



Base Report: Erläuterungen

Erläuterungen zum Statikbericht im von K2 Base erstellten Dokument.

Lasten

Lasten	
Bemessung 1	DIN EN
Schadensfolgeklasse	CC2
Nutzungsdauer	25 Jahre
Geländekategorie	II - Landwirtschafts-/Farmlandgebiet

1. Angewendete Norm für das Projekt

Windlast

Windlast

Windlastzone		1
Geschwindigkeitsdruck 1		$q_{p,50} = 0,480 \text{ kN/m}^2$
Anpassungsfaktor für Nutzungsdauer		$f_w = 0,901$
Geschwindigkeitsdruck 2		$q_{p,25} = 0,433 \text{ kN/m}^2$

1. Böengeschwindigkeitsdruck/Geschwindigkeitsdruck auf dem Dach für eine Wiederkehrperiode von 50 Jahre
Laut DIN EN 1991-1-4
2. Böengeschwindigkeitsdruck/Geschwindigkeitsdruck auf dem Dach für eine Wiederkehrperiode von 25 Jahre
Laut DIN EN 1991-1-4
 $q_{p,25} = q_{p,50} \times f_w$

Schneelast

Schneelast	
Schneefanggitter	Nein
Bodenschneelast 1	$s_{s_0} = 1,752 \text{ kN/m}^2$
Formbeiwert für Schnee 2	$\mu_i = 0,800$
Faktor für Dachneigung 3	$d_i = 1,000$
Schneelast auf dem Dach 4	$s_{s,50} = 1,402 \text{ kN/m}^2$
Anpassungsfaktor für Nutzungsdauer	$f_s = 0,929$
Schneelast auf dem Dach 5	$s_{s,25} = 1,302 \text{ kN/m}^2$

1. Ermittlung mithilfe von der Schneelastzone und Geländehöhe über Meeresspiegel. Je nach Land kann eine andere Berechnungsweise angewendet werden.
Siehe DIN 1991-1-3 Nationale Anhänge entsprechender Länder.
2. Wert zur Bestimmung der Lastenverteilung auf dem Dach. Abhängig von Dachform, Neigungswinkel und Schneeart (Verwehter Schnee oder unverwehter Schnee)
Aus DIN EN 1991-1-3 + Nationaler Anhang
3. Umrechnungswert für Dachparallele und Dachsenkrechte Kraft.
Cosinus Wert der Dachneigung
4. Schneelast auf dem Dach für eine Wiederkehrperiode von 50 Jahren
Laut DIN EN 1991-1-3
5. Schneelast auf dem Dach für eine Wiederkehrperiode von 25 Jahren
Laut DIN EN 1991-1-3
 $s_{s,25} = s_{s,50} \times f_s$

Eigenlast

Eigenlast	
Gewicht Module	$G_M = 20,0 \text{ kg}$
Gewicht Montagesystem pro Modulfläche 1	$= 1,7 \text{ kg}$
Modulfläche 2	$A_M = 1,63 \text{ m}^2$
Eigengewicht Modul 3	$= 12,27 \text{ kg/m}^2$
Eigengewicht Montagesystem 4	$= 1,04 \text{ kg/m}^2$
Gesamte Eigenlast (exkl. Ballast)	$= 0,13 \text{ kN/m}^2$

1. Länge × Breite des Moduls
2. Eigengewicht des Moduls per m²: Gewicht Module geteilt durch Modulfläche
3. Eigengewicht Montagesystem per m²: Gewicht Montagesystem geteilt durch Modulfläche
4. Gesamteigenlast per m²: (Eigengewicht Modul + Eigengewicht Montagesystem) × 9,81 / A_M

Lastfallkombinationen

Tragfähigkeit

Tragfähigkeit 1	
Teilsicherheitsbeiwert ständig ungünstig (STR)	$\gamma_{0,sup} = 1,35$
Teilsicherheitsbeiwert ständig günstig (STR)	$\gamma_{0,inf} = 1,00$
Teilsicherheitsbeiwert ständig destab. (EQU) 2	$\gamma_{0,dest} = 1,10$
Teilsicherheitsbeiwert ständig stab. (EQU)	$\gamma_{0,stab} = 0,90$
Teilsicherheitsbeiwert erster veränderlicher	$\gamma_0 = 1,50$ 5
Teilsicherheitsbeiwert n veränderliche	$\gamma_0 = 1,50$
Kombinationsbeiwert für Wind 3	$\psi_{0,W} = 0,60$
Kombinationsbeiwert für Wind (weitere veränderliche Einwirkungen)	$\psi_{1,W} = 0,20$
Kombinationsbeiwert für Schnee	$\psi_{0,S} = 0,50$
Bedeutungsbeiwert ständig 4	$K_{R1,B} = 1,00$
Bedeutungsbeiwert veränderlich	$K_{R1,O} = 1,00$
LFK 01 6	$E_d = \gamma_{0,sup} * K_{R1,B} * G_k + \gamma_0 * K_{R1,O} * S_{i,n}$ 6a
LFK 02 7	$E_d = \gamma_{0,sup} * K_{R1,B} * G_k + \gamma_0 * K_{R1,O} * W_{k,Pressure}$ 7a
LFK 03 8	$E_d = \gamma_{0,sup} * K_{R1,B} * G_k + \gamma_0 * K_{R1,O} * (W_{k,Pressure} + \psi_{0,S} * S_{i,n})$
LFK 04 9	$E_d = \gamma_{0,sup} * K_{R1,B} * G_k + \gamma_0 * K_{R1,O} * (S_{i,n} + \psi_{0,W} * W_{k,Pressure})$
LFK 05 10	$E_d = \gamma_{0,inf} * G_k + \gamma_0 * K_{R1,O} * W_{k,Uplift}$ 10a

- Grenzzustände der Tragfähigkeit (engl. Ultimate Limit State (ULS))
Grenzzustände der Tragfähigkeit sind Zustände, bei deren Überschreitung es zu einem Einsturz des Tragwerks oder anderen Formen des Versagens kommen kann. Kennzeichen der Grenzzustände der Tragfähigkeit sind:
 - Gleichgewichtsverlust des gesamten Tragwerkes oder einzelner Tragwerksteile (Montagezustände beachten)
 - Stabilitätsverluste (besonders bei schlanken Bauteilen)
 - Eintritt von Versagensmechanismen am Gesamtsystem oder einzelnen Tragwerksteile
Die Tragfähigkeit wird mit Sicherheiten berechnet.
- Teilsicherheitsbeiwerte (Gamma): Sie unterscheiden zwischen z.B. ständigen und variablen Lasten, sowie ob eine Last günstig/stabilisierend oder ungünstig/destabilisierend wirkt.
- Kombinationsbeiwerte (P_{sij}): Wenn mehrere Lasten, z.B. Wind und Schnee gleichzeitig wirken, dann bestimmen sie in welchem Verhältnis sie auftreten, z.B.
 $1 \times \max. \text{Schneelast} + 0,6 \times \max. \text{Windlast}$
Durch sie berücksichtigt die Norm die statistische Unwahrscheinlichkeit, dass sich ein maximales Schneereignis und ein maximales Windereignis zur gleichen Zeit einstellt
- Sicherheiten: Je nach Auslegung des EN 1990 durch nationale Behörden ist es auch möglich Lasten gemäß ihrer erwarteten Schadensfolgen (Schadensfolgeklassen CC1, CC2, CC3) anzupassen. So werden die Schadensfolgen z.B. bei einem landwirtschaftlichen Gebäude ohne signifikanten Personenverkehr geringer bewertet als z.B. bei einem Hospital oder Stadion mit hohem Personenverkehr. Dementsprechend werden sie gemäß EN 1990 durch die Bedeutungsbeiwerte angepasst.
- Werte Abhängig vom Land
- Maximale Last aus Eigenlast und Schnee
 - Bemessungswert (E_d); Wenn Bemessungswert < Tragwiderstand versagen die Bauteile nicht
 - G_k = Charakteristische Eigenlast
 - $S_{i,n}$ =Charakteristische Schneelast auf dem Dach für eine Wiederkehrperiode von n Jahren

7. Maximale Last aus Eigenlast und Winddruck
 - 7a $W_{k,Druck}$ = Charakteristischer Winddruck
8. Maximale Last aus Eigenlast und Winddruck und $\psi_{si0,S}$ × Schneelast
9. Maximale Last aus Eigenlast und Schnee und $\psi_{si0,W}$ × Winddruck
10. Maximale Last aus Eigenlast und Windsog
 - 10a $W_{k,sog}$ = Charakteristischer Windsog

Lagesicherheit

Lagesicherheit 1

Abhebenachweis

$$E_d = Y_{G,stab} \cdot G_k + Y_Q \cdot K_{FI,0} \cdot W_{k,n,Uplift}$$

Verschiebenachweis

$$E_d = Y_{G,stab} \cdot G_k + Y_Q \cdot K_{FI,0} \cdot W_{k,n,Displacement}$$

1. Nachweis der Lagesicherheit

Gebrauchstauglichkeit

Gebrauchstauglichkeit 1

Kombinationsbeiwert für Wind

$$\psi_{0,w} = 0,60$$

Kombinationsbeiwert für Schnee

$$\psi_{0,s} = 0,50$$

Kombinationsbeiwert für Wind (weitere veränderliche Einwirkungen)

$$\psi_{1,w} = 0,20$$

LFK 01

$$E_d = G_k + S_{i,n} \quad 3a$$

LFK 02

$$E_d = G_k + W_{k,pressure} \quad 4a$$

LFK 03

$$E_d = G_k + W_{k,pressure} + \psi_{0,s} \cdot S_{i,n}$$

LFK 04

$$E_d = G_k + S_{i,n} + \psi_{0,w} \cdot W_{k,pressure}$$

LFK 06

$$E_d = G_k + W_{k,Uplift} \quad 7a$$

1. Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (engl.: Serviceability Limit State (SLS)) [1]
Die Verformungen bzw. Durchbiegungen eines Tragwerkes infolge von Beanspruchungen sollen in definierten Grenzen gehalten werden, um mögliche Schäden (wie z. B. Rissbildungen) an Bauteilen, wie Decken, Fußböden, Trennwänden, Installationen, etc. zu vermeiden. Auch gilt es, die Anforderungen hinsichtlich der Benutzbarkeit (Durchbiegungen, Schwingungen) und des Erscheinungsbildes bzw. des Wohlbefindens der Nutzer zu erfüllen.
Gebrauchstauglichkeit wird ohne Sicherheiten berechnet
2. Kombinationsbeiwerte: Wenn mehrere Lasten, z.B. Wind und Schnee gleichzeitig wirken, dann bestimmen sie in welchem Verhältnis sie auftreten, z.B.
 $1 \times \max. \text{Schneelast} + 0,6 \times \max. \text{Windlast}$
Durch sie berücksichtigt die Norm die statistischen Unwahrscheinlichkeit, dass sich eine maximales Schneereignis und ein maximales Windereignis zur gleichen Zeit einstellt
3. Maximale Last aus Eigenlast und Schnee
3a $S_{i,n}$ = Schneelast auf dem Dach für eine Wiederkehrperiode von n Jahren
4. Maximale Last aus Eigenlast und Winddruck
4a $W_{k,Druck}$ = Winddruck
5. Maximale Last aus Eigenlast und Winddruck und $\psi_{si0,S}$ × Schnee
6. Maximale Last aus Eigenlast und Schnee und $\psi_{si0,W}$ × Winddruck
7. Maximale Last aus Eigenlast und Windsog
7a $W_{k,sog}$ = Windsog



Max. Pressung auf Dämmung

Allgemeine Informationen

Allgemeine Informationen	
Eigenlast System	$g_{\text{System}} = 0,13 \text{ kN/m}^2$ ¹
aerodynamischer Beiwert	$c_{p,\text{Pressure}} = 0,20$ ²

1. $(\text{Eigengewicht Modul} + \text{Eigengewicht Montagesystem}) \times 9,81 / \text{Modulfläche} [\text{m}^2]$
Gesamteigengewicht pro Modulfläche
2. c_p -Wert für das gesamte System aus der Norm 1991-1-1

Lastverteilung Unter der Bautenschutzmatte Unter Peak (45°)

Lastverteilung unter der Bautenschutzmatte unter Peak (45°)	
Abmessungen ¹	$380,0 \times 75,3 \times 27,6 \text{ mm}$
	$A_{\text{eff}} \text{ 1a } = 28.614,00 \text{ mm}^2$
	$A_{\text{load range area}} \text{ 1b } = 1,63 \text{ m}^2$
max. Ballast	$A_{\text{load range area}} = 8,3 \text{ kg}$

1. Der Bautenschutzmatte
 - 1a Effektive Fläche unter den Matten, welche sich unter den Peaks befinden.
In einem Winkel von 45° von der Schiene nach unten befindet sich die Effektive Fläche der Bautenschutzmatte (Dome BSP-Mat), ganze Fläche bei (Dome Mat S380)
 - 1b Die Einzugsfläche aus der die Belastung auf die Bautenschutzmatte berechnet wird. Bspw. treffen über dem Peak 4 Module aufeinander, somit wirken $4 \times \frac{1}{4}$ Modulflächen, also 1 ganze Modulfläche pro Peak. Die verwendete Fläche ist abhängig vom gewählten System.

Lastverteilung Unter der Bautenschutzmatte Unter SD (45°)

Lastverteilung unter der Bautenschutzmatte unter SD (45°)

Abmessungen	380,0 × 75,3 × 27,6 mm
A_{eff} ¹	= 28.614,00 mm ²
$A_{\text{load range area}}$ ²	= 1,63 m ²
max. Ballast	$A_{\text{load range area}}$ = 2,1 kg

1. Effektive Fläche unter den Matten, welche sich unter den SDs befinden.
In einem Winkel von 45° von der Schiene nach unten befindet sich die Effektive Fläche der Bautenschutzmatte, ganze Fläche bei (Dome Mat S380)
2. Die Einzugsfläche aus der die Belastung auf die Bautenschutzmatte berechnet wird. Bspw. treffen über dem SD 2 Module aufeinander, somit wirken $2 \times \frac{1}{4}$ Modulflächen, also eine halbe Modulfläche pro SD. Die verwendete Fläche ist abhängig vom gewählten System

Lastfallkombinationen

Lastfallkombinationen		
	$\sigma_{\text{El,heat insulation,05,10800}}$ [Pa] ¹	$\sigma_{\text{El,heat insulation,00}}$ [Pa] ²
LFK 01	10.265	8.165
LFK 02	83.332	81.233
LFK 03	17.166	15.067
LFK 04	53.700	51.601
LFK 05	87.473	85.374
LFK 06 ³	0	0

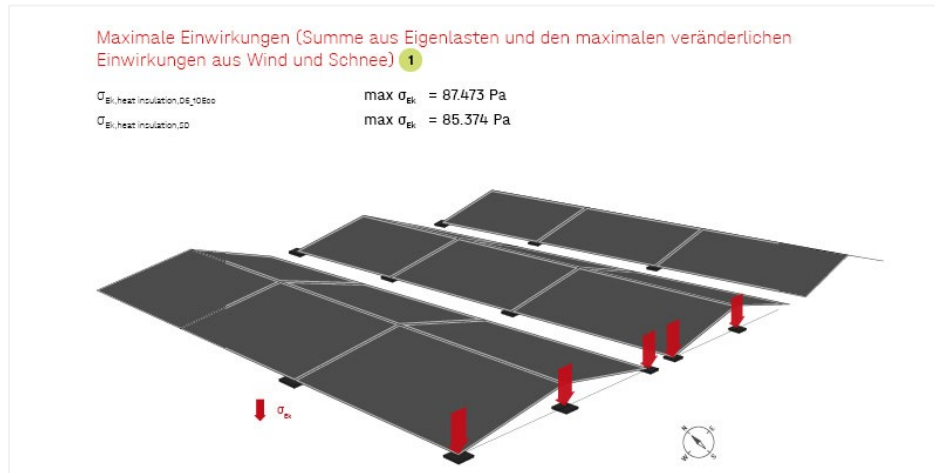
1. Flächenlast, die auf die Dämmung unter einem Peak aufs Dach wirkt. Unter Peak wirkt eine höhere Last also unter SDs, da hier ein ganzes Modul (siehe Lasteinzugsfläche) die Last auf den Peak überträgt.
Weiterhin spielt ebenfalls die Größe und Anzahl der Bautenschutzmatten eine Rolle.
2. Flächenlast, die auf die Dämmung unter einem Peak aufs Dach wirkt. Unter Peak höhere Last als bei SDs, da hier ein halbes Modul (siehe Lasteinzugsfläche) die Last auf den Peak überträgt.
3. Lastfallkombinationen wie oben

Einwirkungen aus Eigenlasten (PV Systems + Ballast)

Einwirkungen aus Eigenlasten (PV Anlage + Ballast) ¹	
$\sigma_{\text{El,heat insulation,05,10800}}$	$\sigma_{\text{Elk}} = 10.265 \text{ Pa}$
$\sigma_{\text{El,heat insulation,00}}$	$\sigma_{\text{Elk}} = 8.165 \text{ Pa}$

1. Lastfallkombination 0

Maximale Einwirkungen



1. Ungünstigster Fall der Lastfallkombinationen wird gewählt

H-V-Lasten

Aerodynamische Beiwerte

Aerodynamische Beiwerte	
	$C_{p,Pressure}$ = gemäß DIN EN 1991-1-4
	$C_{F,x,average}$ = -0,05 1
	$C_{F,y,averaged}$ = 0,01
Randabstandskorrektur	K_{sly} = 1,00
Attika- Korrekturkoeffizient	K_p = 1,00
Faktor Gebäudehöhe	= 1,00

1. Belastungskoeffizient Horizontal und Vertikal
x- und y-Richtung: Vom Windkanalgutachten
Druck: Von der Norm

Siehe Bild

Belastung Horizontal

Belastung horizontal

$$W_{k,F,x} = 0,015 \text{ kN/m}^2 \quad \text{1}$$

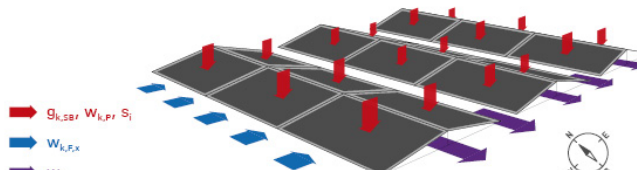
$$W_{k,F,y} = 0,006 \text{ kN/m}^2$$

1. Windkraft in x- und y-Richtung

Belastung Vertikal

Belastung vertikal

$g_{k,system \text{ incl. ballast}}$ = 0,13 kN/m²
 $W_{k,Pressure}$ 1 - gemäß DIN EN 1991-1-4
 S_i - gemäß DIN EN 1991-1-3



Anmerkung:
Die vertikalen Windlasten des Flachdaches werden im Wesentlichen durch seine Verdrängungswirkung bestimmt und bleiben daher auch bei Aufbau einer flachen PV-Anlage unverändert. Es werden zur Bemessung der Flachdächer die aerodynamischen Beiwerte nach DIN EN 1991-1-4 empfohlen.

1. Windkraft (vertikal) in Gravitationsrichtung ohne Sicherheiten

Berechnung der Tabelle „Spezifische Lasten“

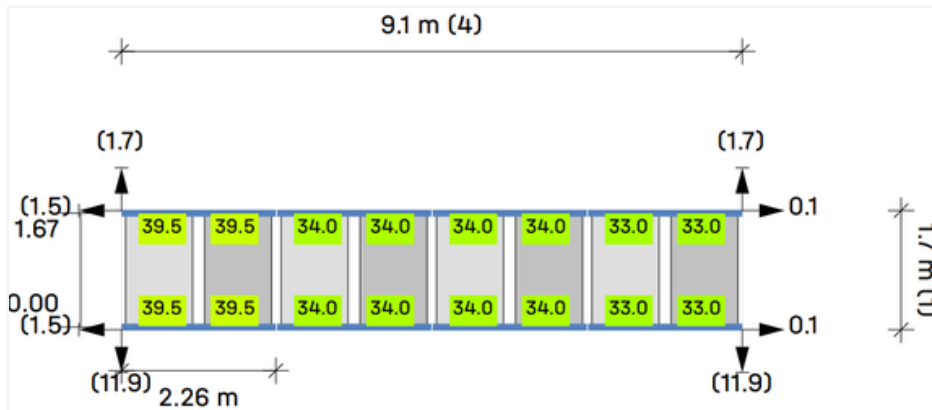
Modulblock k	Anzahl Module	Ballast [kg]	Eigengewicht [kg]	Modulblockfläche [m ²] (inkl. Wartungsgang)	Eigenlast [kN/m ²]	Eigenlast (Dachfläche) [kN/m ²]
Block 1	8	562,0	751,60	15,84	0,47	
Block 2	4	392,0	486,80	7,91	0,60	
Block 3	48	1.335,0	2.472,60	91,59	0,26	
Block 4	24	781,0	1.349,80	45,71	0,29	
Block 5	18	778,0	1.204,60	34,59	0,34	
Summe	102	3.848,0	6.265,40			0,15

1. Anzahl der Module pro Modulblock
2. Summe der Module aller Modulblöcke = $8+4+48+24+18 = 102$
3. Benötigter Ballast pro Modulblock in kg
4. Summe des Ballasts aller Modulblöcke = $562 \text{ kg} + 392 \text{ kg} + 1335 \text{ kg} + 781 \text{ kg} + 778 \text{ kg} = 3848 \text{ kg}$
5. Eigengewicht pro Modulblock = Benötigter Ballast pro Modulblock (3) + Gewicht der Module pro Modulblock + Gewicht von Montagesystems pro Modulblock

Dead Load	
Weight of module	$G_M = 22.0 \text{ kg}$
Weight of mounting system per module	$= 1.7 \text{ kg}$
Module area	$A_M = 1.64 \text{ m}^2$
Dead weight of module per m ²	$= 13.40 \text{ kg/m}^2$
Dead weight of mounting system per m ²	$= 1.04 \text{ kg/m}^2$
Total Dead Load (excl. ballast) per m ²	$= 0.14 \text{ kN/m}^2$

Gewicht des Modulblocks 1 ohne Ballast = $1,7 \text{ kg} \times 8 + 22 \text{ kg} \times 8 = 189,6 \text{ kg}$
 Gesamtgewicht des Modulblocks 1 = $562 \text{ kg} + 189,6 \text{ kg} = 751,6 \text{ kg}$

6. Gesamtgewicht aller Modulblöcke = $751,6 \text{ kg} + 486,8 \text{ kg} + 2472,6 \text{ kg} + 1349,8 \text{ kg} + 1204,6 \text{ kg} = 6265,4 \text{ kg}$
7. Modulblockfläche berechnet anhand der Abmessungen aus dem Kapiel „Montageplan“



Modulblockfläche = 9,1m × 1,7m = 15,47m²

Die Werte variieren leicht, da hier gerundet wird. (Tabelle hat exakte Werte)

8. Eigenlast pro Modulblock = (Eigengewicht pro Modulblock (5) × Fallbeschleunigung / 1000) / Modulblockfläche (7)
Eigenlast Modulblock 1 = (751,6 kg × 9,80655 m/s² / 1000) / (15,84 m²) = 0,465 kN/m²
9. Eigenlast für die gesamte Dachfläche = (Gesamtgewicht aller Modulblöcke (6) × Fallbeschleunigung / 1000) / Dachfläche
Eigenlast für die gesamte Dachfläche = (6265,4 kg × 9,80655 / 1000) / 411,28 m² = 0,149 kN/m²