



**Bauherren-
Schutzbund e.V.**

Studie

Mängel und Schäden an Photovoltaikanlagen

Studie zur

Verbraucherinformation

Untersuchung im Auftrag des
Bauherren-Schutzbundes e.V.

Dezember 2023

Analyse - Mängel und Schäden an
Photovoltaikanlagen

Studie zur Verbraucherinformation

Gemeinschaftsprojekt:

Bauherren-Schutzbund e. V. und Institut für
Bauforschung e. V. mit Unterstützung der
VHV - Allgemeine Versicherung AG

Auftraggeber:

Bauherren-Schutzbund e. V., Berlin

Bearbeitung:

Institut für Bauforschung e. V. (IFB) Hannover

Dipl.-Ing. Tania Brinkmann-Wicke,

Dipl.-Ing. Janet Simon,

Dipl.-Ing. Heike Böhmer, Institutsleitung

IFB-123552 / Dezember 2023

1. EINLEITUNG	1
2. TECHNISCHE UND RECHTLICHE ANFORDERUNGEN	3
2.1 Technische Anforderungen	4
2.2 Rechtliche Anforderungen	7
3. RELEVANTE PROZESSE UND ABLÄUFE	9
3.1 Planungsprozess	10
3.2 Bauprozess	14
3.3 Betrieb der Anlagen	15
4. ANALYSE DER DATENBASIS	17
4.1 Schadenanalyse	18
4.2 Auswertung der Umfrageergebnisse	22
5. TYPISCHE SCHADENFÄLLE	35
5.1 Fehlerhafte Stromerträge einer PV-Anlage	36
5.2 Beschädigte Dachkonstruktion nach Installation einer PV-Anlage	38
5.3 Missachtete Abstandsregeln und Verwendung defekter Kabel	40
5.4 Fehlende Regensicherheit nach Einbau einer Indach-PV-Anlage	42
5.5 Fehlerhafte Steckverbindungen bei einer PV-Großanlage	44
5.6 Korrosion an delaminierten PV-Modulen	46
6. FAZIT UND AUSBLICK	48

1. Einleitung

Der Begriff Photovoltaik (auch Fotovoltaik) leitet sich aus dem griechischen Wort für „Licht“ (phos, im Genitiv: photos) und der Einheit für die elektrische Spannung (Volt) ab. Photovoltaik (PV) gilt als Teilbereich der Solartechnik, also der technischen Nutzung der Sonnenenergie.

Photovoltaik bezeichnet eine Technik zur Umwandlung von Lichtenergie, i.d.R. Sonnenlicht, mittels sogenannter Solarzellen in elektrische Energie. Das Sonnenlicht regt Elektronen in den Solarzellen an, sich zu bewegen. Dabei entsteht elektrischer Strom (Gleichstrom). Um diesen für elektrisch betriebene Geräte nutzen zu können, wird er mittels eines Wechselrichters in Wechselstrom umgewandelt.

PV-Technik findet bereits seit Mitte des 20. Jahrhunderts in der Raumfahrt Anwendung. Später wurde sie direkt für die Stromversorgung einzelner elektrischer Geräte, wie z.B. Taschenrechner, genutzt. Heute ist die netzgebundene Stromerzeugung auf Dach- und Fassadenflächen und als Freiflächenanlagen das wichtigste Anwendungsgebiet.

Als problematisch und kostenintensiv galt lange Zeit die Speicherung von elektrischer Energie. Dementsprechend wurde der dezentral mit Hilfe von PV-Anlagen erzeugte Strom vor Ort verbraucht, überschüssige Energie wurde ins öffentliche Stromnetz eingespeist. Doch auch bei den Speichermedien geht die Entwicklung hin zum dezentralen Stromspeicher vor Ort. Aufgrund neuer Techniken und steigender Nachfrage, auch aufgrund der Angst vor Versorgungsengpässen, ist hier ein Sinken der Preise – und damit verbunden – eine starke Zunahme der Installationen zu beobachten.

Status: Bis zum Ende des vergangenen Jahres waren weltweit bereits Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtleistung (kumulierte installierte Nennleistung) von fast 1.400 GW installiert, davon fast 250 GW allein im Jahr 2022. Das ist soviel wie noch nie zuvor. Die Stromerzeugung aus Photovoltaikanlagen lag damit in 2022 bei fast 1.300 TWh, was ungefähr 4,5 Prozent der weltweiten Stromerzeugung entspricht. In Deutschland wurden damit bereits fast 11 Prozent des erzeugten Stroms durch Photovoltaik produziert [Quelle: www.statista.de].

Lange Zeit galt die PV-Technik als eine der teuersten Arten der Stromerzeugung mithilfe erneuerbarer Energien. Mittlerweile hat sich die Technik etabliert und die Kosten sind aufgrund steigender Marktanteile stetig gesunken. Deshalb stellte die Internationale Energieagentur (International Energy Agency, IEA) im Jahr 2020 klar, „dass Photovoltaikanlagen, die auf guten Standorten und mit günstigen institutionellen Bedingungen errichtet werden, inzwischen die günstigste Form der Stromerzeugung seien.“ (vgl. Lohani, Blakers (2021): 100% renewable energy with pumped-hydro-energy storage in Nepal. In: Clean Energy. Band 5, Nr. 2, S. 243 - 253.)

Mit der kontinuierlich steigenden Zahl der installierten Anlagen, den geringer werdenden Kosten, der Verfügbarkeit der Anlagenkomponenten und dem Wunsch nach einer gewissen Unabhängigkeit steigt allerdings auch die Anzahl an Mängeln und Schäden an Photovoltaikanlagen. In der Presse finden sich regelmäßig Berichte, insbesondere zu Brandereignissen an Modulen, Steckerverbindungen und in jüngster Zeit auch an Batteriespeichern, seltener auch zu Beschädigungen durch Extremwetterereignisse, wie z.B. durch Sturm oder Hagel. Inwieweit dies jedoch eine grundsätzliche Aussage über die Qualität von Planung, Ausführung und Material zulässt, ist in der Regel nicht abschätzbar.

Vor diesem Hintergrund wurde das Institut für Bauforschung e.V. (IFB) vom Bauherren-Schutzbund e.V. (BSB) beauftragt, die Anzahl, Art und Ursachen sowie die Hintergründe von Mängeln und Schäden auf der Basis belastbaren Datenmaterials zu analysieren und für die Nutzung als Verbraucherschutz-Information aufzuarbeiten. Als Datenbasis dienen die langjährigen Praxiserfahrungen des IFB, seiner Mitglieder und Netzwerkpartner sowie die Ergebnisse einer entsprechenden Experten- und Nutzerumfrage des IFB. Unterstützend wurde Datenmaterial von der VHV-Allgemeine Versicherung AG (VHV) hinzugezogen.

Die vorliegende Studie soll aufzeigen, welche typischen Mängel und Schäden an Photovoltaikanlagen auftreten können, wo die häufigsten Ursachen für diese Mängel und Schäden liegen und wie diese zu vermeiden bzw. zu beseitigen sind.

2. Technische und rechtliche Anforderungen

Photovoltaikanlagen als bauliche Anlagen unterliegen verschiedenen rechtlichen und technischen Anforderungen, die es zu berücksichtigen gilt. Für neu zu errichtende Anlagen ist zwingend zu prüfen, inwiefern die geplante Anlage diese Anforderungen erfüllt. Anderenfalls ist die Planung entsprechend anzupassen.

2.1 Technische Anforderungen

An Photovoltaikanlagen werden verschiedene technische Anforderungen gestellt. Zu den wichtigsten Vorgaben und Regelungen zählen:

Verwendbarkeitsnachweis

An bauliche Anlagen werden laut den Bauordnungen der Länder u.a. Anforderungen an die Standsicherheit und den Brandschutz gestellt.

Auch an PV-Module werden i.d.R. bauaufsichtliche Anforderungen gestellt, geregelt u.a. in der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB), Teil B, Kapitel 3.

Gemäß dieser Vorschrift können bestimmte Module ohne Verwendbarkeitsnachweis in Bezug auf „Mechanische Festigkeit und Standsicherheit“ verwendet werden:

- PV-Module mit mechanisch gehaltenen Glasdeckflächen und einer maximalen Einzelmodulfläche bis 2,0 m² im Dachbereich mit einem Neigungswinkel ≤ 75 Grad,
- PV-Module ohne Glasdeckflächen bei Verwendung im Dachbereich,
- PV-Module mit mechanisch gehaltenen Glasdeckflächen und einer maximalen Einzelmodulfläche bis 2,0 m² bei Verwendung in gebäudeunabhängigen Solaranlagen im öffentlich unzugänglichen Bereich.

Alle anderen Module, auf die das nicht zutrifft, müssen eine ausreichende mechanische Festigkeit und Standsicherheit aufweisen.

Laut den o.g. Bestimmungen ist bezüglich des Brandverhaltens ein Verwendbarkeitsnachweis erforderlich, wenn besondere Anforderungen an das Brandverhalten, insbesondere die Anforderungen „schwerentflammbar“ oder „nichtbrennbar“, gestellt werden.

Für bestimmte PV-Module ergeben sich aus den neuen bauaufsichtlichen Bestimmungen Erleichterungen. Gelten diese nicht, ist ein bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis erforderlich..

Stecker-Solar-Anlagen (Balkonkraftwerke) gelten hier als Sonderfall. Da diese nicht dauerhaft in die bauliche Anlage eingebaut werden, sind sie keine Bauprodukte i.S.d. § 2 Abs. 10 Nr. 1 MBO. Sie

benötigen dementsprechend auch keinen Verwendbarkeitsnachweis. Allerdings müssen die Bauteile, an denen die Balkonkraftwerke befestigt werden, dafür geeignet sein (z.B. Aufnahme von Windlasten).

EEG und KWKG

Die technischen Anforderungen für PV-Anlagen sind in § 9 Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) (früher in § 6 EEG) und Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes (KWKG) geregelt. Inwiefern § 9 EEG dabei anzuwenden ist, ist abhängig von:

- der installierten Leistung der Anlage,
- dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme,
- ob es eine Markterklärung des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) gem. § 30 MsbG gab
- ob der Einbau eines intelligenten Messsystems bereits erfolgt ist

Wirkleistungsbegrenzung

Gemäß EEG mussten PV-Anlagen bis zu einer Größe von 25 Kilowatt (kW) bisher auf 70 Prozent ihrer möglichen Maximalleistung begrenzt werden. Die Anlage musste entweder mit einer Steuerungseinrichtung ausgestattet oder die Stromeinspeisung der Anlage auf 70 Prozent der Maximalleistung am Netzeinspeisepunkt begrenzt werden. Inzwischen entfällt diese Wirkleistungsbegrenzung (70-Prozent-Regelung) für alle neuen Solaranlagen sowie einen Teil der Bestandsanlagen:

- Die Wirkleistungsbegrenzung entfällt für neu errichtete PV-Anlagen mit einer installierten Leistung bis 25 kW, die nach dem 14. September 2022 in Betrieb genommen wurden.
- Für Bestandsanlagen bis 7 kW installierter Leistung wurde die Wirkleistungsbegrenzung zum 1. Januar 2023 aufgehoben. Allerdings ist für die praktische Umsetzung eine individuelle Freigabe seitens des örtlichen Netzbetreibers notwendig.
- Für Bestandsanlagen mit mehr als 7 kW installierter Leistung wurden die Messstellenbetreiber verpflichtet, alte Stromzähler durch intelligente Messsysteme zu ersetzen. Nach Einbau dieser intelligenten Stromzähler und nach Freigabe durch den Netzbetreiber, entfällt auch für diese Anlagen die 70-Prozent-Regelung.

Einspeisung ins Netz

Auch für die Einspeisung des mit der PV-Anlagen erzeugten Stroms ins öffentliche Netz gibt es verschiedene Anforderungen und Regelungen. Für die Netzeinspeisung sind die folgenden Komponenten erforderlich:

- Netzeinspeisegerät (NEG): Mithilfe der Netzeinspeisegerätes wird der Netzanschluss überwacht, Betriebsdaten gespeichert und ggf. auftretende Fehlströme erfasst.
- Einspeisezähler: Der Einspeisezähler misst die Menge an Strom, die ins öffentliche Netz fließt.

Um eine mögliche Überlastung des Netzes zu vermeiden, kann es notwendig werden, die Leistung der Anlage zu verringern. Dafür benötigt man ein sogenanntes Einspeisemanagement.

Wenn alle Anforderungen erfüllt sind, kann beim örtlichen Netzbetreiber ein Anschluss und damit auch die Einspeisung ins Netz beantragt werden. Auch eine Netzverträglichkeitsprüfung ist durchzuführen und die Anlage bei der Bundesnetzagentur anzumelden. Ist die Anlage Inbetriebgenommen, so ist ein Inbetriebnahmeprotokoll zu erstellen und mit der Anmeldebescheinigung der Bundesnetzagentur an den Netzbetreiber zu übermitteln. Erst wenn alle Schritte durchgeführt sind, kann die Einspeisung gegen Einspeisevergütung erfolgen.

2.2 Rechtliche Anforderungen

Baurecht

Bauliche Anlagen unterliegen in Deutschland grundsätzlich dem Bauordnungsrecht. Zu diesen baulichen Anlagen können auch PV-Anlagen zählen. Dies ist jedoch von Bundesland zu Bundesland unterschiedlich geregelt. Die meisten Bundesländer folgen mit ihren Bauordnungen der vom Länderausschuss herausgegebenen Musterbauordnung. Es handelt sich dabei allerdings um eine Empfehlung, insofern können die Länder frei entscheiden.

In den meisten Bundesländern ist für PV-Anlagen, die auf dem Dach oder an der Fassade eines Gebäudes montiert werden, keine Baugenehmigung erforderlich. In dem Fall ist im Allgemeinen der Bauherr dafür verantwortlich, dass die Anlage dem Baurecht entspricht. Kontrolliert wird das durch die Behörden nicht. Im Zweifel empfiehlt es sich, frühzeitig bei der zuständigen Kommune oder dem Land Erkundigungen über die jeweils geltenden Vorschriften einzuholen.

Obwohl die Installation einer Photovoltaikanlage keine Baugenehmigung erfordert, sind bestimmte baurechtlichen Vorschriften zu erfüllen. So dürfen beispielsweise die Anlage selbst oder das Dach nicht einsturzgefährdet sein. Auch ein ggf. vorliegender Bebauungsplan und die entsprechenden Gestaltungsgrundsätze sind einzuhalten. Eine mögliche Blendwirkung spiegelnder Module ist ebenfalls zu berücksichtigen, um störende Effekte z.B. für Nachbarn zu vermeiden. Sicherheit bietet hier die Expertise einer Fachfirma.

Für größere Photovoltaikanlagen, die auf Freiflächen aufgestellt werden, gelten andere Regeln. Gebäudeunabhängige Anlagen sind nur bis zu einer Größe von neun Metern Länge und drei Metern Höhe genehmigungsfrei.

Grundsätzlich genehmigungspflichtig sind Photovoltaikanlagen auf denkmalgeschützten Gebäuden, außerdem, wenn die PV-Anlage als Verglasung im Überkopfbereich montiert wird.

Für sogenannte Stecker-Solar-Anlagen, auch unter dem Begriff Balkonkraftwerke bekannt, ist keine Baugenehmigung notwendig, da diese nicht dauerhaft mit dem Bauwerk verbunden sind.

Genehmigung des Netzbetreibers

Tatsächlich bedarf die „Schnittstelle“ der eigenen, dezentralen Photovoltaikanlage zum jeweiligen Energieversorger keiner Genehmigung. Im Gegenteil: Strombetreiber sind gemäß Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) dazu verpflichtet, die solar erzeugte Energie vom Kunden abzunehmen und

ins öffentliche Stromnetz einzuspeisen. Trotzdem gibt es einiges zu beachten: Es sind die technischen Anforderungen des örtlichen Stromnetzes zu erfüllen. In diesem Zusammenhang ist beim Bau von PV-Anlagen auf die Kompatibilität mit dem örtlichen Stromnetz zu achten. Es empfiehlt sich, PV-Anlagen von einer Fachfirma errichten zu lassen, die die Anlage dann auch beim Stromnetzbetreiber anmeldet.

Das EEG verpflichtet außerdem alle Betreiber, den Standort und die Leistung ihrer PV-Anlage bei der Bundesnetzagentur zu registrieren. Dies geschieht mittlerweile online über das Marktstammdatenregister (MaStR). Zu beachten ist dabei die Einhaltung der recht kurzen Frist von einem Monat nach Inbetriebnahme der Anlage. Ist die Anmeldungen nicht korrekt, geht unter Umständen der Anspruch auf Einspeisevergütung verloren.

Steuerpflicht

Für die Lieferungen von Solarmodulen an den Betreiber einer PV-Anlagen ist ab dem 01.01.2023 gemäß § 12 Absatz 3 Nummer 1 Satz 1 UStG keine Mehrwertsteuer mehr fällig. Dies betrifft die für den Betrieb von PV-Anlage wesentlichen Komponenten und die für die Speicherung des erzeugten Stroms notwendigen Batteriespeicher. Der Steuererlass gilt für PV-Anlagen auf oder in der Nähe von Privatwohnungen, sowie für Anlagen auf oder in der Nähe von Wohnungen oder öffentlichen und anderen Gebäuden, die für dem Gemeinwohl dienende Tätigkeiten genutzt werden.

Die Anmeldung der PV-Anlage beim zuständigen Finanzamt kann auch für Privatpersonen notwendig werden, wenn mit der Einspeisung des erzeugten Solarstroms ins öffentliche Netz und den Einnahmen aus der Einspeisevergütung einer gewerblichen Tätigkeit nachgegangen wird. Für steuerbefreite Anlagen ist seit 2023 nur dann eine solche Anmeldung erforderlich, wenn die Behörde das ausdrücklich verlangt.

Für gewerblich betriebene PV-Anlagen ist die Anmeldung verpflichtend und sollte bis spätestens einen Monat nach der Inbetriebnahme der Anlage erfolgen.

Die Anmeldung der PV-Anlage beim Gewerbeamt ist nur dann notwendig, wenn diese jährlich einen Ertrag von mehr als 24.500 Euro erzielt oder auf einem gewerblich genutzten Gebäude montiert ist.

3. Relevante Prozesse und Abläufe

Um schlussendlich eine auf die Bedürfnisse der Nutzer und der Gegebenheiten des Gebäudes und seiner Umgebung abgestimmte und angepasste PV-Anlage nutzen zu können, sollte diese individuell geplant, errichtet und betrieben werden.

3.1 Planungsprozess

Bei Photovoltaikanlagen handelt es sich um komplexe Technik, die sorgfältig geplant und auf die jeweiligen Gegebenheiten und Bedürfnisse angepasst werden sollten. Für den Planungsprozess sind folgende Schritte zu beachten:

1. Aufstellungsort wählen

- Soll die Anlage auf einem Schrägdach installiert werden, kommen, sofern die Statik des Daches es erlaubt, zwei verschiedene Installationsarten in Betracht:
 - Aufdach-Montage: Die Solarmodule werden so auf dem Dach installiert, dass die Dachhaut selbst dabei unverändert bleibt. Diese Variante eignet sich insbesondere für die nachträgliche Montage von PV-Anlagen bzw. Modulen.
 - Indach-Montage: Die Solarmodule werden bündig in die Dachfläche eingebaut, ersetzen die Dacheindeckung und übernehmen die Funktion der Dachhaut. Diese Montageart findet insbesondere bei einer Dachsanierung und beim Neubau Anwendung. Alternativ zu herkömmlichen Solarmodulen können hier auch spezielle Solardachziegel verwendet werden.
- Wird die Anlage auf einem Flachdach montiert, sind die Solarmodule flexibler in der Ausrichtung. Zumeist werden die Module mit Hilfe eines Metallgestells aufgestellt. Auch für die Flachdachmontage gilt die Notwendigkeit der ausreichenden Statik des Dachs. Zudem sind die Lasten zu beachten, mit denen das Gestell an den richtigen Stellen mit ausreichend Gewicht zu fixieren ist, um die Anlage gegen Windereignisse zu schützen.
- Eine weitere Möglichkeit der Aufstellung einer PV-Anlage bietet die Fassadenmontage. Diese Möglichkeit wird meist dann genutzt, wenn eine Dachmontage schwierig ist oder als Gestaltungselement an der Fassade. Die Montage erfolgt i.d.R. als Vorhangfassade.
- Für größere Photovoltaikanlagen, die häufig auf Freiflächen aufgestellt werden, gelten andere Regeln. Sie werden gebäudeunabhängig aufgestellt und gelten selbst als bauliche Anlage. Ab einer Größe von 9 Metern Länge und 3 Metern Höhe sind sie genehmigungspflichtig.

2. Installationsfläche wählen

Soll die Photovoltaikanlage auf dem Dach montiert werden, ist zu prüfen, welche Dachfläche(-n) sich am besten dafür eignen. Für etwa 1 Kilowatt Peak (kWp) Anlagenleistung werden bei herkömmlichen Anlagen ungefähr 6 bis 8 Quadratmeter Dachfläche benötigt. Private Photovoltaikanlagen auf

Einfamilienhäusern haben i.d.R. eine Leistung zwischen 4 und 10 kWp. Auch die Auswahl geeigneter Solarmodule ist von der Dachfläche abhängig, auf die die Module montiert werden sollen. Meist steht für die Installation der PV-Anlage nicht das gesamte Dach zur Verfügung. Potenzielle Schattenspenden und Installationen in der Dachfläche, wie z.B. Dachflächenfenster, Gauben oder Schornsteine, müssen von dieser Fläche abgezogen werden.

Auch bei der Montage an der Fassade ist die Ausrichtung und die Verschattung zu beachten. Da die optimale Neigung der Module mit dem höchsten Ertrag bei 30 Grad liegt, die Module an der Fassade aber vertikal montiert werden, ist hier von einer geringeren Ausbeute im Vergleich zur Dachmontage auszugehen.

Rechner zur Größe der Anlage

Die Größe der Anlage kann überschlägig berechnet werden. Optimal für eine PV-Anlage sind, je nach Nähe zum Äquator, eine Südausrichtung und eine Dachneigung von 30 Grad. Neigungen von unter 25 oder über 60 Grad können den Stromgewinn um bis zu 10 Prozent verringern. Die Ausrichtung der Fläche und die Sonneneinstrahlung sind, neben einer möglichst geringen Verschattung, also entscheidend.

3. Ausrichtung und Neigung beachten

Grundsätzlich gilt: Den höchsten Ertrag bringen Photovoltaikanlagen in Deutschland bei einer Südausrichtung und einem Neigungswinkel von ca. 30 bis 40 Grad.

Es gibt aber weitere Faktoren zu beachten:

- Der Neigungswinkel ist abhängig von der Nähe zum Äquator. Steht die PV-Anlage eher im Norden, so ist eine steilere Dachneigung optimal, während im Süden flachere Winkel für den höchsten solaren Ertrag sorgen, denn je näher der Standort am Äquator liegt, desto höher ist der Sonnenstand.
- Im Winter können mit einem steileren Aufstellwinkel höhere Erträge erzielt werden, da die Sonne im Winter niedriger steht, als im Sommer. Eine passende Neigung sorgt über das gesamte Jahr gerechnet für gute solare Erträge.
- Auch Anlagen mit einer Ost- oder West-Ausrichtung können wirtschaftlich sein. Dafür sind Dachneigung und Ausrichtung aufeinander abzustimmen. Bei Südausrichtung hat die Dachneigung dagegen einen geringen Einfluss auf den Ertrag: Liegt dieser bei 30 Grad Neigung bei 100 Prozent, sind es bei 70 Grad Neigung noch annähernd 90 Prozent. Je weiter

die Ausrichtung der Anlage allerdings nach Osten oder Westen abweicht, umso größer die Auswirkung des Neigungswinkels der Module auf den Ertrag.

- Der Ertrag halbiert sich nahezu im Vergleich zur südlichen Ausrichtung, wenn die Module nord-östlich oder nord-westlich ausgerichtet werden.

4. Dachmaterial wählen

Ob ein Dach für die Montage einer PV-Anlage geeignet ist, ist i.d.R. nicht vom Dachmaterial abhängig. PV-Anlagen können auf Dächer mit Betondachsteinen, Tonziegeln, Schieferplatten, Metalldeckungen u.ä. montiert werden, mit Ausnahme von Dächern, die noch mit Asbestplatten gedeckt wurden. Hier ist Vorsicht geboten! Asbestfasern sind als krebserregend eingestuft, Asbestplatten dürfen weder angebohrt noch anderweitig beschädigt werden. Da dies bei der PV-Modul-Montage nicht zu vermeiden ist, empfiehlt es sich, solche Eindeckungen vor der Montage der Module gegen eine unbedenkliche Dacheindeckung auszutauschen.

Für die Montage ist es außerdem wichtig, dass die betreffenden Dachflächen gefahrlos betreten werden können. Auch muss die Tragfähigkeit für das zusätzliche Gewicht durch die Solarmodule gewährleistet werden. Zudem ist zu prüfen, ob die Dachhaut funktionstüchtig und unbeschädigt ist, sowohl vor, als auch nach der Montage der PV-Module, sodass die Schutzfunktion dauerhaft gewährleistet werden kann.

Grundsätzlich ist vor jeder Montage einer PV-Anlage zu prüfen, ob kurz- oder mittelfristig ein Austausch der Dacheindeckung, eine Dachsanierung oder ähnlich umfangreiche Arbeiten geplant sind. Um zu vermeiden, dass die PV-Anlage nach kurzer Zeit wieder abgebaut werden muss, sollten entsprechende Maßnahmen vor der Montage der Anlage durchgeführt werden.

5. Genehmigung und Anmeldung

Um auch rechtlich auf der sicheren Seite zu sein, sollte bei der zuständigen Stadt- oder Gemeindeverwaltung geprüft werden, inwiefern die geplante Anlage genehmigungspflichtig ist und ob es zusätzliche Anforderungen oder Hürden gibt, um die PV-Anlage zu errichten und zu betreiben.

Außerdem sind verschiedene Schritte zur Anmeldungen der Anlage, vor Inbetriebnahme, erforderlich:

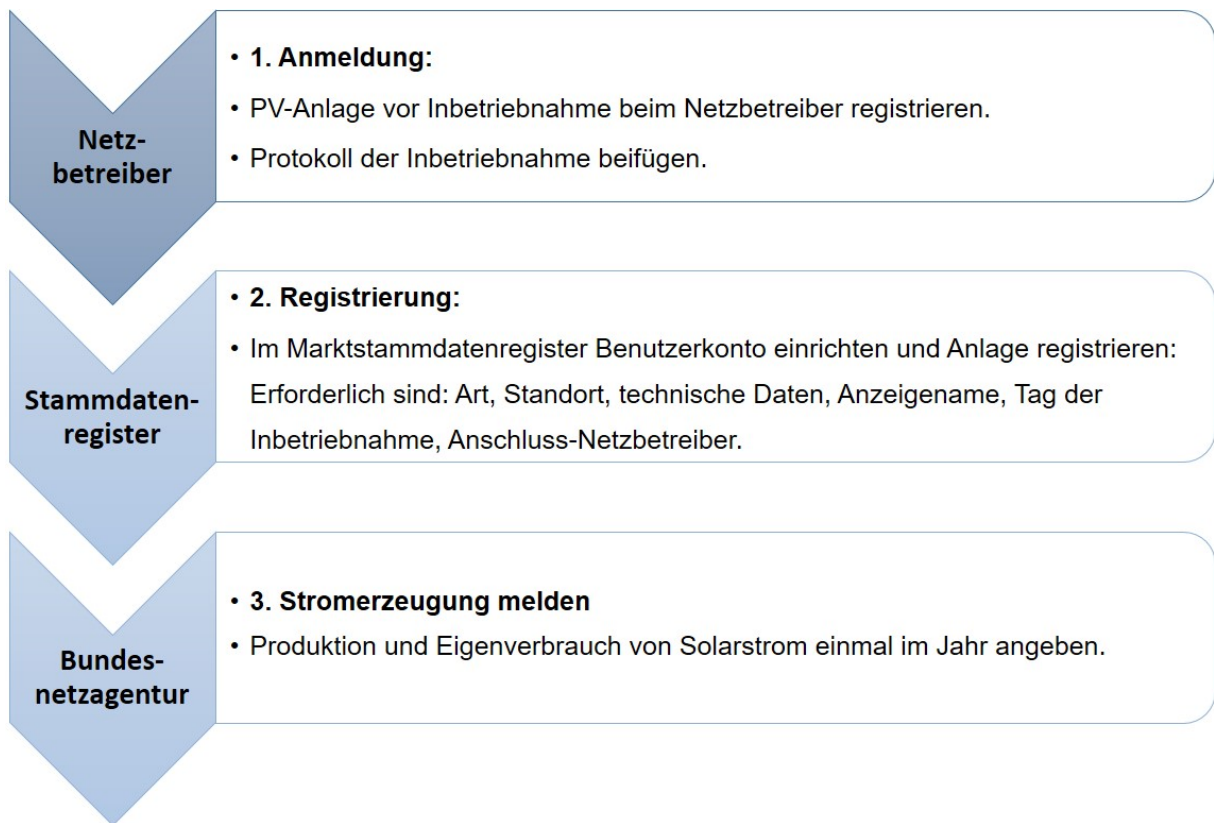


Abb. 01: Schritte zur Anmeldungen einer PV-Anlage

3.2 Bauprozess

Photovoltaikanlagen bestehen im Wesentlichen aus 4 Komponenten, die dazu dienen, den Solarstrom zu produzieren, in Gleichstrom umzuwandeln und ins Netz einzuspeisen:

- Solarmodule,
- Unterkonstruktion,
- Verkabelung,
- Wechselrichter.

Immer mehr Nutzer wünschen sich eine gewisse Unabhängigkeit von Stromnetz. Um dies zu erreichen, wird eine 5. Komponente benötigt: ein auf die PV-Anlage, die Nutzer und deren Budget angepasster Batteriespeicher.

Achtung!

An dieser Stelle weisen die Verfasser dieser Studie ausdrücklich darauf hin, dass der Eigenbau einer PV-Anlage nicht ratsam ist, aus verschiedenen Gründen:

- Marktübliche PV-Anlagen weisen i.d.R. Spannungen von bis zu 1000 Volt auf. Bei unsachgemäßer Montage droht schlimmstenfalls ein lebensgefährlicher Stromschlag.
- Ein Kurzschluss, wodurch ein Brand ausgelöst werden kann, ist bei falscher Polung nicht ausgeschlossen.
- Der Versicherungsschutz ist bei Eigeninstallationen oft aufgehoben.
- Produktgarantien und Gewährleistungsansprüche der Hersteller entfallen bei unsachgemäßer Montage.

Es wird dringend angeraten, die Planung, Montage und die Inbetriebnahme einer PV-Anlage einem fachkundigen Unternehmen zu übertragen. Auch eine sachverständige Begleitung bei der Planung, Montage und Inbetriebnahme der Anlage ist zu empfehlen.

Hinweis zur Inbetriebnahme

Eine PV-Anlage gilt gemäß EEG in Betrieb genommen, wenn diese das erste Mal Solarstrom erzeugt hat und dieser außerhalb der Anlage verbraucht wurde.

3.3 Betrieb der Anlagen

Moderne PV-Anlagen sind effizient und haben mittlerweile eine Nutzungsdauer von bis zu 30 Jahren, immer abhängig von der Lebensdauer der einzelnen Komponenten, der fachgerechten Planung und Auslegung, der Ausführungsqualität der Montage und Elektroinstallation sowie einer regelmäßigen Wartung und Kontrolle.

Dabei liegt die Leistung solcher Anlagen, abhängig von verschiedenen Faktoren, nach 25 Betriebsjahren immer noch bei durchschnittlich 80 Prozent.

Mithilfe regelmäßiger Wartung von PV-Anlagen durch einen Fachbetrieb können Ertragsausfälle minimiert und ggf. aufgetretene Schäden erkannt und beseitigt werden.

Eine Wartung beinhaltet:

- jährlich: Sichtprüfung durch einen Fachbetrieb,
- mindestens alle vier Jahre: wiederkehrende Prüfung nach DIN EN 62446-1 VDE 0126-23-1:2019-04. Sie ist vergleichbar mit der Prüfung durch den Installationsbetrieb bei Inbetriebnahme der PV-Anlage.

Bei der jährlichen Sichtprüfung werden alle zugänglichen Komponenten überprüft:

- die Module: auf starke Verschmutzungen (Laub, Moos, Vogelkot etc.) und auf funktionstüchtige Befestigung,
- das Montagesystem: auf Schäden an den Montagegestellen und dem Dach sowie auf mechanische oder thermische Verspannungen,
- die Kabel und Leitungen: auf äußere Beschädigungen, feste Steckverbindungen, Schmorstellen, Tierfraß und eindringende Feuchtigkeit,
- der Anschlusskasten der Photovoltaikanlage: auf elektrische Sicherheit und eindringende Feuchtigkeit,
- der Batteriespeicher mittels Funktionsprüfung,
- der FI-Schutzschalter mittels Funktion der Prüftaste.

Die beste Zeit für die Wartung von Photovoltaikanlagen ist zum Ende des Winters. So können Fehler und Mängel vor Beginn der sonnenreichen Zeit entdeckt und ggf. beseitigt werden, bevor sie Auswirkungen auf den Ertrag der Anlage haben. Auch nach besonderen Wetterereignissen kann eine

Überprüfung sinnvoll sein, etwa nach Stürmen, Gewittern, Hagelschlägen oder starkem Schneefall. Hier sollten Eigentümer zunächst selbst kontrollieren, ob das Dach, die Unterkonstruktion oder die PV-Module Beschädigungen aufweisen, Gegenstände auf das Dach gefallen, Hagel- oder Blitzschäden erkennbar sind. Wenn Zweifel bestehen, ob sich nach einem Sturm zum Beispiel Halterungen gelockert haben, sollte ein Fachbetrieb eine kurze Sichtung durchführen.

Eine gesetzliche Pflicht zur Wartung einer Photovoltaikanlage gibt es für Privatleute – anders als bei gewerblich genutzten Anlagen – nicht. Allerdings schreiben viele Versicherungen eine jährliche Sichtprüfung sowie die wiederkehrende Prüfung alle vier Jahre vor. Hier lohnt ein Blick in die Versicherungsbedingungen. Im Schadenfall verlangen viele Versicherungsgesellschaften den Nachweis einer regelmäßigen Wartung. Kann diese nicht nachgewiesen werden, kann die Versicherung im schlimmsten Fall die Zahlung verweigern.

Um das Ausfallrisiko der Anlage zu minimieren, empfiehlt es sich, die PV-Anlage zusätzlich gegen Unwetterschäden und Ertragsausfälle zu versichern, ggf. in Form einer Erweiterung der bereits bestehenden Wohngebäudeversicherung oder auch als separate PV-Versicherung, die mittlerweile zum Portfolio vieler Versicherungsunternehmen zählen.

4. Analyse der Datenbasis

Zu Beginn der Untersuchung stand die Datenermittlung als Grundlage für die Bearbeitung der gestellten Aufgabe. Für die Analyse der Schäden an Photovoltaik-Anlagen wurden von den VHV-Versicherungen entsprechende Daten aus den Berufs- und Betriebs-Haftpflichtversicherungen (HV) sowie den Technischen Versicherungen (TV) zur Auswertung zur Verfügung gestellt.

Darüber hinaus wurden Sachverständige, Energieberater und Ingenieurbüros, ausführende Firmen, Eigentümer von Anlagen und „Selbstbauer“ im privaten Selbstnutzerbereich befragt. Die Erhebung erfolgte im Rahmen einer digitalen Umfrage. Insgesamt haben sich 20 Angeschriebene an der Expertenumfrage beteiligt. Mit den vom IFB erarbeiteten Fragebögen wurden sowohl allgemeine Erfahrungen als auch detaillierte Angaben zur Schadenstatistik von PV-Anlagen abgefragt.

4.1 Schadenanalyse

Für die Analyse der Schäden an Photovoltaik-Anlagen wurden von den VHV-Versicherungen entsprechende Daten aus den Berufs- und Betriebs-Haftpflichtversicherungen (HV) sowie den Technischen Versicherungen (TV) zur Auswertung zur Verfügung gestellt.

Als Einstieg in die Schadenanalyse soll auf die Schäden im Hochbaubereich eingegangen werden. Dazu wurden die vorliegenden Datensätze aus den Bereichen Berufs- und Betriebs-Haftpflichtversicherungen so gefiltert, dass die Schadenarten erkennbar werden.¹

Schadenarten beschreiben ganz grundsätzlich, um welchen Schaden es sich im betreffenden Fall handelt. Aus der Grafik in Abb. 02 geht hervor, dass sich zwischen 2016 und 2020 die Schäden im Wesentlichen auf einige wenige Schadenarten verteilen. So liegt der Schwerpunkt mit einem Anteil von über 40 Prozent bei den Schäden an der Baukonstruktion, gefolgt von Wasser- und Feuchteschäden mit einem Anteil von rund 30 Prozent. Zählt man zu den Wasser- und Feuchteschäden auch noch die Leitungswasserschäden, die im Grunde genommen zu Wasser- und Feuchteschäden führen, so entfallen rund drei Viertel aller Schäden auf lediglich zwei Schadenarten. Mit einigem Abstand folgen die sonstigen Schäden mit einem Anteil von rund 17 Prozent. Andere festgestellte Schadenarten sind Schäden an Energie- und Kommunikationsleitungen, Schäden an technischen Anlagen, Brandschäden und Umweltschäden. Mit insgesamt rund 11 Prozent stellen diese Schadenarten einen vergleichsweise geringen Anteil an den Gesamtschadenarten dar.

In mehreren dieser Schadenarten verbergen sich Schäden im Zusammenhang mit PV-Anlagen, wie in Schäden an der Baukonstruktion (zum Beispiel durch eine fehlerhafte Montage der Anlage auf einem Dach), Wasser- und Feuchteschäden (zum Beispiel als Folgeschaden einer beschädigten Dachabdichtung) und Brandschäden (zum Beispiel durch Überspannung/thermische Überlastung der elektrischen Anlage). Bei Schäden an technischen Anlagen handelt es sich dagegen unter anderem um konkrete Schäden an PV-Anlagen.

¹ vgl. VHV Allgemeine Versicherung AG (Hrsg.): VHV-Bauschadenbericht Hochbau 2021/22. Stuttgart 2022

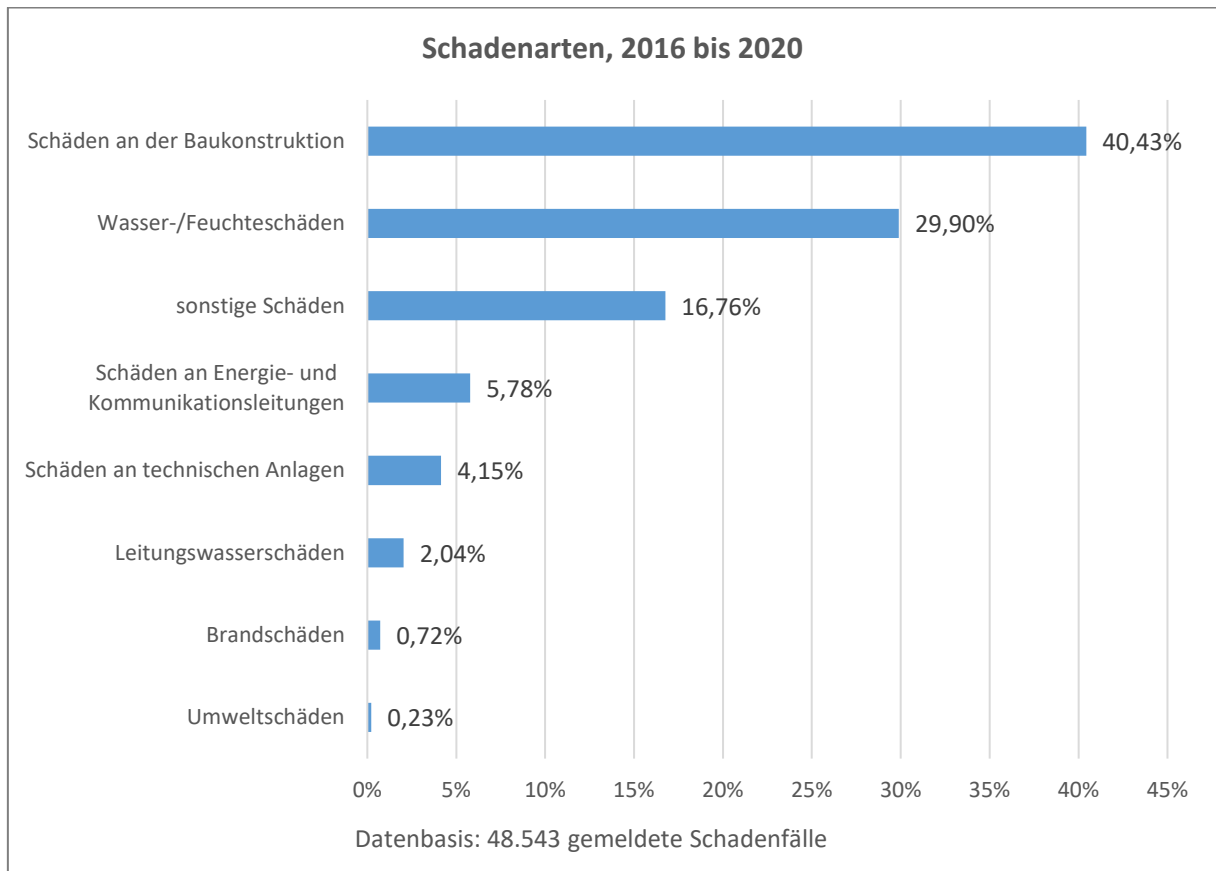


Abb. 02: Die festgestellten Schadenarten im Bereich HV, 2016 bis 2020 [Grafik: IFB, Daten: VHV]

Eine weitere, hier zu Grunde liegende Schadenstatistik der VHV beinhaltet alle im Jahr 2022 erfassten Schäden an Photovoltaik-Anlagen. Die entsprechenden Daten stammen aus dem Bereich der Technischen Versicherungen, über die alle technischen Anlagen versichert sind. Hier ist zu beachten, dass die Anzahl der Schäden als „Schadenfälle pro 1.000 Verträge“ erfasst wird.

Zunächst sollen die Ursachen, also die Auslöser, für das Auftreten von Schäden an PV-Anlagen betrachtet werden. Wie die Grafik in Abb. 03 zeigt, sind die ermittelten Schadenursachen ausgesprochen vielfältig. Es wird aber auch deutlich, dass für die Gesamtheit der aufgetretenen Schäden im Wesentlichen nur einige wenige Gründe schadenursächlich sind. Genauer gesagt sind die meisten Schadenfälle auf gerade einmal vier Schadenursachen zurückzuführen. Hierbei handelt es sich vor allem um übliche Abnutzung (Alterung bzw. Verschleiß als Folge der gebrauchsmäßigen Nutzung) sowie um Blitzschlag (zum Beispiel Beschädigung oder Zerstörung der elektrischen und elektronischen Systeme und Geräte in einem Haushalt), sonstige Ursachen und Überspannung (zum Beispiel Beschädigung oder Zerstörung der elektrischen Komponenten der Anlage). Mit einigem Abstand folgen die Schadenursachen Sturm und Tierbiss, während die weiteren Schäden auf zahlreiche andere, eher selten auftretende Ursachen zurückzuführen sind.

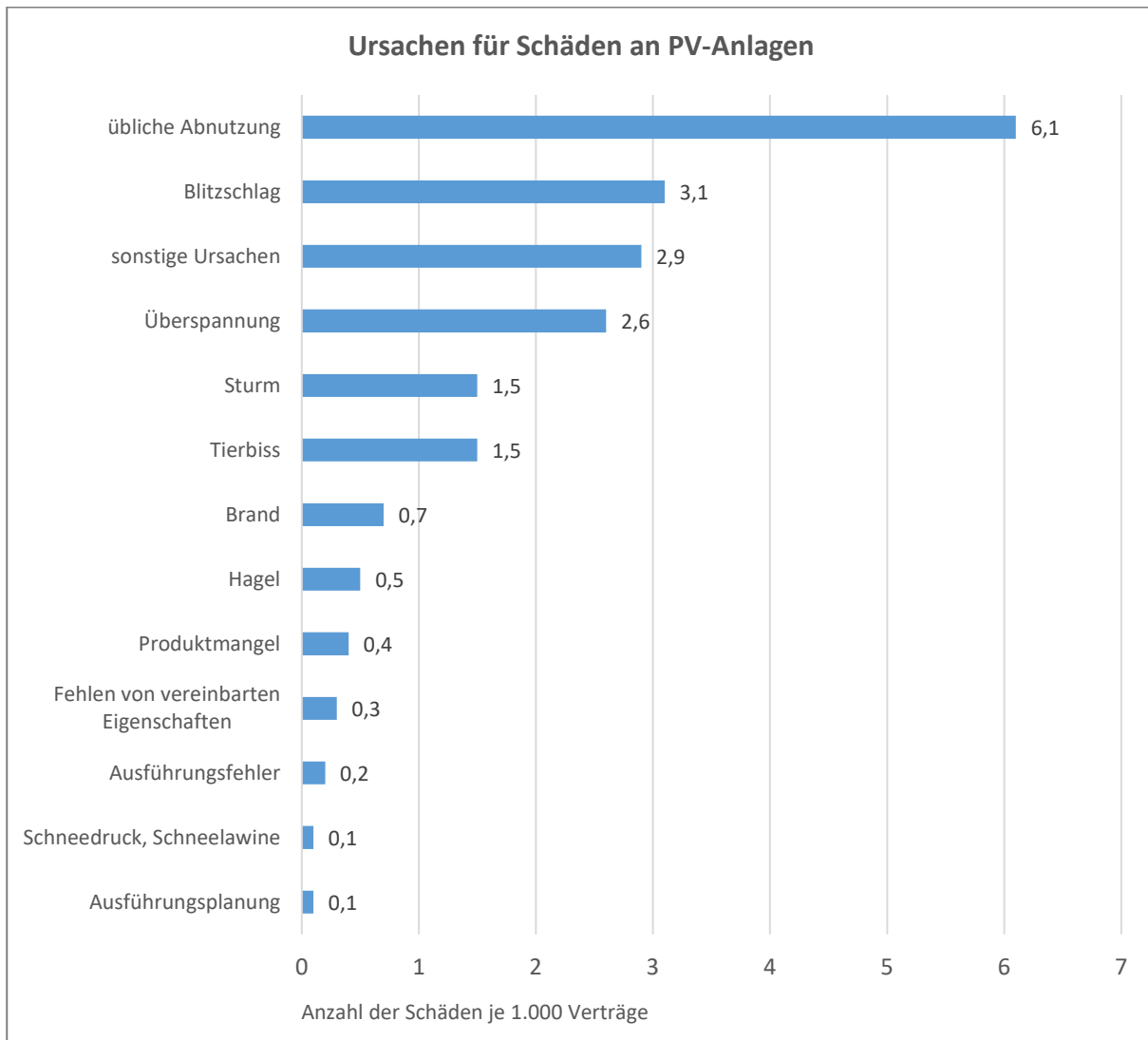


Abb. 03: Die festgestellten Schadenursachen aus dem Bereich TV, 2022 (Grafik: IFB, Daten: VHV)

Neben den Schadenursachen wurden auch die Schadenstellen bzw. die beschädigten Bauteile von PV-Anlagen untersucht. Wie der Grafik in Abb. 04 zu entnehmen ist, entfallen die weitaus meisten Schadenfälle auf die Schadenstelle bzw. das Bauteil Wechselrichter. Wechselrichter wandeln den in den Solarzellen erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom um. Dieser Vorgang ist notwendig, da die überwiegende Mehrheit aller elektrisch betriebenen Geräte (zum Beispiel Haushaltsgeräte) Wechselstrom benötigt. Die am zweithäufigsten von Schäden betroffenen Bauteile sind PV-Module, allerdings ist die Häufigkeit deutlich geringer als bei den Wechselrichtern. PV-Module stellen den Hauptbestandteil einer PV-Anlage dar, da mit ihnen der (Solar)Strom erzeugt wird. Weitere, wenige Schadenfälle finden sich an diversen Schadenstellen wie der Anlagenüberwachung und Steuerung sowie an der Verkabelung.

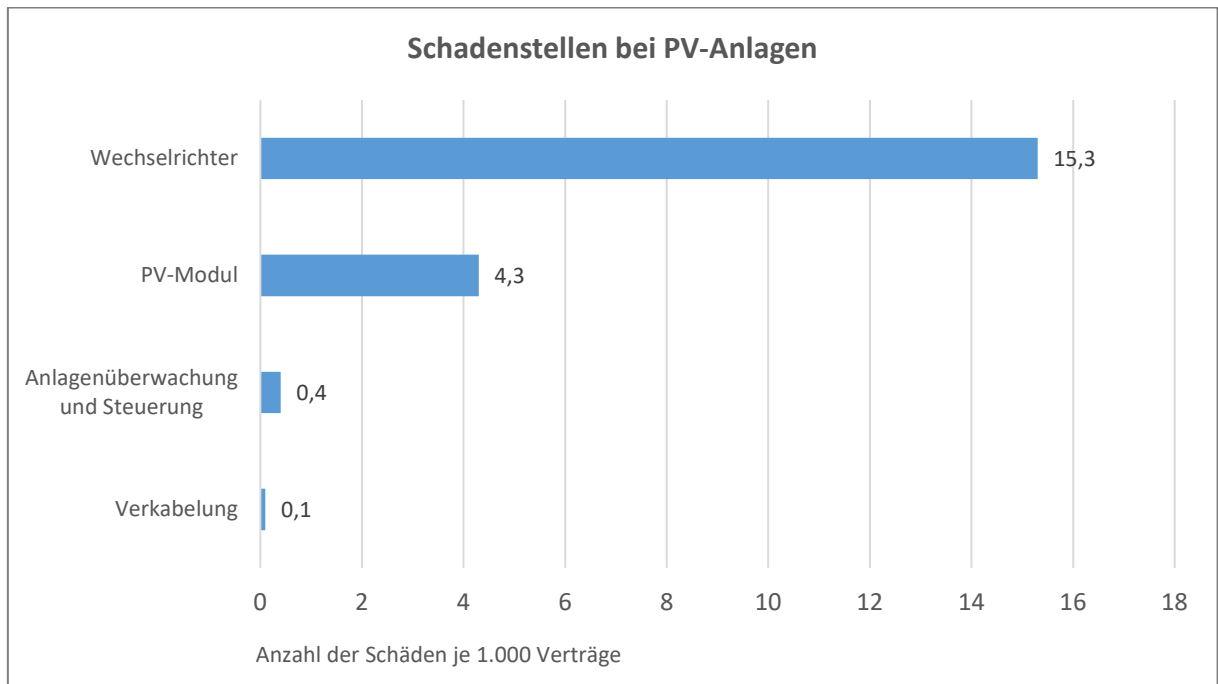


Abb. 04: Die festgestellten Schadenstellen aus dem Bereich TV, 2022 (Grafik: IFB, Daten: VHV)

4.2 Auswertung der Umfrageergebnisse

Als Grundlage für die vorliegende Bearbeitung diente unter anderem die Online-Umfrage zum Thema Mängel und Schäden an Photovoltaik-Anlagen. Hierzu wurden neben Gerichtssachverständigen aus dem Bereich Anlagentechnik, Versicherungssachverständigen und Energieberatern auch Ingenieurbüros, ausführende Firmen (Dachdecker, Elektriker), Eigentümer von Anlagen (selbstnutzend, Gewerbe und nur für Einspeisung) und „Selbstbauer“ im privaten Selbstnutzerbereich befragt. Die Erhebung erfolgte im Rahmen einer digitalen Umfrage, deren Daten dem IFB für die Auswertung zur Verfügung gestellt wurden. Insgesamt haben sich 20 Angeschriebene an der Expertenumfrage beteiligt. Mit den vom IFB erarbeiteten Fragebögen wurden sowohl allgemeine Erfahrungen als auch detaillierte Angaben zur Schadenstatistik von PV-Anlagen abgefragt.

Allgemeine Angaben

An der Umfrage haben sich insgesamt 20 Unternehmen, Experten und Privatpersonen beteiligt, wobei der Schwerpunkt mit 15 Umfrageteilnehmern eindeutig bei den Eigentümern bzw. Selbstnutzern einer PV-Anlage liegt. 4 Teilnehmer sind als Planer bzw. Ausführende von PV-Anlagen tätig, während ein weiterer Teilnehmer zu den Betreibern einer PV-Anlage zählt.

Darüber hinaus geben 15 Umfrageteilnehmer an, dass sie eine PV-Anlage betreiben und dabei selbst nutzen (s. Abb. 05). 4 Umfrageteilnehmer üben eine beratende Tätigkeit zu Solarstrom aus, 3 der Teilnehmer planen PV-Anlagen und weitere 3 prüfen und warten PV-Anlagen. 2 Umfrageteilnehmer installieren PV-Anlagen, und ein Teilnehmer ist als Sachverständiger (auch) für den Bereich PV-Anlagen tätig.

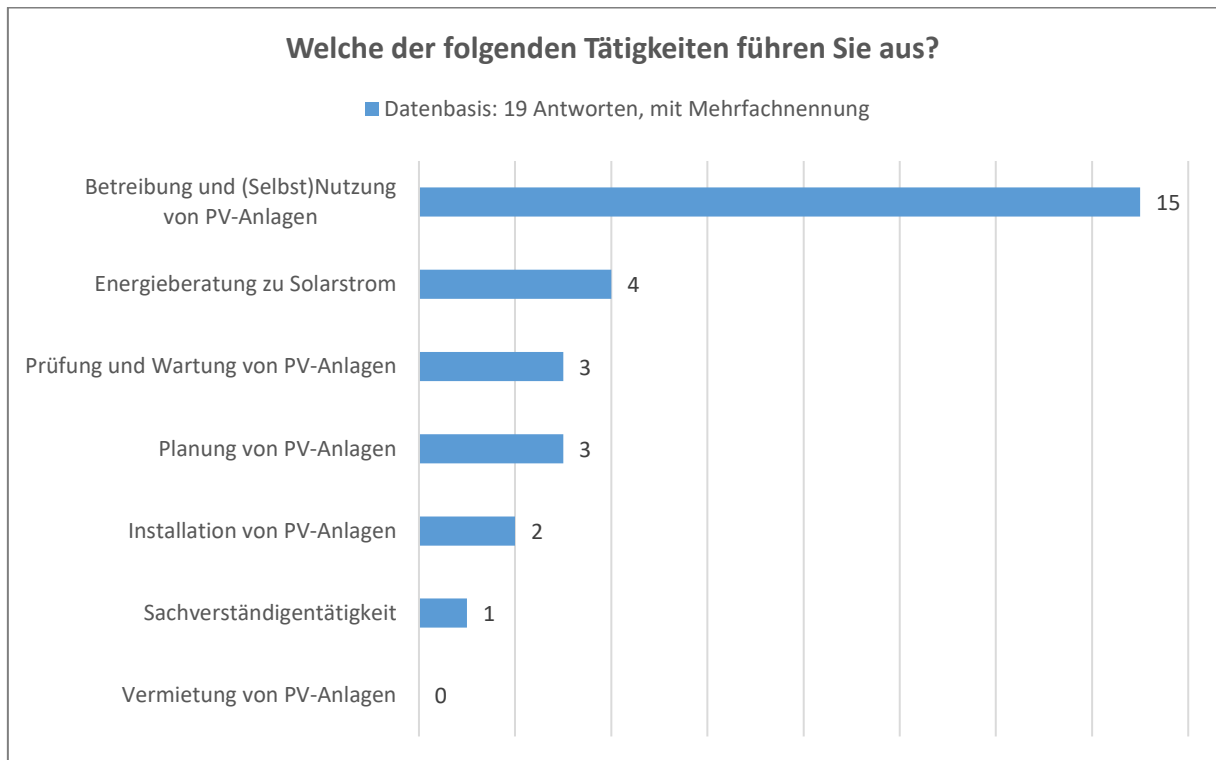


Abb. 05: Angaben zu den Tätigkeiten der Umfrageteilnehmenden

Beim Alter der betreffenden PV-Anlagen ist eine breite Streuung zu erkennen. So stammen jeweils 4 und damit die relativ meisten Anlagen aus den Jahren 2010 und 2023, während 3 der Anlagen im Jahr 2022 in Betrieb genommen worden sind. Alle weiteren in der Umfrage genannten PV-Anlagen verteilen sich relativ gleichmäßig auf die (Bau)Jahre 2011 bis 2020.

Planung

Ein Viertel der Umfrageteilnehmer gibt an, dass die Planung der PV-Anlage von einem Ingenieurbüro durchgeführt wurde (s. Abb. 06). 4 Umfrageteilnehmer haben für diese Aufgabe einen Elektroinstallateur gewählt, während jeweils 3 Umfrageteilnehmer einen Dachdecker bzw. den Hersteller der Anlage mit der Planung beauftragt haben. 2 Umfrageteilnehmer haben die Planung selbst übernommen, und jeweils ein Umfrageteilnehmer hat sich bei der Eigenplanung Unterstützung von einem Ingenieurbüro bzw. vom Hersteller der PV-Anlage geholt. Ein weiterer Umfrageteilnehmer hat die Planung in Kombination von einem Elektriker und einem Dachdecker durchführen lassen.



Abb. 06: Angaben zur Planung

Bei der Art der ausgeführten PV-Anlage dominiert mit einer Anzahl von 18 Stück die (dachparallele) Aufdach-PV-Anlage. Indach-PV-Anlagen und Solarziegel wurden von jeweils einem der Umfrageteilnehmer gewählt. Dabei verfügen 14 der Anlagen über einen Batteriespeicher zur Speicherung des überschüssigen Stroms, bei 6 Anlagen wurde kein Speicher vorgesehen.

Im Rahmen der Planung der PV-Anlagen mussten jeweils verschiedene Kriterien berücksichtigt werden. Wie aus der Grafik in Abb. 07 hervorgeht, gaben 17 Umfrageteilnehmer an, dass der jeweilige Bedarf der Nutzer in die Planung eingeflossen ist. 9 Umfrageteilnehmer gaben zudem besondere Einspeisevorgaben (zum Beispiel durch das jeweilige Energieversorgungsunternehmen) an, die als Kriterium zu berücksichtigen waren. Darüber hinaus wurden Förderkriterien genannt, die bei 8 Umfrageteilnehmern eine Rolle gespielt haben.

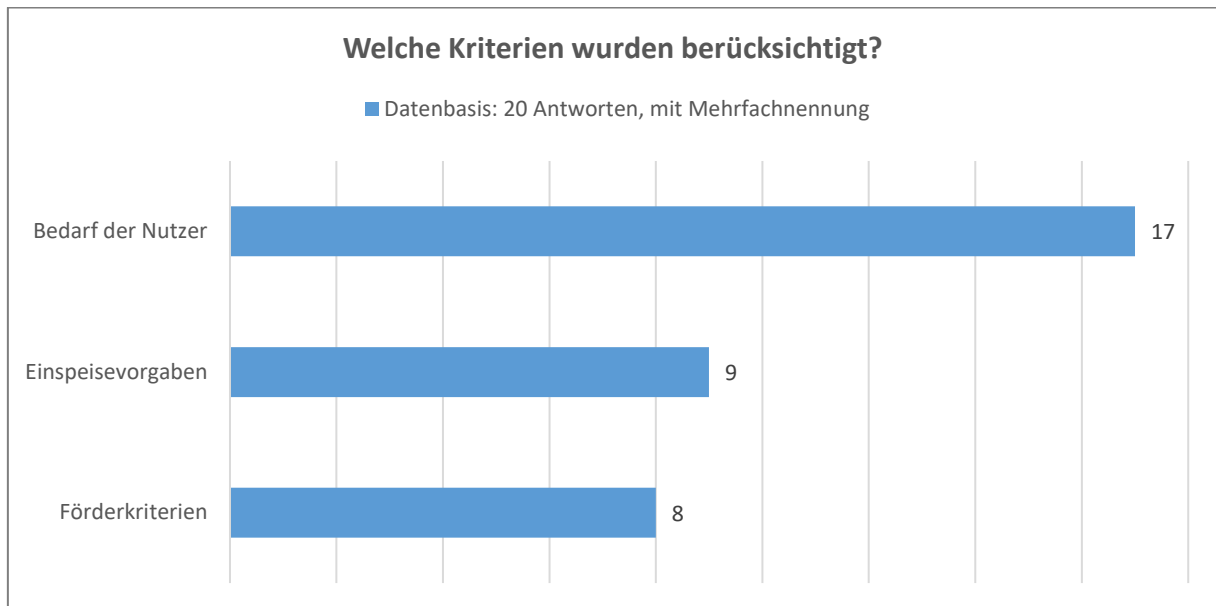


Abb. 07: Angaben zu Planungskriterien

Ein weiterer Punkt aus der Expertenbefragung betraf den Antrag auf Netzverträglichkeitsprüfung. Hierzu gaben 11 Umfrageteilnehmer an, einen entsprechenden Antrag für die PV-Anlage gestellt zu haben, 8 von ihnen haben diesen Antrag nicht gestellt. Ein Umfrageteilnehmer hat sich zu dieser Frage nicht geäußert.

Weiterhin haben 19 Umfrageteilnehmer die PV-Anlage beim Netzbetreiber angemeldet, bei lediglich einem Teilnehmer war das nicht der Fall.

Dagegen haben alle Umfrageteilnehmer laut Angabe die PV-Anlage in das Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur eintragen lassen.

Auf die Frage nach einer Versicherung für die PV-Anlage gaben 11 der Umfrageteilnehmer an, keine besondere Versicherung abgeschlossen zu haben (s. Abb. 08). 5 Umfrageteilnehmer haben neben der Wohngebäudeversicherung eine spezielle Zusatzversicherung abgeschlossen, weitere 4 verfügen über eine eigenständige Photovoltaikversicherung.

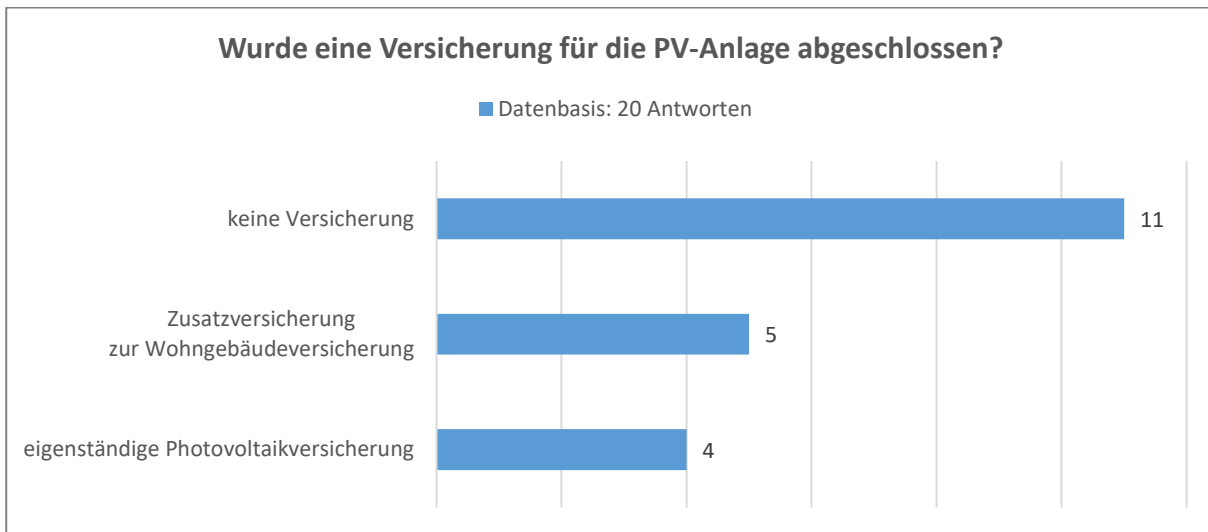


Abb. 08: Angaben zur PVA-Versicherung

Weiterhin sollte herausgefunden werden, wofür der Solarstrom überwiegend genutzt wird (s. Abb. 09). 14 Umfrageteilnehmer gaben hier die Selbstnutzung als Haushaltsstrom an, 5 nannten die Einspeisung ins öffentliche Stromnetz, und ein Umfrageteilnehmer nutzt den Solarstrom als Ladestrom für ein Elektroauto.

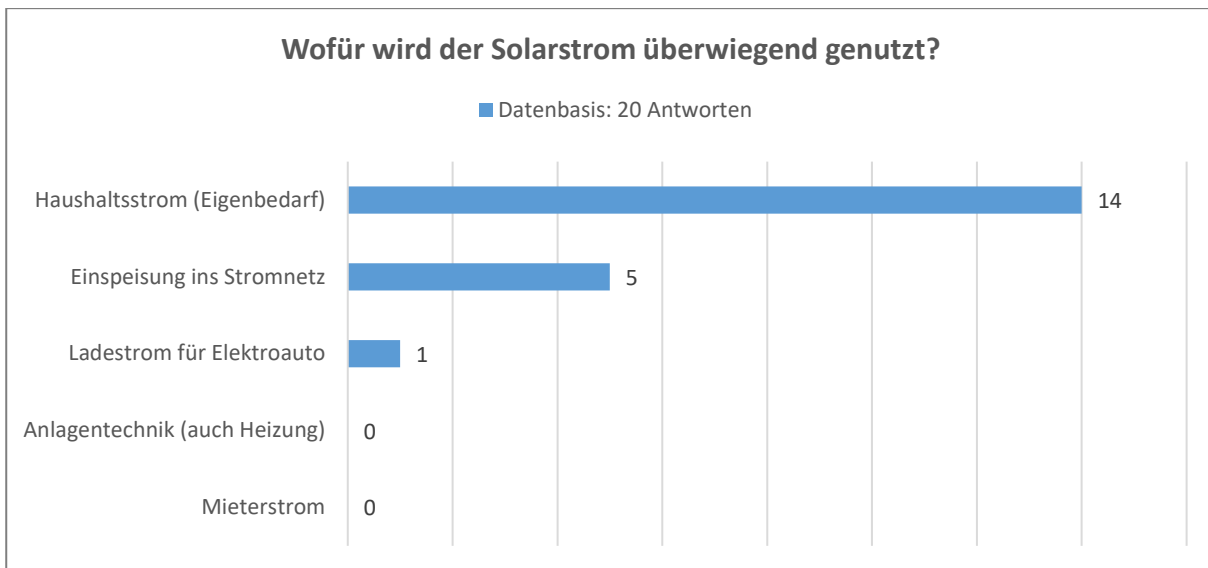


Abb. 09: Angaben zur Nutzung des Solarstroms

Um detaillierte Informationen zu den installierten PV-Anlagen zu erhalten, wurden die jeweilige Leistung und Anlagengröße abgefragt. Demnach liegt bei 17 der Anlagen die Leistung zwischen 3,8 und 14 kWp, was der üblichen Leistung von PV-Anlagen auf Einfamilienhäusern entspricht.

Eine Anlage hat eine Leistung von 25 kWp, bei weiteren 2 Anlagen handelt es sich um Großanlagen mit einer Leistung von 150 kWp bzw. 800 kWp. Bei der Größe dominieren PV-Anlagen, die eine Fläche zwischen 40 und 60 m² aufweisen; entsprechende Anlagen wurden von 10 Umfrageteilnehmern genannt. 5 PV-Anlagen sind maximal 40 m² groß, weitere 3 Anlagen erreichen Größen zwischen 120 und 150 m². 2 Umfrageteilnehmer haben sich zu dieser Frage nicht geäußert.

Mit einer weiteren Frage sollte herausgefunden werden, ob bereits während der Planung oder im direkten Anschluss daran Mängel an der PV-Anlage erkannt worden sind. Hierzu gaben 14 Umfrageteilnehmer an, dass weder Mängel noch etwaige Ausschlusskriterien festgestellt worden sind, während 6 Umfrageteilnehmer diese Frage bejahten.

Die in diesem Zusammenhang festgestellten Mängel sind der Grafik in Abb. 10 zu entnehmen. Hier ist zu beachten, dass sich nur 6 Umfrageteilnehmer zu dieser Frage geäußert haben. Demnach wurden bei der Hälfte der PV-Anlagen statische Mängel festgestellt, bei 2 PV-Anlagen wurden rechtliche Vorgaben (zum Beispiel Einhalten von Mindestabständen zu anderen Bauteilen, Brandschutz, Denkmalschutz) nicht eingehalten, und bei jeweils einer PV-Anlage lagen falsche Planungsgrundlagen vor bzw. war der Standort / die Orientierung der PV-Anlage nicht optimal gewählt. Unter „sonstiges“ wurden einzelne Punkte zusammengefasst, zum Beispiel fehlende UV-Beständigkeit der Verkabelung, notwendige Nacharbeiten und Abstimmung mit den Nachbarn bezüglich Sorge zu Blend- und Spiegelerscheinungen.

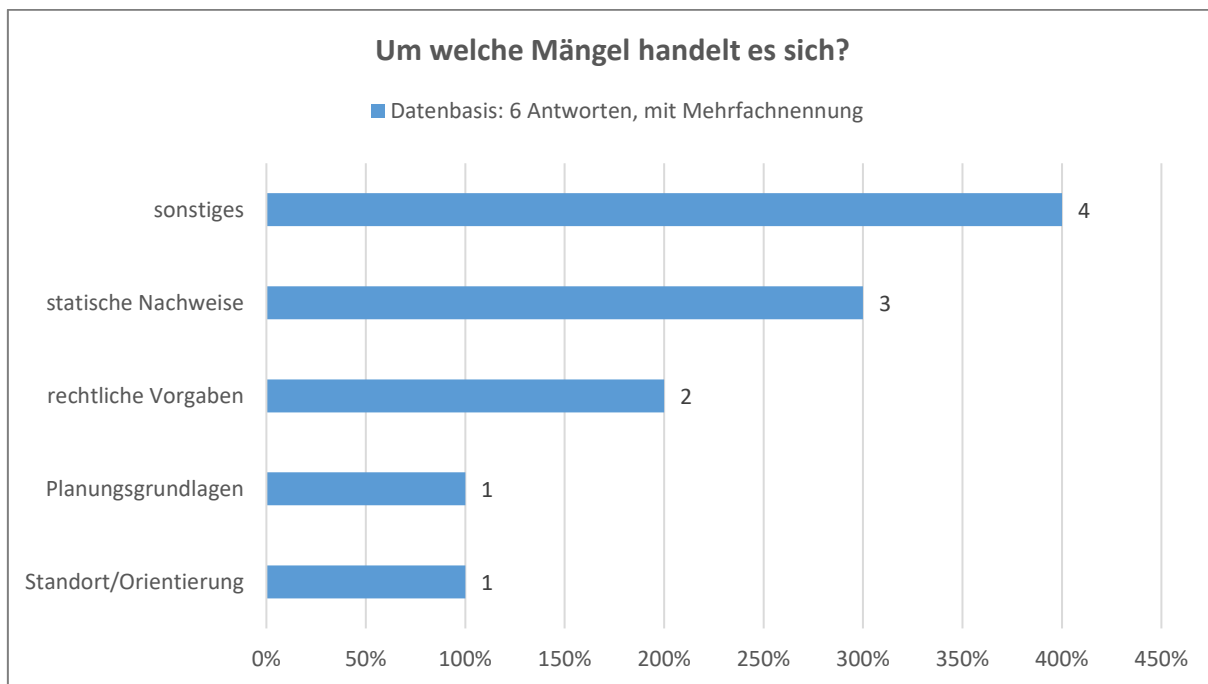


Abb. 10: Während der Planung / im Anschluss daran festgestellte Mängel oder Ausschlusskriterien

Die Anschlussfrage, ob die PV-Anlage dennoch errichtet worden ist, haben 18 Umfrageteilnehmer bejaht, 2 Umfrageteilnehmer haben sich zu dieser Frage nicht geäußert.

Installation

8 Umfrageteilnehmer geben an, dass die PV-Anlage vom Hersteller installiert worden ist (s. Abb. 11). Bei 6 Umfrageteilnehmern erfolgte die Installation durch den Elektroinstallateur, weitere 3 Umfrageteilnehmer haben die Anlage selbst montiert, jeweils mit fachlicher Unterstützung durch den Dachdecker und den Elektroinstallateur. In 2 Fällen hat der Dachdecker komplett die Installation übernommen. Bei „sonstige“ handelt es sich um ein Dachdecker- und SV-Unternehmen, das mit einem Elektriker (in Untervergabe) die Installation durchgeführt hat.

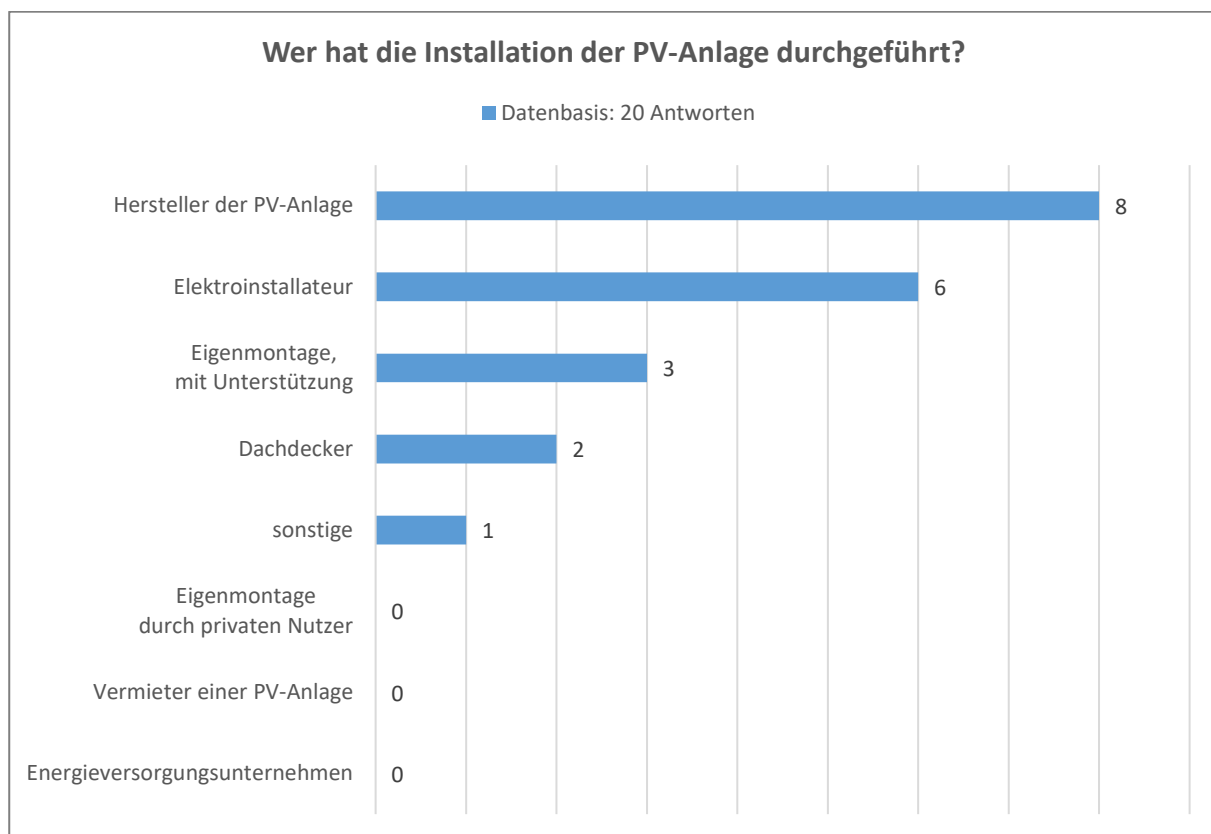


Abb. 11: Angaben zur Installation

Auf die Frage nach einer Einweisung in den Umgang mit der PV-Anlage haben 16 Umfrageteilnehmer eine Einführung bestätigt, 4 wurden dagegen nicht ausdrücklich eingewiesen. Weiterhin haben 19 Umfrageteilnehmer angegeben, dass ihnen nach der Installation der PV-Anlage alle wichtigen Unterlagen (zum Beispiel Kopie des Inbetriebnahmeprotokolls, Datenblätter der Anlage) ausgehändigt worden sind. Lediglich in einem Fall konnte die Übergabe der Unterlagen nicht bestätigt werden.

Wie die weitere Auswertung ergab, haben 6 Umfrageteilnehmer für die Installation der PV-Anlage eine sachverständige Begleitung eingeschaltet. In 14 Fällen gab es diese unabhängige Expertenunterstützung nicht.

Zusätzlich sollte herausgefunden werden, ob bei der Installation der PV-Anlage Mängel oder Schäden festgestellt worden sind. Dazu gab die Hälfte der Umfrageteilnehmer an, dass es keine Mängel oder Schäden zu beanstanden gab. Bei der anderen Hälfte ist es im Rahmen der Installation dagegen zu Mängeln bzw. Schäden gekommen.

Wie aus der Grafik in Abb. 12 zu entnehmen ist, handelt es sich hierbei vor allem um mangelhafte Kabelführungen bzw. Steckverbindungen sowie um beschädigte Abdichtungen. Bei jeweils 4 PV-Anlagen waren diese Bauteile/Bauteilbereiche mangelbehaftet. Unter „sonstiges“ wurden einzelne Punkte zusammengefasst, zum Beispiel mangelhafte Elektrik und Erdung. Weiterhin gaben jeweils 2 Umfrageteilnehmer an, dass an den PV-Modulen sowie an der Unterkonstruktion Mängel vorhanden waren. Darüber hinaus war in jeweils einem Fall war die Dacheindeckung bzw. der Wechselrichter betroffen. Insgesamt haben sich 11 Umfrageteilnehmer an der Beantwortung dieser Frage beteiligt, 9 Umfrageteilnehmer haben sich dagegen nicht geäußert.

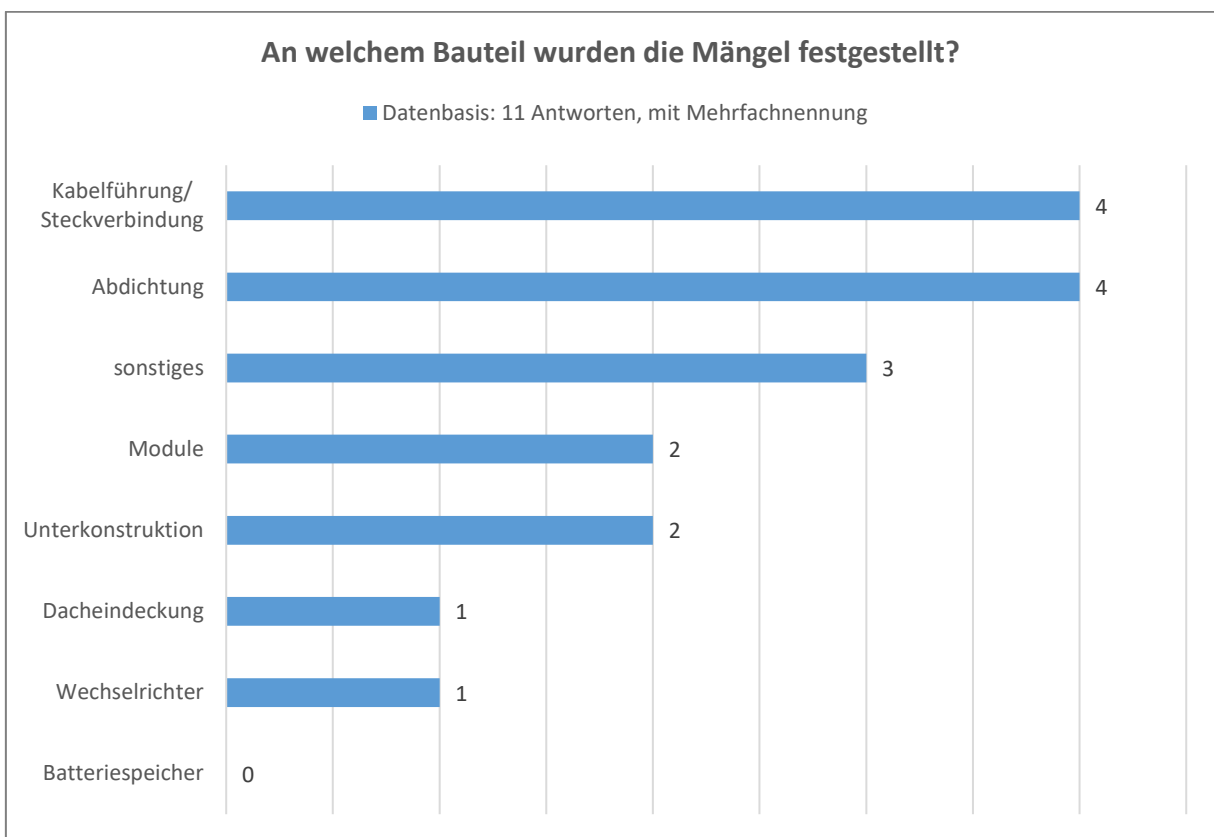


Abb. 12: Angabe zu den von Mängeln betroffenen Bauteilen

Nach Angabe erfolgte die Mangelbehebung in rund zwei Dritteln der beschriebenen Fälle, während in rund einem Drittel der Fälle die Mängel/Schäden nicht beseitigt wurden.

In diesem Zusammenhang wurde erfragt, von wem die Mangel-/Schadenbeseitigung vorgenommen wurde (s. Abb. 13). Demnach erfolgten die entsprechenden Arbeiten in der Hälfte der angegebenen Fälle durch einen Elektroinstallateur, in 3 Fällen wurden die Mängel/Schäden vom Dachdecker beseitigt, und in 2 Fällen wurde der jeweilige Hersteller der PV-Anlage tätig.

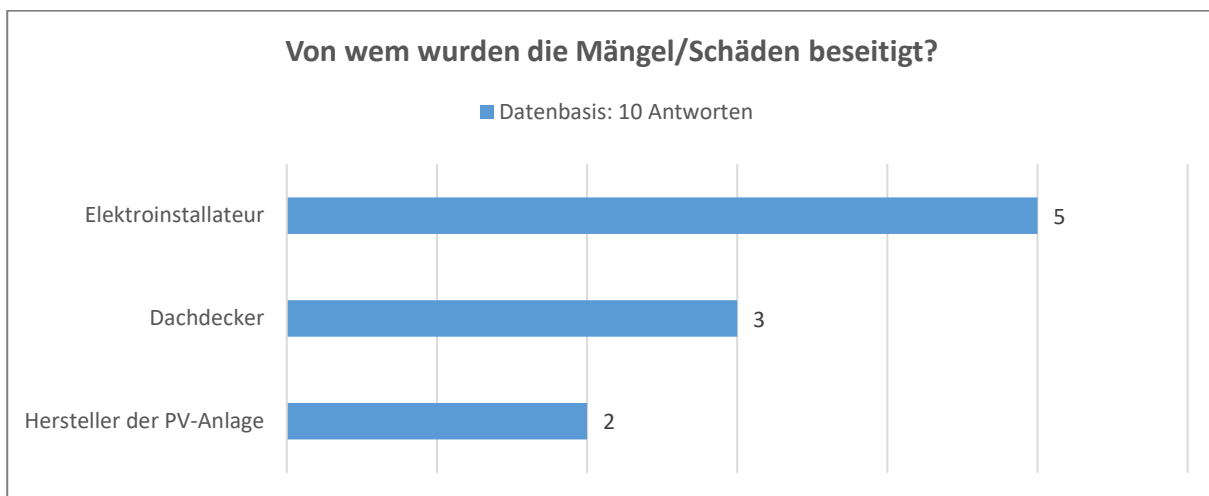


Abb. 13: Angabe zu Mangel-/Schadenbeseitigung

Auf die Frage, ob es im Zusammenhang mit den aufgetretenen Mängeln/Schäden zu einem Gerichtsverfahren gekommen ist, haben 2 Umfrageteilnehmer einen Rechtsstreit bestätigt. Bei der Mehrheit der Umfrageteilnehmer wurde laut Angabe kein Gerichtsverfahren eingeleitet.

Kosten

Die Auswertung der Rückmeldungen zeigt, dass Fördermittel nur zum Teil genutzt worden sind. So hat die Hälfte der Umfrageteilnehmer Fördermittel in Anspruch genommen, während ebenso viele darauf verzichtet haben. Bei den Fördermitteln handelt es sich überwiegend um Zuschüsse der Städte bzw. Kommunen, während ein geringer Teil der in Anspruch genommenen Fördermittel in Form von Darlehen aus den Landes-Förderbanken ausgezahlt worden ist.

Um genauer auf die angefallenen Kosten einzugehen, wurde zusätzlich nach den jeweils geplanten Kosten für die PV-Anlage gefragt (s. Abb. 14). Demnach sind 11 Umfrageteilnehmer von Kosten zwischen 10.000 und < 20.000 Euro ausgegangen. 4 Umfrageteilnehmer haben weniger als 10.000 Euro eingeplant, und 3 Umfrageteilnehmer sind von Kosten zwischen 20.000 und < 40.000 Euro ausgegangen. 2 weitere Umfrageteilnehmer haben mit Kosten von 40.000 bis 60.000 Euro gerechnet.

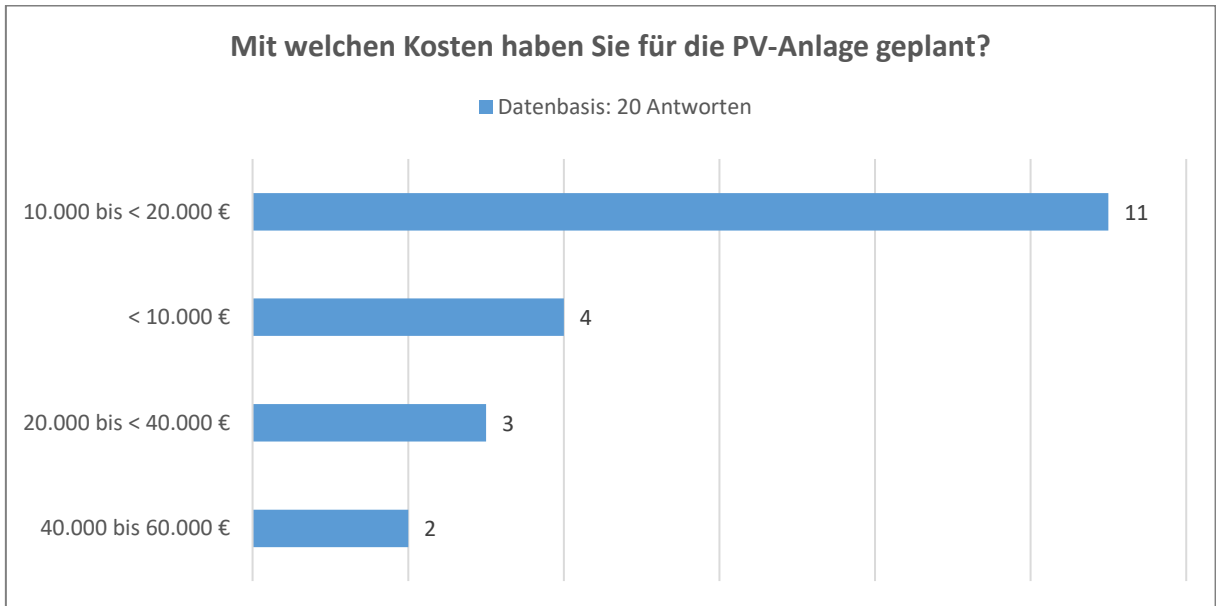


Abb. 14: Angabe zu den geplanten Kosten

Die tatsächlich angefallenen Kosten für die PV-Anlage sind der Grafik in Abb. 15 zu entnehmen. Demnach fielen bei 12 Umfrageteilnehmern Kosten zwischen 10.000 und < 20.000 Euro an, bei 4 Umfrageteilnehmern lagen die Kosten zwischen 20.000 und < 40.000 Euro, und bei 2 Umfrageteilnehmern fielen Kosten unter 10.000 Euro an. Bei weiteren 2 Umfrageteilnehmern lagen die Kosten zwischen 40.000 und 60.000 Euro. Damit decken sich die geplanten und die tatsächlich angefallenen Kosten für die PV-Anlagen im Wesentlichen.

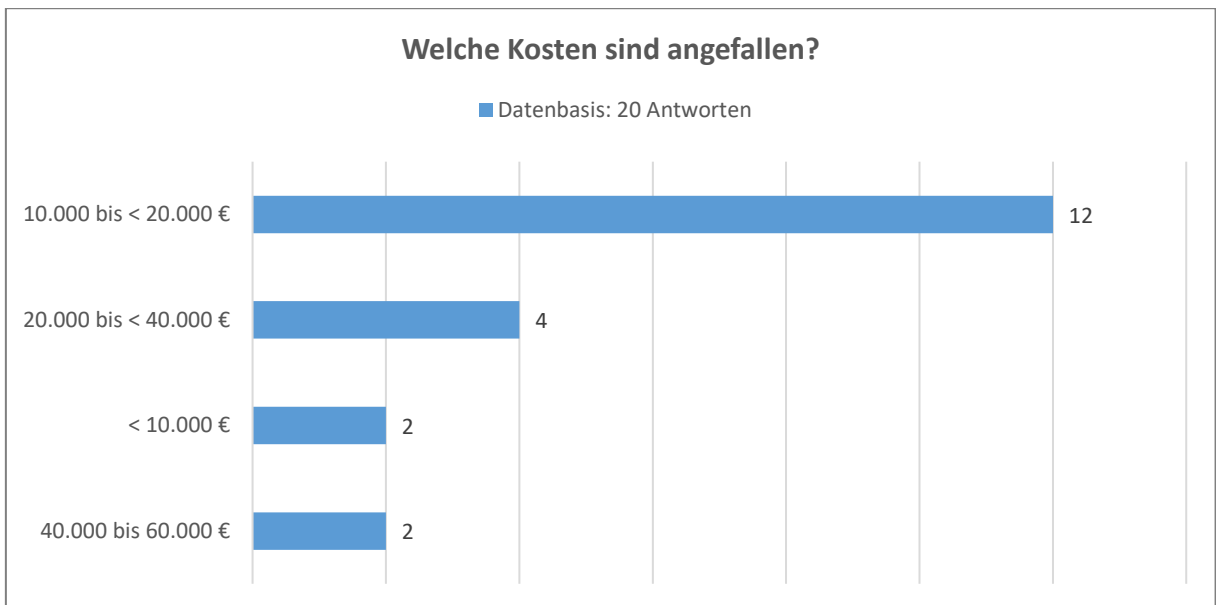


Abb. 15: Angabe zu den angefallenen Kosten

Die Frage nach einem Wartungsvertrag haben 16 Umfrageteilnehmer verneint, dagegen haben 4 der Umfrageteilnehmer einen entsprechenden Vertrag für die PV-Anlage abgeschlossen. Die dafür anfallenden Kosten liegen laut Angabe der Vertragsinhaber zwischen 100 und 200 Euro pro Jahr.

Weiterhin wurden die Kosten für die Beseitigung von Mängeln/Schäden abgefragt, die bei der Planung und/oder der Installation der PV-Anlage aufgetreten sind. Diese Kosten lagen überwiegend zwischen 300 und 3.000 Euro, in einem Fall sind 30.000 Euro angefallen.

Durch wen die jeweilige Regulierung erfolgte, ist der Grafik in Abb. 16 zu entnehmen. Demnach fand in 3 der angegebenen Fälle gar keine Regulierung statt, in weiteren 3 Fällen erfolgte die Regulierung im Rahmen der Gewährleistungsfrist (Verjährungsfrist für Mängelansprüche) durch den betreffenden Auftragnehmer. Jeweils 2 der Umfrageteilnehmer gaben an, dass die Regulierung vom ausführenden Elektroinstallateur durchgeführt bzw. hälftig auf den Auftraggeber (also den Umfrageteilnehmer) und den betreffenden Auftragnehmer verteilt wurde. Eine Regulierung durch den Versicherer erfolgte in einem der Fälle. Insgesamt haben sich 11 Umfrageteilnehmer an der Beantwortung dieser Frage beteiligt, 9 Umfrageteilnehmer haben sich dagegen nicht geäußert.

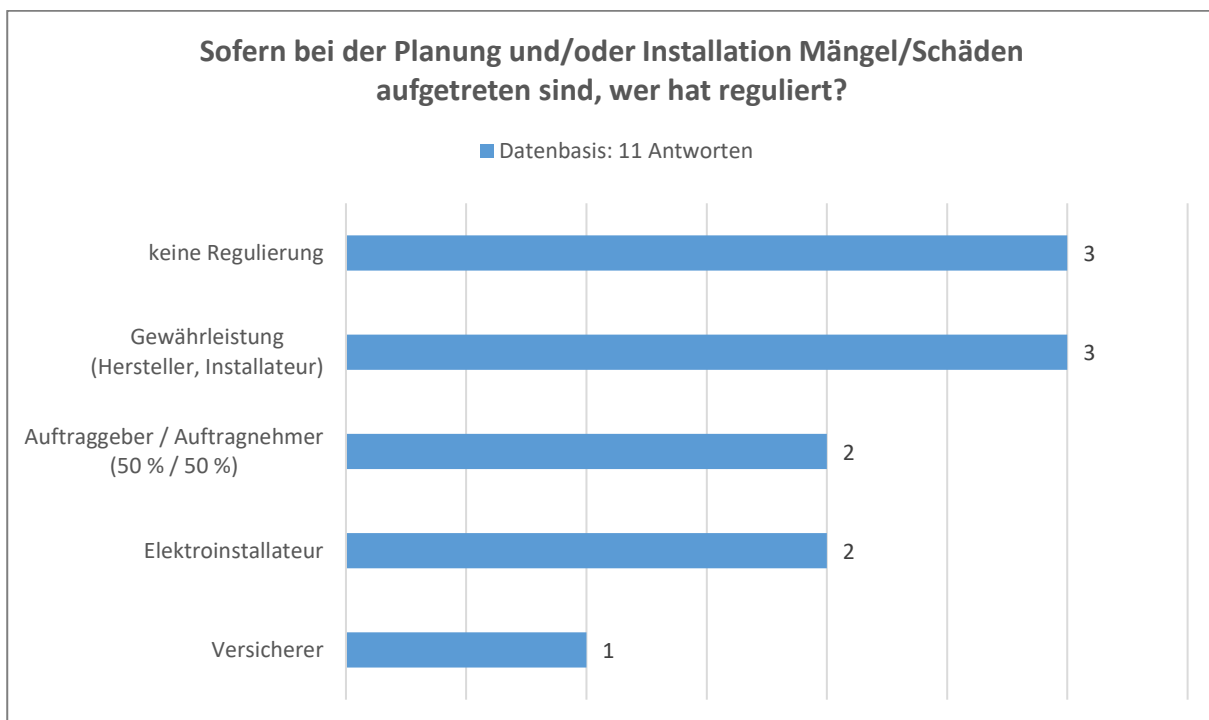


Abb. 16: Angabe zur Regulierung von Mängeln/Schäden

Betrieb

Im Zusammenhang mit dem Betrieb der PV-Anlage wurde von den Umfrageteilnehmern erfragt, ob die tatsächlichen Stromerträge den vorab ermittelten Erträgen entsprechen. 16 Umfrageteilnehmer bestätigten das Eintreffen der geplanten Stromerträge, bei 2 Umfrageteilnehmern deckten sich die geplanten und die tatsächlichen Erträge dagegen nicht. 2 weitere Umfrageteilnehmer haben sich zu dieser Frage nicht geäußert.

Weiterhin sollte herausgefunden werden, ob während des Betriebs der PV-Anlage Mängel aufgetreten sind. Hierzu gaben 10 Umfrageteilnehmer an, dass bei ihnen bisher keine Mängel festgestellt worden sind. Bei weiteren 9 Umfrageteilnehmern ist es dagegen laut Angabe bereits zu Mängeln gekommen. Ein Umfrageteilnehmer hat sich zu dieser Frage nicht geäußert.

Die daran anschließende Frage beschäftigte sich damit, welche Mängel im Einzelnen an den betroffenen PV-Anlagen festgestellt worden sind. In jeweils 2 Fällen handelte es sich demnach um Hagel- und um Sturmschäden, um Abdichtungsprobleme bzw. Feuchteintritt ins Dachgeschoss sowie um nachlassende Stromerträge. Außerdem gab es jeweils einen Schaden an der Elektrik aufgrund eines Blitzschlags sowie den Ausfall eines Wechselrichters.

In diesem Zusammenhang wurde zusätzlich gefragt, nach welcher Zeit diese Mängel aufgetreten sind. Wie der Grafik in Abb. 17 zu entnehmen ist, sind in 4 Fällen die Mängel innerhalb der ersten 6 Monate nach Inbetriebnahme der PV-Anlage aufgetreten. In 3 Fällen wurden die Mängel nach 7 bis 12 Monaten entdeckt, und in jeweils einem Fall tauchten die ersten Mängel im zweiten Betriebsjahr bzw. nach mehr als 2 Betriebsjahren auf.

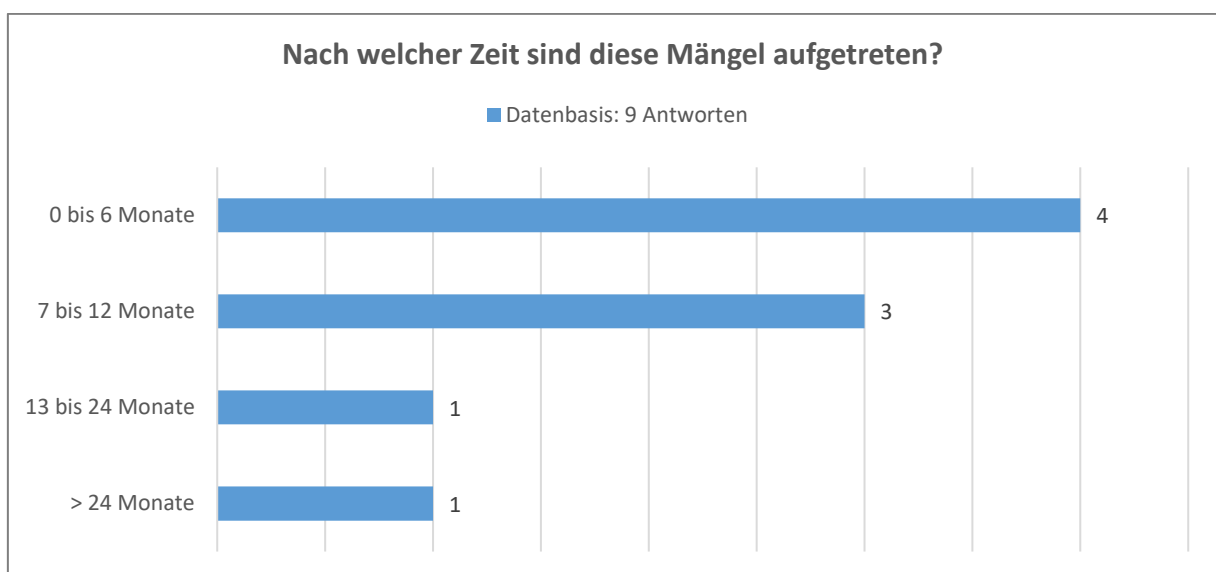


Abb. 17: Anzahl der Monate zwischen Inbetriebnahme der PV-Anlage und Auftreten von Mängeln

Auf die Frage nach der Zufriedenheit mit dem Betrieb der PV-Anlage gaben alle Umfrageteilnehmer an, dass sie zufrieden damit sind. Die Gründe für die Zufriedenheit lassen sich im Wesentlichen mit den zwei Kriterien „guter Ertrag“ und „gute Planung“ beschreiben, die jeweils von der Hälfte der Umfrageteilnehmer genannt wurden. Unter dem Stichwort „guter Ertrag“ wurden alle Stellungnahmen zusammengefasst, die sich positiv über die Stromerträge äußern. Zufriedenheit gab es daher über das Eintreffen der berechneten Erträge und über Erträge, die über die Prognosen hinausgehen. Die Umfrageteilnehmer zeigten sich insgesamt zufrieden über damit einhergehende Einsparungen durch die Nutzung von selbsterzeugtem Strom und finanzielle Gewinne durch Einspeisung des Solarstroms ins öffentliche Netz. Unter das Stichwort „gute Planung“ fallen alle Rückmeldungen, die sich zufrieden über den fehlerfreien und unproblematischen Betrieb der PV-Anlage äußern.

Zum Abschluss der Umfrage konnten die Teilnehmer Stellung zum Thema PV-Anlagen nehmen. Über ein Kommentarfeld gab es die Möglichkeit, Kommentare oder Anmerkungen abzugeben, die in diesem Zusammenhang wichtig erschienen. Hier haben sich 8 der angeschriebenen Teilnehmer beteiligt.

Wie aus der Grafik in Abb. 18 hervorgeht, wurde von 5 Umfrageteilnehmern die Beauftragung von gut ausgebildetem (Fach)Personal empfohlen, gefolgt von einer sorgfältigen und fachgerechten Planung der Arbeiten; dies halten 3 der Umfrageteilnehmer für besonders wichtig. 2 Umfrageteilnehmer befürworten die Unterstützung durch eine unabhängige Beratung zum Thema Fördermaßnahmen, und ein Umfrageteilnehmer rät dazu, bei der Planung und Ausführung von PV-Anlagen (als Laie) nicht selbst tätig zu werden.

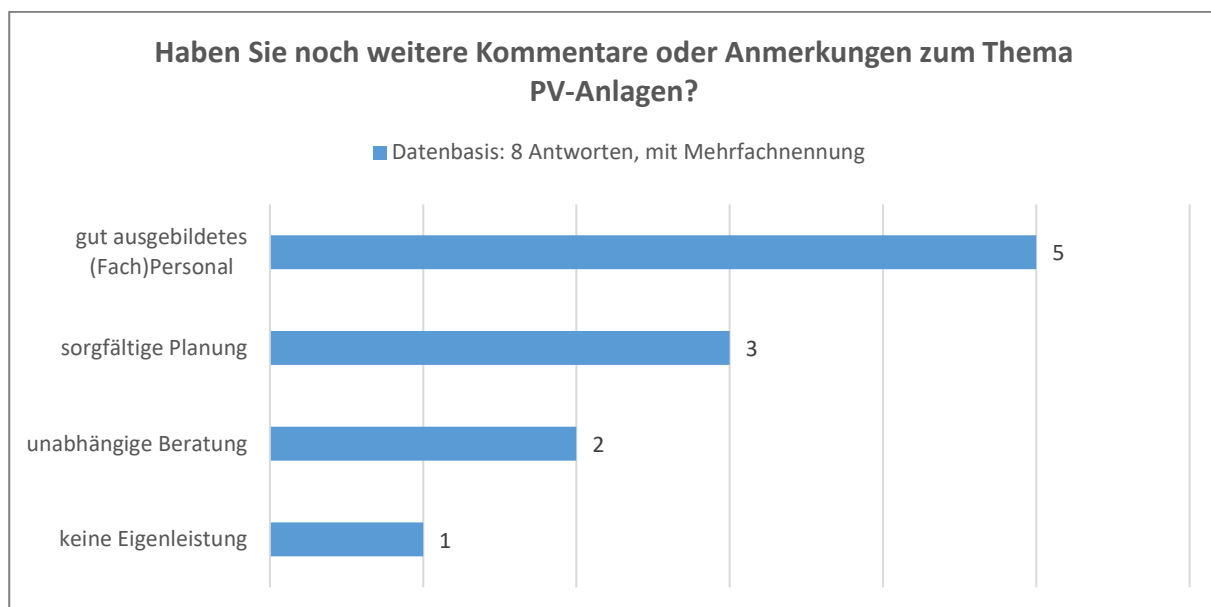


Abb. 18: Kommentare und Anmerkungen zum Thema PV-Anlagen

5. Typische Schadenfälle

Im folgenden Kapitel finden Sie einen Überblick über typische Mängel bzw. Schäden, die bei Planung und Einbau von Photovoltaikanlagen in bestehende und neu errichtete Wohn- und Nichtwohngebäude besonders häufig vorkommen.

Sie zu kennen bzw. frühzeitig zu erkennen, ist das Ziel dieser Studie.

Zudem erfahren Sie, worin im Regelfall die Ursachen zu finden sind, sowie Tipps und Ratschläge für den Schadenfall: Wir informieren Sie, wie die durch die Mängel entstandenen Schäden fachgerecht beseitigt werden können, wie die Schadenregulierung aussehen kann und vor allem, wie diese Mängel vermieden werden.

5.1 Fehlerhafte Stromerträge einer PV-Anlage

Schadenfall

Ein bestehendes Einfamilienhaus sollte nachträglich mit einer Aufdach-Photovoltaikanlage ausgerüstet werden, um den so produzierten Strom für den Betrieb einer Wärmepumpe zu nutzen. Für die Planung wurde ein für Solartechnik qualifizierter Elektroinstallateur beauftragt. Die Vorplanung erfolgte ohne Ortstermin, die erforderlichen Eckdaten zur Ausrichtung und Umgebung des Gebäudes wurden anhand eines Online-Kartendienstes eingeholt. Weitere Angaben wie die für die PV-Anlage zur Verfügung stehende Dachfläche, die Art der Dachdeckung und die Ausführung der Dachabdichtung wurden vom Auftraggeber in Form von Fotos und (Detail)Plänen geliefert. Mithilfe der vorliegenden Daten ermittelte der Planer unter anderem die erforderliche Leistung der PV-Anlage, die bei 6 kWp liegen sollte. Die Anlage wurde entsprechend geplant und von einem Dachdeckerbetrieb installiert.

In den ersten Betriebsmonaten deckten sich der ermittelte und der tatsächliche Stromertrag weitgehend. Im Winter stellte der Eigentümer fest, dass für den Betrieb der Wärmepumpe deutlich mehr Strom benötigt wurde als ursprünglich geplant. Der zusätzlich benötigte Strom musste zugekauft werden. Es stellte sich heraus, dass bei der Planung nicht berücksichtigt worden war, dass an der südlichen Grundstücksgrenze eine ca. 12 m hohe Baumreihe steht. Diese Bäume verursachen über den Tagesverlauf eine zum Teil erhebliche Verschattung der PV-Module, die vor allem in den Monaten mit tiefem Sonnenstand zu einer geringen Sonneneinstrahlung führt. Als Folge fielen die Stromerträge deutlich niedriger aus als vom Fachplaner ermittelt.



Verschattete PV-Module

Schadenbeseitigung

Damit die PV-Anlage unter Berücksichtigung der lokalen Randbedingungen die erforderliche Leistung erzeugen kann, werden auf dem Gebäudedach weitere PV-Module installiert. Die Ergänzung der Anlage ist technisch möglich, da der Wechselrichter aufgrund der ursprünglichen Berechnung für die höhere Leistung ausgelegt ist und zudem ausreichend Dachfläche zur Verfügung steht. Wäre eine Ergänzung aus Platzmangel nicht möglich, könnten die vorhandenen

Module (komplett oder teilweise) durch Module mit Tandem-Solarzellen ersetzt werden, die einen wesentlich höheren Wirkungsgrad aufweisen als herkömmliche Solarzellen.

Schadenregulierung

Die Verantwortlichkeit für den beschriebenen Schaden liegt beim Fachplaner, der bei der Planung der Anlage relevante Daten nicht berücksichtigt hat. Die Schadenbeseitigungskosten belaufen sich auf rund 2.500 Euro. Diese Summe setzt sich vor allem zusammen aus den Kosten für die zusätzlichen Solarmodule und deren Montage.

Schadenvermeidung

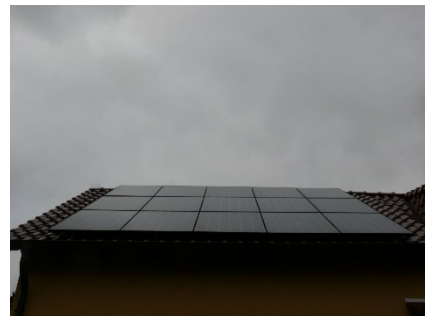
Damit PV-Anlagen möglichst effizient arbeiten, sollten großflächige Verschattungen der Module nach Möglichkeit vermieden oder so gering wie möglich gehalten werden. Ein Vorort-Termin zur Sichtung der Umgebung des Standortes ist daher unerlässlich. Können potenzielle Schattengeber nicht entfernt werden, wie zum Beispiel Nachbargebäude, Schornsteine oder Strommasten, müssen die verschatteten Dachbereiche bei der Belegung mit PV-Modulen ausgespart werden.

5.2 Beschädigte Dachkonstruktion nach Installation einer PV-Anlage

Schadenfall

Nach einem Starkregenereignis mit anschließendem Hagelsturm sollten die PV-Module auf dem Dach eines Einfamilienhauses auf eventuelle Schäden untersucht werden. Das Gebäude stammt aus dem Jahr 1996 und war noch mit der ursprünglichen Dacheindeckung aus Hohlstrangfalzziegeln gedeckt. Ende der 2010er Jahre wurde auf der südwestlich ausgerichteten Dachfläche nachträglich eine PV-Anlage als dachparallele Aufdachanlage installiert. Die Sichtkontrolle des beauftragten Solarinstallateurs (auch: Solarteur) ergab, dass die PV-Module intakt waren. Es wurde aber auch festgestellt, dass zahlreiche Dachziegel Beschädigungen wie Ausbrüche und Risse aufwiesen. Auffällig war, dass diese Beschädigungen ausschließlich im Bereich der Befestigungselemente auftraten, mit denen die PV-Module auf der tragenden Dachkonstruktion befestigt waren.

Prinzipiell erfolgt eine Aufdachmontage über Dachhaken, die auf dem Dachtragwerk befestigt sind und über Aussparungen in der Dacheindeckung nach außen geführt werden. Dort werden spezielle Profilschienen aufmontiert, die das Traggerüst für die PV-Module bilden. Bei genauerer Betrachtung der Dachziegel war zu erkennen, dass die Aussparungen für die Durchdringung der Dachhaken offenbar vor Ort durch nicht fachgerechtes Ausfräsen hergestellt worden waren. Die Aussparungen waren zudem überwiegend nicht passgenau, so dass es beim Einbau der betreffenden Dachziegel zu Spannungen gekommen war. Die daraus resultierende Dauerbelastung führte zu den festgestellten Spannungsrissen und Ausbrüchen, wodurch auch die Regensicherheit der Dachkonstruktion nicht mehr gegeben war. Nach Angabe des Bauherrn ist die Montage der PV-Anlage durch einen Fachbetrieb für Energie- und Gebäudetechnik durchgeführt worden. Zusätzlich ist ein Sachverständiger für die baubegleitende Qualitätssicherung (QS) eingeschaltet gewesen, der die Montagearbeiten an zwei Terminen überprüft hat.



Ansicht des geneigten Daches mit der PV-Anlage nach der Schadenbeseitigung

Schadenbeseitigung

Als erster Schritt erfolgte eine Bauteilöffnung, um den Zustand der Dachabdichtung zu überprüfen. Dazu wurde an mehreren Stellen die beschädigte Dachdeckung entfernt. Unterhalb der Dachziegel war als zweite Entwässerungsebene eine Unterdeckbahn angeordnet, die vor allem im Bereich der beschädigten Dachziegel Spuren einer Feuchtebeaufschlagung durch eingedrungenen Regen zeigte. Außerdem hatten sich große Mengen von Ziegelsplitt auf der Dachabdichtung angesammelt, die offensichtlich von den Fräsarbeiten an den Dachziegeln stammten. Bei einer Sichtprüfung der Dachabdichtung wurde festgestellt, dass die Unterdeckbahnen an vielen Stellen perforiert waren und somit das Risiko einer Durchfeuchtung der darunter angeordneten Dachdämmung bestand. Daher wurden im Dachgeschoss die Trockenbauplatten auf der betroffenen Dachseite abmontiert und über einen Zeitraum von 14 Tagen stichprobenartige Feuchtemessungen vorgenommen. Da sich keine erhöhten Werte ergaben, wurden die Platten nach Beendigung der Feuchtemessungen wieder montiert und darüber hinaus die beschädigte Dachabdichtung erneuert. Dazu mussten die PV-Module sowie die Dachdeckung, die Lattung und die Konterlattung rückgebaut werden, um die auf den Sparren befestigten, perforierten Unterdeckbahnen entfernen zu können. Nach dem Verlegen der neuen Dachbahnen konnte die betreffende Dachfläche wieder eingedeckt werden, wobei überwiegend auf die vorhandenen Dachziegel zurückgegriffen werden konnte. Lediglich die beschädigten Dachziegel wurden gegen neue Dachziegel getauscht. Abschließend erfolgte die fachgerechte Installation der PV-Module.

Schadenregulierung

Da mehrere Parteien involviert waren, wurden die Verantwortlichkeiten für den beschriebenen Schaden quotiert. So hat der Anlagenmechaniker, der die Dachhaken montiert hat, beim Ausfräsen der Aussparungen die Dachziegel stark beschädigt. Entscheidend für den Schadenverlauf war die fehlende Beseitigung des Ziegelsplitts, was zu der Beschädigung der Dachabdichtung führte. Weiterhin hat der für die baubegleitenden QS eingeschaltete Bausachverständige die Ausführungsfehler nicht erkannt bzw. den Ausführenden nicht darauf hingewiesen.

Die Schadenbeseitigungskosten belaufen sich auf rund 22.000 Euro. Diese Summe setzt sich vor allem zusammen aus den Kosten für den Ab- und den Neuaufbau der PV-Module, den Rückbau der Dachkonstruktion bis auf die Sparren, das Verlegen der neuen Unterdeckbahnen, das Neueindecken des Daches sowie die Feuchtemessungen der Zwischensparrendämmung. Die Quotierung erfolgte im Verhältnis 2/3 für den Anlagenmechaniker zu 1/3 für den Bausachverständigen.

Schadenvermeidung

Hinsichtlich der jeweiligen Zuständigkeiten bei der Installation von PV-Anlagen geben die einschlägigen Regelwerke wenig Auskunft. So ist es immer noch weit verbreitet, dass die Anlagen entweder von einem Dachdecker oder von einem Anlagenmechaniker montiert werden. Wie so häufig im Baubetrieb ist aber auch hier die Schnittstelle zwischen den beteiligten Gewerken zu beachten. Es ist daher empfehlenswert, die reinen Montagearbeiten immer von einem Dachdecker ausführen zu lassen, während der Anschluss an die hauseigene Installation und das öffentliche Stromnetz von einem Fachbetrieb für Energie- und Gebäudetechnik vorgenommen wird.

5.3 Missachtete Abstandsregeln und Verwendung defekter Kabel

Schadenfall

Auf den Dächern einer Reihenhauszeile aus den 1930er Jahren sollte nachträglich eine PV-Anlage installiert werden. Die Gebäudezeile besteht aus 5 grundrissgleichen Gebäuden mit einem Satteldach mit Ziegeleindeckung. Dem Wunsch der Eigentümerin entsprechend, sollten die nach Süden orientierten Dachflächen so weit wie möglich mit PV-Modulen bestückt werden. Die Planung und Installation der Anlage erfolgte durch eine Fachfirma für Elektroinstallation. Zum Einsatz kamen Glas-Folie-Module, bei denen die Rückseite nicht aus Glas, sondern aus einer speziellen Folie besteht. Nach sechs Monaten Betriebszeit kam es zu einem Brand an einigen PV-Modulen im mittleren Dachbereich. Da die Brandentwicklung zunächst unentdeckt blieb, konnten die Flammen auf die direkt benachbarten Dächer übergreifen, wobei die PV-Anlagen überwiegend zerstört wurden. Die beiden äußeren Dächer konnten dagegen durch Löschmaßnahmen gerettet werden. Bei der Suche nach dem Auslöser des Brandes stellte sich heraus, dass bei der mittleren PV-Anlage zum Teil defekte Gleichstromkabel verbaut worden waren. Es wurden zahlreiche Brüche an der Isolierung festgestellt, die einen elektrischen Kurzschluss ausgelöst hatten. Bei Kurzschlüssen entstehen extrem hohe Temperaturen, die den Brand auslösten. Darüber hinaus waren bei der Installation der PV-Module die erforderlichen Brandschutzmaßnahmen nicht berücksichtigt worden. Da die Brandwände zwischen den einzelnen Reihenhäusern nicht über das Dach geführt sind, hier also kein Schutz gegen Brandübertragung besteht, und die verwendeten Module nicht als harte Bedachung gelten, müssen die Rand-Module von der (unter der Dacheindeckung verlaufenden) Brandwand mind. 1,25 m entfernt sein. Im vorliegenden Fall betrug der Abstand jeweils rund 0,3 m und hat damit den vorgeschriebenen Mindestabstand deutlich unterschritten.



PV-Anlage auf Reihenendhaus nach Rückbau der falsch verlegten Module

<p>Auch die zulässigen Abstände zu den Dachgauben von mind. 1,25 m wurden nicht eingehalten.</p>	
<p>Schadenbeseitigung</p> <p>Drei der fünf PV-Anlagen sind durch den Brand irreversibel beschädigt worden, weshalb ein kompletter Austausch nötig wurde. Die Installation der PV-Module erfolgte unter Berücksichtigung der erforderlichen Abstandsregeln, was dazu führte, dass für die Stromerzeugung weniger Module zur Verfügung stehen. Auch wenn die ursprünglich geplanten Stromerträge so nicht zu erzielen sind, reichen die nach der neuen Berechnung zu erwartenden Erträge aus, um die Mieterhaushalte und die Anlagentechnik zu versorgen.</p> <p>Alternativ hätten im Rahmen der Schadenbeseitigung die Glas-Folien-Module durch Glas-Glas-Module ersetzt werden können. Laut der zum betreffenden Zeitpunkt geltenden Landesbauordnung durften PV-Anlagen, die zumindest teilweise aus nicht brennbaren Materialien bestehen, mit verringerten Mindestabständen von 0,5 m installiert werden. Letztlich führten die höheren Anschaffungskosten für die Glas-Glas-Module dazu, dass die Bauherrin wieder Glas-Folien-Module gewählt hat.</p> <p>Darüber hinaus wurden alle Dachziegel ausgetauscht, die starke Brandverschmutzungen aufwiesen. Bei den beiden nicht vom Brand betroffenen PV-Anlagen wurden ebenfalls die Abstandsregeln überprüft und dementsprechend Module entfernt. Außerdem wurde prophylaktisch die Verkabelung kontrolliert.</p>	
<p>Schadenregulierung</p> <p>Die Verantwortlichkeit für den beschriebenen Schaden liegt bei der Fachfirma für Elektroinstallation, die bei der Installation der PV-Anlagen zum Teil mangelhafte Bauteile verwendet hat. Die Schadenbeseitigungskosten belaufen sich auf rund 30.000 Euro. Diese Summe setzt sich vor allem aus den Kosten für den Rückbau und die Neuinstallation der drei PV-Anlagen zusammen. Betroffen waren unter anderem die PV-Module, deren Unterkonstruktion, die gesamte Verkabelung zwischen den PV-Modulen und dem Wechselrichter sowie die Wechselrichter selbst.</p>	
<p>Schadenvermeidung</p> <p>Die Installation einer PV-Anlage, insbesondere der Anschluss an das öffentliche Stromnetz, sollte immer durch einen qualifizierten Fachbetrieb erfolgen. Damit bei einem Anlagenbrand keine Übertragung der Flammen auf andere Gebäudeteile oder benachbarte Gebäude stattfinden kann, sind bei der Planung der Anordnung der Module die Vorgaben der jeweiligen Landesbauordnungen zu beachten. Aus diesen Vorschriften sind unter Berücksichtigung der Art der Bedachung und der Modulbauart unter anderem die einzuhaltenden Abstände zu Brandwänden und anderen Gebäudeteilen zu entnehmen. Eine regelmäßige Wartung der PV-Anlage kann dazu beitragen, eventuelle Schäden frühzeitig zu erkennen und stellt damit auch eine vorbeugende Brandschutzmaßnahme dar. Technische Wartungen sollten nach Möglichkeit von einem qualifizierten Fachbetrieb durchgeführt werden.</p>	

5.4 Fehlende Regensicherheit nach Einbau einer Indach-PV-Anlage

<p>Schadenfall</p> <p>Ein neu geplantes Einfamilienhaus sollte mit einer dachintegrierten PV-Anlage ausgestattet werden. Dazu wurden die PV-Module auf der Traglattung der Dachkonstruktion so befestigt, dass sie sich in einer Ebene mit der Eindeckung (Dachziegel) befinden. Da PV-Module bei Indach-Systemen die Funktion der Dacheindeckung übernehmen, müssen sie unter anderem die Anforderungen an die Regensicherheit erfüllen. Der Anschluss der Module an die benachbarten Dachziegel wurde mit speziellen Eindeckblechen durchgeführt, die Abdichtung der Dachkonstruktion erfolgte durch den Einbau eines regensicheren Unterdaches als zweite Entwässerungsebene. Ausgeführt wurden die Arbeiten durch eine Dachdeckerfirma.</p> <p>Rund ein Jahr nach Fertigstellung des Neubaus kam es im ausgebauten Dachgeschoss zu großflächigen Durchfeuchtungen. Diese befanden sich an der Innenfläche der Dachschräge unterhalb der PV-Module. Es stellte sich heraus, dass bei den oberen Eindeckblechen die erforderliche Mindestüberdeckung durch die Dachziegel um mehrere Zentimeter unterschritten wurde. Weiterhin waren einige der unteren Eindeckbleche schief montiert, so dass auch hier der regensichere Anschluss nicht gewährleistet war. Falsch gesetzte Schraublöcher in der Dachabdichtung (Unterdach) im Bereich der schief eingebauten Eindeckbleche führten letztlich dazu, dass Regenwasser in die Dachkonstruktion eindringen und diese durchfeuchten konnte.</p>	
<p>Schadenbeseitigung</p> <p>Die Schadenbeseitigung erfolgte in mehreren Schritten. Zuerst wurden die PV-Module und der umlaufende Eindeckrahmen sowie die Dacheindeckung, Lattung und Konterlattung rückgebaut, um das darunter liegende Unterdach auf weitere Beschädigungen zu untersuchen. Es zeigte sich, dass durch die falsch gesetzten Schraublöcher Feuchtigkeit in die Holzschalung des Unterdaches eingedrungen war und diese teilweise durchfeuchtet hatte. Da es bereits zu Verformungen gekommen war, wurden die betroffenen Holzbauteile einschließlich der perforierten</p>	

Dachdichtungsbahnen ausgetauscht. Nach dem Wiederherstellen des Unterdaches und der Montage der Dachlattung konnte mit der fachgerechten Installation der PV-Module sowie der Neueindeckung des Daches begonnen werden. Parallel dazu wurden im Dachgeschoss die beschädigten Trockenbauplatten abmontiert und das Ausmaß der Durchfeuchtung der Dachdämmung überprüft. Wie sich herausstellte, waren die Mineralwolle-Klemmfilze so stark durchnässt, dass sie komplett entfernt werden mussten. Feuchtemessungen an den Sparren ergaben dagegen keine erhöhten Werte. Die Konstruktion wurde 10 Tage offen gelassen und konnte so austrocknen. Im Anschluss wurde eine neue Dachdämmung eingebaut und die Dachschräge mit neuen Trockenbauplatten geschlossen.

Schadenregulierung

Die Verantwortlichkeit für den beschriebenen Schaden liegt bei der Dachdeckerfirma, die den Eindeckrahmen nicht fachgerecht eingebaut hat. Die Schadenbeseitigungskosten belaufen sich auf rund 55.000 Euro. Diese Summe setzt sich vor allem aus den Kosten für den Rückbau der Indach-PV-Module und der Dachkonstruktion sowie die fachgerechte Neumontage aller Bauteile zusammen.

Schadenvermeidung

Die Montage einer Indach-PV-Anlage sollte grundsätzlich von einem qualifizierten Fachbetrieb durchgeführt werden. Da die Module bei Indach-Systemen die Funktion der Dacheindeckung übernehmen, ergeben sich daraus besondere Anforderungen an die Regensicherheit. Gemäß dem Regelwerk des ZVDH (Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks e. V.) sind in diesem Fall besondere Zusatzmaßnahmen im Zusammenhang mit der Dacheindeckung zu ergreifen, die sich auf die Ausführung der Dachabdichtung beziehen. Aber auch durch Herstellervorgaben können bestimmte Abdichtungsarten vorgeschrieben sein. Maßgeblich für die Erfüllung der Regensicherheit ist dabei immer die sorgfältige und fachgerechte Ausführung der Dachabdichtung.

5.5 Fehlerhafte Steckverbindungen bei einer PV-Großanlage

Schadenfall

Auf dem Flachdach einer bestehenden Produktionshalle sollte eine PV-Großanlage eingerichtet werden. Die Planung erfolgte durch ein Fachingenieurbüro, die Montage wurde von einer Fachfirma für Elektroinstallation ausgeführt. Einige Wochen nach der Installation kam es zu einem Brand an der PV-Anlage, bei dem rund 30 der insgesamt 300 Module komplett zerstört wurden. Das Dach blieb dabei überwiegend unbeschädigt, da eine nichtbrennbare Dachdämmung eingebaut worden war. Diese wurde beim Brand nur oberflächlich beschädigt.

Bei der Suche nach der Brandursache wurden im Brandschutt mehrere stark verschmorte Steckverbinder gefunden, mit denen die einzelnen Module untereinander verkoppelt waren. Wie sich herausstellte, waren diese aber nur locker zusammengesteckt. Elektrische Verbindungen müssen allerdings dauerhaft fest miteinander verbunden sein. Im konkreten Fall hatte der zu geringe Anpressdruck an den Kontaktstellen zu erhöhten Kontaktwiderständen geführt, was Übertragungsverluste zur Folge hatte. Übertragungsverluste äußern sich in Form von Wärmeentwicklung, bei der extrem hohe Temperaturen erzeugt werden können. Die Überhitzung an den Steckverbindungen führte zu einer Entzündung der Bauteile, aus der sich der Brand entwickelte.



Blick unter eine Reihe PV-Module mit Steckverbindungen (exemplarisch)

Schadenbeseitigung

Nachdem die zerstörten PV-Module abgebaut waren, wurde der Zustand der Dachkonstruktion überprüft. Entsprechende Untersuchungen zeigten, dass neben der Dachabdichtung auch die darunter angeordnete Dachdämmung durch den Brand beschädigt worden war, wenn auch nur oberflächlich. Eine komplette Erneuerung des Dachaufbaus war insofern nicht notwendig. Ausgetauscht wurden nur die beschädigten PU-Dämmplatten sowie die Dachabdichtung. Weiterhin erfolgte eine Überprüfung der Steckverbindungen der nicht vom Brand betroffenen PV-Module. Da keine weiteren Auffälligkeiten gefunden wurden, sollten die Module wieder in Betrieb genommen werden. Zur Vervollständigung der PV-Anlage wurden die zerstörten Module durch neue Module ersetzt.

Schadenregulierung

Die Verantwortlichkeit für den beschriebenen Schaden liegt bei der Fachfirma für Elektroinstallation, die die PV-Anlage installiert und dabei mehrere Steckverbindungen nicht fachgerecht ausgeführt hat. Die Schadenbeseitigungskosten belaufen sich auf rund 24.000 Euro. Diese Summe setzt sich vor allem aus den Kosten für den Rückbau der zerstörten PV-Module einschließlich der Halterung und dem Austausch der beschädigten Dachabdichtung und Dachdämmung sowie der fachgerechten Montage der neuen PV-Module zusammen.

Schadenvermeidung

Bei der Installation von PV-Modulen ist auf eine sichere Verbindung bzw. fachgerechte Ausführung der Steckverbindungen zu achten, die ausschließlich von entsprechend qualifizierten Elektroinstallateuren ausgeführt werden sollte. Während der Nutzungsphase der PV-Anlage sind regelmäßige optische Überprüfungen der elektrischen Verbindungen sinnvoll, die durch regelmäßige Messungen der Netzwidestände ergänzt werden können. Daneben gibt es die Möglichkeit, PV-Anlagen in regelmäßigen Abständen durch Thermografie zu überwachen und über „Wärmebilder“ mögliche Überlastungszustände in einem Stromkreis zu erkennen.

5.6 Korrosion an delaminierten PV-Modulen

Schadenfall

Ein bestehendes Einfamilienhaus wurde durch eine Aufdach-PV-Anlage ergänzt. Die Installation erfolgte durch einen Solarinstallateur (auch: Solarteur), der auch die Einweisung in den Umgang mit der Anlage durchführte. Kurz danach entdeckte der Eigentümer der Anlage Schlieren auf der Oberfläche einiger Module. Anfänglich hielt er dieses Phänomen für reversible Verschmutzungen, die mit dem Installationsvorgang zusammenhingen. Als die Schlieren nach 4 Wochen immer noch deutlich sichtbar waren, meldete er sich bei seinem Solarteur, um die betreffenden Module austauschen zu lassen. Bei deren Überprüfung wurde festgestellt, dass es sich bei den vermeintlichen Schlieren nicht um oberflächliche Verschmutzungen handelte, sondern dass die (innenliegenden) Lötbandchen, mit denen die Solarzellen miteinander verschaltet sind, korrodiert waren. Eine genauere Untersuchung ergab, dass die einzelnen Modul-Schichten, vor allem in den Randbereichen, nur eine begrenzte Haftung untereinander aufwiesen und sich sichtbar voneinander lösten. Dieser Vorgang wird als Delamination bezeichnet und beschreibt das Ablösen der miteinander verklebten Modul-Schichten. Als Folge konnte Feuchtigkeit in die Module eindringen, was zu der beschriebenen Korrosion geführt hatte. Ursächlich für die Delamination war eine mangelhafte Verarbeitung der Module.

Bei längerer Betriebsdauer der PV-Anlage hätte dieser Vorgang zu einem deutlichen Leistungsverlust geführt, da die Solarzellen und alle weiteren elektrischen Komponenten Schaden genommen hätten. Im vorliegenden Fall waren die PV-Module hintereinander, also in Reihe geschaltet, was – vereinfacht ausgedrückt – zu einer höheren Effizienz der gesamten PV-Anlage führt. Da bei dieser Verschaltungsart allerdings jedes einzelne Modul die Leistung der anderen Module beeinflusst, würden beschädigte Module mit reduzierter Leistung die Gesamtleistung der PV-Anlage entsprechend beeinträchtigen. Im konkreten Schadenfall betrug die Laufzeit der PV-Anlage jedoch erst einige

<p>Wochen, so dass eine eventuelle Leistungsminderung noch sehr gering ausgefallen und daher möglicherweise gar nicht entdeckt worden wäre.</p>	
<p>Schadenbeseitigung</p> <p>Fünf der insgesamt 18 PV-Module wiesen die beschriebenen Schäden durch Delamination auf und wurden gegen neue Module ausgetauscht. Die Unterkonstruktion war davon nicht betroffen. Nach dem Austausch wurden alle Module neu miteinander verkabelt, mit dem Wechselrichter verbunden und wieder in Betrieb genommen.</p>	
<p>Schadenregulierung</p> <p>Die Verantwortlichkeit für den beschriebenen Schaden liegt beim Solarteuer, der bei der Installation der PV-Anlage mehrere Module mit deutlich sichtbaren Produktionsmängeln eingesetzt hat. Die Schadenbeseitigungskosten belaufen sich auf rund 2.000 Euro. Diese Summe setzt sich vor allem aus den Kosten für den Rückbau und die Neuinstallation der fünf PV-Module zusammen.</p>	
<p>Schadenvermeidung</p> <p>Bei der Installation von PV-Modulen ist darauf zu achten, dass diese mangelfrei sind und der zugesicherten Beschaffenheit bzw. Qualität entsprechen. Um mögliche Schäden während der Nutzungsphase zu vermeiden und die Sicherheit und den dauerhaften Betrieb der gesamten PV-Anlage zu gewährleisten, sollten die Module regelmäßig gewartet werden.</p>	

6. Fazit und Ausblick

Mit der steigenden Anzahl installierter Photovoltaikanlagen, deren sinkender Anlagenkomponenten-Kosten, ihrer Marktverfügbarkeit und nicht zuletzt dem Wunsch vieler Verbraucher nach einer gewissen (Strom-)Unabhängigkeit steigt auch das Risiko der Entstehung von Mängeln und Schäden an und mit diesen Anlagen. Mit der Beauftragung des Instituts für Bauforschung e.V. (IFB) durch den Bauherren-Schutzbund e.V. (BSB) wurde auf der Grundlage belastbaren Datenmaterials die vorliegende Verbraucherschutz-Information erarbeitet, die Anzahl, Art und Ursachen sowie die Hintergründe von Mängeln und Schäden sowie deren Vermeidung und Beseitigung aufzeigt. Als Datenbasis dienten die langjährigen Praxiserfahrungen des IFB, seiner Mitglieder und Netzwerkpartner sowie die Ergebnisse einer entsprechenden Experten- und Nutzerumfrage des IFB. Unterstützend wurde Datenmaterial zu Schadendaten der VHV-Allgemeine Versicherung AG hinzugezogen und bewertet.

Vor dem Hintergrund der technischen und rechtlichen Anforderungen für die Planung, die Errichtung und den Betrieb von Photovoltaikanlagen wurden übliche bzw. häufige Abweichungen identifiziert, die auf der Basis der Praxis-, Umfrage- und Versicherungsdaten analysiert wurden.

Als Mangel- und Schadensschwerpunkte sind Schadenarten hervorzuheben, die sich in den Bereichen Baukonstruktion, Wasser-/Feuchteschäden, Brandschäden und Schäden an technischen Anlagen finden. Während die Fehler an der Konstruktion (im wesentlichen am Dach) in der Mehrzahl zu Tragfähigkeits-, Befestigungs- oder Abdichtungsschäden führen, beinhalten insbesondere die letzteren Schadenarten Mängel und Schäden an den PV-Anlagen selbst. Hier sind die Hauptschadenursachen in Abnutzung / Alterung, Blitzschlag, Überspannung, Sturm und Tierbiss zu finden; sie werden aber auch durch Brand- oder Hagelschäden bzw. Produkt- oder Ausführungsmängel verursacht.

Die Verbindung der Umfragergebnisse aus der Planungs-, Ausführungs- und Sachverständigenpraxis mit den Daten der Mangel- und Schadenanalyse, lassen sich die Risiken für die Mangel- und Schadenentstehung ableiten. Sie sind im „aktiven Bereich“ eindeutig den Bereichen Planung, Produkt und Anlagenerrichtung zuzuordnen und dabei insbesondere der Nicht-Beachtung bzw. Nicht-Umsetzung technischer oder rechtlicher Anforderungen. Im „passiven Bereich“ sind Wetter- und Extremwetterereignisse sowie nicht beeinflussbare Randbedingungen als wesentliche Risiken zu nennen, wobei auch hier dem aktiven Handeln (Prävention, Absicherung, Wartung) zur Risikominderung eine zunehmende Rolle zukommt.

Zusammenfassend ist deshalb festzustellen, dass PV-Anlagen als eine der technischen Möglichkeiten zur Nutzung alternativer Energiequellen gut geeignet sind, sofern die technischen und rechtlichen Anforderungen bei der Zielsetzung, Planung, Errichtung, Nutzung, Wartung und Kontrolle beachtet und umgesetzt werden. Dabei spielt die Beauftragung entsprechend ausgebildeter, erfahrener und zugelassener Experten bzw. Unternehmen, die Nutzung zugelassener und bewährter Produkte und Produktkomponenten eine wesentliche Rolle. Von Eigenleistungen durch unerfahrene Personen oder die Nutzung nicht zugelassener Produkte wird abgeraten. Die Mangel- und Schadenrisiken können zusätzlich durch die Einbindung von sachverständiger Begleitung und passenden Versicherungsprodukten minimiert werden.

IFB, Hannover, Dezember 2023