

NORMEN VERSTÄNDLICH: DIN 1055

IN DER WICHTIGSTEN NORM DES BAUWESENS SIND ALLE LASTANNAHMEN AUF BAUWERKE GEREGLT. DIE DIN 1055 IST FÜR DIE SOLARBRANCHE BESONDERS WICHTIG, WEIL FACHBETRIEBE FÜR IHR GESAMTWERK HAFTEN.



Schneedruckschäden an einem Photovoltaik-Modulfeld

Die DIN 1055 ist Deutschlands wichtigstes Regelwerk für Lastannahmen auf Tragwerke, sie ist eine anerkannte Regel der Technik. Tragwerke sind alle Gebäude oder Konstruktionen, die ihrer Eigenlast sowie den Naturgewalten wie Wind, Schnee oder Regen ausgesetzt sind. Schon der Name Einwirkungen auf Tragwerke suggeriert nichts, das auf Solartechnik hinweist. Folgerichtig findet sich im ganzen Text des umfangreichen Regelwerkes auch kein Wort über Solaranlagen, gleich ob sie für Sonnenstrom oder Solarwärme errichtet werden. In einigen Foren liest man sogar, dass diese Norm wenig praxisrelevant sei und eher für Statiker, auch gerne Tragwerksplaner genannt, eine Rolle spiele als für Fachplaner oder Installateure.

Ziel der Norm – rechnerischer Nachweis der Tragsicherheit

Mit der DIN 1055-100 ist in Deutschland eine Norm vorhanden, die ein Regelwerk für den rechnerischen Nachweis der Tragsicherheit bietet, weil die Lastan-

nahmen für Konstruktionen hierin geregelt sind und das geforderte Zuverlässigkeitsniveau zahlenmäßig festgelegt wird. Der Nachweis über die Sicherheit einer Konstruktion wie einer Solaranlage auf einem Dach ist erbracht, wenn die durch den Teilsicherheitsbeiwert dividierte charakteristische Tragfähigkeit größer ist als der Einwirkungseffekt, der sich aus den mit den Teilsicherheitsbeiwerten vervielfachten charakteristischen Einwirkungen errechnet. Dies bedeutet im Klartext, dass die Lastannahmen der Norm sicher durch die Konstruktion abgetragen werden müssen. Bewiesen wird dies durch eine Berechnung der Tragfähigkeit auf Basis der vorgegebenen Lastannahmen. Zeigt die Berechnung im schlimmsten Kombinationsfall z.B. Schneelast und Winddruck eine Sicherheitsreserve, gilt der Nachweis als erbracht. Dabei ist es in der Regel nicht das Ziel, genau die Tragfähigkeitsgrenze der Konstruktion auszureizen, da die Unsicherheit der Lastannahmen so trotz normgerechter Auslegung zu einem Versagen führen kann.

Kein Solarbezug – Warum ist sie für die Solartechnik so wichtig?

In der DIN 1055 sind alle Lastannahmen auf Tragwerke in der Bundesrepublik Deutschland geregelt. Dies sind alle Lasten von Gütern, Schnee, Wind und anderen Einwirkungen auf bauliche Strukturen. Solaranlagen sind solche Strukturen und wegen ihrer exponierten Lage auch von der DIN 1055 erfasst. Dies bedeutet, die in der Norm dargelegten Lasten können auf die Solaranlagen wirken. Kollektoren oder PV-Module sowie Montagesysteme müssen diese über die Verbindung zum Dach oder Boden abtragen können. Bei Solartechnik ist das Besondere, dass der Errichter, zumeist der Installateur, die Anlage auf einem bestehenden Gebäude nachrüstet. Er übernimmt mit der Errichtung die Verantwortung, dass die Kombination als Anlage und Dach die Normlasten der DIN 1055 abtragen kann. Problematisch hierbei ist, dass er eine bestehende Struktur nachrüstet, über die er in der Regel nur aus seinem Erfahrungsschatz urteilen kann.

Gliederung der DIN 1055 Einwirkungen auf Tragwerke

Teil 100:	Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln
Teil 1:	Wichte und Flächenlasten von Baustoffen, Bauteilen und Lagerstoffen
Teil 2:	Bodenkenngrößen
Teil 3:	Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten
Teil 4:	Windlasten
Teil 5:	Schnee- und Eislasten
Teil 6:	Einwirkungen auf Silos
Teil 7:	Temperatureinwirkungen
Teil 8:	Einwirkungen während der Bauausführung
Teil 9:	Außergewöhnliche Belastungen
Teil 10:	Einwirkungen infolge von Kranen und Maschinen

Wenn Normlasten greifen ist der Installateur in der Verantwortung

Für Solarhandwerker ist es in der Regel schwierig, die resultierende Gesamtstatik des Konstruktes aus Gebäude und Anlage einzuschätzen. Trotzdem stehen Sie in der Verantwortung, die anerkannten Regeln der Technik einzuhalten und damit die Normlasten der DIN 1055 mit Sicherheit über die von ihnen errichtete Konstruktion abzutragen. Sicherheit gibt den Installateuren in der Regel eine Musterstatik des Herstellers der eingesetzten Montagesysteme sowie der Prüfbericht der eingesetzten Kollektoren oder PV-Module. Wichtig hierbei ist, dass die Prüflasten der an den Solarelementen vorgenommenen Tests natürlich über den durch die DIN 1055 vorgeschriebenen Normlasten liegen. Nur damit besitzt der Handwerker die notwendige Sicherheit, dass seine Montage die auftretenden Sog- und Druckkräfte abtragen kann. Diese Kräfte resultieren aus etwaigen Schneelasten und auftretenden Windlasten, die durch einen Auftrieb an der Konstruktion auch Zugkräfte auf die gesamte Konstruktion wirken lassen können. Besonders sollte dabei die Kombination mehrerer Einflüsse beachtet werden. So können sich Schneelast und Winddruck addieren oder auch subtrahieren, wenn der Wind als Sog vorliegt.

Schneelastzonenkarte

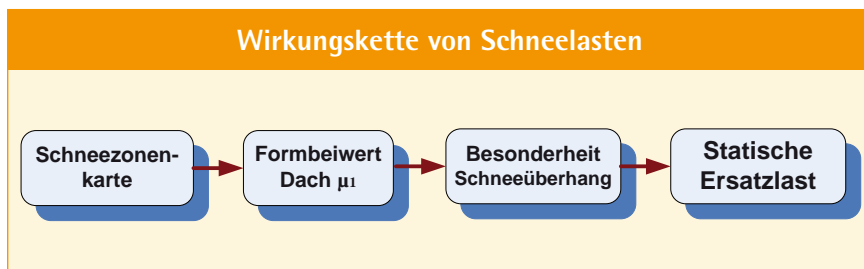


Zone 1 (u.a. Rheintal und Rheinische Tiefebene), 2 und 3 (Alpen, Bayerischer Wald, Thüringer Wald, Erzgebirge, Harz sowie Vorpommern) sowie die Zonen 1a und 2a (Hochschwarzwald, Rhön und Sauerland).

www.wikipedia.de

DIN 1055, Teil 5 – Schnee- und Eislasten auf Solaranlagen

Die Grundlage der DIN 1055 Teil 5 ist die DIN EN V 1991-2-3, der so genannte Eurocode. Die Reform der DIN 1055 für die Schnee- und Eislasten führte dazu, dass gegenüber der im Jahre 1975 erar-



www.esolutions.de

beiteten Ausgabe nicht nur die Schneehöhen, sondern auch die Wasseräquivalente gemessen und beachtet werden. Pulver- und Pappschnee sind also berücksichtigt. Weiterhin wurde ein Sockelwert der Schneehöhe eingeführt und die Schneezonenkarte vereinfacht; damit ist nicht an allen Orten der charakteristische Wert erfüllt. Erstmals sind auch in der Norm Lastbilder und Formbeiwerte für Dachformen definiert sowie der Grundwert der Schneelast S_k auf dem Bodenkartiert. Außerdem wird einem Phänomen Beachtung geschenkt, das für viele Photovoltaikanlagen zu Schäden geführt hat. Die Anhäufungen von Schnee durch Rutschungen, Schneesackbildung und Verwehungen ist berücksichtigt.

Genormter Winter – Schneelastzonenkarte für Deutschland

Deutschland ist in der DIN 1055 in Schneelastzonen aufgeteilt. Es gibt drei Hauptzonen: Zone 1 (u.a. Rheintal und Rheinische Tiefebene), Zone 2 (Hauptgebiet der Nation) und Zone 3 (Alpen, Bayerischer Wald, Thüringer Wald, Erzgebirge, Harz sowie Vorpommern) sowie die Unterzonen 1a und 2a (Hochschwarzwald, Rhön und Sauerland), deren Schneelast eine etwa 50%ige Steigerung zu ihren Grundzonen darstellt. Alle Schneelastzonen weisen Mindestwerte auf, die nach der Norm auch bei geringen Höhen nicht unterschritten werden. Für die Zone 1 liegt der Wert bis zu 400 Metern Höhe bei $0,65 \text{ kN/m}^2$, für Zone 2 sind dies bis 285 m $0,85 \text{ kN/m}^2$ und für die Zone 3 sind dies bis 255m Geländehöhe $1,10 \text{ kN/m}^2$. Da die Schneehöhe auf einer Anlage überproportional zur Höhenlage wächst, ist diese als weiterer Einflussfaktor zu berücksichtigen. Damit ergibt sich die am Standort anzusetzende charakteristische Schneelast, die auch auf die zu errichtende Solaranlage wirkt.

Anwendungsbereich der DIN 1055 – Bemessungsgrenze bei 1.500 m

Die Karten und Annahmen der Norm gelten für bauliche Anlagen, die in der Regel bis 1.500 m über dem Meeresspiegel aufgestellt werden. Sie berücksichtigt nur natürliche Schneelastverteilungen und keine künstlichen Anhäufungen z.B. durch den Wurf von Schneepflügen. Wei-

terhin werden durch die Norm lastmindernde Einflüsse wie das kontinuierliche Abtauen z.B. infolge eines Wärmedurchgangs durch die Dachhaut nicht berücksichtigt. Schnee wird in der Norm mit einer spezifischen Wichte γ von 2 KN/m^3 , das sind etwa 200 kg, angenommen. Ausnahmen bilden Schneeeüberhänge, die bekanntlich aus besonders nassem und damit schwerem Schnee bestehen; diese werden in der Norm mit einer spezifischen Wichte γ von 3 KN/m^3 angenommen.

Einbauwinkel entscheidend – Berechnung der resultierenden Last

Diese Methodik, Werte und Formeln gelten neben den üblichen in der Bundesrepublik Deutschland vorgefundenen Dacheindeckungen auch für Glaskonstruktionen, wie sie Solarkollektoren oder PV-Module darstellen. Die Regeltabelle der Schneelast in der Norm DIN 1055 steigt von $0,65 \text{ kN/m}^2$ (Zone 1 bis 250 m Höhe) bis auf $13,9 \text{ kN/m}^2$ (Zone 3 bis 1.500 m Höhe). Diese Werte stellen eine Flächenlast dar, die horizontal wirkt. Möchte man die Last bei geneigten Flächen wie Dächern ermitteln, ist ein Formbeiwert anzusetzen. Dieser liegt bis zu einer Dach- oder Modulneigung von 30° bei 0,8 und ist mit dem Bemessungswert der Schneelast zu multiplizieren. Über 30° fällt er bis 60° geradlinig auf den Wert Null ab, weil dann von einem rascheren Abrutschen des Schnees auszugehen ist. Ab 60° Neigung bleibt kein Schnee auf der Konstruktion liegen, er rutscht ab, der Formbeiwert ist 0. Dies bedeutet, dass bei einem bis zu 30° geneigten Modul 80% der Normlast auf das Modul einwirkt.

Berechnung der Schneelast

$$S_i = \mu_i \cdot S_k$$

S_i = charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Dach lotrecht auf die Grundrissprojektion der Dachfläche

μ_i = Formbeiwert der Schneelast entsprechend der Dachform

S_k = charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Boden [kN/m^2]

Installateur haftet für Gesamtwerk – Sicherheitsreserven von PV Modulen

Photovoltaikmodule werden für den Weltmarkt hergestellt, folglich nehmen internationale Richtlinien wie die IEC 61215 auf nationale oder regionale klimatische Eigenheiten wie die Schneelasten nur bedingt Rücksicht. Deshalb ist ein genauer Blick auf die Testbedingungen hilfreich, um die Sicherheitsreserve von Modulen zu ermitteln, die diesen Test bestehen. Lässt man PV Module beim Marktführer TÜV Rheinland gemäß der branchenüblichen IEC 61215 Richtlinie testen, kommt ein mechanischer Belastungstest zum Einsatz. Dieser in den TÜV Papieren unter Punkt 10.16 geführte Test zur Mechanischen Belastbarkeit besteht aus drei Zyklen gleichmäßiger Flächenzug- bzw. -druckbelastung mit 2,4 kN/m², die nacheinander für je 1 h einwirken. Nach der DIN 1055 übersteigen die Schneelasten bereits ab Aufstellungshöhen von 475m in der Schneelastzone 3, ab 550m in der Zone 2a, ab 675m in der Schneelastzone 2 und ab 775m in Zone 1a den Testwert. Schneedruckschäden an PV-Anlagen dokumentieren, dass hinter diesen theoretischen Zahlen in der Praxis tatsächlich ein Problem erwächst.

Schneelast nicht entscheidend – Schneeanhäufungen möglich

Natürlich gibt es auch die Möglichkeit, PV Module nach IEC 61215 mit erweiterten Lastannahmen testen zu lassen. Derzeit haben jedoch lediglich zwei Hersteller von Photovoltaikmodulen auf diesen

5,4 kN/m² Test unter horizontalen Bedingungen gesetzt und damit die Belastbarkeit ihrer Module nachgewiesen. Nach der DIN 1055 übersteigen die Schneelasten dann ab Aufstellungshöhen von 880m in der Schneelastzone 3, von 975 in Zone 2a und ab 1.125m in der Schneelastzone 2 den erweiterten Testwert. Auch dies ist jedoch nur Teil der Realität, denn Schnee kann durchaus gehäuft auftreten. Die Norm DIN 1055 bietet hierzu ein Berechnungsverfahren an, das sehr realistisch den Sachverhalt von Schneeverwehungen oder -rutschungen abbildet.

Sicherheit muss sein – Berechnung des ungünstigsten Falles wichtig

Sicher ist, dass es für Installateure und Investoren nicht befriedigend ist, wenn bestehende PV Normen wie die IEC 61215 die regionalen Lastannahmen für Schnee in Deutschland unterschreiten. Um eine ausreichende Sicherheit zu gewährleisten, muss ein Fachmann ebenfalls den Sonderfall einer Schneeanhäufung berücksichtigen. Dieser steht immer dann an, wenn sich ein Schneeüberhang an den über dem auf der Dachhaut aufgeständerten Modulen bildet. In der alten DIN 1055 wurde dieser mit einem Faktor 2,33 berücksichtigt, der die Normschneelast erhöhte. Nach der neuen und nun gültigen DIN 1055 kann diese Anhäufung von Schnee als zusätzliche Linienlast über die untere Kante der Module modelliert werden.

Mit dieser Zusatzlast S_e verringert sich

Zusätzliche Linienlast infolge Schneelast

$$S_e = \frac{(\mu_i \cdot S_k)^2}{\gamma}$$

S_e = Zusatzlast bei Schneeüberhang oder Anhäufung, Last greift entlang der unteren Modulkante

μ_i = Formbeiwert der Schneelast entsprechend der Dachform

S_k = charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Boden [kN/m²]

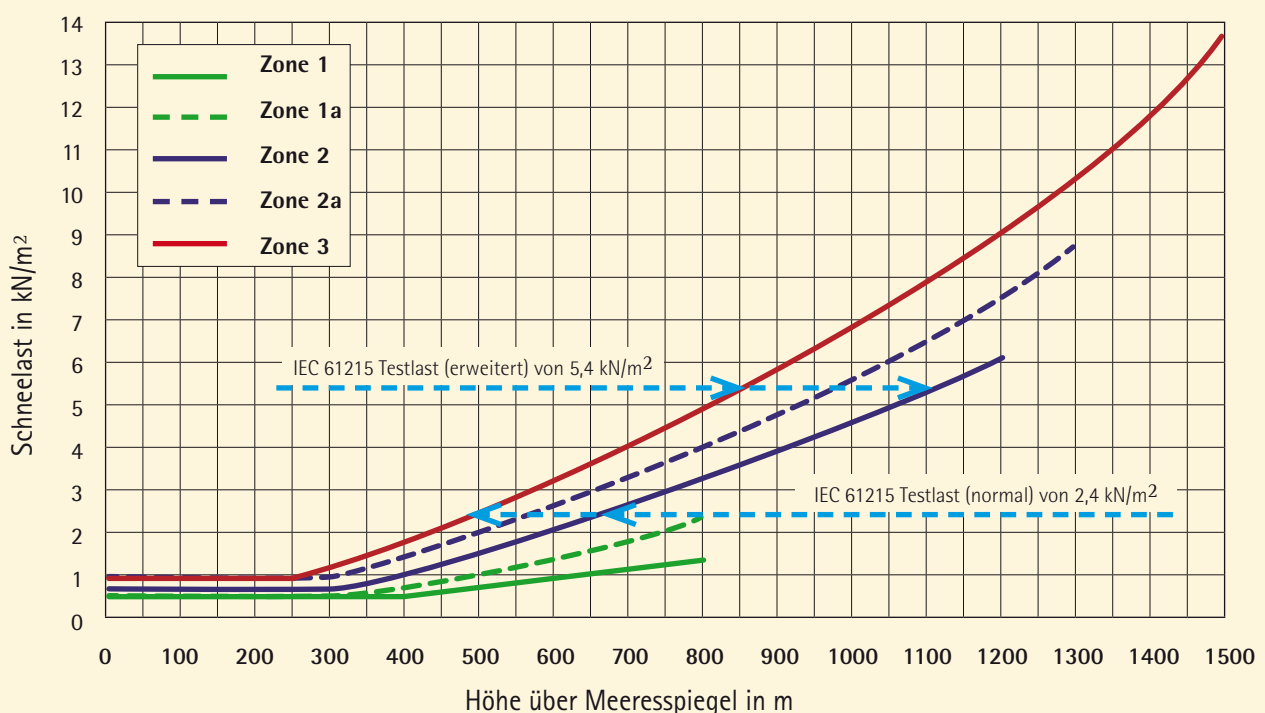
γ = Wichte des Schnees in diesem Fall 3,0 kN/m³

die Sicherheitsreserve der Tests nach IEC 61215 bei Photovoltaik-Modulen im Einzelfall erheblich, dies kann in der Praxis durchaus zu Problemen und Schadensfällen führen. Viele Modul-Hersteller berücksichtigen diese wichtigen Sonderfälle nicht bei der Aufstellung ihrer Bemessungstafeln.

Qualitätsmerkmal IEC Prüfung – reicht Prüflast für Deutschland?

Die normale IEC 61215 Prüflast der Module wird in Kombination der Lastfälle Si und Se und bereits ab 425m in Zone 3, ab 500m in Zone 2a, ab 575m in Zone 2 und ab 700m in Zone 1a überschritten. Diesen Sachverhalt müsste ein Installateur und Planer eigentlich bei der Konzeption der Photovoltaikanlage berücksichtigen.

Charakteristische Werte der Schneelast S_k



Auf Grund der technischen Vorgaben der meisten Hersteller, die eine Montage der Module in den Montagelöchern vorschreiben, gibt es jedoch oftmals wenig Spielraum. Deshalb sollte er aus Gründen der Schneelast auf Module zurückgreifen, die mit der erhöhten Testlast von 5,4 kN/m² nach IEC 61215 getestet sind. Hier reicht die Prüflast für die Schneelastzonen 1 und 1a aus. Ab 625m in Zone 3, ab 725m in Zone 2a und ab 850m in Zone 2 stellt selbst die erweiterte IEC 61215 Prüfung geringere Ansprüche an Module als die Praxis der deutschen Schneelastnorm. Dies ist besonders für Installateure problematisch, da diese bei Errichtung der Anlage die Gesamtverantwortung für die resultierende Konstruktion tragen. Sie haben als Fachleute sicherzustellen, dass die Konstruktion über den betrachteten Investitionszeitraum hält.

Schwachstelle der IEC Prüfung – Hangabtrieb nicht berücksichtigt

Betrachtet man die durch Schneelast verursachten Schadensfälle an Modulen, fällt in allen Fällen die Schädigung des Rahmens auf. Dieses Schadensbild kann mit einem Bruch des Glases einhergehen oder nur mit einer Lockerung des stützenden Modulrahmens. In allen Fällen biegt sich der zumeist F-förmige Rahmen der Module bogenförmig und die Glasscheibe verliert hierdurch ihr stabilisierendes Element. Obwohl die Verformung elastisch und damit reversibel oder plastisch und damit bleibend auftreten kann, ist das Modul geschädigt, da die Tragfähigkeit des Rahmens erheblich verringert worden ist. Bei einem lockeren Rahmen wird der Bruch des Glases erst bei der nächsten oder einer der weiterkommenden Schneelasten erfolgen.

Schneedruck auf Modul – Lasttests müssen realistischer werden

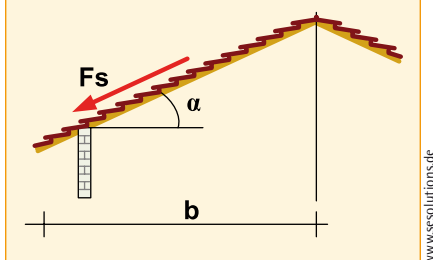
Alle Fälle solcher Schäden entstehen durch die Hangabtriebskraft des Schnees, der der Schwerkraft folgend auf den Rahmen wirkt, er hakt sich trotz des geringen Angriffspunktes des Rahmens zumeist durch Anfrierungen ein und drückt den Rahmen nach außen. Die DIN 1055 macht für einen solchen Fall ein Berechnungsangebot für die Berechnung der Kraft F_s . Es ist für die Bemessung von Schneefangittern geeignet.

Nach der DIN 1055 ergibt sich bei der Berechnung des Maximalwertes die Situation, dass die Hangabtriebskraft bei einem Neigungswinkel von 30° maximal wird. Dann liegen normgemäß 40% der Regellast als Schubkraft entlang der Module an. Bei der IEC Regellast von 2,4 kN/m² und einer wirksamen Fläche von nur einem Meter wirkt damit eine Last F_s

Berechnung – Hangabtriebskraft

$$F_s = \mu_i \cdot b \cdot S_k \cdot \sin \alpha$$

- F_s = Hangabtriebskraft, diese wird ohne Reibung ermittelt
- μ_i = Formbeiwert der Schneelast entsprechend der Dachform
- b = Breite des Daches projiziert in die Waagerechte
- S_k = charakteristischer Wert der Schneelast auf dem Boden [kN/m²]
- α = Winkel der Dachfläche in Grad



auf den Rahmen von 0,96 kN/m².

Da der Reibkoeffizient von Schnee auf Glas wegen des oftmals warm werdenden Photovoltaik-Moduls wie in der Norm vorgesehen vernachlässigt werden kann, sind dies fast 100 kg, die hangabwärts streben. Da Photovoltaikanlagen sich in der Regel aus größeren Modulverbänden zusammensetzen, ist eine solche Belastung des Rahmens der unteren Module durchaus realistisch, wenn sie nicht in Einzelfällen sogar deutlich größer wird.

Schadensfälle schüren Zweifel – IEC 61215 Test vollständig?

Angesichts der Schadensbilder von durch Schneelast verbogenen Rahmen, die sich den Sachverständigen in vielen Fällen bieten, erscheinen solche Lasten auf den Rahmen wahrscheinlich und praxisgerecht. Ein Blick in die derzeit

gültigen Prüfverfahren für Module nach der IEC 61215 jedoch zeigt, dass dieser wichtige Sachverhalt einer Rahmenbelastung von keiner der durchgeführten Prüfungen erfasst wird. Alle Belastungstests die nach IEC 61215 erfolgen, sind ausnahmslos vertikal und entsprechen somit nicht den in der Mehrzahl der Montagefälle vorgefundenen geneigten Dachanlagen. Die Testbedingungen blenden diesen Sachverhalt aus und zeigen eine offensichtliche Lücke zu Lasten der ausführenden Installateure.

Lehren aus den Schäden – RAL Güteschutz diskutiert Sandsacktest

Die RAL Gütegemeinschaft Solaranlagen e.V. diskutiert mit ihren Mitgliedsunternehmen derzeit, über die Einführung eines einfachen Sandsacktestes eine realistischere Betrachtung des Schadensfalles Schneedruck auf Modul- oder Kollektorrahmen zu erreichen. Geplant ist ein Test, der bei 30° Neigung durchgeführt wird und bei dem gleitfähige Sandsäcke aufgelegt werden. Im Gegensatz zur IEC 612215, bei der nur vertikale Lasten zum Einsatz kommen, wird hierdurch auch der Schneedruck auf den Rahmen realistisch simuliert. Der Test soll ähnlich der IP Schutzklassen für Wasserbeständigkeit in unterschiedliche Lastklassen RAL 1 bis 7 unterteilt werden. Hierdurch kann es zu einer besseren Qualitäts-Differenzierung von Solarmodulen für besondere Einsatzbereiche wie bei Schneedruck kommen.

Teil 2 – Windlasten in der DIN 1055 lesen Sie in der nächsten

SONNENENERGIE

ZUM AUTOR:

► Dr.-Ing. Jan Kai Dobelmann MSc MBA ist Bauingenieur und Präsident der DGS
dobelmann@dgs.de



Schäden an Modulrahmen durch die Hangabtriebskraft von Schnee