leq 7\text{m}$: $q(z) = 1,5 q_{\text{ref}}$

Für $7\text{m} < z \leq 50\text{m}$: $q(z) = 1,7 q_{\text{ref}}(z/10)^{0,37}$

Für $50\text{m} < z \leq 300\text{m}$: $q(z) = 2,1 q_{\text{ref}}(z/10)^{0,37}$

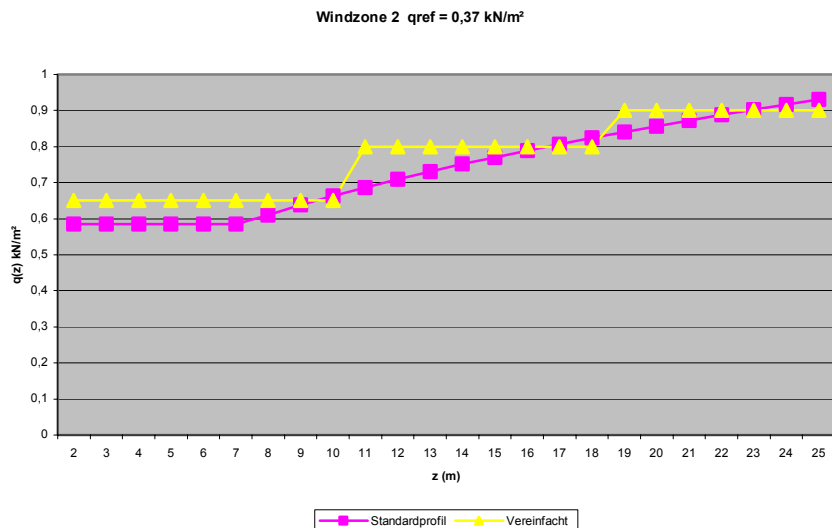
Vereinfacht kann der Böengeschwindigkeitsdruck nach Tabelle 2 angenommen werden:

Tabelle 2 — Vereinfachte Geschwindigkeitsdrücke für Bauwerke bis 25 m Höhe

Windzone		Geschwindigkeitsdruck q in kN/m^2 bei einer Gebäudehöhe h in den Grenzen von		
		$h \leq 10 \text{ m}$	$10 \text{ m} < h \leq 18 \text{ m}$	$18 \text{ m} < h \leq 25 \text{ m}$
1	Binnenland	0,50	0,65	0,75
2	Binnenland	0,65	0,80	0,90
	Küste und Inseln der Ostsee	0,85	1,00	1,10
3	Binnenland	0,80	0,95	1,10
	Küste und Inseln der Ostsee	1,05	1,20	1,30
4	Binnenland	0,95	1,15	1,30
	Küste der Nord- und Ostsee und Inseln der Ostsee	1,25	1,40	1,55
	Inseln der Nordsee	1,40	–	–

Der Vergleich der Werte nach den Formeln für das Standardprofil Binnenland und nach den vereinfachten Werten der Tabelle 2 zeigt, dass jeweils bei der Höhengrenzen des Standardprofils die vereinfachten Werte geringer sind als die Werte nach Standardprofil, dazwischen allerdings deutliche Abweichungen in die andere Richtung vorkommen.

z [m]	Windzone 1 $q_{\text{ref}} = 0,32$			Windzone 2 $q_{\text{ref}} = 0,39$		
	Standardprofil	Vereinfacht	Abweichung	Standardprofil	Vereinfacht	Abweichung
7	0,48	0,5	4,2%	0,585	0,65	11,1%
10	0,544	0,5	-8,1%	0,663	0,65	-2,0%
12	0,582	0,65	11,7%	0,709	0,8	12,8%
18	0,676	0,65	-3,9%	0,824	0,8	-2,9%
25	0,764	0,75	-1,8%	0,931	0,9	-3,3%



2.4 Windlasten

Windlasten treten auf in Form von

- Winddrücken
- Windkräften

Bei Windkräften unterscheidet die Norm zwischen:

- Windkraft infolge Druck auf Bauteile (z. B. prismatische Stäbe)
- Windkraft infolge Druck auf das gesamte Bauwerk (resultierende der Drücke)
- Windkräfte infolge Reibung

3 ERMITTLUNG VON WINDDRÜCKEN

3.1 Grundlagen

Der Winddruck wird wie bisher aus aerodynamischen Beiwerten und dem Winddruck ermittelt:

Winddruck auf eine Außenfläche:

$$w_e = c_{pe} * q(z_e)$$

Allerdings ist jetzt zusätzlich der Winddruck auf eine Innenfläche zu berücksichtigen:

$$w_i = c_{pi} * q(z_i)$$

Die aerodynamischen Beiwerte c_{pe} und c_{pi} sind in großer Ausführlichkeit in Abschnitt 12 der Norm angegeben.

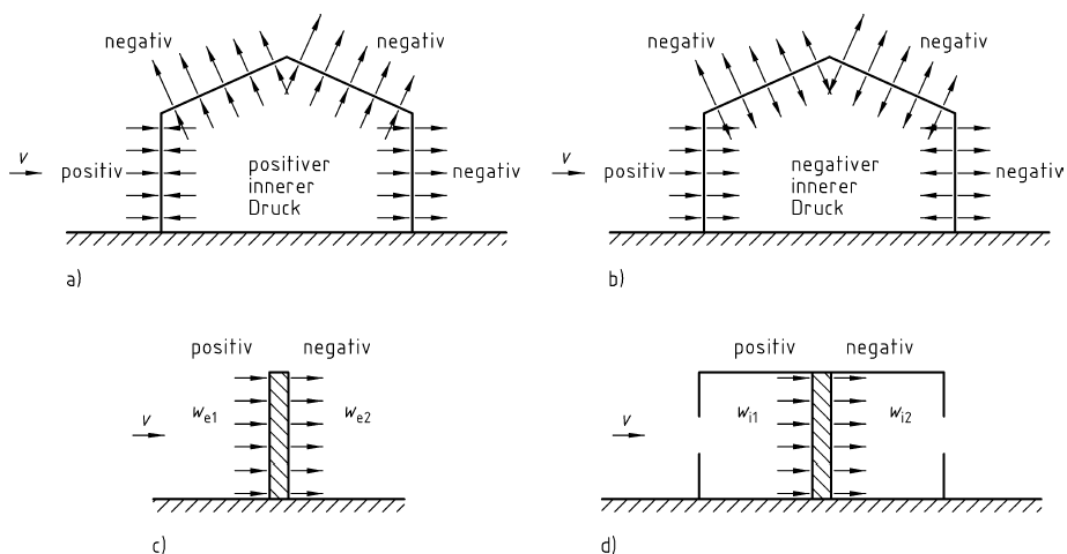


Bild 1 — Druck auf Bauwerksflächen

Die Norm sagt zur Berücksichtigung des Innendrucks:

8 (4) Der Innendruck in einem Gebäude hängt von Größe und Lage der Öffnungen in der Außenhaut ab. Er wirkt auf alle Raumabschlüsse eines Innenraumes gleichzeitig und mit gleichem Vorzeichen.

(5) Die Belastung infolge von Winddruck ist die Resultierende von Außen- und Innendruck. Beispiele für die Überlagerung sind in Bild 1 angegeben. Sofern der Innendruck entlastend auf eine betrachtete Reaktionsgröße einwirkt, ist er zu null anzunehmen.

Und in Kapitel 12:

12.1.8 Innendruck bei geschlossenen Baukörpern

(1) In Räumen mit durchlässigen Außenwänden ist der Innendruck zu berücksichtigen, wenn er ungünstig wirkt. Eine Wand, bei der ein Anteil der Wandfläche bis 30 % offen ist, gilt als durchlässige Wand. Fenster, Türen und Tore dürfen im Hinblick auf den Innendruck als geschlossen angesehen werden, sofern sie nicht betriebsbedingt bei Sturm geöffnet werden müssen, wie z. B. die Ausfahrtstore von Gebäuden für Rettungsdienste.

(2) Innen- und Außendruck sind gleichzeitig wirkend anzunehmen. Dabei wirkt der Innendruck auf alle Raumabschlüsse eines Innenraumes gleichzeitig und mit gleichem Vorzeichen.

(3) Der Nachweis des Innendrucks ist in der Regel nur bei Gebäuden mit nicht unterteiltem Grundriss wie z. B. Hallen erforderlich, jedoch nicht bei üblichen Büro- und Wohngebäuden. Bei Gebäuden, die überwiegend durch leichte Trennwände unterteilt sind, wird der Nachweis nach Absatz (7) empfohlen. Liegt der Öffnungsanteil der Außenwände unter 1 % und ist er über der Fläche annähernd gleichmäßig verteilt, ist der Nachweis ebenfalls nicht erforderlich.

Der auf den ersten Blick etwas erschreckende Eindruck, dass jetzt die Windlastermittlung zusätzlich verkompliziert wird, reduziert sich auf wenige Bauwerke:

- Bauwerke mit dauerhaft durchlässigen Fassaden (z. B. Viehställe, Lagergebäude) mit bis zu 30% Öffnungsanteil
- Kfz.Garagen für Rettungsdienste, Feuerwehren und ähnliches.

Zum Problem der entlastenden Wirkung von Winddrücken, z.B. bei Windsog auf Hallendächern, wird statt der bisher in den Erläuterungen enthaltenen ausführlichen Regelungen schlicht festgestellt:

(6) Die angegebenen Winddrücke wirken nicht notwendigerweise gleichzeitig auf allen Punkten der Oberfläche. Der entsprechende Einfluss auf eine betrachtete Reaktionsgröße ist gegebenenfalls zu untersuchen.

(7) Dieses trifft insbesondere für weitgespannte Rahmen- und Bogentragwerke zu. Eine in der Regel konservative Abschätzung besteht darin, die günstig wirkenden Lastanteile zu null zu setzen.

Es ist also in Zukunft bei einer weitgespannten Halle der Fall „Windsog auf dem Dach = Null“ zu untersuchen.

3.2 Aerodynamische Beiwerte

Die folgenden Beiwerte sind in der Norm enthalten

- 12.1. Druckbeiwerte für Gebäude
- 12.2. Druckbeiwerte für freistehende Dächer
- 12.3. Druckbeiwerte für freistehende Wände und Kraftbeiwerte für Anzeigetafeln
- 12.4. Kraftbeiwerte für Bauteile mit rechteckigem Querschnitt
- 12.5. Kraftbeiwerte für Bauteile mit kantigem Querschnitt
- 12.6. Kraftbeiwerte für Bauteile mit regelmäßigem polygonalem Querschnitt
- 12.7. Kreiszyylinder – Kraft- und Druckbeiwerte
- 12.8. Kraftbeiwerte für Kugeln
- 12.9. Kraftbeiwerte für Fachwerke
- 12.10. Abminderung der Windkräfte auf hintereinander liegende gleiche Stäbe, Tafeln oder Fachwerke
- 12.11. Kraftbeiwerte für Flaggen
- 12.12. Reibungsbeiwerte
- 12.13. Effektive Schlankheit und Abminderungsfaktor $\psi\lambda$ zur Berücksichtigung der Schlankheit

Im folgenden werden lediglich die vertikalen Wände von Gebäuden mit rechteckigem Grundriss behandelt.

Bei der Ermittlung der Winddrücke ist jetzt zusätzlich zu beachten:

12.1.1 (1) Die Außendruckbeiwerte c_{pe} für Bauwerke und Bauteile hängen von der Größe der Lasteinzugsfläche A ab. Sie werden in den maßgebenden Tabellen für die entsprechende Gebäudeform für Lasteinzugsflächen von 1 m^2 und von 10 m^2 als $c_{pe,1}$ bzw. $c_{pe,10}$ angegeben.

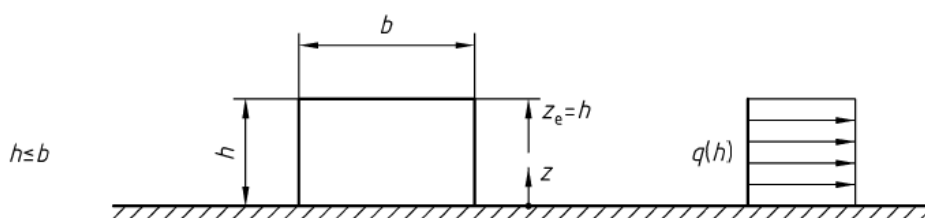
Für Flächen zwischen 1 und 10 m^2 ist mit dem Logarithmus der Fläche A zu interpolieren

3.3 Geschwindigkeitsdruck auf Außenwände

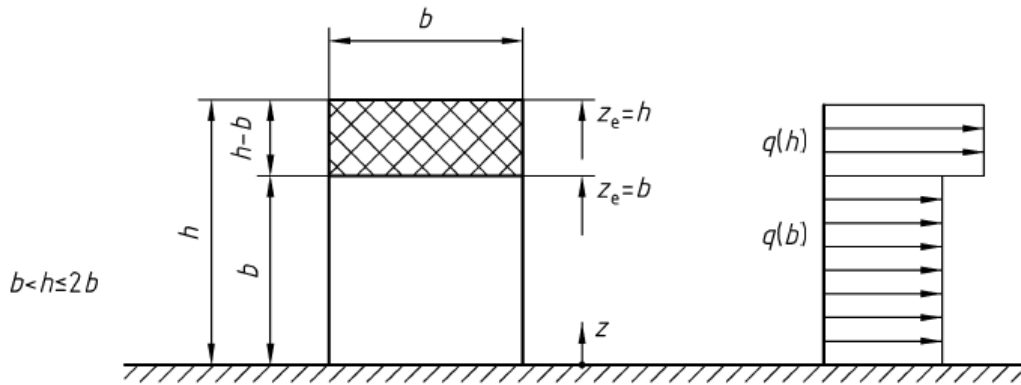
In Abhängigkeit vom Verhältnis Gebäudehöhe zur Breite der angeströmten Fläche unterscheidet die Norm drei Fälle:

Fall 1: $h \leq b$

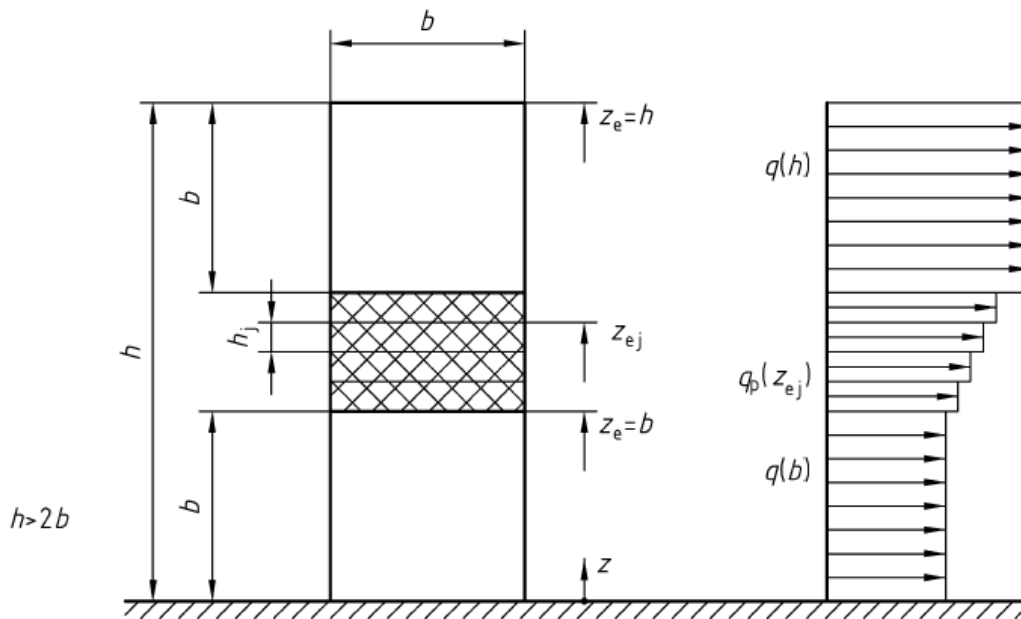
$$q = \text{const} = q(h)$$



Fall 2: $b < h \leq 2b$ q in zwei Streifen



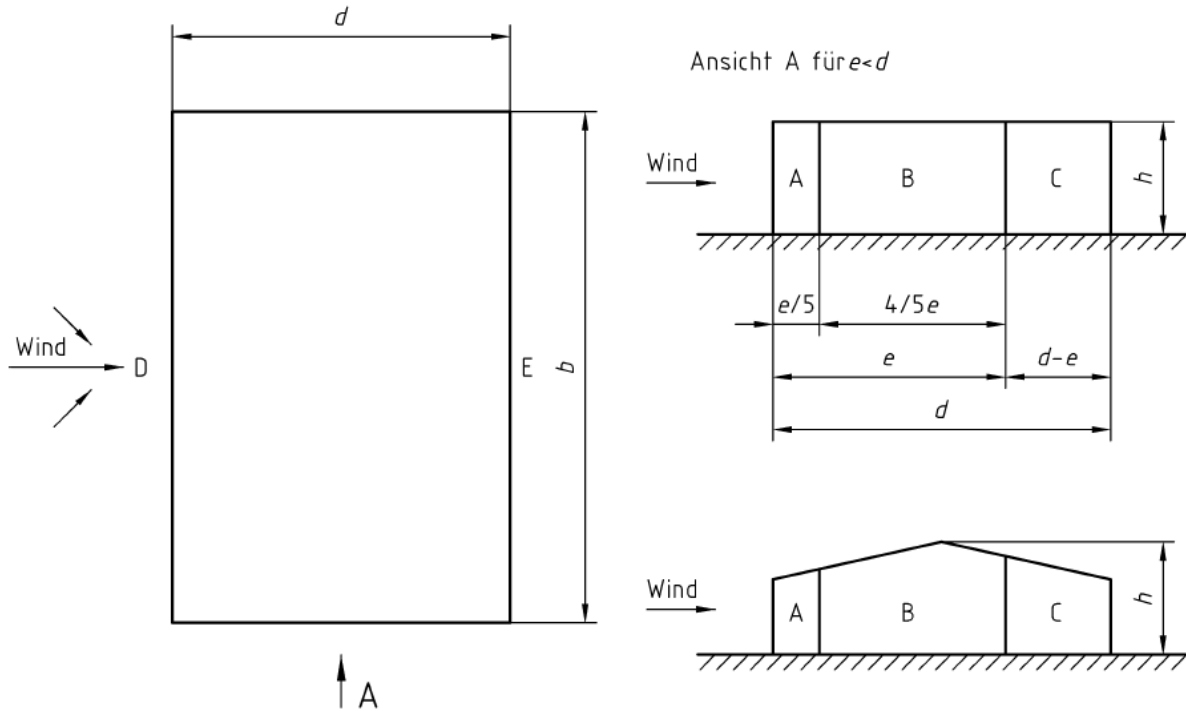
Fall 3: $h > 2b$ q in zwei Streifen mit Übergangszone



Der Wind wirkt auf ALLE Außenwände, auch Seitenwände parallel zu Windrichtung. Bisher wurden nur die Wände in LUV (Druck) und in LEE (Sog) betrachtet. Bei Fassaden wurde in einem Schmalen streifen an der Gebäudekante der Sog auf der Seitenwand berücksichtigt. Jetzt ist grundsätzlich der Sog auf den Seitenwänden zu untersuchen. Die kann z.B. bei einer Stahlhalle mit zwei Dachverbänden an den Giebeln zu erhöhtem Rechenaufwand führen. Ob dieser Lastfall bemessungsrelevant ist, wird die Praxis zeigen.

Die Außenwände eines rechteckigen Gebäudes werden nach dem Bild 4 der Norm in die Zonen A bis E eingeteilt:

- A bis C: Seitenwände
- D: Wand in Luv
- E: Wand in Lee



für $e > d$ sind in der Norm weitere Festlegungen enthalten.

Im Entwurf der Norm war noch eine Definition der Abmessung e enthalten, die im Weißdruck leider weggefallen ist. Laut dem Verzeichnis der Symbole und Abkürzungen ist e die Ausmittheit einer Kraft quer zur Körperachse. Offensichtlich ist dies hier nicht gemeint. Die Definition im Gelbdruck lautete:

$e = b$ oder $2h$, der kleinere Wert ist maßgebend

Da diese Definition auch mit der Definition von e im bild 5 der Norm übereinstimmt, sollte sie wohl auch bei Bild 4 verwendet werden.

Für diese vertikalen Wände A bis E werden die Außendruckbeiwerte für die Flächengrößen $A = 1 \text{ m}^2$ bzw. $A = 10 \text{ m}^2$ für verschiedene Verhältnisse h/d angegeben:

Tabelle 3 — Außendruckbeiwerte für vertikale Wände rechteckiger Gebäude

Bereich	A		B		C		D		E	
	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
≥ 5	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	-0,8	+1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		-0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		-0,7	+1,0	-0,3	-0,5

Für einzeln in offenem Gelände stehende Gebäude können im Sogbereich auch größere Sogkräfte auftreten.

Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.

Für Gebäude mit $h/d > 5$ ist die Gesamtwindlast anhand der Kraftbeiwerte aus 12.4 bis 12.6 und 12.7.1 zu ermitteln.

Hier wird wieder eine der in dieser Norm sehr zahlreichen „kann“-Bemerkungen gemacht. Immer wieder wird betont, dass die Windlasten auch ganz anders sein können. Der unbedarfte Anwender wird verunsichert: Muss für alles und jedes ein Spezialgutachten angefertigt werden?

Die dritte Bemerkung gibt Aufschluss darüber, ab wann für die gesamte Windlast auf ein Gebäude nicht mehr die Summe der Drücke auf den Außenwänden sondern ein globaler Kraftbeiwert anzuwenden ist. Ab dieser Grenze ist auch eine Exzentrizität der Windlast anzunehmen. Eine solche Exzentrizität ist nämlich nur für die Kraftbeiwerte, nicht für die Druckbeiwerte definiert.

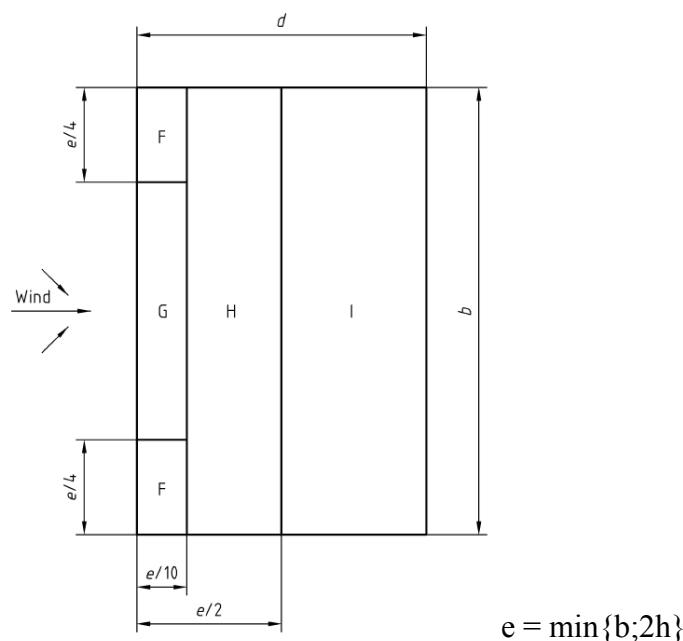
3.4 Aerodynamische Beiwerte für Dächer:

In der Norm werden aerodynamische Beiwerte für folgende Dachformen angegeben:

- Flachdächer mit einer Neigung $< 5^\circ$
- Pultdächer mit einer Neigung 5° bis 75°
- Sattel- und Trogdächer mit einer Neigung -45° bis $+75^\circ$
- Walmdächer mit einer Neigung 5° bis 75°
- Sheddächer

Beispielhaft werden hier die Flachdächer vorgestellt. Diese Regelungen gelten auch für andere Dachformen mit einer Neigung bis zu 5° .

Die Dachfläche wird in die Bereiche F bis I eingeteilt. Zur Erinnerung: Die Bereiche A bis E sind die vertikalen Wände. Bei Walmdächern gibt es Bereiche von F bis N!



Die aerodynamischen Beiwerte werden für die Flächengrößen $A = 1 \text{ m}^2$ bzw. $A = 10 \text{ m}^2$ für verschiedene Formen der Dachkante angegeben:

Tabelle 4 — Außendruckbeiwerte für Flachdächer

	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
Abgerundeter Traufbereich	$r/h = 0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		$\pm 0,2$
	$r/h = 0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		$\pm 0,2$
	$r/h = 0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		$\pm 0,2$
Abgeschrägter Traufbereich	$\alpha = 30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		$\pm 0,2$
	$\alpha = 45^\circ$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		$\pm 0,2$
	$\alpha = 60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		$\pm 0,2$

Bei Flachdächern mit Attika oder abgerundetem Traufbereich darf für Zwischenwerte h_p/h und r/h linear interpoliert werden.

Bei Flachdächern mit mansarddachartigem Traufbereich darf für Zwischenwerte von α zwischen $\alpha = 30^\circ$, 45° und 60° linear interpoliert werden. Für $\alpha > 60^\circ$ darf zwischen den Werten für $\alpha = 60^\circ$ und den Werten für Flachdächer mit rechteckigem Traufbereich interpoliert werden.

Im Bereich I, für den positive und negative Werte angegeben werden, müssen beide Werte berücksichtigt werden.

Für die Schräge des mansarddachartigen Traufbereichs selbst werden die Außendruckbeiwerte in Tabelle 6 „Außendruckbeiwerte für Sattel- und Trogdächer“ Anströmrichtung $\theta = 0^\circ$, Bereiche F und G, in Abhängigkeit von dem Neigungswinkel des mansarddachartigen Traufenbereichs angegeben.

Für den abgerundeten Traufbereich selbst werden die Außendruckbeiwerte entlang der Krümmung durch lineare Interpolation entlang der Kurve zwischen dem Wert an der vertikalen Wand und auf dem Dach ermittelt.

4 BEISPIEL

4.1 Ausgangswerte

Hallentragwerk mit Wind auf Längsseite

Stützweite 25 m

Hallenlänge 36 m

Dachneigung 10°

Firsthöhe $h = 12 \text{ m}$, Traufhöhe $h_T = 12 - (25/2) \cdot \tan 10 = 9,7959 \text{ m}$

Scharfkantiger Traufbereich

Zone 1, Binnenland: $q_{ref} = 0,32 \text{ kN/m}^2$

4.2 Geschwindigkeitsdruck:

Standardprofil: $q(12) = 1,7 * 0,32 * (12/10)^{0,37} = 0,582 \text{ KN/m}^2$

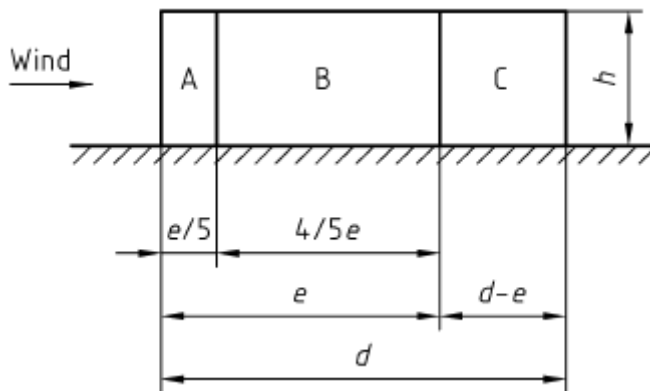
Vereinfacht nach Tabelle 2: $q(12) = 0,65 \text{ kN/m}^2$

Abweichung 11%!!!

Verteilung über die Höhe:

$H = 12 \text{ m} < b = 36 \text{ m}$: $q = \text{const.} = q(12)$

4.3 Einteilung der Seitenwände:



$e = \min(b = 36 ; 2h = 24) = 24 \text{ m} < d = 25 \text{ m}$: 3 Bereiche A, B und C

$L_A = e/5 = 4,8 \text{ m}$

$L_B = 4 * e/5 = 19,2 \text{ m}$

$L_C = d - e = 25 - 24 = 1,0 \text{ m}$

Überprüfung, ob die kleinste Fläche $> 10 \text{ m}^2$ ist:

Fläche C = $1,0 * 11,345 = 11,345 \text{ m}^2 > 10$

keine Interpolation zwischen $c_{pe,1}$ und $c_{pe,10}$ notwendig.

4.4 Druckbeiwerte nach Tabelle 3

Tabelle 3 — Außendruckbeiwerte für vertikale Wände rechteckiger Gebäude

Bereich	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
≥ 5	-1,4	-1,7	-0,8	-1,1	-0,5	-0,7	-0,8	+1,0	-0,5	-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		-0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		-0,7	+1,0	-0,3	-0,5

Für einzeln in offenem Gelände stehende Gebäude können im Sogbereich auch größere Sogkräfte auftreten.
Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden.
Für Gebäude mit $h/d > 5$ ist die Gesamtwindlast anhand der Kraftbeiwerte aus 12.4 bis 12.6 und 12.7.1 zu ermitteln.

$h / d = 12/25 = 0,48$: Werte aus den Zeilen $h/d = 1$ und $h/d \leq 0,25$ interpolieren.

Alle Flächen größer als 10 m^2 : Werte $c_{pe,10}$ verwenden

Wände:

A: $c_{pe,10} = -1,2$ $w = -1,2 * 0,582 = -0,698 \text{ kN/m}^2$

B: $c_{pe,10} = -0,8$ $w = -0,8 * 0,582 = -0,466 \text{ kN/m}^2$

C: $c_{pe,10} = -0,5$ $w = -0,5 * 0,582 = -0,291 \text{ kN/m}^2$

D: $c_{pe,10} = +0,736$ $w = +0,731 * 0,582 = +0,425 \text{ kN/m}^2$

E: $c_{pe,10} = -0,372$ $w = -0,361 * 0,582 = -0,210 \text{ kN/m}^2$

Die Windlasten auf die Giebelwände sind von den Dachverbänden aufzunehmen!

Resultierende Windlast auf D und E:

$$w = (0,425 + 0,210) * 12 = 7,62 \text{ kN/m} \quad (8,514 \text{ bei vereinfachtem } q)$$

$$M_w = (0,425 + 0,210) * 12^2 / 2 = 45,74 \text{ kNm/m} \quad (51,09 \text{ bei vereinfachtem } q)$$

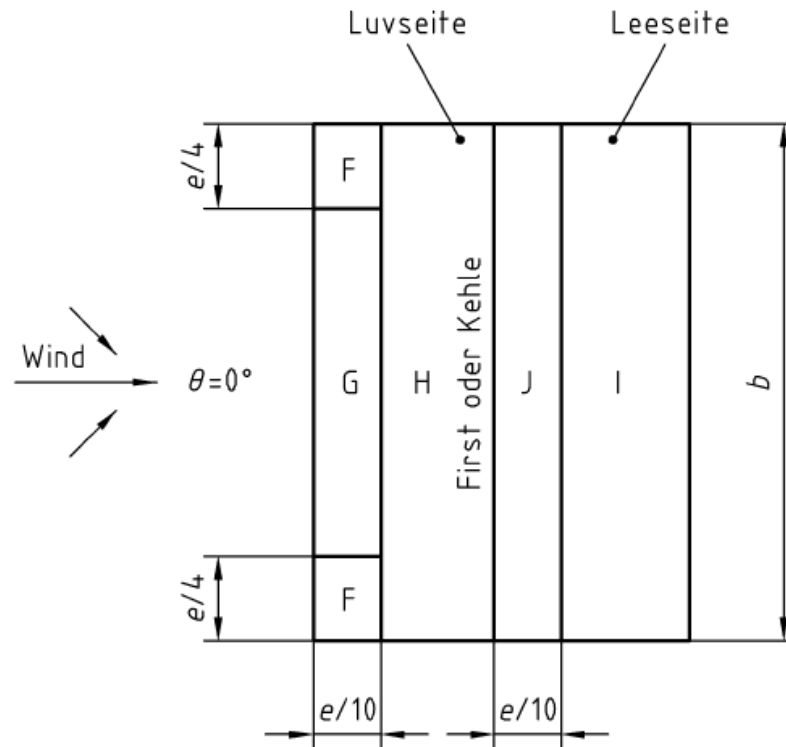
Zum Vergleich nach alter DIN 1055 Teil 4:

$$w = 1,3 * 0,5 * 8 + 1,3 * 0,8 * 4 = 5,2 + 4,16 = 9,36 \text{ kN/m}$$

$$M_w = 5,2 * 4 + 4,16 * 10 = 62,4 \text{ kNm/m}$$

4.5 Windlasten am Dach:

Aufteilung der Dachfläche:



$e = 24 \text{ m}$ wie zuvor bei den Seitenwänden.

Überprüfung, ob die kleinste Fläche $> 10 \text{ m}^2$ ist:

$$\text{Fläche F: } F = e/4 * e/10 = 6 * 2,4 = 14,4 \text{ m}^2 > 10$$

keine Interpolation zwischen $c_{pe,1}$ und $c_{pe,10}$ notwendig.

Tabelle 6 — Außendruckbeiwerte für Sattel- und Trogdächer

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

Für die Dachneigung 10° ergibt sich:

$$F: \quad c_{pe,10} = -1,3 \quad w = -1,3 * 0,582 = \quad -0,757 \text{ kN/m}^2$$

$$G: \quad c_{pe,10} = -1,0 \quad w = -1,0 * 0,582 = \quad -0,582 \text{ kN/m}^2$$

$$H: \quad c_{pe,10} = -0,4 \quad w = -0,7 * 0,582 = \quad -0,233 \text{ kN/m}^2$$

Alternativ für die Fläche I:

$$I: \quad c_{pe,10} = +0,2 \quad w = +0,2 * 0,582 = \quad +0,116 \text{ kN/m}^2$$

$$I: \quad c_{pe,10} = -0,5 \quad w = -0,5 * 0,582 = \quad -0,291 \text{ kN/m}^2$$

Alternativ für die Fläche J:

$$J: \quad c_{pe,10} = +0,2 \quad w = +0,2 * 0,582 = \quad +0,116 \text{ kN/m}^2$$

$$J: \quad c_{pe,10} = -0,8 \quad w = -0,8 * 0,582 = \quad -0,466 \text{ kN/m}^2$$

In der Tabelle ist bei $J/10^\circ$ offenbar ein Druckfehler!

Eine entlastende Sogwirkung für das Rahmentragwerk nicht ansetzen!

5 ERMITTLUNG DER WINDLASTEN MIT SOFISTIK

Im Programm SOFILOAD gibt es die Möglichkeiten, Windlasten zu definieren. Es ist sowohl möglich, Winddrücke auf Flächen zu erzeugen, wie auch Windkräfte auf Stäbe. Hier wird nur auf die dem bisher vorgeführten Beispiel entsprechende Erzeugung von Winddrücken (Flächenlasten) eingegangen. SOFILOAD beherrscht aber auch die wesentlich weiter gehenden Teile der Norm wie z.B. die Böenwirkung. Grundsätzlich wird die Windbelastung aus den Windgeschwindigkeiten errechnet. Dazu wird das Geschwindigkeitsprofil ermittelt.

Die Nutzung dieses Programmteils erfordert eine besondere Lizenzierung.

Vereinfachend wird hier ein Betongebäude vorgeführt. Für ein Stahltragwerk ist die Ermittlung ebenfalls möglich. Dazu muss das Tragwerk als Gesamtsystem abgebildet und die Lasten über Lastverteilungsflächen (Satz LAR in SOFILOAD) aufgebracht werden.

Die Datei mit der erforderlichen Eingabe und der erzeugten Ausgabe ist auf der CD vorhanden. Eine weitere Beispieldatei mit verschiedenen Dachformen, die vom Programmautor erstellt wurde, ist ebenfalls auf der CD enthalten.

5.1 Vorgehensweise

Die mit Wind zu beaufschlagenden Flächen werden vorab in eigenen Lastfällen (Nummern 101 und 102) mit dem Satz AREA und dem TYP WIND definiert. Dabei ist es notwendig, Bereiche, die später als gesonderte Lastfälle gerechnet werden sollen, auch in eigenen Lastfäl-

len zu definieren. Hier werden die Außenwände (Lastfall 101) und die Dachfläche (Lastfall 102) getrennt definiert.

```
lf 100 BEZ 'Zu belastende Flächen Wände'  
AREA TYP WIND P1 1.0 X1 GPT 1 X2 GPT 2 X3 GPT 12 X4 GPT 11 BEZ 'Längswand'  
AREA TYP WIND P1 1.0 X1 GPT 2 X2 GPT 6 X3 GPT 16 X4 GPT 14 X5 GPT 12 BEZ 'Giebelwand'  
AREA TYP WIND P1 1.0 X1 GPT 6 X2 GPT 5 X3 GPT 15 X4 GPT 16 BEZ 'Längswand'  
AREA TYP WIND P1 1.0 X1 GPT 5 X2 GPT 1 X3 GPT 11 X4 GPT 13 X5 GPT 15 BEZ 'Giebelwand'
```

```
lf 101 BEZ 'Zu belastende Flächen Dach'  
AREA TYP WIND P1 1.0 X1 GPT 14 X2 GPT 16 X3 GPT 15 $$  
X4 GPT 13 X5 GPT 11 X6 GPT 12 BEZ 'Dach'
```

Danach werden die eigentlichen Winddrücke in eigenen Lastfällen erzeugt (hier LF 201 bis 203):

```
LF 201 bez 'Wind quer Wände'  
WIND 1055 ZONE 1 KLAS B DX -1.0  
COPY 100 FAKT 1.0 TYP WIND  
LF 202 bez 'Windsog Dach'  
WIND 1055 ZONE 1 KLAS B DX -1.0  
COPY 101 FAKT 1.0 TYP WIND  
LF 203 bez 'Winddruck Dach'  
WIND 1055 ZONE 1 KLAS B DX -1.0  
COPY 101 FAKT -1.0 TYP WIND $ Wechselbereich
```

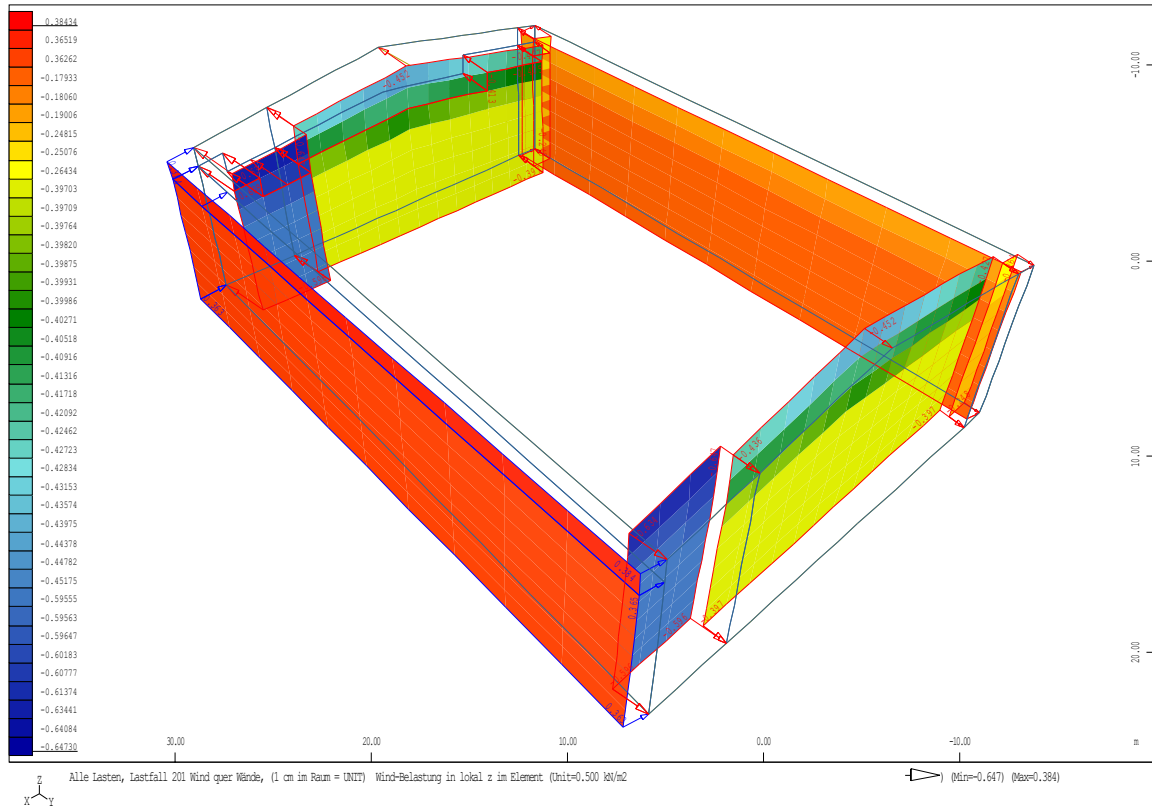
Mit dem Satz WIND wird mindestens die verwendete Norm, die Windzone, die Geländekategorie und die Windrichtung definiert.

Mit dem Satz COPY wird die vorher definierte Fläche über ihre Lastfallnummer angesprochen. Mit FAKT -1 werden die alternativen Beiwerte ausgewählt.

5.2 Ergebnis

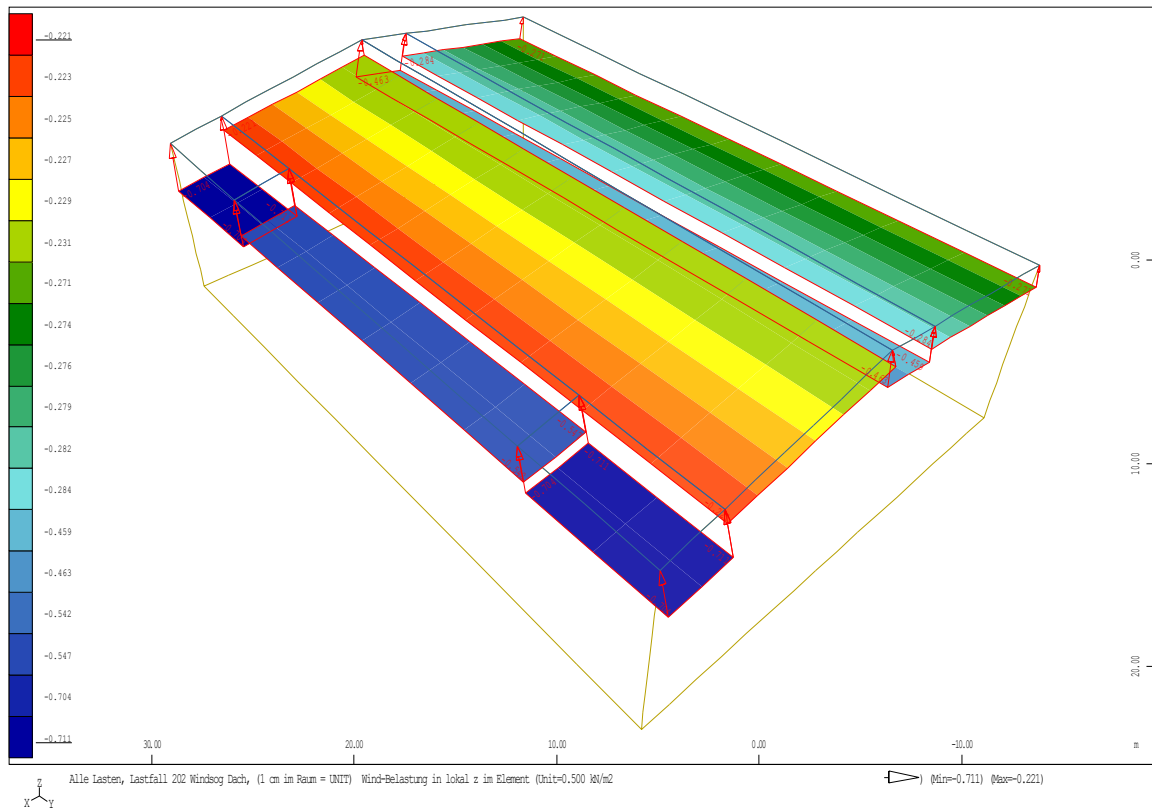
Das vollständige Protokoll ist auf der CD zum Seminar vorhanden. Auf einen Abdruck wird hier verzichtet. Hier werden nur die grafischen Darstellungen abgedruckt:

Wind auf die Wände:

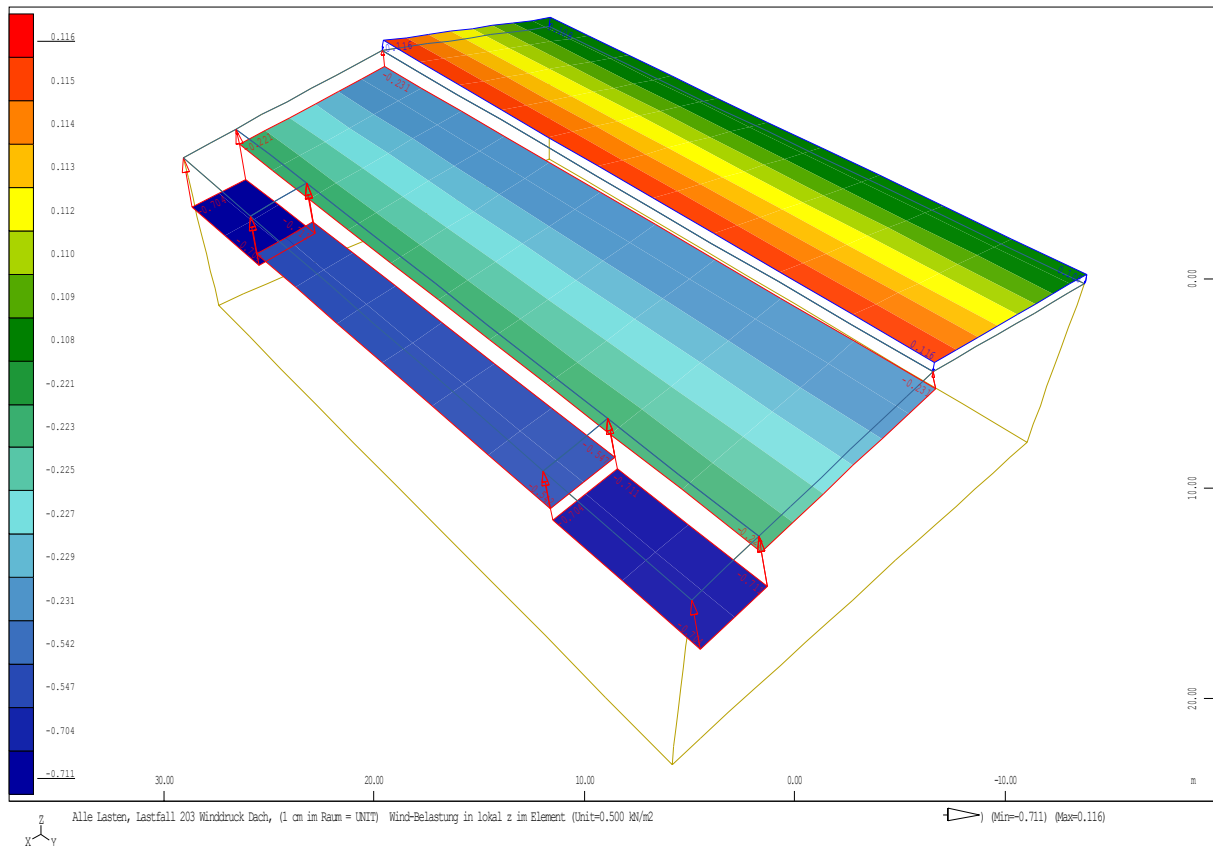


Die Bereiche A bis C der Giebelwand sind deutlich erkennbar.

Windsog am Dach:



Alternative windwerte, Winddruck am Dach:



Für die Dachfläche an der Luv-Seite werden die Windsogwerte errechnet. Wenn ein Lastfall untersucht werden soll, bei dem diese sogwerte zu Null gesetzt werden, muss die Dachfläche mit Druckbeiwerten in einem gesonderten Lastfall mit AREA ausgewählt werden.

Vergleich der Ergebnisse:

Die Grenzen der Bereiche A, B, und C beziehungsweise F bis J werden exakt ermittelt. Die Winddruckbeiwerte werden ebenfalls genau wie in der Handrechnung ermittelt.

Der Geschwindigkeitsdruck ist allerdings geringer als in der Handrechnung. Dort wurde nach dem Abschnitt 12.1.2 der Norm der Druckbeiwert für die Firshöhe konstant für das ganze Gebäude angenommen.

SOFiSTiK verwendet den Druck veränderlich nach der Höhe. Die Regelung nach Abschnitt 12.1.2, dass der Druck nach der Höhe zu staffeln ist und abschnittsweise konstant anzusetzen ist, wird von SOFILOAD nicht benutzt.

Dies ist nach dem Wortlaut der Norm zulässig:

12.1.2 Vertikale Wände von Gebäuden mit rechteckigem Grundriss

(1) Für Wände von Baukörpern mit rechteckigem Grundriss dürfen die Außendrucke über die Baukörperhöhe gestaffelt nach Bild 3 angesetzt werden.

Die Staffelung ist danach als Vereinfachung z.B. für die Handrechnung gedacht! Es ist auf jeden Fall sinnvoll, mit den genauen Werten des Profils zu rechnen, da diese Lasten teilweise deutlich geringer sind. Allerdings ist dies in der Handrechnung mit großem Aufwand verbunden, daher ist der Einsatz von SOFILOAD unbedingt zu empfehlen.

In drei Grafiken werden der Grundriss mit Koordinatenrichtungen und Windrichtung, eine Darstellung der Windgeschwindigkeiten in der Grenzschicht und das Windprofil im Bereich des Bauwerks ausgegeben.

Der tatsächlich auf die Flächen wirkende Winddruck wird elementweise ausgegeben. Hier wird der Geschwindigkeitsdruck und der Druckbeiwert C_{pe} für jedes Element ausgegeben. Eine Ausgabe des Produkt dieser beiden Werte, die tatsächliche Windlast, kann nur mit WINGRAF ausgegeben werden.

6 FAZIT:

Durch die neue Norm entsteht für den Ingenieur ein erheblich vergrößerter Aufwand.

Es wird der Anschein größerer Genauigkeit geweckt, aber gleichzeitig immer wieder auf die Unsicherheiten der Annahmen verwiesen.

Grundsätzlich sind genauere Verfahren immer erlaubt.

Bei Standardbauten in Zone 1 sind die Windlasten deutlich geringer als bisher!

Vereinfachter Geschwindigkeitsdruck nach Tabelle 2 zu ungünstig

Die Windlastermittlung mit SOFiSTiK am Gesamtsystem erleichtert die Arbeit erheblich, erfordert aber die Berechnung mit dem Gesamtsystem.

Literatur:

- [1] DIN 1055-4:2005-03 Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 4: Windlasten
- [2] Niemann, Hans-Jürgen: Anwendungsbereich und Hintergrund der neuen DIN 1055 Teil 4; Der Prüfenieur Heft 21, Oktober 2002, Seiten 35 - 45