

# Windsogsicherheit von Dachdeckungen

Dipl.- Ing. Hans-Peter Baum

## Einleitung

Um Sturmschäden an Dächern, vor allem in windreichen Gebieten, wie z. B. in den Küstenregionen weitestgehend zu verhindern, sind Regeln zur Windsogsicherung erforderlich.

Seit September 1997 gilt das überarbeitete Fachregelwerk des Deutschen Dachdeckerhandwerks.

Sowohl in den „Regeln für Dachdeckungen mit Dachziegeln und Dachsteinen“ als auch in den „Hinweisen zur Lastenermittlung“ finden sich Angaben zur Windsogsicherung von Dachdeckungen.

Diese Regeln sind bei Planung und Ausschreibung zu beachten.

In der Praxis läßt sich absolute Sturmsicherheit allerdings auch unter Beachtung des Fachregelwerks nicht erreichen, da sich die Ausführungen auf den Normalfall beziehen.

Werden die Festlegungen des Fachregelwerkes jedoch durch die Erfahrungen der mit den örtlichen Verhältnissen vertrauten Planern und Ausführenden ergänzt, können Bauherren und Sachversicherer davon ausgehen, daß der Stand der Technik beachtet wurde.

Dieses Kapitel stellt Grundlagen der Windsogsicherung dar und erläutert praktische Verfahren der Befestigung von Dachdeckungen mit Dachziegeln und Dachsteinen;

- Befestigung von Dachkanten,
- Tabellarische Bemessungsverfahren:
  - Fachregelwerk,
  - Hersteller-Tabellen,
- Einzelfallberechnung.

Kleinformatige plattenförmige Dachdeckungsmaterialien, wie Schiefer oder Faserzementplatten, werden ohnehin genagelt oder geklammert. Sie bedürfen daher im Normalfalle keiner besonderen Windsogsicherung. Im übrigen sind die Herstellervorschriften sowie die entsprechenden Fachregeln zu beachten. Wellplattendeckungen werden ebenfalls gemäß Fachregeln bzw. Herstellervorschriften angeschraubt.

## 1. Technische Regeln

Bisher konnte in Deutschland zur Windsogsicherung nur die DIN 1055 „Lastannahmen für Bauten“ herangezogen werden. Allerdings sind die danach errechneten Windsogkräfte erfahrungsgemäß zu hoch, weil der Sogausgleich durch die Deckfugen nicht berücksichtigt ist.

DIN 1055-4 kann für großformatige, geschlossene Deckungen, wie z. B. Flachdächer, Wellplatten oder Blech, angewendet werden, nicht aber unmittelbar für kleinformatige schuppenartige Dachdeckungen.

Allerdings können der DIN 1055 wichtige Einflußgrößen entnommen werden:

- DIN 1055-1: Rechenwerte für das Eigengewicht der Deckung  $g_E$ .
- DIN 1055-4: Abmessung der Rand- und Eckbereiche.

Weiterhin wurden folgende Vornormen oder Normentwürfe herangezogen:

- Vornorm DIN V ENV 1991-2-4: Windlastkarte.
- Manuskript Normentwurf DIN 1055-40: Staudruck  $q$

Antwort auf das Verhalten von kleinformatigen schuppenartigen Dachdeckungsmaterialien gibt eine niederländische Richtlinie. Bei unseren Nachbarn ist bereits seit 1991 über die Bauverordnung bei jedem Bauvorhaben eine Windsogberechnung vorgeschrieben und die Dachdeckung entsprechend zu verklammern.

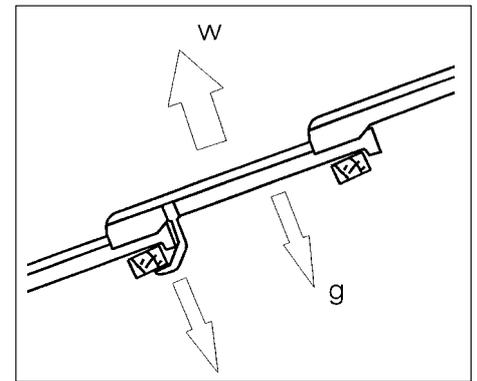
- Niederländische Richtlinie NPR 6708: Abgeleitete Formbeiwerte für kleinformatige schuppenartige Dachdeckungen  $c_p$  und Dachneigungsfaktoren  $c_s$ .

Parallel dazu wurde in den Niederlanden eine Prüfvorschrift erarbeitet, wie die zulässigen Haltekräfte der Sturmklammern, die sogenannten Klammer-Bemessungslasten, zu ermitteln sind.

So war es für den ZVDH naheliegend, sich am niederländischen Beispiel zu orientieren, um zum einen die abhebbende Windlast zu ermitteln und zum anderen dem Hersteller eine Handhabe zu geben, die Klammer-Bemessungslast nachzuweisen.

Natürlich mußten die niederländischen Vorschriften an die deutschen Verhältnisse angepaßt werden. In einigen Bereichen wurde auch bewußt vereinfacht. Denn die Regeln zur Windsogsicherung sollten behutsam eingeführt werden, um eine hohe Akzeptanz dieser Regeln zu erreichen.

In den meisten Fällen muß deshalb nicht gerechnet werden, sondern die Anzahl der benötigten Klammern pro  $m^2$  kann aus Tabellen abgelesen werden. Nur in wenigen, speziellen Fällen ist die sogenannte Einzelfallberechnung nach den zum Fachregelwerk gehörenden „Hinweisen zur Lastenermittlung“ erforderlich.



## 2. Kräfte am Dach

Auf die Deckung wirken abhebbende und haltende Kräfte. Die abhebbende Kraft ist der Windsog  $w$ .

Eine haltende Kraft ist das Eigengewicht der Deckung  $g$ . Dazu kommt die haltende Kraft der Sturmklammern ( $n \times BL$ ), die sogenannte Flächen-Bemessungslast, also die Anzahl Sturmklammern  $n$  je  $m^2 \times$  Klammer-Bemessungslast  $BL$ .

Für die sichere Lage des Dachdeckungsmaterials darf der Windsog  $w$  nicht größer sein als die haltenden Kräfte.

Es gilt die Windlastformel:

$$w = g + (n \times BL)$$

### ■ Stärke des Windsogs $w$

Je nach Art und Lage des Gebäudes sowie der Dachausbildung und

des Dachbereiches schwankt die Stärke der Windsogkraft  $w$ . Sie hängt im Einzelnen von folgenden Einflußgrößen ab:

- Geographische Lage des Gebäudes (z. B. Windlastzone),
- Gebäudehöhe (First-/Pulthöhe),
- Luftdurchlässigkeit der Deckunterlage (offene/geschlossene Deckunterlage),
- Gebäudeöffnungen,
- Dachdeckung (z. B. Dachpfannen),
- Dachform (z. B. zweiseitig geneigt),
- Dachneigung,
- Dachbereiche (Ecke, Rand, Fläche, Dachdurchdringungen).

### ■ Gewicht $g$

Das Gewicht der Dachdeckung geht vereinfacht in das tabellarische Bemessungsverfahren ein oder kann in der Einzelfallberechnung genauer ermittelt werden.

### ■ Flächen-Bemessungslast der Sturmklammern $n \times BL$

Die oben genannten Parameter  $w$  und  $g$  bestimmen die Höhe der erforderlichen Flächen-Bemessungslast der Sturmklammern. Die Klammer-Bemessungslast  $BL$  hängt vom Klammertyp, dem Dachdeckungsmaterial und dem Klammerschema (jeder, jeder zweite, jeder dritte Dachziegel/-stein befestigt) ab und ist vom Hersteller nachzuweisen.

Die Klammer-Bemessungslast sollte nach der Fachregel mindestens 0,15 kN betragen.  $n$  bezeichnet die Klammeranzahl pro  $m^2$ . Multipliziert mit der Klammer-Bemessungslast  $BL$  ergibt sich die Flächen-Bemessungslast der Verklammerung.

## 3. Einflußgrößen Windsog

### 3.1 Geographische Lage (Windlastzone)

Die Windbelastung ist vor allem von der geographischen Lage des Gebäudes, aber auch von der Geländehöhe abhängig.

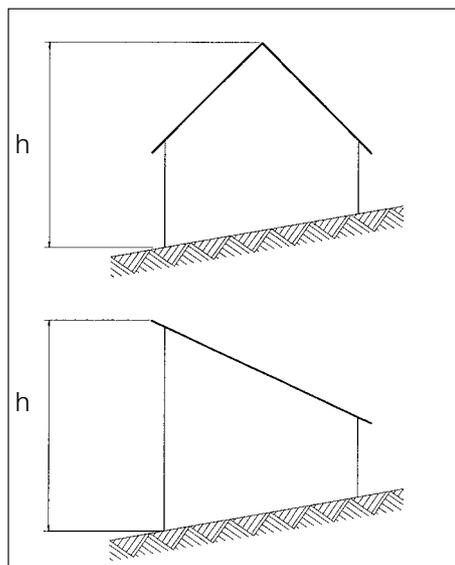
Deshalb ist die Bundesrepublik Deutschland in 4 Windlastzonen eingeteilt. In welcher Windlastzone ein Ge-

bäude liegt, kann der Windlastzonenkarte entnommen werden. In der niedrigsten Windlastzone I hat die Höhe über NN einen erheblichen Einfluß. Deshalb wird zusätzlich nach der Geländehöhe unterschieden:

- Geländehöhen  $\leq 600$  m NN: Windlastzone I,
- Geländehöhen  $\geq 600-830$  m NN: Windlastzone II,
- Geländehöhen  $\geq 830$  m NN: Windlastzone III.

Bei Gebäudehöhen über 1100 m NN ist in der Regel ein Einzelnachweis erforderlich.

(siehe Karte der Windlastzonen)



### 3.2 Gebäudehöhe

Auch die Gebäudehöhe  $h$  hat einen maßgeblichen Einfluß auf die Windsogkraft.

Sie wird vom tiefsten Geländepunkt des Gebäudes senkrecht bis zur Oberkante des Daches (First-, Pulthöhe) gemessen.

Im Fachregelwerk werden auch die Begriffe „Firsthöhe“, „Referenzhöhe“ und „Höhe über Gelände“ benutzt.

### 3.3 Luftdurchlässigkeit der Deckunterlage

Unter Deckunterlage werden hier die Schichten unter der Dachdeckung verstanden.

Sind sie luftdurchlässiger als die Dachdeckung, spricht man von offener Deckunterlage. Das sind z. B.:

- Unterspannungen,
- Docken,
- keine Deckunterlage.

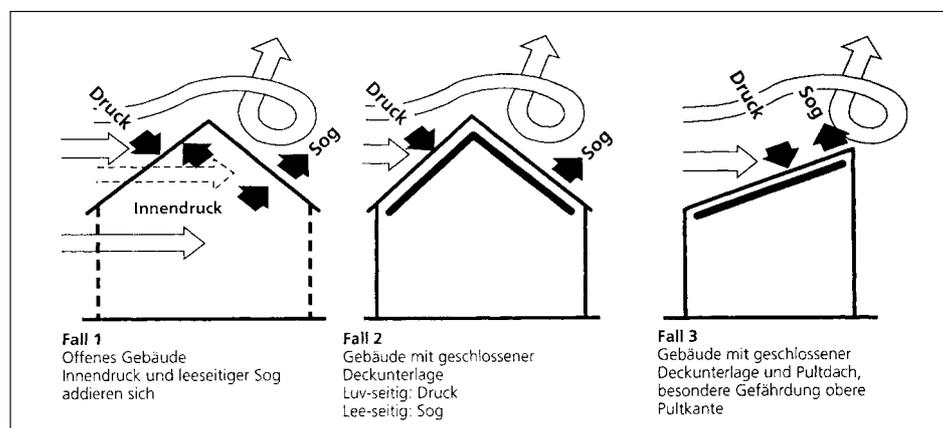
Sind diese Schichten weniger luftdurchlässig als die Dachdeckung, handelt es sich um geschlossene Deckunterlagen, z. B.:

- Unterdeckungen auf mindestens dimensionsstabiler Unterlage,
- Wärmedämmung, auch belüftet,
- Unterspannung, verklebt.

An einem Dach können beide Arten Deckunterlage vorkommen. Bei einem wärmedämmten Dach mit überlappeter Unterdeckung, bei der die Dämmung nicht bis zum First geführt wird, stellt der gedämmte Bereich eine geschlossene, der ungedämmte Spitzbodenbereich eine offene Deckunterlage dar.

### 3.4 Gebäudeöffnungen

Gebäudeöffnungen können ständige Lüftungsschlitze oder Fugen sein. Aber auch Tore, Türen, Fenster oder Lichtbänder gelten als Gebäudeöffnungen, wenn sie nicht verschließbar sind.



Sie werden nur berücksichtigt, wenn dadurch der Winddruck im Gebäudeinnern auf die Dachdeckung wirken kann, also wenn weder eine geschlossene Geschoßdecke noch eine geschlossene Deckunterlage vorhanden sind.

Gebäudeöffnungen werden auch nur dann berücksichtigt, wenn ihr Anteil im Verhältnis zur Gesamtansichtsfläche größer als 5 % ist. Für solche Gebäude, z. B. offene Lagerhallen, ist dann eine Einzelfallberechnung erforderlich.

### 3.5 Dachbereiche

#### 3.5.1 Allgemeines

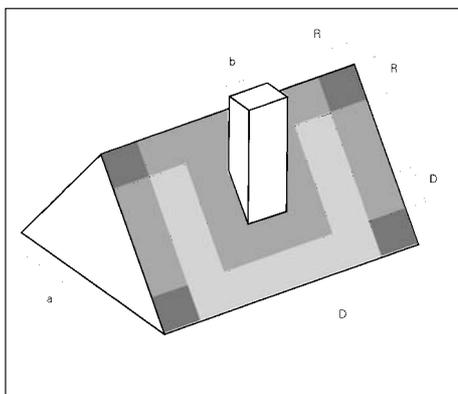
Aufgrund der unterschiedlichen Auswirkung der Windbelastung auf die Dachdeckung (Sogspitzen an den Dachrändern und im Bereich von Dachdurchdringungen wie z. B. Gauben) ist das Dach in verschiedene Bereiche unterteilt:

- Ecke,
- Rand,
- Fläche,
- Dachdurchdringungen,
- Dachkanten (Ortgang, First, Pult).

Die Breite der einzelnen Bereiche wird stets in der Dachflächenebene gemessen.

#### 3.5.2 Rand- und Eckbereiche

Die Breite des Rand-/Eckbereichs R beträgt  $1/8$  der kleineren Grundrißseite (a), mindestens jedoch 1 m. Bei Wohn-/Bürogebäuden und geschlossenen Hallen, bei denen a kleiner als 30 m ist, darf die Breite des Randbereichs auf 2 m begrenzt werden.



Der Eckbereich ist derjenige Bereich, in welchem sich die Randbereiche überschneiden.

#### 3.5.3 Dachdurchdringungen

Um Dachdurchdringungen herum, wie z. B. Kamine oder Gauben, treten Verwirbelungen auf, die zu Windsogspitzen führen können.

Als Dachdurchdringungen gelten hier Bauteile, die an mindestens einer Stelle mehr als 0,35 m über die Oberkante des Deckwerkstoffes hinausragen und mindestens eine waagerechte Seitenabmessung von mehr als 0,50 m aufweisen.

Die Breite des zugehörigen Randbereichs D beträgt  $1/2$  der längeren Bauteilseite (b) dieses Bauteils, jedoch mindestens 1 m. Der Randbereich darf auf 2 m Breite begrenzt werden.

Der Randbereich D wird wie Randbereich R des Daches befestigt. Bei Überschneidung beider Bereiche sind keine zusätzlichen Befestigungsmittel erforderlich.

### 4. Befestigung

#### 4.1 Allgemeines

Unabhängig von der zu ermittelnden Verklammerung sind immer zu befestigen:

- jeder Dach-/Formziegel/-stein an den Dachkanten (Ortgang, First, Grat, Pult),
- alle Dachziegel/-steine ab einer Dachneigung von  $65^\circ$ .

Für die übrige Dachfläche wird je nach Windbelastung eine unterschiedliche Anzahl Sturmklammern benötigt. Der Klammerbedarf kann nach zwei Verfahren ermittelt werden:

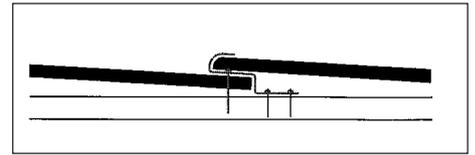
- nach Tabellen,
- durch eine Einzelfallberechnung.

Die Einzelfallberechnung wird nur in folgenden Ausnahmefällen gefordert:

- offene Gebäude mit offener Deckunterlage,
- Gebäude in exponierter Lage,
- Gebäudehöhe  $h > 30$  m,
- Gebäude in Windlastzone IV.

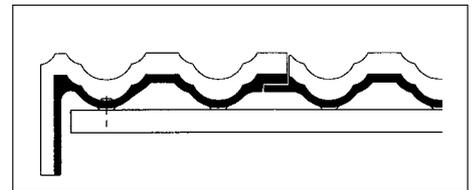
#### 4.2 Befestigung an Dachkanten

Die Befestigungsmittel der Dach- und Formziegel/-steine an den Dachkanten müssen einer nach außen gerichteten Kraft von  $0,6$  kN/m standhalten.



Befestigung am First

Ohne Nachweis ist dies am Ortgang oder Pult mit mindestens 1 Holzschraube, Durchmesser 4,5 mm, Einschraubtiefe 24 mm in Nadelholz je Dach-/Formziegel/-stein möglich. An First oder Grat können die Formziegel/-steine ohne Nachweis z. B. mit jeweils 1 Klammer und einer Holzschraube, Durchmesser 4,5 mm, Einschraubtiefe 24 mm in Nadelholz, befestigt werden.



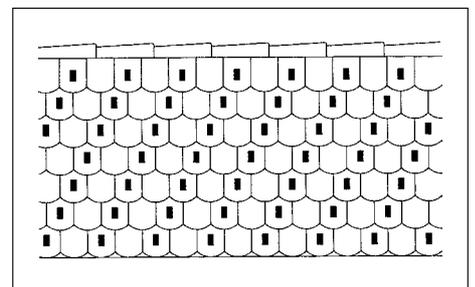
Befestigung am Ortgang

#### 4.3 Klammerschema

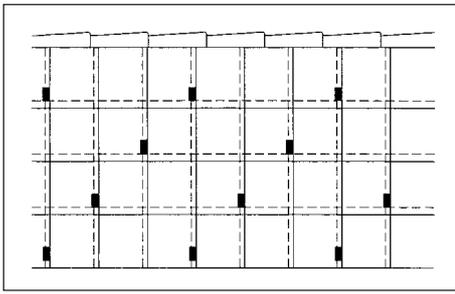
Die regelmäßige Anordnung der Sturmklammern in der Dachfläche wird Klammerschema genannt. Mindestens ist jede 3. Dachpfanne zu verklammern, wobei die Sturmklammern diagonal versetzt in der Fläche verlegt werden.

Es sind also 3 Klammerschemen möglich:

- jede Dachpfanne verklammert (1/1),
- jede zweite Dachpfanne verklammert (1/2),
- jede dritte Dachpfanne verklammert (1/3).



Klammerschema: Biber 1/2



Klammerschema: Verformte Dachziegel/  
Dachsteine 1/3

## 5. Fachregel-Tabellen

Nach Umformung der Windlastformel

$$w = g + (n \times BL)$$

ergibt sich die Klammeranzahl/m<sup>2</sup>

$$n = (w - g) : BL$$

Nach dieser Formel wurden in den Fachregel-Tabellen die einzelnen Werte für n errechnet, unter der Annahme, daß die Klammer-Bemessungslast 0,15 kN beträgt. Der Nachweis erfolgt für Klammerschema 1/2 (Befestigung jedes zweiten Dachziegels/Dachsteins). Werden also derartige Klammern ver-

wendet, so kann man in Abhängigkeit der in 2. und 3. beschriebenen Einflußgrößen die Klammeranzahl/m<sup>2</sup> in den Fachregel-Tabellen für Windlastzone I, II, III ablesen.

Für die Ausschreibung und Angebotsabgabe reicht die Angabe der Klammeranzahl/m<sup>2</sup> aus.

Für den Dachdecker ist dagegen das Klammerschema wichtig.

Dazu wird die Anzahl der Dachziegel/-steine pro m<sup>2</sup> durch den Tabellenwert (Klammeranzahl/m<sup>2</sup>) geteilt.

Je nach Ergebnis dieser Rechnung sind folgende Klammerschemen möglich:

Ergebnis  $\geq 3$  Klammerschema 1/3

Ergebnis  $< 3$  Klammerschema 1/2

Ergebnis  $< 2$  Klammerschema 1/1

Ergebnis  $< 1$  Klammerschema 1/1 mit höherer Klammer-Bemessungslast

### Beispiel 1

#### Gegeben

Windzone II (Rendsburg)  
Dachformen Satteldach

Dachneigung 35°  
Gebäudehöhe 14 m  
Deckunterlage offen  
Dachdeckung Dachpfanne,  
10 Stück/m<sup>2</sup>

### Gesucht

Größe der Eck-/Rand-/Flächenbereiche/Klammerschemen

### Lösung

■ Breite Randbereich

$$R = a/8 = 10/8 = 1,25 \text{ m,}$$

daraus folgt:

$$F_{\text{Ecke}} \text{ ca. } 12,5 \text{ m}^2$$

$$F_{\text{Rand}} \text{ ca. } 41,5 \text{ m}^2$$

$$F_{\text{Fläche}} \text{ ca. } 90,5 \text{ m}^2$$

■ Klammer-Anzahl n nach Fachregel-Tabellen/Klammerschemen:

Ecke 4  $10/4 = 2,5 < 3 \rightarrow$   
Klammerschema 1/2

Rand 4  $10/4 = 2,5 < 3 \rightarrow$   
Klammerschema 1/2

Fläche 0  $\rightarrow$   
keine Verklammerung

Mindestanzahl - Klammern pro m <sup>2</sup> Dachfläche			Bemessungslast - Klammern 0,15 kN/Stck*															
Windzone I			geschlossene Deckunterlage						offene Deckunterlage									
Dachform	Dachneigung	Firsthöhe	Dachziegel/-stein			Biber			Dachziegel/-stein			Biber						
			Ecke	Rand	Fläche	Ecke	Rand	Fläche	Ecke	Rand	Fläche	Ecke	Rand	Fläche				
zweiseitig geneigt	von 10° bis 30°	< 10 m																
		< 15 m																
		< 20 m																
		< 25 m	3								3				3			
		< 30 m	3								5	3			3			
	über 30° bis 55°	< 10 m																
		< 15 m																
		< 20 m									3	3						
		< 25 m									3	3						
		< 30 m									3	3						
	über 55° bis 65°	< 10 m																
		< 15 m									3							
< 20 m										3								
< 25 m										3								
< 30 m										4								
einseitig geneigt	von 10° bis 30°	< 10 m	3								4	3			3			
		< 15 m	3								5	3			3			
		< 20 m	4									4			4			
		< 25 m	4								6	4			4	3		
		< 30 m	4	3				3			6	5			5	3		
	über 30° bis 55°	< 10 m																
		< 15 m	3								3				3			
		< 20 m	3								4	3			3			
		< 25 m	3								5	3			3			
		< 30 m	4								5	3			4			
	über 55° bis 65°	< 10 m																
		< 15 m									3	3						
< 20 m										3	3							
< 25 m										3	3							
< 30 m										4	4							

\* Für die Anwendung der Tabelle vereinfacht nachzuweisen für Deckungen mit diagonal angeordneter Klammerung jeden zweiten Dachziegels/-steins.

Mindestanzahl - Klammern pro m<sup>2</sup> Dachfläche

Bemessungslast - Klammern 0,15 kN/Stck\*

Windzone II			geschlossene Deckunterlage						offene Deckunterlage						
Dachform	Dachneigung	Firsthöhe	Dachziegel/-stein			Biber			Dachziegel/-stein			Biber			
			Ecke	Rand	Fläche	Ecke	Rand	Fläche	Ecke	Rand	Fläche	Ecke	Rand	Fläche	
zweiseitig geneigt	von 10° bis 30°	< 10 m	3						4	3		3			
		< 15 m	3						5	3		4			
		< 20 m	4						6	4		4			
		< 25 m	4	3				3		6	4		5	3	
		< 30 m	5	3				3		6	5		5	3	
	über 30° bis 55°	< 10 m								3	3				
		< 15 m								4	4				
		< 20 m	3	3						4	4		3	3	
		< 25 m	3	3						4	4		3	3	
		< 30 m	3	3						5	5		3	3	
	über 55° bis 65°	< 10 m								3					
		< 15 m	3							4	3		3		
< 20 m		3							4	3		3			
< 25 m		3							5	3		4			
< 30 m		4							5	4		4			
einseitig geneigt	von 10° bis 30°	< 10 m	4	3				3			6	4		4	3
		< 15 m	5	3				3			7	5		5	4
		< 20 m	5	4				4			7	6		6	4
		< 25 m	6	4				4	3		8	6		6	5
		< 30 m	6	5				5	3		8	6		7	5
	über 30° bis 55°	< 10 m	3								5	3		4	
		< 15 m	4								6	4		4	
		< 20 m	4	3				3			6	4		5	3
		< 25 m	5	3				3			7	4		5	3
		< 30 m	5	3				4			7	5		6	3
	über 55° bis 65°	< 10 m									3	3			
		< 15 m	3	3							4	4		3	3
< 20 m		3	3							4	4		3	3	
< 25 m		3	3							5	5		4	4	
< 30 m		4	4							5	5		4	4	

\* Für die Anwendung der Tabelle vereinfacht nachzuweisen für Deckungen mit diagonal angeordneter Klammerung jeden zweiten Dachziegels/-steins.

Mindestanzahl - Klammern pro m<sup>2</sup> Dachfläche

Bemessungslast - Klammern 0,15 kN/Stck\*

Windzone III			geschlossene Deckunterlage						offene Deckunterlage						
Dachform	Dachneigung	Firsthöhe	Dachziegel/-stein			Biber			Dachziegel/-stein			Biber			
			Ecke	Rand	Fläche	Ecke	Rand	Fläche	Ecke	Rand	Fläche	Ecke	Rand	Fläche	
zweiseitig geneigt	von 10 bis 30	< 10 m	5	3				3			7	5		5	3
		< 15 m	6	4				4			8	6		6	4
		< 20 m	6	4				5	3		9	6		7	5
		< 25 m	7	5				5	3		9	7		8	5
		< 30 m	7	5				6	3		10	7		8	6
	über 30 bis 55	< 10 m	3	3							5	5		4	4
		< 15 m	4	4							6	6		4	4
		< 20 m	4	4				3	3		6	6		5	5
		< 25 m	5	5				3	3		7	7		5	5
		< 30 m	5	5				4	4		7	7		6	6
	über 55 bis 65	< 10 m	4	3							5	4		4	3
		< 15 m	4	3							6	4		5	3
< 20 m		5	3							7	5		5	4	
< 25 m		5	4					3		7	5		6	4	
< 30 m		5	4					3		7	5		6	4	
einseitig geneigt	von 10 bis 30	< 10 m	6	5				5	3		9	7		7	5
		< 15 m	7	6				6	4		10	8		8	6
		< 20 m	8	6				7	5		11	9		9	7
		< 25 m	9	7				7	5		12	9		10	8
		< 30 m	9	7				8	6		12	10		11	8
	über 30 bis 55	< 10 m	5	3							7	5		6	4
		< 15 m	6	4							8	6		7	4
		< 20 m	7	4							9	6		8	5
		< 25 m	7	5							10	7		8	5
		< 30 m	8	5							10	7		9	6
	über 55 bis 65	< 10 m	4	4							5	5		4	4
		< 15 m	4	4							6	6		5	5
< 20 m		5	5							7	7		5	5	
< 25 m		5	5							7	7	3	6	6	
< 30 m		5	5							7	7	3	6	6	

\* Für die Anwendung der Tabelle vereinfacht nachzuweisen für Deckungen mit diagonal angeordneter Klammerung jeden zweiten Dachziegels/-steins.

## Beispiel 2

### Gegeben

Klammer-Anzahl  $n$  nach Fachregel-Tabellen:  
12 Klammern/m<sup>2</sup>  
10 Dachpfannen/m<sup>2</sup> verlegt

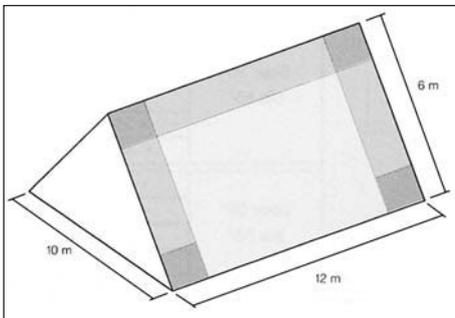
### Gesucht

Erforderliche Klammer-Bemessungslast für 10 Klammern/m<sup>2</sup>

### Lösung

erforderliche Klammer-Bemessungslast:

$$\frac{\text{Klammer-Anzahl } n}{\text{Anzahl Dachpfannen/m}^2} \times 0,15 \text{ kN} = 0,18 \text{ kN}$$



## 6. Hersteller-Tabellen

Die Fachregel-Tabellen setzen eine Klammer-Bemessungslast von mindestens 0,15 kN voraus. Ergibt sich daraus eine Klammeranzahl/m<sup>2</sup>, die über der Anzahl Dachziegel/-steine pro m<sup>2</sup> liegt, ist über Dreisatz eine entsprechend höhere Klammer-Bemessungslast zu ermitteln.

Auch bieten einige Hersteller Sturmklammern mit Klammer-Bemessungslasten von mehr als 0,15 kN an.

Umgekehrt gibt es Fälle, bei denen die Bemessungslast von 0,15 kN nicht erreicht wird. Dies kann z. B. bei geschraubten Bibern der Fall sein.

Bezieht man diese geringere Bemessungslast allerdings auf die Fläche, ergibt sich aufgrund der großen Stückzahl der Biber pro m<sup>2</sup> wiederum eine Flächen-Bemessungslast, die der von verklammerten Pfannen entspricht oder sie sogar übertrifft.

In beiden Fällen können bzw. müssen die Fachregelangaben umgerechnet werden.

Eine Alternative bieten deshalb Tabellen, die sich nicht auf die Klammeranzahl/m<sup>2</sup>, sondern auf die verbleibende, nach außen gerichtete Kraftdifferenz, die sogenannte „erforderliche Flächenkraft“, beziehen. Sie ergibt sich aus der Umformung der Windlastformel

$$w - g = n \times BL$$

Der übrige Aufbau der Tabellen ist identisch mit den Fachregel-Tabellen. Deshalb kann die erforderliche Flächenkraft ( $w - g$ ) in kN/m<sup>2</sup> wie gehabt in Abhängigkeit der bekannten Einflußgrößen in diesen modifizierten Tabellen der entsprechenden Hersteller-Verarbeitungsvorschriften abgelesen werden.

Ergänzend dazu sind in einer weiteren Tabelle die sogenannten Flächen-Bemessungslasten ( $n \times BL$ ) in kN/m<sup>2</sup> wiedergegeben, bezogen auf das konkrete Dachpfannen-Modell. Die Flächen-Bemessungslast ist die auf einen m<sup>2</sup> umgerechnete Klammer-Bemessungslast, also die Kraft, welche die verlegten Sturmklammern in der Fläche aufnehmen können.

Nach Ermitteln der erforderlichen Flächenkraft, analog zu den Fachregel-Tabellen, muß der Verarbeiter nur noch eine der angebotenen Sturmklammern für das Dachpfannen-Modell auswählen und aus der Tabelle eine Flächen-Bemessungslast heraussuchen, die mindestens der erforderlichen Flächenkraft entspricht. Dann liest er das Klammerschema im Tabellenkopf direkt ab.

Merkmale dieses Verfahrens sind:

- Direkt aus den Fachregel-Tabellen abgeleitet,
- Ablesen des Klammerschemas ohne Rechenaufwand,
- Optimal auf die jeweilige Klammer-Bemessungslast zugeschnittenes Klammerschema.

## 7. Einzelfallberechnung

### 7.1 Grundlagen

Entsprechend der Windlastformel

$$w = g + (n \times BL)$$

werden mit Hilfe der in Kapitel 2 und 3 aufgeführten Einflußgrößen der Windsog  $w$  für die verschiedenen Dachbereiche sowie das maßgebende Eigengewicht der Deckung  $g$  berechnet.

Dies ist erforderlich bei folgenden hohen Anforderungen:

- Offene Gebäude mit offener Deckunterlage,
- Gebäude in exponierter Lage,
- Gebäudehöhe  $h > 30$  m,
- Gebäude in Windlastzone IV.

Nach entsprechender Umformung der Windlastformel ergibt sich die Klammeranzahl/m<sup>2</sup>

$$n = (w - g) : BL$$

( $w - g$ ) ist die oben erläuterte erforderliche Flächenkraft. Jedoch wird sie – im Gegensatz zur tabellarischen Ermittlung – jetzt konkret berechnet. Diese erforderliche Flächenkraft geteilt durch die Bemessungslast der Sturmklammer ergibt die notwendige Anzahl Sturmklammern je m<sup>2</sup>. Das Ergebnis ist, wie oben erläutert, auf die Anzahl Dachpfannen/m<sup>2</sup> zu beziehen und das Klammerschema abzuleiten.

Werden vom Hersteller die genannten Flächen-Bemessungslasten ( $n \times BL$ ) der Sturmklammern angegeben, kann als Alternative recht einfach auch damit gearbeitet werden. Die Formel lautet dann:

$$w - g = n \times BL$$

Es ist die erforderliche Flächenkraft ( $w - g$ ) zu berechnen und aus den Hersteller-Tabellen eine Flächen-Bemessungslast ( $n \times BL$ ) herauszusuchen, die mindestens der erforderlichen Flächenkraft entspricht. Das Klammerschema wird im Tabellenkopf direkt abgelesen.

Die Berechnung von Windsog  $w$  und maßgebendem Eigengewicht  $g$  sind bei beiden Verfahren identisch.

Die Größe des Windsoges  $w$  wird bestimmt vom Formbeiwert des Daches  $c_p$  (abhängig von Dachform, Dachneigung und Dachbereich) sowie vom örtlichen Staudruck  $q$  (abhängig von der Windlastzone und der Gebäudehöhe):

$$w = c_p \times q$$

Das maßgebende Eigengewicht der Deckung  $g$  hängt ab vom Eigengewicht der Deckung  $g_E$ , vom Dachneigungsfaktor  $c_s$  sowie von einem Sicherheitsfaktor 0,9:

$$g = g_E \times c_s \times 0,9$$

Aus praktischen Gründen kann auf eine Verklammerung verzichtet werden, wenn die berechnete erforderliche Flächenkraft

$$(w - g) \leq 0,375 \text{ kN/m}^2 \text{ ist.}^1)$$

## 7.2 Berechnung des Windsogs $w$

$$w = c_p \times q$$

- Formbeiwert  $c_p$   
Entsprechenden Rechenwert den folgenden Tabellen entnehmen (bei offenen Gebäuden: Tabellenwert + 0,6).

**Tabelle 1: Einseitig geneigtes Dach, offene Deckunterlage**

	Dachneigung	Formbeiwert $C_p$		
		Eckbereich	Randbereich	Fläche
	> 10° – 30°	1,80	1,50	0,60
	> 30° – 55°	1,50	1,13	0,60
	> 55°	1,13	1,13	0,60

**Tabelle 2: Einseitig geneigtes Dach, geschlossene Deckunterlage**

	Dachneigung	Formbeiwert $C_p$		
		Eckbereich	Randbereich	Fläche
	> 10° – 30°	1,44	1,20	0,48
	> 30° – 55°	1,20	0,90	0,48
	> 55°	0,90	0,90	0,48

**Tabelle 3: Zweiseitig geneigtes Dach, offene Deckunterlage**

	Dachneigung	Formbeiwert $C_p$		
		Eckbereich	Randbereich	Fläche
	> 10° – 30°	1,50	1,20	0,60
	> 30° – 55°	1,13	1,13	0,60
	> 55°	1,13	0,90	0,60

**Tabelle 4: Zweiseitig geneigtes Dach, geschlossene Deckunterlage**

	Dachneigung	Formbeiwert $C_p$		
		Eckbereich	Randbereich	Fläche
	> 10° – 30°	1,20	0,96	0,48
	> 30° – 55°	0,90	0,90	0,48
	> 55°	0,90	0,72	0,48

**Tabelle 5: Staudruck  $q$  (in exponierter Lage:  $q = 1,1 \text{ kN/m}^2$ , je nach örtlicher Gegebenheit)**

Gebäudehöhe $h$	Staudruck $q$ [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Zone I	Zone II	Zone III	Zone IV
5 m	0,50	0,65	0,85	1,10
6 m	0,52	0,68	0,88	1,15
8 m	0,55	0,72	0,94	1,22
10 m	0,60	0,75	1,00	1,25
12 m	0,62	0,78	1,04	1,30
14 m	0,65	0,81	1,08	1,35
16 m	0,67	0,83	1,11	1,39
18 m	0,68	0,85	1,14	1,42
20 m	0,70	0,87	1,16	1,46
22 m	0,71	0,89	1,19	1,49
24 m	0,73	0,91	1,21	1,52
26 m	0,74	0,93	1,23	1,54
28 m	0,75	0,94	1,25	1,57
30 m	0,76	0,96	1,27	1,59
35 m	0,79	0,99	1,32	1,65
40 m	0,81	1,02	1,36	1,70

**Tabelle 6**

Gegenstand	Lastannahme einschl. Traglatten [kN/m <sup>2</sup> ]
Betondachsteine mit mehrfacher Fußverrippung und hochliegendem Längsfalz	0,50 0,55
10 Stück/m <sup>2</sup> > 10 Stück/m <sup>2</sup>	
Betondachsteine mit mehrfacher Fußverrippung und tiefliegendem Längsfalz	0,60 0,65
10 Stück/m <sup>2</sup> > 10 Stück/m <sup>2</sup>	
Biberschwanzziegel nach DIN 456 155/375 und 180/380 und Biberschwanzbetondachsteine Doppel-/Kronendeckung	0,75
Falzziegel, Reformpfannen, Falzpfannen, Flachdachpfannen nach DIN 456 (alte Produktnorm)	0,55

### 7.3 Berechnung des maßgebenden Eigengewichts der Deckung g

$$g = g_E \times c_s \times 0,9$$

- Eigengewicht der Deckung  $g_E$   
Ermittlung entweder nach DIN 1055-1 oder nach Herstellerangaben.
- Rechenwert nach DIN 1055-1  
Dachneigungsfaktor  $c_s$  (Zwischenwerte linear interpolieren, siehe Tabelle 7).

1) Das entspricht der Flächen-Bemessungslast von 2,5 Sturmklammern/m<sup>2</sup> mit einer Klammer-Bemessungslast von 0,15 kN, festgelegt in „Hinweise zur Lastenermittlung“.

### 7.4 Ermittlung des Klammerschemas:

- Erforderliche Flächenkraft  $(w - g) \leq 0,375 \text{ kN/m}^2$ :  
keine Verklammerung erforderlich.

Erforderliche Flächenkraft

$(w - g) > 0,375 \text{ kN/m}^2$ :

Nach der Formel

$$n = (w - g) : BL$$

ist die Klammeranzahl  $n$  zu berechnen.

Danach wird die Anzahl der Dachziegel/-steine pro m<sup>2</sup> durch den Tabellenwert (Klammeranzahl/m<sup>2</sup>) geteilt.

Je nach Ergebnis sind die folgenden Klammerschemen möglich:

Ergebnis  $\geq 3$  Klammerschema 1/3

Ergebnis  $< 3$  Klammerschema 1/2

Ergebnis  $< 2$  Klammerschema 1/1

Ergebnis  $< 1$  Klammerschema 1/1  
mit höherer Klammer-Bemessungslast

### Beispiel:

#### Gegeben:

Objekt	Offene Scheune
Windzone	II
Dachform	Satteldach
Dachneigung	28°
Gebäudehöhe	9 m
Deckunterlage	offen
Gebäude	offen
Dachdeckung	Betondachstein 10 Stück/m <sup>2</sup>

Klammer-Bemessungslast: 0,15 kN

### Lösung:

#### 1. Windsog w

$$w = c_p \times q$$

- Formbeiwerte  $c_p$  nach Tabelle 3:  
Tabellenwert + 0,6 (da offenes Gebäude mit offener Deckunterlage)

Ecke  $1,5 + 0,6 = 2,1$

Rand  $1,2 + 0,6 = 1,8$

Fläche  $0,6 + 0,6 = 1,2$

- Staudruck  $q$  nach Tabelle 5:

$q = 0,75 \text{ kN/m}^2$

Ecke

$2,1 \times 0,75 \text{ kN/m}^2 = 1,58 \text{ kN/m}^2$

Rand

$1,8 \times 0,75 \text{ kN/m}^2 = 1,35 \text{ kN/m}^2$

Fläche

$1,2 \times 0,75 \text{ kN/m}^2 = 0,90 \text{ kN/m}^2$

#### 2. Maßgebendes Eigengewicht der Deckung g

$$g = g_E \times c_s \times 0,9$$

- Eigengewicht der Deckung  $g_E$  nach DIN-Angaben, Tabelle 6:

$g_E = 0,5 \text{ kN/m}^2$

Dachneigungsfaktor nach Tabelle 7:

$c_s = 1,04$

$g = 0,47 \text{ kN/m}^2$

#### 3. Klammerschema

- Erforderliche Flächenkraft

$(w - g)$ :

Ecke  $1,58 - 0,47 = 1,11 \text{ kN/m}^2$

Rand  $1,35 - 0,47 = 0,88 \text{ kN/m}^2$

Fläche  $0,90 - 0,47 = 0,43 \text{ kN/m}^2$

- Anzahl  $n$ /Klammerschema

$n = (w - g) : BL$

Ecke 7,4

Rand 5,9

Fläche 2,9

#### Klammerschema

Ecke  $10 : 7,4 = 1,4 < 2 \rightarrow 1/1$

Rand  $10 : 5,9 = 1,7 < 2 \rightarrow 1/1$

Fläche  $10 : 2,9 = 3,4 > 3 \rightarrow 1/3$

In den Eck- und Randbereichen ist jeder Dachstein, in der Fläche jeder 3. Dachstein zu befestigen.

**Tabelle 7:**

Dachneigung	Dacheignungsfaktor $c_s$	Dachneigung	Dacheignungsfaktor $c_s$
10°	1,05	45°	0,95
15°	1,06	50°	0,91
20°	1,06	55°	0,86
25°	1,05	60°	0,80
30°	1,04	65°	0,74
35°	1,02	70°	0,67
40°	0,99	75°	0,60

