

Moduleinlegeschiene : Maximaler Abstand der Unterstützungen

Objekt

**Erforderliche Angaben**

Bauherr / Kommission :

Bauort :

Dachform : Satteldach , Pultdach , Walmdach, Flachdach

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

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

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

Module Gewicht :  $G_m =$  KN  
Länge :  $l_m =$  m  
Breite :  $b_m =$  m

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

Zulässige Durchbiegung:  $n =$  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**

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

**Schneelasten**

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

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

Schneelast auf dem Boden

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

Schneelast auf dem Dach

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

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

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

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

Norddeutsches Tiefland

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

**Windlasten**

Windlastzone : 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

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

**Tabelle 2 — Vereinfachte Geschwindigkeitsdrücke für Bauwerke bis 25 m Höhe**

| Windzone |                                                  | Geschwindigkeitsdruck $q$ in $\text{KN/m}^2$<br>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                                                                                         | —                                    | —                                    |

$c_{pe,1} = +$                       Beiwert für Winddruck      s. folg. Tabelle  
 $c_{pe,1} = -$                       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 F <sub>hoch</sub>            | +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 |

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

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

**Bemessung**

- l = Zulässiger maximaler Abstand der Unterstützungen.  
Der **kleinste** ermittelte Wert (s. Spannungen, Durchbiegungen) ist maßgeblich !
- l<sub>1</sub> = Moduleinlegeschiene oben/unten (belastet mit 1 Modulreihe)  
l<sub>2</sub> = Moduleinlegeschiene mittig (belastet mit 2 Modulreihen)

**Belastungen**

- g = KN/m ständige Lasten  
s = KN/m Schneelasten  
s<sub>a</sub> = KN/m Schneelasten, außergewöhnlich  
w<sub>d</sub> = KN/m Windlasten, Druck  
w<sub>s</sub> = KN/m Windlasten, Sog

**Lastkombinationen**

**Mit normalen Schneelasten "s"**

Maßgebliche Kombination für Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit:

- Nach "DIN 4113-1, 4.1" (DIN 1050, Juni/1968)  
LF H = g+s+0,5\*w bzw. g+w+0,5\*s
- Nach "DIN 1055-100, Gl. A2 + A5 " ohne Teilsicherheitsbeiwerte  
LF H = **g+s+0,6\*w** bzw. **g+w+0,5\*s = G<sub>k</sub>+Q<sub>k1</sub>+psi<sub>0</sub>\*Q<sub>ki</sub>**

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<sub>B</sub> = beta<sub>0.2</sub> / gamma<sub>M</sub> \* gamma<sub>G,Q</sub>  
= 150 / 1,1 \* 1,5 = 91 > 88 N/mm<sup>2</sup>

**Mit außergewöhnlichen Schneelasten "s<sub>a</sub>"**

Nachweis der Tragfähigkeit:

In Anlehnung an die DIN 1055-100 wird die zulässige Spannung erhöht:  
sigma<sub>zul</sub> = beta<sub>0.2</sub> / gamma<sub>M</sub> = 150 / 1,1 = 136 N/mm<sup>2</sup>

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit:

Kein Nachweis erforderlich.

**Querschnittswerte**

**Trägheitsmomente**

- I<sub>y</sub> / I<sub>z</sub> = um die Schwerachsen  
I<sub>1</sub> / I<sub>2</sub> = um die Hauptachsen (I<sub>max</sub> / I<sub>min</sub>)  
I<sub>x°</sub> = um x° verdrehte Achse (Dachneigung)  
x<sub>2</sub>° = Winkel zwischen y-Achse und Hauptachse 2

x° <= x<sub>2</sub>° : I<sub>x°</sub> = I<sub>y</sub> - (I<sub>y</sub> - I<sub>2</sub>) \* x°/x<sub>2</sub>°  
x° >= x<sub>2</sub>° : I<sub>x°</sub> = I<sub>2</sub> + (I<sub>z</sub> - I<sub>2</sub>) \* (x°-x<sub>2</sub>°)/(90°-x<sub>2</sub>°)

|        | x <sub>2</sub> ° | I <sub>y</sub> | I <sub>z</sub> | I <sub>2</sub> | I <sub>x°</sub> |
|--------|------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 30104  | 76,8°            | 40,8           | 22,0           | 20,9           | cm <sup>4</sup> |
| 301041 | 76,3°            | 39,2           | 23,1           | 22,1           | cm <sup>4</sup> |
| 301042 | 75,0°            | 36,9           | 25,7           | 24,8           | cm <sup>4</sup> |
| 30105  | 42,8°            | 27,9           | 29,3           | 19,9           | cm <sup>4</sup> |

**Widerstandsmomente**

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

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

|        | $x_2^\circ$ | $W_Y$ | $W_Z$ | $W_2$ | $W_{X^\circ}$   |
|--------|-------------|-------|-------|-------|-----------------|
| 30104  | 76,8°       | 9,78  | 5,73  | 4,69  | cm <sup>3</sup> |
| 301041 | 76,3°       | 9,61  | 6,04  | 4,96  | cm <sup>3</sup> |
| 301042 | 75,0°       | 9,59  | 6,55  | 5,58  | cm <sup>3</sup> |
| 30105  | 42,8°       | 9,80  | 6,61  | 4,45  | cm <sup>3</sup> |

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

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

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

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

**Durchbiegungen : Schiene mit 2 Unterstutzungen 2\* am Ende**

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

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

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

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

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

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

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

**Ergebnis**

Schiene mit 2 Unterstuetzungen 2\* am Ende

$l_1 = m$  Moduleinlegeschiene, belastet mit 1 Modulreihe  
 $l_2 = m$  Moduleinlegeschiene, belastet mit 2 Modulreihen  
maximal zulässiger Abstand der Unterstuetzungen

Maßgeblich ist: Spannung / Durchbiegung

Lastfall

Schiene mit 3 Unterstuetzungen 2\* am Ende + mittig

$l_1 = m$  Moduleinlegeschiene, belastet mit 1 Modulreihe  
 $l_2 = m$  Moduleinlegeschiene, belastet mit 2 Modulreihen  
maximal zulässiger Abstand der Unterstuetzungen

Maßgeblich ist: Spannung / Durchbiegung

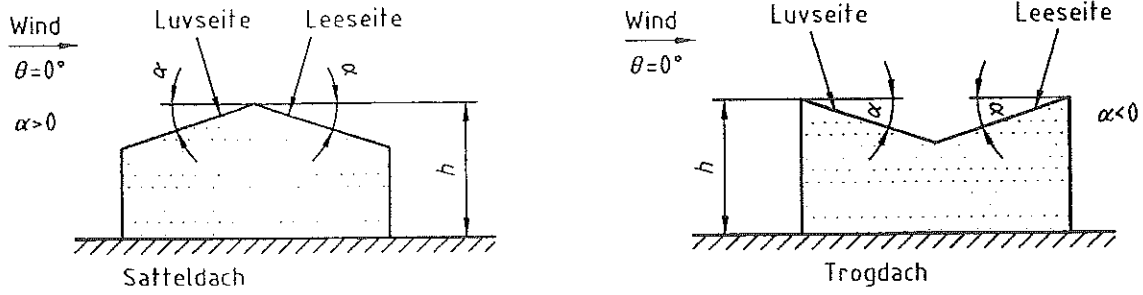
Lastfall

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

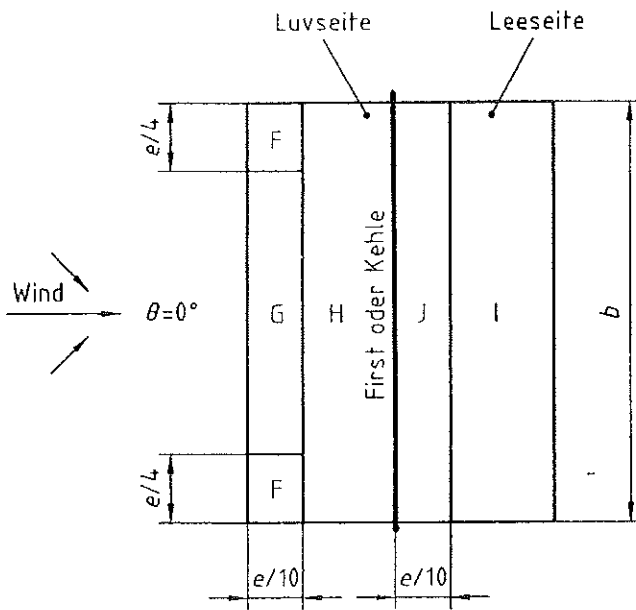
29.01.2010

*E. Meier-Hedde*  
.....  
Berechnungsschema aufgestellt

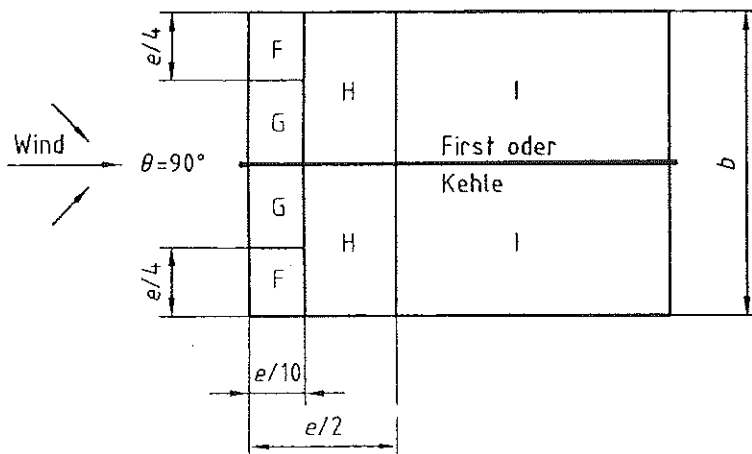
..... Datum ..... Berechnung ausgeführt



a) Allgemeines



b) Anströmrichtung  $\theta = 0^\circ$



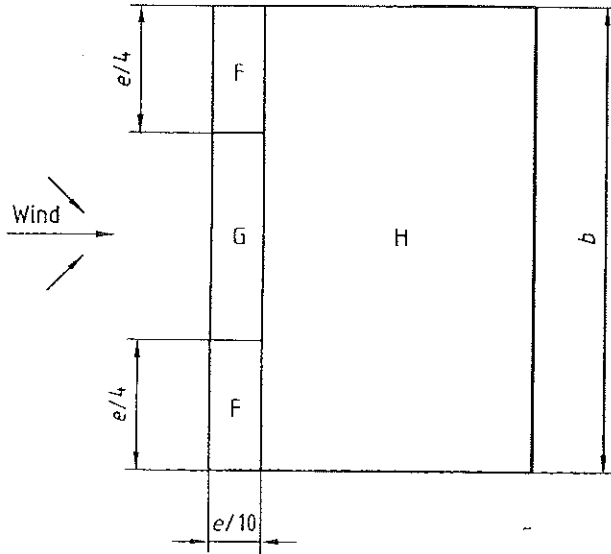
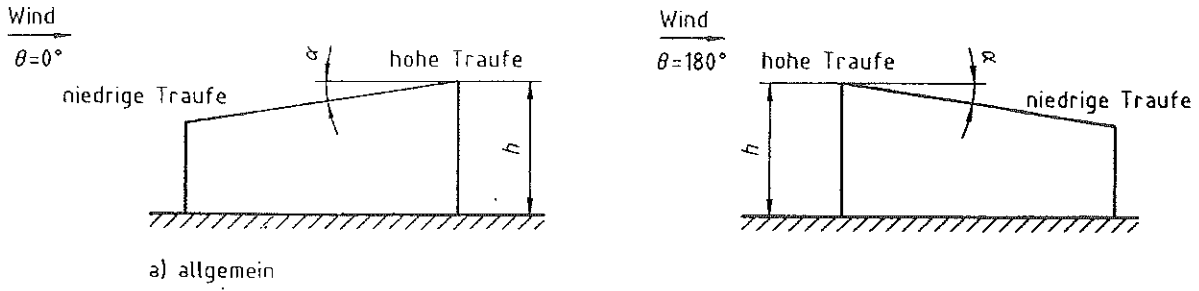
c) Anströmrichtung  $\theta = 90^\circ$

Einteilung der Dachflächen bei Sattel- und Trogdächern

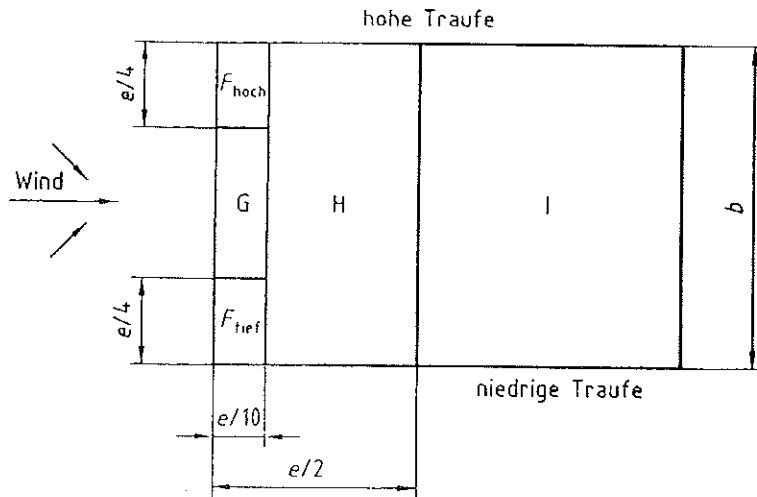
**Legende**

$e = b$  oder  $2h$ , der kleinere Wert ist maßgebend

$b$ : Abmessung quer zum Wind



b) Anströmrichtung  $\theta=0^\circ$  und  $\theta=180^\circ$

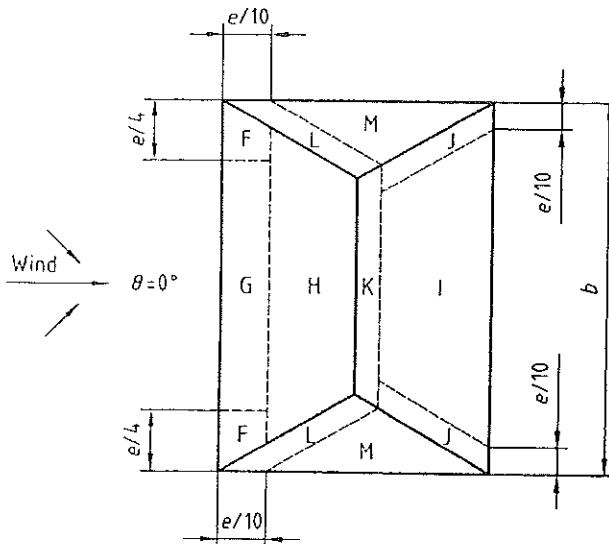
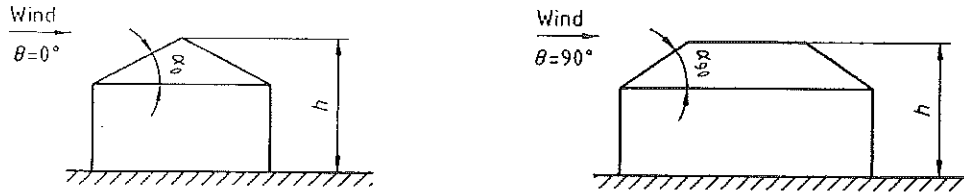


c) Anströmrichtung  $\theta=90^\circ$

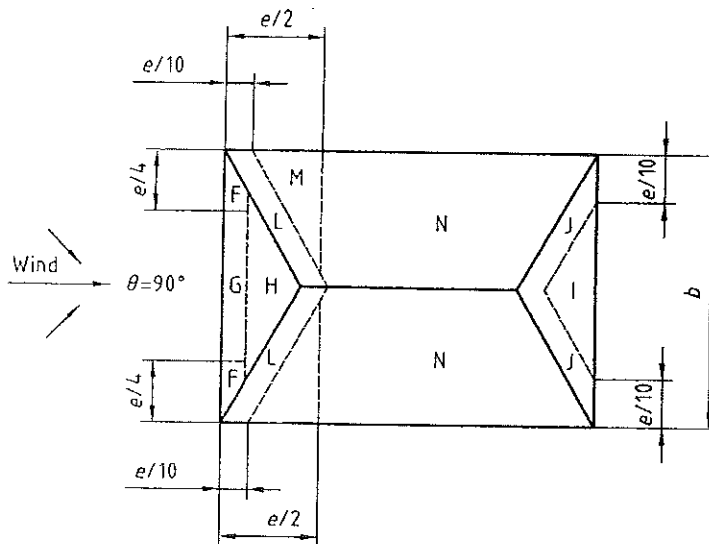
**Legende**

$e = b$  oder  $2h$ , der kleinere Wert ist maßgebend

$b$ : Abmessung quer zum Wind



a) Anströmrichtung  $\theta=0^\circ$



b) Anströmrichtung  $\theta=90^\circ$

**Legende**

$e = b$  oder  $2h$  (der kleinere Wert ist maßgebend)

$b$ : Ausdehnung quer zur Windrichtung