

1. Basisdaten

BAUVORHABEN: **Hangar in Frankfurt EC**

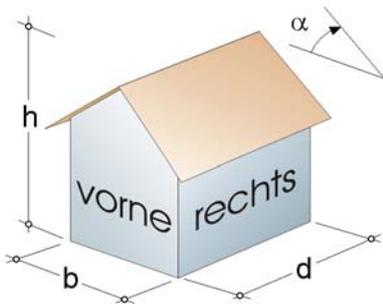
ZUGRUNDELIEGENDE NORM: Eurocode: Wind: DIN EN 1991-1-4:2010-12 in Verbindung mit dem nationalen Anhang "Deutschland" hier: DIN EN 1991-1-4:2010-12/NA (geschützt) nachfolgend EC1-1-4 genannt
Schnee: DIN EN 1991-1-3:2010-12 in Verbindung mit dem nationalen Anhang "Deutschland" hier: DIN EN 1991-1-3:2010-12/NA (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 ²
11.00	24.66	0.215	24.66	0.215	0.87

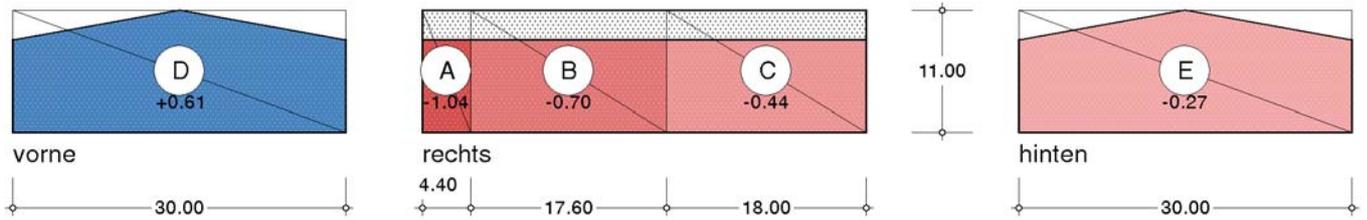
2.3 Wind von vorne

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 ²



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

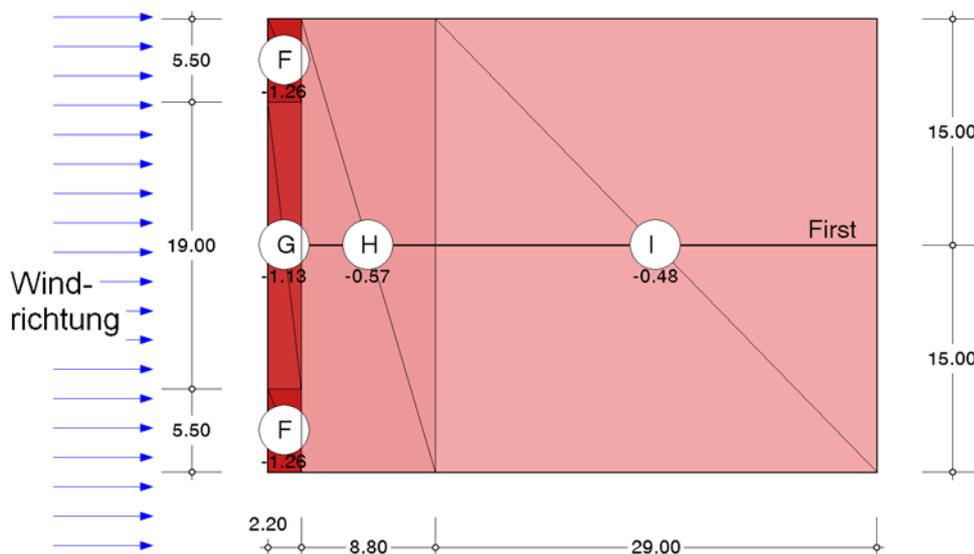
logarithmisch interpolierte Außendruckbeiwerte in Abhängigkeit vorgegebener Lasteinzugsflächen A_i nach EC1-1-4 / 7.2.1
 Ordinate = $c_{pe,A_i} \cdot q(h)$, (+) = Druck

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 ²

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 ²



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 ²

2.4 Wind von rechts

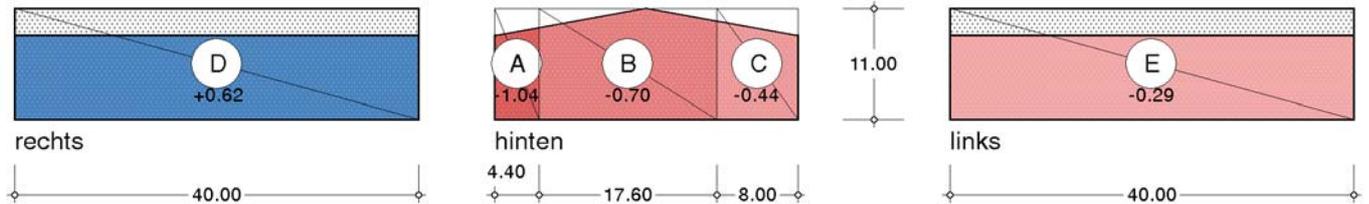
Kennwerte: $e = \min(d, 2h) = 22.00 \text{ m}$ Typ: $e < b$ $h/b = 0.37$

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 ²



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

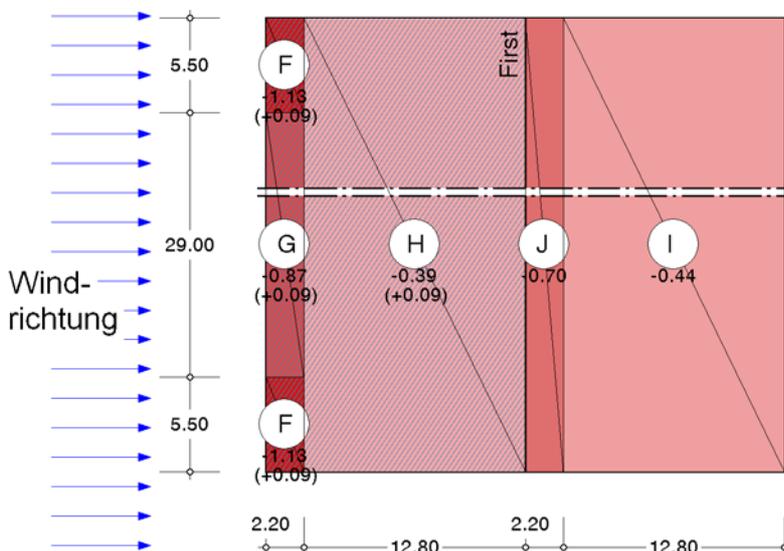
Bereich	A	B	C	D	E	Bemerkung
Lasteinzugsfläche $A_i = 1.00 \text{ m}^2$						
c_{pe,A_i}	-1.40	-1.10	-0.50	+1.00	-0.50	interpoliert
Ordinaten	-1.22	-0.96	-0.44	+0.87	-0.44	kN/m ²

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 ²
alternativ	+0.09	+0.09	+0.09	-	-	kN/m ²



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
Lasteinzugsfläche $A_i = 1.00 \text{ m}^2$						
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 ²

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: $h/d = 0.37$

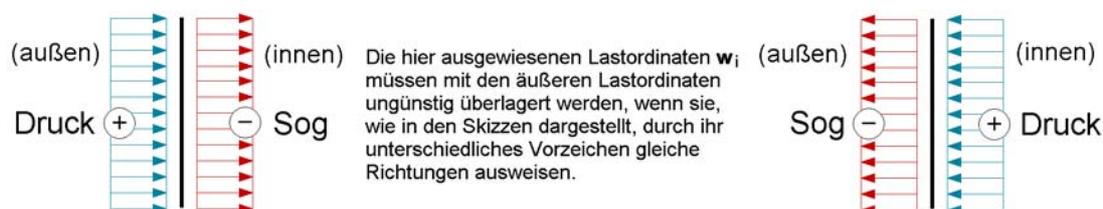
$$\mu = \frac{A_{ih} + A_{il} + A_{iv}}{\sum A} = 0.50 \Rightarrow c_{pi} = 0.2 / -0.3 \quad \mathbf{w_i = 0.17 / -0.26 \text{ kN/m}^2}$$

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

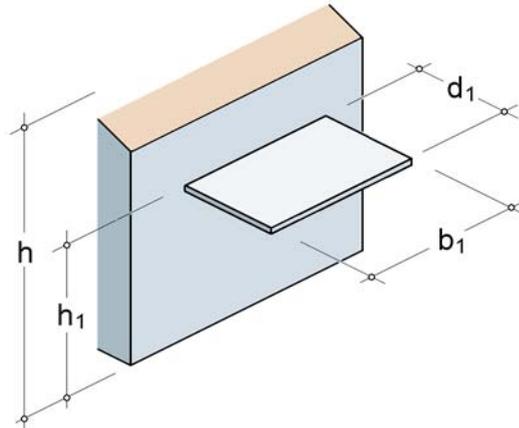
$$b_1 = 4.50 \text{ m}$$

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

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

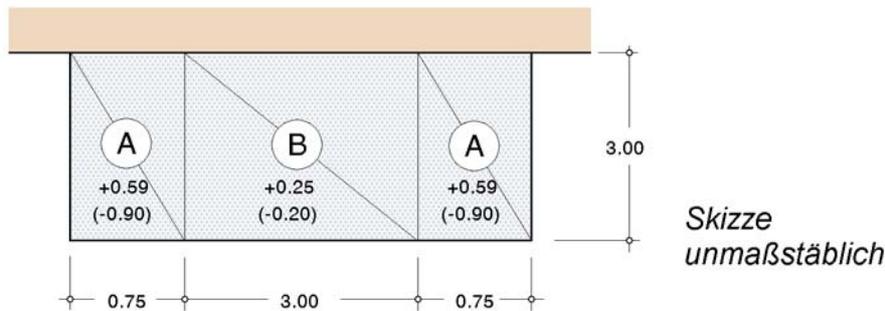
$$h = 10.00 \text{ m}$$

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.

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

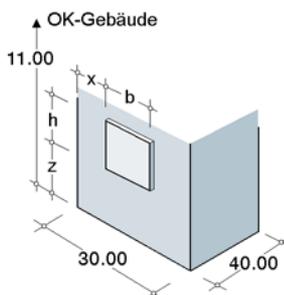


Druckbeiwerte und Lastordinaten für Vordächer				
Lastrichtung	Abwärts (+)		Aufwärts (-)	
	A	B	A	B
Cp.net	+0.70	+0.30	-1.07	-0.24
Ordinaten	+0.59	+0.25	-0.90	-0.20

interpoliert
kN/m²

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

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 Δx bzw. Δz (horizontaler bzw. vertikaler Abstand vom Fassadenschwerpunkt) protokolliert.

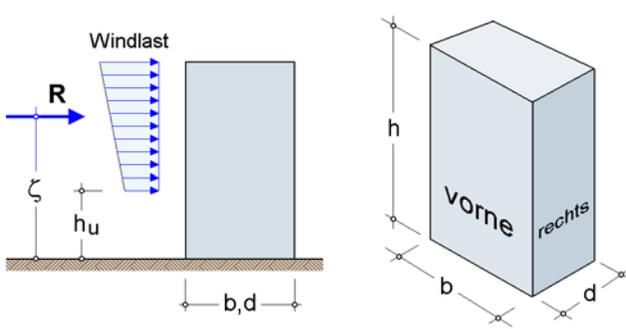
Ergebnisse

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	Δx_D	Δz_D	Sog	Δx_S	Δz_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



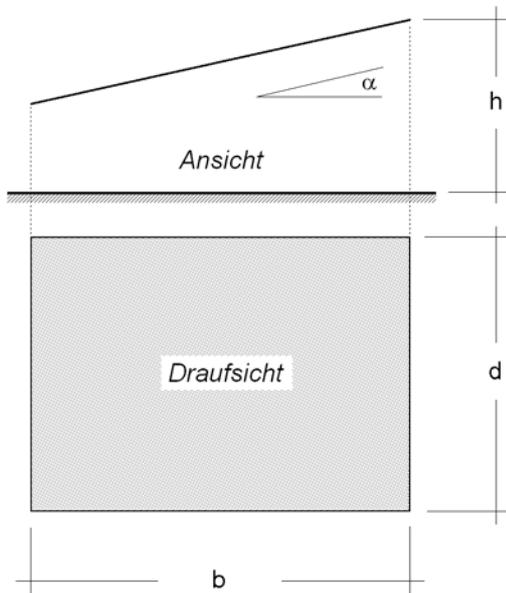
$h = 11.000 \text{ m}$
 $b = 30.000 \text{ m}$
 $d = 40.000 \text{ m}$
 $h_u = 0.000 \text{ m}$

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)
λ	= 0.73	λ	= 0.55	7.13 (Tab 7.16)
Ψ_λ	= 0.63	Ψ_λ	= 0.63	7.13 (Bild 7.36)
ζ	= 6.60 m	ζ	= 6.60 m	irrelevant
$q(h)$	= 0.87 kN/m ²	$q(h)$	= 0.87 kN/m ²	7.6 (2) und 4.5
A_{ref}	= 330.00 m ²	A_{ref}	= 440.00 m ²	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

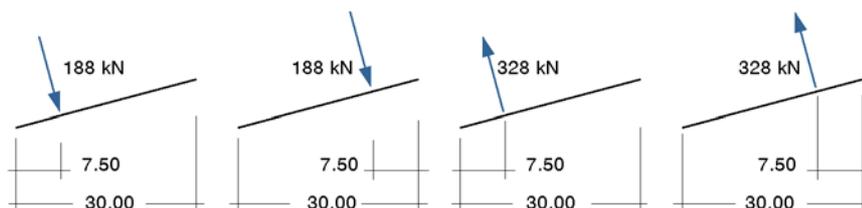
Die Ermittlung der Lasten erfolgt nach
 EN 1991-1-4:2010-12 (Eurocode) Absätze
 7.3 freistehende Dächer und
 7.5 Reibungsbeiwerte

2.9.2 Resultierende Windkraft und zu untersuchende Lastanordnungen

φ	F_o	F_u
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: $F_{Reibung} = 0.01 \cdot 2 \cdot A_{ref} \cdot q(h) = 9.35 \text{ kN}$



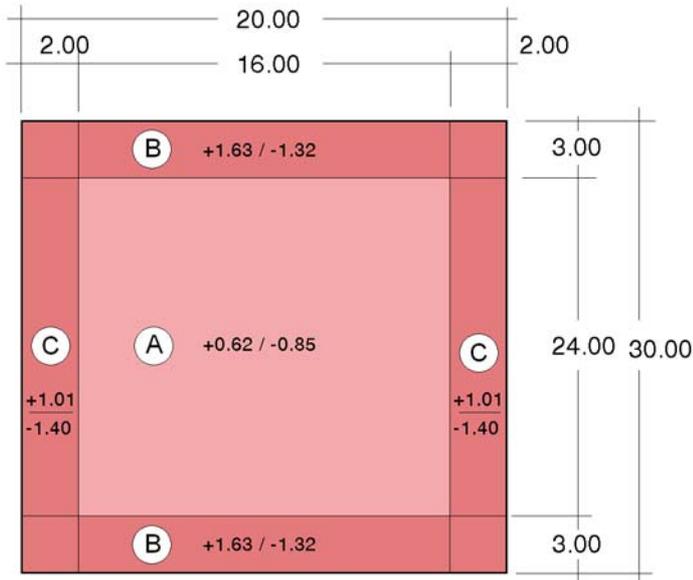
2.9.3 Druckverteilung zur Bemessung von Dachelementen und Verankerungen

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

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

+ 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

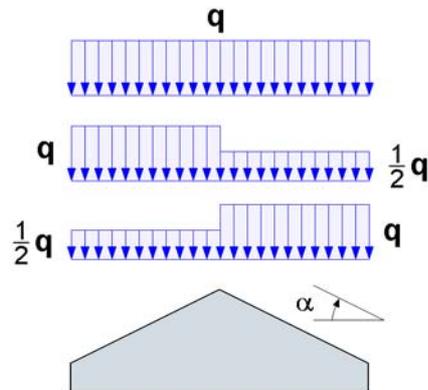
$$\alpha = 10,00^\circ$$

$$\mu_1 = 0,80$$

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

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

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



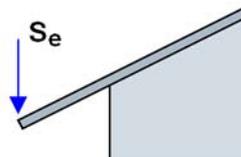
Bemerkung: Bei Anordnung von Schneefanggittern wird μ grundsätzlich mit 0,8 angesetzt.

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)

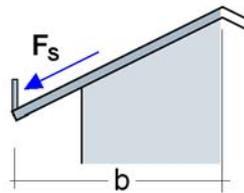
3.3 Schneefanggitter

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

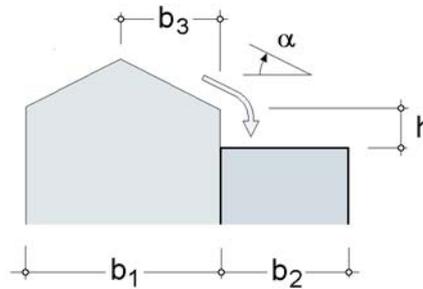
$$h = 1.20 \text{ m}$$

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

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

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

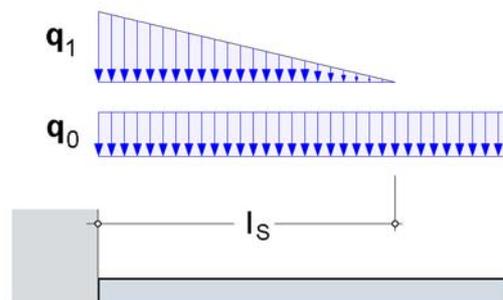
$$\alpha = 30.00^\circ$$



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><u>0.52 kN/m²</u></u>
	$q_1 = \mu_h s_k - q_0$	= <u><u>0.78 kN/m²</u></u>

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

Prinzipskizze



3.5 Verwehung

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

$$\mu_1 = 0.8$$

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

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

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

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

