

Normen und deren Anwendung

Die hundertprozentig exakte Berechnung von Windlasten ist nicht möglich. Der Beitrag zeigt, wie Dachdecker in der Praxis damit umgehen. (Teil 2*)

Von Markus Friedrich

Wie bereits im ersten Beitrag angemerkt, ist die hundertprozentig exakte Berechnung von Windlasten nicht möglich. Der deutsche Normenausschuss für das Bauwesen (NABau) setzte dies seit 1938 bewusst um und gestaltete die DIN 1055 Teil 4 dahingehend, dass deren Anwendung möglichst einfach ist.

Die DIN 1055, Teil 4

Von den 29 Seiten der DIN-Norm 1055 Teil 4 vom August 1986 betrifft nur ein Teilbereich den Windsog am Dach. Filtert man diesen heraus, verbleiben, mit leichten Vereinfachungen, die folgenden Inhalte. Die Grundlage der Berechnung bildet die Formel A:

$$\text{Windsog} = \text{Staudruck} \cdot \text{Formbeiwert} \cdot \text{Sicherheitsfaktor}$$

Dahinter verbirgt sich Folgendes:

- Der Staudruck repräsentiert den Druck, den der anströmende Wind auf die Fassade ausübt.
- Der Formbeiwert gibt an, wie sich dieser (Fassaden-) Staudruck auf die Dachfläche überträgt.
- Der Sicherheitsfaktor stellt sicher, dass die Unterschiede von Theorie (Kubus auf ebener Fläche) zu Praxis (komplexer Baukörper in realer Landschaft) ausgeglichen werden. Er soll keinesfalls Ausführungsmängel ausgleichen.

Staudruck: abhängig von der Gebäudehöhe

Der Staudruck ist von der Gebäudehöhe abhängig und kann im Normalfall aus der Tabelle »Übersicht: Gebäudehöhe und Staudruck« entnommen werden. Zwei Anmerkungen zu der Tabelle sind wichtig. Erstens: Für Gebäude in exponierter Lage beträgt der Staudruck mindestens $1,1 \text{ kN/m}^2$. Diese Tabelle ist eine Vereinfachung des Staudruckprofils aus dem Anhang zur DIN 1055 Teil 4 »Zu Abschnitt 5«. Sie ermöglicht eine einfache Berechnung, ist jedoch stark motiviert von der praxisgerechten Fassadenbefestigung. Am Dach kann auch mit dem genauen Staudruckprofil gerechnet werden. Die erste Anmerkung führt zu einer der häufigsten Fragen zur DIN 1055 Teil 4: Ab wann wird ein Gebäude als exponiert betrachtet? Antwort: immer dann, wenn das Gebäude mehr Wind abbekommt als ein Gebäude im freien Feld. Die Anströmung über völlig freies

Feld liegt der Formel A zu Grunde und stellt somit den Norm-Fall dar. Insbesondere Gebäude, die auf einer Böschung, Klippe oder einem Berg stehen, bekommen auch den Wind ab, der sich am Abhang staut, und sind als exponiert zu betrachten. In diesen Fällen kann alternativ die effektive Höhe h_{eff} ab der Talsohle gemessen werden.

Ragt ein Gebäude aus einer Gruppe weiterer Gebäude hervor, ist es für das Auge exponiert, nicht jedoch für den Wind. Die umgebenden Gebäude schützen das hohe Gebäude sogar.

Der Formbeiwert gibt an, wie sich der Staudruck von der Fassade auf Eck-, Rand- und Innenbereich des Daches überträgt. Er ergibt sich aus Gebäudehöhe, -länge und -breite. Kleine Formbeiwerte findet man an flachen Gebäuden mit annähernd quadratischem Grundriss, große Formbeiwerte an hohen Gebäuden mit länglichem Grundriss. Die in der Formel A einzusetzenden Werte für Flachdächer mit

Übersicht: Windlastzonenkarte



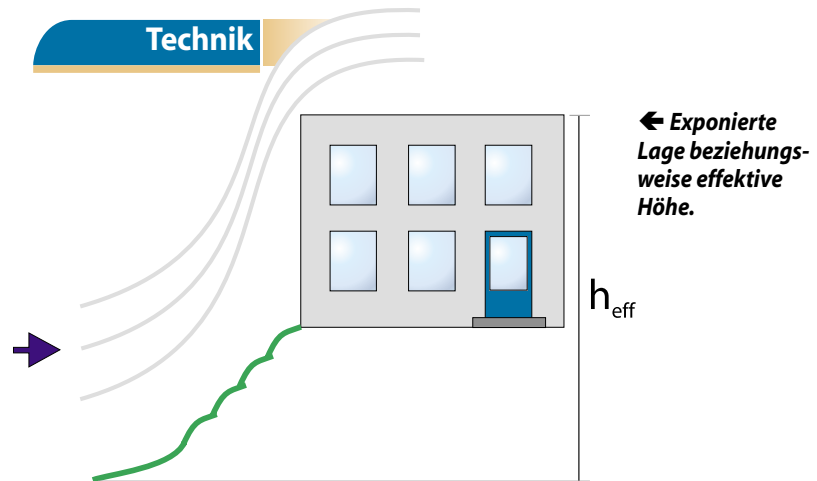
DDH-Grafik: Robert Soencksen

* Teil 1 erschien in DDH 7/2002, Seite 18, Teil 3 erscheint in DDH 14/2002.

einer Dachneigung bis acht Grad können der »Übersicht: Windsog auf Flachdächern bis acht Grad« entnommen werden.

Die Erhöhung des Formfaktors um 0,8 bei offenen Gebäuden führt unweigerlich zu einer der kritischsten Fragen bezüglich der DIN 1055 Teil 4: Welche Gebäude sind als offen zu betrachten? Laut Norm nur solche Gebäude, bei denen entweder eine Gebäudewand komplett fehlt oder ein Drittel der Außenwandfläche geöffnet werden kann. Diese Aussage ist falsch! Und zwar so gravierend falsch, dass sie dem anerkannten Stand des Wissens vehement widerspricht und somit nicht angewendet werden darf. Einen korrekten, dafür aber komplizierten Ansatz enthalten Eurocode beziehungsweise die kommende DIN ENV 1055 Teil 4. Bis zu deren baurechtlich verbindlicher Einführung sollten Gebäude als offen betrachtet werden, deren Außenhülle zu mehr als drei bis fünf Prozent geöffnet werden kann. Drei Prozent als allgemeiner Ansatz, fünf Prozent laut Fachregeln vom September 1997, Absatz 4.6 (1). Beachten Sie hierbei, dass dies nur gilt, wenn »das Verhältnis der Öffnungen in einer Ansicht und der betrachteten gesamten Ansicht größer als fünf Prozent ist«. Hierzu folgender Hinweis: Eine Ansicht umfasst nicht eine, sondern in der Regel zwei oder mehr Wände, auf die der Wind gleichzeitig anströmen kann (Anströmung über Eck).

Der Sicherheitsfaktor wird normalerweise mit 1,5 angesetzt. Dieser Wert gilt grundsätzlich für nicht-schwingungsanfällige Bauten, welche dynamischen Lasten ausgesetzt sind, und somit zunächst auch für Dächer. Für »Windsogspitzen beim Abhebenachweis« kann davon abgewichen und eine »Bemessung mit Teilsicherheitszahlen« nach Absatz 3.3 durchgeführt werden. Für Dächer ohne Auflast ergibt sich damit ein Sicherheitsfaktor von 1,43.



Staudruck, Formbeiwerte und Sicherheitsbeiwert ergeben den Windsog

Überträgt man den Staudruck, die Formbeiwerte und den Sicherheitsbeiwert in die Formel A, erhält man den resultierenden Windsog in Eck-, Rand- und Innenbereich der Dachfläche. Die Flächenermittlung wurde bereits im ersten Teil dieses Beitrages erläutert.

In der hier dargestellten, einfachen Form liegen Fluch und Segen der DIN 1055 Teil 4. Ein Segen, weil die Anzahl der Parameter sehr gering und der Rechenweg extrem einfach ist. Ein Fluch, weil mit so wenigen Parametern ein reales Gebäude oftmals nicht ausreichend exakt bemessen werden kann. Die Folge: unwirtschaftliche Überbemessung aufgrund unnötig hoher Sicherheitsreserven oder aber Unterbemessung aufgrund fehlender Berücksichtigung von Risikofaktoren. Der Grundgedanke, eine Windlastnorm möglichst einfach zu gestalten, wurde im Rahmen der europäischen Normierung aufgegeben. Das deutsche Konzept war vor dem gesamt-europäischen Hintergrund mit unterschiedlichsten Windsituationen, Geländeformen und Normierungs- und Bau Traditionen nicht mehr anwendbar.

Der Eurocode 1991-2-4 und DIN ENV 1055 Teil 4 vom März 2001

In Anbetracht der Tatsache, dass die Statik eines Bauwerkes vom Fundament bis zum Windsog am Dach miteinander in Verbindung steht, hat man sich Ende der achtziger Jahre auf oberster europäischer Regierungsebene zum großen Rundumschlag entschlossen. Das Resultat sind die Eurocodes 1991 bis 1998. Diese sollen auf mittlere Zeit alle europäischen Tragwerksnormen ersetzen, eingeschlossen Schnee, Wind, Betonbau, Stahlbau, Holzbau, Erdbeben, Brand, Grundbau, Brücken,

Übersicht: Gebäudehöhe und Staudruck

| Gebäudehöhe [m] | Staudruck [kN/m ²] |
|-----------------|--------------------------------|
| von 0 – 8 | 0,5 |
| über 8 – 20 | 0,8 |
| über 20 – 100 | 1,1 |
| über 100 | 1,3 |

Türme, Kamine, Kranlasten bis hin zu Silos und Spundwänden. Das Berechnen der Windlasten am Dach anhand solch eines komplexen Tragwerkskonzeptes stellt selbst erfahrene Baustatiker auf eine harte Probe.

Die Formel A aus dem Kapitel zur DIN 1055 Teil 4 ist allgemein gültige Physik und daher auch Grundlage für den Eurocode 1991-2-4 und der in weiten Bereichen daraus abgeleiteten Vornorm DIN ENV 1055 Teil 4 vom März 2001. Die Unterschiede zur »alten« DIN 1055 ergeben sich aus der wesentlich komplexeren Betrachtung von Staudruck, Formbeiwerten und Sicherheitsfaktor. Der Eurocode und die kommende DIN 1055 ermitteln den Staudruck zwar auf unterschiedliche Art und Weise, die Parameter sind jedoch vergleichbar. Nachfolgend beziehe ich mich auf den Eurocode.

Staudruck: Gebäudehöhe, Basiswindgeschwindigkeit und Geländerauigkeit

Der Staudruck ergibt sich, leicht vereinfacht, aus Gebäudehöhe, Basiswindgeschwindigkeit und Geländerauigkeit. Die Basiswindgeschwindigkeit v_{ref} entnimmt man der Windzonenkarte. Diese weist folgende vier Windzonen auf:

Übersicht: Windsog auf Flachdächern bis acht Grad

| Länge/Breite | Höhe/Breite | Eck | Rand | innen |
|--------------|-------------|-----|------|-------|
| ≤ 1,5 | ≤ 0,4 | 2 | 1 | 0,6 |
| | > 0,4 | 2,8 | 1,5 | 0,8 |
| > 1,5 | ≤ 0,4 | 2,5 | 1 | 0,6 |
| | > 0,4 | 3 | 1,7 | 0,8 |

Anmerkung 1: in der Norm werden die Formbeiwerte mit negativem Vorzeichen angegeben (Sog ist negativ, Druck positiv definiert)

Anmerkung 2: für offene Gebäude mit offener Tragdecke wird der Formfaktor um 0,8 erhöht

1. Süddeutschland ($v_{ref} = 24,3 \text{ m/s}$)
2. Norddeutschland ($v_{ref} = 27,6 \text{ m/s}$)
3. Nordsee-Küstenregion, Nordhälfte von Rügen ($v_{ref} = 32 \text{ m/s}$)
4. Nordsee + unmittelbare Nordseeküste ($v_{ref} = 36 \text{ m/s}$)

In der Geländekategorie drückt sich aus, wie stark die Umgebung den Wind bremst. Die Geländekategorie unterscheidet zwischen:

- offenem Meer und vollkommen flachem Land,
- freien landwirtschaftlichen Flächen mit einzelnen Hecken, Bäumen und Gehöften,
- Vororten, kleineren Städte, Industrie- und Gewerbegebieten und
- Stadtgebieten, bei denen mindestens 15 Prozent der Fläche eine mittlere Bebauungshöhe von mehr als 15 Metern aufweist.

Ebenfalls deutlich aufwändiger als in der DIN 1055 gestaltet sich die Ermittlung der Formbeiwerte. Diese sind für vier Dachbereiche zu ermitteln, da es zwei Arten von Rand gibt: einen Außen- und einen Innenrand. Die Formbeiwerte für von außen angreifenden Windsog sind abhängig von Gebäudelänge, -breite und -höhe, Attikahöhe, Dachform und Oberflächenrauigkeit. Für besondere Dacharten wie Tonnen- und Shed-Dächer sind gesonderte Formbeiwert-Tabellen vorhanden.

Der Innendruckbeiwert errechnet sich aus dem Verhältnis der windangeströmten zu den windabgewandten Öffnungen. Das ist sinnvoll, da die windabgewandten Öffnungen den Innendruck abbauen. Bei völlig gleichmäßig verteilten Öffnungen wird der Innendruckbeiwert zu 0,15 anstelle von 0,0 oder 0,8 wie bisher.

Selbst der Sicherheitsfaktor ist beim Eurocode weit mehr als nur eine schöne Zahl. Für Dächer mit einer Standzeit von mehr als vier Jahren ist er mit 1,5 angegeben. Für Dächer mit kürzerer Lebenszeit kann er reduziert werden, schließlich ist hier die statistische Wahrscheinlichkeit von einem Orkan erwischt zu werden geringer.

Auf Berechnungsbeispiele habe ich bewusst verzichtet, da hierzu logarithmisch interpoliert, exponentielle Formeln berechnet und aus umfangreichen Tabellen Werte entnommen werden müssen. Ohne PC und spezielle EDV-Programme kann nach Eurocode und der kommenden DIN ENV 1055 Teil 4 praktisch nicht mehr gerechnet werden. Dachdecker werden hierzu auf spezielle Dienstleister und/oder die Dachbaustoffindustrie zurückgreifen

müssen. Mit dem MF DachDesigner und dessen Zusatzprogrammen (Windsog, Dämmplan, Bauphysik, LV und andere) stellt der Autor ein Programmsystem zur Verfügung, welches diese Art der Zusammenarbeit ermöglicht.

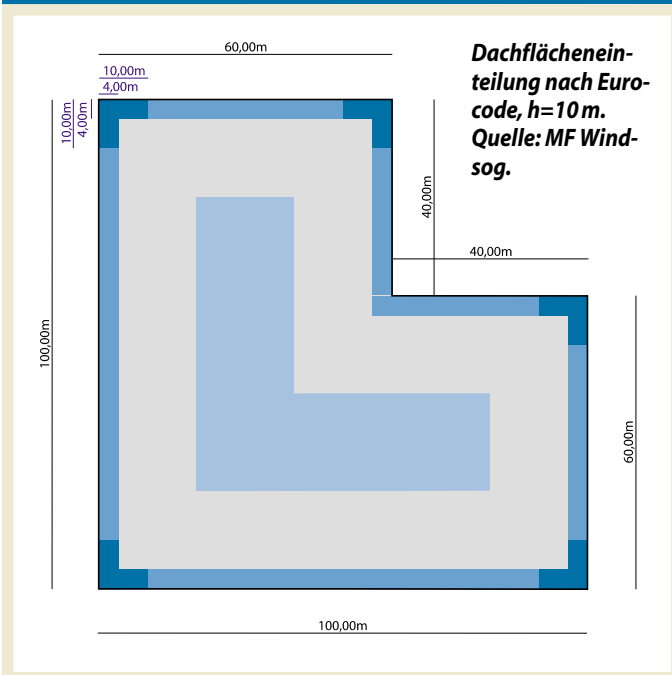
Die Fachregeln

In der Vergangenheit basierten die Fachregeln direkt auf der DIN 1055 Teil 4. Die der Fachregel zu Grunde gelegten Kräfte errechneten sich aus dem hypothetischen Anwendungsfall eines Daches in zwanzig Meter Höhe (Staudruck = $0,8 \text{ kN}$) mit höchstmöglichen Formbeiwerten (Eck = 3, Rand 1,7, innen 0,8) und geschlossener Tragdecke ($c_{pi} = 0$). Laut Formel [1] ergab sich der Windsog im Eck zu:

$$0,8 \text{ kN/m}^2 \times 3 \times 1,5 = 3,6 \text{ kN/m}^2.$$

Teilt man diesen Sog durch die typische Bemessungslast einer Dachbauschraube von 0,4 Kilonewton erhält man neun Befestiger je Quadratmeter. Im Rand ergaben sich aufgerundet sechs und im Innenbereich drei Befestiger. Die 3-6-9-Regel war geboren. Dieser zur Seite war der Satz gestellt, dass mit einem Einzelnachweis nach DIN 1055 Teil 4 von der Regel abgewichen werden kann. Anders gesagt: Die alte Fachregel ordnete sich der DIN 1055 Teil 4 unter. ▶

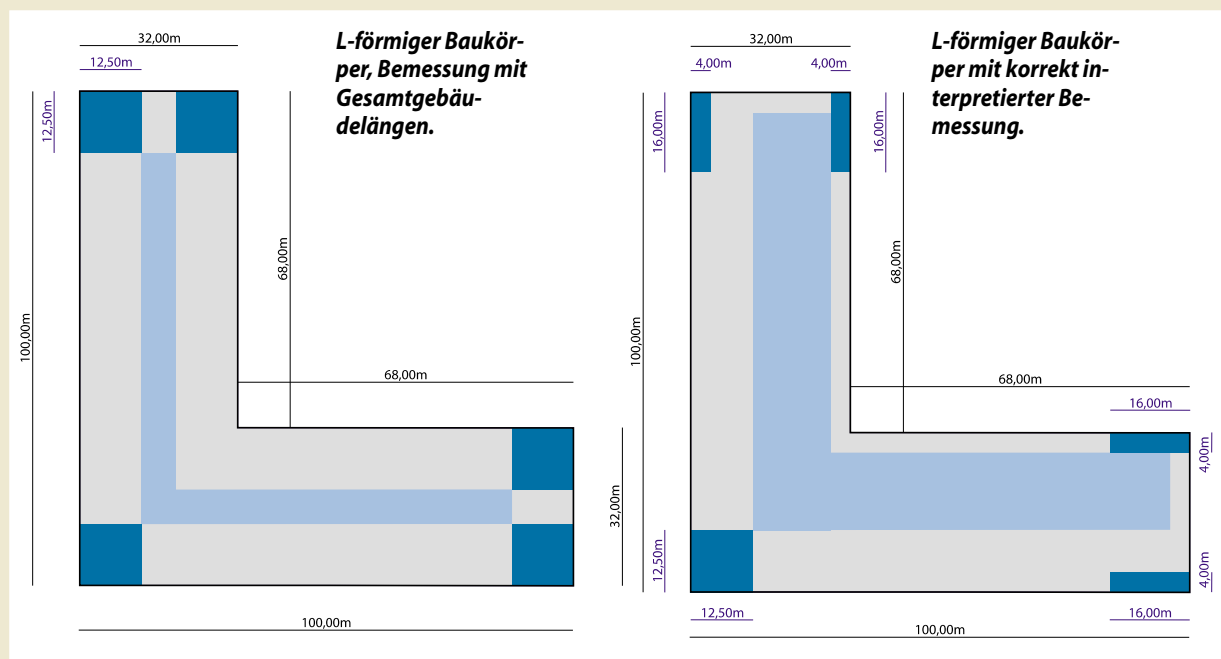
Schema: Dachflächeneinteilung



Beispielrechnung: Berechnung der Windsogkräfte

Das Gebäude hat eine Höhe von zwanzig Metern. Die Bemessung laut linkem Schema führt zu großen Eck- und Randbereichen mit unterbemessenen Formbeiwerten (Eck = 2,0, Rand = 1,0, innen 0,6). Anders gesagt: Es ergeben sich große Flächen mit zu wenigen Befestigern je Quadratmeter.

Die korrekten Formbeiwerte ergeben sich entsprechend rechtem Schema aus den am Eck anliegenden Fassadenlängen. Für das untere, rechte Eck ergeben sich folgende Formbeiwerte: Eck = 3,0, Rand = 1,7, innen 0,8. Der Sog erhöht sich im Eck um fünfzig Prozent und im Rand um siebenzig Prozent gegenüber linkem Schema.



Die aktuelle Fachregel vom September 1997 gibt sich deutlich selbstbewusster als ihre Vorgänger. Sie beinhaltet einen eigenständigen Berechnungsmodus und ist zur baurechtlich eingeführten DIN 1055 Teil 4 nicht mehr kompatibel. Das ist konsequent, da die Fachregeln weit mehr dem Stand des Wissens entsprechen als die hoffnungslos veraltete DIN 1055 Teil 4.

Da die Flachdachrichtlinien vom September 2001 im Bereich Windsog lediglich eine tabellarische Abbildung der »Hinweise zur Lastermittlung« aus dem Regelwerk vom September 1997 mit flachdachspezifischen Randbemerkungen darstellen, gehe ich auf diese nachfolgend nicht gesondert ein und spreche nur noch von den Fachregeln.

Die Fachregel basiert auf der DIN 1055 Vornorm 40 (Staudruckermittlung mit vier Windzonen, Sicherheitsfaktor),

der DIN 1055 Teil 4 (exponierte Lage, Formbeiwerte) und eigenständigen Ergänzungen. Letztere insbesondere im Bereich Steildach.

Die Eckausbildung erfolgt rechteckig, ansonsten sind die Flächen nach DIN 1055 Teil 4 einzuteilen. Ein Hinweis für die Unterteilung nicht rechteckiger Grundrisse ist am Beispiel eines L-förmigen Grundrisses enthalten (Absatz 4.4.1, Abb. 4).

Doch Vorsicht: Die Skizze verleitet zur Annahme, das Längen/Breiten-Verhältnis immer mit der Gesamtlänge und -breite zu ermitteln. Das kann, muss aber nicht richtig sein. Die Eck- und Randflächen werden hierdurch zwar niemals zu klein, dafür können aber falsche Formbeiwerte entstehen. Die Fachregeln erweitern die zu Grunde liegenden Normen um gewerkspezifische Besonderheiten. Für die Berechnung der Kräfte und der Flächen sind folgende Angaben zu beachten:

- Randbreitenbegrenzung auf zwei Meter bei »Büro- und Wohngebäuden sowie geschlossenen Hallen mit

Hinweis: Rechtliche Aspekte

Wie zuvor bereits angesprochen, sind die Berechnungsgrundlagen der Fachregeln zurzeit keine Untermenge einer baurechtlich eingeführten Norm. Für den Dachdecker ist diese Situation eher als unangenehm zu bezeichnen. Einerseits ist er den Fachregeln verpflichtet, andererseits werden sich Gutachter im Schadensfall womöglich eher auf eine baurechtlich eingeführte Norm und/oder den Stand des Wissens berufen. Doppelt unangenehm für den Richter, der im Schadensfall zwischen »Anerkannter Regel der Technik« (oftmals Fachregel), »Anerkanntem Stand des Wissens« (Expertenrat basierend auf Eurocode 1991-2-4) und baurechtlich eingeführten Normen (DIN 1055 Teil 4, Ausgabe 1986) ein Urteil fällen muss.

Gebäudebreiten ≤ 30 m« (entsprechend DIN 1055 Teil 4 Tabelle 11 Anmerkung 3. Nicht in DIN 1055 Vornorm 40, Eurocode etc.)

- Mindestrandbreite = ein Meter
- Regelungen für die Randbreitenausbildung um Durchdringungen und Aufbauten
- Dächer mit einer Dachneigung bis zehn Grad gelten als Flachdächer (DIN 25 Grad bis 35 Grad, Eurocode uneingeschränkt nur bis vier Grad)
- Gebäude gelten als offen, »wenn das Verhältnis der Öffnungen in einer Ansicht und der betrachteten gesamten Ansicht größer als fünf Prozent ist«.
- Soglast entspricht Auflast! Nach DIN 1055 Teil 4 mussten Auflasten in der Berechnung durch 1,1 dividiert werden.
- Gebäude in Höhenlagen über 600 Meter werden zu höheren Windzonen verschoben.

Fachregeln: fachliche Ergänzung für die Norm

Von besonderer Bedeutung sind die Fachregeln immer da, wo sie die Normen fachlich ergänzen. Dies geschieht anhand nachfolgender Punkte:

- Angaben zur Luftdurchlässigkeit von Deckunterlagen. Demnach sind »Stahltrapezbleche ohne dichtende Maßnahmen...« als offen zu betrachten.
- Bauliche Maßnahmen, die Gebäudeöffnungen bei Sturm verschließen, werden berücksichtigt.
- Tabellen inklusive Dachbaustoffen zur Ermittlung von Eigenlasten

Der Autor



Dipl.-Ing.
Markus

Friedrich ist Inhaber eines auf Dachsoftware spezialisierten EDV-Hauses in Eichwalde bei Berlin. Infos: www.friedrich-datentechnik.de.

Literatur-Tipp: Regelwerk-Komplett-Paket

Sicherheit rund ums Regelwerk – immer auf dem neuesten Stand: Das Regelwerk-Komplett-Paket besteht aus drei sich ergänzenden Teilen: Der Regelwerk-Ordner ist das kompakte Nachschlagewerk für das Büro und Standardwerk für jeden Dachdeckerbetrieb. Die Regelwerk-CD-ROM umfasst zusätzliche Informationen und praktische Berechnungshilfen. Mit Regelwerk-online ist der Zugriff auf die Internetplattform www.dachdecker-regelwerk.de möglich, mit dem zukünftig noch schneller als bisher alle Änderungen des Regelwerks abgefragt werden können. Das Regelwerk-Komplett-Paket wird als Informations-Service im Jahresabonnement angeboten. Zusätzlich zu allen Ergänzungslieferungen und dem exklusiven Internet-Zugriff umfasst das Abonnement im ersten Jahr die Lieferung des Ordners und der CD-ROM. Ordner und CD-ROM sind auf Anfrage auch einzeln zu beziehen. Regelwerk-Komplett-Paket. Herausgegeben vom ZVDH Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks



e. V. 2002. DIN-A4-Ordner, CD-ROM, Online-Zugang im Jahresabo inklusive aller Aktualisierungen: Normalpreis: € 143,-/ Vorzugspreis für ZVDH-Mitgliedsbetriebe: € 117,- ISBN 3-481-01758-8

Bestellung:

Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Stolberger Str. 84, 50933 Köln, Tel. (02 21) 54 97-1 20, Fax: (02 21) 54 97-1 30, E-Mail: service@rudolf-mueller.de, Internet: www.baufachmedien.de

- Mindestanzahl von zwei Befestigern je Quadratmeter!
- Angaben zu Nägeln (Breitkopfstifte) bei Schalungsdicke ≥ 22 Millimeter
- Hinweise zur Verwehsicherheit im Eck- und Randbereich mit der Empfehlung zur Verwendung von Plattenbelägen oder Betonformsteinen
- Begrünung als Auflast muss gesondert nachgewiesen werden
- Hinweise zur Befestigung (Auflast, Kleben, mechanische Befestigung, Befestigungsmittel etc.).

Hinzu kommen diverse, indirekte Angaben mit Auswirkungen auf die Windsogsicherung wie Angaben zur Dämmstoffbefestigung, Dachrandmontage und andere mehr. Auf Berechnungsbeispiele wurde bewusst verzichtet, diese sind in den Fachregeln ausreichend enthalten.

Wie Windsog entsteht und wie seine Kräfte zu berechnen sind, haben dieser und der vorhergehende Beitrag erläutert. Wie können nun diese Kräfte auf-

genommen werden? Der nächste Beitrag beschäftigt sich mit den Befestigungstechniken Auflast, Verklebung, mechanische Befestigung und Mischsysteme. ■

Schlagwort: Windsog.

www-Tipp:



Sie wollen etwas zu diesem Beitrag anmerken, kommentieren oder haben Fragen? Stellen Sie Ihre Meinung zur Diskussion – im Forum von dachdeckerhandwerk.de

Forum