

Berechnung

Bemessung von Schneefangsystemen

Berechnungstools für Schneefangsysteme berücksichtigen bislang noch nicht die Weiterleitung der angreifenden Kräfte an der Unterkonstruktion. Mithilfe von durchgeführten Versuchen und theoretischen Überlegungen konnte die Grundlage hierfür geschaffen werden.



◀ Bild 1: Typischer Dachziegel mit Schneefanghaken

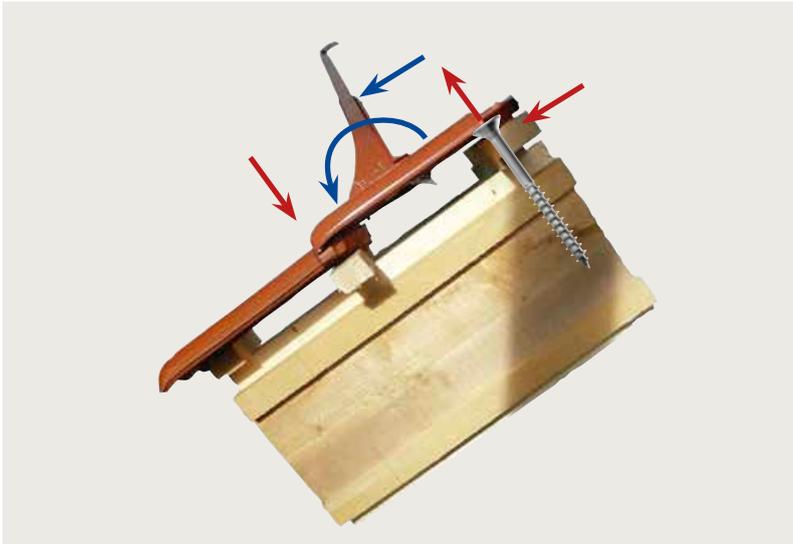
Die Verpflichtung zum Einbau von Schneefangsystemen ergibt sich aus den öffentlich-rechtlichen Bestimmungen, z. B. den Landesbauordnungen. Schneefangsysteme müssen statisch bemessen werden, wenn sie bei Dächern an Verkehrswegen und über Hauseingängen oder niedrigeren Gebäudeteilen vor herabrutschenden Schneelawinen und Eisplatten schützen sollen. Als Schneefangsysteme bewährt haben sich lineare, einreihige oder mehrreihige Barrieren, die den auf der Dachfläche abrutschenden Schnee abfangen. Flächig angeordnete Schneestoppnasen (Schneehaltesysteme) vermindern zwar den Schneeschub in der Dachfläche⁴, sie verhindern jedoch nicht das Herabfallen von Schnee und

Eis im gleichen Umfang wie ein zur Verkehrssicherung dienendes Schneefangsystem. Bei der Ermittlung einer regelkonformen, zur Verkehrssicherung dienenden Schneefangvorrichtung in Deutschland sind Schneestopper deshalb allein nicht ausreichend (in Österreich erfüllen Schneestopper bis $\leq 35^\circ$ bzw. 45° Dachneigung bereits die Anforderungen der ÖNORM B 3418⁷. Erst $\geq 35^\circ$ [bei Schneestoppziegeln] bzw. 45° [Metall] müssen zusätzlich Schneefangsysteme angebracht werden). Beim statischen Nachweis der Schneeschutzsysteme wird die Tragfähigkeit bis zur Befestigung in bzw. an der Gebäudekonstruktion unter Berücksichtigung der vorhandenen Unterkonstruktion (z. B. der Trag- und Konterlattung)

nach den gültigen Vorschriften¹⁻⁴ geführt. Der Nachweis der Tragfähigkeit der Gebäudekonstruktion (z. B. Dachsparren) und Ableitung in den tragenden Untergrund bleibt im Zuständigkeitsbereich des Bauherrn.

Wichtig ist, dass der Einbau von Schneeschutzsystemen die Funktion des Daches nicht beeinträchtigt. Hierfür haben die Dachziegelhersteller für nahezu alle Bedachungsarten und Einbausituationen sichere und verarbeitungsfreundliche Systeme im Angebot. Einige Herstellfirmen stellen Berechnungstools zur Verfügung, mit deren Hilfe ermittelt werden kann, wie viele solcher Schneefangvorrichtungen je nach Lage des Gebäudes und der Dachneigung benötigt werden. Diese Berechnungstools berücksichtigten bislang jedoch nicht die Weiterleitung der angreifenden Kräfte an die Unterkonstruktion.

Um diesen Service künftig anbieten zu können, wurde das Institut für Holzbau (IfH) der Hochschule Augsburg vom Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. damit beauftragt, das Tragverhalten der Unterkonstruktion und im Besonderen der Schraubenverbindung versuchstechnisch als auch theoretisch zu untersuchen und Vorschläge für deren Bemessung zu erarbeiten. Die Ergebnisse sind nachfolgend vorgestellt. Nachfolgend ist auf der Grundlage von Bild 2 die Abtragung der Schneelast parallel zur Dachfläche beschrieben:



◀ Bild 2:
Befestigung eines Ziegels in einer Systemskizze. In dieser Skizze ist die Eigenneigung der Dachziegel von 3 Grad aus Gründen der Vereinfachung nicht dargestellt



▶ Bild 3:
Prüfkörper mit Bretterschalung als Zwischenschicht

- ▶ Die Kraft parallel zur Dachfläche (blauer Pfeil) wird an die obere Traglatte eingehängt. Diese zusätzliche Last ist beim Nachweis dieser Latte (Doppelbiegung) zu berücksichtigen.
 - ▶ Diese Abscherkraft wird im Bereich der Auflagerung (Sparren) über (lange) Schrauben durch die Traglattung, durch die Konterlaten und meist noch durch eine weitere Zwischenschicht (z. B. Bretterschalung oder Dämmplatte) hindurch in den Sparren geleitet.
 - ▶ Die exzentrisch angreifende Schneelast erzeugt ein Moment (blauer Momentenpfeil), das über ein Kräftepaar aufgenommen werden muss:
 - Die untere Traglatte erfährt eine Druckbeanspruchung rechtwinklig zur Dachfläche.
 - Die abhebende Kraft an der oberen Traglatte wird nach Herstellerangabe über (kürzere) Schrauben zugfest vom Dachziegel an die Traglatte angeschlossen.
 - ▶ Die Weiterleitung dieser Zugkraft von der oberen Traglatte in den Sparren erfolgt erneut über die bereits erwähnten (langen) Schrauben. Diese Schrauben erfahren somit eine kombinierte Beanspruchung auf Abscheren und Herausziehen.
- Während die Nachweise für die Lattungen nach Eurocode 5⁵ erfolgen können, ist die Bemessung von

Schrauben, die Scherkräfte über zwei Zwischenschichten hindurch übertragen, derzeit nicht geregelt. Daher waren detailliertere Untersuchungen erforderlich, die nachfolgend beschrieben sind. In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurde das Tragverhalten der nachfolgend ausgewählten Varianten im Rahmen von Versuchen untersucht (Aufbau von oben nach unten):

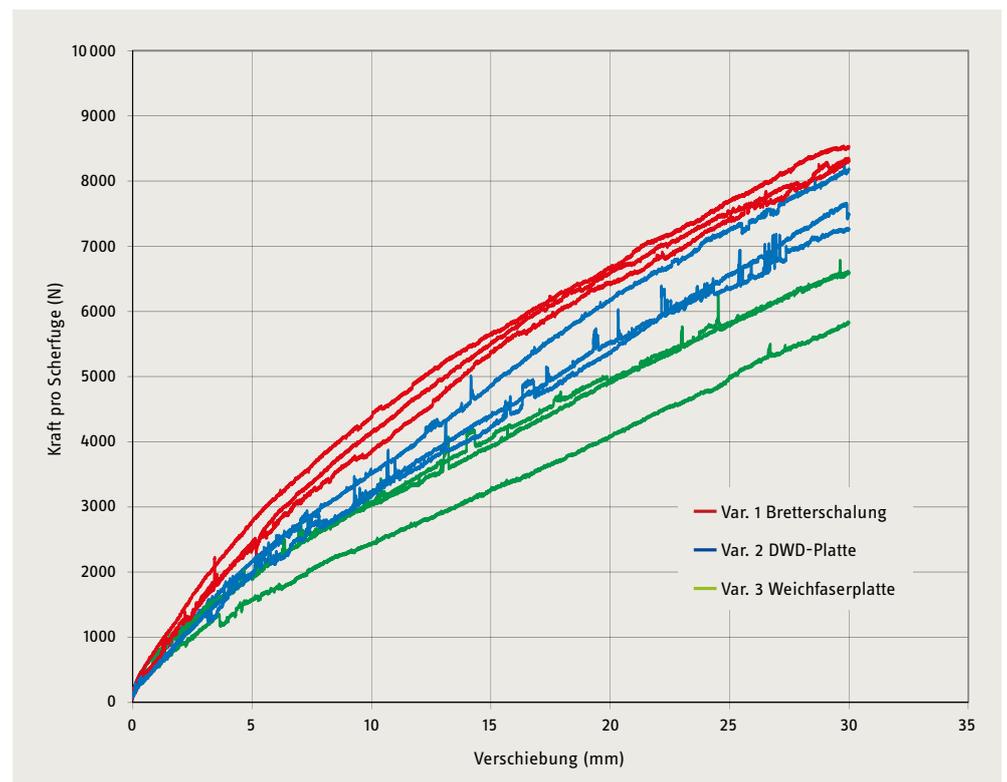
Variante 1:

Traglatte 40/60 mm
Konterlatte 40/60 mm
Sägeraue Holzschalung 25 mm
Sparren b/h = 100/200 mm

Variante 2:

Traglatte 40/60 mm
Konterlatte 40/60 mm
MDF-Platte 15 mm
Sparren b/h = 100/200 mm

▼ Bild 4: Kraft-Verschiebungs-Diagramme



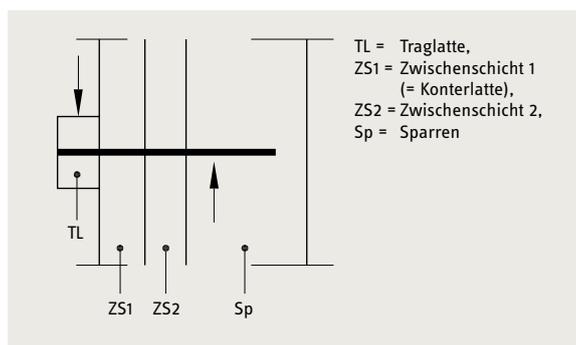
Variante 3:

- Traglatte 40/60 mm
- Konterlatte 40/60 mm
- HF-Platte (Weichfaserplatte) 50 mm
- Sparren b/h = 100/200 mm

Von jeder Versuchsreihe wurden drei Prüfkörper geprüft. Weiterhin wurden bei allen Varianten nach Absprache mit dem Auftraggeber Tellerkopfschrauben d = 6 mm mit Teilgewinde eines Herstellers mit Zulassung verwendet. In Bild 4 sind die Kraft-Verschiebungs-Diagramme aller untersuchten Prüfkörper dargestellt.

Die dargestellten Verformungen beziehen sich auf die gesamte Verformung des Sparrens relativ zur Traglatte, d.h. hier sind alle Nachgiebigkeiten enthalten. Aus diesem Bild sind folgende Tendenzen zu erkennen:

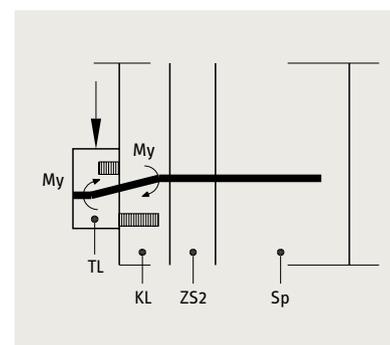
- ▶ Die Prüfkörper mit Bretterschulung als Zwischenschicht erwiesen sich als „steifer“ als die beiden anderen Varianten. Die Prüfkörper mit Weichfaserplatten als Zwischenschicht erwiesen sich erwartungsgemäß als „weichste“ Variante.



- ▶ Bis zu einer Gesamtverformung der Verbindung von 30 mm (!) wurde keine ausgeprägte Höchstlast erreicht.
- ▶ Die „Zacken“ in den Arbeitslinien deuten darauf hin, dass bei den Verbindungen erhebliche Reibungskräfte aktiviert wurden.

Rechnerische Tragfähigkeit

In Bild 5 ist die geprüfte Verbindung durch zwei Zwischenschichten schematisch dargestellt. Bei dieser Verbindung muss die auf die Traglatte (TL) einwirkende Abscherkraft



▲ Bild 5: Schematische Darstellung der Verbindung

▶ Bild 6: Wahrscheinlicher Versagensfall für die geprüften Varianten

über die beiden Zwischenschichten in den Sparren (Sp) geleitet werden. Das Tragverhalten und insbesondere auch die erreichbaren Tragfähigkeiten hängen dabei davon ab, wie „fest“ diese Zwischenschichten am Sparren angeschlossen sind und wie „hart“ die Schrauben in diesen Zwischenschichten gehalten bzw. gebettet sind. Blaß/Laskewitz⁶ untersuchten das Tragverhalten von stiftförmigen Verbindungen durch eine Zwischenschicht hindurch. Diese Arbeit diente als Basis für die Erweiterung auf zwei Zwischenschichten. Für die untersuchten Verbindungen wurde eine Vielzahl von möglichen Versagensfällen auf der Grundlage der „Johansen-Theorie“ modelliert und die jeweils zugehörigen rechnerischen Tragfähigkeiten durch Ansetzen von Gleichgewichtsbedingungen berechnet.

Hierbei wurde ein ideal-plastisches Tragverhalten der Materialien angesetzt. Mit dieser Modellierung wurde die Grundlage für die Berechnung von beliebig aufgebauten Verbindungen mit zwei Zwischenschichten geschaffen. Für die untersuchten Varianten erwies sich der in Bild 6 dargestellte Versagensfall als wahrscheinlich, bei dem in der Schraube jeweils im Bereich der Traglatte und der Konterlatte ein Fließgelenk auftritt.

Dieser Versagensfall bestätigte sich bei den Versuchen. In Bild 7 ist ein aufgetrennter Prüfkörper der Variante 1 (mit Bretterschulung) dargestellt. Deutlich zu erkennen sind die zwei Fließgelenke in der Traglatte und der Konterlatte. Somit wird die an der Traglatte angreifende Kraft vollständig über die erste Scherfuge auf die Konterlattung übertragen.

EXCEL-BEMESSUNGSTOOLS

Bestandteil Unterkonstruktion	Einwirkungen	geführte Nachweise
obere Traglatte	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Eigengewicht Dachziegel ▶ Dachschub infolge Schnee ▶ abhebende Kräfte aus Dachhaken (unterschiedliche Laststellungen) 	zweiachsige Biegung: Biege- und Schubspannungen ¹
untere Traglatte	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Eigengewicht Dachziegel ▶ (Druck-)Kräfte aus Dachhaken (unterschiedliche Laststellungen) 	zweiachsige Biegung: Biege- und Schubspannungen ¹
Schraube	<ul style="list-style-type: none"> Aus oberer Traglatte ▶ Abscherkraft Dachfläche ▶ abhebende Kraft (Herausziehen) 	kombinierte Beanspruchung auf Abscheren und Herausziehen ²
Befestigung Konterlatte	Abscherkraft der Schraube	erforderliche Anzahl an Nägeln im Bereich der Verschraubung

¹ Nach Rücksprache mit dem Auftraggeber werden keine Durchbiegungsnachweise geführt.

² Für die Schraubennachweise wurden aus Zulassungen Tragfähigkeitswerte entnommen, die auf der sicheren Seite liegen, sodass mehrere Schraubentypen verwendet werden dürfen.

Die Berechnung kann in diesem Fall wie für eine einschnittige Verbindung nach EUROCODE 5⁵ erfolgen.

Die Weiterleitung dieser Kraft von der Konterlatte auf den Sparren muss dann über die Vernagelung der Konterlatte mit dem Sparren sichergestellt werden. Diese Verbindung kann wie eine Verbindung mit einer Zwischenschicht (= Schalung, DWD, Weichfaser) nach Blaß/Laskewitz⁶ berechnet werden. Für die untersuchten Schraubenverbindungen ergaben sich folgende rechnerischen charakteristischen Abschertragfähigkeiten:

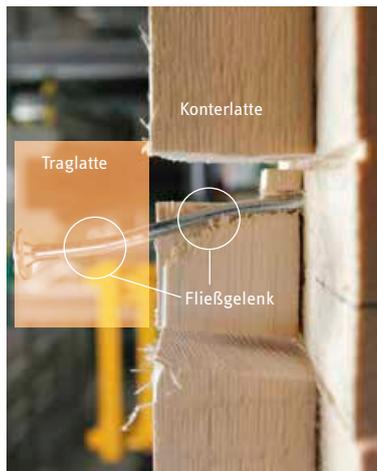
- ▶ Variante 1 (Bretterschalung) und 2 (MDF-Platte):

$F_{v,Rk} = 2,12 \text{ kN}$ unter Ansatz eines Einhängeeffektes

- ▶ Variante 3 (Weichfaserplatte):

$F_{v,Rk} = 1,54 \text{ kN}$ ohne Ansatz eines Einhängeeffektes (wegen größerer Verformungen)

Ein Vergleich dieser rechnerischen Tragfähigkeiten mit den Versuchs-



▶ Bild 7: Aufgeschnittener Prüfkörper der Variante 1: Ausbildung von zwei Fließgelenken

ergebnissen (Bild 4) zeigt, dass die bei der Prüfung erreichten Lasten deutlich über den rechnerischen Werten lagen. Es ist aber auch zu erkennen, dass bei Ansatz dieser rechnerischen Tragfähigkeiten mit Verformungen von etwa 3 bis 5 mm zu rechnen ist.

Bemessungstool

Anhand der in den vorigen Abschnitten beschriebenen Untersuchungen wurden die Grundlagen dafür geschaffen, die Befestigung von Schneefangsystemen auf Unterkonstruktionen mit und ohne Zwischenschichten in allgemeiner Form statisch nachzuweisen.

Zur vollständigen Bemessung der gesamten Unterkonstruktion wurde ein Bemessungstool auf EXCEL-Basis entwickelt. In der Tabelle (Seite 62 unten) sind die berücksichtigten Einwirkungen und die geführten Nachweise für die verschiedenen Bestandteile der Unterkonstruktion zusammengestellt. Dieses Bemessungstool soll von Mitgliedsfirmen des Bundesverbandes der Deutschen Ziegelindustrie e.V. in ihre firmeneigenen Berechnungstools eingebunden werden und den Anwendern somit kostenlos zur Verfügung stehen.

AVOLA – der Spezialist für leistungsstarke Kreissägen

180 Jahre



Baukreissäge ZB/ZBV/IC -10
Für härteste Belastungen am Bau



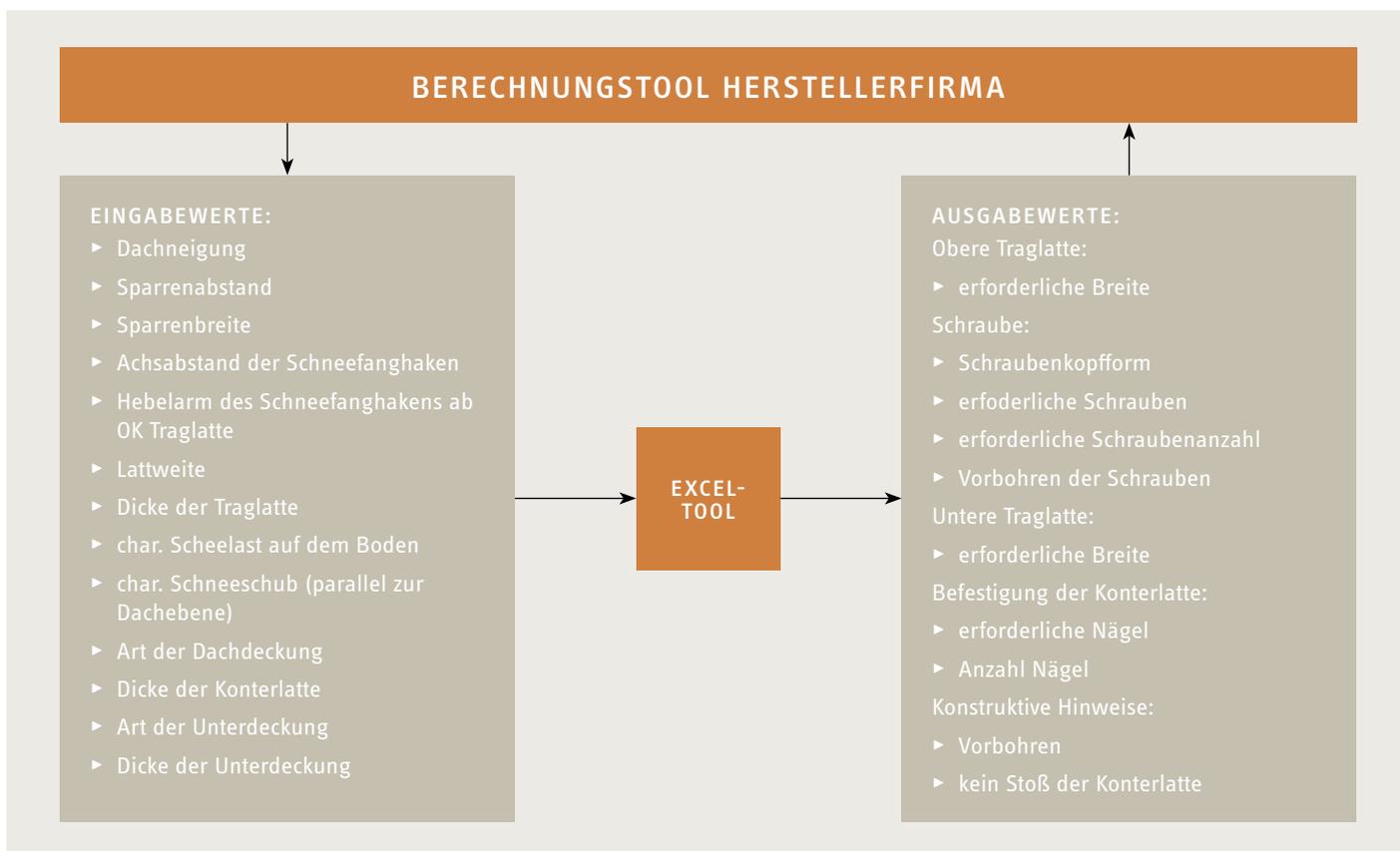
GAMA – das modulare Kappsägenkonzept für jede Zimmerei



7 Schnitte,
eine
Säge!

VARIANT 450
Universelle
Untertischkappsäge

AVOLA MASCHINENFABRIK
A. Volkenborn GmbH & Co. KG
Heiskampstraße 11
D-45527 Hattingen
Telefon +49 / 23 24 - 96 36-0
Telefax +49 / 23 24 - 96 36-50
E-mail info@avola.de
www.avola.de



FRANÇOIS COLLING

▲ Bild 8:
Eingabe- und
Ausgabe-
werte des
entwickelten
Bemessungstools

In Bild 8 ist das geplante Zusammenspiel des entwickelten Excel-Bemessungstools mit einem Berechnungstool einer Herstellerfirma dargestellt.

Fazit

Im Rahmen von Versuchen wurde das Tragverhalten von Schneefangsystemen mit drei verschiedenen Unterkonstruktionen untersucht (mit Bretterschalung, mit MDF/DWD-Platten und mit HF-Weichfaserplatten als zweite Zwischenschicht unter der Konterlatte). Da die Bemessung von Schraubverbindungen durch zwei Zwischenschichten hindurch (von Traglatte → Konterlatte als 1. Zwischenschicht → 2. Zwischenschicht → Sparren) normativ nicht geregelt ist, wurden auf der Grundlage der Johansen-Theorie eine Vielzahl von möglichen Versagensfällen untersucht und teils komplexe Gleichungen für die Berechnung der Tragfähigkeit hergeleitet. Durch Vergleich dieser Bemessungsgleichungen mit den Versuchsergebnissen wurden Vorschläge für

die Bemessung solcher Schraubverbindungen auf Abscheren erarbeitet. Zur vollständigen Bemessung der Unterkonstruktion wurde ein Tool auf Excel-Basis entwickelt, mit dem die verschiedenen Bestandteile der Unterkonstruktion bemessen werden

können (Traglatten, Verschraubung, Befestigung Konterlatte). Das Tool wird in Berechnungstools der Herstellerfirmen eingebunden und den Anwendern somit kostenlos zur Verfügung stehen.

Prof. Dr. François Colling, Mering ■

LITERATUR

- 1 DIN EN 1991 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke-1-3:2010-12 – Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten
- 2 DIN EN 1991-1-3/NA:2010, NCI zu 6.4 (1) – Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter
- 3 Hinweise zur Lastermittlung – Regelwerk des Deutschen Dachdeckerhandwerks. Hrsg.: Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks ZVDH, Rudolf Müller, 2011
- 4 Merkblatt Einbauteile bei Dachdeckungen – Regelwerk des Deutschen Dachdeckerhandwerks. Hrsg.: Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks ZVDH, Rudolf Müller, 2013
- 5 DIN EN 1995-1-1:2010-12: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten – Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau (EUROCODE 5/EC 5)
- 6 Blaß, H.J.; Laskewitz, B. 2004: Tragfähigkeit von Verbindungen mit stiftförmigen Verbindungsmitteln und Zwischenschichten. Karlsruher Tage 2004. Tagungsband. Bruderverlag, Universität Karlsruhe
- 7 ÖNORM B 3418:2012-05-01: Planung und Ausführung von Schneeschutzsystemen auf Dächern. Hrsg.: Österreichisches Normungsinstitut