

Basiswissen für Dachhandwerker

Schneelast

Autor: Dipl.-Ing. Markus Friedrich, 15732 Eichwalde

© Copyright Dipl.-Ing.
Markus Friedrich
- Datentechnik -
Bahnhofstraße 74
D - 15732 Eichwalde bei Berlin

www.friedrich-datentechnik.de

Alle Rechte sind geschützt.
Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Zustimmung des Autors.

Einleitung

Die DIN EN 1991-1-3 vom Dezember 2010 und die Dachdecker-Fachregeln verpflichten Dachhandwerker zum Führen statischer Nachweise für Schneeschutzsysteme.

Das „Merkblatt - Einbauteile bei Dachdeckungen“, dieses ist Teil des Regelwerk des Deutschen Dachdeckerhandwerk, schreibt hierzu in Punkt 3.6.4 (2): „Der statische Nachweis ist vom Hersteller der Schneeschutzsysteme zu führen.“

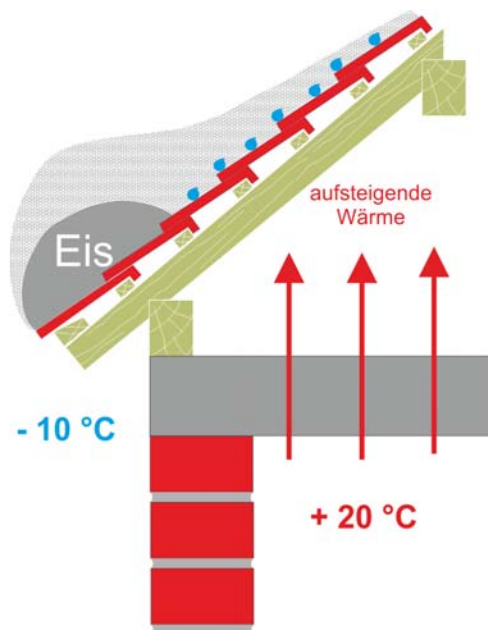
Was Zimmerer nicht anders kennen und Metallbauer für jedes noch so kleine Vordach leisten, wird damit auch bei der Montage von Schneefangstützen verbindlich gefordert: ein statischer Nachweis!

Hinweis: Die hier gemachten Aussagen repräsentieren einzig den Kenntnisstand des Autors. Sie erheben nicht den Anspruch auf rechtliche oder technische Korrektheit. Insbesondere können nicht alle Aspekte für die Planung und Prüfung von Schneeschutzsystemen erschöpfend behandelt werden. Der Autor haftet nicht für Schäden, die aus der Nutzung dieser Broschüre entstehen!

Schneearten

Schnee ist nicht gleich Schnee. Frisch gefallener Schnee wiegt ca. 1 kN/m^3 , also 100 kg je Kubikmeter. Nach einigen Stunden oder Tagen setzt sich der Schnee und wiegt dann ca. 2 kN/m^3 . Altschnee benötigt mehrere Wochen oder Monate um sich auf ca. $2,5$ bis $3,5 \text{ kN/m}^3$ zu verdichten. Und feuchter Schnee wiegt sogar 4 kN/m^3 .

Noch schwerer ist Eis, welches z.B. infolge von Eisschanzenbildung an der Traufe entstehen kann. Hier wiegt jeder Kubikmeter ca. $9,2 \text{ kN}$ ($\sim 920 \text{ kg}$).



Beheizte Gebäude erwärmen den Schnee von unten und bringen dessen Unterseite zum Schmelzen. Das Schmelzwasser rinnt unter der Schneedecke zur Traufe und gefriert im Bereich des unbeheizten Traufüberstandes zu einer Eisschanze.

Bild 1: Eisschanzenbildung

Schneemengen

Die Schneemengen, die sich auf einer Dachfläche ansammeln können, sind abhängig von der Region und der Höhe des Gebäudestandortes über N.N. In den Hochlagen der Gebirge ist die Schneelast naturgemäß besonders hoch, im Rheinland eher gering. Im Norddeutschen Tiefland ergibt sich, aufgrund von Schnee-Einbrüchen aus Skandinavien, eine um den Faktor 2,3 erhöhte Last. Diese regionalen Unterschiede bilden die Grundlage für die Schneelastzonenkarte:

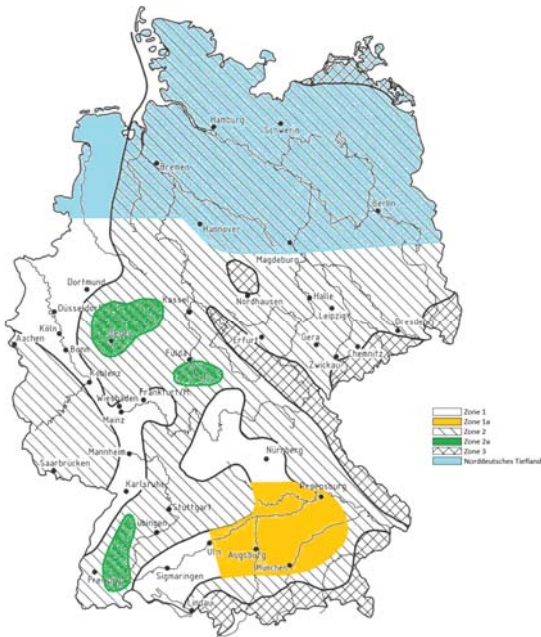


Bild 2: Schneelastzonenkarte für Deutschland (Quelle: DIN EN 1991-1-3/NA:2010-12)

Deutschland wurde zunächst in die 3 Schneelastzonen Zone 1, Zone 2 und Zone 3 unterteilt. Ergänzend hat man zwischen Ulm und Regensburg die Zone 1a und im Hochschwarzwald, dem Hochsauerland und südlich von Fulda, Gebiete als Zone 2a ausgewiesen. Das a im Zonennamen steht hierbei für eine Erhöhung der charakteristischen Schneelast um 25%.

Es ergeben sich 5 Zonen mit den charakteristischen Schneelasten S_k :

Zone 1	$S_k = 0,65 \text{ kN/m}^2$	(bis 400 m ü.d.M.)
Zone 1a	$S_k = 0,81 \text{ kN/m}^2$	(bis 400 m ü.d.M.)
Zone 2	$S_k = 0,85 \text{ kN/m}^2$	(bis 285 m ü.d.M.)
Zone 2a	$S_k = 1,06 \text{ kN/m}^2$	(bis 285 m ü.d.M.)
Zone 3	$S_k = 1,10 \text{ kN/m}^2$	(bis 255 m ü.d.M.)

Liegt der Gebäudestandort höher als bei der Zone angegeben, berechnet sich die charakteristische Schneelast s_k anhand nachfolgender Formeln (Werte in kN/m^2):

Zone 1	$S_k = 0,19 + 0,91 * [(A + 140) / 760]^2$
Zone 1a	$S_k = 0,19 + 0,91 * [(A + 140) / 760]^2 * 1,25$
Zone 2	$S_k = 0,25 + 1,91 * [(A + 140) / 760]^2$
Zone 2a	$S_k = 0,25 + 1,91 * [(A + 140) / 760]^2 * 1,25$
Zone 3	$S_k = 0,31 + 2,91 * [(A + 140) / 760]^2$

Hinweis: Das A steht für Altitude, dem englischen Begriff für Höhe (über dem Meer).

Tipp: In allen technischen MF-Programmen sind die Schneelastzonen samt Norddeutschem Tiefland postleitzahlengenau hinterlegt!

Schneelasten auf dem Dach

Sobald Schnee auf ein Dach fällt, wirkt er in 2 Richtungen: als Druck senkrecht nach unten (**Flächenlast**) und als Schubkraft parallel zur Dachoberfläche (**Trauflast**).

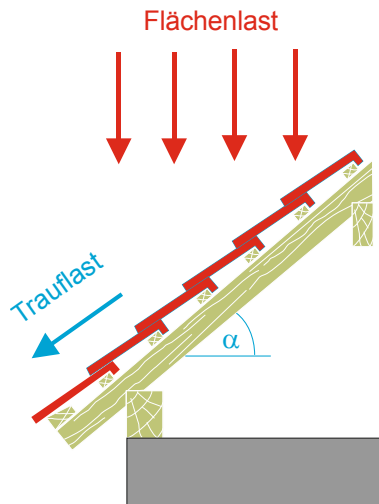


Bild 3: Wirkrichtung Flächenlast bzw. Trauflast

Im ersten Moment, also direkt nach dem Schneefall, wirkt nur die **Flächenlast**, da pulvriger Neuschnee i.d.R. nicht abrutscht. Mit der Zeit verdichtet sich der Schnee und bindet Feuchtigkeit. Auch bildet sich auf der Dachoberfläche eine nasse bis gefrierende Schicht und der Schnee kann ins Rutschen kommen. Vorausgesetzt er wird nicht von Schneestopperrn, Dacheinbauteilen (Gauben, Kamine...) oder Schneefanganlagen daran gehindert. Sobald die **Flächenlast** anfängt zu rutschen, wird daraus eine **Trauflast**.

Für den Entwurf eines Schneeschutzsystems ist i.d.R. folgende Vorgehensweise sinnvoll:

1. Ermittlung der Flächenlast
2. Ermittlung der Trauflast
3. Wahl des Schneeschutzsystems (Schneefang, Schneestopper...)
4. Falls die Wahl des Schneeschutzsystems eine erhöhte Flächenlast nach sich zieht
-> zurück zu 1 (Details hierzu im Kapitel „Nachträglicher Einbau von Schneeschutzsystemen“)

Schneeverwehungen werden hier nicht behandelt. Sollten sich größere Schneemengen vor Mauern, Aufbauten, in Schedrinnen o.vgl. ansammeln, ist eine bauteilgenaue Bemessung erforderlich. Die DIN EN 1991-1-3 enthält hierzu in den Kapiteln „5.3.4 Scheddächer“, „5.3.6 Höhengsprünge an Dächern“ und „6.2 Verwehungen an Wänden und Aufbauten“ detaillierte Regelungen. Diese werden im Anhang B (normativ) nochmals präzisiert. Der Nationale Anhang erweitert die Angaben zu Höhengsprünge nochmals, so dass insgesamt eine sehr diffizile Bemessungssituation entsteht, welche in diesem Rahmen nicht erschöpfend behandelt werden kann.

Flächenlast

Schnee als Flächenlast wirkt senkrecht zur Erdoberfläche nach unten:

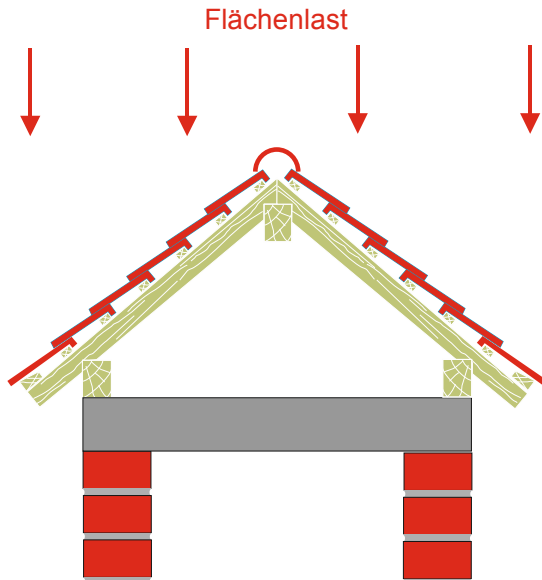


Bild 4: Wirkrichtung der Flächenlast

Für einfache, reguläre Dächer berechnet sich die Schneelast nach folgender Formel:

$$(1) \quad S = \mu * C_e * C_t * S_k * SF$$

- μ Formbeiwert, abhängig von der Dachform (siehe Abschnitt *Dachform und Neigung*)
- C_e Umgebungskoeffizient (windig = 0,8 üblich = 1 abgeschirmt = 1,2)
- C_t Temperaturkoeffizient (für gedämmte Dachflächen mit U-Wert < 1.0 ist $C_t = 1$)
- S_k charakteristische Schneelast lt. Schneelastzonenkarte (siehe Bild 2)
- SF Sicherheitsfaktor

Im einfachsten Fall wird der Sicherheitsfaktor zu 1 gesetzt. Falls der Schnee auf tieferliegende Dachflächen abrutschen kann, wird er auf mindestens 1,5 erhöht.

Bei bestehender Verkehrssicherungspflicht (Schnee kann auf öffentliche Wege herabstürzen o.vgl.) ist zu prüfen, ob ein Dachlawinenabgang ähnliche Folgen wie das Versagen der Tragkonstruktion nach sich ziehen würde. Im Falle von Personenschäden oder hoher Sachschäden, sollte der Sicherheitsfaktor erhöht werden.

Bei außergewöhnlicher Schneelast muss S_k durch S_{Ad} (Bemessungswert für außergewöhnliche Schneelast) ersetzt werden. Außerhalb der Norddeutschen Tiefebene ist $S_{Ad} = 2 * S_k$, was einem Sicherheitsfaktor von 2 entspricht.

Für die Norddeutsche Tiefebene ist $S_{Ad} = 2,3 * S_k$. Die Schneelast rechnet sich dort wie folgt¹:

$$(2) \quad S = \mu * C_e * C_t * S_k * 2,3$$

Sind als außergewöhnliche Last lediglich Schneeverwehungen anzusetzen und befindet sich das Gebäude nicht in der norddeutschen Tiefebene, werden C_e und C_t zu 1. Formel (1) vereinfacht sich damit zu der in vielen Publikationen gebrauchten, einfachen Form:

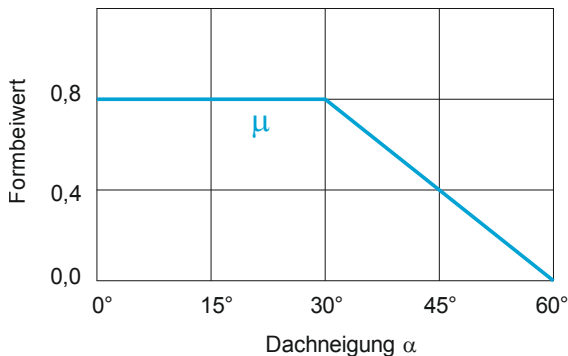
$$(3) \quad S = \mu * S_k$$

Vereinfacht gesagt: Oft ist die Schneelast nur von Dachneigung und Schneezone abhängig.

¹ Nicht zwingend anzuwenden bei Solaranlagen (siehe NaBau, Auslegung zur DIN 1055-5, Lfd. Nr. 28 vom Januar 2011)

Dachform und Neigung

Auf Flachdächern wirkt die Schneelast anders als auf Steildächern. Steildächern mit einer Dachneigung $> 30^\circ$ kommt hierbei der Umstand zugute, dass der Schnee abrutschen kann und das Problem der Flächenlast sich mit der nächsten Dachlawine eventuell von selbst löst. Dachform und Dachneigung werden über den Formfaktor μ ausgedrückt:



Im Bereich $30^\circ < \alpha < 60^\circ$ gilt:
$$\mu = 0,8 (60 - \alpha) / 30$$

Bild 5: Formfaktor μ

An Flachdächern und Steildächern mit einer Dachneigung kleiner 30° ist $\mu = 0,8$. Zwischen 30° und 60° Dachneigung nimmt μ linear ab. Bei 45° ist μ daher = 0,4.

Ab 60° wird μ zu 0, vorausgesetzt das Abrutschen wird nicht durch Schneefanggitter, Dachaufbauten, Schneestopper o.vgl. behindert. Kann der Schnee nicht ungehindert abrutschen, sollte der Formfaktor μ mindestens 0,8 betragen.

An Scheddächer, Mauern, Gebäudeversprüngen, Anbauten und vor aufgehenden Bauteilen können in Folge von Wind und / oder Abrutschungen Schneeanhäufungen entstehen. Die hieraus entstehen Lasten können bis zu 2 x so hoch sein wie die reine Flächenlast. Den Bemessungswert des zugehörigen Formfaktors μ_2 leitet man anhand beispielhafter Lastansätze der DIN EN 1991-1-3 ab. Da diese Bemessung stark situationsbezogen ist und nur schwer verallgemeinert werden kann, gehe ich nachfolgend zwar nicht weiter darauf ein, warne aber auch davor, diese Effekte zu übersehen!

Tonnendächer sind zwar frei von Verwehungen, besitzen aber keine einheitliche Dachneigung. Für Tonnendächer gilt daher eine gesonderte Berechnung nach DIN EN 1991-1-3 Abs. 5.3.5.

Musterberechnung 1: Flachdach in Nürnberg

Formfaktor $\mu = 0,8$

Schneelastzone = Zone 1 $\rightarrow S_k = 0,65 \text{ kN/m}^2$

$$\begin{aligned} S &= \mu * S_k \\ &= 0,8 * 0,65 \text{ kN/m}^2 \\ &= 0,52 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{dies entspricht } 52 \text{ kg/m}^2) \end{aligned}$$

Musterberechnung 2: Pultdach in Berlin

Dachneigung = 45°

Formfaktor $\mu = 0,4$

Schneelastzone = Zone 2 $\rightarrow S_k = 0,85 \text{ kN/m}^2$

Sicherheitsfaktor = 2,3 (norddeutsches Tiefland)

$$\begin{aligned} S &= \mu * S_k * SF \\ &= 0,4 * 0,85 \text{ kN/m}^2 * 2,3 \\ &= 0,782 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Trauflast

Im Gegensatz zur Flächenlast wirkt die Trauflast nicht senkrecht von oben nach unten, sondern parallel zur Dachoberfläche in Richtung der Traufe. Da die waagrecht wirkende Schub-Komponente nicht einwirkt, bleibt für den Druck auf die Schneefanganlage nur der vertikale Anteil ($\sin \alpha$).

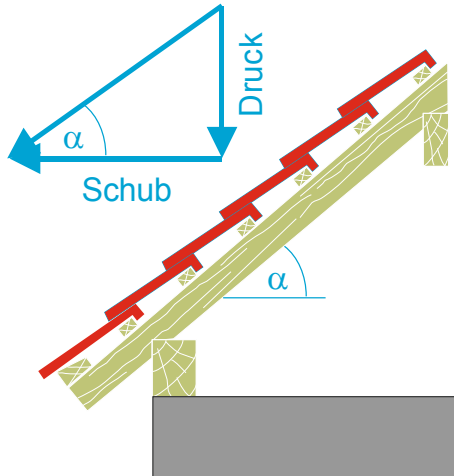


Bild 6: Wirkrichtung der Trauflast

Die Trauflast berechnet sich anhand Formel 4:

$$(4) \quad F_s = S \cdot b \cdot \sin(\alpha)$$

F_s resultierende Trauflast = Kraft, senkrecht nach unten gerichtet

S Schneelast auf dem Dach (Flächenlast)

b wirksame Sparrenlänge

\sin sinus = vertikale Komponente der schrägen Trauflast

α Dachneigung

Musterberechnung 3: Trauflast an Pultdach in Leipzig

Dachneigung = 40°

Sparrenlänge $b = 7 \text{ m}$

Schneelastzone = Zone 2 $\rightarrow S_k = 0,85 \text{ kN/m}^2$

$$\begin{aligned} \mu &= 0,8 \cdot (60 - 40) / 30 \\ &= 0,533 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \mu \cdot S_k \\ &= 0,533 \cdot 0,85 \text{ kN/m}^2 \\ &= 0,453 \text{ kN/m}^2 \end{aligned} \quad (\text{Flächenlast})$$

$$\begin{aligned} F_s &= S \cdot b \cdot \sin(\alpha) \\ &= 0,453 \text{ kN/m}^2 \cdot 7 \text{ m} \cdot \sin(40^\circ) \\ &= 2,04 \text{ kN/m} \end{aligned} \quad (\text{dies entspricht einem Druck von } 204 \text{ kg/m})$$

Achtung: Dies ist eine rein theoretische Trauflast. Sobald eine Schneefanganlage eingebaut wird, muss der Formfaktor μ auf mind. 0,8 erhöht werden.

Bemessung von Schneefangstützen

Schneefangstützen müssen die Trauflasten aufnehmen und in die Unterkonstruktion ableiten. Erreichen die Schneelasten die Normlast, sollten die Schneefangstützen wegklappen, da ansonsten die gesamte Dachkonstruktion gefährdet wäre. Hierbei gilt das fatale Motto: Besser eine abgehende Dachlawine als ein einstürzendes Dach.

Für die Abstandsermittlung der Schneefangstütze gilt daher ein Vorgehen in 2 Schritten:
Schritt 1: Stützenabstand für die Normlast exakt berechnen (siehe Formel 1, 2 oder 3) ¹
Schritt 2: Stützenabstand auf praktikables Maß (ganzzahliges Vielfaches der Deckbreite...) erweitern

Berechnung der Schneefangstützen

Die Anzahl der erforderlichen Schneefangstützen je Meter Trauflänge ergibt sich aus der Formel

$$(5) \text{ Anzahl je m} = \text{Trauflast} / (\text{Bemessungslast je Stütze})$$

Die Trauflast ergibt sich aus Formel (4). Die „Bemessungslast je Stütze“ sollte vom Hersteller der Schneelaststützen nach ÖNORM B 3418 ermittelt und auf dem Produktdatenblatt bzw. der Verpackung veröffentlicht werden. Darauf aufbauend kann die Bemessungslast entsprechend dem „Merkblatt Einbauteile bei Dachdeckungen“ klassifiziert werden.

Klasse I	0,8 kN / Stk
Klasse II	2,0 kN / Stk
Klasse III	3,2 kN / Stk

Musterberechnung 4: Schneefangstützen an Pultdach in Leipzig

Aufbauend auf Musterberechnung 3 mit einer Trauflast von 2,04 kN/m errechnet sich der Abstand für Schneefangstützen der Klasse II wie folgt:

$$2,04 \text{ kN/m} / 2,0 \text{ kN/Stk} = 1,02 \text{ Stk/m}$$
$$\text{Maximal-Abstand „Stütze -> Stütze“: } 1 / 1,02 = 0,98 \text{ m}$$

Wird ein Ziegeldach mit Ziegeln der Deckbreite 220 mm eingedeckt, wäre ein Stützenabstand von $5 * 220 \text{ mm} = 1,10 \text{ m}$ sinnvoll. Anders gesagt: An jedem 5 Ziegel wird eine Stütze eingebaut.

Würde an jedem 4. Ziegel eine Stütze eingebaut, wäre bei einem Stützenabstand = 0,88 m die Lastaufnahmefähigkeit zu groß und es könnte Schaden an der Dachkonstruktion entstehen.

¹ Beim nachträglichen Einbau von Schneeschutzsystemen muss der Formfaktor μ in der Berechnung der Flächenlast dachneigungsabhängig eingesetzt werden (nicht mind. 0,8), auch wenn der Schnee nicht ungehindert abrutschen kann. Begründung: In der ursprünglichen Statik wurde evtl. ohne Schneeschutz gerechnet, was eine geringere Traglast ergab. Da der Dachstuhl hierfür dimensioniert wurde, darf diese Tragkraft auch nach Einbau des Schneeschutzsystems nicht überschritten werden!

Maximal zulässige Schneehöhe

Um die Tragkonstruktion nicht zu überlasten, sollte die Schneehöhe auf dem Dach die maximal zulässige Schneehöhe h_{\max} nicht überschreiten. Diese berechnet sich wie folgt:

$$(6) h_{\max} = S_i \cdot \cos(\alpha) / \gamma$$

S_i $\mu \cdot S_k \cdot SF$ (μ = Formfaktor, S_k = charakteristische Schneelast, SF = Sicherheitsfaktor)
 $\cos(\alpha)$ \cos der Dachneigung α
 γ Wichte des gesetzten Schnees (typ. 2 kN/m³)

Der Ersteller des Daches sollte dem Bauherrn die maximal zulässige Schneehöhe in schriftlicher Form mitteilen, da dieser bei drohender Überschreitung die Räumung des Daches veranlassen muss. Ist die Schneebeseitigung nicht rechtzeitig möglich, sind angemessene Sicherungsmaßnahmen zu treffen.

Musterberechnung 5: Zulässige Schneehöhe auf Satteldach in Leipzig

Dachneigung = 45° -> $\mu = 0,4$
Schneelastzone = Zone 2 -> $S_k = 0,85 \text{ kN/m}^2$
Verkehrssicherungspflicht besteht -> $SF = 1,5$

$$\begin{aligned} h_{\max} &= S_i \cdot \cos(\alpha) / \gamma \\ &= \mu \cdot S_k \cdot SF \cdot \cos(\alpha) / \gamma \\ &= 0,4 \cdot 0,85 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot \cos(45^\circ) / (2 \text{ kN/m}^3) \\ &= 0,18 \text{ m} \end{aligned}$$

Nachträglicher Einbau von Schneeschutzsystemen

Der nachträgliche Einbau von Schneeschutzsystemen stellt immer einen Eingriff in die Dachstatik dar. Ursache: Bei Dächern mit Schneeschutzsystemen ist ein Formbeiwert $\mu = 0,8$ anzusetzen, das ursprüngliche Dach wurde evtl. dachneigungsabhängig mit einem kleineren Formbeiwert dimensioniert. Die maximal zulässige Schneehöhe h_{\max} muss in diesem Fall für den Urzustand berechnet werden.

Um ein Umklappen der Schneefangstützen zu vermeiden, kann man die maximal zulässige Schneehöhe h_{\max} auch anhand der Schneefangstützen berechnen. Diese darf nicht größer werden als h_{\max} aus der Flächenlast.

Formel: senkrechter Gewichtsanteil der Schneelast = Widerstandskraft der Stützen
-> Schneevolumen * Schneedichte * $\sin(\alpha)$ = Bemessungslast aller Stützen je m
-> Sparrenlänge * h_{\max} * γ * $\sin(\alpha)$ = (Bem-Last je Stütze) * (Anzahl Stützen je m)
-> $h_{\max} = [(\text{Bemessungslast je Stütze}) \cdot (\text{Anzahl Stützen je m})] / (\gamma \cdot \text{Sparrenlänge} \cdot \sin(\alpha))$

Musterberechnung 6: Zulässige Schneehöhe entspr. Schneefangstützen

Bemessungslast je Stütze 1,5 kN
Abstand Stütze -> Stütze 0,6 m
Anzahl Stützen 1 / 0,6 m = 1,67 Stk/m
Sparrenlänge 7 m
Dachneigung α 30°
 γ Wichte des gesetzten Schnees (typ. 2 kN/m³)

$$\begin{aligned} h_{\max} &= (1,5 \text{ kN/Stk} \cdot 1,67 \text{ Stk/m}) / (2 \text{ kN/m}^3 \cdot 7 \text{ m} \cdot \sin(30^\circ)) \\ &= 0,36 \text{ m} \end{aligned}$$

Literaturhinweise

Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten;
Deutsche Fassung EN 1991-1-3:2003 + AC:2009
Ausgabe Dezember 2012
Herausgeber: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 10772 Berlin

Deutsches Dachdeckerhandwerk – Regelwerk –
Merkblatt Einbauteile bei Dacheindeckungen
Herausgeber: Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks e.V., 50946 Köln

Link-Tipps

Verlagsgesellschaft Rudolf Müller. Vertrieb der „Fachregeln des Deutschen Dachdeckerhandwerks“ inkl.
„Merkblatt Einbauteile bei Dachdeckungen“.
www.ddh.de

Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks e.V.
www.zvdh.de

Schneelastnormen suchen und kaufen.
www.beuth.de

Schneelastschule, Infos und Schneelastdaten. Mitgliedschaft erforderlich.
www.schneelast.info

Software zur Berechnung von Schneelasten, Windlasten, Dachentwässerung, Bauphysik u.a.m.
www.friedrich-datentechnik.de