

# 1. Basisdaten

BAUVORHABEN: **Hangar in Frankfurt EC**

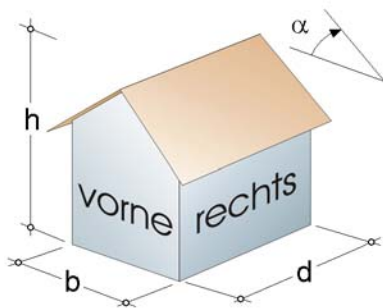
ZUGRUNDELIEGENDE NORM: Eurocode: Wind: DIN EN 1991-1-4:2010-12 in Verbindung mit dem nationalen Anhang "Deutschland" hier: DIN EN 1991-1-4:2010-12/NA (geschützt) nachfolgend EC1-1-4 genannt  
Schnee: DIN EN 1991-1-3:2010-12 in Verbindung mit dem nationalen Anhang "Deutschland" hier: DIN EN 1991-1-3:2010-12/NA (geschützt) nachfolgend EC1-1-3 genannt

STANDORT: Frankfurt am Main, Stadt  
AMTL. GEMEINDESchlüssel: 06412000  
TYP: Kreisfreie Stadt  
LANDKREIS: Frankfurt am Main  
BUNDESland: Hessen

HÖHE ÜBER NN: 98 m  
WINDZONE: 1  $\Rightarrow v_{b,0} = 28.00 \text{ m/s}$   
SCHNEELASTZONE: 1  $\Rightarrow s_k = 0.65 \text{ kN/m}^2$

## 2. Windlasten

### 2.1 Eingangsdaten



**Gebäudemodell:**  
Typ: symmetr. Satteldach  
h = 11.00 m  
b = 30.00 m  
d = 40.00 m  
 $\alpha = 10.00^\circ$

**Lage:** Binnenland  
**Topographie:** Regelfall

Dachüberstände	vorne	rechts	hinten	links
in m	0.00	0.00	0.00	0.00

### 2.2 Höhenabhängiger Böengeschwindigkeitsdruck

Böengeschwindigkeitsdrücke

z = Höhe über Gelände,  $v_{mf}(z)$  und  $I_{vf}(z)$  gemäß EC1-1-4/NA Tab NA.B.2 bzw. NA.B.4,  $v_m(z)$  nach (NA.B.9),  $I_v(z)$  nach (NA.B.10)  
Böengeschwindigkeitsdrücke  $q_p(z)$  nach (NA.B.11) mit  $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$ , Topographiebeiwert:  $c_o(z) = 1.0$  (Regelfall)

z	$v_{mf}(z)$	$I_{vf}(z)$	$v_m(z)$	$I_v(z)$	$q_p(z)$
m	m/s	-	m/s	-	kN/m <sup>2</sup>
11.00	24.66	0.215	24.66	0.215	0.87

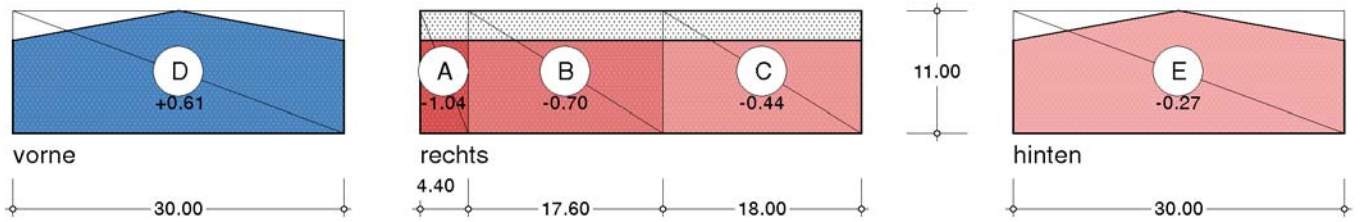
### 2.3 Wind von vorne

Kennwerte:  $e = \min(b, 2h) = 22.00 \text{ m}$  Typ:  $e < d$   $h/d = 0.28$

#### 2.3.1 Belastung der vertikalen Wände (Wind von vorne)

Außendruckbeiwerte und Lastordinaten nach EC1-1-4 / Tab. 7.1  
Ordinate =  $c_{pe,10} \cdot q(h)$ , (+) = Druck

Bereich	A	B	C	D	E	Bemerkung
$c_{pe,10}$	-1.20	-0.80	-0.50	+0.70	-0.31	interpoliert
Ordinaten	-1.04	-0.70	-0.44	+0.61	-0.27	kN/m <sup>2</sup>



Die hier in Höhe der Dachkante ausgewiesenen Werte gelten auch für die Unterseite der Dachfläche im Bereich von Dachüberständen

### 2.3.2 Erhöhte Windlasten auf vertikale Wände (Wind von vorne) für Anschlussberechnungen und Detailnachweise

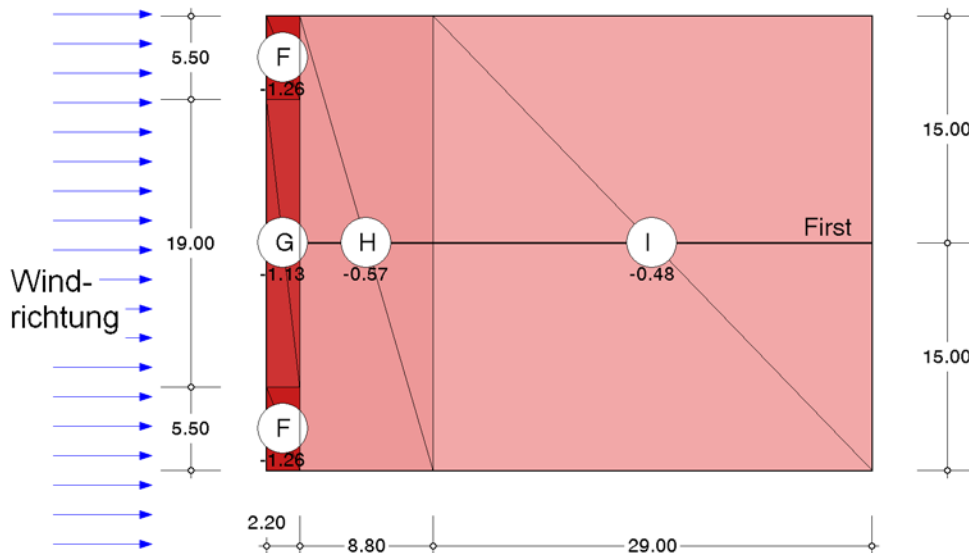
logarithmisch interpolierte Außendruckbeiwerte in Abhängigkeit vorgegebener Lasteinzugsflächen  $A_i$  nach EC1-1-4 / 7.2.1  
 Ordinate =  $c_{pe,A_i} \cdot q(h)$ , (+) = Druck

Bereich	A	B	C	D	E	Bemerkung
Lasteinzugsfläche $A_1 = 1.00 \text{ m}^2$						
$c_{pe,A_1}$	-1.40	-1.10	-0.50	+1.00	-0.50	interpoliert
Ordinaten	-1.22	-0.96	-0.44	+0.87	-0.44	kN/m <sup>2</sup>

### 2.3.3 Belastung der Dachfläche (Wind von vorne)

Außendruckbeiwerte und Lastordinaten für Sattel- und Trogdächer nach EC1-1-4 / Tab. 7.4b ( $\ominus=90^\circ$ )  
 Ordinate =  $c_{pe,10} \cdot q(h)$ , (+) = Druck

Bereich	F	G	H	I	J	Bemerkung
$c_{pe,10}$	-1.45	-1.30	-0.65	-0.55	-	interpoliert
Ordinaten	-1.26	-1.13	-0.57	-0.48	-	kN/m <sup>2</sup>



### 2.3.4 Erhöhte Soglasten auf Dachfläche (Wind von vorne) für Anschlussberechnungen und Detailnachweise

logarithmisch interpolierte Außendruckbeiwerte in Abhängigkeit vorgegebener Lasteinzugsflächen  $A_i$  nach EC1-1-4 / 7.2.1  
 Ordinate =  $c_{pe,A_i} \cdot q(h)$ . Hier werden nur die Soglasten(-) ausgewiesen. Enthält die vorangegangene Tabelle zusätzlich Drucklasten(+), so gelten diese auch für die Anschlussberechnungen und Detailnachweise.

Bereich	F	G	H	I	J	Bemerkung
Lasteinzugsfläche $A_1 = 1.00 \text{ m}^2$						
$c_{pe,A_1}$	-2.10	-2.00	-1.20	-0.55	-	interpoliert
Ordinaten	-1.83	-1.74	-1.04	-0.48	-	kN/m <sup>2</sup>

## 2.4 Wind von rechts

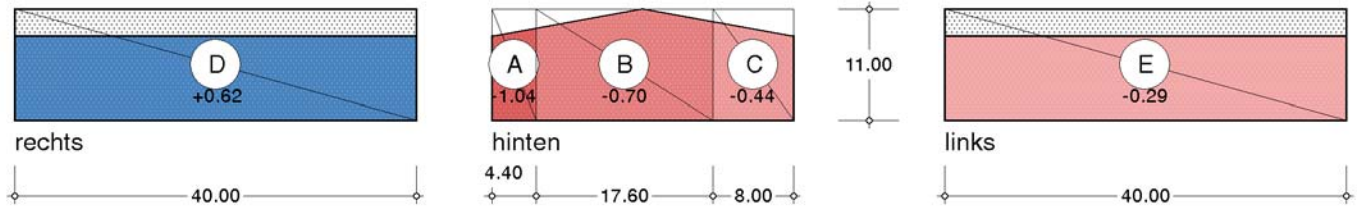
Kennwerte:  $e = \min(d, 2h) = 22.00 \text{ m}$  Typ:  $e < b$   $h/b = 0.37$

### 2.4.1 Belastung der vertikalen Wände (Wind von rechts)

Außendruckbeiwerte und Lastordinaten nach EC1-1-4 / Tab. 7.1

Ordinate =  $c_{pe,10} \cdot q$ , (+) = Druck

Bereich	A	B	C	D	E	Bemerkung
$c_{pe,10}$	-1.20	-0.80	-0.50	+0.72	-0.33	interpoliert
Ordinaten	-1.04	-0.70	-0.44	+0.62	-0.29	kN/m <sup>2</sup>



Die hier in Höhe der Dachkante ausgewiesenen Werte gelten auch für die Unterseite der Dachfläche im Bereich von Dachüberständen

### 2.4.2 Erhöhte Windlasten auf vertikale Wände (Wind von rechts) für Anschlussberechnungen und Detailnachweise

logarithmisch interpolierte Außendruckbeiwerte in Abhängigkeit vorgegebener Lasteinzugsflächen  $A_i$  nach EC1-1-4 / 7.2.1

Ordinate =  $c_{pe,A_i} \cdot q(h)$ , (+) = Druck

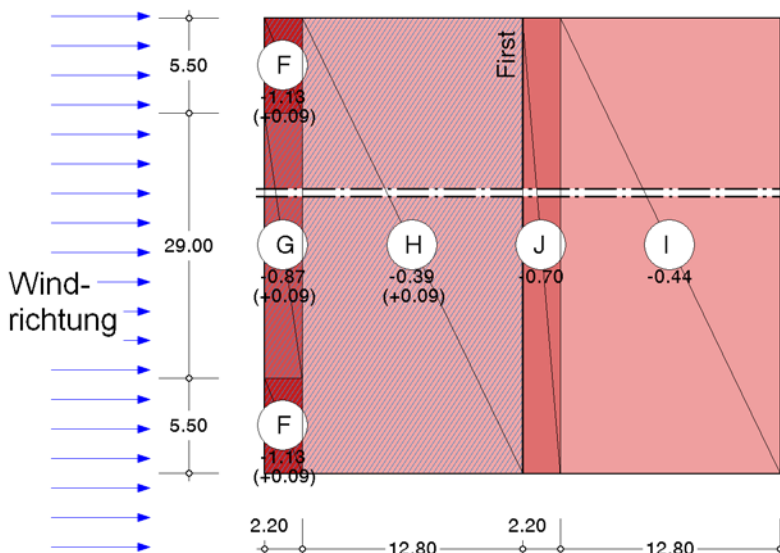
Bereich	A	B	C	D	E	Bemerkung
Lasteinzugsfläche $A_i = 1.00 \text{ m}^2$						
$c_{pe,A_i}$	-1.40	-1.10	-0.50	+1.00	-0.50	interpoliert
Ordinaten	-1.22	-0.96	-0.44	+0.87	-0.44	kN/m <sup>2</sup>

### 2.4.3 Belastung der Dachfläche (Wind von rechts)

Außendruckbeiwerte und Lastordinaten für Sattel- und Trogdächer nach EC1-1-4 / Tab. 7.4a ( $\Theta=0^\circ$ )

Ordinate =  $c_{pe,10} \cdot q(h)$ , (+) = Druck

Bereich	F	G	H	I	J	Bemerkung
$c_{pe,10}$	-1.30	-1.00	-0.45	-0.50	-0.80	interpoliert
alternativ	+0.10	+0.10	+0.10	-	-	interpoliert
Ordinaten	-1.13	-0.87	-0.39	-0.44	-0.70	kN/m <sup>2</sup>
alternativ	+0.09	+0.09	+0.09	-	-	kN/m <sup>2</sup>



## 2.4.4 Erhöhte Soglasten auf Dachfläche (Wind von rechts) für Anschlussberechnungen und Detailnachweise

logarithmisch interpolierte Außendruckbeiwerte in Abhängigkeit vorgegebener Lasteinzugsflächen  $A_i$  nach EC1-1-4 / 7.2.1  
 Ordinate =  $c_{pe,A_i} \cdot q(h)$ . Hier werden nur die Soglasten(-) ausgewiesen. Enthält die vorangegangene Tabelle zusätzlich Drucklasten(+),  
 so gelten diese auch für die Anschlussberechnungen und Detailnachweise.

Bereich	F	G	H	I	J	Bemerkung
<b>Lasteinzugsfläche <math>A_i = 1.00 \text{ m}^2</math></b>						
$c_{pe,A_i}$	-2.25	-1.75	-0.75	-0.50	-1.05	interpoliert
Ordinaten	-1.96	-1.52	-0.65	-0.44	-0.91	kN/m <sup>2</sup>

## 2.5 Innendruck

### 2.5.1 Beschreibung der Öffnungen

Wand	Öffnungsfläche
vorne	$A_{iv} = 0.00 \text{ m}^2$
rechts	$A_{ir} = 5.00 \text{ m}^2$
hinten	$A_{ih} = 0.00 \text{ m}^2$
links	$A_{il} = 5.00 \text{ m}^2$

### 2.5.2 Innendruckordinaten

Ermittlung der Lastordinaten nach EC1-1-4 Abs. 7.2.9; Innendruckbeiwerte  $c_{pi}$  nach Bild 7.13;  $w = c_{pi} \cdot q(h)$ ; (+ = Druck)

**Wind von vorne:**  $h/d = 0.28$

$$\mu = \frac{A_{ir} + A_{ih} + A_{il}}{\sum A} = 1.00 \Rightarrow c_{pi} = -0.31 \quad \mathbf{w_i = -0.27 \text{ kN/m}^2}$$

**Wind von rechts:**  $h/d = 0.37$

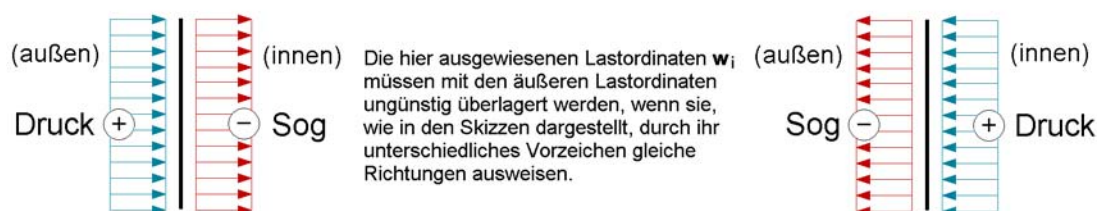
$$\mu = \frac{A_{ih} + A_{il} + A_{iv}}{\sum A} = 0.50 \Rightarrow c_{pi} = 0.2 / -0.3 \quad \mathbf{w_i = 0.17 / -0.26 \text{ kN/m}^2}$$

**Wind von hinten:**  $h/d = 0.28$

$$\mu = \frac{A_{il} + A_{iv} + A_{ir}}{\sum A} = 1.00 \Rightarrow c_{pi} = -0.31 \quad \mathbf{w_i = -0.27 \text{ kN/m}^2}$$

**Wind von links:**  $h/d = 0.37$

$$\mu = \frac{A_{iv} + A_{ir} + A_{ih}}{\sum A} = 0.50 \Rightarrow c_{pi} = 0.2 / -0.3 \quad \mathbf{w_i = 0.17 / -0.26 \text{ kN/m}^2}$$



## 2.6 Windlasten auf Vordach

### Geometrie

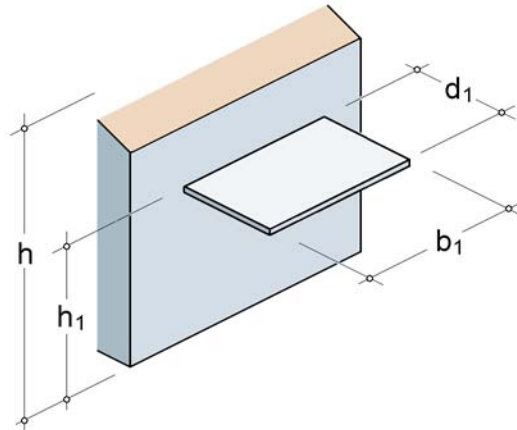
$$b_1 = 4.50 \text{ m}$$

$$d_1 = 3.00 \text{ m}$$

$$h_1 = 4.00 \text{ m}$$

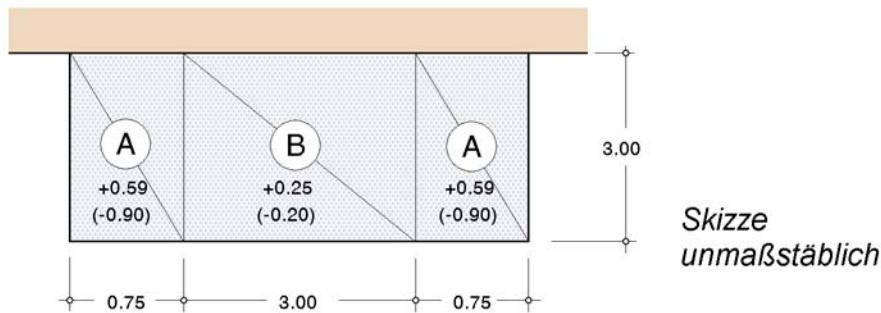
$$h = 10.00 \text{ m}$$

$h$  ist die mittlere Höhe des Hauptgebäudes



Die Lastermittlung erfolgt nach der Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen vom Februar 2007 - Anlage 1.1/1 - Absatz 4. Dies entspricht inhaltlich dem normativen Anhang NA.V des deutschen nationalen Anhangs DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 zu Eurocode - und ist somit in Deutschland Euronorm.

$$e = \min ( d_1/4, b_1/2 ) = 0.75 \text{ m} \quad q(h) = 0.84 \text{ kN/m}^2$$

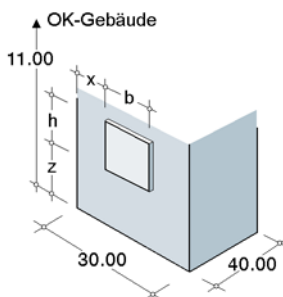


Druckbeiwerte und Lastordinaten für Vordächer				
Lastrichtung	Abwärts (+)		Aufwärts (-)	
	A	B	A	B
$C_{p,net}$	+0.70	+0.30	-1.07	-0.24
Ordinaten	+0.59	+0.25	-0.90	-0.20

interpoliert  
kN/m<sup>2</sup>

$$\text{Ordinate} = c_{p,net} q(h)$$

## 2.7 min/max Resultierende auf Fassadenelemente



Die Ermittlung der Resultierenden erfolgt durch Integration der nach EC1-1-4 Abs. 7.2.2 bereichsabhängig ermittelten Druck-/Sogordinaten über den Bereich der Fassadenelemente. Hierbei werden die jeweils ungünstigsten Windrichtungen berücksichtigt.

Als Druckbeiwert wird  $c_{pe,A}$  ( $A = \text{Fläche der Fassade mit } 1 < A < 10$ ) verwendet.

Wenn das Fassadenelement in mehreren Bereichen mit unterschiedlichen Lastordinaten angeordnet wird, so wirkt die Resultierende nicht mehr im Schwerpunkt des Fassadenelementes. Die hierzu gehörenden Ausmitten werden als  $\Delta x$  bzw.  $\Delta z$  (horizontaler bzw. vertikaler Abstand vom Fassadenschwerpunkt) protokolliert.

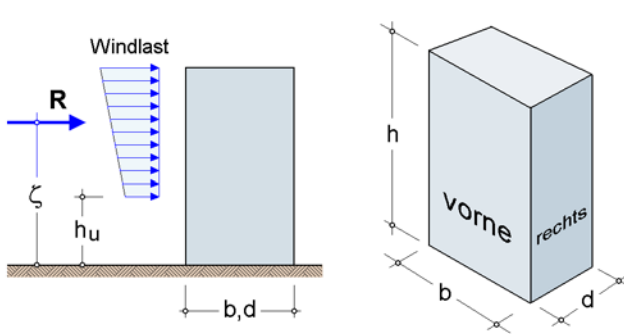
### Ergebnisse

Ist in der Spalte T ein X eingetragen, so wurden für das zugehörige Fassadenelement die Gebäudebreite mit der Gebäudetiefe vertauscht. Das Ergebnis gilt sodann für ein Fassadenelement an der Gebäudelängsseite.

Nr.	x	b	z	h	T	Druck	$\Delta x_D$	$\Delta z_D$	Sog	$\Delta x_S$	$\Delta z_S$
-	m	m	m	m	-	kN	cm	cm	kN	cm	cm
1	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.000	0	0	0.000	0	0



## 2.8 Resultierende Windkraft



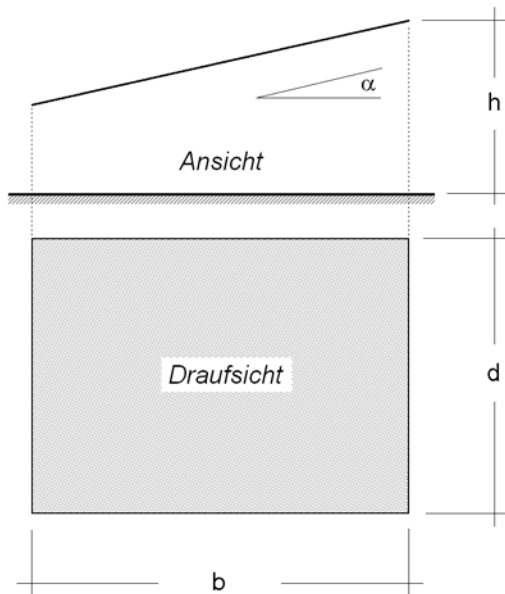
$h = 11.000 \text{ m}$   
 $b = 30.000 \text{ m}$   
 $d = 40.000 \text{ m}$   
 $h_u = 0.000 \text{ m}$

### Ergebnisse

Die Ermittlung der resultierenden Windkraft erfolgt nach EC1-1-4 Absatz 5.3 und 7.6. Die Dachform bleibt dabei unberücksichtigt. Der Strukturbeiwert  $c_{sd}$  wird mit 1.0 angenommen.

Wind von vorne		Wind von rechts		nach EC1-1-4
$h/d$	= 0.28	$h/b$	= 0.37	
$d/b$	= 1.33	$b/d$	= 0.75	
$c_{f,0}$	= 1.94	$c_{f,0}$	= 2.35	7.6 (Bild 7.23)
$\lambda$	= 0.73	$\lambda$	= 0.55	7.13 (Tab 7.16)
$\Psi_\lambda$	= 0.63	$\Psi_\lambda$	= 0.63	7.13 (Bild 7.36)
$\zeta$	= 6.60 m	$\zeta$	= 6.60 m	irrelevant
$q(h)$	= 0.87 kN/m <sup>2</sup>	$q(h)$	= 0.87 kN/m <sup>2</sup>	7.6 (2) und 4.5
$A_{ref}$	= 330.00 m <sup>2</sup>	$A_{ref}$	= 440.00 m <sup>2</sup>	7.6 (2)
$R$	= 351.10 kN	$R$	= 566.94 kN	$c_{f,0} \Psi_\lambda q(h) A_{ref}$

## 2.9 freistehendes Dach



### 2.9.1 System

Typ: Pultdach

$h = 8.00 \text{ m}$   
 $b = 30.00 \text{ m}$   
 $d = 20.00 \text{ m}$   
 $\alpha = 5.00 \text{ m}$

Versperrung:  $\varphi = 0.0000$

Oberfläche: glatt  
 $\Rightarrow$  Reibungsbeiwert = 0.01

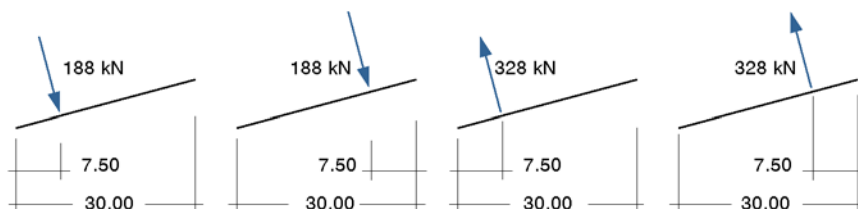
Die Ermittlung der Lasten erfolgt nach  
 EN 1991-1-4:2010-12 (Eurocode) Absätze  
 7.3 freistehende Dächer und  
 7.5 Reibungsbeiwerte

### 2.9.2 Resultierende Windkraft und zu untersuchende Lastanordnungen

	$F_o$	$F_u$
$\varphi$	alle	0
$c_f$	+0.40	-0.70
$F$	+188	-328

$F = c_f q(h) A_{ref}$  mit  $q(h) = 0.78 \text{ kN/m}$  und  $A_{ref} = b d / \cos \alpha = 602.29 \text{ m}^2$

Außerdem ist in der Dachflächenebene eine resultierende Kraft aus Reibung in ungünstiger Richtung anzusetzen:  $F_{Reibung} = 0.01 \cdot 2 \cdot A_{ref} \cdot q(h) = 9.35 \text{ kN}$



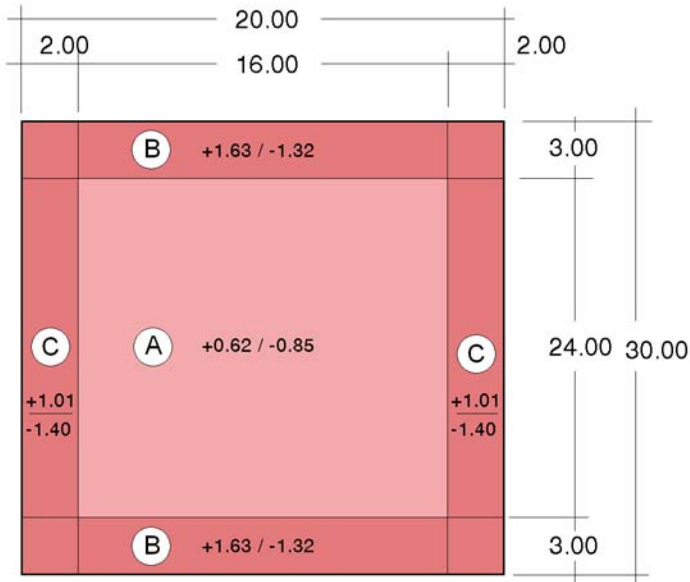
## 2.9.3 Druckverteilung zur Bemessung von Dachelementen und Verankerungen

Bereiche	A	B	C
$C_{pe,net}$	+0.80	+2.10	+1.30
$q(+)$	<b>+0.62</b>	<b>+1.63</b>	<b>+1.01</b>
$C_{pe,net}$	-1.10	-1.70	-1.80
$q(-)$	<b>-0.85</b>	<b>-1.32</b>	<b>-1.40</b>

$$q = C_{pe,net} q(h)$$

+ Werte bedeuten eine nach unten gerichtete resultierende Windlast

- Werte bedeuten eine nach oben gerichtete resultierende Windlast



Aufteilung  
der Dachfläche

Skizze  
unmaßstäblich

## 3. Schneelasten

### 3.1 Grundbelastung

#### symmetrisches Satteldach

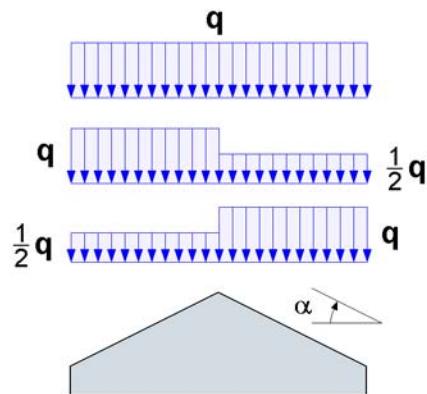
$$\alpha = 10,00^\circ$$

$$\mu_1 = 0,80$$

$$q = 0,52 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{1}{2}q = 0,26 \text{ kN/m}^2$$

Berücksichtigung von  
Verwehungs- und  
Abtaueinflüssen  
(nur falls das Tragwerk  
gegenüber ungleich  
verteilten Lasten  
empfindlich ist)



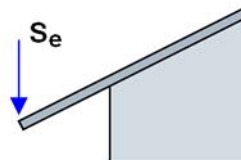
Bemerkung: Bei Anordnung von Schneefanggittern wird  $\mu$  grundsätzlich mit 0,8 angesetzt.

### 3.2 Dachüberstand

Bei der Bemessung der auskragenden Teile eines Daches ist zusätzlich zur Schneelast auf dem Kragarm der überhängende Schnee an der Traufe zu berücksichtigen.

$$S_e = 0,4 (\mu_1 S_k)^2 / \gamma = \underline{\underline{0,04 \text{ kN/m}}}$$

( $\gamma = 3,0 \text{ kN/m}^3$ )



gemäß EC 1-1-3 / Absatz 6.3 in Verbindung mit NA-DE (NDP zu 6.3)

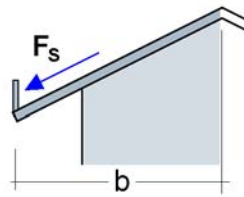
### 3.3 Schneefanggitter

Werden Schneefanggitter oder ähnliche, die abgleitenden Schneemassen anstauenden Maßnahmen angeordnet, so ist die Linienlast  $F_S$  anzusetzen.

$$F_S = \bar{\mu}_1 s_k b \sin \alpha = \underline{\underline{0.90 \text{ kN/m}}}$$

$$(\bar{\mu}_1 = 0.8)$$

mit  $b = 10.00 \text{ m}$



### 3.4 Belastung aus Höhengsprung

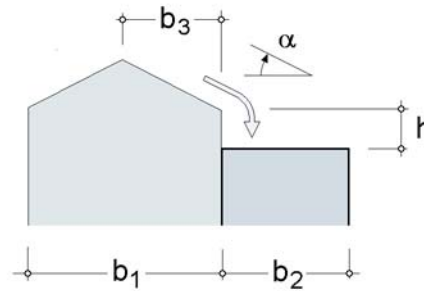
$$h = 1.20 \text{ m}$$

$$b_1 = 12.00 \text{ m}$$

$$b_2 = 8.00 \text{ m}$$

$$b_3 = 6.00 \text{ m}$$

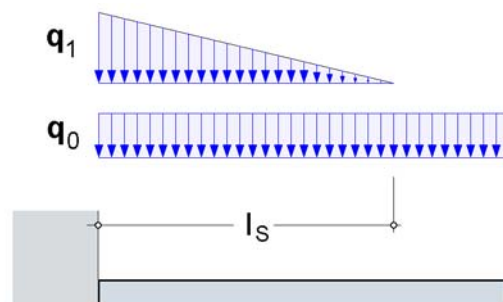
$$\alpha = 30.00^\circ$$



Länge	$l_s = 5 \leq 2h \leq 15$	= 5.00 m
abrutschende Schneelast	$\mu_s = 0.8 b_3 / l_s$	= 0.96
Verwehung (mit $\gamma = 2 \text{ kN/m}^3$ )	$\mu_{W1} = (b_1 + b_2) / 2h$	= 8.33
	$\mu_{W2} = \gamma h / s_k - \mu_s$	= 2.73
	$\mu_W = \min(\mu_{W1}, \mu_{W2})$	= 2.73
gesamt	$\mu_h = 0.8 \leq \mu_s + \mu_W \leq 2.0$	= 2.00
Lastordinaten	$q_0 = \mu_1(0) s_k$	= <u>0.52 kN/m<sup>2</sup></u>
	$q_1 = \mu_h s_k - q_0$	= <u>0.78 kN/m<sup>2</sup></u>

$\mu_{\max} = 2,0$  (vgl. NA-DE: NA.6 - "Räumung zugänglich, seitlich offenes Vordach")

Prinzipskizze





### 3.5 Verwehung

$$h = 1.50 \text{ m}$$

$$\mu_1 = 0.8$$

$$q_1 = \mu_1 s_k = 0.52 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_2 = 0.8 \leq \gamma h/s_k \leq 2.0 = 2.00$$

$$q_2 = (\mu_2 - \mu_1) s_k = 0.78 \text{ kN/m}^2$$

$$l_s = 5 \leq 2h \leq 15 = 5.00 \text{ m}$$

