

TS - Solar
Universalschiene : Maximaler Abstand der Unterstützungen

Objekt	Beispiel 01
--------	-------------

Erforderliche Angaben

Bauherr / Kommission : TS-Aluminium
 Bauort : 26629 Großefehn
 Dachform : Satteldach , Pultdach , Walmdach
 Dachneigung : $x^\circ = 30^\circ$
 Lage der Module : Dachbereich (s. Anlagen) : HI
 Terrain bis OK-Module : $\leq 10m$, 18m , 25m
 Eigenlasten : $g_m = 0,20$ KN/qm Modulfläche
 Solarmodule + Schienen + Halter
 Universalschienen : $a = 1,60$ m Universalschienen-Abstand
 Schienen liegen schräg (in Dachneigung)

Grundlagen

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

Belastungen

Je lfdm Universalschiene (in der Schräge gemessen).

Ständige Lasten

$g = g_m * a = 0,320$ KN/m Solarmodule + Befestigungen

Schneelasten

Schneelastzone: 1 gemäß "Technische Baubestimmungen"
 Bauort : 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

$s_k = 0,65$ KN/m²

Schneelast auf dem Dach

$s_1 = 0,8 * s_k = 0,52$ KN/m² $x^\circ \leq 30^\circ$
 $= 0,8 * s_k * (60 - x^\circ) / 30 =$ KN/m² $30^\circ < x^\circ < 60^\circ$
 $= 0$ $x^\circ \geq 60^\circ$
 $s = s_1 * \cos x^\circ * a = 0,721$ KN/m

Norddeutsches Tiefland

$s_a = s * 2,3 = 1,657$ KN/m

Windlasten

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

$w_e = c_{pe} * q(z_e)$ Winddruck/-sog senkrecht auf Dachfläche

$q(z_e) = 0,95 \text{ KN/m}^2$ 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	-	-

$c_{pe} = + 0,4$
 $c_{pe} = - 1,2$

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

Dachneigung	5°	10°	15°	30°	45°	60°	75°
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 F _{hoch}	+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

$$w_d = c_{pe} * q(z_e) * a = 0,608 \text{ KN/m}$$

$$w_s = c_{pe} * q(z_e) * a = 1,824 \text{ KN/m}$$

Winddruck
Windsog

Bemessung

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

l_1 = Universalschiene 1-seitig belastet (Randschiene)
 l_2 = Universalschiene 2-seitig belastet (Mittelschiene)

Belastungen der Universalschiene

Bei beidseitiger Belastung (Mittelschiene), in der Schräge gemessen.

g = 0,320 KN/m ständige Lasten (Solarmodule + Befestigungen)
 s = 0,721 KN/m Schneelasten
 s_a = 1,657 KN/m Schneelasten, außergewöhnlich (nordd. Tiefland)
 w_d = 0,608 KN/m Windlasten, Druck
 w_s = 1,824 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. $g+w+0,5*s = G_k+Q_{k1}+\psi_{i0}*Q_{ki}$

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. $\sigma_{B} = \beta_{0,2} / \gamma_{M} * \gamma_{G,Q}$
 $= 150 / 1,1 * 1,5 = 91 > 88\text{ N/mm}^2$

Mit außergewöhnlichen Schneelasten "s_a"

Die außergewöhnliche Schneelast ist nur mit Eigengewicht zu kombinieren (s. NABau, Auslegung Nr. 30) !

Nachweis der Tragfähigkeit:

In Anlehnung an die DIN 1055-100 wird die zulässige Spannung erhöht:
 $\sigma_{zul} = \beta_{0,2} / \gamma_{M} = 150 / 1,1 = 136\text{ N/mm}^2$

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit:

Kein Nachweis erforderlich.

Querschnittswerte

$I_y = 16,3\text{ cm}^4$
 $W_y = 6,41\text{ cm}^3$

Momente

$M_g \leq \cos x^\circ * g * l^2 / 8$
 $M_s \leq \cos x^\circ * s * l^2 / 8$
 $M_{sa} \leq \cos x^\circ * s_a * l^2 / 8$
 $M_{wd} \leq w_d * l^2 / 8$
 $M_{ws} \leq w_s * l^2 / 8$

Spannungen

Lastfall 1 : $g + s + 0,6 \cdot w_d$
 $\sigma = (M_G + M_S + 0,6 \cdot M_{wd}) / W_y \leq 88 \text{ N/mm}^2$
 $l_1 \leq 3,004 / [(g+s) \cdot \cos x^\circ + 0,6 \cdot w_d]^{1/2} = 2,67 \text{ m}$
 $l_2 \leq 2,124 / [(g+s) \cdot \cos x^\circ + 0,6 \cdot w_d]^{1/2} = 1,89 \text{ m}$

Lastfall 2 : $g + w_d + 0,5 \cdot s$
 $\sigma = (M_G + 0,5 \cdot M_S + M_{wd}) / W_y \leq 88 \text{ N/mm}^2$
 $l_1 \leq 3,004 / [(g+0,5 \cdot s) \cdot \cos x^\circ + w_d]^{1/2} = 2,75 \text{ m}$
 $l_2 \leq 2,124 / [(g+0,5 \cdot s) \cdot \cos x^\circ + w_d]^{1/2} = 1,94 \text{ m}$

Lastfall 3 : $g + w_s$
 $\sigma = (-M_G + M_{ws}) / W_y \leq 88 \text{ N/mm}^2$
 $l_1 \leq 3,004 / [-g \cdot \cos x^\circ + w_s]^{1/2} = 2,42 \text{ m}$
 $l_2 \leq 2,124 / [-g \cdot \cos x^\circ + w_s]^{1/2} = 1,71 \text{ m}$

Lastfall 4 : $g + s_a$
 $\sigma = (M_G + M_{sa}) / W_y \leq 136 \text{ N/mm}^2$
 $l_1 \leq 3,735 / [(g+s_a) \cdot \cos x^\circ]^{1/2} = 2,85 \text{ m}$
 $l_2 \leq 2,641 / [(g+s_a) \cdot \cos x^\circ]^{1/2} = 2,02 \text{ m}$

Durchbiegungen : Schiene mit 2 Unterstutzungen

Lastfall 1 : $g + s + 0,6 \cdot w_d$
 $f = [(M_G + M_S + 0,6 \cdot M_{wd}) / I_y] \cdot l^2 / 9,6 \cdot 70.000 < l/n$
 $l_1 \leq 12,06 / \{ [(g+s) \cdot \cos x^\circ + 0,6 \cdot w_d] \cdot n \}^{1/3} = 1,67 \text{ m}$
 $l_2 \leq 9,57 / \{ [(g+s) \cdot \cos x^\circ + 0,6 \cdot w_d] \cdot n \}^{1/3} = 1,32 \text{ m}$

Lastfall 2 : $g + w_d + 0,5 \cdot s$
 $f = [(M_G + 0,5 \cdot M_S + M_{wd}) / I_y] \cdot l^2 / 9,6 \cdot 70.000 < l/n$
 $l_1 \leq 12,06 / \{ [(g+0,5 \cdot s) \cdot \cos x^\circ + w_d] \cdot n \}^{1/3} = 1,70 \text{ m}$
 $l_2 \leq 9,57 / \{ [(g+0,5 \cdot s) \cdot \cos x^\circ + w_d] \cdot n \}^{1/3} = 1,35 \text{ m}$

Lastfall 3 : $g + w_s$
 $f = [(-M_G + M_{ws}) / I_y] \cdot l^2 / 9,6 \cdot 70.000 < l/n$
 $l_1 \leq 12,06 / \{ [-g \cdot \cos x^\circ + w_s] \cdot n \}^{1/3} = 1,56 \text{ m}$
 $l_2 \leq 9,57 / \{ [-g \cdot \cos x^\circ + w_s] \cdot n \}^{1/3} = 1,24 \text{ m}$

Durchbiegungen : Schiene mit mind. 3 Unterstutzungen

Lastfall 1 : $g + s + 0,6 \cdot w_d$
 $f = [(M_G + M_S + 0,6 \cdot M_{wd}) / I_y] \cdot l^2 / 23 \cdot 70.000 < l/n$
 $l_1 \leq 16,13 / \{ [(g+s) \cdot \cos x^\circ + 0,6 \cdot w_d] \cdot n \}^{1/3} = 2,23 \text{ m}$
 $l_2 \leq 12,80 / \{ [(g+s) \cdot \cos x^\circ + 0,6 \cdot w_d] \cdot n \}^{1/3} = 1,77 \text{ m}$

Lastfall 2 : $g + w_d + 0,5 \cdot s$
 $f = [(M_G + 0,5 \cdot M_S + M_{wd}) / I_y] \cdot l^2 / 23 \cdot 70.000 < l/n$
 $l_1 \leq 16,13 / \{ [(g+0,5 \cdot s) \cdot \cos x^\circ + w_d] \cdot n \}^{1/3} = 2,27 \text{ m}$
 $l_2 \leq 12,80 / \{ [(g+0,5 \cdot s) \cdot \cos x^\circ + w_d] \cdot n \}^{1/3} = 1,80 \text{ m}$

Lastfall 3 : $g + w_s$
 $f = [(-M_G + M_{ws}) / I_y] \cdot l^2 / 23 \cdot 70.000 < l/n$
 $l_1 \leq 16,13 / \{ [-g \cdot \cos x^\circ + w_s] \cdot n \}^{1/3} = 2,08 \text{ m}$
 $l_2 \leq 12,80 / \{ [-g \cdot \cos x^\circ + w_s] \cdot n \}^{1/3} = 1,65 \text{ m}$

Ergebnis

Schiene mit 2 Unterstuetzungen

$l_1 = 1,56$ m Universalschiene, 1-seitig belastet (Randschiene)
 $l_2 = 1,24$ m Universalschiene, 2-seitig belastet (Mittelschiene)
maximal zulässiger Abstand der Unterstuetzungen

Maßgeblich ist: Spannung / Durchbiegung

 Lastfall $g + w_g$

Schiene mit mind. 3 Unterstuetzungen

$l_1 = 2,08$ m Universalschiene, 1-seitig belastet (Randschiene)
 $l_2 = 1,65$ m Universalschiene, 2-seitig belastet (Mittelschiene)
maximal zulässiger Abstand der Unterstuetzungen

Maßgeblich ist: Spannung / Durchbiegung

 Lastfall $g + w_g$

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

17.05.2010

.....

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

17.05.2010

.....

Datum

E. Meier-Hedde.....
Berechnung ausgeführt

Anlagen 1-3