

Statische Auslegung solarer Montagesysteme

Stabil bei jedem Wetter

Hohe Schneelasten und starke Stürme, wie z. B. Kyrill, haben in Deutschland für ein hohes Schadenspotenzial bei den Versicherungen gesorgt. Nun sind seit Januar 2007 die neuen Fassungen der Normen DIN 1055-4 (Windlasten) und DIN 1055-5 (Schnee- und Eislasten) in Kraft. Diese Regelungen stellen den aktuellen Stand der Technik dar, den die Anbieter, Planer und Verarbeiter von Montagesystemen für Solaranlagen einhalten müssen.



Im Zuge der europaweiten Harmonisierung sollen in allen Mitgliedsstaaten der EU u. a. die Bauvorschriften angepasst werden. Hierzu gehören auch die Einwirkungen von Wind- und Schneelasten auf unterschiedlichste Tragwerke. Daneben gab es von verschiedenen Seiten bereits seit längerem Forderungen einer Anpassung der Bauvorschriften an veränderte natürliche Rahmenbedingungen – Stichwort Klimawandel: hohe Schneelasten und starke Stürme (z. B. Kyrill). Gefordert wurde z. B. eine grundlegende Neufassung der Traglasten, insbesondere hinsichtlich der Bauhüllen (Dächer, Fassadenteile), sowie eine systematische Wissensvermittlung an alle beteiligten Handwerkssparten.

Ein besonderer Schwerpunkt sollten die „non-engineered-parts“ sein, wozu auch Solaranlagen zählen. Zentrale Punkte sind hierbei die Ermittlung, Kontrolle und ggf. Sicherstellung der Windfestigkeit; für Schneelasten gelten analoge Überlegungen. Die Häufung extremer Schnee- und Windereignisse in den letzten Jahren machte die Notwendigkeit der Anpassungen deutlich.

Auftretende Lasten werden von vielen Faktoren beeinflusst

Weder die DIN 1055-4 (Einwirkungen auf Tragwerke – Windlasten) noch die DIN 1055-5 (Einwirkungen auf Tragwerke – Schnee- und Eislasten) gehen spezifisch auf Solaranlagen ein. Dadurch ergibt sich ein nicht unerhebliches Problemfeld. Denn Solaranlagen sind signifikante Investitionen, die sowohl physikalisch-technisch korrekt als auch rechtssi-

cher ausgelegt und installiert sein müssen. Beides wird zu Recht nicht nur vom Endkunden, sondern im Rahmen des Risikomanagements, auch von Banken und Versicherungen gefordert. Für die Industrie ergeben sich hier allerdings große Schwierigkeiten, da technische und rechtliche Vorgaben weitgehend fehlen. Bei Wagner & Co. hat man deshalb einiges an Aufwand betrieben, um hinsichtlich der statischen Auslegung von Montagesystemen für PV- und Solarthermie-Anlagen in jedem Fall auf der sicheren Seite zu sein.

Die neuen Fassungen der Normen DIN 1055-4 und DIN 1055-5 sind seit Januar 2007 in ganz Deutschland einheitlich in Kraft. Die beiden Teile betrachten die Einwirkungen von Wind und Schnee- bzw. Eislasten auf grundsätzlich jede Art von Gebäudestrukturen und Tragwerken und geben die vom Baustatiker anzusetzenden Lastannahmen vor. Diese Regelungen stellen den aktuellen Stand der Technik dar, den auch die Anbieter von Montagesystemen für Solaranlagen einhalten müssen.

Eine wichtige Änderung gegenüber den alten Normen ist, dass die Lasten, die zugrunde gelegt werden müssen, von deutlich mehr Faktoren abhängig sind (z. B. Geofaktoren wie Höhe über NN, Geländebeschaffenheit, Gebäudeform etc.). Eine pauschale Bestimmung der Einsatzgebiete und Grenzen von Modulen oder Montagesystemen ist deshalb nicht mehr ohne Weiteres möglich. Die auftretenden Lasten müssen häufig im Einzelfall detailliert analysiert und ermittelt werden. Allerdings lassen sich zwei grundsätzliche Aussagen zu den auftretenden Lasten treffen: In

Küstengebieten nehmen die Windlasten zu. In Gebirgsregionen treten höhere Schneelasten auf.

Die Einflussfaktoren der geografischen Lage

Die bislang „gemäßigten“ Gebiete werden in der Regel auch weiterhin keine extremen Wetterlasten erfahren als bisher. Allerdings treten verschiedene zusätzliche landschaftsspezifische Einflussfaktoren auf, die berücksichtigt werden müssen.



Bild 1 Schneelastzonen in Deutschland (Quelle: Wikipedia)

Schneezone

Im Rahmen des pränormativen Prozesses zur Erstellung der EN 1991-1-4 und -5, die in weiten Teilen der deutschen Norm zugrunde liegen, wurden Methodik und Rahmenbedingungen zur Definition und Ermittlung länderspezifischer Schnee- und Windzonen festgelegt. Diese liegen auch den neu erstellten deutschen Schnee- und Windlastzonenkarten zugrunde, anhand derer die Einordnung eines bestimmten Standortes in die jeweilige Lastzone erfolgt. Die Schneelastzonenkarte (Bild 1) macht zunächst eine Aussage über die zugrunde liegende Bodenschneelast (Bild 2).

Windzonen und Windlasten

Die Einteilung der Windzonen erfolgt anhand der Referenzdrücke, wie sie in der Windzonenkarte angegeben sind (Bild 3). Weitere Einflussfaktoren ergeben sich durch regionale Geofaktoren und Geländeeigenschaften. Dazu gehören die Bodenrauigkeit und auch evtl. auftretende Störungen durch Kuppen oder Klippen.

Sowohl Wind- als auch Schneelasten sind abhängig von der Geländehöhe. Die Windlasten bleiben bis zu einer Geländehöhe von 800 m ü. NN. annähernd konstant und unterscheiden sich nur durch die Windzonen voneinander (Bild 4). Über 800 m kommt ein Erhöhungsfaktor zum Tragen. Er ermittelt sich aus der Formel $0,2+H_s/1000$. Die Schneelasten steigen exponentiell mit der Meereshöhe an, es gelten jedoch für alle Schneelastzonen Sockelbeträge (Mindestschneelasten).

Geländekategorien

Die Landschafts- und Vegetationsformen an der Küste und auf den Inseln bieten dem Wind weniger Widerstand, als dies im Binnenland der Fall ist. Daher herrschen hier naturgemäß höhere Referenzgeschwindigkeiten. Es wurden verschiedene Geländekategorien mit unterschiedlichen Windwiderständen definiert, die diesen Umständen Rechnung tragen. Ver-

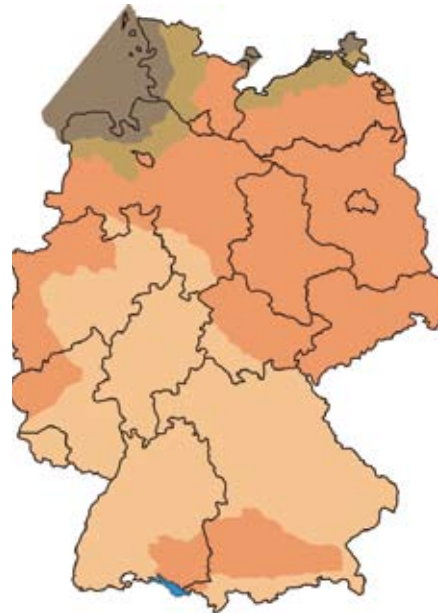


Bild 3 Windzonenkarte für Deutschland (Quelle: Wikipedia) und Windzonen nach DIN 1055-4

- Windzone 4
- Windzone 3
- Windzone 2
- Windzone 1

Windzonen nach DIN 1055-4		
Windzone	Windgeschwindigkeit v_{ref} (m/s)	Geschwindigkeitsdruck q_{ref} (kN/m ²)
1	22,5	0,32
2	25	0,39
3	27,5	0,47
4	30	0,56

einfach werden auf den Nordseeinseln Geländekategorie 1 angenommen – die Kategorie mit dem geringsten Windwiderstand. Auf den Ostseeinseln und in einem Küstenstreifen von 5 km Breite gilt ein Mischprofil der Geländekategorien 1 und 2, und im Binnenland ein Mischprofil GK 2 und 3. Die Referenzdrücke stellen sich entsprechend ein.

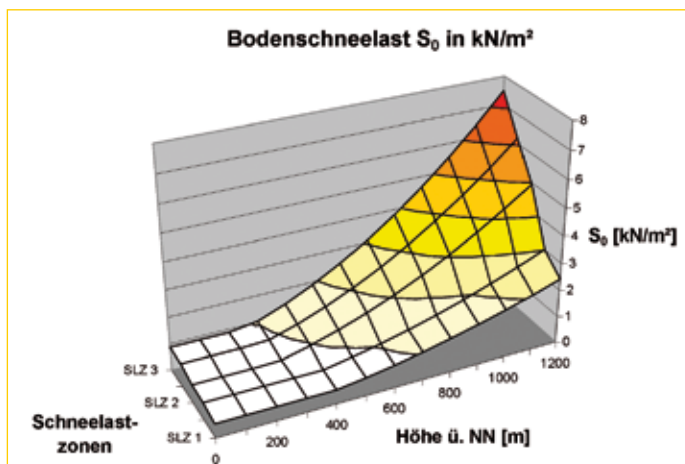
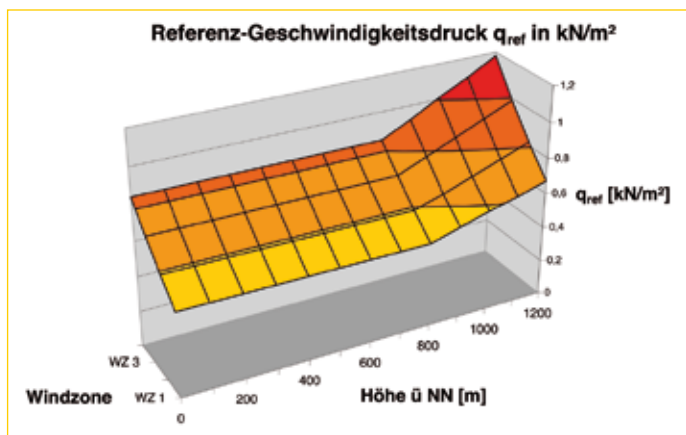


Bild 2 Bodenschneelasten in Abhängigkeit von der Meereshöhe

Bild 4 Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit von der Meereshöhe



Exponierte Lagen

Besondere Beachtung finden exponierte Lagen wie Klippen oder Kuppen. Hier entstehen durch die Umlenkung der Luftströmung Bereiche, in denen sich starke Variationen der Windgeschwindigkeit ergeben können. Je nach Lage eines Gebäudes relativ zu dieser Störung müssen besondere Lasten berücksichtigt werden, die durch Standardverfahren nicht ermittelt werden können. Diese Form der Lastermittlung erfolgt bei Wagner & Co. als Sonderauslegung.

Allgemeine Tendenzen

In höheren Lagen sind es in erster Linie die Schneelasten, die limitierend wirken. Ab etwa 500 m übersteigt die Schneelast in den meisten Fällen die Windlast. In Küstengebieten können die Windlasten nach der neuen Regelung deutlich über den bisher angenommenen liegen. Der Wind-Referenzdruck liegt aber im Allgemeinen auch in Küstenregionen unter den ab 500 m Meereshöhe auftretenden Bodenschneelasten. Erst die Gebäudeeinflüsse wie extreme Druckbeiwerte an

verschiedenen Dachformen können die Windlasten zu den Hauptlasten machen. Die Kombination von Schnee- und Windlasten erfolgt dabei durch Addition ohne abmildernde Überlagerungsfaktoren, wobei die Summe der Lasten von einer Vielzahl von Bedingungen abhängig ist, die in ihrer Kombination sehr unterschiedlich ausfallen können. In gemäßigten Regionen ist überwiegend die Bodenschneelast für Schneelastzone 2 maßgebend. In größeren Höhen sind es weiterhin vorrangig die Schneelasten, die auf die Modulfläche wirken. Windlasten sind im Normalbereich eines Daches nur selten relevant. In Rand- und Eckbereichen können allerdings z. T. extreme Druckbeiwerte auftreten: In den Randbereichen A und B liegen die Werte bis zu 3,5-mal höher als im Dachbereich C (siehe Bilder 5 ff.). In diesen Fällen können die Windlasten die auftretenden Schneelasten deutlich übersteigen. Dies ist bei aufgeständerten Anlagen besonders kritisch und führt bei einer Ballastierung der Anlage zu sehr hohen Mindestgewichtslasten, für die wiederum die Gebäudestatik berücksichtigt werden muss. Für die DIN-gemäße Auslegung von Montagesystemen für Solaranlagen ist die recht komplexe Berechnung der Dachbereiche unerlässlich.

Flachdach

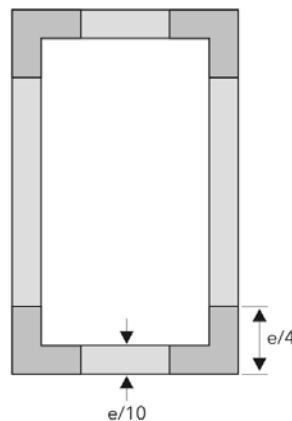
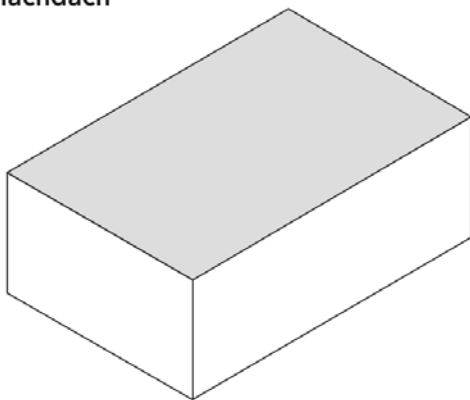


Bild 5 Dachzonen am Flachdach

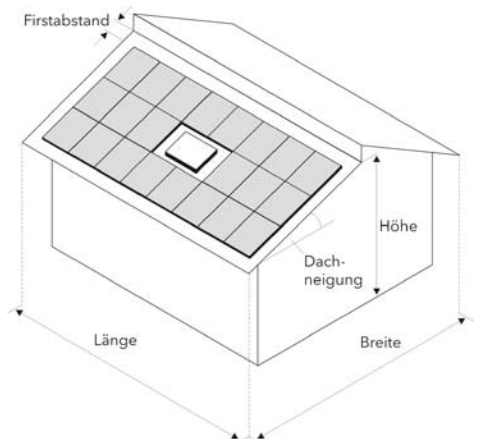


Bild 6 Die Parameter der Gebäudegeometrie

Satteldach

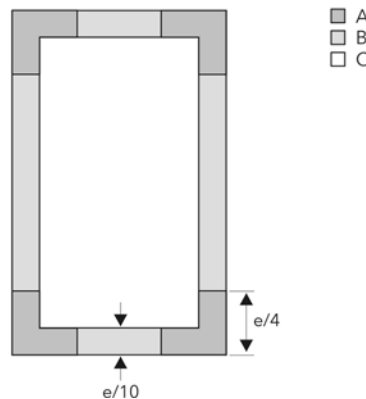
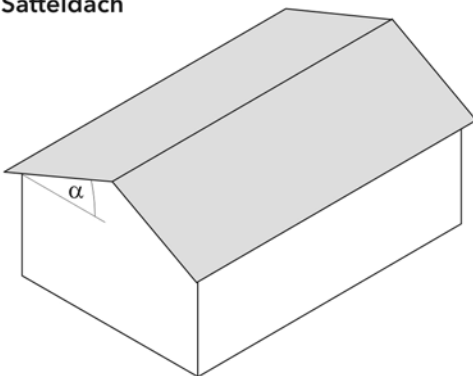


Bild 7 Dachzonen an typischem Satteldach

Die Einflussfaktoren von Gebäude und Solaranlage

Druck- und Formbeiwerte sowie die Aufteilung der verschiedenen Wand- und Dachbereiche werden durch die Gebäudedaten, insbesondere die Gebäudegeometrie bestimmt (Bild 6). Dabei wird zwischen mehreren Dachtypen unterschieden, die wiederum in verschiedene Dachzonen unterteilt werden (Bild 7, 8).

Die relevante Höhe ist der höchste Punkt der bebauten Dachfläche, wo also die Solaranlage tatsächlich installiert wird. Als Länge und

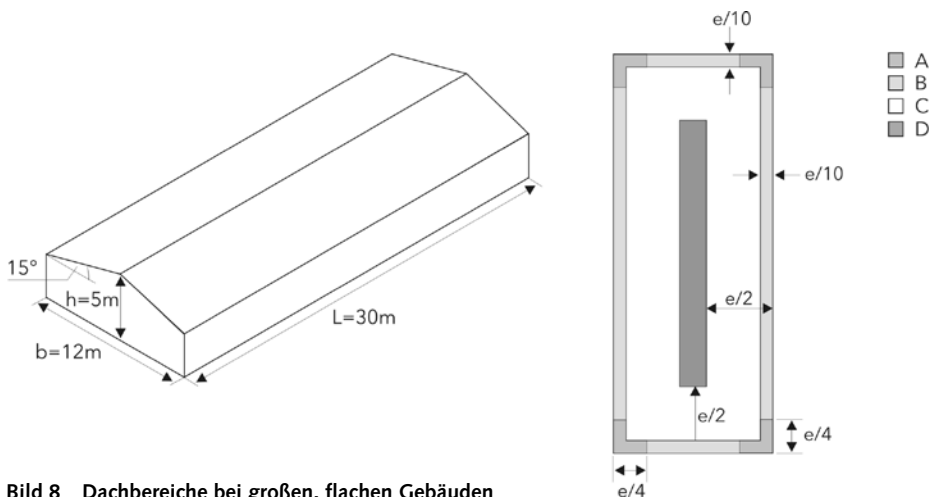


Bild 8 Dachbereiche bei großen, flachen Gebäuden

Breite des Gebäudes gelten die Dachmaße; das kleinere Maß wird dabei immer als „Breite“ definiert. Sollte es unterschiedlich breite Randbereiche geben (siehe Abschnitt „Gebäudegeometrie“), dann gilt: An den langen Gebäudeseiten stellen sich breitere Randbereiche ein, an den kurzen entsprechend schmalere. Die Dachform bestimmt die zugrunde gelegten Druckbeiwerte, die sich für Flach-, Sattel-/Trog-, Pult- und Walmdächer unterscheiden.

Die Dachneigung bzw. die Kollektor- oder Modulneigung sind ausschlaggebend für die Bestimmung der Wind- und Schneelasten. Tendenziell gilt: Je kleiner die Dachneigung, desto niedriger liegen die Druckbeiwerte, d. h., dass insbesondere in Rand- und Eckbereichen starke Sogkräfte wirken können. Gleichzeitig sind im Allgemeinen auf flachen Dächern auch die Schneelasten am höchsten, die allerdings als Drucklast wirken. Wind und Schneelasten verstärken sich in diesem Fall also nicht gegenseitig.

Bei größeren Dachneigungen können dagegen auch vermehrt hohe Druckbeiwerte auftreten. In der Summe ergibt sich somit bei etwa 30° Dachneigung ein Maximum der überlagerten Schnee- und Windlasten.

Die Dachbereiche werden abhängig von der Gebäudegeometrie eingeteilt: Im Eckbereich A und Randbereich B können hohe Soglasten auftreten; gemäßigte Beiwerte kennzeichnen den Normalbereich C. Bei vergleichsweise flachen, breiten Gebäuden kann sich zudem ein innerer Bereich D mit nur sehr abgeschwächten Drücken einstellen. Am Walmdach erfasst dieser Bereich D die Übergangskanten zwischen den einzelnen Dachflächen.

Gebäudegeometrie und Schneelasten

Zusatzlasten durch abrutschenden und herabfallenden Schnee von höher liegenden Dachflächen können durch den Aufprall ein Viel-

faches der üblichen anzusetzenden Last betragen. Solche Bereiche sind nach Möglichkeit für die Montage von Solaranlagen zu meiden; zumindest aber muss die Anlage statisch entsprechend abgesichert sein. Häufig kann bereits ein einfaches Schneefanggitter an der höher liegenden Dachfläche Abhilfe schaffen.

Auf Höhengsprüngen, Gauben oder aber auch an Dachaufbauten über 0,5 m Höhe kann es zu Schneeanhäufungen durch Verwehungen kommen. Frei aufgestellte Solarkollektoren oder PV Module sind solche Dachaufbauten. Es entstehen Zusatzlasten für die Anlage wie auch für die Dachkonstruktion selbst. Sie müssen im Einzelfall genau untersucht werden (Bild 9).

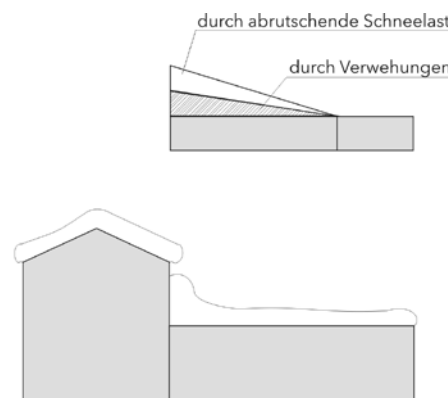


Bild 9 Schnee auf verschiedenen Dachzonen

Aufdachanlagen (dachparallel)

Die auftretenden Lasten unterscheiden sich wesentlich bei dachparallelen und aufgeständerten Anlagen: Bei dachparallelen Anlagen (Bild 10) ist neben der Form und Größe vor allem die Lage wichtig (bebauter Rand-, Eckbereich, Firstabstand). Bei Abrutschhindernissen, wie z. B. durch ein Kollektor- oder Modulfeld, entsteht eine Linienlast am oberen Rand der Anlage. Je größer der Firstab-

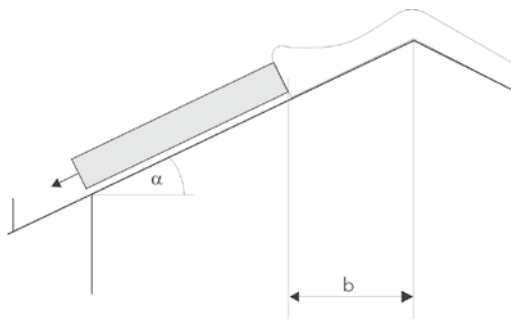


Bild 10 Schneeanhäufung am Kollektor in dachparalleler Montage

stand, desto höher fällt diese Last aus. Aus diesem Grund empfiehlt sich ein möglichst kleiner Firstabstand.

Außerdem muss unterschieden werden, ob diese Last nur auf die obere Reihe des Felds wirkt oder ob alle Kollektor- bzw. Modulreihen diese Last tragen, wenn Schienen in Fallrichtung montiert sind. Eine einfache Abhilfe kann auch hier ein Schneefanggitter direkt oberhalb der Anlage schaffen.

Im Rahmen der Dienstleistung von Wagner & Co. für die Partnerhandwerker wird aus den gelieferten Daten eine flächenbezogene Last ermittelt und mit den Datenbankwerten verglichen. Aus den Ergebnissen werden unmittelbar die erforderliche Anzahl Sparrenanker und ggf. Kreuzverbinderklemmen sowie eine zulässige Schienentragweite bestimmt. Bei der Planung und Installation der Anlage müssen diese Kriterien dann erfüllt werden.

Frei aufgestellte Anlagen

Bei aufgeständerten Anlagen ist der bebaute Dachbereich von Bedeutung sowie die Länge einer Kollektor- oder Modulreihe und der Anstellwinkel der Kollektoren bzw. Module. Insbesondere bei aufgeständerten Anlagen sind

Rand- und Eckbereiche wegen abhebender Kräfte besonders kritisch zu betrachten. Gerade bei den häufig verwendeten Ballastsystemen mit Kies- oder Beton kommt es zu äußerst ungünstigen Kräfteverteilungen.

Wie bei den dachparallelen Anlagen werden flächenspezifische Werte ermittelt, die an der Anlage wirken. Wagner & Co. errechnet für vorkonfektionierte Gestelle die notwendigen Sicherheiten und Ankerkräfte und daraus die zu berücksichtigenden Ballastmengen und Auflastungen.

Weiterhin liefert die Auslegungssoftware „Tricoptimo“ anhand der aufgenommenen Projektdaten alle Maße zum Einteilen der Dachbereiche. Diese Bereiche sind die beschriebenen Eck- und Randbereiche mit teilweise stark erhöhten Sogwerten sowie ein Normalbereich mit „gemäßigten“ Werten und schließlich ein innerer Bereich D auf Sattel-, Flach- und Pultdächern mit stark reduzierten Werten. (Ausnahme: auf Walmdächern ist Bereich D die Zone entlang den Übergangskanten mit in der Regel erhöhten Sogwerten.)

Zertifizierte Montagesystemauslegung mittels Software

Zur statischen Auslegung einer Anlage nach DIN 1055 sind zum einen die wesentlichen geografischen Daten notwendig, zum anderen einige Angaben zum Gebäude und zur Anlage selbst. Die Vorgehensweise erfolgt vereinfacht nach dem Schema in Bild 11.

Ein Großteil der Auslegung kann in vielen Fällen vom Handwerker selbst anhand der von Wagner & Co. erstellten umfangreichen, technischen Handreichungen durchgeführt werden. Um eine durchgehend einheitliche Qualität bei der Anlagenauslegung auch für Sonderfälle wie Großanlagen oder komplexere Projekte in exponierten Lagen zu ge-

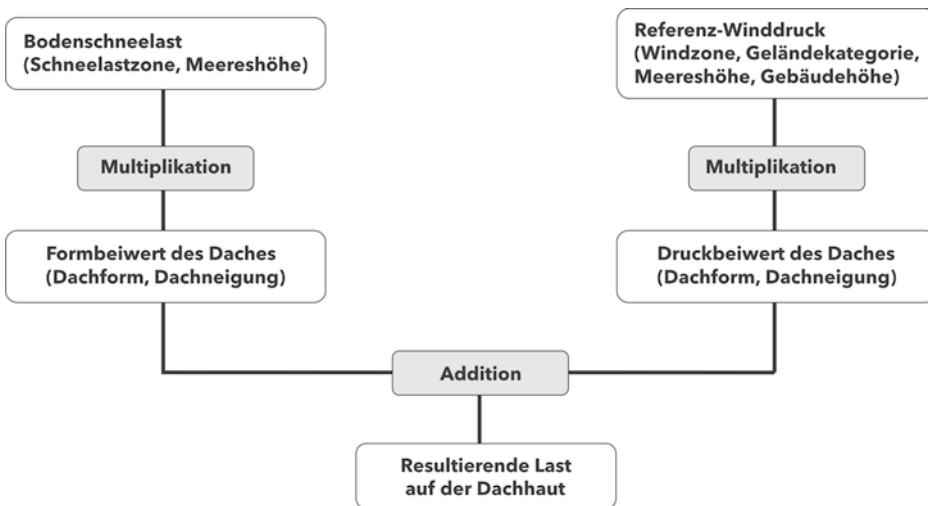


Bild 11 Vereinfachtes Schema zur Vorgehensweise bei der statischen Auslegung nach DIN 1055



Bild 12 Wagner & Co. zertifiziert am Ende die normgerechte Auslegung

währleisten, wurde die hauseigene Software „Tricoptimo“ entwickelt, mit deren Hilfe die Auslegung erfolgt. Dabei soll dem Handwerker die Komplexität der Materie weitgehend erspart bleiben. Die Software ermittelt eine optimale Auslegung anhand 15 unterschiedlicher Parameter, mit denen das Gebäude, die geographische Umfeld präzise erfasst werden. Die Ergebnisse der Berechnungen der Schneelast und Windlasten werden dann in einem weiteren Modul zusammengeführt und ergeben letztlich in einem abschließenden Schritt zusammen mit den Anlagenparametern die DIN-konforme statische Auslegung des Montagesystems. Dem Kunden wird diese DIN-konforme Auslegung zusätzlich zertifiziert. Eine (rechts)sichere Anlagenauslegung stellt einen klaren Mehrwert einer Solaranlage dar, der auch Banken, Versicherungen und Behörden gegenüber kommuniziert werden kann.



Zu den Autoren dieses Fachbeitrags: Dr. **Stefan Thiesen** ist Technischer Redakteur in der Entwicklungsabteilung von Wagner & Co. Dipl.-Ing. **Udo Geisel** ist Entwicklungsingenieur F&E sowie Produktmanager Montagesysteme bei Wagner & Co. 35091 Cölbe, Telefon (0 64 21) 80 07-0, Telefax (0 64 21) 80 07-22.

www.wagner-solar.com