

GENEHMIGUNGSSTATIK

Neubau Zusammenlegung Müllstationen UK-D



Kapitel 2

Einwirkungen

2.1 Einwirkungen

Abgrenzung der Einwirkungen:

Eine durchgängige einseitige Abgrabung wird nicht untersucht.

Verfüllungsbereiche von Arbeitsräumen an Außenwänden oder freistehenden Wänden sind lagenweise mit Kleingeräten zu verdichten. Ein Verdichtungserddruck wird nicht berücksichtigt.

Explosionsplasten und Wasseranstauhöhen, die die Belastung infolge Schnees überschreiten, werden nicht berücksichtigt.

Erhöhte Auflasten auf dem Dach, welche über die in den Entwurfsplänen genannten Ausbaulasten hinausgehen, sind nicht zulässig. Änderungen bedürfen der schriftlichen Freigabe durch den Tragwerksplaner.

Das Eigengewicht der einzelnen Bauteile wird wie folgt angesetzt:

Nicht tragende Trennwände: 11,5cm Porenbeton, $\gamma = 8 \text{ kN/m}^3$

Attika + Geländer:

$b/h = 25/50 \text{ cm}$ $g_k = 0,25\text{m} \cdot 0,50\text{m} \cdot 25\text{kN/m}^3 + 1\text{kN/m} = 4,125 \text{ kN/m}$ gew. 5 kN

Sonstige Einwirkungen:

- Lastansatz für Fassadenkonstruktion ab +2,40m Höhe von $\pm 0,00$:
 $\Delta g_k = 1,00 \text{ kN/m}^2$ gemäß Angabe Ebener, E-Mail vom 25.07.2023
Geplant wird eine umlaufende Lochblechfassade, die über eine Stahlunterkonstruktion an die Außenwände und -stützen anzuschließen ist. Die maximale Spannweite der Fassadenelemente kann erst mit Festlegung eines Herstellers bestimmt werden. Daher werden die Belastungen zunächst linienförmig auf die Stützen eingerechnet:
 $\Delta g_k = 5,80 \text{ m} \times 1,00 \text{ kN/m}^2 = \underline{5,80 \text{ kN/m}}$
- Wartungsweg mit Gitterrost inkl. Geländer $\Delta g_k = 1,00 \text{ kN/m}^2$
- Wasseranstauhöhe auf den Dächern 10cm
- LKW-Verkehr im Rangierhof gemäß E-Mail von Hr. Kiefler, UKD vom 12.07.2023
Annahme Sattelzug 44 t | 5 Achsen | Radlast von 44 kN (Vgl. [Sattelzug-Plane-40t](#))
Annahme Gliederzug 18 t | 2 Achsen | Radlast 180 kN/ 4 = 45 kN
 Gliederzug 25 t | 3 Achsen | Radlast 250 kN/ 6 = 42 kN
 Gliederzug 32 t | 4 Achsen | Radlast 320 kN/ 8 = 40 kN
→ Die Sattelschlepper und Gliederzug-Belastung \leq **SLW 30 (16,70 kN/m² EFL, 50 kN)**
- Anpralllasten aus LKW-Verkehr: 100 kN bei einer Anprallhöhe ab OK BP von 1,25 m
- Abroll-Container: 20t (Angabe Herr Kiefler, UK-D; Mail vom 09.09.2022)
Abmessung: 2.30 m x 7,00 m (220422 Konzept Container vom 12.04.2022):
Es wird angenommen, dass die Container beim Abrollen $\frac{3}{4}$ der Last auf die Hinterachse (verteilt auf 2 Räder) verlagern. Die Annahme ist durch den entsprechenden Hersteller zu bestätigen.
→ $200 \text{ kN} \times 0,75 / 2 \text{ Räder} = 75 \text{ kN Radlast}$
Container oberhalb Bestands-AWT: max. 15t (Angabe Ramboll, Hr. Strauch; Mail vom 13.01.2023) → $150 \text{ kN} \times 0,75 / 2 \text{ Räder} = 57 \text{ kN Radlast}$
- Gefahrenstofflager:
Wannen: Decke $h=25\text{cm}$, Wände $h=20\text{cm}$, Bodenplatte $h=20\text{-}25\text{cm}$
Schwerlastregale bei den Gefahrenstofflagern: max. $2 \text{ t/m}^2 = 20 \text{ kN/m}^2$
- Rolltore Ein- und Ausfahrt: Gewicht 1,5 to = 15 kN je Tor n. Angabe sgp, Herrn Felten

- Ballenpresse Kunststoff und Papier: 100 kN gemäß Angabe *Ramboll (Mail 10.07.2023)*
- Stationäre Presse: 100 kN gemäß Angabe *Ramboll Erläuterungsbericht, Seite 24*
 Last wird verteilt auf 4 Füße (Abmessungen 200 mm x 200 mm)
- Transportbehälter 15 t = 150 kN
- Nach Angabe der Firma Ramboll wurden die Anlagenteile des automatischen Warentransportes (abgekürzt AWT) wie folgt angesetzt:

Drehkreuz an Decke: 600 kg = 6 kN | Weiche: 800 kg = 8 kN | Fahrzeug: 700 kg = 7 kN

Haltekonsole Heber: 800 kg = 8 kN | Drehteller auf dem Boden: 1 t = 10 kN

Da mehrere Fahrzeuge im 1,5 m großen Abständen die Schienenanlage abfahren können, wurde das Fahrzeugeigengewicht als Linienlast mit 5 kN/m berücksichtigt.

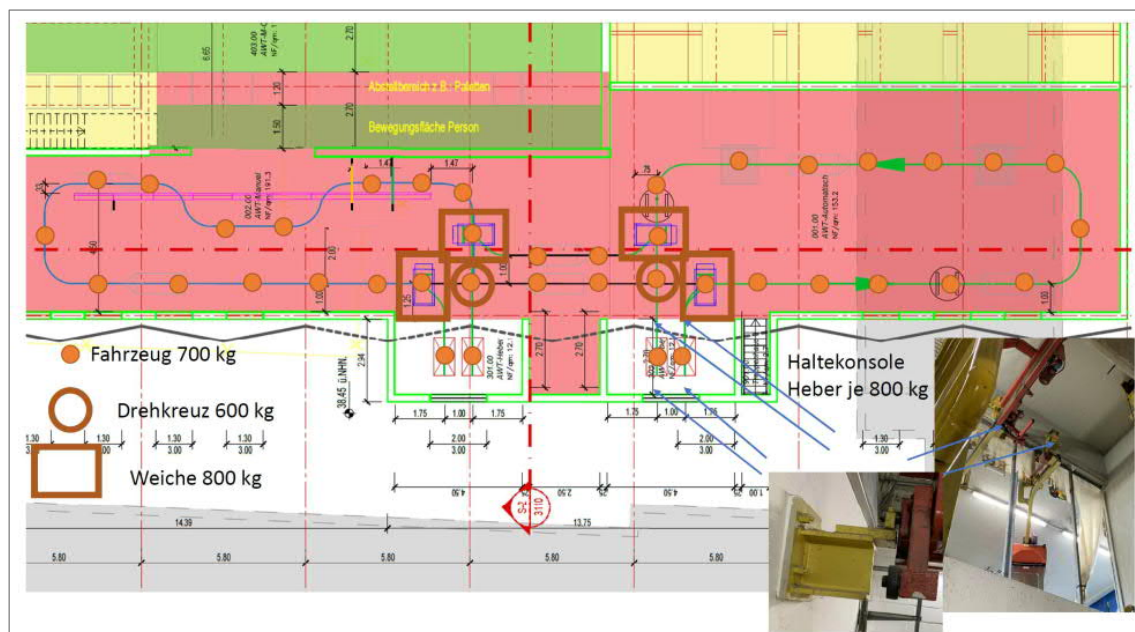


Abbildung 1: Auszug Ramboll Erläuterungstext zur LP3 vom 23.01.2023

- Zuzüglich Eigengewicht EHB-Schienen 10 kg/m = 0,1 kN/m
- Gabelstapler Belastung nach Angabe Architektur:
 → Gabelstaplerklasse FL 2: **$Q_k = 40 \text{ kN}$** ; **$q_k = 15 \text{ kN/m}^2$**

Treppen:

Überschlägig wird die Treppenlast in der Deckenbemessung wie folgt angesetzt:

Stahlbetontreppe AWT Bereich

Je Lauf: 11Stg. 16,7/26 $g_k = 15 \text{ kN/m}$ $q_k = 10 \text{ kN/m}$

[jeweils am oberen und unteren Rand der Treppenläufe]

Stahlbetontreppe Aufzug- und Treppenhaus

Je Lauf: 14Stg. 16,7/26 $g_k = 15 \text{ kN/m}$ $q_k = 10 \text{ kN/m}$

[jeweils am oberen und unteren Rand der Treppenläufe]

Folgende Ausbau- und Nutzlasten werden in den statischen Berechnungen des berücksichtigt.

Lastbereiche	Ausbaulast	Nutzlast
Flachdach EG Massivbau AWT (begrünt); Schnee, Wartungsarbeiten	1,20 kN/m ²	1,00 kN/m ²
Flachdach OG Massivbau (begrünt + PV-Anlagen) Schnee, Wartungsarbeiten	1,75 kN/m ²	1,00 kN/m ²
Trapezblech-Dach über Containerbereichen (begrünt + PV-Anlagen) Schnee, Wartungsarbeiten	1,75 kN/m ²	1,00 kN/m ²
Sichtschutzkonstruktion aus PV-Elementen Achse 4-9 / D-J; Schnee	0,40 kN/m ²	1,00 kN/m ²
Wartungswege Achse 4-9 / D-J; Schnee	1,00 kN/m ²	1,00 kN/m ²
Decke über EG – Personalräume (inkl. leichte Trennwände bis 5kN/m)	1,75 kN/m ²	(2,00 kN/m ² + 1,20 kN/m ²) 3,20 kN/m ²
Decke über EG – Technik + Lagerflächen	0,10 kN/m ²	5,00 kN/m ²
Decke über UG unter Außenbereich	40,00 kN/m ²	5,00 kN/m ²
Decke über UG – AWT-Bereich	2,30 kN/m ²	5,00 kN/m ²
Bodenplatte – Massivbaubereich Allgemein	0,10 kN/m ²	5,00 kN/m ²
Bodenplatte – Massivbaubereich Personalräume	1,75 kN/m ²	5,00 kN/m ²
Bodenplatte – Regale/ Gabelstaplerverkehr FL2	0,10 kN/m ²	15,00 kN/m ²
Bodenplatte – Container (max. 20 t)	3,00 kN/m ²	12,40 kN/m ²
Bodenplatte – Fahrbahnen SLW 30	3,00 kN/m ²	16,70 kN/m ²
Bodenplatte – AWT-Bereiche EG	0,10 kN/m ²	5,00 kN/m ²
Bodenplatte – UG	2,30 kN/m ²	5,00 kN/m ²
Treppen und Podeste Büro	1,75 kN/m ²	5,00 kN/m ²

Die entsprechenden zulässigen Ausbau- und Nutzlasten sind darüber hinaus in den maßgebenden Positionsplänen Tragwerksplanung detailliert dargestellt.

2.2 Windlasten nach DIN EN 1991-1-4/NA

Gebäudebreite $b = \sim 48 \text{ m}$
 Gebäudelänge $l = \sim 56 \text{ m}$
 max. Gebäudehöhe $h = 10,00 \text{ m}$

Geländehöhe über NHN = 37,70 m ü. NHN

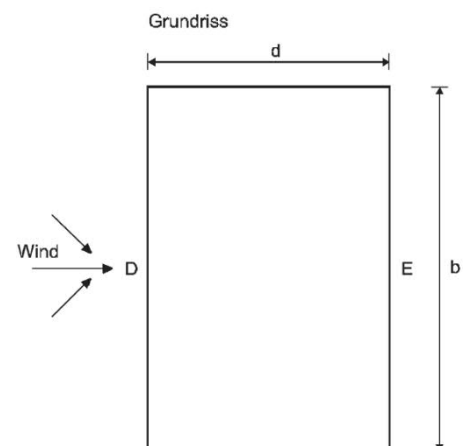
Standort Düsseldorf (Binnenland)

Windzone 1

$$q_b = 0,5 \times 1,25 \times 22,5^2 \times 10^{-3} = 0,32 \quad q_p(11\text{m}) = 1,7 \times 0,32 \times (11/10)^{0,37} = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

Windlast für vertikale Wände (DIN EN 1991-1-4, NA 7.2.2)

Bereich	$h/d = 0,20$	$h/d = 0,23$
	kurze Gebäudeseite $c_{pe,10}$ für w1	lange Gebäudeseite $c_{pe,10}$ für w2
A	-1,20	-1,20
B	-0,80	-0,80
C	-0,50	-0,50
D	+0,70	+0,70
E	-0,30	-0,30



(nach Tabelle NA.1, Kapitel 7.2.2)

Windlast für Flachdächer (DIN EN 1991-1-4, NA 7.2.3)

Dachneigung $\alpha \approx 1^\circ$

$$h_p/h = 0,45/8,60 = 0,05$$

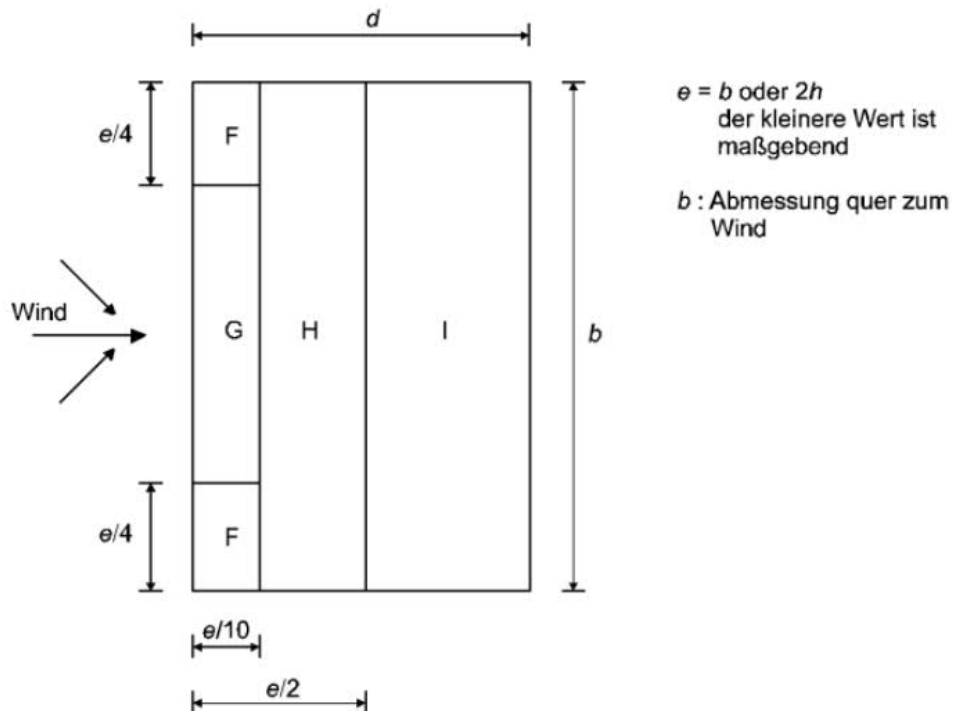


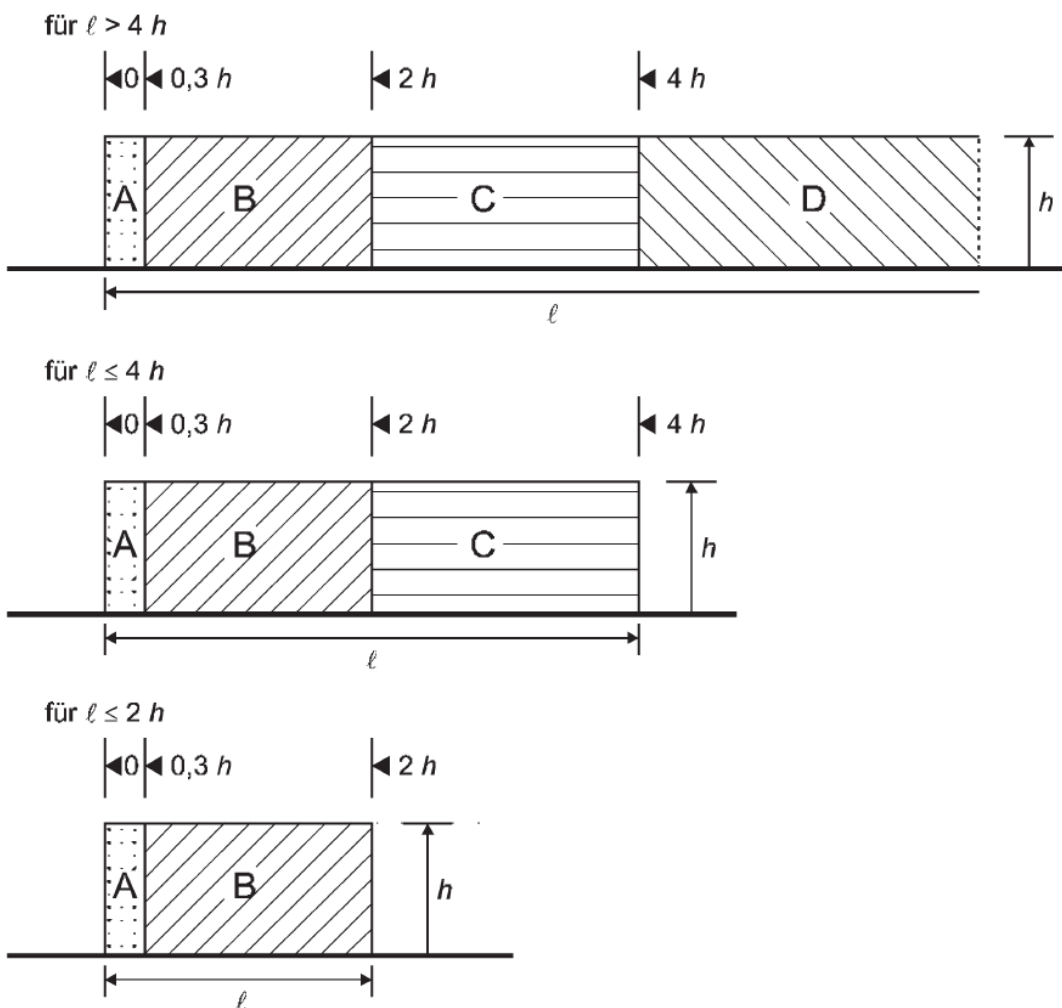
Bild 7.6 — Einteilung der Dachflächen bei Flachdächern

Tabelle 7.2 — Empfohlene Werte für Außendruckbeiwerte für Flachdächer

Dachtyp		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	- 0,2
	$h_p/h = 0,025$	- 1,6	- 2,2	- 1,1	- 1,8	- 0,7	- 1,2	+ 0,2	- 0,2
	$h_p/h = 0,05$	- 1,4	- 2,0	- 0,9	- 1,6	- 0,7	- 1,2	+ 0,2	- 0,2
mit Attika	$h_p/h = 0,10$	- 1,2	- 1,8	- 0,8	- 1,4	- 0,7	- 1,2	+ 0,2	- 0,2

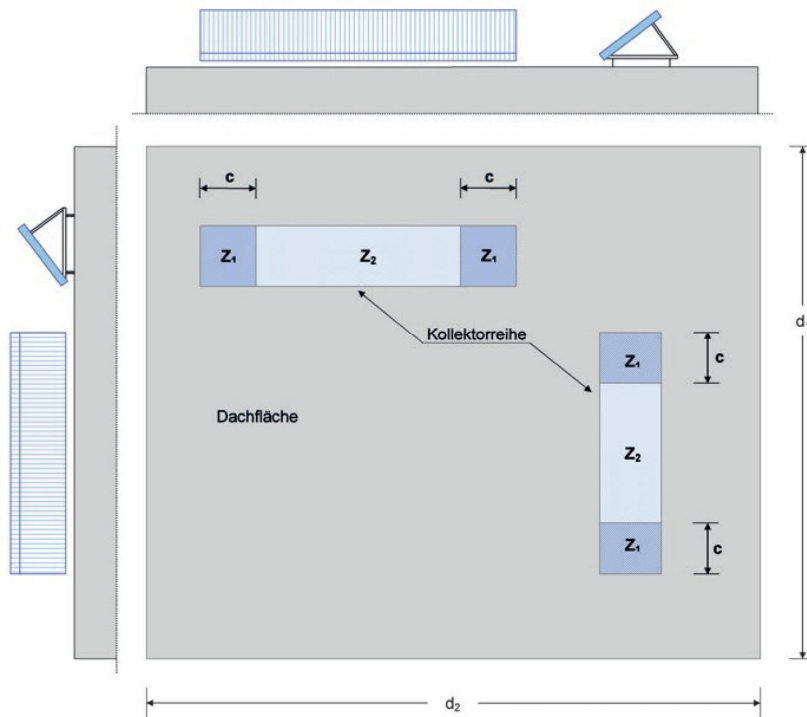
WINDLAST FÜR FREISTEHENDE WÄNDE UND BRÜSTUNGEN [DIN EN 1991-1-4, NA 7.4]

Völligkeitsgrad	Bereich		A	B	C	D
$\varphi = 1$	gerade Wand	$l/h \leq 3$	2,3	1,4	1,2	1,2
		$l/h = 5$	2,9	1,8	1,4	1,2
		$l/h \geq 10$	3,4	2,1	1,7	1,2
	abgewinkelte Wand mit Schenkellänge $\geq h^a$		$\pm 2,1$	$\pm 1,8$	$\pm 1,4$	$\pm 1,2$
$\varphi = 0,8$			$\pm 1,2$	$\pm 1,2$	$\pm 1,2$	$\pm 1,2$
^a Bei Schenkellängen des abgewinkelten Wandstücks zwischen 0,0 und h darf linear interpoliert werden.						



WINDLAST ANSATZ FÜR PV-MODULE [INFORMATIONSBLETT NR. 61, BDH]

2.1.5 Definition der Zonen Z_1 und Z_2 für eine Kollektorreihe



2.1.6 Aerodynamische Beiwerte $c_{p,net}$

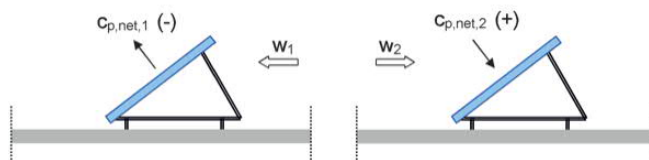


Tabelle 2.1 – Anstellwinkel 30°

Zone	horizontale Ausrichtung		vertikale Ausrichtung	
	$c_{p,net,1}$	$c_{p,net,2}$	$c_{p,net,1}$	$c_{p,net,2}$
F_5	-2,0	0,6	-1,8	0,9/0,8*
G_5	-1,8	0,6	-1,8/-1,4*	0,9/0,8*
Z_1	-1,5	0,6	-1,5	0,6
Z_2	-1,4	0,6	-1,4	0,6

DIN EN 1991-1-4:2010-12
 EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 + AC:2010 (D)

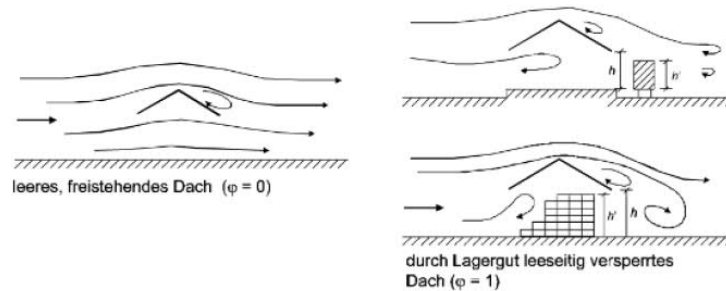
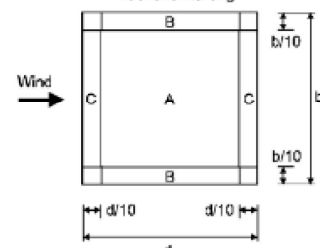


Tabelle 7.6 — $c_{p,net}$ und c_f Werte für freistehende Pultdächer

			Gesamtdruckbeiwerte $c_{p,net}$ Flächeneinteilung		
					
Neigungs- winkel α	Versperrungs- grad φ	Kraftbeiwert c_f	Bereich A	Bereich B	Bereich C
0°	Maximum alle φ	+ 0,2	+ 0,5	+ 1,8	+ 1,1
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,5	- 0,6	- 1,3	- 1,4
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,5	- 1,8	- 2,2
5°	Maximum alle φ	+ 0,4	+ 0,8	+ 2,1	+ 1,3
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,7	- 1,1	- 1,7	- 1,8
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,2	- 2,5
10°	Maximum alle φ	+ 0,5	+ 1,2	+ 2,4	+ 1,6
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,9	- 1,5	- 2,0	- 2,1
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	2,0 - 1,6 < 2,0	- 2,6	- 2,7
15°	Maximum alle φ	+ 0,7	+ 1,4	+ 2,7	+ 1,8
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,1	- 1,8	- 2,4	- 2,5
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,9	- 3,0
20°	Maximum alle φ	+ 0,8	+ 1,7	+ 2,9	+ 2,1
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,3	- 2,2	- 2,8	- 2,9
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,9	- 3,0
25°	Maximum alle φ	+ 1,0	+ 2,0	+ 3,1	+ 2,3
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,6	- 2,6	- 3,2	- 3,2
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,5	- 2,5	- 2,8
30°	Maximum alle φ	+ 1,2	+ 2,2	+ 3,2	+ 2,4
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,8	- 3,0	- 3,8	- 3,6
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,5	- 2,2	- 2,7
ANMERKUNG			+ Werte bedeuten eine nach unten gerichtete resultierende Windlast - Werte bedeuten eine nach oben gerichtete resultierende Windlast		

Windbelastung auf Dächer

$$w_e = q_p \cdot c_{pe} \quad \leftarrow 0,56$$

Fall A - Neigung 0° (Trapezblechdach)

Ansatz = freistehendes, vollversperrtes Pultdach ($\varphi=1$)

$$\rightarrow c_f = +0,2 / -1,3 \quad c_{f,net} \text{ (Bereich A)} = +1,8 / -2,2$$

$$\rightarrow w_e = +0,15 / -0,75 \text{ kN/m}^2 \quad \text{bzw.} \quad w_e = +1,01 / -1,25 \text{ kN/m}^2$$

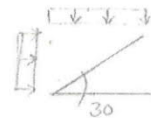
Bemessung Stahldach Bemessung Trapezblech

Fall B - Neigung 30° (oberhalb FWT-05 / Rangierhof)

Ansatz = Infoblatt Nr.61 Windlasten Solartherm. Anlagen, BDH

$$\rightarrow \text{Zone } Z_1 \quad c_{f,net} = 0,6 / -1,5 \text{ horizontal \& vertikal}$$

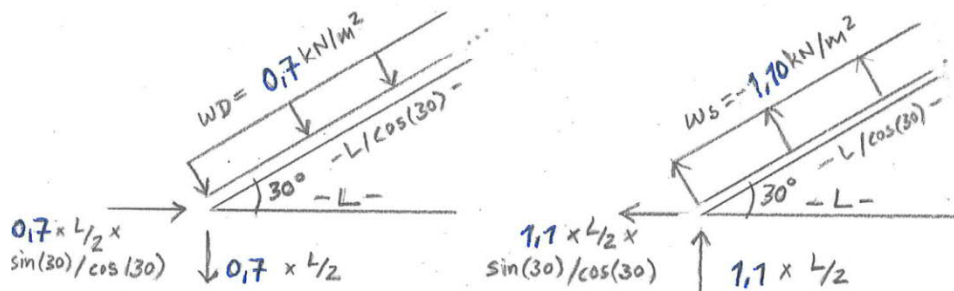
$$\rightarrow w_e = 0,40 / -0,90 \text{ kN/m}^2$$



zum Vgl. freistehendes, nicht versperrtes Pultdach ($\varphi=0$)

$$\rightarrow c_f = 1,2 / -1,8$$

$$\rightarrow w_e = 0,70 / -1,10 \text{ kN/m}^2 \quad \text{maßgebend!}$$



mit $L = 2,90 \text{ m}$ resultierende Linienlasten auf FWT-05/NT-04 =

$$\text{horizontal} = 0,6 \text{ kN/m} / -0,95 \text{ kN/m}$$

$$\text{vertikal} = 1,1 \text{ kN/m} / -1,60 \text{ kN/m}$$

2.3 Schneelasten nach DIN EN 1991-1-3, NA

Systemeigenschaften: Standort Düsseldorf
Schneelastzone 1
Geländehöhe über NHN = 37,70 m ü. NHN

Die charakteristische Schneelast auf dem Boden s_k ergibt sich in Abhängigkeit der Schneelastzone 1 zu:

$$s_k = 0,19 + 0,91 \cdot \left(\frac{A+140}{760} \right) \geq 0,65 \quad A - \text{Geländehöhe über Meeresniveau in m}$$

$$s_k = 0,40 \text{ kN/m}^2 < \mathbf{0,65 \text{ kN/m}^2}$$

Formbeiwert der Schneelast nach Tabelle 5.2 (Dachneigung 1°):

$$\mu_1 = \mathbf{0,80}$$

$$\mu_2 = \mathbf{0,8} \leq \left(\gamma \cdot \frac{h}{s_k} = 2,0 \cdot \frac{0,9}{0,65} = 2,8 \right) \leq 2,0 = \mathbf{2,0}$$

Formbeiwerte bei Dächern mit Solaranlagen:

Bereich oberhalb Trapezblechdach:

$$\mu_5 = \min \left\{ \gamma \cdot \frac{h}{s_k} ; 1,0 ; \geq \mu_1 \text{ und } \geq \mu_2 \right.$$

$$\mu_5 = \min \left\{ 2 \cdot \frac{0,9}{0,65} ; 1,0 ; \geq \mu_1 \text{ und } \geq \mu_2 \right. = \mathbf{1,0}$$

Bereich oberhalb der Fachwerkträger FWT-05:

$$\mu_5 = \min \left\{ 1,25 \cdot \frac{1,50}{0,65} ; 1,0 ; \geq \mu_1 \text{ und } \geq \mu_2 \right. = \mathbf{1,0}$$

Da die Anlagenhöhe für beide Bereiche $h > 0,5 \text{ m}$ ist, sind die Formbeiwerte noch um 10 % zu erhöhen.

$$\mu_5 = \mathbf{1,1}$$

$$s(\mu_1, \mu_5) = \mu \cdot s_k = 1,1 \cdot 0,65$$

$$s(\mu) = \mathbf{0,72 \text{ kN/m}^2}$$

Vereinfachend wird für das Trapezblech- und das Stahlbetonflachdach konservativ eine Schneelast von **1,00 kN/m²** angesetzt.

2.4 Erdbebenlasten

Gemäß geotechnischem Gutachten vom **12.07.2023** des Grüning Consulting GmbH:

Erdbebenzone:	1
Untergrundklasse:	T
Baugrundklasse:	C
Bedeutungskategorie:	II

2.5 Erddrucklasten

Für die Erddrucklasten auf die Kellerwände werden die folgenden Bodenkennwerte aus dem Baugrundgutachten zugrunde gelegt:

Tabelle 4.5-1: Bodenmechanische Kennwerte

Bodenart	Raumgewicht cal. $\gamma/\gamma^{(1)}$ [kN/m ³]	Steifezahl cal. E_s [MN/m ²]	Reibungswinkel cal. φ' [°]	Kohäsion cal. c' [kN/m ²]
Auffüllungen - Mittelwerte -	18,5 - 19,0 / 8,5 - 9,0	4 - 15	30,0 ³⁾	0 - 8 ²⁾
Sand Fein- bis Mittelsand, schwach kiesig, Schlufflagen, hellbraun - braun	19,5 / 10,5	12 - 40	32,5	0 - 12 ²⁾
Kies Kies, sandig, hellbraun - rotbraun	19,0 - 20,0 / 9,0 - 10,0	20 - >40	32,5 - 35,0	-

Abbildung 2: Auszug Geotechnisches Gutachten vom 12.07.2023; Grüning Consulting GmbH

Die Bemessung des Kellergeschosses und der Kellerwände erfolgt im Kapitel 8.3.