

# Dachhakenmontage

## Allgemeine Hinweise



Nach wie vor ist die Montage auf Ziegel-Schrägdächern eine der häufigsten Montagearten für Photovoltaikanlagen. Verwendet werden dabei üblicherweise sogenannte „Dachhaken“ oder „Sparrenanker“. Eine Ankerplatte dient üblicherweise zur Befestigung am Dachsparren mittels Holzschrauben; ein Bügel zwischen den Dachplatten überträgt die Haltekraft nach außen; darauf werden wiederum Trägerprofile für die Module befestigt. Die Geometrie der Kraftübertragung ist meist durch die Ziegelform recht eingeschränkt, deshalb ist speziell bei großen Belastungen eine genaue Prüfung notwendig. Da die meisten Ziegel keinen freien Querschnitt aufweisen, sondern übereinander gefalzt sind, ist eine Bearbeitung der Ziegel meist nicht ganz zu vermeiden, die Ziegel dürfen aber dabei nicht unzulässig geschwächt werden.

In diesem Dokument sind wichtige Hinweise zur Auswahl, Planung und Montage zusammengestellt.

Allgemein ist festzustellen, dass in den allermeisten Anlagen, die bis dato auf den Dächern montiert sind, zu wenige und zu schwache Dachhaken verwendet werden. Oft wird bei der Systemauslegung gar nicht unterschieden, wo und unter welchen Belastungen die jeweilige Anlage letztendlich montiert wird. Die bis jetzt aufgetretenen Anlagenschäden oder Dachschäden sind noch zu vernachlässigen, führen aber doch zu einer gewissen Sensibilisierung und Professionalisierung. Dies ist insbesondere zur Begrenzung der Risiken bei den Installationsbetrieben zu begrüßen. Es sollte berücksichtigt werden, dass gerade das Montagesystem mit einem Wertanteil von oft nur 5 bis 8% des Anlagenpreises über die Stabilität der Gesamtanlage und über mögliche teure Folgeschäden (z.B. Ziegelbruch, Dachundichtigkeiten, Sachschäden usw.) entscheiden kann.

### 1 Typische Fehlerursachen

Eine fehlerfreie Montage der Haken ist eine wesentliche Voraussetzung für die Qualität und Dauerhaftigkeit der gesamten Anlage und auch des Daches. Bei Falzziegeln ist eine Bearbeitung des Ziegels nicht vermeidbar, in keinem Fall darf aber der Ziegel unzulässig geschwächt werden (Negativbeispiel sh. Bild). Die Folge von Fehlmontagen sind Dachundichtigkeiten und die Gefahr von Ziegelbruch.



Weitere Hauptursachen von Problemen sind generell falsche Haken dimensionierung ohne Berücksichtigung der örtlichen Schnee- und Windlasten oder eine falsche Montage der Haken ohne Berücksichtigung eines Mindestabstandes zum Ziegel. Ein Haken kann nur Last aufnehmen und in die Unterkonstruktion einleiten, wenn er sich elastisch verformen kann und dabei den Ziegel nicht berührt. Bei sehr großen örtliche Schneelasten muss aber trotz extra verstärkter Hakentypen ein Aufliegen auf den Ziegeln u.U. toleriert werden; in diesem Falle sind Blech-Ersatzziegel passend zur Dacheindeckung zu empfehlen, um mögliche Folgeschäden zu vermeiden (sh. dazu auch Abschnitt „Statische Auslegung“).



Fehler bei der Dimensionierung sind häufig bei Kreuzschienensystemen anzutreffen: Durch den erhöhten Schienenaufwand der Kreuzschienenkonstruktion wird kein direkter Stabilitätsgewinn erreicht. Meist werden sogar wegen des hohen Schienenaufwandes die Befestigungsrastrer bzw. Schienenabstände zu groß gewählt und so wesentlich weniger Befestigungspunkte als notwendig verbaut. Einlagige Montagesysteme enthalten dagegen bei vergleichsweise geringerem Kostenaufwand oft mehr Befestigungspunkte. Bei flächigen Lasten (Windlast, Schneelast) ist letztendlich immer die genügend hohe Flächendichte an Befestigungspunkten maßgebend.

### 2 Dachformen und Auswahl geeigneter Dachhaken

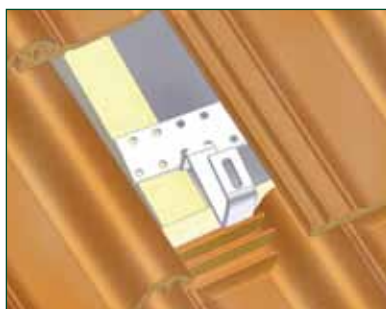
Primär muss der verwendete Dachhaken zur Eindeckungsform passen. Neben speziellen Haken für spezielle Dachformen (Biberschwanz, Tegalit, Bitumendach) werden für die allermeisten Pfannen- und Falzziegeldächer Dachhaken des Universal-Typs „Frankfurter Pfanne“ in verschiedenen Stärken verwendet. Im Zweifelsfall kann eine Bemusterung klären, ob der Haken zum Dach passt. Es ist zu beachten, dass nicht nur der Ziegeltyp, sondern auch die Art und Dicke der Lattung Einfluss auf die erforderliche Hakenform haben. Um die Typenvielfalt in Grenzen zu halten, werden üblicherweise alle Haken an die niedrigeren Ziegelformen angepasst. Bei höheren Ziegeln können Unterlegplatten unter die Montageplatte erforderlich werden. Verwendet werden können dafür geeignete Sperrholzplättchen oder auch extra dafür erhältliche Alu-Unterlegplatten (Bild unten rechts), die geeignet kombiniert werden können.

Da die flachen Stellen der Ziegel meist nicht zentrisch über der Sparrenmitte sitzen, wird durch eine breite Montageplatte ermöglicht, den Haken auch seitlich versetzt zu montieren.

Um den unterschiedlichen statischen Belastungen gerecht zu werden, gibt es viele Dachhakenformen in unterschiedlichen Stärken (z.B. für Frankfurter Pfanne die Typen Schletter EcoG, EcoS, VaMax, VaMax2). Dies ermöglicht eine Anpassung an den Standort. Für das Ausgleichen von Unebenheiten stehen für viele Typen auch verstellbare Varianten zur Verfügung. Dabei ist aber zu beachten, dass der Verstellweg konstruktiv recht begrenzt ist; bei sehr unebenen Dächern sind u.U. Lösungen, die sozusagen „dem Dach folgen“ oft hilfreicher, da diese Dächer auch meist nicht absolut formstabil sind.

### 3 Dachhakenmontage

Die Vorgaben zur Dachhakenmontage sind den jeweiligen Montageanleitungen zu entnehmen. Die wesentlichen Schritte können aber aus den folgenden Montagebildern entnommen werden. Generell ist eine Bearbeitung der Ziegel meist nicht zu vermeiden, der Ziegel darf aber nicht unzulässig geschwächt werden. Bei der Montage ist unbedingt darauf zu achten, dass der Dachhaken zum Unterziegel an allen Stellen ca. 5mm Luft haben muss, um sich bei Belastung elastisch verformen zu können.



Montage mit Alu-Unterlegplatten

### 4 Befestigungsschrauben

Die statischen Berechnungen gehen immer von mindestens 2 Schrauben pro Dachhaken aus, als Eindringtiefe im Holz wird mindestens 70mm empfohlen. Mindestdurchmesser der Schrauben ist 8mm. Somit ist eine Schraubengröße von 8x80 geeignet für ungeschalte Dächer; für Dächer mit Holzschalung und Konterlattung sollten 8x120mm verwendet werden. Die Schrauben können in verzinkter Qualität gewählt werden, wenn der Montageort zuverlässig trocken und belüftet ist bzw. keine aggressive Atmosphäre vorliegt, ansonsten wird Edelstahl empfohlen. Es sind verschiedene Schraubentypen einsetzbar, soweit eine entsprechende Bauartzulassung vorliegt. Normale Spax-Schrauben sind bauartbedingt nicht zugelassen.

Dachhaken sollten zur zuverlässigen Kraftübertragung immer in den tragenden Teilen des Daches (Sparren, Pfetten) befestigt werden. Ein Hängen der Haken in der genagelten Dachlattung ist i.a. nicht zulässig, da die wegen des Windsogs zu übertragenden Befestigungskräfte hier nicht zuverlässig nachgewiesen werden können.

Bei Dächern mit Aufdachisolierung können Haken i.a. mit langen Schrauben im Sparren verschraubt werden (z.B. System Schletter Iso07). Je nach Dachaufbau (druckstabile Latte oder nicht) kann die Druckkraft über Distanzhülsen eingeleitet werden. Eine zusätzliche schräg angesetzte Schraube leitet die Hangabtriebskräfte in die Konstruktion ein.



System Iso07

### 5 Statische Auslegung

Um Schneelastschäden zu vermeiden, ist unbedingt auf die statisch ausreichende Dimensionierung der Dachhaken zu achten. Gerade bei den Schneelasten sind die Unterschiede z.B. zwischen Regionen mit normalen Belastungen (z.B. 0,55 bis 0,75 kN/m<sup>2</sup>) und erhöhten Belastungen (bis über 5kN/m<sup>2</sup> in höher gelegenen Standorten) sehr groß. Wirtschaftliche und sichere Lösungen entstehen nur dann, wenn Montagesysteme und Gebäude-Unterkonstruktion optimal aufeinander abgestimmt sind. Insbesondere mit Einführung der neuen Normung bezüglich Wind- und Schneelasten (Windlasten gemäß DIN 1055, Teil 4 (03/2005) und Eurocode 1 (06/2002), Schneelasten gemäß DIN 1055, Teil 5 (06/2005)) sind regional die Unterschiede der Belastungen wesentlich größer geworden. In Gebieten mit großen Schneelasten sind zur gleichmäßigen Dachauslastung grundsätzlich Haken auf jedem Sparren zu empfehlen. Bei großen Schneelasten sind Blech-Ersatzziegel generell zu empfehlen, da die Dachhaken je nach statischer Auslegung die Ziegel belasten können.



Schneelastverteilung in Deutschland

Im übrigen kann die notwendige Anzahl an Dachhaken pro Quadratmeter Modulfläche den statischen Auslegungstabellen entnommen werden. Für die dafür erforderlichen Infos zu örtlichen Wind- und Schneelast steht z.B. der PLZ-gestützte Internetservice „Lastermittlung“ der Schletter GmbH zur Verfügung. Bei der Dimensionierung der Dachhakenanzahlen sind für Rand- und Eckbereiche des Daches ggfs. Zuschläge zu berücksichtigen. In den Randbereichen wird jeweils auf den ersten beiden Sparren je ein Dachhaken generell empfohlen, um die verstärkte Belastung durch Windturbulenzen zu kompensieren.

### Erläuterung zur Dachhakenverteilung:

Ein Schrägdach ist als organische Einheit statisch bemessen, die Gebrauchslasten werden durch einen flächigen Dachverbund in den Dachstuhl eingetragen. Bei der Montage einer PV-Anlage muß die Tragfähigkeit des Daches in der Fläche bestehen bleiben, da das Dach in Zukunft zusätzlich zur Schneelast noch die Last der PV-Anlage aufzunehmen hat. Gerade bei hohen Belastungen müssen also die Dachhaken auf jeden Sparren montiert werden, da ja auch nach Montage der Anlage weiterhin jeder Sparren mittragen muss.

Kosten sparen durch die Montage eines besonders stabilen Hakens nur an jedem zweiten Sparren ist also bei großen Flächenlasten nicht sinnvoll.

### Besonderer Hinweis für Baukastensysteme

Die große Bandbreite der Belastungen für verschiedene Standorte (z.B. Schneelasten von 0,6kN/m<sup>2</sup> im Flachland, bis zu 5kN/m<sup>2</sup> und darüber in höher gelegenen Regionen) zeigt, dass sich eine professionelle Planung und Auslegung eines Befestigungssystemes immer an den örtlichen Lasten orientieren muss. Gerade bei vorgefertigten Baukastensystemen wird dies nicht immer beachtet. Da eine Dimensionierung aller Systeme nach dem **worst case** und den maximalen Lasten wirtschaftlich nicht tragbar ist, muss also auch bei Baukastensystemen Auswahl und Dimensionierung nach dem Einsatzort erfolgen.

### Systemauslegung

Gerade die Dachhakenauswahl bestimmt die Belastbarkeit des Gesamtsystemes sehr wesentlich; dabei ist aber zu beachten, dass alle Komponenten für die Belastungen am Aufstellort geeignet sein müssen. Neben den Schienen sind insbesondere die Module maßgebend. Die Gewährleistungen des Herstellers gelten nur dann, wenn das Modul auch in der gewählten Montageform für die Belastungen vor Ort zugelassen ist (sh. auch [➔ Modulmontage Allgemeine Hinweise](#)).

## 6 „Aufsitzen“ des Dachhakens

Ein weit verbreitetes Missverständnis bei der Auswahl von Dachhaken nach statischen Tabellen ist die Annahme, dass der Dachhaken den Ziegel nie berührt, sofern er gemäß den Tabellen des jeweiligen Herstellers und den aktuellen Belastungen ausgewählt wurde. Unter Berücksichtigung der an einzelnen Regionen auftretenden extremen Schneelasten ist dies i.a. gar nicht möglich. Dabei ist allerdings auch zu erwähnen, dass die Statikrechnungen die statistisch einmal in 50 Jahren auftretenden Maximalschneelasten bei der Berechnung berücksichtigen.

Die Statikprogramme und Tabellen vieler Hersteller tolerieren deshalb „stillschweigend“ das Aufsitzen des Dachhakens auf die Ziegel; der Installateur nimmt dies aber meist nicht zur Kenntnis. Gerade bei einer ungünstigen Dachhakenverteilung können so für die darunterliegenden Ziegel vollkommen unzulässige Lastenleitungen entstehen, die bei Belastung unweigerlich zum Ziegelbruch führen.

Um dem professionellen Anlagenplaner alle notwendigen Daten transparent zur Verfügung zu stellen, zeigen die Dachhakenstatiken der Schletter GmbH die Situation in beiden Fällen auf. Die Dachhaken können z.B. „mit Aufsitzen“ aus der Tabelle entnommen oder im speziellen Programm berechnet werden. Soll eine Berührung der Dachpfanne aber auch bei Extremlasten eindeutig vermieden werden, können die erforderlichen Werte der Tabelle „ohne Aufsitzen“ entnommen werden. Natürlich ist für diesen Fall eine höhere Dachhakendichte und i.a. auch ein stabilerer Dachhakentyp erforderlich, der Haken verformt sich aber dann bei allen auftretenden Belastungen nur elastisch und federt bei Entlastung wieder in den Ausgangszustand zurück.

Anlage 4: Tafel zur Ermittlung der erforderlichen Anzahl Dachhaken pro Flächeneinheit 1 m<sup>2</sup> - Elementneigung 30°

(ohne Aufsitzen)

Typenbezeichnung Dachhaken	Windzone 1: h<10 m (0,5 kN/m <sup>2</sup> )						Windzone 1: 10<h<18 m (0,65 kN/m <sup>2</sup> ) Windzone 2: h<10 m (0,65 kN/m <sup>2</sup> )						Windzone 1: 18<h<25 m (0,75 kN/m <sup>2</sup> ) Windzone 2: 10<h<18 m (0,80 kN/m <sup>2</sup> ) Windzone 3: h<10 m (0,80 kN/m <sup>2</sup> )						Windzone 2: 18<h<25 m (1,10 kN/m <sup>2</sup> ) Windzone 3: 10<h<25 m (1,10 kN/m <sup>2</sup> )						
	Bodenschneelasten = s <sub>s</sub> kN/m <sup>2</sup>						Bodenschneelasten = s <sub>s</sub> kN/m <sup>2</sup>						Bodenschneelasten = s <sub>s</sub> kN/m <sup>2</sup>						Bodenschneelasten = s <sub>s</sub> kN/m <sup>2</sup>						
	0,65	0,85	1,00	1,10	1,25	1,50	0,65	0,85	1,00	1,10	1,25	1,50	0,65	0,85	1,00	1,10	1,25	1,50	0,65	0,85	1,00	1,10	1,25	1,50	
Rapid <sup>2</sup> 45	101001-000	0,90	1,10	1,25	1,35	1,50	1,75	0,92	1,12	1,27	1,37	1,52	1,77	0,94	1,14	1,29	1,39	1,54	1,79	1,32	1,32	1,33	1,43	1,58	1,83
Rapid <sup>2</sup> 45V	101001-001	1,13	1,38	1,56	1,69	1,87	2,18	1,17	1,41	1,60	1,72	1,91	2,21	1,20	1,45	1,63	1,76	1,94	2,25	1,27	1,52	1,70	1,82	2,01	2,32

Dachhakentabelle „ohne Aufsitzen“

Anlage 4: Tafel zur Ermittlung der erforderlichen Anzahl Dachhaken pro Flächeneinheit 1 m<sup>2</sup> - Elementneigung 30°

(mit Aufsitzen)

Typenbezeichnung Dachhaken	Windzone 1: h<10 m (0,5 kN/m <sup>2</sup> )						Windzone 1: 10<h<18 m (0,65 kN/m <sup>2</sup> ) Windzone 2: h<10 m (0,65 kN/m <sup>2</sup> )						Windzone 1: 18<h<25 m (0,75 kN/m <sup>2</sup> ) Windzone 2: 10<h<18 m (0,80 kN/m <sup>2</sup> ) Windzone 3: h<10 m (0,80 kN/m <sup>2</sup> )						Windzone 2: 18<h<25 m (1,10 kN/m <sup>2</sup> ) Windzone 3: 10<h<25 m (1,10 kN/m <sup>2</sup> )						
	Bodenschneelasten = s <sub>s</sub> kN/m <sup>2</sup>						Bodenschneelasten = s <sub>s</sub> kN/m <sup>2</sup>						Bodenschneelasten = s <sub>s</sub> kN/m <sup>2</sup>						Bodenschneelasten = s <sub>s</sub> kN/m <sup>2</sup>						
	0,65	0,85	1,00	1,10	1,25	1,50	0,65	0,85	1,00	1,10	1,25	1,50	0,65	0,85	1,00	1,10	1,25	1,50	0,65	0,85	1,00	1,10	1,25	1,50	
Rapid <sup>2</sup> 45	101001-000	1,18	1,43	1,62	1,75	1,94	2,26	1,21	1,47	1,66	1,79	1,98	2,30	1,25	1,50	1,69	1,82	2,01	2,33	1,32	1,57	1,76	1,89	2,08	2,40
Rapid <sup>2</sup> 45V	101001-001	0,92	1,12	1,27	1,37	1,53	1,78	0,94	1,14	1,29	1,40	1,55	1,80	0,96	1,16	1,32	1,42	1,57	1,83	1,00	1,21	1,36	1,46	1,62	1,87

Dachhakentabelle „mit Aufsitzen“



Auswahlmöglichkeit „Aufsitzen“ im Berechnungsprogramm

System PP	109004-000	0,60	0,73	0,83	0,90	1,00	1,17	0,61	0,74	0,84	0,91	1,01	1,18	0,72	0,76	0,86	0,92	1,02	1,19	1,03	1,03	1,03	1,03	1,05	1,22
Mönch Nonne	109005-000	0,98	1,21	1,39	1,50	1,67	1,96	0,99	1,22	1,39	1,51	1,68	1,97	1,00	1,23	1,40	1,52	1,69	1,98	1,07	1,25	1,42	1,54	1,71	2,00

Die ausgewiesenen Werte gelten für als Dreifeldträger ausgeführte Montagesysteme. Die Windlasten gelten für Aufstellung im Binnenland unter regelmäßigen Bedingungen, Einordnung nach Windzone und Aufstellhöhe.

Bei Standorten in Küstennähe oder an exponierten Lagen (Kuppen und Wannen) sind größere Windlasten zu erwarten. Bei Anwendungsfällen außerhalb der Profiltabelle wird empfohlen, einen fachkundigen Planer hinzu zu ziehen.

Hinweis: Sofern mit Aufsitzen gerechnet wurde, wird der Einsatz von Blechpfannen empfohlen. Eine Distanz von 5 mm zwischen Dachhaken und Dachpfanne muss eingehalten werden.

Bei Dachbedeckung mit Biberschwanz wird grundsätzlich die Verwendung von Blechpfannen empfohlen.

Zusatzhinweise bei Tabellen „mit Aufsitzen“

Die Auswahl von Anzahl und Typ der Dachhaken ist natürlich auch eine wirtschaftliche Frage. So wird ein mögliches Aufsitzen der Dachhaken auf die Ziegel von Installationsbetrieben auch aufgrund guter Praxiserfahrungen oft in Kauf genommen. Dies wird auch zum Teil durch die DIN EN 1034 gerechtfertigt, die für Ziegel im Neuzustand den Nachweis einer gewissen Belastbarkeit zulässt. Die Entscheidung bleibt hier letztendlich dem Anlagenplaner überlassen. Garantien der Befestigungssystemhersteller können natürlich nur gelten, wenn die angegebenen Richtlinien eingehalten werden.

In der Praxis sollte beachtet werden, dass gealterte Ziegel in der Belastbarkeit oft stark beeinträchtigt sind. Bei Betonziegeln dagegen ist im Neuzustand das Bruchrisiko höher, da Beton ein sehr langfristiges Aushärte-Verhalten besitzt.

EN 1304:2005 (D)

#### 4.4.2 Biegetragfähigkeit

Die Biegetragfähigkeitskriterien sind nicht auf Formziegel anwendbar.

Die Proben gelten als zufriedenstellend, wenn sie bei Prüfung nach EN 538 unter folgender Mindestlast nicht zu Bruch gehen:

- 600 N für Flachziegel (Biberschwanzziegel);
- 900 N für Falzziegel mit ebener Sichtfläche;
- 1000 N für Mönch- und Nonnenziegel;
- 1200 N für die übrigen Ziegel.

Belastbarkeit von Formziegeln gemäß DIN EN 1304

Gerade in Gebieten mit hohen Schneelasten darf das Aufsitzen der Dachhaken auf den Ziegeln nur dann planerisch toleriert werden, wenn dadurch keine Folgeschäden am Dach entstehen können. Dies kann i.a. dadurch erreicht werden, dass an der Stelle unter dem Dachhaken ein Blech-Ersatzziegel montiert wird. Durch Unterlegen von geeigneten Latten oder Bohlen ist zu gewährleisten, dass dieser „Ziegel“ nicht hohl liegt, sondern sich bei Belastung an der Dachkonstruktion abstützen kann. Weiterhin ist es gerade in solchen Fällen hoher Belastung notwendig, eine genügende Anzahl von Dachhaken zu montieren und so die Lasten gleichmäßig ins Dach einzuleiten.

Die folgenden Bilder zeigen ein Montagebeispiel für Montage mit Blechziegel.



## 7 Dachhakenmaterial

Nach wie vor sind für Dachhaken verschiedene Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften im Einsatz:

### Verzinkter Stahl

Verzinkte Stähle geeigneter Qualität sind durchaus für den Einsatz als Dachhaken geeignet. Allerdings ist darauf zu achten, dass nur eine Feuerverzinkung normgemäß für diesen Außeneinsatz zugelassen ist.

### Aluminium

Aluminium kann durch geeignete Formgebung recht gut für die auftretenden Belastungen optimiert werden. Problematisch sind allerdings immer die aufgrund der Dachpfannendeckung begrenzten Bügelquerschnitte.

### Edelstahl 1.4301 oder höherwertig

Edelstahl 1.4301 (auch V2A) hat sehr gute Eigenschaften in der Produktion (gut schweißbar, zäh, elastisch, gut biegebar) und auch im Einsatz, insbesondere aufgrund des guten Korrosionsverhaltens. Eine ganz wesentliche statische Eigenschaft ist aber das gutmütige Belastungs- und Bruchverhalten. Während z.B. ein Aluminiumhaken bei ordnungsgemäßer statischer Auslegung sehr nah an der Bruchgrenze definiert wird, hat ein Edelstahlhaken im Vergleich zu allen anderen Werkstoffen eine mehrfache Reserve bis zur Bruchgrenze. Diese großen Reserven in der Auslegung könnten insbesondere in der Windfestigkeit der Anlagen bei späteren klimatischen Veränderungen sehr wichtig werden. Nur Edelstahl 1.4301 besitzt eine allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung (Z-30.3-6).

### Edelstahl 1.4016 oder ähnliche

Dieser Edelstahl wird oft wegen des niedrigeren Preises für Dachhaken benutzt. „Schlecht schweißbar“, „schlecht biegebar“, „nicht für den Außeneinsatz geeignet“ (aus: Materialeigenschaften VA) sind allerdings nur bedingt brauchbare Voraussetzungen für die Verwendung. Eine Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung fehlt.

## 8 Dachdichtigkeit

In diesem Dokument wurde bereits mehrmals darauf verwiesen, dass der Installateur einer Anlage generell aufgrund der vielen verschiedenen Gewerke (PV-Anlage, Dach, AC-Installation, Blitzschutz usw.) ein recht hohes Risiko übernimmt und in vielen Punkten in der Gewährleistung gegenüber dem Kunden steht. In diesem Zusammenhang soll auch nochmals auf die Dachdichtigkeit verwiesen werden: Bei der Montage von Dachhaken werden auch bei Einhaltung aller Regeln dennoch viele potentielle Schwachstellen geschaffen, die gerade bei sehr flachen Dächern problematisch sein könnten. Man sollte deshalb wissen, dass Ziegelhersteller bei flachen Dachneigungen nur sehr eingeschränkte Dichtigkeit garantieren. Folgende Beispiel-Angaben eines namhaften Dachziegelherstellers sollen helfen, Probleme zu erkennen:

### Falzziegel

- werden in der Regel bis minimal 30 Grad empfohlen
- werden nur im Sonderfall (dichte Unterspannbahn, ggfs. verklebt) bis minimal 24 Grad empfohlen

### Flachdachpfanne MZ3

- werden in der Regel bis minimal 22 Grad empfohlen
- werden nur im Sonderfall (dichte Unterspannbahn, ggfs. verklebt) bis minimal 16 Grad empfohlen

### Biberschwanz-Ziegel

- wie Falzziegel

### Frankfurter Betonpfanne

- wie MZ3

Bei sehr flachen Dächern ist dem Installateur deshalb zu empfehlen, vertraglich auf diese möglichen Dichtigkeitsprobleme zu verweisen.

## 9 Zusammenfassung

Obwohl die Photovoltaik seit nunmehr etlichen Jahren im großen Maßstab zum Einsatz kommt, gibt es gerade in den einfachen Fragen der Montage und Dachanpassung noch immer viele Punkte, die oft nicht professionell genug gehandhabt werden.

Eine intensive Abstimmung zwischen den Herstellern der verschiedenen Gewerke (Module, Montagesysteme usw.) und eine konsequente Informationsweitergabe an die Installateure in Form von Dokumentationen, Schulungen usw. werden aber helfen, hier einen langfristigen Markt in einem partnerschaftlichen Miteinander zu bedienen und so die Energiewende gemeinsam bestmöglich voranzubringen.