

E-volution



Wer wird den Speichermarkt der Zukunft bestimmen?

Interview mit

Hier müssen sie sich beweisen

Messreihe an Dachhaken: Die Diskussion über möglichen Ziegelbruch bei einer Schrägdachmontage ist vermutlich so alt wie Photovoltaik auf Hausdächern. Im Januar hat der VDI die neue Richtlinie VDI 6012 Blatt 1.4 veröffentlicht. Das nehmen wir zum Anlass, eine Messreihe an Dachhaken aufzusetzen. Sie zeigt, auf welche Eigenschaften Installateure achten sollten.

Fotos: TÜV Rheinland



Die Dachhaken in der Messapparatur beim TÜV Rheinland in Köln. Sie werden auf dem Sparren oder auf der Konterlatte mit 30 Grad Neigung montiert. Mithilfe eines Seilzugs messen die Prüfsingenieure die Verformung an der Stelle, an der ein Haken bei Verformung von mehr als fünf oder sieben Millimeter den Dachziegel berühren würde, sodass der Ziegel brechen kann. V.l.n.r.: Haken 1 mittig auf dem Sparren montiert. Haken 2, Haken 3 und Haken 4 jeweils exzentrisch auf einer Konterlatte montiert. In jeder Einbausituation wurden zwei Prüfmuster pro Haken vermessen.

Dachhaken sind für sich genommen nicht teuer. Trotzdem beklagen sich Markenhersteller immer wieder über die günstigen Dachhaken, die man im Versandhandel kaufen und mit denen man bei einer Fünf-Kilowatt-Anlage vielleicht 50 Euro sparen kann. Der Schaden einer schlechten Befestigung kann aber deutlich über den 50 Euro liegen. Wenn ein Dachhaken unter Last zu sehr nachgibt, bricht der Ziegel und das Dach wird undicht. Und auch unter den Markenherstellern ist man sich nicht immer Freund, was die Art der Auslegung und Befestigung betrifft.

Um hier Licht ins Dunkel zu bringen, muss man Haken nachmessen. Zunächst: Solche Messungen kosten Geld. **pvmagazine** konnte BayWa r.e. Solar Energy Systems als Initiatorsponsor gewinnen und Lorenz Montagesysteme als weiteren Sponsor, der die Untersuchung des eigenen Hakens bezahlte. **pvmagazine** ist offen für weitere Hersteller, die diese Messungen durchführen lassen wollen. Die Messungen und die anschließende Interpretation der Ergebnisse sollen fair sein, die Berichterstattung darüber unabhängig. Dafür stehen hier **pvmagazine**, Udo Siegfriedt, Gutachter bei der DGS Berlin-Brandenburg, der die

Diskussionen begleitet und einordnet (siehe seinen Bericht ab Seite 6), und der TÜV Rheinland, der die Messungen durchführt. Für BayWa r.e. begleitete Martin Schäfer die Diskussionen, für Lorenz Helge Strozzyk. Beide Experten haben im Fachausschuss mitgewirkt, der die im Januar veröffentlichte Richtlinie VDI 6012 Blatt 1.4 „Grundlagen – Befestigung von Solarmodulen und -kollektoren auf Gebäuden“ entwickelt hat. Daran sollen sich die Messungen orientieren.

Installateure haben oft wenig Wahl

Die Richtlinie thematisiert, wie sich die Einbausituation eines Dachhakens auf dessen Tragfähigkeit auswirkt. Installateure haben meist nicht die Wahl, wie sie den Dachhaken anbringen. Er muss in der Mulde des Dachziegels nach oben durchgeführt werden. Zwei Mulden liegen bei den Dachziegeln in der Regel zwischen 9 und 14 Zentimeter auseinander. Wenn man Pech hat, liegt der Dachziegel so, dass man um die halbe Länge versetzt auf dem Sparren montieren muss, um die nächste Mulde zu treffen. Auch bei der Unterlage haben Installateure nicht die Wahl. Je nach Dach können sie auf den breiteren Spar-

ren montieren oder sie müssen den Haken auf die schmalere Konterlatte schrauben. Auch das hat einen Einfluss auf die Tragfähigkeit.

Die Messung erfasst beide Extremsituationen:

Messung 1: Dachhaken wird direkt mittig auf den Sparren montiert.

Messung 2: Dachhaken wird fünf Zentimeter versetzt auf die Konterlatte montiert. Dabei wird die Montageanleitung berücksichtigt. Wenn dort steht, dass die Stellen, an denen die Grundplatte des Dachhakens nicht aufliegt, mit zusätzlichem Holz unterfüttert werden müssen, dann wird das getan.

Zur Messung appliziert die Apparatur eine Kraft, die mit einem Stempel von oben auf die an dem Haken befestigte Montageschiene angreift. Sind Haken verstellbar, werden sie jeweils auf die Mittelposition gestellt. Unter der Kraft verbiegen sich die Dachhaken. Typischerweise besteht zwischen Dachhaken-Unterkante und Dachziegel ein Abstand von fünf Millimetern, unter Umständen sind es auch sieben Millimeter Abstand. Wenn sich Dachhaken so weit durchbiegen, dass sie auf Dachziegeln aufliegen, besteht Bruchgefahr. Daher misst der TÜV Rheinland für uns die Verformung in Abhängigkeit von der Kraft. Es wird im Folgenden die Kraft betrachtet, die zu einer Verformung von fünf Millimetern und die Kraft, die zu einer Verformung von sieben Millimetern führt.

Diese Kraft an sich sagt allerdings nicht viel darüber aus, ob mit einem Dachhaken normgerecht installiert werden kann. Wenn ein Dachhaken wenig trägt, kann der Installateur mehr davon verbauen und damit die Tragfähigkeit der gesamten Anlage sicherstellen.

Wie lassen sich Tragfähigkeiten einschätzen?

Wenn ein Hersteller die statische Auslegung anbietet oder ein Programm zur Verfügung stellt, mit dem der Installateur selbst auslegen kann, lässt sich die Tragfähigkeit im Prinzip einfach einschätzen. Dann ist nur die Frage, ob berücksichtigt wird, dass die Dachhaken teilweise exzentrisch montiert werden müssen. Auf der sicheren Seite ist man, wenn man mit der reduzierten Tragfähigkeit im exzentrisch montierten Fall rechnet. Daher wollen wir von den Herstellern wissen, ob sie das in ihren Programmen implementiert haben. Außerdem interessiert uns, ob sie die Haftung übernehmen, wenn etwas schiefgeht, obwohl der Installateur die Montageanleitung befolgt hat und sich an die Auslegung hält.

Tabelle 1: Dachhaken in der ersten Messreihe

	Hersteller/Anbieter	Bezeichnung
Haken 1	Bau-tech 2012	Dachhaken Standard A2 für Dachsteine Dachpfannen Solar PV Photovoltaik Montage
Haken 2	Lorenz	Lorenz Dachhaken Stärke 8, Stahl verzinkt, Ausleger 40x8
Haken 3	BayWa r.e.	Novotegra Dachhaken ZD 30 M12
Haken 4	Solardirekt 24	1 x Dachhaken 3 fach verstellbar Solar PV Photovoltaik Befestigung

Für die perfekte PV-Anlage tue ich alles. Ich steige Ihren Kunden sogar aufs Dach.

Daniel Wiedmaier,
Technischer Berater Montagesysteme BayWa r.e.
Solar Energy Systems GmbH



Verantwortung heißt für uns, ganz nah dran an den Bedürfnissen unserer Kunden zu sein. Deshalb endet unser Service für unsere Fachpartner und Installateure nicht einfach mit der termingerechten Lieferung der Produkte auf die Baustelle: Wir packen an und unterstützen Sie direkt vor Ort bei der Erstmontage unseres ausgezeichneten Montagesystems novotegra und zeigen Ihnen auf dem Dach Tipps und Tricks. Und das kostenlos.

Denn Qualität und bester Service für unsere Kunden sind uns wichtig - dafür wurden wir 2016 zum wiederholten Male von führenden Installateuren mit Bestnoten bewertet und mit dem Qualitätssiegel „Top PV Zulieferer“ der EUPD Research ausgezeichnet.

Mehr dazu erfahren Sie unter: www.baywa-re.com

Tabelle 2: Messergebnisse und Auskunft der Anbieter oder Hersteller

			Bau-tech 2012	Lorenz	Novotegra	Solardirekt 24
Messergebnisse						
	exzentrischer Einbau mit Hilfsmittel?		nein	Stützwinkel	nein	nein
Verformung 5 mm bei Last	Einbau mittig	[kN]	0,23	1,27	1,79	0,30
	Einbau exzentrisch	[kN]	0,20	0,78	0,98	0,20
	Traglastminderung bei exzentrischem Einbau		12 %	38 %	45 %	34 %
Verformung 7 mm bei Last	Einbau mittig	[kN]	0,33	1,84	2,43	0,43
	Einbau exzentrisch	[kN]	0,29	1,12	1,43	0,30
Anbieteraussagen						
Softwaretool zur Auslegung vorhanden?			nein	ja	ja	nein
Softwaretool berücksichtigt Traglastminderung bei exzentrischem Einbau			-	ja	ja	-
Anbieter haftet bei ordnungsgemäßer Benutzung des Softwaretools für die Auslegung			-	ja	ja	-

Wenn es keine Auslegungssoftware gibt, dann bleibt ein einfaches Kriterium: Es lässt sich für eine bestimmte Schneelastzone und Höhe berechnen, wie viel ein Dachhaken einer Anlage mindestens tragen können muss, um bei einem extremen Schneereignis nicht bis auf den Dachziegel durchgedrückt zu werden.

Die Norm definiert Extremereignisse nach Wahrscheinlichkeiten. Sie berechnet die Tragfähigkeit beispielsweise nach 50-Jahres-Ereignissen. Die Anlage muss also ein Ereignis überstehen, bei dem so viel Schnee fällt, wie es statistisch einmal in 50 Jahren vorkommt. Das hört sich ziemlich sicher an, deshalb lässt sich unter bestimmten Voraussetzungen auch auf ein 25-Jahres-Ereignis auslegen. Doch man muss bedenken: Es geht um Wahrscheinlichkeiten. Ein 50-Jahres-Ereignis kann auch schon im nächsten Winter auftreten und auch zweimal innerhalb weniger Jahre hintereinander.

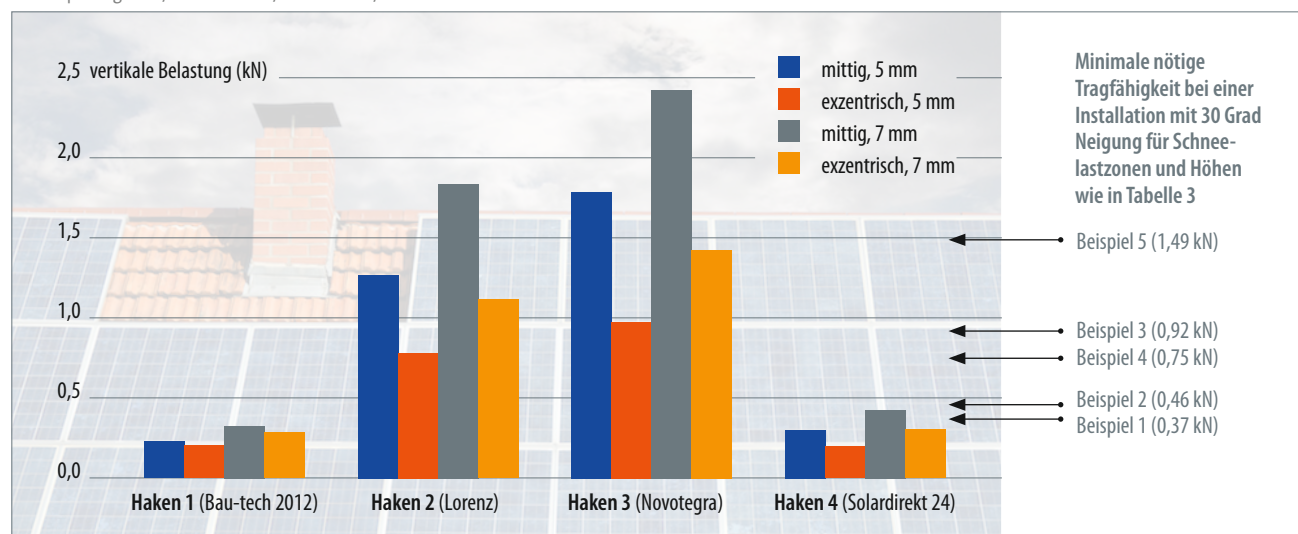
Wir rechnen daher aus, wie viel ein Dachhaken tragen muss, wenn wir ihn entweder auf jeden oder auf jeden zweiten Sparren montieren, damit er einem 50-Jahres-Ereignis standhält. Dafür berücksichtigen wir fünf Kombinationen von Schneelastzonen und Höhen über dem Meeresspiegel, an denen die hypothetische Montage stattfindet.

Vier Dachhaken in der ersten Messreihe

Ursprünglich wollten wir zehn Dachhakentypen messen. Doch wir wollen ausschließen, dass es sich bei einem Messwert um einen Ausreißer handelt. Daher müssen wir pro Fabrikat und Einbausituation zwei Haken vermessen. Dadurch konnten wir insgesamt nur vier Produkte berücksichtigen. Außer dem Dachhaken Novotegra von BayWa r.e. und dem Dachhaken von Lorenz haben wir zwei Haken über Ebay bezogen: einen von Bau-tech 2012 und einen von Solardirekt 24 (Tabelle 1). Die Auswahl erfolgte zufällig über eine Onlinesuche nach günstigen Dachhaken.

Annahmen		Beispielregionen				
Sparrenabstand	0,75 m	Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3	Beispiel 4	Beispiel 5
Dachneigung	30°	Schneelastzone 1	Schneelastzone 2		Schneelastzone 2	
Moduleigengewicht	18 kg	niedrige Höhe	niedrige Höhe		mittlere Höhe	
Eigengewicht Montagesystem	2 kg/m²	≤ 400 müNN	≤ 285 müNN		475 müNN	
		Rheintal	Norddeutschland		Hügelland	
Eingabewerte, die in die Berechnung eingehen (Auswahl)						
Befestigung an jedem (1) oder jedem 2. Sparren (2)		1	1	2	1	2
Aus Schneelastzone und Höhe folgende Werte für anzunehmende maximale Schneelast						
Basiswert Schneelast auf ebenem Gelände DIN EN 1991-1-3	kg/m²	65	85	85	150	150
verbleibender Schnee auf schräger Dachebene	kg/m²	45	59	59	104	104
Ergebnis der Berechnung						
Belastung je Dachhaken ohne Sicherheitsbeiwerte ohne Wind	kN/DH	0,37	0,46	0,92	0,75	1,49

Tabelle 3: Abschätzung der minimal möglichen Tragfähigkeiten für Dachhaken, damit sie bei einem 50-Jahres-Ereignis den Dachziegel nicht berühren. Dazu wird vorgegeben, wie viele Sparren mit Dachhaken versehen werden. In die Rechnung gehen noch weitere Parameter ein. Die Berechnung wurde von BayWa r.e. durchgeführt. Die Experten sind sich einig, dass diese Aussagen unabhängig vom Berechnungsprogramm sind, wenn dieses richtig rechnet. Für Befestigungen an Gebäuden ist zusätzlich noch der Tragfähigkeitsnachweis mit dem erforderlichen Nachweis der Befestigung zu führen zu führen, bei dem es auch um die Sicherheit geht und Last- und Materialsicherheiten berücksichtigt werden.



Links: Messergebnisse aus Tabelle 2 grafisch dargestellt. Das ist die vertikale Belastung, bei der der Dachhaken zu fünf oder sieben Millimetern durchbiegt und meist der Dachziegel berührt würde. Immer abwechselnd für mittigen und exzentrischen Einbau. **Rechts:** Minimale Tragfähigkeiten, wie sie sich in einer einfachen Abschätzung aus einer bestimmten Sparrenbelegung ergeben würden. **Messunsicherheit:** Die Messergebnisse der Versuchspaare lagen jeweils sehr nahe beieinander, und es gab keine Ausreißer. Bei dem nicht exzentrischen Einbau liegt die maximale Abweichung (bei einem Haken) bei acht Prozent. Bei dem exzentrischen Einbau gab es zweimal eine Abweichung zum Mittelwert von 15 Prozent.

Tabelle 2 und die Grafik zeigen das Ergebnis. Die höchste Kraft hält Novotegra, gefolgt von Lorenz. Die Haken von Bau-tech 2012 und Solardirekt 24 liegen bei der Krafteinleitung, bei der es zu fünf oder sieben Millimeter Verformung kommt, deutlich zurück. Durch den exzentrischen Einbau auf der Konterlatte verlieren alle Haken an Tragkraft, wobei dieser Verlust bei Bau-tech 2012 am niedrigsten ist. Das kann damit zusammenhängen, dass sich dieser Haken in sich schon so sehr verformt, dass die niedrigere Auflagefläche bei dem exzentrischen Einbau nicht mehr allzu stark zu Buche schlägt. Und das, obwohl es nach Angaben des Messingenieurs Dominik Kolter vom TÜV Rheinland bei diesem Haken zu Schwierigkeiten bei der Installation kam. Eigentlich lässt er sich überhaupt nicht exzentrisch genug installieren, wenn man den minimal erlaubten Abstand der Schraube zum Rand der Konterlatte einhalten will. In der Praxis muss der Installateur unter Umständen trotzdem montieren. Das hat in diesem Fall dazu geführt, dass die Konterlattung und teilweise sogar der Sparren gesplittet sind. Da der Rückgang in der Tragkraft trotzdem gering war, würde es in diesem Fall nicht viel helfen, den Haken mit Beilagehölzern neben der Konterlatte zu unterfüttern.

BayWa r.e. und Lorenz bieten nach eigenen Angaben ein Softwaretool, das die Auslegung, also die Anzahl und Position der Dachhaken, berechnet. Solche Tools gibt es bei Bau-tech 2012 und Solardirekt 24 für die gekauften Haken nicht. Bei Solardirekt 24 rät der zuständige Mitarbeiter dazu, bei größeren Anlagen auf die Haken von Schletter umzusteigen, die er auch im Programm hat und für die es diese Hilfestellung gibt. Die Grenze liege irgendwo bei drei Kilowatt.

Wie viele Sparren belegen?

Wenn man mit einem Dachhaken so stabil wie möglich installieren will, muss man auf jeden Kreuzungspunkt der Anlage mit einem Sparren einen Dachhaken setzen. Für diese Einbausituation lässt sich berechnen, wie viel Tragkraft der Haken mindestens haben muss, damit die Installation für eine bestimmte Schneelastzone und eine bestimmte Höhe über dem Meeresspiegel normgerecht ist (Tabelle 3). Wenn man im Rheintal installiert, muss man die geringsten Schneelasten berücksichtigen. Selbst dort sind nach den Rechnungen minimale Tragfähigkeiten von 0,37 Kilonewton pro Dachhaken nötig. Das entspricht einer Belastung von 37 Kilogramm.

Die Tragfähigkeit, die die Dachhaken mit den niedrigen Tragfähigkeiten in dieser Messreihe gezeigt haben, reicht dazu nicht aus. Allerdings ist das eine Stichprobe an zwei Haken. Die Streuung zwischen den beiden Messungen ist zwar gering, um ganz sicher zu sein, müsste man aber sieben oder acht Haken vermessen. Außerdem ist die Belastung des Dachhakens bei 30 Grad Neigung am höchsten. Installiert man auf Dächern mit höherer oder niedrigerer Neigung, tragen unter Umständen auch die weniger stabilen Haken.

Installiert man in Süddeutschland im Hügelland, Schneelastzone 2 über 400 Meter Höhe bei 30 Grad Dachneigung, muss man nach dieser Abschätzung sogar die beiden tragfähigeren Dachhaken der Messreihe an jedem Kreuzungspunkt einer Schiene mit einem Sparren installieren, sofern der Abstand zum Dachziegel nur fünf Millimeter beträgt. Hat man sieben Millimeter Platz, reicht es unter Umständen, nur an jedem zweiten Sparren einen Haken zu setzen.

Bei allen Haken ist man übrigens fein raus, wenn man unter dem Haken einen Blechziegel einsetzt. Der Installateur hat eben doch einige Wahlmöglichkeiten.

Michael Fuhs

Ziegelbruch vermeiden

Messreihe an Dachhaken: Der Gutachter Udo Siegfriedt von der DGS Berlin-Brandenburg hat unsere Messreihe (Seite 4) begleitet. Er entwickelt daraus Anregungen und Empfehlungen für Installateure und Hersteller.

Die häufigste Montageart bei kleinen Photovoltaik-Aufdachanlagen ist sicherlich die Variante mit Dachhaken, die auf den Dachsparren gesetzt werden. Zwischen den Ziegeln hindurchgeführt bilden sie die Montagepunkte für die Profile, auf denen dann wiederum die Module montiert werden. Viele Hersteller bieten dazu Dachhaken an, die teilweise sehr ähnlich aufgebaut sind.

Die häufigste Bauform besteht dabei aus einer Grundplatte, auf der ein geschwungener Haken aufgeschweißt ist. Mehrere Befestigungslöcher auf der Grundplatte erlauben eine seitliche Variabilität. Aufgrund der vorhandenen Dacheindeckung, hierbei vor allem aufgrund der Lattenhöhe sowie der Ziegelmaße, sowie weiteren Eigenschaften des Dachs können sich mehrere Probleme ergeben:

Der Haken kann meistens nur an bestimmten Stellen des Dachziegels nach außen geführt werden. Daher kann es notwendig sein, die Position des Hakens auf dem Sparren zu verschieben. Dies kann so weit gehen, dass der Haken stark exzentrisch sitzt und somit die Krafteinleitung versetzt zum Dachsparren erfolgt.

Das Dach ist häufig nicht eben, sondern kann Senken und Anhebungen aufweisen.

Die Position der Sparren kann variieren, teilweise treten unterschiedliche Ausführungen und Zustände wie Alterung auf.

Bei vielen Gebäuden kommt hinzu, dass eine Unterspannbahn in Form einer Kunststoffolie auf die Sparren gelegt und mit einer Konterlatte befestigt wurde. Der Dachhaken muss somit auf diese Konterlatte montiert werden. In der aktualisierten Richtlinie VDI 6012 Blatt 1.4 wird diese Montagesituation explizit als Regelfall benannt.

Im Randbereich des Generators kann es vorkommen, dass der nächste Sparren außerhalb des Modulfeldes liegt. Wenn der erste Haken erst nach einem größeren Abstand zur Modulfeldkante montiert wird, ergibt sich eine entsprechende Auskragung. Kann diese aufgrund der zu erwartenden Belastung zu Statikproblemen führen, muss ein Haken außerhalb des Modulfeldes gesetzt oder andere Lösungen gefunden werden.

Um auf einige der genannten Probleme besser als mit einem einfachen Standardhaken reagieren zu können, werden von einigen Herstellern besondere Konstruktionen angeboten. Eine Maßnahme ist dabei die Verschraubung des Hakens auf dem Grundprofil mit der Möglichkeit, ihn mittig oder seitlich versetzt auf der Grundplatte zu befestigen. Obwohl hierdurch die Grundplatte optimal auf dem Sparren montiert werden kann, bleibt die Problematik der exzentrischen Krafteinleitung.

Die Krux mit der Statik

Wichtigste Eigenschaft aller Konstruktionen ist dabei die Sicherstellung der ausreichenden statischen Tragfähigkeit. Neben den Eigengewichten von Modulen und Unterkonstruktion müssen Wind- und Schneelasten beherrscht werden. Die auf die Module einwirkenden Kräfte müssen dabei durch die gesamte Kette der beteiligten Bauteile bis in den Boden geführt werden. In dieser Kette befindet sich der Dachhaken.

Bei der Aufdachmontage werden bei der Berechnung der statischen Auslegung die notwendige Anzahl an Haken pro Fläche und die maximalen Profillängen zwischen zwei Haken sowie der maximal zulässige Überstand der Profile am Rand bestimmt. Das Ergebnis erhält der Installateur je nach Hersteller des Montagesystems in Tabellenform bis hin zu einem detaillierten Dachplan mit der Position aller Haken. Auch die Unterstützung des Installateurs bei der Eingabe der notwendigen Randbedingungen ist bei allen Herstellern unterschiedlich. Wichtige Details wie die Wahl der Schneelastzone und die Berücksichtigung von Lasterhöhungen, wie sie unter anderem bei Schneehäufungen in Dachkehlen oder bei Dachsprüngen auftreten können, müssen letztendlich vom Installateur eingepflegt werden, da nur er die tatsächlichen Gegebenheiten kennt.

Ob bei einer Photovoltaikanlage alle auftretenden Kräfte wirklich beherrscht werden können, hängt somit neben den technischen Eigenschaften der Haken und der anderen Komponenten auch von der Unterstützung der Installateure bei der Eingabe der für die Statikberechnung notwendigen Randbedingungen ab. Grundvoraussetzung ist dabei natürlich, dass vom Hersteller überhaupt Material für eine Statikberechnung zur Verfügung gestellt wird und dieses dem Installateur auch ohne große Suche und nicht erst auf Nachfrage zugänglich ist. Alles, was hierbei dem Installateur das Leben schwer macht, führt letztendlich dazu, dass keine richtige Berechnung erfolgt und die Statik nur „Pi mal Auge“ betrachtet wird, mit der zwangsläufig hohen Gefahr von Ausführungsfehlern.

Genauere Angaben vermeiden Ziegelbruch

Wie bei vielen technischen Aufgaben liegt auch bei der Statik das Problem wieder im Detail. Durch die Kräfte werden alle betroffenen Komponenten mehr oder weniger stark verformt. Vor allem beim Dachhaken treten dabei Durchbiegungen auf.

Leider fehlen in den Datenblättern meistens Angaben zu dieser Problematik. So findet man Werte für die Tragfähigkeiten beziehungsweise für zulässige Belastungen. Nach Angaben, wie weit sich ein Haken dann aber durchbiegt, sucht man meist vergeblich. Bedingt durch die Durchführung des Dachhakens

zwischen zwei Dachziegeln wären diese Angaben bei verschiedenen Lastfällen aber sinnvoll, wobei insbesondere das Durchbiegen jenes Teils des Hakens kritisch ist, der unmittelbar über dem Ziegel liegt. Wird nämlich dieser Teil auf den darunterliegenden Ziegel gedrückt, droht Ziegelbruch und somit eine Dachundichtigkeit.

Neben dem Durchbiegen des Hakens kann auch beim Holz des Sparrens eine nennenswerte Verformung bedingt durch eine Auflagerpressung unterhalb des Hakens auftreten. Dieser Effekt verstärkt sich, wenn der Haken auf einer Konterlatte aufgebracht wird, da dann die Auflagefläche geringer ist. Das Durchbiegen des Hakens und das Nachgeben des Holzes erhöhen zusammen die Gefahr eines Ziegelbruchs, selbst wenn man sich noch im Bereich der zulässigen Belastung eines Dachhakens bewegt. Zudem stellt sich die Frage, wie sich die beschriebenen Effekte bei zum Sparren seitlich versetzter Hakenmontage auswirken.

Neue VDI-Richtlinie VDI 6012 Teil 1.4 und die Messungen

In der gerade erst aktualisierten VDI-Richtlinie VDI 6012 Teil 1.4 „Regenerative und dezentrale Energiesysteme für Gebäude – Grundlagen – Befestigung von Solarmodulen und -kollektoren auf Gebäuden“ wird umfangreich auf diesen Sachverhalt eingegangen. So wird unter anderem gefordert, dass ein Nachweis für die Auflagerpressung geführt wird.

Für die Messungen im Prüflabor des TÜV Rheinland haben wir daher die folgenden wesentlichen Änderungen gegenüber normalen Tests, wie sie auch für allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen durchgeführt werden, diskutiert und uns für diese Messreihe auf Folgendes verständigt:

- Die Haken werden auf einem mit 30 Grad Neigung aufgestellten Sparren montiert, wobei die Montage entsprechend einer vorliegenden Montageanleitung erfolgt.
- Bei der exzentrischen Montage wird zusätzlich eine Konterlatte unterlegt. Auch hier erfolgt die Montage entsprechend der Montageanleitung.

Die Krafteinleitung erfolgt wie üblich senkrecht von oben. Um trotz der Neigung eine vergleichbare und realistische Krafteinleitung zu erreichen, wird an die Haken wieder entsprechend der Montageanleitung ein Profil angesetzt, auf das die Kraft mit einem abgerundeten Stempel mittig eingeleitet wird. Am relevanten unteren Teil des Hakens wird ein Seilzugsensor montiert, mit dem die Durchbiegung dieses Teils gegenüber dem Sparren gemessen wird.

Die vier Prüflinge der Untersuchung stellen dabei einen gewissen Querschnitt der angebotenen Hakenlösungen dar. Neben einem einfachen geschweißten Haken ohne Verstellmöglichkeiten können bei den anderen Prüflingen Einstellungen wie ein Versetzen des Hakens zur Grundplatte erfolgen. Der Haken von Bau-tech 2012 und der Haken von Solardirekt 24 scheinen von der Ausführung her eher für geringere Grenzlaster geeignet, was in Gebieten mit geringen Wind- und Schneelasten ausreichend sein kann. Die Haken von BayWa r.e. und Lorenz hingegen versprechen, auch für Standorte mit hoher Schneelast geeignet zu sein. Um die tatsächlich auftretenden Montagesituationen zu testen, wurden von jedem System je zwei Haken bei zentrischer Montage und zwei Haken bei versetzter Montage untersucht.

Eine wichtige Frage vor der Untersuchung war, ob eine Unterfütterung neben der Konterlatte ausgeführt werden sollte. In einigen Montageanleitungen wird diese unter bestimmten Bedingungen als notwendig beschrieben. Bei Lorenz wird anstelle einer Unterfütterung ein Stützwinkel verwendet, der deutlich einfacher als eine Unterfütterung zu montieren ist. Bei einigen Haken wird in keinem der vorhandenen Dokumente auf Unterfütterungen hingewiesen.

Wenn Montageanleitungen fehlen oder dem Monteur gerade nicht vorliegen, wird er erfahrungsgemäß sowieso meistens auch bei vorhandener Konterlatte ohne Unterfütterung montieren, unabhängig davon, ob vom Hersteller eine solche gefordert wird oder nicht. Daher wurde bei den Tests nur bei Lorenz der vorgeschriebene Stützwinkel entsprechend der Montageanleitung angebracht.

Untersuchungsergebnisse

Bei den einfachen Konstruktionen benötigt man für ein Durchbiegen des relevanten unteren Schenkels eines Hakens um fünf Millimeter nur ein Viertel bis ein Siebtel der Kraft, die bei für hohe Lasten konstruierten Haken notwendig ist. Werden die Haken exzentrisch versetzt montiert, tritt die gleiche Verformung bereits bei deutlich geringeren Kräften auf. Um eine größere Durchbiegung von sieben Millimetern zu erreichen, sind höhere Kräfte notwendig, wobei das Verhalten nicht linear ist.

Bei der Kraft, die für eine bestimmte Durchbiegung notwendig ist, traten bei den durchgeführten Untersuchungen zwar große produktspezifische Unterschiede auf, für einen Hakentyp in einer bestimmten Montagesituation lagen die Werte der beiden identisch ausgeführten Versuche aber stets nahe beieinander. Es scheinen keine großen Streuungen, zum Beispiel durch die Holz- oder Schraubeneigenschaften oder durch Materialstreuungen, aufzutreten.

Der mögliche Abstand des Hakens zum unteren Dachziegel wird durch die Ziegelgeometrie und die Möglichkeit der Ziegebearbeitung begrenzt. Typisch sind realisierbare Abstände von fünf Millimetern. Berechnet man die Schneebelastungen, die auf einen Dachhaken wirken, ergibt sich auch bei einem geringen Basiswert eine Gesamtlast von ungefähr 0,5 Kilonewton. Liegen höhere Schneelasten vor, steigen diese Werte, sodass man bei über zwei Kilonewton Gesamtlast pro Haken landen kann. Selten können sogar noch höhere Belastungen bis zu vier Kilonewton auftreten. Bei der im Rahmen dieses Artikels durchgeführten Untersuchung wurde, abhängig vom Hakentyp, eine Durchbiegung von fünf Millimetern bei Kräften von 0,2 Kilonewton bis zu 1,8 Kilonewton festgestellt. Das bedeutet, dass bei einigen Haken eine Schädigung des unteren Ziegels bereits deutlich vor dem Erreichen der maximal zu erwartenden Belastung auftreten kann, und dies sogar in schneearmen Regionen. Bei extremen Belastungen müssen ganz andere Lösungen gefunden werden wie Doppelhaken oder der Tausch von Ziegeln gegen Blechziegel.

In der aktuellen VDI 6012 Blatt 1.4 wird genau diese Problematik aufgegriffen. Hier wird ein ausreichender Abstand von der Unterkante des Hakens zum Dachziegel gefordert, der sicherstellt, dass bei der maximal zulässigen Durchbiegung (beim VDI Verformung genannt) keine Belastung des Ziegels auftritt. Problem ist natürlich, dass dem Installateur diese

novotegra

by BayWa r.e.

Creotecc

by BayWa r.e.

novotegra

Zusammen hält's besser: das neue novotegra

Ob flexibler Dachhaken oder Einlegesystem mit robustem Haken: wir bieten garantiert die passende Lösung für Ihr Dach – jetzt unter einer starken Marke. So bleiben Sie maximal flexibel.

Profitieren Sie auch weiterhin von unseren vielfältigen Vorteilen:

- erstklassige Produkte, jederzeit verfügbar
- 25 Jahre Entwicklungserfahrung
- technische Beratung und Erstmontageunterstützung
- kostenlose Auslegungssoftware
- alles aus einer Hand von Ihrem PV-Experten BayWa r.e.

Mehr erfahren unter: novotegra.baywa-re.com

r.e.sponsible for your success.



BayWa r.e.
renewable energy

maximale Durchbiegung aus den bisherigen Datenblättern gar nicht bekannt ist.

Im Anhang der VDI-Richtlinie werden sogar Berechnungen aufgeführt, mit denen die Durchbiegung eines Hakens bestimmt werden kann (Vorarbeit mit Berechnungsvorschlägen siehe www.pv-magazine.de, Webcode 8144). Die Formeln sind recht umfangreich, außerdem wird immer wieder darauf hingewiesen, dass sich hieraus nur überschlägige Ergebnisse erzielen lassen. Hier stellt sich einmal mehr die Frage, warum die Hakenhersteller für ihre Produkte keine Werte mitteilen, die entweder rechnerisch oder aber durch Messungen erzielt wurden, sondern der Installateur mit der Problematik alleine gelassen wird. Dabei zeigen die Ergebnisse der Messungen deutlich, dass die Beachtung der Durchbiegung ein sehr wichtiger Punkt bei der fachgerechten Montage ist.

Von einigen Herstellern wird eine Stabilisierung beschrieben, die sich dadurch ergibt, dass ja auf die Haken Modultragschienen gesetzt werden, von denen dann zwei über die angeklebten Module verbunden sind. Vor allem für die exzentrische Montage wird häufig davon ausgegangen, dass ein Kippen der Haken damit verringert wird. Dieser Effekt hängt allerdings stark von den verwendeten Profilen und deren Eigenschaften ab sowie von der Anbindung an den Haken. Die stabilisierenden Effekte sind somit schwer zu bestimmen. Beim Versuch wurde dieser Effekt zumindest zum Teil dadurch berücksichtigt, dass die Druckübertragung durch einen längeren Stempel auf ein Profilstück erfolgte. Außerdem soll der Haken ja auch im Randbereich keine Probleme bereiten. Da hier das äußere Profilende aber nicht zwischen zwei Haken liegt, sondern mehr oder weniger weit übersteht, wird das Kippen des Hakens in diesem Bereich kaum stabilisiert und gegebenenfalls sogar begünstigt. Aufgrund der zudem höheren Lasten wie Schneehäufungen wurde bei der Auswertung darauf verzichtet, eine theoretische Verbesserung des Verhaltens durch die weitere Unterkonstruktion zu berücksichtigen.

Was bedeuten diese Ergebnisse nun für die Praxis? Es kann schnell eng werden für den unteren Ziegel. Liegen weder Montageanleitung noch Datenblätter vor, kann man kaum abschätzen, wie das Verhalten eines Hakens tatsächlich ist. Fünf Millimeter Mindestabstand zwischen Ziegel und unterem Hakenschenkel sind dabei kein Garant für eine fachgerechte Montage. Selbst bei verstärkten Konstruktionen, die laut Datenblatt auch für Regionen mit höheren Schneelasten geeignet sind, können nennenswerte Durchbiegungen auftreten. Eine zum Sparren versetzte Montage verschärft die Problematik. Im Zweifel kann der Austausch des unteren Ziegels durch einen Blechziegel eine Lösung sein, allerdings mit deutlich höheren Kosten. Damit auf den Installateur später keine teure Dachsanierung zukommt, sollte er sich überlegen, ob die Wahl eines Produktes mit Datenblättern, Montageanleitungen, Statikberechnungen und Hilfen bei der Auslegung für ihn auf Dauer nicht doch günstiger ist.

Udo Siegfriedt

BayWa r.e. Solar Energy Systems GmbH

Eisenbahnstraße 150 | D-72072 Tübingen

Telefon +49 7071 98987-0

solarenergysystems@baywa-re.com

www.baywa-re.com | solarenergysystems.baywa-re.com