

Moduleinlegeschiene : Maximaler Abstand der Unterstützungen

Objekt	Beispiel 1
--------	------------

Erforderliche Angaben

Bauherr / Kommission : TS-Aluminium

Bauort : 26629 Großefehn

Dachform : Satteldach , Pultdach , Walmdach, Flachdach

Dachneigung : $x^\circ = 30^\circ$ Bei Flachdach: Modulneigung

Lage der Module : Dachbereich (s. Anlagen) :
Bei Flachdach keine Angabe erforderlich.

Terrain bis OK-Module : \leq 10m , 18m , 25m

Module Gewicht : $G_m = 0,165$ KN
Länge : $l_m = 1,318$ m
Breite : $b_m = 0,994$ m

Moduleinlegeschiene : 30104 , 301041 , 301042 , 30105
gestützt : an den Enden , an den Enden + mittig

Zulässige Durchbiegung: $n = 300$ normal 1/300 ($n = 300$)

Grundlagen

- Kein abrutschender Schnee von einem höher gelegenen Dach
- Keine Schneeverwehungen infolge Dach-Höhenversprünge

Belastungen

g = ständige Lasten (Solarmodule + Moduleinlegeschiene)
 s = Schneelasten
 s_a = Schneelasten, außergewöhnlich (norddeutsches Tiefland)
 w_d = Windlasten, Druck
 w_s = Windlasten, Sog

Ständige Lasten

g_m = $G_m / 2 * b_m$ = 0,083 KN/m
 g_s = Schiene = 0,025 KN/m incl. Befestigungen
 g = $g_m + g_s$ = 0,108 KN/m

Schneelasten

Schneelastzone: 1 gemäß "Technische Baubestimmungen"
WG-Standort : 5 m Höhe ü.d.M. (ü.NN.) = A

Zone 1 $s_{k1} = 0,19 + 0,91 * [(A + 140) / 760]^2$ (mind. 0,65 KN/m²)
Zone 2 $s_{k2} = 0,25 + 1,91 * [(A + 140) / 760]^2$ (mind. 0,85 KN/m²)
Zone 3 $s_{k3} = 0,31 + 2,91 * [(A + 140) / 760]^2$ (mind. 1,10 KN/m²)
Zone 1a $s_{k1a} = 1,25 * s_{k1}$
Zone 2a $s_{k2a} = 1,25 * s_{k2}$

Schneelast auf dem Boden

$$s_k = 0,65 \text{ KN/m}^2$$

Schneelast auf dem Dach

$$s_1 = 0,8 * s_k = 0,520 \text{ KN/m}^2 \quad x^\circ \leq 30^\circ$$

$$= 0,8 * s_k * (60 - x^\circ) / 30 = \text{KN/m}^2 \quad 30^\circ < x^\circ < 60^\circ$$

$$= 0 \quad x^\circ \geq 60^\circ$$

$$s = s_1 * \cos x^\circ * l_m / 2 = 0,297 \text{ KN/m}$$

Norddeutsches Tiefland

$$s_a = s * 2,3 = 0,683 \text{ KN/m}$$

Windlasten

Windlastzone : 4 gemäß "Technische Baubestimmungen"
Binnenland
 Küste (5 km breiter Streifen landeinwärts)
 Insel (Nordseeinsel nur bis 10m Geb.Höhe zulässig !)

$$w_e = c_{pe,1} * q(z_e) \quad \text{Winddruck/-sog senkrecht auf Dachfläche}$$

Bei Flachdach : Werte für c_{pe} nach "DIN 1055-4, 12.1.9" mit Pultdach

$$q(z_e) = 0,95 \text{ KN/m}^2 \quad \text{s. folgende Tabelle}$$

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	—	—

$$c_{pe,1} = + 0,9$$

$$c_{pe,1} = - 1,4$$

Beiwert für Winddruck s. folg. Tabelle
 Beiwert für Windsog s. folg. Tabelle

Lage der Module auf dem Dach: Siehe Anlagen

Dachneigung	5°	10°	15°	30°	45°	60°	75°
Satteldach F	+0,2	+0,2	+0,2	+0,7	+0,7	+0,7	+0,8
Unten Ecke	-2,5	-2,2	-2,0	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5
Satteldach G	+0,2	+0,2	+0,2	+0,7	+0,7	+0,7	+0,8
Unten Mitte	-2,0	-1,7	-1,5	-1,5	-1,2	-1,0	-1,0
Satteldach G	+0,2	+0,2	+0,2	+0,4	+0,6	+0,7	+0,8
Seite oben	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
Satteldach J	+0,2	+0,2	+0,2	+0,4	+0,6	+0,7	+0,8
Oben Mitte	-1,2	-1,2	-1,5	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0
Satteldach HI	+0,2	+0,2	+0,2	+0,4	+0,6	+0,7	+0,8
sonst. Bereich	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0
Pulldach F	+0,2	+0,2	+0,2	+0,7	+0,7	+0,7	+0,8
Unten Ecke	-2,5	-2,4	-2,4	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
Pulldach G	+0,2	+0,2	+0,2	+0,7	+0,7	+0,7	+0,8
Unten Mitte	-2,0	-1,7	-1,5	-1,5	-1,3	-1,3	-1,3
Pulldach Fhoch	+0,2	+0,2	+0,2	+0,4	+0,6	+0,7	+0,8
Seite oben	-2,6	-2,7	-2,9	-2,9	-2,4	-2,0	-2,0
Pulldach G	+0,2	+0,2	+0,2	+0,4	+0,6	+0,7	+0,8
Seite Mitte	-2,0	-2,2	-2,5	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
Pulldach HI	+0,2	+0,2	+0,2	+0,4	+0,6	+0,7	+0,8
sonst. Bereich	-1,2	-1,2	-1,2	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3
Walmdach F	aus Platzgründen keine Montage möglich !						
Unten Ecke							
Walmdach GIMN	+0,2		+0,2	+0,7	+0,7	+0,7	+0,8
Unten Mitte	-2,0		-1,5	-1,5	-1,2	-0,4	-0,4
Walmdach LJ	+0,2		+0,2	+0,4	+0,6	+0,7	+0,8
unterm Grat	-2,0		-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0
Walmdach K	+0,2		+0,2	+0,4	+0,6	+0,7	+0,8
unterm First	-1,2		-2,0	-0,5	-0,3	-0,3	-0,3
Walmdach HIN	+0,2		+0,2	+0,4	+0,6	+0,7	+0,8
sonst. Bereich	-1,2		-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3
Flachdach, Dachneigung = Modulneigung							
	+0,7	+0,7	+0,7	+0,9	+1,1	+1,2	+1,3
	-1,8	-1,8	-1,8	-1,4	-1,3	-1,1	-1,1

$$w_d = c_{pe,1} * q(z_e) * l_m / 2 = 0,563 \text{ KN/m}$$

$$w_s = c_{pe,1} * q(z_e) * l_m / 2 = 0,876 \text{ KN/m}$$

Bemessung

l = Zulässiger maximaler Abstand der Unterstützungen.
Der **kleinste** ermittelte Wert (s. Spannungen, Durchbiegungen) ist maßgeblich !

l₁ = Moduleinlegeschiene oben/unten (belastet mit 1 Modulreihe)
l₂ = Moduleinlegeschiene mittig (belastet mit 2 Modulreihen)

Belastungen

g = 0,108 KN/m ständige Lasten
s = 0,297 KN/m Schneelasten
s_a = 0,683 KN/m Schneelasten, außergewöhnlich
w_d = 0,563 KN/m Windlasten, Druck
w_s = 0,876 KN/m Windlasten, Sog

Lastkombinationen

Mit normalen Schneelasten "s"

Maßgebliche Kombination für Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit:

- 1) Nach "DIN 4113-1, 4.1" (DIN 1050, Juni/1968)
LF H = g+s+0,5*w bzw. g+w+0,5*s
- 2) Nach "DIN 1055-100, Gl. A2 + A5 " ohne Teilsicherheitsbeiwerte
LF H = g+s+0,6*w bzw. g+w+0,5*s = G_k+Q_{k1}+psi₀*Q_{ki}

Gerechnet wird mit der ungünstigeren Kombination nach DIN 1055-100.

Anmerkung:

In der DIN 4113-1 wird noch ohne Teilsicherheitsbeiwerte, statt dessen mit abgeminderten zulässigen Spannungen gerechnet.

Vergleich : zul. sigma_B = beta_{0.2} / gamma_M * gamma_{G,Q}
= 150 / 1,1 * 1,5 = 91 > 88 N/mm²

Mit außergewöhnlichen Schneelasten "s_a"

Nachweis der Tragfähigkeit:

In Anlehnung an die DIN 1055-100 wird die zulässige Spannung erhöht:
sigma_{zul} = beta_{0.2} / gamma_M = 150 / 1,1 = 136 N/mm²

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit:

Kein Nachweis erforderlich.

Querschnittswerte

Trägheitsmomente

I_y / I_z = um die Schwerachsen
I₁ / I₂ = um die Hauptachsen (I_{max} / I_{min})
I_{x°} = um x° verdrehte Achse (Dachneigung)
x₂° = Winkel zwischen y-Achse und Hauptachse 2

x° <= x₂° : I_{x°} = I_y - (I_y - I₂) * x°/x₂°
x° >= x₂° : I_{x°} = I₂ + (I_z - I₂) * (x°-x₂°)/(90°-x₂°)

	x ₂ °	I _y	I _z	I ₂	I _{x°}	
30104	76,8°	40,8	22,0	20,9	33,0	cm ⁴
301041	76,3°	39,2	23,1	22,1		cm ⁴
301042	75,0°	36,9	25,7	24,8		cm ⁴
30105	42,8°	27,9	29,3	19,9		cm ⁴

Widerstandsmomente

W_Y / W_Z = um die Schwerachsen
 W_1 / W_2 = um die Hauptachsen
 W_{X° = um x° verdrehte Achse (Dachneigung)
 x_2° = Winkel zwischen y-Achse und Hauptachse 2

$x^\circ \leq x_2^\circ : W_{X^\circ} = W_Y - (W_Y - W_2) * x^\circ / x_2^\circ$
 $x^\circ > x_2^\circ : W_{X^\circ} = W_2 + (W_Z - W_2) * (x^\circ - x_2^\circ) / (90^\circ - x_2^\circ)$

	x_2°	W_Y	W_Z	W_2	W_{X°	
30104	76,8°	9,78	5,73	4,69	7,79	cm ³
301041	76,3°	9,61	6,04	4,96		cm ³
301042	75,0°	9,59	6,55	5,58		cm ³
30105	42,8°	9,80	6,61	4,45		cm ³

Momente

$M_g = g * l^2 / 8$
 $M_s = s * l^2 / 8$
 $M_{sa} = s_a * l^2 / 8$
 $M_{wd} = w_d * l^2 / 8$
 $M_{ws} = w_s * l^2 / 8$

Spannungen

Lastfall 1 : $g + s + 0,6 * w_d$
 $\sigma = (M_g + M_s) / W_{X^\circ} + 0,6 * M_{wd} / W_Y \leq 88 \text{ N/mm}^2$
 $l_1 \leq 0,839 / [(g+s) / W_{X^\circ} + 0,6 * w_d / W_Y]^{1/2} = 2,85 \text{ m}$
 $l_2 \leq 0,593 / [(g+s) / W_{X^\circ} + 0,6 * w_d / W_Y]^{1/2} = \text{m}$

Lastfall 2 : $g + w_d + 0,5 * s$
 $\sigma = (M_g + 0,5 * M_s) / W_{X^\circ} + M_{wd} / W_Y \leq 88 \text{ N/mm}^2$
 $l_1 \leq 0,839 / [(g+0,5*s) / W_{X^\circ} + w_d / W_Y]^{1/2} = 2,79 \text{ m}$
 $l_2 \leq 0,593 / [(g+0,5*s) / W_{X^\circ} + w_d / W_Y]^{1/2} = \text{m}$

Lastfall 3 : $g + w_s$
 $\sigma = - M_g / W_{X^\circ} + M_{ws} / W_Y \leq 88 \text{ N/mm}^2$
 $l_1 \leq 0,839 / [-g / W_{X^\circ} + w_s / W_Y]^{1/2} = 3,05 \text{ m}$
 $l_2 \leq 0,593 / [-g / W_{X^\circ} + w_s / W_Y]^{1/2} = \text{m}$

Lastfall 4 : $g + s_a + w_d$
 $\sigma = (M_g + M_{sa}) / W_{X^\circ} + M_{wd} / W_Y \leq 136 \text{ N/mm}^2$
 $l_1 \leq 1,043 / [(g+s_a) / W_{X^\circ} + w_d / W_Y]^{1/2} = 2,61 \text{ m}$
 $l_2 \leq 0,738 / [(g+s_a) / W_{X^\circ} + w_d / W_Y]^{1/2} = \text{m}$

Durchbiegungen : Schiene mit 2 Unterstutzungen 2* am Ende

Lastfall 1 : $g + s + 0,6 * w_d$
 $f = [(M_g + M_s) / I_{X^\circ} + 0,6 * M_{wd} / I_Y] * l^2 / 9,6 * 70.000 < l/n$
 $l_1 \leq 3,774 / \{ [(g+s) / I_{X^\circ} + 0,6 * w_d / I_Y] * n \}^{1/3} = 2,06 \text{ m}$
 $l_2 \leq 2,995 / \{ [(g+s) / I_{X^\circ} + 0,6 * w_d / I_Y] * n \}^{1/3} = \text{m}$

Lastfall 2 : $g + w_d + 0,5 * s$
 $f = [(M_g + 0,5 * M_s) / I_{X^\circ} + M_{wd} / I_Y] * l^2 / 9,6 * 70.000 < l/n$
 $l_1 \leq 3,774 / \{ [(g+0,5*s) / I_{X^\circ} + w_d / I_Y] * n \}^{1/3} = 2,03 \text{ m}$
 $l_2 \leq 2,995 / \{ [(g+0,5*s) / I_{X^\circ} + w_d / I_Y] * n \}^{1/3} = \text{m}$

Lastfall 3 : $g + w_s$
 $f = (-\cos x^\circ * M_g / I_{X^\circ} + M_{ws} / I_Y) * l^2 / 9,6 * 70.000 < l/n$
 $l_1 \leq 3,774 / \{ [-\cos x^\circ * g / I_{X^\circ} + w_s / I_Y] * n \}^{1/3} = 2,13 \text{ m}$
 $l_2 \leq 2,995 / \{ [-\cos x^\circ * g / I_{X^\circ} + w_s / I_Y] * n \}^{1/3} = \text{m}$

Durchbiegungen : Schiene mit 3 Unterstuetzungen 2* am Ende + mittig

Lastfall 1 : $g + s + 0,6 \cdot w_d$
 $f = [(M_g + M_s) / I_{X^0} + 0,6 \cdot M_{w_d} / I_Y] \cdot l^2 / 23 \cdot 70.000 < l/n$
 $l_1 \leq 5,050 / \{ [(g+s) / I_{X^0} + 0,6 \cdot w_d / I_Y] \cdot n \}^{1/3} = 2,75 \text{ m}$
 $l_2 \leq 4,008 / \{ [(g+s) / I_{X^0} + 0,6 \cdot w_d / I_Y] \cdot n \}^{1/3} = \text{m}$

Lastfall 2 : $g + w_d + 0,5 \cdot s$
 $f = [(M_g + 0,5 \cdot M_s) / I_{X^0} + M_{w_d} / I_Y] \cdot l^2 / 23 \cdot 70.000 < l/n$
 $l_1 \leq 5,050 / \{ [(g+0,5 \cdot s) / I_{X^0} + w_d / I_Y] \cdot n \}^{1/3} = 2,71 \text{ m}$
 $l_2 \leq 4,008 / \{ [(g+0,5 \cdot s) / I_{X^0} + w_d / I_Y] \cdot n \}^{1/3} = \text{m}$

Lastfall 3 : $g + w_s$
 $f = (-\cos x^0 \cdot M_g / I_{X^0} + M_{w_s} / I_Y] \cdot l^2 / 23 \cdot 70.000 < l/n$
 $l_1 \leq 5,050 / \{ [-\cos x^0 \cdot g / I_{X^0} + w_s / I_Y] \cdot n \}^{1/3} = 2,85 \text{ m}$
 $l_2 \leq 4,008 / \{ [-\cos x^0 \cdot g / I_{X^0} + w_s / I_Y] \cdot n \}^{1/3} = \text{m}$

Ergebnis

Schiene mit 2 Unterstuetzungen 2* am Ende

$l_1 = 2,03 \text{ m}$ Moduleinlegeschiene, belastet mit 1 Modulreihe
 $l_2 = \text{m}$ Moduleinlegeschiene, belastet mit 2 Modulreihen
 maximal zulässiger Abstand der Unterstuetzungen

Maßgeblich ist: Spannung / Durchbiegung

Lastfall $g + w_d + 0,5 \cdot s$

Schiene mit 3 Unterstuetzungen 2* am Ende + mittig

$l_1 = 2,61 \text{ m}$ Moduleinlegeschiene, belastet mit 1 Modulreihe
 $l_2 = \text{m}$ Moduleinlegeschiene, belastet mit 2 Modulreihen
 maximal zulässiger Abstand der Unterstuetzungen

Maßgeblich ist: Spannung / Durchbiegung

Lastfall $g + s_a + w_d$

ERNST MEIER-HEDDE
 DIPL. ING. TU-BAUWESEN
 22397 HAMBURG, SEGERFELD 4
 TEL.040/608 35 03 - FAX 608 43 52

29.01.2010

E. Meier-Hedde

 Berechnungsschema aufgestellt

ERNST MEIER-HEDDE
 DIPL. ING. TU-BAUWESEN
 22397 HAMBURG, SEGERFELD 4
 TEL.040/608 35 03 - FAX 608 43 52

29.1.2010

 Datum

E. Meier-Hedde

 Berechnung ausgeführt