



Dokumentation und Prüfung von PV-Anlagen

Der Anteil der durch Photovoltaikanlagen erzeugten Energie am Bruttostromverbrauch in Deutschland ist in den zehn Jahren von 2003 bis 2012 von 0,057 % auf 4,7 % gestiegen. Die Solarstromerzeugung stieg in diesem Zeitraum von 313 GWh auf 28.000 GWh, also fast auf das 90-Fache. Zwischen 2010 und 2012 hat sich der Anteil des Solarstroms am Bruttostromverbrauch von 1,9 % auf 4,7 % mehr als verdoppelt.

Laut einer Analyse der „Renewables International“ lag der Anteil der durch Photovoltaikanlagen erzeugten Elektroenergie in Deutschland in den Monaten Mai bis August 2013 jeweils über 10 %, wobei im Juli 2013 der Spitzenwert von 14,4 % erreicht wurde. Diese Erträge werden allerdings durch die geringe Produktion in den Wintermonaten (Januar 2013: 0,8 %) im Jahresdurchschnitt relativiert.¹ Die positive Ent-

wicklung in der Solarstromerzeugung wird sich voraussichtlich auch in den kommenden Jahren fortsetzen, denn die erneuerbaren Energien gewinnen durch die Verknappung der fossilen Brennstoffe und durch den Atomausstieg in Deutschland immer weiter an Bedeutung. Die Bundesregierung plant, den Ökostromanteil, zu dem auch der Solarstrom zählt, von derzeit etwa 25 % auf 45 % im Jahr 2025 zu erhöhen.

Aufbau einer Photovoltaikanlage

Das hervorsteckende Merkmal von Photovoltaikanlagen sind die Solarmodule. Sie können separat auf Dächern von Gebäuden oder in sogenannten Solarparks installiert sein. Als gebäudeintegrierte Anlage ersetzen Solarmodule Teile der Fassade oder der Dacheindeckung. Aber zu einer Photovoltaikanlage gehören weitaus mehr Komponenten. Neben den Solarmodulen zählen dazu die Wechselrichter, die die von

¹ Quelle: <http://www.renewablesinternational.net/power-production-data-updated-for-august/150/537/72620/>



den Modulen erzeugte Gleichspannung in eine Wechselfspannung umwandeln, die Messeinrichtungen, die Verkabelung, die Schutzeinrichtungen, der Übergabepunkt an das Stromnetz und nicht zuletzt das Montagesystem.

Die Solarmodule werden in der Regel in Gruppen, sogenannten Strängen (englisch: strings), zusammengefasst. Die Module eines Stranges sind in den meisten Fällen, wie in **Bild 1** dargestellt, in Reihe geschaltet. Eine Parallelschaltung der Module wird selten und nur unter besonderen Bedingungen, z. B. bei unvermeidlicher Verschattung, angewandt.

Für den Anschluss der Stränge an die Wechselrichter gibt es ebenfalls unterschiedliche Konzepte. Die einfachste Lösung ist der in **Bild 1** dargestellte Einsatz eines Wechselrichters je Strang. Durch die Massenfertigung und die dadurch gesunkenen Kosten für Wechselrichter ist dies heutzutage als eine gängige Allround-Lösung anzusehen, die gegenüber dem Multi-Strang-Wechselrichter- oder dem Zentral-Wechselrichter-Konzept viele Vorteile bietet. Dazu zählen z. B. eine einfache Überwachungsmöglichkeit der Anlage durch Vergleich der Kennwerte der Wechselrichter, die Toleranz gegenüber unterschiedlichen Einstrahlungsbedingungen in den verschiedenen Strängen oder auch die Möglichkeit, diese unterschiedlich zu konfigurieren. Dabei müssen die Spannungs-, Strom- und Leistungswerte des Wechselrichters und die entsprechenden Werte des Stranges aufeinander abgestimmt werden.

Bei der Planung und Installation einer Photovoltaikanlage müssen die örtlichen Gegebenheiten berücksichtigt werden. Dazu zählen z. B. klimatische Bedingungen wie zu erwartende Schnee- und Windlasten, die von der geografischen Lage abhängige Sonneneinstrahlung sowie die Verschattung durch Gebäude und Gebäudeteile, Bauwerke und Pflanzen. Bei Photovoltaikanlagen, die auf dem Dach eines Gebäudes errichtet werden, spielen die Gebäudestatik sowie die Ausrichtung und die Neigung des Daches eine wichtige Rolle.

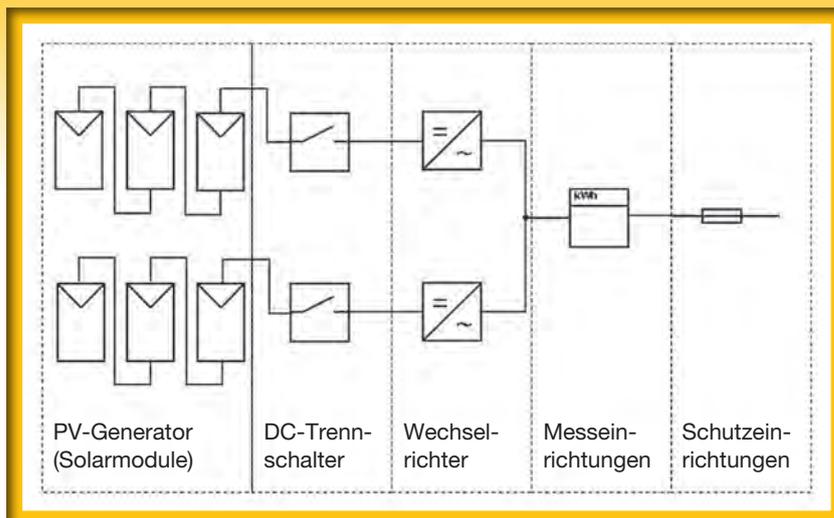


Bild 1 | Schematische Darstellung einer Photovoltaikanlage

Notwendigkeit einer Dokumentation

Photovoltaikanlagen sind für den Betrieb über mehrere Jahrzehnte ausgelegt. Während dieser geplanten langen Lebensdauer sind Arbeiten an der Anlage, wie beispielsweise notwendige Reparaturen, Modernisierungen und Modifikationen oder auch Arbeiten an der darunterliegenden Bausubstanz, sehr wahrscheinlich. Auch ein Besitzerwechsel kann nicht ausgeschlossen werden. Aus diesen Gründen ist die Bereitstellung einer angemessenen Dokumentation für den sicheren Betrieb und das sichere Arbeiten an der Photovoltaikanlage erforderlich.

Die Norm DIN EN 62446 (VDE 0126-23)
 „Netzgekoppelte Photovoltaiksysteme – Mindestanforderungen an Systemdokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und wiederkehrende Prüfungen (IEC 62446:2009), Deutsche Fassung EN 62446:2009“
 beschreibt in zwei Abschnitten die Mindestanforderung an die Dokumentation einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage, die dem Kunden nach der Installation übergeben werden muss, und die Anforderungen an die Erstprüfung und die wiederkehrenden Prüfungen der Anlage.

Brandschäden an Photovoltaikanlagen

Im Rahmen der gutachterlichen Tätigkeiten ist das IFS auch mit der Ursachenermittlung von Bränden an Photovoltaikanlagen betraut. Die Mehrzahl der vom Verfasser untersuchten Brände an oder im Umfeld von Photovoltaikanlagen waren Brände an Anlagen, die auf den Dächern landwirtschaftlicher Gebäude installiert waren. Die Grundstücke, auf denen sich die Gebäude befanden, waren teilweise unbewohnt oder abgelegen, wodurch der Brand meist erst spät entdeckt wurde. Teilweise war durch die verwendeten Baumaterialien, eingelagertes Erntegut oder abgestellte Fahrzeuge eine sehr hohe Brandlast vorhanden.

Diese Faktoren führten zu einem hohen Zerstörungsgrad von Teilen der Photovoltaikanlage oder sogar der gesamten Anlage, was eine Beurteilung im Hinblick auf die Brandursache deutlich erschwerte.

Hinzu kam in vielen Fällen, dass die Betreiber und die Errichter der betroffenen Photovoltaikanlagen in Bezug auf die Dokumentation und auf durchzuführende Prüfungen scheinbar keinen großen Wert gelegt haben. ▶



Bild 2 | Nach dem Brand waren nur noch die Mauern der ehemaligen Scheune erhalten. Das Dach, auf dem die Solarmodule installiert waren, musste wegen der Einsturzgefahr abgetragen werden.

Ein Schadenbeispiel aus dem Jahr 2012:

Auf dem Dach einer ehemaligen Scheune waren die Solarmodule einer Photovoltaikanlage installiert. Das Dach der Scheune musste wegen der Einsturzgefahr während der Löscharbeiten eingerissen werden (Bild 2).

Trotzdem konnte anhand einer Kurzschlussspur in der Elektroleitung, die vom Schaltschrank in der Scheune zu dem neben der Scheune befindlichen Einspeisepunkt des Energieversorgungsunternehmens führt, der mutmaßliche Brandentstehungsort ermittelt werden. Dieser befand sich mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb der Kurzschlussspur an einer Stelle, an der Dübellöcher den möglichen Installationsort eines Wechselrichters anzeigten (Bild 3).

Im Brandschutt wurden nur stark zerstörte Reste der installierten Wechselrichter und anderer Komponenten gefunden. Eine Identifikation von Hersteller oder Typ war aufgrund des hohen Zerstörungsgrades nicht mehr möglich (Bild 4).

RECHNUNG R-08/088		Seite: 1	Datum: 08.07.2008		
Inbetriebnahme: 05.07.08					
Pos.	Menge	ME	Bezeichnung	(EUR)	
				E-Preis	G-Preis
1			Photovoltaikanlage 18,9 kWp - Selbstmontage		
0			Anlage, bestehend aus:		
			108 Modulen KC 175 mit 175 Wp Nennleistung		
			Lorenz Montagegestell für Schrägdachmontage		
			SMA Wechselrichter mit 5 Jahren Garantie, inklusive Display		
			Gleichstromleitung bis zu 35m/kWp		
			Abrechnung erfolgt nach Modulennleistung.		
			Statik des Daches ist bauseits zu prüfen.		
			Bei Montage:		
			Gerüst stellen -Trauf und Giebelseite, sofern erforderlich - erfolgt nach Aufwand		
-1	18,90		kWp PV- Anlage, zur Selbstmontage wie zuvor Beschrieben	3 840,00	72.576,00
4	18,90		kWp AC-Installation je kWp,	90,00	1.701,00
Summe:				EUR	74.277,00
19 % MwSt:				EUR	14.112,63
Endbetrag:				EUR	88.389,63
Bereits geleistete Anzahlungen:		Netto:	MwSt:	Brutto:	
R-08/084	vom 20.05.2008	EUR	53.135,45	EUR	11.995,74
				EUR	75.131,19

Bild 5 | Dieser Auszug aus der Rechnung – Lieferant und Käufer wurden entfernt – stellte die einzige „Dokumentation“ dar, die von der zerstörten Photovoltaikanlage zur Verfügung stand.

Als Dokumentation der Anlage wurde dem Verfasser lediglich eine Rechnung vorgelegt. Wesentliche Informationen, darunter die genaue Typenbezeichnung der Kom-

ponenten, ein Schaltplan, die Leistung der Anlage und Angaben darüber, wer die Anlage geplant, errichtet und geprüft hat, fehlten (Bild 5).

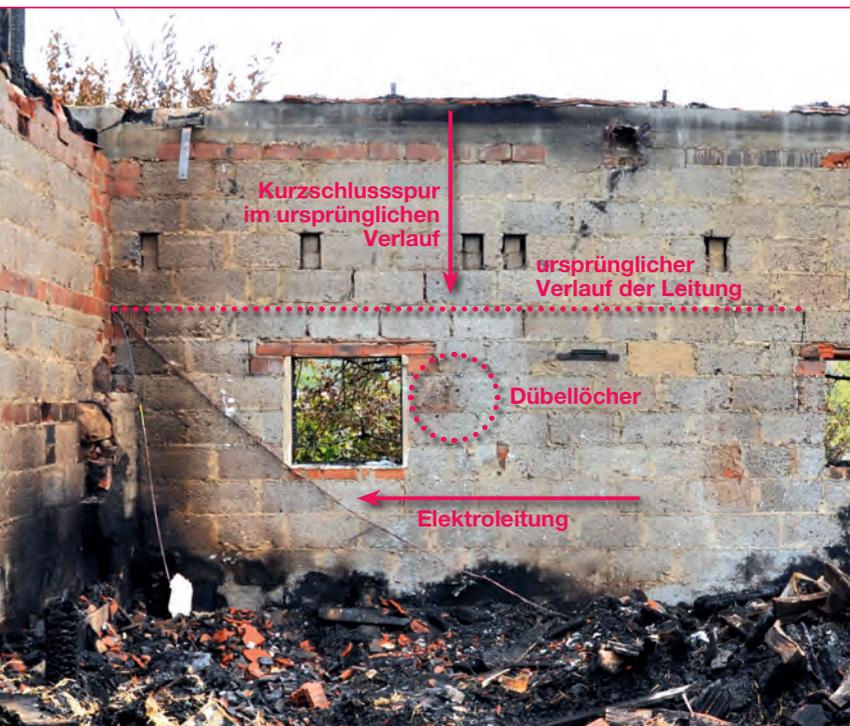


Bild 3 | Der Verlauf der Elektroleitung von einem Schaltschrank in der Scheune zu dem neben der Scheune befindlichen Einspeisepunkt ist hier eingezeichnet. Eine Kurzschlussspur in der Elektroleitung befand sich oberhalb zweier Dübellöcher.

Bild 4 | Zwei Spulen, vermutlich aus einem Wechselrichter, wurden im Brandschutt gefunden.

**Die Norm
DIN EN 62446 (VDE 0126-23)**

Die Norm DIN EN 62446 (VDE 0126-23)
Netzgekoppelte Photovoltaiksysteme
– Mindestanforderungen an Systemdokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und wiederkehrende Prüfungen
ist im Jahr 2010 als DIN-Norm in Kraft getreten.

Die Kapitel 1 bis 3 dieser Norm beschreiben den Anwendungsbereich, verweisen auf weitere Normen, die für die Anwendung dieses Dokumentes erforderlich sind, und definieren verwendete Begriffe.

Die Norm DIN EN 62446 (VDE 0126-23) fordert eine **Dokumentation** von Photovoltaikanlagen. Im Kapitel 4 der Norm ist der Mindestumfang der Dokumentation einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage beschrieben. Die Untergliederung der Anforderungen an die Dokumentation erfolgt dabei im Wesentlichen in sechs Teilabschnitten:

1. Systemdaten
2. Stromlaufplan
3. Datenblätter
4. Angaben über die mechanische Konstruktion
5. Betriebs- und Wartungsangaben
6. Prüfergebnisse und Inbetriebnahmeangaben

In den **Systemdaten** müssen neben den grundlegenden Systemangaben die vollständigen Kontaktdaten der Entwickler und der Installateure der Photovoltaikanlage enthalten sein. Die grundlegenden Systemdaten, im Text der Norm auch als „Typenschild“-Angaben bezeichnet, setzen sich wie folgt zusammen:

- Projektidentifikation
- Bemessungsleistung der Anlage
- Hersteller, Modell und Anzahl der PV-Module und der Wechselrichter
- Installations- und Inbetriebnahmedatum
- Name des Kunden sowie
- Anschrift des Aufstellungsortes

Die Norm verlangt in Bezug auf den **Stromlaufplan**, dass zumindest ein Prinzipstromlaufplan zur Verfügung gestellt werden muss. Die Angaben, die dieser Stromlaufplan enthalten muss, sind in fünf Schwerpunkte untergliedert:

- allgemeine Angaben zur PV-Generatorkonstruktion
- Angaben zum PV-Strang
- elektrische Einzelheiten des PV-Generators
- Erdung und Überspannungsschutz
- Angaben zum Wechselstromnetz

Zu jedem Schwerpunkt sind weitere spezielle Informationen gefordert, wie z. B. Typ und Anzahl der PV-Module, Typ und Querschnitt verwendeter Kabel, Einzelheiten zu Überstrom-Schutzeinrichtungen und zum Blitzschutz.

Die **Datenblätter** der Solarmodule und der Wechselrichter sind obligatorischer Bestandteil der Dokumentation. Es wird empfohlen, die Datenblätter weiterer Komponenten ebenfalls der Dokumentation beizufügen. ▶



Die Dokumentation der **mechanischen Konstruktion** erfolgt durch ein Datenblatt des Montagesystems. Zum Umfang der **Betriebs- und Wartungsangaben** zählen:

- Verfahren zum Nachweis des korrekten Anlagenbetriebes
- Checkliste für den Fall des Anlagenausfalls
- Notabschaltung/Trennverfahren
- Empfehlungen für die Wartung und Reinigung
- Überlegungen zu künftigen Arbeiten am Gebäude mit Auswirkungen auf den PV-Generator
- Gewährleistungsangaben zu den verwendeten PV-Modulen und Wechselrichtern mit Gewährleistungsbeginn und -dauer
- Angaben über die zutreffende Ausführungsqualität oder über die Garantie der Wasserdichtheit

Die Dokumentation muss Kopien der **Prüfergebnisse und Inbetriebnahmeangaben** enthalten. Diese müssen mindestens die Ergebnisse der durchzuführenden Erstprüfungen enthalten, die im Abschnitt 5 dieser Norm beschrieben werden.

Erstprüfungen und wiederkehrende Prüfungen von Photovoltaikanlagen nach DIN EN 62446 (VDE 0126-23)

Im fünften Abschnitt der DIN EN 62446 (VDE 0126-23) wird auf die Prüfung der Photovoltaikanlage eingegangen. Grundlage der Prüfung ist die Norm IEC 60364-6 bzw. die entsprechende deutsche Norm „DIN VDE 0100-600 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 6: Prüfungen“.

Der Begriff „Prüfung“ umfasst gemäß der Begriffsdefinition der Norm alle Maßnahmen, mit denen die Übereinstimmung der Photovoltaikanlage mit einschlägigen Normen überprüft wird. Die Prüfung erfolgt

in drei Schritten, dem Besichtigen, dem Erproben und der Erstellung eines Prüfberichtes. Das Besichtigen ist eine vollständige Untersuchung der Anlage im Hinblick auf die richtige Auswahl und die ordnungsgemäße Errichtung der elektrischen Betriebsmittel und geht dem Erproben voraus. Das Erproben dient dem Nachweis der ordnungsgemäßen Funktion der Anlage.

Das **Besichtigen** der Photovoltaikanlage muss die folgenden speziellen Punkte für netzgekoppelte Photovoltaikanlagen berücksichtigen:

- Gleichstromsystem
- Schutz gegen Überspannung/elektrischen Schlag
- Wechselstromsystem
- Aufschriften und Kennzeichnung

Die Norm sieht die folgenden **Prüfungen** in dieser festgelegten Reihenfolge vor:

- Prüfung aller Wechselstromkreise

Prüfung der Gleichstromkreise, die den PV-Generator bilden, auf:

- Durchgängigkeit der Schutz- und Potentialausgleichsleiter
- Polarität
- Leerlaufspannung der PV-Stränge
- Kurzschlussstrom der PV-Stränge
- Funktion der Schalt- und Steuereinrichtungen, der Wechselrichter und der Abschaltung bei Netzausfall
- Isolationswiderstand

Über die durchgeführten Prüfungen ist ein **Prüfbericht** mit folgendem Inhalt zu erstellen:

- Zusammenfassende Systembeschreibung
- Verzeichnis aller besichtigten und geprüften Stromkreise
- Bericht der Besichtigung
- Bericht der Prüfergebnisse für jeden erprobten Stromkreis
- Empfohlenes Intervall bis zur nächsten Prüfung
- Unterschrift des Prüfenden

Eine Kopie des Prüfberichtes wird Bestandteil der Systemdokumentation.

Über die **Häufigkeit der wiederkehrenden Prüfungen** sagt die DIN EN 62446 lediglich aus, dass im Prüfbericht der Erstprüfung eine Empfehlung für den Zeitraum zwischen den wiederkehrenden Prüfungen enthalten sein muss. Dieser Zeitraum richtet sich nach der Art der Installation und Ausrüstung, deren Anwendung und Wirkungsweise, nach den Wartungsintervallen und dem Wartungsumfang sowie nach den äußeren Einflüssen, denen die Anlage ausgesetzt ist. Die wiederkehrenden Prüfungen sind gemäß den Anforderungen des Abschnitts 5 der Norm durchzuführen.

Die Pflicht zur Prüfung gewerblich genutzter elektrischer Anlagen und Betriebsmittel ist in Deutschland jedoch auch an anderer Stelle geregelt: In der Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ BGV A3. In § 5 Prüfungen der BGV A3 heißt es:

„Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass die elektrischen Anlagen und Betriebsmittel auf ihren ordnungsgemäßen Zustand geprüft werden

1. vor der ersten Inbetriebnahme und nach einer Änderung oder Instandsetzung vor der Wiederinbetriebnahme durch eine Elektrofachkraft oder unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft und
2. in bestimmten Zeitabständen.

Die Fristen sind so zu bemessen, dass entstehende Mängel, mit denen gerechnet werden muss, rechtzeitig festgestellt werden.“

In den Durchführungsanweisungen zu § 5 wird zwischen ortsveränderlichen und ortsfesten elektrischen Betriebsmitteln sowie zwischen stationären Anlagen und nichtstationären Anlagen unterschieden. Nach dieser Einteilung beträgt die Prüffrist für Photovoltaikanlagen vier Jahre. Diese Prüfung auf ordnungsgemäßen Zustand der Anlage muss durch eine Elektrofachkraft erfolgen. Darüber hinaus sind Fehler-

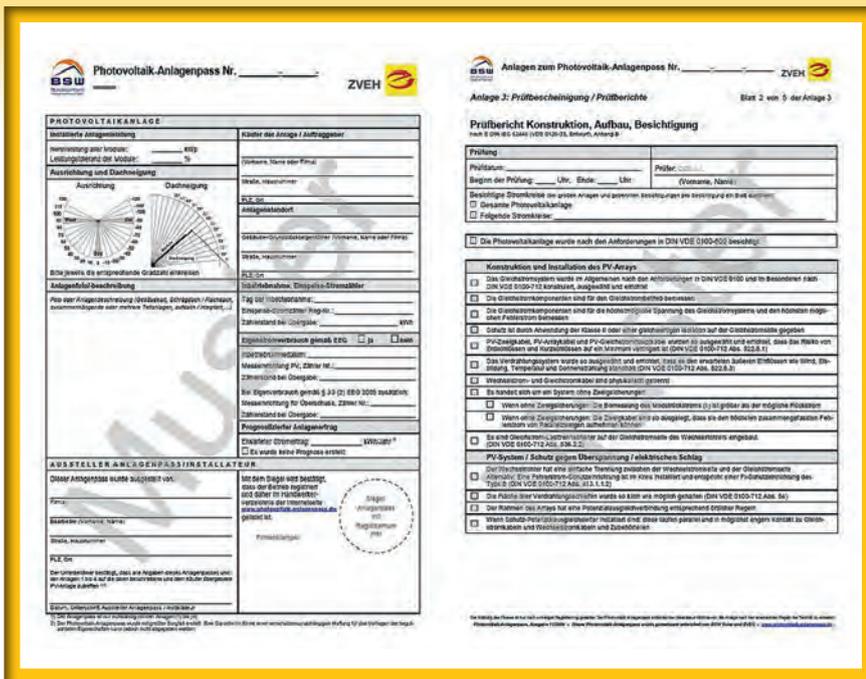


Bild 6 | Zwei Seiten aus der Vorlage des Photovoltaik-Anlagenpasses von BSW und ZVEH

strom-, Differenzstrom- und Fehlerstrom-Schutzschalter alle sechs Monate durch den Benutzer zu prüfen. Dabei wird die einwandfreie Funktion der Schutzschalter durch Betätigen der Prüfeinrichtung festgestellt.

Die Form der Dokumentation

Die Anhänge A bis C der Norm enthalten Vorlagen für Prüfbescheinigungen und Prüfberichte. Die Anhänge sind jedoch mit dem Zusatz „informativ“ gekennzeichnet. D. h., dass die Gestaltung der Form der Dokumentation jedem Errichter bzw. Anlagenbetreiber selbst überlassen ist.

Der Photovoltaik-Anlagenpass des BSW und des ZVEH

Ein Beispiel für die Dokumentation einer Photovoltaikanlage ist der Anlagenpass des Bundesverbandes Solarwirtschaft (BSW) und des Zentralverbandes der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke (ZVEH). Dieser Anlagenpass steht registrierten Handwerksbetrieben zur Verfügung (Bild 6).

Der Anlagenpass dokumentiert

- die Systemdaten,
- die eingesetzten Komponenten sowie deren Zertifikate und Garantien,
- die Einhaltung von Richtlinien und Normen bei Planung und Installation,
- den Stromlaufplan der Anlage und
- das Prüfprotokoll.

Informationen zu diesem Anlagenpass und ein vollständiges Muster finden Sie auf der Website: <http://www.photovoltaik-anlagenpass.de>.

Zusammenfassung

Eine normgerechte und sorgfältig erstellte Dokumentation einer Photovoltaikanlage ist der Nachweis dafür, dass die Anlage nach dem Stand der Technik und unter Berücksichtigung gültiger Normen und Richtlinien errichtet wurde. Die Dokumentation schafft Transparenz und bietet dem Betreiber und dem Versicherer der Anlage viele Vorteile. Auftretende Fehler können schnell-

er erkannt und die Fehlerursache kann schneller gefunden werden. Notwendige Reparaturen, Modernisierungen oder Modifikationen oder auch Arbeiten an der darunterliegenden Bausubstanz, die während der geplanten Lebensdauer der Photovoltaikanlage erforderlich werden können, werden durch eine umfassende Dokumentation erleichtert.

Und nicht zuletzt – um auch das Thema der Brandsicherheit hervorzuheben – ermöglicht eine normgerechte Dokumentation eine schnelle Reaktion auf Produktrückrufe, da die Angaben zu Hersteller, Modell und Anzahl der verwendeten PV-Module und Wechselrichter schnell verfügbar sind. In der IFS-Rückrufdatenbank sind momentan vier Rückrufe zu Solarpaneelen und ein Rückruf zu Wechselrichtern verzeichnet. Von allen dort beschriebenen Komponenten geht eine Brandgefahr aus.

Die DIN EN 62446 fordert vom Errichter der Anlage die oben vorgestellte Dokumentation mit den vorgegebenen Prüfungen. In der Praxis zeigt es sich aber leider häufig, dass diese nicht vorliegt. Ein Umstand, der nicht zufriedenstellen kann, denn die normgerechte Systemdokumentation bietet nicht nur dem Betreiber die oben aufgeführten Vorteile. Sie ist auch für den Versicherer eine – oft die einzige – belastbare Grundlage für eine Bewertung des Risikos.

Daher sollten sowohl Betreiber als auch Versicherer darauf achten, dass die Errichtung von PV-Anlagen mit einer oben beschriebenen Dokumentation abgeschlossen wird. ■

Jens Dornbrach, Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlichen Versicherer e.V.

QUELLEN

- Wikipedia
- <http://www.renewablesinternational.net/power-production-data-updated-for-august/150/537/72620/>
- <http://www.photovoltaik-anlagenpass.de>