

Wolfgang Schröder

Privater Betrieb von Photovoltaikanlagen

Anlagentechnik, Risikominimierung,
Wirtschaftlichkeit



Fraunhofer IRB Verlag

Privater Betrieb von Photovoltaikanlagen
Anlagentechnik · Risikominimierung · Wirtschaftlichkeit

Wolfgang Schröder

Wolfgang Schröder

Privater Betrieb von Photovoltaikanlagen

Anlagentechnik · Risikominimierung · Wirtschaftlichkeit

Fraunhofer IRB Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über www.dnb.de abrufbar.

ISBN (Print): 978-3-8167-9855-2
ISBN (E-Book): 978-3-8167-9885-9

Redaktion: Birgit Azh
Layout: Gabriele Wicker
Herstellung: Angelika Schmid
Umschlaggestaltung: Martin Kjer
Satz: punkt, STRICH., Karlsruhe
Druck: Offizin Scheufele Druck und Medien GmbH & Co. KG, Stuttgart

Die hier zitierten Normen sind mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
wiedergegeben. Maßgebend für das Anwenden einer Norm ist deren Fassung mit dem neuesten
Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die
über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung
des Fraunhofer IRB Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen,
Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.
Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der
Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung
als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürfen.
Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN,
VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert werden, kann der Verlag keine Gewähr für
Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die
eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung
hinzuzuziehen.

© Fraunhofer IRB Verlag, 2017
Fraunhofer-Informationszentrum
Raum und Bau IRB
Nobelstraße 12, 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-25 00
Telefax +49 711 970-25 08
irb@irb.fraunhofer.de
www.baufachinformation.de

Inhalt

Vorwort	9
1 Die verkaufte Photovoltaikanlage – ein persönliches Resümee	11
2 Erste Risikobetrachtung – Gewährleistung und Garantie	17
2.1 Der feine Unterschied mit großer Wirkung	17
2.2 Gewährleistung	17
2.3 Garantie	22
2.4 Produkthaftung	25
2.5 Eigenschaft des Unternehmers / Verbrauchers	25
2.6 Gewährleistungs- und Garantiekette	27
2.7 Folgen bei Mängelansprüchen	29
2.8 Erstes Resümee	33
3 Zweite Risikobetrachtung – der verantwortliche Anlagenbetreiber	35
4 Dritte Risikobetrachtung – Anlagenerträge – Ertragsprognosen – was eine Photovoltaikanlage leisten muss	39
4.1 Kennziffern, Ertragsverteilung, Grundlagen	39
4.1.1 Anlagennennleistung	39
4.1.2 Globalstrahlung	42
4.1.3 Spezifischer Ertrag	43
4.1.4 Performance Ratio	44
4.1.5 Energiefluss und Verluste einer PV-Anlage	45
4.2 Ertragsprognosen	49
4.3 Ertragsvergleiche und Anlagenüberwachung	51
4.3.1 Vergleichsanlagen	51
4.3.2 Anlagenüberwachung – Monitoring – Fehlererkennung	51
5 Voraussetzungen eines technisch und wirtschaftlich sicheren Anlagenbetriebs	57
5.1 Fachtechnische Abnahme – Ausnahme Nr. 1	57
5.2 Regelmäßige Anlagenprüfung – Ausnahme Nr. 2	59

5.2.1	Allgemeine Bedeutung von Prüfungen	59
5.2.2	Statistiken zur Schadenserhebung	62
5.2.3	Prüfpflicht – Prüffristen	66
5.3	Regeln der Technik	74
6	Wartung und Inspektionen von Photovoltaikanlagen	77
6.1	Begriffsdefinition Wartung – Instandhaltung	77
6.1.1	Definition	77
6.1.2	Wartung	77
6.1.3	Inspektion	78
6.1.4	Instandsetzung / Reparatur	78
6.1.5	Verbesserung	78
6.1.6	Instandhaltung	79
6.2	Rechtliche Rahmenbedingungen von »Wartungsarbeiten«	79
6.2.1	Keine Leistung ohne Vertrag	79
6.2.2	Rechte und Pflichten	82
6.2.3	Vertragsinhalte bei »Wartungsverträgen«	84
6.2.4	Leistungsausschlüsse	88
6.2.5	Reparatur	89
6.2.6	Zusätzliche Leistungen	89
6.2.7	Abnahme	89
6.2.8	Vergütung	90
7	Inspektion und Prüfung	91
7.1	Unfallverhütung	91
7.2	Anlagenprüfung	94
7.2.1	Besichtigung	94
7.2.2	Erprobung	95
7.2.3	Messungen nach VDE	96
8	Fehler / Mängel an Photovoltaikanlagen	97
8.1	Planung / Verschattung	98
8.2	Unterbau / Tragsystem	99
8.2.1	Tragsystem	100
8.2.2	Statik	101
8.2.3	Schrägdach	106
8.2.4	Flachdach	111
8.2.5	Klemmbefestigung Module	113
8.3	Verkabelung Gleichstromseite (DC)	114
8.3.1	Kurzschlussichere Leitungsverlegung	115
8.3.2	Generatoranschlusskästen / Überspannungsschutzkästen	125

8.3.3	Steckverbindungen	126
8.4	Module	128
8.5	Wechselrichter	138
8.6	Verkabelung Wechselstromseite (AC)	140
8.7	Schutzeinrichtungen	143
8.8	Anlagenkennzeichnung	145
8.9	Wartung und Prüfung durch Anlagenerrichter	147
8.10	Qualität von Prüfungen	151
9	Dokumentation	157
9.1	Ausnahme Nr. 3	157
9.2	Normative Anforderung	158
9.3	Inhalt der Dokumentation	159
10	Versicherungen	165
10.1	Montageversicherung	166
10.2	Photovoltaikversicherung bzw. Allgefahrenversicherung	168
10.3	Betreiberhaftpflichtversicherung	169
10.4	Ertragsausfallversicherung	170
10.5	Besonderheiten bei der Wohngebäudeversicherung	170
10.6	Klauseln	171
10.7	Risikoangaben / vorvertragliche Obliegenheiten	171
10.8	Schadensfall / Schadensabwicklung	174
10.9	Regress	181
10.10	Versicherungsausschluss	183
10.11	Vertragswechsel – Kündigung – Anpassung	183
11	Anlagenoptimierung – Verbesserungen	185
12	Modulreinigung – Schneeräumung	189
12.1	Verschmutzungen	189
12.2	Schneeräumung	193
13	Schlusswort	195
Anhänge		197
Anhang 1: Inspektion und Prüfung – Gesetzliche Grundlagen und Normen		197
Anhang 2: Beispiel Überwachungs-, Inspektions- und Prüfungsvertrag		201
Anhang 3: Checkliste Fehlersuche		207
Anhang 4: Checkliste Versicherungsfall		208

Normverweise / Richtlinien / Gesetze / Literaturverzeichnis	209
Technischen Regeln des Verbandes der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. – VDE Normen (Auszug relevanter Normen)	209
VDE Anwendungsregeln	211
Weitere Normen	211
VdS-Richtlinien	212
Gesetze / Verordnungen	213
Literaturquellen	214
Der Autor	216
Stichwortverzeichnis	217

Vorwort

Als vor etwas mehr als zwanzig Jahren die ersten Enthusiasten mit der Installation von Photovoltaikanlagen anfingen und das erste Erneuerbare Energiegesetz (EEG) noch relativ überschaubar mit kurzen und verständlichen Angaben den Betrieb von erneuerbaren Energieerzeugern regelte, konnte noch niemand ahnen, welchen rasanten Verlauf dieser in den darauf folgenden Jahren nehmen würde – insbesondere bei Photovoltaikanlagen.

Die damals prognostizierten Zubauraten haben sich, sicherlich auch wegen der großzügigen Subvention, mehrfach überholt. Wichtige Weichenstellungen werden durch politische Streitigkeiten über neue Stromrassen und von vielen Diskussionen über Sinn und Unsinn von Erneuerbaren Energien aufgehalten. Die Konsequenz hieraus: Der deutsche Photovoltaik-Markt ist, auch aus politischen Gründen, in eine Konsolidierung gerutscht.

Sie als einer von mehr als 1,6 Mio. PV-Anlagenbetreibern haben aber auch nach eigener Einschätzung ein sicheres Investment finanziert. Wo sonst könnte man für 20 Jahre im Voraus eine sichere Wirtschaftlichkeitsprognose mit garantierter Gewinn stellen? Ihnen gehört eine wartungsfreie Anlage einschließlich 25-jähriger Leistungsgarantie? Besser geht es also kaum.

Haben Sie sich aber einmal die Frage gestellt, ob das alles so sein kann? Ist Ihr Installateur noch greifbar, wenn es Probleme gibt? Passt an der Anlage alles zusammen, wie es sein soll? Bringt Ihre Anlage wirklich den Ertrag, der möglich ist? Gelten die Garantien, auch wenn der Hersteller nicht mehr auf dem Markt existent ist? Zahlt die Versicherung, wenn die Leistung der Anlage nachlässt? Ist Ihre Anlage überhaupt richtig versichert? Welche Verantwortung hat ein Anlagenbetreiber?

Trotz der Flaute am deutschen Photovoltaik-Markt befinden sich viele Anlagen in Betrieb. Dabei werden Probleme hieraus aber zumeist nur intern in der Fachbranche diskutiert und es bekommt nur ein verschwindend geringer Teil der privaten Anlagenbetreiber diese überhaupt mit. Welcher Einfamilienhausbesitzer hat schon eine oder mehrere Fachzeitschriften aus dem Photovoltaik- oder Energiebereich als regelmäßiges Abonnement oder geht auf fachliche Fortbildungsveranstaltungen? Selbst die vielen erschienenen Fachbücher sprechen in der Mehrzahl die »Profis« an.

Dieses Buch soll sich daher ausschließlich den Belangen des Anlagenbetreibers widmen. Es soll Informationen geben, welche Verantwortung er beim Betrieb einer solchen Anlage hat, wie seine Anlage einigermaßen sicher die Gewinnprognose erreicht und auf was in

den laufenden Betriebsjahren alles zu achten ist. Es gibt Einblicke in die Themen, welche oftmals am Kunden weitgehend vorbei gehen. Wer selbst nicht weiß, wie etwas funktioniert, muss sich auf andere verlassen. Aber welcher Verkäufer oder Installateur diskutiert schon gerne mit dem Kunden über Probleme beim Betrieb von Photovoltaikanlagen?

Die beiden Bände »Privater Betrieb von Photovoltaikanlagen« und »Gewerblicher Betrieb von Photovoltaikanlagen« beschäftigen sich ausschließlich mit den Belangen der Käufer und Betreiber von Solarstromsystemen zur Netzeinspeisung oder zum Eigenstromverbrauch.

»Privater Betrieb von Photovoltaikanlagen« legt hierbei den Schwerpunkt auf allgemeine Betrachtungen, typische Fehler und Informationen rund um den Betrieb von Photovoltaikanlagen. Angesprochen werden hierbei alle Betreiber von Photovoltaikanlagen.

»Gewerblicher Betrieb von Photovoltaikanlagen« beinhaltet Belange von Investoren und Betreibern von größeren PV-Systemen, zum Beispiel auf landwirtschaftlichen Gebäuden, Gewerbebetrieben und Freiflächen mit ihren spezifischen Eigenheiten. Zudem werden Besonderheiten an und mit Photovoltaikanlagen erläutert, welche nicht nur für Großanlagen interessant sein können.

Beide Buchbände ergänzen sich daher und bieten dem Anlagenbetreiber einen umfassenden Einblick in Technik, Recht, Renditerisiko und mögliche Schwachstellen an Photovoltaikanlagen. Darüber hinaus werden wertvolle Tipps für einen relativ sorgenfreien Betrieb von solchen Anlagen gegeben.

Es wird versucht, die Inhalte so verständlich wie möglich darzulegen, damit der Leser ein Verständnis dafür bekommt, dass Photovoltaikanlagen kein einmaliges Investment mit hohen Gewinnversprechungen sind, sondern technisch komplizierte Stromerzeugungsanlagen mit entsprechendem Risikopotenzial.

Auch wenn Sie noch kein Anlagenbetreiber sind, hoffe ich, dass Ihnen das Buch einige Tipps geben kann, um bereits im Vorfeld mögliche Fehler zu vermeiden. Für all diejenigen, die bereits Anlagenbetreiber sind, hoffe ich, dass Sie mit Hilfe dieses Buches Ihre Anlage sicher und wirtschaftlich durch die noch verbleibende Zeit des EEG bekommen und Sie darüber hinaus noch weitere Optionen nutzen können.

Giebelstadt, im Februar 2017

Wolfgang Schröder

1 Die verkaufte Photovoltaikanlage – ein persönliches Resümee

Im Vorwort wurde bereits einiges zum Inhalt und dem Zweck dieses Buches gesagt. Lassen Sie mich hier mit einem eher persönlichen Resümee das erste Kapitel beginnen. Ein Resümee am Anfang eines Buches scheint etwas ungewöhnlich. Dieses Resümee betrifft aber nicht den Inhalt, sondern die Geschichte der Photovoltaik und vor allem, wie sie verkauft wurde. Dabei möchte ich auch nicht mit etwas Sarkasmus sparen, weil es – wie es in der Welt so üblich ist – immer Gewinner und Verlierer gibt, was auch im Geschäftsfeld der Photovoltaik so war und ist.

Sie sind bereits Photovoltaikanlagenbesitzer und möchten mit dieser Anlage auch einen Gewinn erzielen? Schön, dann sollten Sie zumindest wissen, dass es bereits einen Gewinner gibt. Es ist derjenige, der Ihnen die Anlage verkauft hat. Im Gegensatz zu ihm müssen Sie Ihr Geld mit Ihrer Anlage noch verdienen – und das in 20 Jahren Betriebszeit nach dem Erneuerbaren Energie Gesetz (EEG). Der Verkäufer hat sein Geld bereits verdient – und das in vielen Fällen sicher nicht zu wenig. Über den Verdienst anderer spricht man nicht, dennoch sollte nicht unerwähnt bleiben, dass Verkäufer pro Anlage nicht selten eine üppige Provision bekommen haben. Aber Sie als Anlagenbetreiber haben ja am Schluss auch eine Rendite mit mindestens 15 % oder sogar 20 % – oder?

Die Erfahrung lehrt, dass immer Vorsicht geboten ist, wenn es um zweistellige Renditen geht. Als ich vor gut 20 Jahren eine kapitalbildende Lebensversicherung bei einem großen deutschen Versicherungskonzern abgeschlossen habe, hat dieser damals mit Renditen von gut 12 % geworben. Die Einzahlungen an Versicherungsbeiträgen würden sich innerhalb von 20 Jahren mehr als verdoppeln, rechnete man mir vor. Heute bin ich froh, wenn ich durch diesen Altvertrag noch eine relativ gute Grundverzinsung erhalte, was bei Neuverträgen ja schon fast gegen Null geht. Zumindest wird meine durch den Versicherungsvertrag erhoffte Altersvorsorge nicht das erreichen, was man mir anfänglich vorgerechnet hat. Derjenige, der sein Geld schnell durch Provision verdient hat, war der Versicherungsvertreter und das einzige was sich bis dato verbessert hat, ist der Börsenwert des Versicherungsunternehmens.

Die wirtschaftliche Entwicklung einer Photovoltaikanlage stellt sich je nach Finanzierung in ähnlicher Weise wie folgt dar: In den ersten 10 bis 15 Jahren erfolgt die Amortisierung mit Rückzahlung der Verbindlichkeiten. Danach erst laufen die Gewinne aus der Anlage auf.

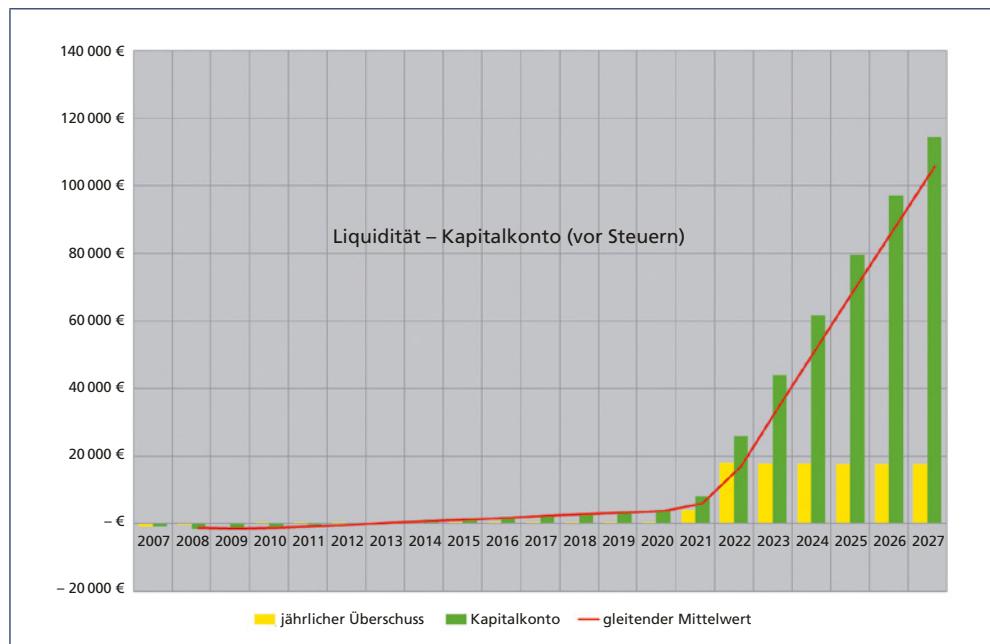


Bild 1: grafische Darstellung einer beispielhaften Wirtschaftlichkeitsberechnung

Was ist aber, wenn die Photovoltaikanlage doch nicht so läuft, wie versprochen und Probleme auftreten? Wenn man nur die EEG-Laufzeit betrachtet, kann in 20 Jahren viel passieren. Der Gedanke vieler Anlagenbetreiber an den Rettungsanker »Garantie« tritt in vielen Fällen in den Hintergrund ebenso wie die ursprünglich goldene Anlagenrendite. Was bei einer Lebensversicherung als »garantierte« Überschussbeteiligung bezeichnet wird, ist ebenso wenig garantiert oder an bestimmte, später auch weit auslegbare Faktoren geknüpft, wie zum Beispiel die Leistungsgarantie eines Moduls, auf die ich später an anderer Stelle noch zurückkomme.

Nun ist eine Photovoltaikanlage zwar keine Lebensversicherung aber aus finanzieller Sicht betrachtet dennoch durchaus damit vergleichbar. Zum Verkäufer der Lebensversicherung habe ich schon lange keinen Kontakt mehr, weil er sein Verkaufsumfeld sicher bereits mehrfach gewechselt hat. Zumindest hat auch sein Interesse an mir als Kunde nachgelassen, weil er keine Provision mehr an mir verdienen kann.

Haben Sie noch Kontakt zu dem Verkäufer der Photovoltaikanlage? Schön, wenn Sie das bejahen können. War er Ihnen zwischenzeitlich genauso hilfreich bei bereits aufgetretenen Problemen mit Ihrer Anlage, wie beim Verkauf? Ach so – die Firma, für die er verkauft hat, gibt es nicht mehr. Der Modulhersteller ist auch vom Markt verschwunden und der Wechselrichterhersteller hat seinen Support an ein anderes Unternehmen abgegeben.

Auch wenn es Sie nicht trösten mag, Sie sind nicht alleine mit solchen Problemen. Zum Glück kann man viele Probleme lösen, nur denken Sie daran, dass Probleme meist an Ihrer Anlagenrendite »nagen«, auch wenn Sie diese auf dem Papier stehend mehr oder weniger verbrieft bekommen haben.

Ein Artikel von Burkard Strassmann von 2013 auf Zeit-Online mit dem Titel »Das falsche Versprechen« welcher nachfolgend auszugsweise wiedergegeben wird, bringt es mit anderen Worten auf den Punkt:

»Es ist ein tod sicheres Anlagemodell. So dachten viele Hausbesitzer: Ich investiere mit einem Kredit in eine Solaranlage, kassiere die staatlich garantie Einspeisevergütung, zahle damit den Kredit ab – und danach produziert die Anlage nur noch Geld. Mindestens zehn Jahre lang, wartungsfrei, die Sonne liefert kostenlos die Energie. Photovoltaik war scheinbar eine einfache Gleichung, ganz ohne Unbekannte. Leider geht für immer mehr Investoren die Rechnung nicht auf ...«

... Der solare Boom und die entsprechend schrumpfende Einspeisevergütung führten zu erheblichem Druck auf die Industrie, Module massenhaft und billig zu produzieren. Es kam zu einem ruinösen Preisverfall, in dessen Folge viele europäische Hersteller mit der chinesischen Konkurrenz nicht mithalten konnten. In manchen Jahren sank der Preis der Sonnenlichtwandler um 30 Prozent. Firmen gingen Pleite. Andere sparten am Material und an der Qualität. Folge: Die tod sichere Geldanlage Photovoltaik ist heute eine Wette, bei der man auch viel verlieren kann ...«

Als Sachverständiger erlebt man es tatsächlich immer wieder, dass man wegen Problemen oder auch Schäden zu Photovoltaikanlagen gerufen wird und man die Anlagenbetreiber mit Punkten konfrontieren muss, von denen Sie bislang nie etwas gehört haben oder sie von ganz anderen Sachverhalten ausgegangen sind. Der Versicherungsanspruch aufgrund eines Schadens wird dann schnell Makulatur, weil die Anlage selbst in weiten Teilen nicht normkonform installiert wurde. Die Frage nach der Garantie hat sich dann aufgrund der bereits vorab erwähnten Umstände schnell erledigt.

Zurück bleibt oft Ratlosigkeit und Wut sowie die Erkenntnis, dass nochmals erheblich investiert werden muss, um zumindest die gröbsten Mängel zu beseitigen, damit die Versicherung den Vertrag überhaupt weiter führt.

Der Photovoltaikmarkt liegt in Deutschland darnieder. Hat man bei den Verkäufen mit Nachhaltigkeit geworben, so ist in vielen Fällen bei den Firmen an Nachhaltigkeit nichts mehr zu verspüren. Viele Verkäufer, die noch vor Jahren auf den fahrenden Zug aufgesprungen sind, gibt es nicht mehr. Es sind viele mit aufgesprungen, welche gut Geld verdienen wollten. Ließ die Nachfrage nach war man auch wieder weg und der Kunde meist allein.

Ich selbst habe es bei vielen Gelegenheiten mitbekommen, wie »verkauft« wurde. So viel wie möglich auf das Dach, ohne dass vor Ort manchmal durchaus wichtige Punkte geprüft und berücksichtigt wurden.

Es gab teilweise improvisierte Installationen, weil detaillierte Planungen fehlten oder das Dach falsch ausgemessen war. Aber auch die Käufer, also die jetzigen Photovoltaikanlagenbetreiber, tragen teilweise eine Mitschuld an dem, was sich auf dem Dach befindet. Jährlich zum Jahresende, wenn sich mit dem Jahreswechsel die Einspeisevergütung nach dem EEG automatisch verringerte, legte sich dieser Schalter im Kopf vieler Interessierten um und es gab nur noch einen Gedanken »Jetzt noch schnell eine Anlage kaufen, bevor es weniger Vergütung gibt«. Das Resultat war dann die sogenannte »Jahresendrally«, bei der jeder noch seine Anlage haben wollte. Wenn dann alles in der kalten Jahreszeit noch schnell-schnell gehen sollte, konnte man kein qualitativ vernünftiges Ergebnis erwarten.

Aber daran dachten die wenigsten, Hauptsache spätestens am 31.12. drehte sich endlich der Einspeisezähler. Die Lage hat sich erst entspannt, als der Gesetzgeber die Degradation der Einspeisevergütung monatlich festgesetzt hat.

Zum Glück gibt es heute keinen Verkäufermarkt mehr – vielleicht mit Ausnahmen. Einzelne versuchen zwischendurch immer noch gutes Geld zu verdienen, nicht nur mit Photovoltaik, sondern gleich auch mit Speicher und Wärmepumpe. Es sind oft Standard-Vertriebsprodukte, die an den Mann gebracht werden wollen. Ob diese Art der Energieversorgung dann auch zu den anderen Energiesystemen im Hause passt, wird selten hinterfragt und bleibt im Dunkeln.

Vor einem Jahr wurde in einer benachbarten Ortschaft auf einem ehemaligen landwirtschaftlichen Anwesen, auf dem nur zwei Personen leben, eine Eigenverbrauchsanlage verkauft – mit 48 kWp! Auf die Frage an den Verkäufer, warum die Anlage so groß gewählt wurde, sagte man mir »... naja man müsse an die Zukunft denken ...«. Stellt sich hier die Frage, an wessen Zukunft – die des Anlagenbetreibers oder diejenige des Verkäufers.

Dem Käufer mag trösten, dass er den Großteil seines Stromverbrauches von vielleicht gut 2 000 kWh im Jahr durch die Eigenstromnutzung der PV-Anlage decken kann und fast den Speicher spart – vorausgesetzt er verbraucht seinen Strom zur richtigen Zeit. Aber selbst bei einer Eigenverbrauchsquote von 70 % wären dies nur 1 400 kWh gegenüber rund 40 000 kWh an erzeugten Photovoltaikstrom. Von einer Eigenverbrauchsanlage kann daher nicht die Rede sein, weil ein Großteil in das öffentliche Netz eingespeist werden muss.

Dazu kommt, dass, nachdem die Anlage größer als 10 kWp ist, er noch die anteilige EEG-Umlage auf seinen Eigenverbrauch zahlen muss, d.h. der eigenverbrauchte Strom wird auch noch teurer. Angesichts solcher Projekte bleibt festzustellen, dass vereinzelt immer noch nicht bedarfsoorientiert beraten und verkauft wird, sondern eher gewinnorientiert – selbstverständlich im Verkäuferinteresse.

Für alle »Neueinsteiger«, die sich mit den Gedanken auseinandersetzen, ihren Strom selbst erzeugen zu wollen und damit Kosten zu sparen: Photovoltaik rentiert sich weiterhin und ist ökologisch sinnvoll, aber bitte mit Verstand. Die Zeiten der Gewinnmaximierung mit dem Einstreichen von Fördergeldern sind vorbei. Vorrangiges Ziel ist heute die Kosten einsparung mittels autarker Energiesysteme, welche aber aufeinander abgestimmt sein müssen. Im Zweifelsfall schalten Sie einen unabhängigen Energieberater ein. Er wird nicht nur prüfen, ob für Sie eine Photovoltaikanlage sinnvoll ist, sondern ob diese auch mit ergänzenden Maßnahmen wie zum Beispiel einer Wärmepumpe realisiert werden sollte oder ob nicht eine Solarthermieanlage mit Umstellung der Heizversorgung sinnvoller ist.

Gleiches gilt auch für Speichersysteme. Derzeit gibt es eine große Bewegung im Markt in Sachen Batteriespeicher. Dies ist zum einen bedingt durch die noch öffentliche Förderung, aber auch durch den technischen Wettbewerb. Es mag durchaus Sinn ergeben, die Förderung jetzt mitzunehmen und sich für ein Speichergerät zu entscheiden. Genauso gut sollte man aber auch überdenken, einen Speicher erst in zwei oder drei Jahren nachzurüsten. Zwar kann es sein, dass es dann keine Förderung mehr gibt, dafür profitieren Sie aber womöglich generell von günstigeren Preisen und technologischem Fortschritt.

Vielleicht ist es auch eine Option, eine Photovoltaikanlage nur anzumieten. Ja, so etwas geht auch. Ein Unternehmer installiert Ihnen auf seine Kosten eine PV-Anlage auf Ihr Eigenheim. Sie werden Anlagenbetreiber und nutzen somit den möglichen Eigenverbrauch um Kosten zu sparen. Als Miete ist in der Regel der komplett durch die PV-Anlage erzeugte Strom multipliziert mit der gültigen gesetzlichen Einspeisevergütung zu zahlen. Je nach Nutzung des Eigenverbrauchs ergeben sich dennoch für einen Vier-Personen-Haushalt Einsparungen bei den Stromkosten von ca. 150 € bis 300 € pro Jahr. Hier sind jedoch steuerliche und rechtliche Punkte zu beachten. Auch kann es bei eigenverbrauchtem Strom zu Zahlungen der EEG-Umlage kommen – Eigenverbrauch ist zumindest derzeit politisch nicht gewollt, auch wenn man das nicht versteht. Daher werden neue Gesetze bei der Umgestaltung des Erneuerbaren Energie Gesetzes oftmals zu Ungunsten der Anlagenbetreiber formuliert.

Auch wenn Sie noch kein Anlagenbetreiber sind, hoffe ich, dass Ihnen das Buch ein paar Tipps geben kann, um sich in der Vielfalt möglicher Systemvarianten zurecht zu finden und mögliche Fehler zu vermeiden. Für all diejenigen, die sich bereits Anlagenbetreiber nennen, hoffe ich, dass Sie mit Hilfe dieses Buches Ihre Anlage sicher und wirtschaftlich durch die noch verbleibende Zeit des EEG bekommen und Ihnen darüber hinaus noch entsprechende Optionen offen stehen.

2 Erste Risikobetrachtung – Gewährleistung und Garantie

2.1 Der feine Unterschied mit großer Wirkung

Die Garantiever sprechen der Vergangenheit wurden im vorangegangenen Kapitel bereits angesprochen. Bei einer Photovoltaikanlage gibt es sogar 25 Jahre Garantie. Oder wie war das? Es klingt zwar nicht gleich, aber dennoch wird es oft zusammen in einen Topf geworfen. Viele Anlagenbetreiber wiegen sich in Sicherheit damit, doch der Schein trügt. Gewährleistung und Garantie – im Sprachgebrauch oftmals für das ein und dasselbe verwendet, haben sie doch sehr unterschiedliche Bedeutungen und dementsprechende Auswirkungen. Es gilt grundsätzlich zwischen Gewährleistung und Garantie sowie Produkthaftung zu unterscheiden. Da diese Begriffe in der Praxis oftmals falsch verstanden, nicht richtig angewendet oder verwechselt werden, werden nachfolgend hierzu einige Erläuterungen gegeben.

2.2 Gewährleistung

Bei der Gewährleistung handelt es sich, vereinfacht ausgedrückt, um einen auf eine bestimmte Zeit für den Verbraucher, Käufer oder Erwerber einer Sache oder eines Bauwerkes **gesetzlich verankerten Mängelbeseitigungsanspruch**. Der Begriff des Mängelbeseitigungsanspruches spiegelt sich auch im Bürgerlichen Gesetzbuch (BGB) wieder, das Wort »Gewährleistung« wird nur noch am Rande erwähnt.

Bei der Gewährleistung handelt es sich um Ansprüche, die dem Käufer im Rahmen eines Kaufvertrags zustehen, bei dem der Verkäufer eine mangelhafte Ware oder Sache geliefert hat. Auch beim Werkvertrag gibt es eine Gewährleistung für Mängel des hergestellten Werks. Jedoch sind für beide Vertragstypen teilweise unterschiedliche Handhabungen und ergänzende rechtliche Regelungen zu beachten.

Im Kaufrecht in § 437 BGB und im Werkvertragsrecht in § 634 BGB werden die Rechte genannt, die dem Käufer, beziehungsweise dem Besteller, im Werkvertragsrecht bei Vorliegen eines Mangels zustehen. Die Regelung des Gesetzes mit mehrfachen Verweisungen ist kompliziert und für Nichtjuristen daher nicht immer verständlich.

Die Gewährleistung umfasst sowohl die Haftung für Sachmängel, d. h. Mängel in Bezug auf die Beschaffenheit des geschuldeten Werkes, als auch für Rechtsmängel. Der Mangel muss bei Gefahrenübergang (also meist nach § 446 BGB bei Übergabe der Sache oder bei § 640 BGB bei Übergabe des Werkes) vorliegen. Jedoch können auch später auftretende Defekte Sachmängel sein, wenn sie schon bei Gefahrübergang im Keim angelegt waren. Diese müssen aber dann vom Käufer oder Besteller nachgewiesen werden.

Ein Sachmangel liegt bei den folgenden Voraussetzungen vor:

- Abweichung von der vereinbarten Beschaffenheit, § 434 Abs. 1 BGB, beispielsweise wurden Module mit einer Leistung von jeweils 200 Watt verkauft, aber nur solche mit einer Leistung von 180 Watt installiert
- wenn die Anlage sich nicht für die nach dem Vertrag vorausgesetzte Verwendung eignet, § 434 Abs. 1 Satz 2 Nr. 1 BGB
- wenn die Anlage sich nicht für die gewöhnliche Verwendung eignet
- eine Beschaffenheit aufweist, die nicht der üblichen Beschaffenheit von Gütern der gleichen Art entspricht, § 434 Abs. 1 Satz 2 Nr. 2 BGB.

Zur Beschaffenheit gehören gemäß § 434 Abs. 1 Satz 3 BGB auch Eigenschaften, die der Käufer nach den öffentlichen Äußerungen des Verkäufers oder Herstellers (insbesondere aus der Werbung) erwarten kann. Ein Auto wird beispielsweise in der Werbung mit einem Verbrauch von vier Liter angepriesen, während der tatsächliche Verbrauch sechs Liter beträgt. Bei einer Photovoltaikanlage kann das vom Anbieter berechnete Ertragsverhalten (berechnete Energieerzeugung) zum Beispiel eine Eigenschaft sein, welche die Beschaffenheit der Photovoltaikanlage definiert.

- Falschlieferung, es wird eine andere als die verkaufte Sache geliefert (sogenanntes Aliud) oder Lieferung einer zu geringen Menge, § 434 Abs. 3 BGB. Der Verkäufer liefert beispielsweise anstelle von monokristallinen Modulen polykristalline Module.

Für die Beweislast gilt allgemein § 363 BGB. Hat der Auftraggeber im Werkvertragsrecht die Sache abgenommen (§ 640 BGB), trifft diesen die Beweislast für den Sachmangel an sich und dafür, dass dieser Mangel von Anfang an vorhanden war, wenn er Mängelansprüche geltend macht. Abweichend gilt beim Verbrauchsgüterkauf (§ 474 BGB) teilweise nach § 476 BGB eine Beweislastumkehr in Form einer Vermutung. Hier wird in den ersten sechs Monaten nach Übergabe vermutet, dass der Mangel schon bei der Übergabe vorlag, »*es sei denn, diese Vermutung ist mit der Art der Sache (beispielsweise bei typischen Verschleißteilen) oder des Mangels (etwa weil der Mangel so offensichtlich ist, dass er bereits beim Kauf hätte bemerkt werden müssen) unvereinbar*«. Erst danach muss der Käufer die Mangelhaftigkeit bei Übergabe beweisen.

Die große Problematik bei der Beweislast, insbesondere beim Werkvertrag, ist, dass es dem Verbraucher in vielen Fällen nicht möglich ist, ohne den erheblichen Aufwand eines Gutachtens nachzuweisen, dass ein Mangel von Anfang vorlag. In der Regel ist aber zu berücksichtigen, dass ein Schadensereignis darauf verweist, dass der Mangel eben von

Anfang an vorhanden war, insbesondere dann, wenn andere Sachen gleicher Gattung dieselben Schaden nicht aufweisen und ansonsten nicht zu erkennen ist, inwiefern der Kunde diesen Schaden verursacht haben sollte.

Zusammengefasst: Ist ein Mangel vorhanden oder tritt innerhalb der gesetzlichen Gewährleistungsfrist ein solcher auf, haben Sie Kraft Gesetz einen Anspruch gegenüber dem Verkäufer oder Installateur auf »kostenfreie« Mangelbehebung. Kommt er diesem in einer angemessenen Frist nicht nach, stehen Ihnen Kraft Gesetz rechtliche Ansprüche zu.

Kaufvertrag oder Werkvertrag?

In den vorangegangenen Erläuterungen zur Gewährleistung wurde sowohl das Kaufvertragsrecht als auch das Werkvertragsrecht genannt. Sie werden sich jetzt sicherlich fragen, worunter Ihre Photovoltaikanlage fällt: Kaufrecht oder Werkvertragsrecht?

Nach den bisherigen Rechtsprechungen war bei einer »üblichen« Photovoltaikanlage von einem Kaufvertrag mit Montageverpflichtung auszugehen. Juristisch begründet wurde dies damit, dass bei einer Photovoltaikanlage der Kostenanteil beim Material überwiegt und die Montage selbst nur ein »Nebengewerk« darstellt. Zumindest galt dies bei früheren Anlagen, bei denen der Anlagenpreis noch weit über 2 000 € pro kWp lag.

Ein erfreuliches Urteil hat der Bausenat des Bundesgerichtshofes in seinem Urteil vom 02.06.2016 (VII ZR 348/13) gefällt. Hier stand die Gewährleistungsfrist für eine nachträglich auf einer Tennishalle errichtete Photovoltaik-Aufdachanlage, bestehend aus 335 Modulen mit entsprechender Unterkonstruktion in Frage. Um die Anlage auf dem Dach anzubringen, musste in die Bausubstanz der Tennishalle eingegriffen werden, etwa die Unterkonstruktion durch die Dachdeckung hindurch mit dem Gebäude statisch wirksam verbunden und Kabel ins Gebäudeinnere zu den Wechselrichtern verlegt werden, so wie das bei vielen Dachanlagen üblich ist. Die bisherige Rechtsprechung der Oberlandesgerichte hatte solchen Aufdachanlagen – im Gegensatz zu direkt auf dem Boden errichteten Freiflächenanlagen – stets die Qualifikation als Bauwerk versagt und damit die Anwendung der langen fünfjährigen Gewährleistungsfrist abgelehnt. Dies geschah mit der Begründung, es fehle an einer hinreichend festen Verbindung mit dem Erdboden. Die Aufdachanlagen würden zudem keine Funktion für die jeweiligen Gebäude erfüllen, da der erzeugte Strom in der Regel ins Stromnetz eingespeist wird und nicht zur Versorgung der Gebäude verwendet wird.

Dem trat der Bundesgerichtshof nun entgegen. Nach seiner Urteilsbegründung, kommt es für die Bauwerkseigenschaft der Aufdachanlage nicht darauf an, ob diese eine Funktion für das bisherige Gebäude erfüllt, also das Gebäude direkt mit Strom versorgt. Vielmehr wird die Funktion des Gebäudes durch die Installation der Anlage um den Zweck als Unterkonstruktion der Aufdachanlage zu dienen erweitert. Für die Einordnung der Installation der Aufdachanlage als teilweise Erneuerung eines Bauwerkes ist zudem ein erheblicher Eingriff in die Gebäudesubstanz erforderlich. Maßgeblich ist, ob Eingriffe

vorliegen, welche die Mängelerkennbarkeit aufgrund aufeinander abgestimmter Arbeiten erschwert, so dass Mängel auch erst nach mehr als zwei Jahren erkennbar werden können, mithin ob eine bauwerkstypische Risikolage vorliegt. Dies hat der Bundesgerichtshof vorliegend bejaht. Ob diese Rechtsprechung auch bei kleineren Aufdachanlagen fortgeführt wird, bleibt abzuwarten.

Aber auch bei Kleinanlagen können sich werkvertragliche Grundlagen ergeben, wenn die Photovoltaik-Module auch die Dichtigkeit des Daches übernehmen – also eine Funktion des Bauwerkes. Man spricht hierbei von sogenannten Indachanlagen. Hier besteht unter anderem ein geschuldeter Erfolg (dichtetes Dach), welcher grundsätzlich dem Werkvertragsrecht unterzuordnen ist.

Gewährleistungsfristen

Die Gewährleistungsfristen bei Kauf- und Werkvertrag sind gleich, es sei denn, es handelt sich um ein Bauwerk: Nach § 438 Abs. 1 Nr. 3 BGB (Kaufvertrag) beträgt die Verjährungsfrist für die Ansprüche aus Gewährleistung seit 1. Januar 2002 **im Regelfall zwei Jahre**, beginnend mit Übergabe der Kaufsache. Diese kann vertraglich grundsätzlich geändert, komplett ausgeschlossen oder auf bis zu 30 Jahre ausgedehnt werden. Eine Ausnahme gilt lediglich für den Verbrauchsgüterkauf (§ 474 BGB), wo eine Verkürzung nur bei gebrauchten Kaufsachen und dort maximal auf ein Jahr möglich ist (§ 475 Abs. 2 BGB). Beim Werkvertrag beträgt die Verjährungsfrist zwei Jahre, für Bauwerke aber fünf Jahre. Wird eine Photovoltaikanlage nunmehr rechtlich als Bauwerk eingestuft, ergeben sich für den Besitzer längere Gewährleistungsfristen.

Grundsätzlich muss davon ausgegangen werden, dass die gesetzliche Gewährleistung für übliche Photovoltaikanlagen **fünf Jahre** beträgt.

Abnahme / Übergabe

Im Zusammenhang mit Fristen bei Gewährleistung und Garantie ist es neben der Laufzeit auch immer wieder strittig, wann diese überhaupt zu laufen beginnt. Beim Kaufvertrag beginnt die Frist mit Übergabe der Sache, beim Werkvertrag mit der Abnahme. Nur was bedeutet aber »Übergabe« und »Annahme«?

Abnahme beim Werkvertrag

Die Abnahme ist hier eine Hauptpflicht des Auftraggebers oder Bestellers und somit eine einseitige, empfangsbedürftige Willenserklärung des AG. Sie bedarf hierbei auch nicht einmal der Mitwirkungspflicht des Auftragnehmers; auch ist dessen Unterschrift nicht erforderlich.

Die Abnahme stellt eine Erklärung des Auftraggebers dar, dass er die Werkleistung als frei von wesentlichen Mängeln erfüllt billigt.

Keine Abnahme stellt in diesem Zusammenhang u. a. die Erstellung eines gemeinsamen Aufmaßes dar, die Bestätigung von Teilleistungen, die später verbaut werden oder Prüfvermerk des Architekten unter der Schlussrechnung.

Die Abnahme darf nicht grundlos vom Auftraggeber verweigert werden. Hierauf wäre eine Klage auf Abnahme und Zahlung des Werklohns möglich. Die Abnahmefrist beginnt nach BGB sofort nach Anforderung des Auftragnehmers.

Als Abnahmewirkung tritt ein:

- Die Leistung des AN gilt (mit möglichen vermerkten Einschränkungen) als erfüllt.
- Der Erfüllungsanspruch ist erledigt.
- Übergang der Vergütungs- und Leistungsgefahr auf den Auftraggeber.
- Die Vergütung ist fällig (§ 641 BGB).
- Es ergibt sich eine Umkehr der Beweislast (bei Mängel, welche in der Abnahme nicht vorbehalten wurden).
- Es gehen für den Auftragnehmer Rechte verloren, z. B. Rücktritts- und Minderungsrecht, Vertragsstrafe oder Nacherfüllung, soweit diese bei der Abnahme nicht vorbehalten wurden.
- Es beginnt die Frist für die Verjährung der Gewährleistungsansprüche.

Bei der Abnahme unterscheidet man verschiedene Abnahmearten:

- ausdrücklich erklärte Abnahme
- förmliche Abnahme (Abnahmeprotokoll)
- Abnahme durch schlüssiges Verhalten, z. B. durch vorbehaltlose Zahlung des Restwerklohns oder vorbehaltlose Ingebrauchnahme
- durch Fristablauf (§ 640 Abs. 1 S. 3 BGB), wenn der Auftragnehmer hierzu eine Frist gesetzt hat.

Übergabe beim Kaufvertrag

Etwas anders sieht es beim Kaufvertrag aus. Hier gibt es keine »Abnahme«! Selbst wenn diese förmlich, z. B. durch Protokoll, vollzogen wird, hat das keinerlei Wirkung.

Beim Kaufvertrag wird unter § 446 Abs. 1 BGB eine »Übergabe« der Kaufsache geregelt. Übergabe bedeutet die Verschaffung des unmittelbaren Besitzes an der Kaufsache gemäß § 854 Abs. 1 oder 2 BGB. Von diesem Zeitpunkt an trägt der Käufer zum einen die Sachgefahr. Dies bedeutet, Mängel oder Verschlechterungen, welche nicht bereits zum Zeitpunkt der Übergabe vorlagen und reklamiert wurden, kann er nicht mehr gegenüber dem Verkäufer geltend machen. Darüber hinaus ist der Käufer zur Zahlung des vollen Kaufpreises verpflichtet, sobald Mängel erst im Nachhinein entstehen.

Kompliziert ist die Angelegenheit, wenn es um die Frage geht, wann denn eine Kaufsache übergeben wurde. Bei einem Auto ist das noch relativ überschaubar. Der Verkäufer händigt die Schlüssel und Fahrzeugpapiere aus und somit ist das Fahrzeug an den Käufer übergeben – spätestens wenn er sich in das Auto setzt und den Hof des Verkäufers damit verlässt. Wie ist das aber bei einer Photovoltaikanlage, bei der erst zum Beispiel die Tragkonstruktion geliefert wird, danach die Module und Wechselrichter und ein paar Tage später wird erst die Anlage montiert? Somit kann es ein paar Tage oder auch Wochen dauern, bis die Anlage wirklich fertig gestellt wurde.

Entscheidend ist der Zeitpunkt der Ablieferung der Kaufsache nach § 438 Abs. 2 BGB. Dieser kann, muss aber nicht mit dem Zeitpunkt der Übergabe zusammenfallen. Mit Übergabe ist jedenfalls immer dann auch abgeliefert, wenn die Sache dem Verkäufer so überlassen wurde, dass er sie untersuchen kann. Wird aber zum Beispiel die PV-Anlage vom Verkäufer auch selbst montiert, d.h. liegt mit dem Kaufvertrag auch eine Montageverpflichtung des Verkäufers vor, ist erst mit deren Vollzug die Kaufsache abgeliefert. Das bedeutet: Die Verjährungsfristen beginnen zu dem Zeitpunkt zu laufen, in dem die Arbeiten objektiv fertig gestellt sind. Das geht auch ganz automatisch, denn der Käufer kann auch keine Annahme wegen erkannter Mängel verweigern. Juristisch interessant ist hierbei die Frage, ob zur objektiven Fertigstellung der PV-Anlage auch deren Dokumentation gehört. Wie später noch erläutert wird, sind die Dokumentationsunterlagen grundsätzlich vom Verkäufer bzw. Installateur geschuldet und diese können recht umfangreich sein. Wie auch bekannt ist, liegen nur bei den wenigsten PV-Anlagen vollständige und somit brauchbare Dokumentationsunterlagen vor. Dies könnte bedeuten, dass in anderen Fällen, also dort, wo eine vollständige Dokumentation oder diese überhaupt fehlt, eine vollständige Ablieferung der Sache im Sinne des Kaufvertrages noch gar nicht stattgefunden hat.

Die aufgeführten Punkte sind sicherlich dann von Relevanz, wenn an der PV-Anlage Mängel oder Schäden auftreten und man sich zum Zeitpunkt derer Feststellung fragt, ob der Verkäufer oder Installateur hierfür im Zuge seiner Gewährleistung aufkommen muss.

2.3 Garantie

Von der gesetzlich im BGB vorgeschriebenen Gewährleistung bzw. Mängelansprüchen ist die Garantie zu unterscheiden. Diese ist insofern seitens des Garantiegebers freiwillig, als es keine gesetzliche Verpflichtung zur Abgabe eines Garantieversprechens gibt. Dies bedeutet, dass ein Hersteller, Verkäufer oder Anlagenerrichter ein freiwilliges Garantiever sprechen abgeben kann, dessen Bedingungen ausschließlich durch den Garantiegeber bestimmt werden. Die Garantie beinhaltet eine freiwillige Selbstverpflichtung des Händlers oder Herstellers, die über die gesetzlichen Verpflichtungen des Kaufvertrags hinausgeht. Es gibt dabei die unterschiedlichsten Formen von Garantien:

- Preisgarantie (Rücknahme oder Preisangleichung, wenn die Konkurrenz billiger ist)
- Zufriedenheitsgarantie (befristetes Rückgaberecht bei Unzufriedenheit mit dem Produkt)
- »x Jahre Garantie für« (Garantieumfang wird meist konkret genannt)

Ein schönes Beispiel ist wieder das Auto, wo es bei diversen Marken zum Beispiel eine zeitlich längere Garantie auf die Karosserie gegen Durchrostung gibt – in den meisten Fällen aber gekoppelt an eine regelmäßige Inspektion.

Wichtig ist, dass Garantieansprüche unabhängig von gesetzlichen Mängelansprüchen bestehen. Genauso wichtig ist aber auch, dass die Garantien der Hersteller auch gegenüber dem Käufer erklärt sein müssen. Auch wenn auf dem Datenblatt oder Prospekt von Garantien die Rede ist, vielfach werden Garantien an verschiedene Formalitäten geknüpft. So kann es z. B. sein, dass Module oder Wechselrichter beim Hersteller registriert sein müssen, um die Garantie wirksam in Gang zu setzen.

Bei der Photovoltaikanlage kommt man meist mit folgenden Garantien in Berührung:

Garantie für Module

Hier sind in der Regel zwei Garantien zu unterscheiden, einmal die Produktgarantie und einmal die Leistungsgarantie.

Die **Produktgarantie** bezieht sich auf die Herstellungsqualität des Moduls und verspricht, dass im Falle eines auftretenden Mangels, wie zum Beispiel das Auffrieren der Modulrahmen, Spannungsrisse bei Glas-in-Glas-Modulen oder defekten Anschlussdosen der Hersteller, entsprechend Ersatz leistet. Wie dieser Ersatz letztendlich aussieht, steht in den Herstellergarantien, welche Ihnen als Käufer der Anlage eigentlich vorliegen sollten.

Dass die Ersatzregelungen oftmals nicht so einfach sind, wie sie in werbewirksamen Aussagen getätigten werden, zeigen oft die meist kleingedruckten Garantiebedingungen im Einzelnen. In vielen Fällen werden dem Anlagenbetreiber recht hohe Hürden aufgebürdet, was bereits den Mangelnachweis angeht, d.h. ob es sich tatsächlich um einen herstellungsbedingten Mangel oder um eine Einwirkung von außen handelt. Letztere wäre nämlich gar nicht im Garantieumfang enthalten. Auch in einem nachgewiesenen Garantiefall ist die Abwicklung oftmals nicht ganz einfach. Vielfach gehen Transport-, Demontage- sowie Remontagekosten zu Lasten des Anlagenbetreibers. Dies bedeutet, dass der Hersteller nur entsprechende Neuware frei ab Werk zur Verfügung stellt und der Kunde die Kosten für den Transport und Modultausch selber tragen muss. Die Verbraucherzentrale Nordrheinwestfalen hat diesbezüglich schon einige Modulhersteller erfolgreich abgemahnt, weil viele Garantien ihren Zweck rein wirtschaftlich gesehen gar nicht erfüllen und dem Verbraucher sogar eher Nachteile bringen.

Die üblichen, von den Herstellern gewährten Produktgarantien, belaufen sich auf fünf Jahre ab Erwerbsdatum. In seltenen Fällen betragen diese auch 10 Jahre.

Bei der **Leistungsgarantie** verhält es sich ähnlich. Von den Modulherstellern werden oftmals Garantien von 25 bis 30 Jahre angeboten. Viele Leistungsgarantien sind abgestuft zum Beispiel 10 Jahre 90 % und 25 Jahre 80 %. Im Klartext: Es wird vom Hersteller garantiert, dass nach 10 Jahren die Module noch mindestens eine Nennleistung von 90 % erbringen bzw. nach 25 Jahren 80 %.

Auch hier ergeben sich oftmals schwierige und nervenaufreibende Durchsetzungsmöglichkeiten gegenüber dem Modulhersteller. In der Regel beziehen sich die Leistungsgarantien auf den Wert »Min-Nom.« der Modulleistung – sprich dem auf dem Moduldatenblatt oder Modullabel angegebenen Minimalwert der Modulnennleistung. Ist auf dem Datenblatt des Moduls beispielsweise eine Leistung von 150 Wp $+/- 3\%$ angegeben, so bezieht sich der Garantiewert auf den kleinsten Nominalwert, d.h. 150 Wp minus 3 % = 145,5 Wp. Erst auf diesen Wert müssen die garantierten 90 % oder 80 % abgestellt werden. Nochmals als Beispiel gerechnet, muss das besagte Modul in den ersten 10 Jahren seine Leistung bis auf einen Wert von weniger als rund 131 Wp verlieren, um in die Garantieansprüche zu kommen. Weiterhin bedeutet dies aber auch, dass das Modul schon im fünften Jahr oder noch früher beispielsweise nur noch 135 Wp haben darf, ohne dass die Leistungsgarantie greift. Wenn man das Beispiel einmal weiterführt, so kann das Modul im elften Jahr nur noch 120 Wp an Leistung erbringen, ohne dass die Leistungsgarantie greift, weil dann im 10. Jahr, d.h. von einem Jahr auf das andere, der Garantiewert bei 145,5 Wp minus 20 % liegt und das wären rund 116 Wp.

Auch die Geltendmachung von Leistungsgarantien ist oftmals sehr stark eingeschränkt oder die Nachweispflicht des Garantiefalles mit scheinbar nicht zumutbaren Aufwendungen (kostenintensive Labormessungen, etc.) dem Kunden aufgezwungen, sodass letztendlich diese Garantien kaum durchsetzbar erscheinen. Auch hier gab es bereits Abmahnungen seitens der Verbraucherzentralen als auch durch Gerichte.

Garantie für Wechselrichter

Hier gelten oftmals ähnliche Bedingungen wie diejenigen bei Modulen. Es gibt aber auch von Hersteller zu Hersteller unterschiedliche Handhabungen im Garantiefall. Ertragsausfälle bei einem Garantiefall sind meist ausgeschlossen, auch wenn der Wechselrichtertausch auf sich warten lässt. In den meisten Fällen übernehmen die Hersteller die Arbeitskosten für den Austausch, oftmals muss aber auch der Kunde den Arbeitslohn des Installateurs zahlen.

Viele Wechselrichterhersteller bieten käufliche Garantieverlängerungen an. Dies bedeutet, dass man die sonst übliche Werksgarantie von fünf Jahren mitunter auf 10 Jahre oder auch 15 Jahre käuflich verlängern kann. Ob das investierte Geld hierbei gut aufgehoben ist, da gehen die Meinungen auseinander. Man muss dies je nach Anlagentyp wirtschaftlich betrachten. Das gleiche gilt auch für sogenannte Garantieversicherungen. Hierbei kann man seine Wechselrichter gegen üblichen Ausfall (reiner Gerätedefekt) versichern – ähnlich

einer Garantie. Ob man z. B. bei einem üblichen Gerätedefekt mit einer Reparatur oder einem gebrauchten Ersatzgerät günstiger fährt, entscheidet oft der Einzelfall.

Grundsätzlich ausgeschlossen bleiben bei der Garantie (wie auch bei den Modulen), Schäden von außen, sprich Blitzschlag, Überspannung, Vorsatz, Brand, etc. Hier entfallen dann auch die zugekauften Garantieverlängerungen für dieses Gerät. Im Extremfall kann sich also eine 10-jährige, teuer erkaufte Garantie bei einem Überspannungsschaden nach zwei Jahren bereits in Luft auflösen. Wer hierbei gleich an seine Versicherung denkt, sollte beachten, dass Garantien in der Regel nicht versichert sind – auch nicht in sogenannten Allgefahrenpolicien (siehe hierzu auch die später folgenden Ausführungen zum Thema »Versicherungen«).

2.4 Produkthaftung

Im Zuge von Garantie und Gewährleistung gilt noch ein weiterer Begriff zu beachten bzw. zu unterscheiden. Bei der Mängelhaftung richtet man seine Ansprüche direkt an seinen Installateur oder Fachbetrieb. Sie umfassen die mangelbedingte eingeschränkte Nutzungsmöglichkeit der Sache. Die Produkthaftung dagegen umfasst weitere Schäden an Leben, Gesundheit, Eigentum und weiteren Rechtsgütern, die gerade durch die Mängelhaftigkeit der Sache entstanden sind – zum Beispiel durch Brandentstehung. Hier bestehen Ansprüche direkt gegen den Hersteller oder Produzenten. Bei privater Nutzung sieht das Produkthaftungsgesetz Schadensersatzansprüche vor. Liegt eine gewerbliche Nutzung vor, können diese aus § 823 BGB abgeleitet werden. Bei der Produkthaftung besteht im Gegensatz zu den Mängelgewährleistungsrechten nicht die Möglichkeit der Nachbesserung.

Ein Thema beherrschte bei der Produkthaftung bereits die Medien: brennende Anschlussdosen an Modulen. Es gab in der Vergangenheit Hersteller von Modulen, bei denen aufgrund eines technischen Defektes die Module im Bereich der Anschlussdosen durch Lichtbogenzündung brennen konnten. Hiervon waren nicht wenige Anlagen betroffen, bei denen auch Brandschäden entstanden sind. Hier war der Hersteller gezwungen, aus Gründen des Produkthaftungsgesetzes zu reagieren und diese Module wieder vom Markt zu nehmen.

2.5 Eigenschaft des Unternehmers / Verbrauchers

Die vertragsrechtlichen Angelegenheiten, insbesondere im Hinblick auf Gewährleistungen und Verbraucherschutz unterscheiden sich bei Vertragsvereinbarungen zwischen Unternehmen und Vertragsvereinbarung zwischen Unternehmer und Verbraucher erheblich.

Käufer einer Photovoltaikanlage, welche die Energie ganz oder teilweise ins öffentliche Netz einspeisen und dafür Vergütung nach dem Erneuerbare Energien-Gesetz (EEG)

erhalten, sind steuerrechtlich in der Regel Unternehmer. Strittig war bislang die Frage, ob sie auch zivilrechtlich als Unternehmer oder doch als Verbraucher anzusehen sind – der Unterschied ist, wie bereits erwähnt, für die Betroffenen gravierend. Hierzu hat sich kürzlich der Bundesgerichtshof (BGH) dazu geäußert¹.

Zivilrechtlich ist der Anlagenkäufer nach Auffassung des BGH als Verbraucher anzusehen. Damit genießt er den vollen Verbraucherschutz des Bürgerlichen Gesetzbuches (BGB). Das BGB geht grundsätzlich davon aus, dass Verbraucher gegenüber Unternehmen die schwächeren Partei sind. Bei Kaufverträgen gelten deshalb feste Regeln, etwa für Gewährleistung, Verjährungsfristen und Haftungsausschlüsse, die Verkäufer einhalten müssen, wenn sie mit Privatleuten Geschäfte machen.

Wer sich zum Beispiel in den eigenen vier Wänden bei einem Beratungsgespräch für eine Photovoltaikanlage entscheidet, kann als Verbraucher innerhalb von 14 Tagen den Vertrag widerrufen. Für Unternehmen hingegen gibt es solch ein gesetzliches Widerrufsrecht für sogenannte Haustürgeschäfte nicht. In konkreten Fällen sahen sich Käufer von Photovoltaikanlagen in der Vergangenheit mit Schadenersatzforderungen in Höhe von mehreren tausend Euro konfrontiert, wenn sie voreilige Kaufentschlüsse rückgängig machen wollten. Gegenüber Verbrauchern sind solche Forderungen jedoch unzulässig.

Anlass für die BGH-Äußerung war die Klage eines Privatmannes, der eine Photovoltaikanlage gekauft hatte. In der mündlichen Verhandlung vertrat der BGH die Auffassung, der Käufer sei als Verbraucher einzuordnen. Der private Betrieb einer Photovoltaikanlage wird vom BGH als Vermögensverwaltung gesehen und nicht als gewerblicher Betrieb mit den entsprechend erforderlichen Einrichtungen. Dagegen spräche auch nicht die aufgeworfene umsatzsteuerliche Frage. Denn es ist gängige Rechtsprechung, dass die steuerliche Einordnung keine Auswirkung auf die zivilrechtliche Einordnung hat. Überdies Besteuerung der Gesetzgeber umsatzsteuerrechtlich gemäß § 2 UStG jegliche Einnahmen aus nachhaltiger Tätigkeit, auch wenn die Gewinnerzielungsabsicht fehlt. Damit fallen der Anwendungsbereich von Umsatzsteuerrecht und Verbraucherrecht auseinander, die Umsatzsteuerpflichtigkeit von Anlagenbetreibern ist aus verbraucherrechtlicher Sicht eher zufällig.

Der Verkäufer erkannte daher noch vor einer höchstrichterlichen Entscheidung an, dass der Kunde sein Geld zurückbekommt. Auch wenn es deshalb zu keinem höchstrichterlichen, sondern »nur« zu einem Anerkenntnis-Urteil gekommen ist, kann man sich auch zukünftig an dieser Auffassung orientieren.

Anders wird es bei sogenannten »Betreibergesellschaften« oder Betreiber-Kapital-Gesellschaften (GmbH; GmbH & Co. KG) aussehen. Hier stehen die abgeschlossenen Geschäfte in der Regel zwischen Unternehmer und Unternehmer. Demzufolge kommt es auch auf die getroffenen vertraglichen Vereinbarungen an.

1 BGH Anerkenntnisurteil VII ZR 121/12 vom 09.01.2013

2.6 Gewährleistungs- und Garantiekette

Bei einem Gewährleistungs- oder Garantiefall stellt sich auch immer wieder die Frage, an wen wende ich mich. Hier muss man wieder die Merkmale von Gewährleistung und Garantie kennen, welche in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben wurden.

Bei der Gewährleistung ist der erste Ansprechpartner grundsätzlich der Installateur oder Fachbetrieb, bei dem die Anlage gekauft oder von dem diese installiert wurde. Dies schließt alle Beanstandungen an einer Photovoltaikanlage ein, auch wenn einzelne Produkte hiervon einer gesonderten Garantievereinbarung unterliegen. Lässt zum Beispiel die Modulleistung im ersten Jahr messbar deutlich nach, so haftet hierfür der Fachbetrieb bzw. Installateur. Geht im ersten Jahr oder im Laufe des zweiten Jahres ein Wechselrichter defekt (ohne äußere Einwirkung wie zum Beispiel Überspannung), haftet der Fachbetrieb bzw. Installateur. Unterliegt die Photovoltaikanlage dem Werkvertragsrecht und ist diese als Bauwerk einzustufen, gilt dies auch für die ersten fünf Jahre nach erfolgter Abnahme.

Erst nach dieser Gewährleistungsfrist greift die Garantieabwicklung in der vereinbarten Frist direkt mit dem Hersteller, soweit diese die gesetzliche Gewährleistungsfrist übersteigt.

Aus dieser Konstellation heraus ergeben sich häufig Probleme, welche nachfolgend beispielhaft und exemplarisch aufgeführt werden:

- Wenn der Installateur nicht mehr greifbar ist, weil er zum Beispiel insolvent gegangen ist, geht dem Kunden auch die Gewährleistung verloren. In diesem Fall bleiben nur noch die Garantien übrig, wie zum Beispiel auf Module und Wechselrichter. Die Gewährleistung, zum Beispiel auf die Montage der Anlage oder andere (keiner gesonderten Garantie unterliegenden) Anlagenteile, können dann nicht mehr geltend gemacht werden.
- Auf dem Photovoltaikumfeld agierten früher viele »One-Man-Sellers«, d.h. es gab jemanden, welcher sich nicht unbedingt in Photovoltaik technisch auskannte, aber sehr gut im Verkaufen war. Dieser bediente sich dann nach dem Verkauf verschiedener Subunternehmer und Zwischenhändler, was die Materialbeschaffung und Montage anging. Ist dieser »Kopf« nicht mehr greifbar, weil zum Beispiel unbekannt verzogen oder Firma aufgelöst, wird es schwierig mit dem Durchsetzen von Gewährleistungsrechten, wenn die vertragliche Abwicklung (Kauf- und Montage) über so eine Person lief.
- Wenn der Käufer Gewährleistungsrechte durchsetzen will, genügt weder ein Anruf noch eine E-Mail an den Fachbetrieb oder Verkäufer. Grundsätzlich ist diesem eine schriftliche, am besten mit Einwurfeinschreiben formulierte Mängelanzeige zuzusenden – und zwar mit einer ausreichenden Fristbenennung zur Mängelbeseitigung. Dies dient zum einen als Beweis zur Aufforderung der Mangelbehebung, zum anderen kommt der Anspruchsgegner nach fruchtlosem Ablauf der gesetzten Frist meist automatisch in Verzug (siehe nachfolgende Ausführungen). Hierdurch wird aber die Gewährleistungsfrist nicht gehemmt. Ignoriert der Installateur die Mängelanzeige oder

wimmelt er diese mit Ausreden ab, läuft die Gewährleistungsfrist erst einmal weiter. Eine wirksame Hemmung der Gewährleistungsfrist, d. h. Unterbrechung derselben, kommt entweder im Zuge von Verhandlungen mit dem Installateur oder dessen schriftliche Anerkenntnis eines Mangels zusammen oder erst durch die Beantragung und Einleitung eines gerichtlichen, selbständigen Beweisverfahrens. Dies bedeutet, dass der Käufer im Notfall einen Gutachter und einen Anwalt bemühen muss, um vorhandene Mängel darzulegen und die Rüge noch fristgerecht geltend machen zu können.

- Falls die Gewährleistungen nicht mehr greifen, weil deren Frist abgelaufen ist, stehen zumindest eingeschränkt auf bestimmte Produkte noch die Garantien zur Verfügung. Wenn der Installateur diese noch abwickelt, ist das eine feine Servicesache. Wenn nicht, wird der Käufer nicht selten vor dem Problem stehen, für ein chinesisches »No-Name-Produkt« einen geeigneten Ansprechpartner zu finden. In Deutschland ist dies schon schwierig, weil viele, auch große Hersteller wegen der verringerten Nachfrage ihre Niederlassungen ins Ausland verlegt haben. Wenn in Italien oder Spanien noch eine Niederlassung vorhanden sein sollte, bei denen auch mit Englisch noch korrespondiert werden kann, kann man sich glücklich schätzen.
- Aber auch Garantien rücken in weite Ferne, wenn Hersteller nicht mehr auf dem Markt existent sind. Hiervon sind auch frühere deutsche Hersteller betroffen, bei denen viele argumentiert haben »Made in Germany«. Aber auch einheimische Produkte unterliegen dem wirtschaftlichen Wandel. Mit dem Rückgang der Neuinstallationen ab 2012 überrollte die Pleitewelle viele Firmen – egal ob im Inland oder Ausland.

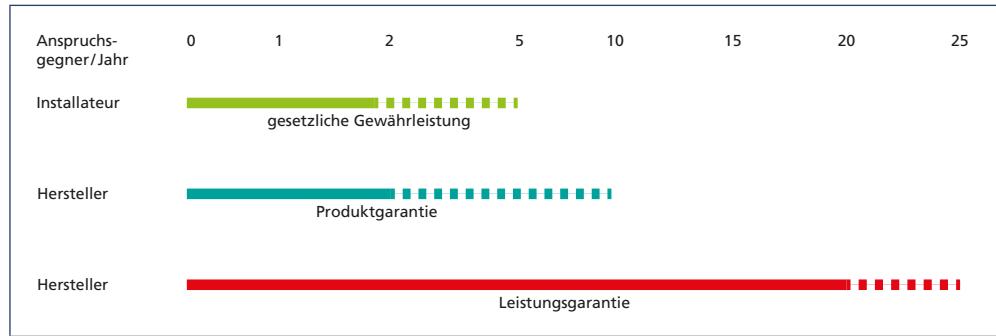


Bild 2: übliche Gewährleistungs- und Garantiekette

2.7 Folgen bei Mängelansprüchen

Folgen im Kaufvertragsrecht

Das Bürgerliche Gesetzbuch gibt in § 437 die Rechte des Käufers bei Mängeln wieder. Demnach kann dieser, wenn die Sache mangelhaft und die Voraussetzungen der folgenden Vorschriften vorliegen und soweit nicht ein anderes bestimmt ist,

- nach § 439 BGB Nacherfüllung verlangen, nach dessen zweimaligem Fehlschlagen
- nach den §§ 440, 323 und 326 Abs. 5 von dem Vertrag zurücktreten oder nach § 441 den Kaufpreis mindern und
- nach den §§ 440, 280, 281, 283 und 311a Schadensersatz oder nach § 284 Ersatz vergeblicher Aufwendungen verlangen.

Wie aus den vorangegangenen gesetzlichen Regelungen ersichtlich ist, bestimmen Sie alleine, was bei einem Mangel passieren soll – Sie haben sozusagen das Wahlrecht. Ob das eine oder andere hierbei sinnvoll ist, bleibt eine andere Frage.

Folgen im Werkvertragsrecht

Die Rechte des Bestellers bei Mängeln sind im Werkvertragsrecht unter § 634 BGB beschrieben. Hierin heißt es, »... ist das Werk mangelhaft, kann der Besteller, wenn die Voraussetzungen der folgenden Vorschriften vorliegen und soweit nicht ein anderes bestimmt ist,

- nach § 635 Nacherfüllung verlangen
- nach § 637 den Mangel selbst beseitigen und Ersatz der erforderlichen Aufwendungen verlangen
- nach den §§ 636, 323 und 326 Ans. 5 von dem Vertrag zurücktreten oder nach § 638 die Vergütung mindern und
- nach den §§ 636, 280, 281, 283 und 311a Schadensersatz oder nach § 284 Ersatz für vergebliche Aufwendungen verlangen.«

Bei der Nacherfüllung im Werkvertragsrecht obliegt diese nach Wahl des Auftragnehmers – sprich Installateurs. Wenn der Käufer beabsichtigt, den Mangel selbst zu beseitigen, müssen die hierzu angeführten Voraussetzungen nach § 637 BGB beachtet werden. Dies geht nämlich nur nach erfolglosem Ablauf einer zur Nacherfüllung bestimmten angemessenen Frist und wenn nicht der Unternehmer die Nacherfüllung zu Recht verweigert. Ausnahmen hierzu ergeben sich nur nach § 323 BGB.

Formaler Weg

Wie bereits weiter oben angesprochen, ist zur Geltendmachung von Mängelbeseitigungen ein formaler Weg einzuhalten, um letztendlich die Ansprüche auch rechtlich sicher festzumachen.

- **Schriftliche Anzeige mit Fristsetzung gegenüber dem Installateur oder Verkäufer**
Dies dient zum einen als Beweis, dass der Gegenüber überhaupt in Kenntnis gelangt ist, dass Ansprüche seitens des Kunden gegen ihn geltend gemacht werden. Weiterhin ergibt sich dann auch die Möglichkeit, nach fruchtlosem Fristablauf, den Gegenüber in Verzug zu setzen. Voraussetzung ist allerdings, dass es sich bei der vorab getätigten Fristsetzung um realistische Termine handelt. Den Mangel an einem defekten Wechselrichter zu beheben, kann bereits nicht am nächsten Tag erfolgen, insbesondere, wenn der Installateur oder Verkäufer auf die Zulieferung eines Ersatzgerätes angewiesen ist. Es sind also angemessene Fristen vorzugeben, welche dem Gegenüber ermöglichen, unter Berücksichtigung aller Umstände tätig werden zu können.

- **Letzte Mahnung**

Zeigt auch die Inverzugsetzung keine Wirkung, kann man nochmals eine letzte Mahnung aussprechen (schriftlich!) und mit einer Nachfrist versehen. Man kann auch mit den Folgen bei fruchtlosem Ablauf drohen (siehe oben).

Konsequenzen

Bleibt der Gegenüber auch weiterhin uneinsichtig, gilt es zu überlegen, was nach dem gesetzlichen Rahmen am sinnvollsten ist. Soweit man vom Kaufvertrag zurück treten will, müsste ja die gegenständliche Photovoltaikanlage wieder vom Dach zurückgebaut werden. Bei der Wiederinstallation einer Ersatzanlage wird man womöglich die gesetzliche Einspeisevergütung der »alten« Anlage verlieren. Bei einer Minderung des Kaufpreises, muss man wie beim Rücktritt vom Kaufvertrag, diesen notfalls einklagen, da ja in der Regel die Anlage bereits bezahlt ist. Insofern wird es erforderlich werden, einen Anwalt einzuschalten, der in der weiteren Vorgehensweise berät.

Beweissicherung

Grundsätzlich trägt der Kunde nach Übernahme der Ware (Kaufvertrag) oder nach Abnahme der Leistung (Werkvertrag) die Beweislast, dass ein Mangel, welcher bei der Abnahme oder Übergabe nicht bekannt war und vorbehalten wurde, überhaupt vorliegt. Der alleinige Hinweis, wie zum Beispiel »die Anlage läuft nicht richtig«, ist hierzu nicht ausreichend.

Man wird daher nicht herumkommen, einen sachverständigen Dritten mit einzuschalten, welcher diesen Nachweis erbringt, wenn es Anzeichen dafür gibt, dass an der Anlage etwas nicht stimmen sollte. Es kann aber auch sein, dass es sich nur um subjektive Eindrücke handelt und gar kein Mangel vorliegt.

Insbesondere wenn es darum geht, den Ablauf der Gewährleistungsfrist mit einem selbstständigen Beweisverfahren zu hemmen, wird die vorherige Einschaltung eines Sachkundigen (Gutachter, Sachverständigen) empfohlen. Denn im selbstständigen Beweisverfahren muss der Antragssteller, d.h. in diesem Fall der Käufer, im juristischen Fachjargon substantiiert (begründend) vortragen, um welche Mängel es sich handelt. Sie müssen

also glaubhaft darlegen, dass überhaupt Mängel vorhanden sind und diese im Einzelnen benennen. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass beim Bestreiten der Mängel durch die Gegenseite in der Regel vom Gericht ein gerichtlich bestellter Sachverständiger eingeschaltet wird, welcher die vom Gericht gestellten Beweisfragen (zum Beispiel über das Vorhandensein eines Mangels) beantworten soll. Aber Vorsicht! Der gerichtlich bestellte Sachverständige beschränkt seine Beantwortung nur auf die vom Gericht oder auf die Parteien zur Beweissicherung gestellten Fragen. Diese Fragen müssen sich auf eine konkrete Tatsache stützen. Sie dürfen weder suggestiv noch ausforschend sein. Es ist daher zum Beispiel nicht zulässig, den gerichtlich bestellten Sachverständigen zu fragen, welche Mängel an der gegenständlichen Photovoltaikanlage überhaupt vorhanden sind. Die Fragen dürfen sich beispielhaft daher nur darauf beschränken, ob es zutreffend ist, dass die Leistung der gegenständlichen Photovoltaikanlage nicht dem für den vorhandenen Standort zu erwartenden Werten entspricht oder ob es zutreffend ist, dass die Leitungen nicht fachgerecht verlegt wurden oder ob es zutreffend ist, dass die Wechselrichter zu klein dimensioniert wurden.

Um beweissichere Tatbestände in so ein Verfahren einbringen zu können, ist eine vorherige Begutachtung der Photovoltaikanlage durch einen Sachkundigen daher unumgänglich. Dieser liefert letztendlich auch die technische »Munition« für den Rechtsanwalt, der sich mit solchen Dingen meist auch nicht auskennt, der es aber in den meisten Fällen versteht, die technischen Ausführungen eines Gutachtens rechtlich »zu verpacken«.

Gerichtliche Verfahren

Sollte es unumgänglich werden, eine streitige Angelegenheit zum Beispiel im Hinblick auf Mängel vor Gericht austragen zu müssen, sollten man sich bewusst sein, dass man einen langen Atem benötigen wird.

Gerichtsverfahren kosten nicht nur Geld, sondern auch Unmengen an Zeit und Nerven. Die Durchführung eines Beweisverfahrens kann sich durchaus über ein Jahr und länger erstrecken. Danach besitzt man aber nur die »amtliche« Bestätigung, ob man mit der Mängelvermutung richtig lag. Ein gerichtliches Beweisverfahren dient in der Regel dazu, gerichtliche Auseinandersetzungen zu vermeiden, wenn durch einen gerichtlich bestellten Sachverständigen ein bestimmter Sachverhalt bestätigt oder nicht bestätigt wird. In der Praxis sieht es jedoch meist so aus, dass irgendeine Seite sich nicht mit den Feststellungen des gerichtlichen Sachverständigen zufrieden gibt.

Werden nach Vorlage des ersten Gerichtsgutachtens weitere Fragen zur Klärung des Sachverhaltes erforderlich, dann muss oftmals der Gerichtsgutachter mit einem Ergänzungsgutachten Stellung beziehen. Dies benötigt ebenfalls wiederum entsprechend Zeit. Bleiben strittige Fragen offen oder kommt die Gegenpartei der Mängelbeseitigungsaufforderung nicht nach, kommt es zwangsläufig zu einem gerichtlichen Verfahren, in dem möglicherweise weitere Beweiserhebungen durchgeführt werden müssen.

Zu bedenken ist auch, dass der Antragsteller oder Kläger alle Kosten vorstreckt, d. h. die Kosten für den eigenen Anwalt, die Gerichtskosten und die Kosten für den gerichtlich bestellten Sachverständigen. Diese Kosten können mehrere Tausend Euro betragen. Sollte man in dem Verfahren unterliegen, müssen auch noch die Kosten der Gegenseite (Anwalt) getragen werden.

Selbst bei kleineren Streitwerten von beispielsweise 10 000 €, können folgende Kosten² anfallen:

- außergerichtliche Anwaltsvertretung rd. 900 €
- Prozesskosten Anwalt 1. Instanz rd. 1300 €
- Gerichtskosten rd. 700 €

Hinzu kommen noch die Kosten für den Gerichtsgutachter, welche zwischen 1 000 € und 4 000 € liegen können (je nach Beweisumfang), mitunter auch wesentlich höher.

Sollte man gewinnen, hat man in dem einen oder anderen Fall womöglich noch gar nicht sein Ziel erreicht. Gerichtliche Verfahren dauern ihre Zeit. In einer Zeitspanne von zwei, drei oder vier Jahren kann viel passieren. Da kann es auch schon mal vorkommen, dass sich die gegnerische Firma wegen Insolvenz auflöst. Was man dann aus der Insolvenzmasse erhält (falls da überhaupt was zu holen ist), wird sicherlich nur ein Bruchteil von dem sein, was einem tatsächlich zusteht. Man hat dann ein Urteil zu seinen Gunsten und womöglich einiges an Geld ausgegeben, mehr aber auch nicht. Selbst wenn die Gegenpartei das Verfahren durchsteht – was nützt ein erfolgreiches Urteil zum Rücktritt aus dem Kaufvertrag, wenn, bei einer größeren Anlage, dies dann der betroffenen Firma finanziell das Genick bricht.

Falls man den Prozess verliert, trägt man alle Kosten, auch die Kosten der gegnerischen Partei. Aus dem o.g. Beispiel kämen in der ersten Instanz nochmals rund 1 700 € dazu.

In vielen Fällen wird so ein Verfahren daher meist auf einen Vergleich hinaus laufen, in dem man kompromissbereit sein muss und in der Regel die eigenen Kosten (Anwalt) selbst tragen sowie die Hälfte aller anderen Kosten (Gericht, Gutachter).

Grundsätzlich gilt es in so einem Fall, die Prozessrisiken mit dem Fachanwalt genau abzuwägen. Stehen Mängelansprüche zu und liegen die Erfolgsaussichten gut, dann ist es auch das Recht des Käufers, diese notfalls vor Gericht zu erstreiten.

2 Quelle: Internet – Prozesskostenrechner ROLAND – www.der-prozesskostenrechner.de [Stand: 22.11.2016]

Alternative Lösungen

Es muss sicherlich nicht immer gleich der Rechtsanwalt oder das Gericht sein, um Konfliktlösungen zu beseitigen. Durchaus gibt es auch die Möglichkeit, mit einem eingeschalteten Sachverständigen zusammen mit dem Installateur vor Ort die Probleme durchzusprechen und Lösungsansätze zu finden. Hier können sich die Techniker unter sich unterhalten und Lösungen vereinbaren, um offensichtliche Mängel zu beseitigen. Sicherlich muss man auch gewillt sein, mögliche Kompromisse einzugehen.

2.8 Erstes Resümee

Jetzt wurden Sie bereits zu Beginn des Buches mit dieser recht trockenen Materie gefordert. Die vorangegangenen Kapitel sind nichts für Praktiker und juristische Laien, weil das deutsche Recht mitunter recht kompliziert ist. Sie zeigen jedoch deutlich auf, was zu beachten ist, wenn Gewährleistungen oder Garantien in Anspruch genommen werden sollen. Die vorangegangenen vertragsrechtlichen Betrachtungen und Abhandlungen wurden sorgfältig recherchiert. Sie haben jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Anwendbarkeit auf alle möglichen Vertragskonstellationen. Insbesondere bei Photovoltaikanlagen ist sich die Rechtsprechung oft noch uneins. Die obersten Gerichte haben sich in der Vergangenheit bereits vielfach mit der vertraglichen Behandlung von Photovoltaikanlagen beschäftigt. Grundsätzlich bestand nach bisheriger Rechtsprechung bei der Installation einer Photovoltaikanlage der Vertragstypus des Kaufvertrages mit Montageverpflichtung. Dies kann sich jedoch in Einzelfällen rechtlich differenzierter darstellen. Nach dem aktuellen Urteil des BGH von 2016 ist Werkvertragsrecht anzuwenden.

Vielleicht ist mit den Erläuterungen deutlich geworden, was Gewährleistungen und Garantien letztendlich wert sein können. Hier handelt es sich nicht um einen »Gutschein« den man einfach einlösen kann. Man ist in den meisten Fällen gezwungen, seine Rechte mit entsprechenden Mitteln durchzusetzen – dies kann aber, wie die Beispiele gezeigt haben, auch durchaus vergebens sein.

Die Zeiten des Booms bei Photovoltaikanlagen sind vorbei. In diesen Zeiten waren die Firmen bemüht, Beanstandungen so schnell wie möglich und auch so unauffällig wie möglich zu beseitigen, denn Sie lebten auch von Empfehlungen. Ein Modulhersteller konnte sich beispielsweise keine juristischen Verstrickungen leisten, das hätte seinem Image geschadet und er wäre sofort vom Markt verschwunden. Das gleiche galt für die vielen Anlagenverkäufer. Mit dem Rückgang des Marktes hat sich das Bild oftmals geändert. Die Kunden wurden entweder abgewimmelt oder man versuchte Zeit ins Land gehen zu lassen nach dem Motto »aussitzen«. Denn irgendwann konnte man sich auf den Rettungsanker Verjährung berufen oder der Kunde war so zermürbt, dass er von alleine aufgab.

Im Vorteil sind oder waren diejenigen Anlagenbetreiber, welche ihre Anlage bereits bei Fertigstellung durch einen fachkundigen Dritten technisch abnehmen oder besser sogar (gerade bei Großanlagen) im Baufortschritt technisch mit begleiten ließen. Hier war zumindest im großen Maße gesichert, dass die Anlage nach den Regeln der Technik installiert und Mängel auszuschließen waren. Nur waren solche Maßnahmen in der Regel die Ausnahme und viele Anlagenbetreiber haben sich auf so manche Versprechen der Verkäufer zu sehr verlassen.

3 Zweite Risikobetrachtung – der verantwortliche Anlagenbetreiber

Neben den Risiken bei Gewährleistung und Garantie sind auch in der Funktion des Anlagenbetreibers Risiken zu beachten. Es geht nicht nur darum, Strom zu erzeugen und diesen mit Gewinn zu verkaufen, sondern es geht auch um die Verantwortung des Anlagenbetreibers für den Betrieb einer Stromerzeugungsanlage und der damit möglicherweise verbundenen Haftung gegenüber Dritten.

Als Anlagenbetreiber können Sie nicht darauf verweisen, dass jemand anders die Anlage installiert hat und Sie nicht wissen, wie was funktioniert. Sie können sich bei einem von Ihnen verursachten Unfall mit Ihrem Auto auch nicht damit entschuldigen, dass das Auto von einem Automobilhersteller gebaut wurde und Sie sich damit nicht auskennen. Der Vergleich mag etwas hinken, aber ist dennoch nicht zu weit gegriffen. Auch wenn es sich bei einer Photovoltaikanlage um eine elektrische Anlage handelt und Sie Laie auf dem Gebiet der Elektrizität sind, sind Sie alleine für den Betrieb dieser Anlage als Eigentümer und Betreiber verantwortlich – gerade, wenn Sie den Strom in das öffentliche Netz einspeisen, genauso wie Sie eigenverantwortlich ein Fahrzeug im öffentlichen Straßenverkehr bewegen. Dies bedeutet, der Anlagenbetreiber haftet für Schäden, welche durch die Photovoltaikanlage verursacht werden. Das kann zum Beispiel sein, wenn ein Modul sich vom Dach löst und Dritten einen Schaden zufügt oder wenn die Anlage das öffentliche Versorgungsnetz stört und es zu einem Stromausfall kommt.

Der Anlagenbetreiber hat Fürsorgepflichten, damit zum Beispiel die Anlage den elektrotechnischen Vorschriften genügt, um Gefährdungen auszuschließen. Beispielsweise steht im Energiewirtschaftsgesetz, § 49 – Anforderungen an Energieanlagen:

- (1) *Energieanlagen sind so zu errichten und zu betreiben, dass die technische Sicherheit gewährleistet ist. Dabei sind vorbehaltlich sonstiger Rechtsvorschriften die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten.*

- (2) *Die Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik wird vermutet, wenn bei Anlagen zur Erzeugung, Fortleitung und Abgabe von*
- a. Elektrizität die technischen Regeln des Verbandes der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.,*
 - b. ...«*
- eingehalten worden sind.*

Weiteres wird in der VDE 0105-100 (Betrieb von elektrischen Anlagen) erläutert:

Dort ist der Anlagenbetreiber als Unternehmer oder eine von ihm beauftragte Person, welche die Unternehmerpflicht für den sicheren Betrieb und ordnungsgemäßen Zustand der elektrischen Anlage wahrnimmt, definiert.

Der Betrieb einer Anlage wird wiederum definiert mit allen Tätigkeiten, die erforderlich sind, damit die elektrische Anlage funktionieren kann. Dies umfasst u.a. das Überwachen sowie die Instandhaltung. Zur Instandhaltung gehört wiederum eine regelmäßige Prüfung, auf die ich später noch eingehen werde.

Der Anlagenbetreiber kann sowohl eine natürliche (Privatperson) oder juristische Person (Gesellschaft) sein, in deren Zuständigkeitsbereich die elektrische Anlage liegt. Zu der klassischen Aufgabe des Anlagenbetreibers gehört es, den ordnungsgemäßen und sicheren Betrieb der elektrischen Anlage sicherzustellen, z.B. durch Inspektions-, Instandsetzungs- und Wartungsarbeiten. Der Anlagenbetreiber kann auch elektrischer Laie sein und trägt trotzdem die Verantwortung für seine Anlage. In diesem Fall muss er durch Beauftragung einer Elektrofachkraft die aus seiner Verantwortung entstehenden Rechte und Pflichten übertragen, um den ordnungsgemäßen und sicheren Betrieb der elektrischen Anlage zu gewährleisten. Grundsätzlich steht jede elektrische Anlage unter der Verantwortung einer Person – des Anlagenbetreibers.

Was Sie womöglich auf Ihrem Privathaus und auf Ihrem Privatgrundstück tun und lassen ist die eine Seite der Medaille. Ganz anders sieht es aus, wenn die Photovoltaikanlage zum Beispiel auf einem Gewerbebetrieb oder landwirtschaftlichen Gebäude betrieben wird. Problematisch wird es auch, wenn Sie für die Installation und den Betrieb einer Photovoltaikanlage ein Fremddach angemietet haben. Solche Betreibermodelle gab es in der Vergangenheit genug. Auch bei den angemieteten Dächern handelt es sich nicht nur um reine Privatobjekte, sondern nicht selten um recht sensible Dachobjekte auf Schulen, anderen öffentlichen Gebäuden und landwirtschaftlich genutzten Gebäuden.

Für den verantwortlichen Anlagenbetrieb bedarf es auch entsprechender Unterlagen und Einweisungen durch den Anlagenerrichter. Bei vielen Anlagen fehlen ausreichende Dokumentationsunterlagen. In vielen Fällen gibt es weder vernünftige Stromlaufpläne, Verschaltungspläne geschweige denn Einweisungsprotokolle und Verfahrensanweisungen – zum Beispiel für ein Notaus. Sie sollten sich bewusst machen, dass für einen sicheren und ungestörten Anlagenbetrieb Unterlagen erforderlich sind, welche Sie auch als Laie in

die Lage versetzen, entsprechend zu reagieren. Sie haben in Ihrem Auto sicherlich doch auch ein dickes Buch in Form einer Betriebsanleitung im Handschuhfach liegen? Es hilft Ihnen neben der Fahrpraxis Ihr Auto zu beherrschen und es gibt entsprechende Beschreibungen und Anweisungen was zu tun ist, wenn zum Beispiel bestimmte Warnsignale aufleuchten oder wann Wartungsintervalle anstehen. Gewiss, eine Photovoltaikanlage ist mehr elektrotechnischer Natur als ein Auto, aber dennoch sind die Verantwortlichkeiten deshalb nicht geringer.

Sie sind auch dann für die ordnungsgemäße Funktion der Photovoltaikanlage verantwortlich, wenn es gar nicht um die elektrische Sicherheit geht, sondern auch um den rechts-sicheren Betrieb der Anlage nach dem Erneuerbaren Energiegesetz. Alleine der Ausfall oder das Fehlen der technischen Regeleinrichtung kann bei den entsprechend hierfür bestimmten Anlagen die komplette EEG-Vergütung kosten. Hierzu mehr in den nachfolgenden Kapiteln sowie im Titel »Gewerblicher Betrieb von Photovoltaikanlagen«, insbesondere auch zu den Pflichten des Anlagenbetreibers im Zusammenhang mit Prüfung, Wartung und Instandhaltung.

4 Dritte Risikobetrachtung – Anlagenerträge – Ertragsprognosen – was eine Photovoltaikanlage leisten muss

Für Sie als Anlagenbetreiber ist sicherlich das Wichtigste die Anlagenrendite. Es ist verständlich, dass sich Ihre Investition rechnen soll. Viele Anlagenbetreiber wissen aber gar nicht genau, wie gut oder schlecht Ihr Anlagenertrag ist. Viele Anlagen laufen im »Blindflug«, ohne große Kontrolle, wie sich die Erträge entwickeln. Der Anlagenertrag selbst ergibt sich aus verschiedenen Faktoren. Abweichungen können an einem schlechten Einstrahlungsjahr liegen, aber auch an einem unentdeckten Mangel. Es stellt sich aber gleichzeitig die Frage, Abweichung von was? In diesem Kapitel werden daher einige Begriffserklärungen erläutert, um Ihnen das technische Verständnis etwas näher zu bringen, wie sich die Leistung Ihrer Anlage aus bestimmten resultierenden Kennziffern ergibt und es nicht ganz einfach ist, diese zu vergleichen.

Um zu wissen, was Ihre Anlage an Erträgen leistet und wie diese einzuordnen sind, bedarf es eines kleinen Grundlagenwissens, wie sich die Anlagengröße berechnet und der hieraus sich ergebende Ertrag hierzu im Verhältnis zu sehen ist. Hierzu sollten Sie auch die physikalischen Eigenschaften der Module kennen, um den von der Anlage erzeugten Ertrag auch richtig einordnen zu können.

4.1 Kennziffern, Ertragsverteilung, Grundlagen

4.1.1 Anlagennennleistung

Die Anlagennennleistung ergibt sich aus der Summe der einzelnen Nennleistungen aller Module (Generatoren) und wird in Watt (W) oder Kilowatt (kW) angegeben. Üblich ist noch die Bezeichnung kWp (Kilowatt-Peak). Peak steht hierbei für Spitzenleistung.

Die Modulzellen bzw. Module leisten nicht immer die volle Leistung. Die Ist-Leistung ist von vielen Faktoren abhängig:

- zum einen von der (Sonnen-) Einstrahlung (Watt pro Quadratmeter) und
- zum anderen von der Zelltemperatur.

Um Ihnen die elektrotechnischen Hintergründe so einfach wie möglich nahe zu bringen, beschränkt sich dies nachfolgend auch auf einfache Beschreibungen. Wer sich über die Grundlagen der Photovoltaik informieren und vertiefen möchte – insbesondere wie der photovoltaische Effekt funktioniert (Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie), findet im Fachbuchhandel genügend Auswahl.

Um Strom erzeugen zu können, benötigt man eine Spannungsquelle. Wer sich an die Schulzeit zurück erinnert, hat sicherlich in Physik das »Ohmsche Gesetz« durchgenommen.

$$R = \frac{U}{I} \Leftrightarrow U = R \times I \Leftrightarrow I = \frac{U}{R} \quad (1)$$

R Widerstand (Ohm)

U Spannung (Volt)

I Strom (Ampere)

Module erzeugen, je nach Konstruktion, unterschiedliche Spannungen. Module bzw. die Modulzellen (Halbleiter) haben die Eigenschaft, dass sie bei niedriger Temperatur eine höhere Spannung erzeugen, als bei warmen Temperaturen. Sie besitzen daher einen Temperaturkoeffizienten, welcher aussagt, um wie viel Prozent sich die Spannung pro Grad Temperaturunterschied ändert. Unterschieden wird hierbei die

- Leerlaufspannung (V_{oc}), also die Spannung, welche in der Zelle oder dem Modul ansteht, wenn es nicht angeschlossen ist,
- und die Betriebsspannung (V_{mpp}), wenn der Strom über einen Verbraucher fließt oder der Wechselrichter einspeist.

Die Betriebsspannung ist immer niedriger als die Leerlaufspannung. Ein schöner Vergleich ist der Gartenschlauch. Dreht man den Wasserhahn auf und hält den Schlauch am anderen Ende mit der Hand zu, entsteht ein relativ hoher Druck (vergleichbar mit der Leerlaufspannung). Lassen Sie den abgedrückten Bereich des Schlauches los, fließt das Wasser und es stellt sich ein niedrigerer Wasserdruck im Schlauch ein.

Ähnliches gilt auch für den Kurzschlussstrom (I_{oc}) bzw. den Betriebsstrom (I_{mpp}) der Modulzellen. Je höher die Einstrahlung, desto höher ist auch der Kurzschlussstrom der Zelle. Der Betriebsstrom hingegen ist niedriger, jedoch nur etwas geringfügig niedriger als der Kurzschlussstrom. Aus den Faktoren Spannung und Strom ergibt sich auch die Modulleistung. Insofern unterliegt diese je nach Einstrahlung und Temperatur entsprechenden Schwankungen.

$$P = U \times I \quad (2)$$

P Leistung (Watt)

U Spannung (Volt)

I Strom (Ampere)

Um ein unter gleichen Umständen einheitliches Maß der Zell- bzw. Modulleistung zu bilden, wurde normativ festgelegt, dass die Nennleistung der Module bei einer Einstrahlung von 1000 Watt pro Quadratmeter und einer Zelltemperatur von 25 °C gemessen wird. Insofern ist hierdurch sichergestellt, dass alle Leistungsangaben von Modulen unter den gleichen Bedingungen (*STC – Standard-Test-Conditions*) erfolgt ist. Die Leistungen von Modulen sind somit vergleichbar. Hat eine Anlage beispielsweise 40 Module mit einer Nennleistung von je 200 Wp, dann hat die Gesamtanlage eine Leistung von 8,00 kWp.

Aus den vorgenannten Moduleigenschaften ergibt sich, dass diese beispielhaft genannte Anlagenleistung (und das betrifft auch Ihre Anlage) aber niemals gleich sein kann. Sie hängt, wie bereits erwähnt, ab von der Einstrahlung (Ausrichtung, Sonneneinstrahlung) sowie von der Zelltemperatur. So kann es durchaus sein, dass bei einem steilen, nach Süden ausgerichteten Dach die Leistung in den Monaten April und Mai am stärksten ist, obgleich hier die Sonne jahreszeitlich noch gar nicht ihren höchsten Tageslauf erreicht hat. Hier spielt die für die Jahreszeit noch niedrige Zelltemperatur neben der direkten Einstrahlung eine große Rolle.

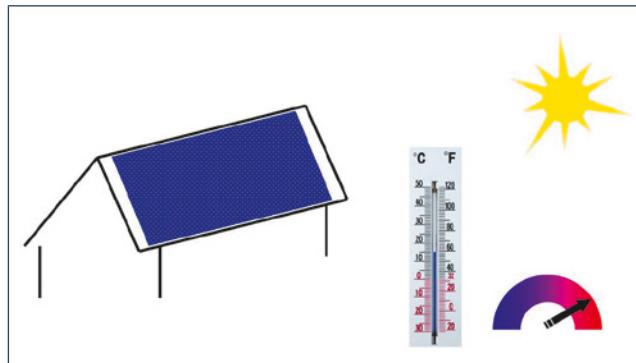
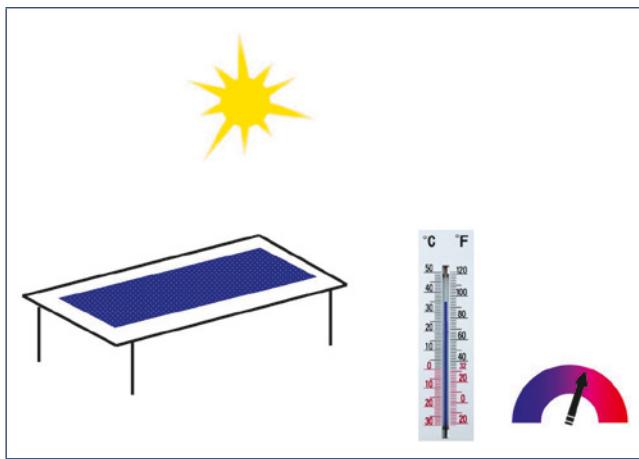


Bild 3: temperaturabhängige Leistung steiles Süddach im Frühjahr

Dagegen kann ein auf einem relativ flachen Dach errichtete Photovoltaikanlage im Sommer trotz hohen Sonnenstandes und hoher direkter Sonneneinstrahlung weit hinter ihrer Nennleistung bleiben, weil im Sommer die Witterung sehr warm ist und sich die Zellen dementsprechend erwärmen.

Im Ergebnis bleibt daher festzuhalten, dass die Anlagennennleistung, d.h. der Spitzenwert, auch bei guter Ausrichtung nur in den seltensten Fällen oder auch gar nicht erreicht wird, weil eine hohe Einstrahlung meist auch hohe Temperaturen bedeutet und niedrige Temperaturen meist auch niedrige Einstrahlungen.

Bild 4: temperaturabhängige
Leistung flaches Süddach
im Sommer



Die Anlagennennleistung kann sich auch unter gewissen Umständen mit der Zeit dauerhaft ändern – und zwar nach unten. Die Modulzellen unterliegen einer natürlichen Degradation, d. h. einem Nachlassen der Nennleistung im fortgeschrittenen Alter. Der Prozess ist häufig unterschiedlich und richtet sich auch nach dem Halbleitermaterial und der Glasqualität. Bestimmte Dünnschichtmodule können eine höhere Anfangsdegradation haben. Kristalline Zellen haben eher eine gleichmäßige Degradation. Der Wert liegt zwischen 0,1 bis 0,5 % pro Jahr, obgleich es auch kristalline Zellen mit einer erhöhten Anfangsdegradation gibt. Alle Modulhersteller geben sogenannte Leistungsgarantien (siehe vorangegangene Kapitel). Die meisten liegen bei 25 Jahren und 80 % der ursprünglichen Nennleistung. Manche haben auch noch eine Zwischenwertdefinition von zum Beispiel 10 Jahre 90 %. Es gibt mittlerweile auch Modulhersteller, welche eine linear verlaufende Leistungsgarantie auf 25 Jahre bieten.

4.1.2 Globalstrahlung

Die Leistung bzw. das Ertragsergebnis einer Photovoltaikanlage ist von der solaren Strahlung bzw. Globalstrahlung abhängig. Als Globalstrahlung bezeichnet man die auf eine horizontale Fläche auf der Erde treffende Sonneneinstrahlung. Sie setzt sich zusammen aus direkter (direkte Sonnenstrahlung), diffuser (durch Wolken gehinderte direkte Strahlung) und reflektierter Strahlung (zum Beispiel von hellen Wolken, Wasserflächen oder Schnee). Mit dem Wert der Globalstrahlung am Anlagenstandort kann man auf die Performance der in Betrieb befindlichen Photovoltaikanlage Rückschlüsse führen und erhält ein Ergebnis der Performance (*Performance Ratio*, siehe 4.1.4). Nach Statistiken, zum Beispiel des Deutschen Wetterdienstes, gab es beispielsweise in den Jahren 2009 bis 2012 sehr gute globale Einstrahlungen. 2013 war hingegen um bis zu 10 % geringere Einstrahlung zum langjährigen Mittel messbar. In 2015 hat sich der Wert wieder deutlich verbessert.

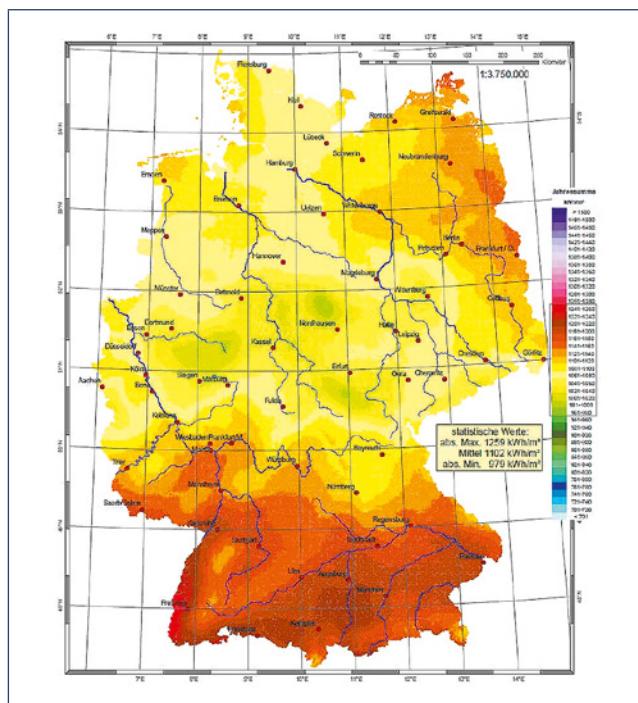


Bild 5: Jahreskarte globale Einstrahlung Deutschland
[Quelle: Deutscher Wetterdienst]

4.1.3 Spezifischer Ertrag

Der spezifische Ertrag gilt als Standardmaßeinheit für die von der Photovoltaikanlage erzeugte Energie. Ähnlich wie beim Spritverbrauch des Autos (Liter pro 100 km) berechnet sich dieser aus der Summe der erzeugten Energie pro Zeiteinheit in kWh geteilt durch die Anlagennennleistung in kWp. Hierbei ergibt sich ein Wert mit der Einheit kWh/kWp. Erzeugt Ihre Anlage beispielsweise im Jahr eine Energie von 7700 kWh bei einer Anlagengröße von 8,00 kWp, dann ergibt sich ein spezifischer Jahresertrag von 950 kWh/kWp. Man kann diesen Wert für den spezifischen Tagesertrag genauso wie für den monatlichen spezifischen Ertrag berechnen. Typischer Weise und mit entsprechender Vergleichsaussage wird meist der spezifische Jahresertrag herangezogen. Dieser Wert sollte bei gut ausgerichteten Anlagen in Deutschland und bei guter jährlicher Globalstrahlung zwischen 930 und 1100 kWh/kW liegen.

Dieser spezifische Jahresertrag ist bei einem normalen und ungestörten Anlagenbetrieb von der jährlichen Globaleinstrahlung abhängig. Daher kann der spezifische Anlagenertrag auch bei unterschiedlicher jährlicher Globaleinstrahlung schwanken. Weiterhin ist der Anlagenertrag auch von der Anlagenverfügbarkeit abhängig; d.h. ob die Anlage störungsfrei über das Jahr betrieben wurde oder ob es zu Ausfällen kam (zum Beispiel Wechselrichterausfälle).

4.1.4 Performance Ratio

In der Regel bestimmt der spezifische Anlagenenertrag, also kWh pro kWp eine Aussage über die Leistung einer PV-Anlage. Dieser Wert ist als Gesamtergebnis zu betrachten, welches sich rein aus der erzeugten Energie im Vergleich zu der Anlagengröße ergibt. Diesen Wert kann man mit anderen Anlagen in bestimmten Portalen sowohl mit den monatlichen Erträgen als auch mit den jährlichen Erträgen vergleichen. Diese Methode bietet jedoch nur einen relativ groben Vergleich und Prüfung, ob die eigene Anlage tatsächlich »gut« funktioniert oder eigentlich besser laufen könnte. Es ergeben sich durchaus Abweichungen in den monatlichen und jährlichen örtlichen Einstrahlungen und somit auch bei Vergleichsanlagen. Ferner ist ein Ergebnis mit einem spezifischen Jahresertrag von beispielsweise 950 kWh/kWp zwar nicht schlecht. Es stellt sich aber durchaus die Frage, ob die Anlage real nicht doch vielleicht 960 kWh/kWp oder gar 970 kWh/kWp hätte erbringen können. Darüber hinaus muss man für ein vergleichbares Jahresergebnis einer Anlage auch ein ganzes Jahr abwarten, um dann einen Vergleichswert zu bekommen. Bei sich einschleichenden Störungen während des Jahres kann dies aber dann schon zu möglichen und nicht erkennbaren Ertragseinbußen führen.

Eine permanente Kontrolle der Anlagenleistung, und zwar unabhängig von den natürlichen Einstrahlungswerten, bietet die sogenannte »Performance Ratio«. Unter »Performance Ratio« versteht man in der Photovoltaik das Verhältnis von Nutzertrag und Sollertrag einer Anlage. Die Performance Ratio einer Photovoltaikanlage ist der Quotient aus dem Wechselstromertrag und dem nominalen Ertrag an Generatorgleichstrom. Sie gibt an, welcher Anteil des vom Generator erzeugten Stroms real zur Verfügung steht.

Das liest sich jetzt etwas kompliziert. Um es vereinfacht auszudrücken: Es ist das Verhältnis der Anlagenleistung (Energieerzeugung) zur Einstrahlung. Dies bedeutet, dass egal ob bei guter oder schlechter Einstrahlung ein Vergleich der Leistungsfähigkeit der PV-Anlage gegeben ist. Beispielsweise hat ein Ostdach bei gleicher Dachneigung und Standort wie ein Süddach sicherlich einen geringeren Ertrag wie das Süddach. Würden wir für das Ostdach als Beispiel 850 kWh/kWp und für das Süddach 950 kWh/kWp an Ertragsergebnis haben, wäre dies erst einmal plausibel. Das Ostdach kann aber auch bei einer geringeren Sonneneinstrahlung wie beim Süddach trotzdem einen, im Verhältnis zur Einstrahlung, besseren Ertrag haben, als das Süddach. Dies ist dann ersichtlich, wenn für beide Anlagen die Performance Ratio bekannt ist.

Leistungsfähige PV-Anlagen erreichen eine Performance Ratio von über 80 %. Die Performance Ratio wird oft auch als Qualitätsfaktor (Q) bezeichnet. Sie kann in Jahren mit wenig Globalstrahlung höher sein, als in solchen mit hoher Einstrahlung (z. B. wegen höherer Temperaturverluste). Um diesen Vergleich zu ermöglichen, bedarf es aber neben der Aufzeichnung des Anlagenenertrages eines weiteren Hilfsmittels, die Aufzeichnung der globalen Einstrahlung zum Beispiel, mit einem Einstrahlungssensor.



Bild 6: Einstrahlungssensor

4.1.5 Energiefluss und Verluste einer PV-Anlage

Eine Photovoltaikanlage hat im Betrieb wie jede energieumwandelnde Anlage Verluste. Diese haben primär Einfluss auf den Ertrag einer Photovoltaikanlage. Die Verluste entstehen bei den einzelnen Anlagenkomponenten, welche bauart- und konstruktionsbedingt zwangsläufig auftreten bzw. auftreten können. Hierzu gehören zum Beispiel Verluste durch die Lichtreflexion der Modulscheibe, Verluste durch Leitungen und Steckverbindern, Wechselrichterverluste, Trafoverluste und mögliche Verluste aus natürlichen Teilverschattungen der Anlage sowie Temperaturverluste.

Es treten aber auch Verluste auf, welche planerisch vielleicht gar nicht berücksichtigt wurden und / oder sich womöglich alleine aus dem Anlagenbetrieb ergeben.

Verschattungen

Bekannte Verschattungen können (müssen) bereits bei der Anlagenplanung berücksichtigt werden, sowohl was die Modulverteilung auf dem Dach angeht, als auch deren Verschaltung. Es können aber auch nach der Installation der Photovoltaikanlage nachträgliche Verschattungen auftreten, zum Beispiel durch bauliche Veränderungen in der näheren Umgebung oder durch Bewuchs (Bäume). Auch eine nachträglich installierte Satellitenschüssel kann Probleme in Punkt Verschattung verursachen.

Gerade Verschattungen werden in der Regel von Anlagenbetreibern unterschätzt – selbst auch von Installateuren. Viele Anlagenbetreiber gingen früher davon aus, dass wenn ein Teilbereich eines Moduls verschattet ist, die übrigen Module unbeschattet noch voll funktionieren würden. Dem ist aber nicht so.

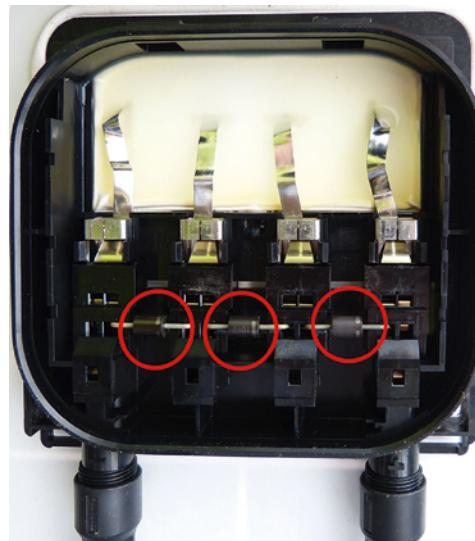
Die Produktion von Solarstrom im Photovoltaikmodul ist in sogenannten Strings organisiert, d.h. Gruppen von Solarzellen werden miteinander verschaltet, indem sie hintereinander in Reihe installiert und verdrahtet werden. Ähnlich wie in Batterien, die hintereinander in einer Taschenlampe liegen und so die erforderliche Stromspannung erhöhen, bauen die seriell verschalteten Solarzellen bzw. Module von Element zu Element die hohe Stromspannung auf, die für den Betrieb des Wechselrichters und letztendlich für die Netzeinspeisung erforderlich ist.

Ist der Solarstromfluss an einer Stelle gestört – ob durch Defekt, Verunreinigung oder eben durch Verschattung, wird der aus den vorgelagerten Solarzellen bzw. Modulen anliegende Strom aufgehalten. In der Elektro- und Halbleitertechnik spricht man von dem sogenannten »Gartenschlauch-Effekt«. Die herandrängenden Ladungsträger (Elektronen) werden nicht weitergeleitet und stauen sich an der Störstelle auf wie Wasser in einem abgeklemmten Gartenschlauch.

Der eintretende Elektronenstau ist für Photovoltaik-Betreiber aus zwei Gründen fatal:

Indem die Elektronen sich an einer Stelle stauen, erzeugen sie »Druck«, der sich in Hitze entladen kann: Es droht ein sogenannter Hotspot mit hohen Hitzegraden und im Extremfall ein Störlichtbogen. Das Material des Moduls kann dabei erheblich beschädigt werden. Weiterhin kann es passieren, dass der Strom in einem String aus vorgelagerten Solarzellen nicht weitergeleitet wird – was auch den Strom aus vorgelagerten Modulen im String betreffen kann –, geht dieser für Nutzung bzw. Einspeisung verloren. So bestimmt die schwächste Solarzelle im Modul bzw. das schwächste Modul im String den Solarertrag. Dem Betreiber droht ein – mitunter erheblicher – Ertragsausfall.

Bild 7: offene Anschlussdose mit Bypassdioden



Die meisten Module haben als Schutz gegen solche auftretenden »Stauströme« sogenannte Bypassdioden in den Modulanschlussdosen eingebaut. Diese können bei einer Teilverschattung einzelne Zellreihen im Modul schalten, sodass der »gestaute Strom« quasi umgeleitet wird und nicht die verschatteten Zellreihen durchfließt. Hierdurch ergibt sich nur eine Teilverschattung des Moduls bzw. des Strings.

Nachfolgende Grafik zeigt die Situation von verschatteten Zellen im Bereich einer Bypassdiode. Die Bypassdiode wirkt hierbei durchleitend, d. h. der Strom der beiden benachbarten Zellreihen kann ungehindert durch den String fließen, die Verschattungsverluste sind somit reduziert.

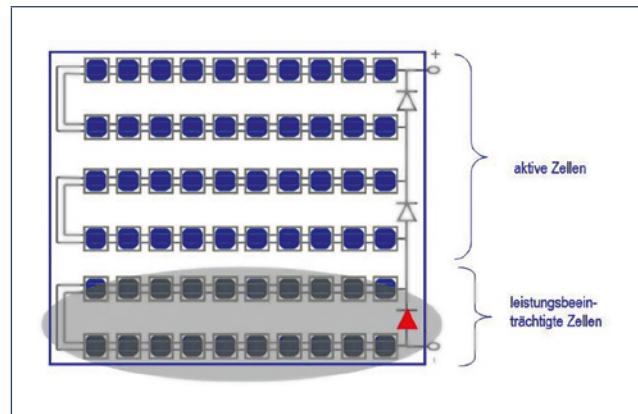


Bild 8: teilverschattetes Modul mit aktiver Bypassdiode mit $\frac{1}{3}$ Leistungsreduzierung

Wirkt die Verschattung jedoch über einzelne Zellen aller mit Bypassdioden versehenen Zellreihen, so kann auch hier der Verschattungseffekt nicht mehr eingegrenzt werden. Somit kommt es zu einer »Vollverschattung« des Moduls und somit Beeinträchtigung des gesamten Modulstrings.

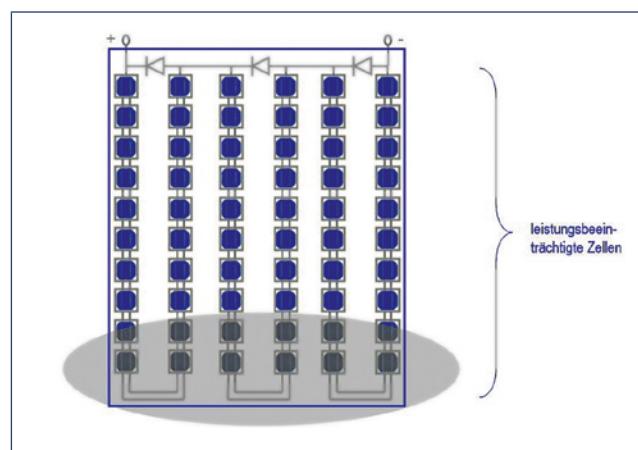


Bild 9: teilverschattetes Modul über alle Zellstrings – somit weitgehend Vollverschattung mit entsprechender Leistungsreduzierung

Dies ist zum Beispiel bereits bei der Planung zu berücksichtigen, wenn einzelne Modulreihen mit einer künstlichen Neigung versehen werden und diese Modulreihen sich womöglich gegenseitig verschatten. Hier macht es zum Beispiel einen Unterschied, ob die Module quer oder senkrecht stehend installiert sind. Bei einer Quermontage wirkt die Bypassdiode der unteren Zellreihe. Bei einer senkrechten Montage wirken alle Bypassdioden eines Moduls.

Bild 10: zu enger Reihenabstand und falsche Modullage erzeugt »Vollverschattung«



Natürlich kann es vorkommen, dass sich im Tagesverlauf der Sonne sich ergebende Teilverschattungen nicht vermeiden lassen. Diese können aber dadurch beherrscht werden, wenn die betreffende PV-Anlage entsprechend geplant, die betroffenen Strings separat verschaltet und bei der Wechselrichterauslegung planerisch berücksichtigt werden. Es gibt aber durchaus auch Anlagen, bei denen ist es zweifelhaft, ob in der Planung überhaupt die auftretenden Verschattungen berücksichtigt wurden.

Bild 11: Auch kleine Verschattungen haben große Wirkung, wie hier ein Schneefanggitter.



Verschmutzung

Verschmutzungen können je nach Installationsort und je nach Generatormeigung bzw. Dachneigung ($< 15^\circ$) nicht unerheblich sein. Je nach Konstruktionsart, ob zum Beispiel Module gerahmt oder ungerahmt, kann in Verbindung mit einer sehr niedrigen Generatormeigung der sog. Selbstreinigungseffekt durch Regen vermindert bis unwirksam sein. Insbesondere kristalline Zellen bzw. Module (polykristalline und monokristalline Module) reagieren mitunter sehr empfindlich auf Verschmutzungen mit Leistungseinbußen, wogegen Dünnschicht-Module eher etwas verhalten wirken, da diese Halbleitertechnik ein breiteres Lichtspektrum nutzen kann. Siehe hierzu auch das spätere Kapitel zum Thema »Modulreinigung«.



Bild 12: Randverschmutzung

4.2 Ertragsprognosen

Im Vordergrund jeder Photovoltaikanlage steht die Frage, mit welchem Ertrag man rechnen kann und natürlich mit welchen Einnahmen aus der Einspeisevergütung. Hierbei gibt es keine Standardantwort, denn der reale Ertrag hängt von vielen Faktoren ab, welcher in vorangegangenen Kapiteln beschrieben wurde. Die sich oftmals auf dem Papier wiederfindenden Ertragsprognosen des Anlagenverkäufers weichen nicht selten erheblich von den realen Werten ab – meist zu Ungunsten des Anlagenbetreibers. Sie waren oftmals Verkaufsargument und spiegelten eine hohe Anlagenrendite wieder. Oder die Erträge wurden zu konservativ gerechnet. In nicht wenigen Fällen klaffen daher Theorie und Praxis weit auseinander.

Ertragsprognosen sollten vom Anlagenplaner eigentlich mit Vorsicht erstellt werden, da sie oft als Maß aller Dinge angesehen werden und manchmal auch das Verständnis seitens des Anlagenbetreibers dafür fehlt, wenn es zu Abweichungen kommt. Die Ertragsprognose muss realistische Werte als Ergebnis hervorbringen, das tut sie dann, wenn das Berechnungsprogramm hierfür auch mit den richtigen Daten »gefüttert« wurde. Werthaltige Ertragsprognosen sind meist nur aus Ertragsgutachten zu erwarten, welche von unabhängigen Dritten erstellt werden. Bei Großanlagen ist das meist ein Muss, weil hier bereits die Banken entsprechende Grundlagen für die Finanzierung prüfen wollen. Es muss ja sicher gestellt sein, dass die Kosten des Kreditdienstes zumindest von den Ertragserlösen gedeckt werden.

Bei kleineren Anlagen musste man zumindest früher mit entsprechenden Aussagen des Verkäufers leben. Zwar gibt es schon lange einfache oder auch etwas anspruchsvollere Berechnungsprogramme für Ertragsprognosen, aber das Endergebnis hieraus lässt sich mit vielen Stellschrauben durchaus in einen »gewünschten« Wert überführen. Als Laie ist man hierbei überfordert, insbesondere wenn aus dem Berechnungsprogramm die gesamten Eingabedaten oder Analysen nicht offen gelegt werden, sondern nur eine Ergebniszusammenfassung.

So können verschiedene Annahmen von Leitungsverlusten, Wetterdateien, fehlende Berücksichtigung von Horizontal- und Nahverschattungen aus mehreren unabhängigen Berechnungen für ein und dieselbe Anlage zu recht unterschiedliche Ergebnisse führen. Recht optimistisch angesetzte Ertragsergebnisse führen dann zwangsläufig auch zu einer deutlich besseren Anlagenrendite, wobei früher mitunter auch argumentativ ein überhöhter Anlagenpreis gleich mit ausgeglichen wurde. Im Gegenzug führt eine zu »vorsichtig« gerechnete Ertragsprognose, also ein geringerer Wert, im Vergleich mit den realen Ertragswerten der Anlage zu einem stets guten Jahresertrag, welche den Anlagenbetreiber stets beruhigt. In nicht wenigen Fällen ergibt sich aber der Umstand, dass die gegenständliche Anlage einen durchaus besseren Ertrag erzielen könnte.

Wichtig für Sie als Anlagenbetreiber ist aber auch zu wissen, dass es sich bei den prognostizierten Erträgen um ein langfristiges Mittel jährlicher Einstrahlungen aus den letzten 10 bis 15 Jahren handelt. Die tatsächliche Jahreseinstrahlung unterliegt aber gemäß der tatsächlichen Vorkommnis jährlichen Abweichungen. Wurde für Ihre Anlage beispielsweise ein jährlicher Jahresertrag von 980 kWh/kWp bei einer zugrunde liegenden mittleren Jahresstrahlung von 1100 W/m² ermittelt, dann sollte, wenn die tatsächliche Jahresstrahlung ebenfalls diesen Wert erreicht, auch dieser prognostizierte Jahresertrag mit geringen prozentualen Abweichungen erzielt worden sein. Liegt der Ertragswert deutlich niedriger, so stimmt entweder die Ertragsberechnung nicht oder die Anlage läuft nicht optimal.

Viele Anlagenbetreiber haben sich bei negativen Abweichungen oftmals vom Verkäufer irgendwelche Ausreden anhören lassen müssen, wie zum Beispiel dass die Anlage doch mit 900 kWh/kWp gut laufe oder das Jahr eben mit der Einstrahlung etwas schlechter

war, bis dahin, dass sich die Anlage erst »einlaufen« müsse. Solche Hinweise und fachlich unausgereifte Ausreden haben nichts mit einen professionellen Service zu tun, man will sich letztendlich womöglich nur Ärger und Arbeit vom Halse abhalten.

4.3 Ertragsvergleiche und Anlagenüberwachung

Für den Anlagenbetreiber gibt es verschiedenen Möglichkeiten, den Ertrag seiner Anlage dahingehend zu vergleichen, ob das, was die Anlage produziert, im Rahmen dessen ist, was zu erwarten ist. Wie bereits vorangegangen erläutert, hängt der Ertrag von vielen Faktoren ab. Diese sind natürlich beim Vergleich mitzuberücksichtigen. Die größte Abhängigkeit ist grundsätzlich die solare Einstrahlung auf die Modulebene.

4.3.1 Vergleichsanlagen

Bei kleineren, oft einfachen Anlagen ohne Anlagenmonitoring, ist es oftmals schwierig, den Ertrag der Anlage zu deuten. Bei einem Wechselrichter mit einem String mag das womöglich noch gehen, dass man die monatlichen Zählerwerte entweder mit den Werten aus dem Vorjahr oder aber auch mit Werten aus im Internet gelisteten Vergleichswerten anderen Anlagen vergleicht. Hat man mehrere Wechselrichter mit zudem noch unterschiedlichen Strings und Dachausrichtung, wird das Ganze bereits schwieriger. Hier ergeben sich aber nur relativ grobe Vergleiche, welche je nach Standort der Vergleichsanlagen erheblich schwanken können.

Genauere Vergleiche ergeben sich nur über ein sogenanntes Monitoring (Anlagenüberwachung), in dem man differenzierte Ertragserfassungen vornehmen kann. Eine schlechte Empfehlung ist es, den Jahresertrag seiner Anlage abzuwarten und als Vergleich herzu nehmen. Inwieweit diese Jahresvergleiche als Vergleich taugen, wurde bereits oben erläutert. Erste Ertragseinschätzungen bei dem Verdacht, dass die Anlage nicht die erwarteten Erträge erzeugt, können Datenbanken aus dem Internet hilfreich sein, so zum Beispiel beim Solarförderverein unter www.sfv.de oder bei www.sonnenenertrag.de.

4.3.2 Anlagenüberwachung – Monitoring – Fehlererkennung

Professionelle Ertragsvergleiche ergeben sich nur mit entsprechendem Monitoring. Hierbei gibt es recht einfache Systeme mit automatisch generierender Fehlermeldung bis hin zu recht ausgefeilten Techniken mit Einzelstringüberwachung sowie Einstrahlungs- und Temperatursensor. Ob sich das auch für Kleinanlagen lohnt, muss jeder selbst entscheiden und abwägen. Soweit er seinen Wechselrichter regelmäßig im Blickfeld hat und dieser mit einem aussagefähigen Display ausgestattet ist, kann man auf zusätzliche technische Ausrüstungen möglicherweise verzichten. Fehlen aber bereits geeignete Anzeigevorrich-

tungen am Wechselrichter und fällt ein String aus, dann bleibt dieser Fehler ohne zusätzliche Überwachungsgeräte unentdeckt – womöglich für längere Zeit.

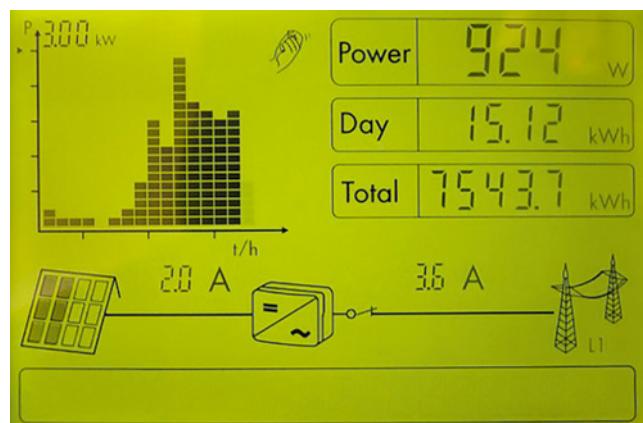
Das Fehlen von geeigneten Überwachungseinrichtungen hatte aber zumindest früher seine Gründe: Mancher Installateur kennt sich nicht mit Daten- und Bustechnik aus. Der Umsatz an solchen Geräten ist im Hinblick auf die Gesamtanlage und der damit verbundenen Aufwendung relativ gering und – man mag es kaum glauben – mit dem Argument: »das kostet nur Geld und bringt keinen Ertrag« wurden solche Einrichtungen dem Kunden ausgeredet. Letzteres erfolgte nicht selten auch nur wegen eines bestimmten Grundes: Man wollte Arbeit vermeiden, weil möglicherweise der Kunde zum Beispiel mehrmals die Woche beim Installateur anruft und eine Fehlermeldung der Überwachung meldet.

Eine kontinuierliche Betriebsführung ist der Grundstein für die Sicherung einer hohen Verfügbarkeit der Anlage. Hierzu unabdingbar ist eine funktionierende und permanente Betriebsüberwachung. Diese sollte unabhängig von der Anlagengröße täglich durchgeführt werden. Mit der heute verfügbaren Technik sind auch kleine Monitoringsysteme mit permanenter Überwachung und automatischer Fehlermeldung Stand der Technik, gerade wenn die Wechselrichter oder auch die Anlage selbst nicht immer in Reichweite des Betreibers sind.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Funktion der PV-Anlage zu überwachen. Bei wenigen Wechselrichtern reicht, wie bereits erwähnt, ein übersichtliches Display am Wechselrichter, um diese miteinander zu vergleichen und Fehlermeldungen auszulesen – vorausgesetzt, die Anlage befindet sich zum Beispiel auf dem eigenen Hausdach und die Wechselrichter sind leicht zugänglich.

Über Bluetooth- oder GPRS-Funktion gibt es bereits kleine Datenlogger und Monitoringssysteme, welche eine komfortable, ortsnahe Überwachung der Anlage ermöglichen, ohne direkt am Wechselrichter Daten auslesen zu müssen.

Bild 13: Display am Wechselrichter



Bei größeren Anlagen ist ein Datenlogger zu empfehlen, welcher die Daten der Wechselrichter aufzeichnet und über eine Schnittstelle entweder direkt am PC zur Verfügung stellt oder über das Internet mit einer visualisierten Darstellung überall und jederzeit zugänglich macht. Bei einer Anlagengröße ab ca. 20 kW oder dort, wo die Funktion der Wechselrichter nicht täglich visuell kontrolliert werden kann, ist ein fernauslesbares Monitoring unabdingbar, um gesicherte Messdaten und auch Fehlermeldungen zu erhalten, was ein zeitnahe Reagieren des Anlagenbetreibers ermöglicht.



Bild 14: Datenlogger
[Quelle: Solarlog]

Auf dem Markt gibt es derzeit eine Vielzahl von Monitoringsystemen mit visualisierter Aufbereitung und ortsunabhängiger Kontrolle via Internet oder i-Pod. Die Systeme unterscheiden sich von ihrer örtlichen Installation (Datenleitung mit Schnittstelle oder Bluetooth-Variante), der Datenaufzeichnung und Datenversand (direkt am PC, via GPRS oder über Speicherplatte) sowie der Visualisierungsmöglichkeit und Datenaufbereitung.

Bei einem visualisierten Monitoringsystem werden Anlagenausfälle oder auch bereits Teilausfälle schnell erkannt. Auch Teilabschaltungen von einzelnen Wechselrichtern zum Beispiel durch zu hohe Netzschwankungen oder Netzspannung werden hier aufgezeigt. Mit moderner Sensorik können sogar Ausfälle von einzelnen Stringleitungen oder Generatoren erkannt werden.

Neben kostenfreien Systemen, was die Datenaufbereitung via Internet angeht, sind einige Systeme auch gebührenpflichtig. Die Höhe der Gebühr richtet sich meist nach der Anlagengröße. Bereits der Laie kann mit Hilfe von visualisierten Anlagendaten auffällige Abweichungen zeitnah erkennen. Voraussetzung ist jedoch, dass die Anlagendaten, Wechselrichterleistungen bzw. Stringleistungen und Wechselrichterzuordnungen genau erfasst wurden.

Bild 15: visualisierte
Datenaufbereitung
[Quelle: Meteocontrol]



Parallel laufende Wechselrichterleistungsdiagramme sind – vorausgesetzt die einzelnen Wechselrichter sind auch gleich belegt – erst einmal ein beruhigendes Zeichen für einen ungestörten Anlagenbetrieb.

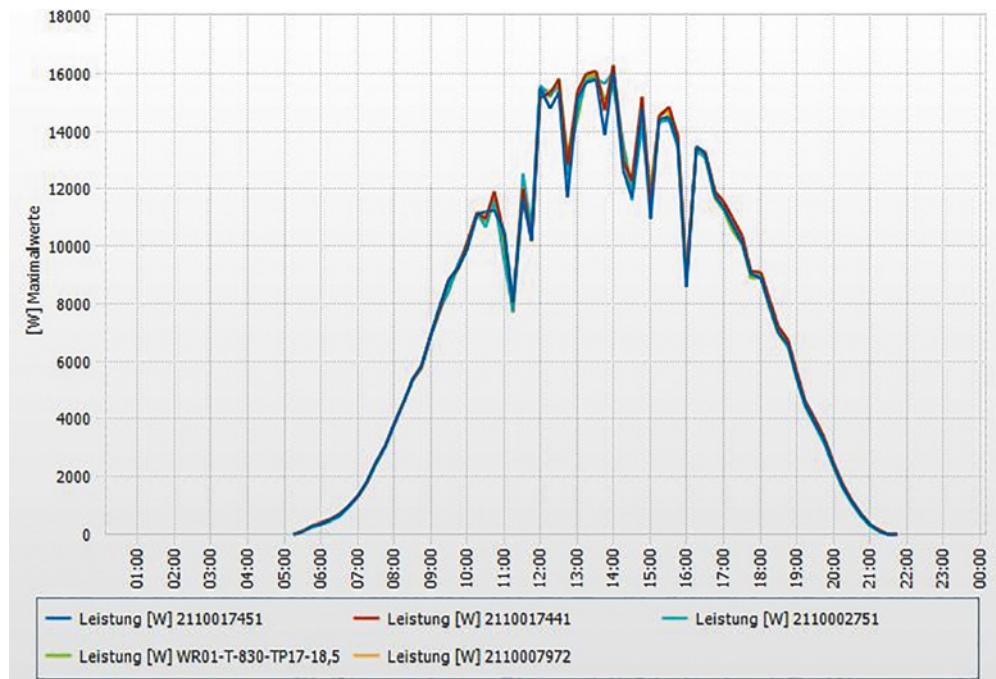


Bild 16: synchron laufende Wechselrichter

Bei Abweichungen sollte man misstrauisch werden. Jedoch ist auch hier Vorsicht geboten. Bei manchen älteren Wechselrichtern gibt es bereits Abweichungen im Messsystem, da diese bei einem Wechselrichter nicht geeicht sind. Abweichungen von bis zu 10 % können auftreten, obgleich nachweislich kein Anlagenfehler vorliegt.

Größere und auffälligere Abweichungen sind immer ein Zeichen eines nicht normalen Anlagenbetriebes bzw. einer Störung. Nachfolgendes Diagrammbeispiel zeigt drei Wechselrichter, wobei zwei davon mit einer kleineren Leistung gleich bestückt sind und ein Wechselrichter fast die doppelte Leistung hat. Bei allen drei Wechselrichtern ergeben sich unterschiedliche Abweichungen, welche nicht durch Wolken bedingt sein können, sondern entweder durch überhöhte Temperatur oder infolge von außerhalb den Normalwerten liegenden Netzparametern (Netzspannung oder Netzfrequenz).

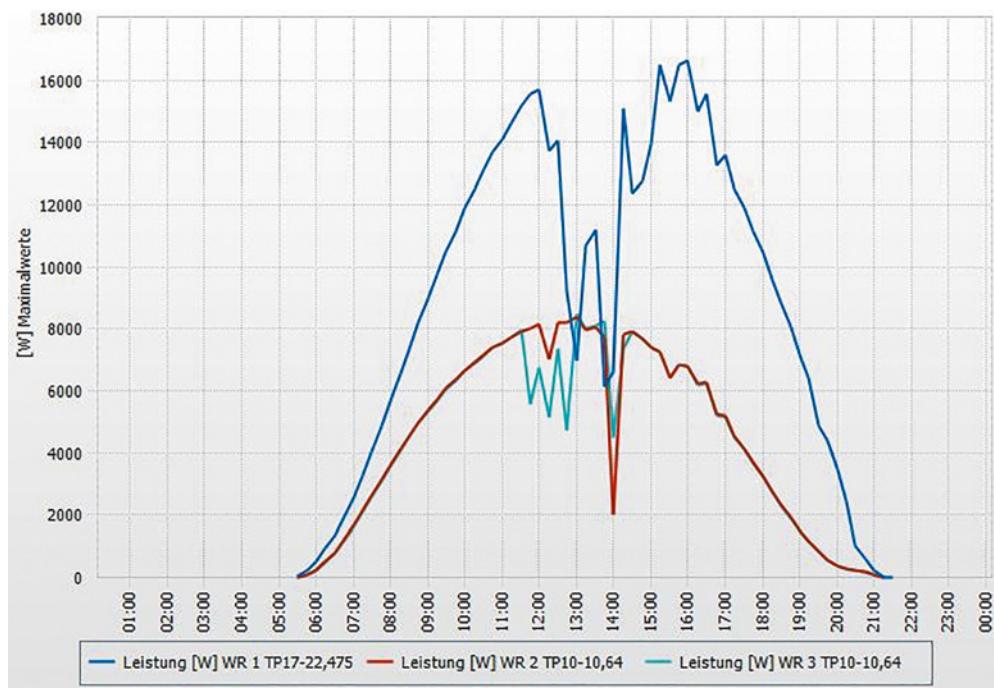


Bild 17: Leistungsabfälle z. B. bei hoher Netzspannung

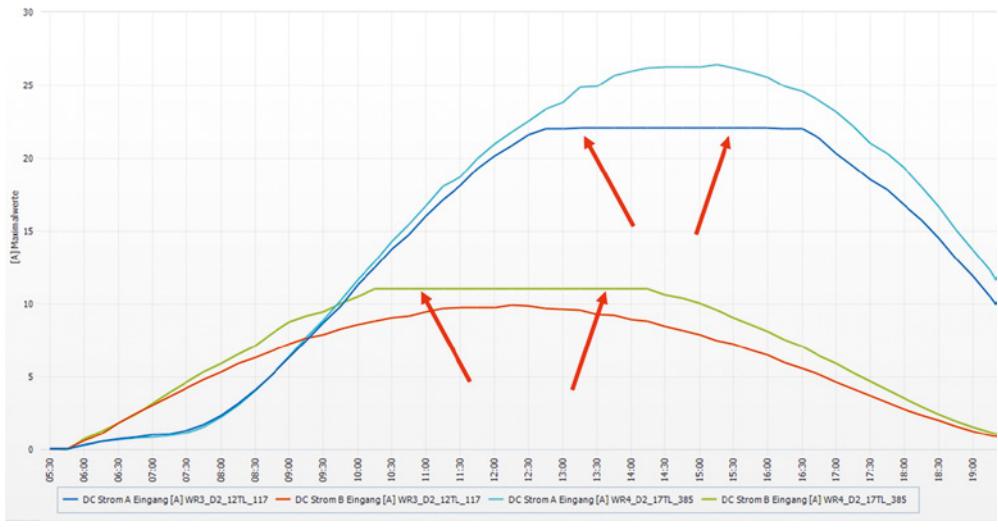


Bild 18: Leistungsbegrenzung eines Wechselrichters bei Überlast (Diagrammausschnitt)

5 Voraussetzungen eines technisch und wirtschaftlich sicheren Anlagenbetriebs

Wir haben uns in den vorangegangenen Kapiteln um die allgemeinen Betreiberrisiken mit Gewährleistungen, Verantwortung und Anlagenertrag – also den Hauptgründen für die Anschaffung einer Photovoltaikanlage – beschäftigt. Nachfolgend und in den weiteren Kapiteln geht es darum, die Nutzung und Verfügbarkeit einer Photovoltaikanlage zu sichern – d.h. um den eigentlichen Anlagenbetrieb, um mögliche auftretende Fehler, Störungen und rechtliche Themen zum Anlagenbetrieb. Es sind die alltäglichen Punkte, welche einen Anlagenbetreiber beschäftigen können oder auch sollten und die mitunter auch die Freude an einer Photovoltaikanlage schnell trüben können.

5.1 Fachtechnische Abnahme – Ausnahme Nr. 1

Viele Anlagenbetreiber haben ihr gutes Geld einem Verkäufer oder »Fachbetrieb« anvertraut, welcher ihnen die Photovoltaikanlage installiert hat. Oftmals lagern die Summen nicht nur im fünfstelligen Bereich, sondern auch deutlich darüber. Vertrauen ist gut, aber ... hat bei Ihnen nach der Installation und Fertigstellung Ihrer Photovoltaikanlage jemand unabhängiger Dritter die Anlage auf die norm-konforme Installation geprüft und technisch abgenommen? Man darf darauf wetten, dass die meisten diese Frage verneinen. Aber warum überhaupt »technische Anlagenabnahme«?

Als Laie ist es in der Regel kaum möglich zu beurteilen, ob die vorgenommene Planung und Installation den Regeln der Technik entspricht. Selbst am Bau tut man sich hierbei sehr schwer, weshalb oftmals Spezialisten zur Qualitätsüberwachung eingeschaltet werden. Zum Beispiel kann ein Architekt auch ein technischer Berater sein, wenn es um die Bauqualität geht. Als technische Abnahme wird eine Erklärung des Bestellers oder häufig seines Bevollmächtigten bezeichnet, dass die Sache oder das Werk oder ein bestimmter Teil davon unter rein technischen Gesichtspunkten vertragsgemäß ist bzw. nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik errichtet wurde.

Viele meinen, mit der erstmaligen Inbetriebnahme der Anlage im Beisein des Netzbetreibers nimmt dieser durch die Erstellung eines Inbetriebnahmeprotokolls die Photovoltaikanlage als Ganzes ab. Dies ist weit gefehlt. Der Netzbetreiber ist berechtigt, die Bauteile und Sicherheitsorgane, welche ausschließlich für den sicheren Netzbetrieb erforderlich sind,

zu prüfen und für richtig und funktionsfähig zu befinden. Die restliche Photovoltaikanlage liegt ausschließlich im Verantwortungsbereich des Anlagenbetreibers oder dessen Errichters. Dass Sie in der Vergangenheit auf diesen vertraut haben, mag nichts Schlechtes an der Sache sein. Wenn man aber bedenkt, wer in der Vergangenheit alles Photovoltaikanlagen errichtet hat und welche fachliche Ausbildung die sogenannten Installateure hatten, dann mag dies aus eigenen Erfahrungen bedenklich stimmen.

Bei einer technischen Abnahme ist es mit einem einmaligen »Hinsehen« nicht getan. Sie erstreckt sich daher im Wesentlichen auf folgende Punkte:

- Prüfung der Installation auf Übereinstimmung mit den Allgemein anerkannten Regeln der Technik
- Prüfung der Sicherheitseinrichtungen (Blitzschutz, Überspannungsschutz, Brandschutz, Anforderungen in der Landwirtschaft oder feuergefährdete Betriebe, etc.)
- Plausibilitätsprüfungen der vom Installateur durchgeführten Messungen und deren Protokolle
- Vorhandensein und Vollständigkeit der Anlagendokumentation einschließlich der Anlagenkennzeichnung vor Ort
- Nachweis der Kundeneinweisung
- Mängeldokumentation und Begleitung der Mängelbeseitigung sowie Bestätigung der Mangelfreiheit.

Auch wenn beim üblichen Kaufvertrag keine förmliche Abnahme vorgesehen ist, steht eine technische Abnahme dieser nicht entgegen und sollte bereits im Kaufvertrag vereinbart werden.

Es spielt natürlich auch immer wieder die Argumentation mit, dass so eine Dienstleistung (technische Abnahme) von einem Dritten (z.B. Gutachter) Geld kostet. Ja, das ist richtig. Der Architekt, welcher Sie beim Hausbau begleitet, kostet auch sein Honorar. Erfahrungen zeigen aber immer wieder, wie wichtig in vielen Fällen so eine technische Abnahme gewesen wäre. Oftmals kommen Anlagenbetreiber auf mich zu, weil es Probleme mit ihrer Anlage gibt. Man stellt hierbei dann oftmals fest, dass die Probleme bereits bei der Planung und Installation im Keim angelegt waren. Nicht selten kommt man zu dem Ergebnis, dass die Anlage in den kommenden Jahren generalsaniert werden muss, weil mit erheblichen Beeinträchtigungen der Dauerhaftigkeit und nicht selten sogar der Betriebssicherheit zu rechnen ist.

Für eine technische Abnahme gibt es viele Argumente. Sie ist in der Regel die letzte Chance überprüfen zu lassen, ob die Anlage nach den Regeln der Technik errichtet wurde, bevor der künftige Anlagenbetreiber mögliche Restzahlungen an den Installateur leistet. Zudem ermöglicht eine technische Abnahme auch den Umstand, dass man in den kommenden Jahren beruhiger schlafen kann, weil man weiß, dass sich die Anlage zumindest bei Betriebsbeginn in einem technisch fehlerfreien Zustand befand.

5.2 Regelmäßige Anlagenprüfung – Ausnahme Nr. 2

Ebenso wichtig wie meine Frage zur technischen Abnahme sind auch die Antworten auf die Frage, ob der Anlagenbetreiber seine Anlage regelmäßig prüfen lässt oder überhaupt schon mal hat prüfen lassen. Auch hier wird die Frage nur in sehr wenigen Fällen mit einem Ja beantwortet. Warum auch – gerade wenn die Anlage gut läuft?

Der Betrieb von Photovoltaikanlagen scheint in erster Linie unkompliziert, meist auch deshalb, weil zumindest beim Anlagenbetreiber angesichts der in der Mehrzahl auf dem Dach montierten Module und im Keller befindlicher Wechselrichter diese oftmals außer Sichtweite gerät. Haben Sie als Anlagenbetreiber nicht auch am Anfang jeden Tag oder zumindest jeden Monat den Zählerstand abgelesen? Machen Sie das heute auch noch? Möglicherweise wurde Ihnen als Anlagenbetreiber die Photovoltaikanlage als »wartungsfrei« verkauft. Die oftmals im Verkaufspaket genannten Garantien über 25 Jahre suggerierten für die meisten Anlagenbetreiber doch einen sorgenfreien Betrieb – was auch immer passiert, man hat ja 25 Jahre Garantie. Dass dem nicht so ist, wurde bereits am Anfang dieses Buches erläutert.

Photovoltaikanlagen sind in der Regel zwar wartungsarm oder besser gesagt: Es gibt bei PV-Anlagen gar keine Wartung im eigentlichen Sinne, wie wir später noch sehen werden. Eine Photovoltaikanlage ist aber eine elektrische Energieerzeugungsanlage. Grundsätzlich sollte man daher eine Photovoltaikanlage auch nicht gänzlich aus den Augen unbeobachtet lassen – und damit ist nicht nur alleine der Zähler oder die Einspeiseabrechnung gemeint. Eine regelmäßige Prüfung gehört nicht nur zur Prävention, d.h. zur »vorausschauenden Problemvermeidung«, sondern auch zur Erhaltung der Betriebssicherheit.

5.2.1 Allgemeine Bedeutung von Prüfungen

Hier darf ich voran mal wieder als Beispiel des Deutschen liebstes Kind anführen – das Auto. Wartung und Inspektion sowie eine regelmäßige Prüfung kennt man im Allgemeinen bei Automobilen. Jährlicher Kundendienst und alle zwei Jahre »TÜV-Prüfung« sind obligatorisch. Dazwischen kommt die regelmäßige Autopflege mit Waschstraße und Politur. Bei einer Investition von beispielsweise 30 000 € soll das Auto ja auch lange gut gepflegt sein. Die Garage darf hierbei nicht vergessen werden. Trotzdem ist der Gebrauchszeitraum eines Fahrzeugs weitgehend beschränkt – zumindest erreicht es nur sehr selten eine Lebensdauer von 20 Jahren.

Eine Photovoltaikanlage mit einer beispielhaften Leistung von 10 kWp hat vor ca. sechs Jahren ungefähr die gleiche Summe gekostet, wie das oben beispielhaft angeführte Fahrzeug. Sie ist mit dem Großteil ihrer Komponenten permanent der jahreszeitlichen Witterung ausgesetzt. Im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeitsprognose muss bei einer vollfinanzierten Anlage diese mindestens ca. 12 bis 14 Jahre unterbrechungsfrei bei voller Effizienz Strom produzieren, um die Anschaffungs- und Finanzierungskosten

auszugleichen. Wir sprechen hierbei noch gar nicht mal über einen Gewinn, sondern lediglich über Kostenausgleich! Für einen Kostenausgleich hinaus gilt im Hinblick auf das zu erzielende wirtschaftliche Ergebnis ebenfalls eine störungsfreie Betriebsdauer bis zum 20. Betriebsjahr. Darin eingerechnet ist noch nicht mal eine größere Reparatur. Trotzdem bleibt immer wieder festzustellen, dass sich um solche Anlagen niemand kümmert und diese nur selten regelmäßig geprüft werden.

Dieser Unterschied zeigt doch deutlich, dass viele ihrem Auto trotz permanenter Kosten und durchschnittlich kürzerer Lebensdauer mehr Aufmerksamkeit im Hinblick auf die Pflege und Instandhaltung geben, als einer »gewinnbringenden« Photovoltaikanlage. Darüber hinaus bemerkt selbst ein Laie oftmals sehr schnell aufkommende Probleme bei seinem Fahrzeug, sei es durch das Fahrverhalten, ein Geräusch oder optisch z. B. bei Rostbildung. Bei einer Photovoltaikanlage ist eine solche Wahrnehmung um ein Mehrfaches schwieriger. Sie produziert z. B. an einem sonnigen Junitag »geräuschlos« (bis auf vielleicht das Brummen der Wechselrichter) eine hohe Strommenge und das permanent, so lange die Sonne scheint – egal, ob Sie zu Hause sind oder nicht – also mehr oder weniger »automatisch«. Ein auftretender Fehler tritt, außer bei einem Anlagenausfall und – soweit vorhanden – durch Meldung der automatischen Anlagenüberwachung, meist nicht auffällig zu Tage. Dies kann jedoch sehr schnell zu weiteren Schäden führen. Komplizierte Zusammenhänge mit elektrischem Strom sowie konstruktiven, gewerkeübergreifenden Problemen wird der Anlagenbetreiber gar nicht feststellen können. Dass es oftmals viel festzustellen gibt, werden die weiteren Kapitel dieses Buches zeigen.

1,4 Mio. installierte Photovoltaikanlagen, was zugleich einer Gesamtleistung von rund 36 Gigawatt entspricht, sind nicht nur einige Quadratkilometer an Modulen, sondern schätzungsweise

- ca. 250 Mio. Module
- ca. 15 Mrd. Zellen
- ca. 40 Mrd. Lötverbindungen
- ca. 700 Mio. Steckverbindungen.

Die Zahlen stammen aus dem im April 2014 beim TÜV Rheinland stattgefundenen 3. Workshop zum Thema Brandsicherheit bei Photovoltaikanlagen. Die Anzahl der installierten Anlagen dürfte aktuell mit einer Gesamtleistung von fast 40 GW auf ca. 1,6 Mio. angewachsen sein.

Man kann diese Zahlen nunmehr auf die eigene Anlage herunterbrechen. Man wird dabei sehen, dass es beispielsweise nicht nur um 10, 50 oder mehr Module und ein paar Wechselrichter geht. Eine Anlage ist aus vielen Einzelementen zusammen gebaut, welche für sich betrachtet Schwachstellen sein können – nicht alle gleichzeitig, aber dennoch vereinzelt. Damit wird die Notwendigkeit regelmäßiger Anlagenprüfungen sehr wohl deutlich. Insbesondere beim vorbeugenden Brandschutz zeigen Photovoltaikanlagen oftmals große Schwächen.

Im nachfolgenden Kapitel zu den Schadensstatistiken wird dieser Umstand nochmals aufgegriffen. Zudem kann man eine Photovoltaikanlage nicht einfach abschalten, denn die Module produzieren bei Licht- bzw. Sonneneinstrahlung weiterhin Strom mit einer Spannung von oftmals mehr als 500 Volt. Selbst wenn im Fehlerfall gewisse Schutzfunktionen funktionieren und ansprechen oder man die Wechselrichter manuell abschaltet, verbleibt in den Leitungen zwischen den Modulen und bis zu den Wechselrichtern eine beträchtliche Stromspannung. Bei einem Leitungsfehler beispielsweise bedingt dies dann, in Verbindung mit einer hohen Einstrahlung, auch einen erheblichen, unkontrollierten Stromfluss mit manchmal erheblichen Folgen, wie z. B. ein Brand.

Aber man soll ja nicht gleich an das Schlimmste denken. Der Ausfall eines Teilstrings in einem Modul z. B. bei einem Diodendefekt wirkt sich erst einmal nicht auffällig auf den Anlagenertrag aus. Wenn kein ausreichendes Monitoring mit Auswertemöglichkeiten vorhanden ist, wird man womöglich erst mit der Jahresendrechnung etwas stutzig, warum der Ertrag vielleicht in diesem Jahr etwas niedriger war. Folgen hier keine konkreten Nachforschungen, bleibt der ertragsmindernde Umstand unentdeckt. Hierbei löst sich dann Woche für Woche und Monat für Monat ein bestimmter Eurobetrag in Luft auf.

Beispiel:

Bei einer 10 kWp-Anlage Baujahr 2007 mit rund 50 ct Einspeisevergütung bewirkt ein Stringdefekt ca. 25 % Leistungsverlust. Bei einem üblichen Ertrag von 950 kWh/kWp sind dies in einem sonnigen Monat bis zu 300 kWh, welche verloren gehen. Multipliziert mit 50 ct/kWh kostet das den Anlagenbetreiber gleich einmal 150 €. Wird der Fehler längere Zeit nicht bemerkt, summieren sich die Verluste schnell zu einem vierstelligen Betrag. Bei einer großen Anlage fällt ein Stringdefekt oftmals auch auf längere Zeit gar nicht auf, wenn kein geeignetes Überwachungssystem vorhanden ist.

Es geht aber bei Weitem nicht nur um Ertragsausfall. Ein Marderverbiss bleibt unter dem Dach oft lange Zeit unentdeckt. Eine beschädigte Isolierung an einer Gleichstromleitung oder gar an mehreren Leitungen gleichzeitig bedeutet die Gefahr eines elektrischen Schla ges und / oder einer Brandentstehung.

Wartung und Prüfarbeiten werden oftmals nur als Kostenverursacher gesehen. Dass aber Ertragsausfälle sehr schnell ins Geld gehen oder sich durch Mängel weitere Schäden entwickeln können, wird oft verkannt. Natürlich kosten Prüfung und Wartung auch Geld. Die derzeitigen Angebotspreise schwanken recht stark und liegen je nach Anlagengröße zwischen 2,00 € und mehr als 20,00 € pro kWp installierter Leistung. Bei Großanlagen, wie Solarparks sind sogenannte »Wartungsverträge« bereits obligatorisch, insbesondere auch aufgrund der Forderung der Banken und / oder Versicherer. Bei kleineren Anlagen zieren sich die Anlagenbetreiber oftmals einen »Wartungsvertrag« abzuschließen. Solange sich der Stromzähler dreht, scheint auch alles in Ordnung zu sein. Ernüchternd für den

Anlagenbetreiber wird es aber oft dann, wenn plötzlich unerwartet Ereignisse eintreten, welche sich deutlich störend auf den Anlagenbetrieb auswirken. An Folgeschäden oder sogar einen Totalausfall möchte man hierbei noch gar nicht denken.

5.2.2 Statistiken zur Schadenserhebung

An dieser Stelle soll gleich einmal auf das Thema Brand eingegangen werden, welches im Titel »Gewerblicher Betrieb von Photovoltaikanlagen« noch ausführlicher behandelt wird. Ein Gebäudebrand ist der Albtraum eines jeden Eigentümers oder Bewohners. Nicht selten werden Menschen und Tiere hierbei überrascht und in Lebensgefahr gebracht. Neben den oftmals hohen Sachschäden bedeutet es meist den Verlust von unersetzbaren Sachen und eine Existenzbedrohung. Die Ursache von Bränden ist zu mehr als 30 % auf Fehler in elektrischen Anlagen zurückzuführen.

Bild 19: Eine Photovoltaikanlage kann, wie man sieht, brennen.



Bild 20: Auch bei Freifeldanlagen können Fehler einen Brand verursachen.



Nach dem im Januar 2013 veröffentlichten Zwischenergebnis einer Forschungsstudie des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE³ (siehe auch www.pv-brandsicherheit.de) gab es in den Jahren zuvor rund 400 Brände, bei denen Photovoltaikanlagen beteiligt waren. Bei rund 200 Anlagen lag die Brandentstehung bei externen Brandursachen. In rund 180 Fällen konnte die Photovoltaikanlage selbst als Brandauslöser identifiziert werden.

Bei den zum Zeitpunkt der Studie zugrunde liegenden rund 1,3 Mio. installierten Photovoltaikanlagen in Deutschland sicherlich eine sehr geringe Anzahl, aber dennoch 180 Brände zu viel, denn bei alleine 10 Fällen kam es zu einem Totalschaden des Gebäudes. Die Ursachen der Brandentstehungen sind vielfältig:

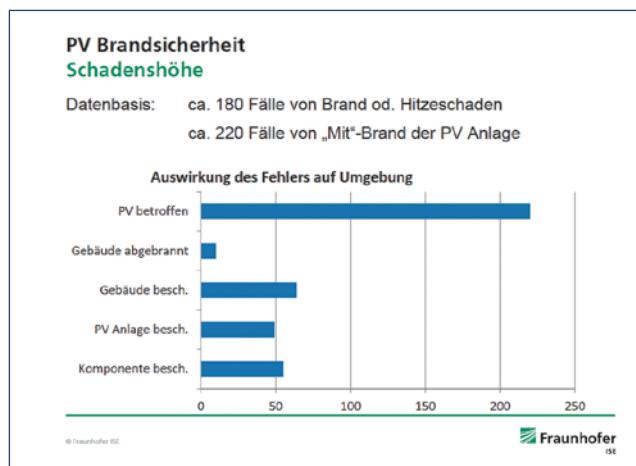
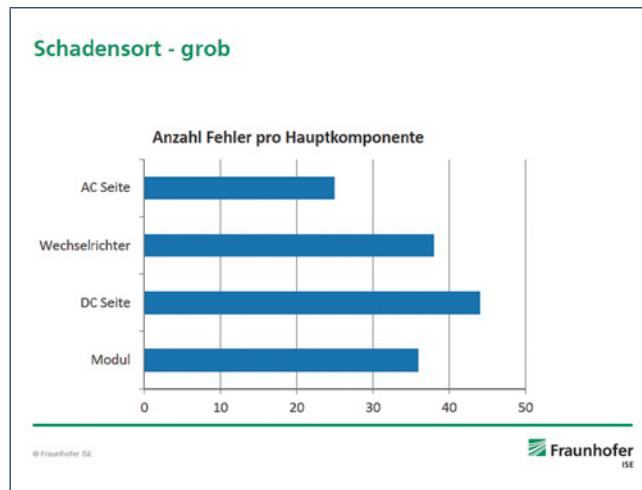


Bild 21: Auswirkungen des Brandes auf die betroffenen Photovoltaikanlagen
[Quelle: Fraunhofer ISE]

Gut die Hälfte der Brandentstehungen sind nach der Studie auf Planungs- und Installationsfehler zurück zu führen. Fehlerschwerpunkt ist hierbei die Gleichstromseite, also alles was sich auf dem Dach befindet, bis zu den Wechselrichtern. Erstaunlich auch die Tatsache, dass bereits an zweiter Stelle mit fast gleicher Anzahl die Wechselstromseite betroffen ist.

³ gefördert durch das BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit)

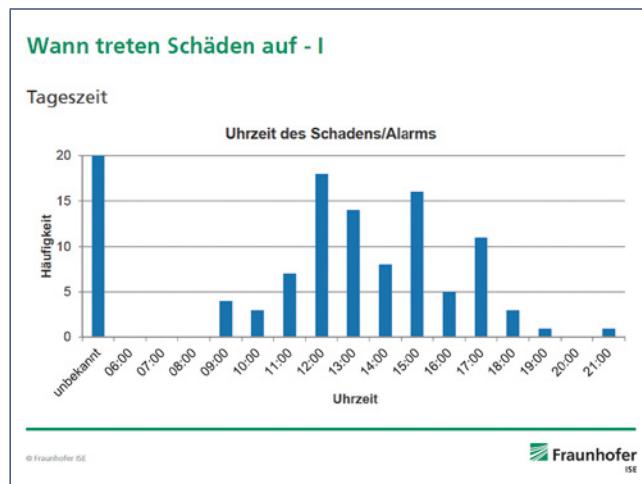
Bild 22: Schadensart nach Hauptkomponente
 [Quelle: Fraunhofer ISE]



Bei den eigentlichen Schadensursachen führen die Installationsfehler, gefolgt von Produktfehlern sowie Planungsfehlern. Zusammenfassend bedeutet dies, dass der Großteil der Schadensereignisse auf Fehler bei den Akteuren zu suchen ist, welche solche Anlagen planen, installieren und Komponenten herstellen. Wir sprechen hier keineswegs von Verschleiß oder Alterung!

Die Brandauslösung trat meist unter hoher Betriebslast (Sommermonate) und in den Mittagsstunden auf. Dies ist sicherlich mit der in diesen Zeiten meist hohen Leistung und der damit verbundenen Strombelastung der Anlage begründet. Bemerkenswert ist auch die Tatsache, dass sich bei 5 % der zugrunde liegenden Anlagen, d.h. bei rund 20 % der genauen Zeitpunkt des Schadensereignisses gar nicht feststellen lassen konnte.

Bild 23: tageszeitliches Auftreten der Schäden
 [Quelle: Fraunhofer ISE]



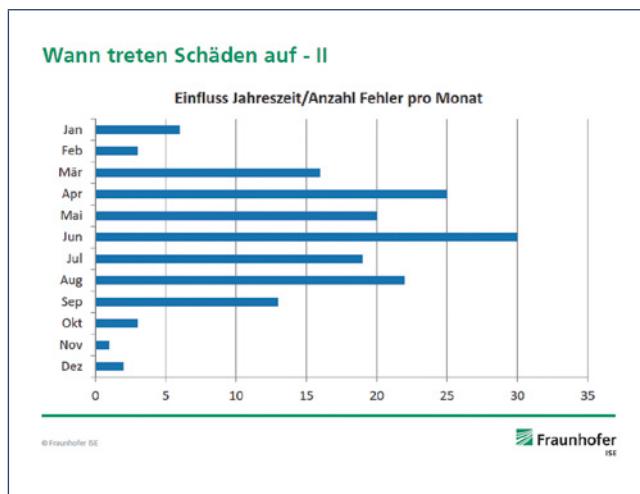


Bild 24: jahreszeitliches
Auftreten der Schäden
[Quelle: Fraunhofer ISE]

Interessant ist auch, dass die meisten Schäden in den ersten fünf Jahren nach Erst-inbetriebnahme auftraten, was auf Installationsfehler schließen lässt. Lagen die Brandfälle in der Häufigkeit 2005 noch bei zwei bis drei, so stiegen sie bis Ende 2012 auf über 50, was sicherlich mit den hohen Zubauraten begründbar ist.

Das Fraunhofer ISE kommt zu der Schlussfolgerung, dass

- Photovoltaikanlagen ein, wenn auch geringes, Brandrisiko darstellen
- sich das Brandrisiko durch Wartungsmaßnahmen stark reduzieren lässt
- sich bei regelmäßigen Prüfungen und Inspektionen die meisten Fehler vor einer Brandentstehung entdecken lassen können
- AC-Komponenten nicht immer für die entsprechende Photovoltaik-Belastung bemessen sind.

Nun sind grundsätzlich keine Schwarzmalerei oder das Schüren von Ängsten angebracht. Doch wenn man, wie ich, selbst als Feuerwehrmann bei Bränden versucht zu retten, was zu retten geht und als Sachverständiger für Versicherungen durch Brandruinen schreitet und mit den Betroffenen spricht, dann wird einem jedes Mal klar, welche verheerenden Auswirkungen Brände haben können. Und oftmals liest man in den Zeitungen über die Brandursache »technischer Defekt«.

Was viele Anlagenbetreiber unterschätzen: Eine Photovoltaikanlage ist eine Stromerzeugungsanlage, also ein kleines oder je nach Ausdehnung auch ein großes Stromerzeugungskraftwerk. Im Bereich der Elektrizität können bereits kleine Fehler erhebliche Folgen haben. Die modulare Bauweise aus Modulen, Leitungen mit Steckverbindern und Wechselrichtern suggeriert ein einfaches und überschaubares Baukastensystem. Dem ist leider nicht so. Was vielen Betreiber darüber hinaus nicht bewusst ist und was ich anfangs

bereits erwähnt habe: Sie sind verantwortlicher Anlagenbetreiber und haften letztendlich für Schäden, welche von der Anlage ausgehen.

Es gibt aber keinen »TÜV« wie beim Auto und auch keine regelmäßige Besichtigung wie z.B. die Feuerstättenbesichtigung vom Kaminkehrer. Eine gesetzliche Prüfpflicht für Photovoltaikanlagen gibt es (noch) nicht, aber es gibt Prüfvorschriften für elektrische Anlagen und eine Photovoltaikanlage ist eben auch eine elektrische Anlage. Deshalb können regelmäßige Prüfungen bereits durch Normen und Vorschriften Pflicht sein – insbesondere bei gewerblichen und landwirtschaftlichen Betrieben, wie nachfolgend noch näher erläutert wird.

Was sich bei Photovoltaikanlagen im Verborgenen abspielt, gibt auch eine andere statistische Erhebung wieder. Von der Fachzeitschrift *PHOTON* [Rutschmann] wurden Ende 2012 rund 50 Sachverständige u.a. befragt, bei welchen Problemen Sie zu Photovoltaikanlagen gerufen werden, welche typischen Mängel festgestellt wurden und wie hoch sie die Mängelhaftigkeit bei Photovoltaikanlagen sehen. Auch diese Zahlen sind ernüchternd. Neben Überspannungsschäden, andere Schäden und fehlerhaften Montage war der Minderertrag der am meisten genannte Anlass. Immerhin wurden einige Anlagen bereits bei Abnahme geprüft. Die Quote einer Abnahmeprüfung ist aber mit rund 11 % als durchaus sehr gering zu bezeichnen. Was die grundsätzliche Mängeleinschätzung angeht, lag die Einschätzung bei den Befragten bei deutlich über 80 %. Bei den Montagefehlern gab es Nennungen durch alle Bereiche der Photovoltaik-Installation. Die am meisten genannte war das fehlerhafte Verlegen von Leitungen.

Die Problematik daran ist sicherlich darin zu sehen, dass die meisten installierten Anlagen nicht von einem Fachmann nach erfolgter Installation geprüft wurden (technische Abnahme). Hieraus und aus den aufgeführten Statistiken ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

- Fast bei jeder zum ersten Mal »gewarteten« Anlage muss mit erheblichen Mängelfeststellungen gerechnet werden!
- Die Prüfung und Inspektion muss von geeigneten Fachkräften durchgeführt werden, welche solche Mängel auch erkennen und bewerten können
- Für die Anlagenbetreiber muss es keine Frage der Kosten einer Prüfung sein, sondern der Betriebssicherheit und Schadensvermeidung.

Prüfungen bei Photovoltaikanlagen sind, gemessen an den in der Praxis festgestellten Beanstandungen, also kein Kann, sondern eher ein Muss.

5.2.3 Prüfpflicht – Prüffristen

Der Zweck der Prüfung einer elektrischen Anlage besteht in dem Nachweis, dass diese – in diesem Fall die Photovoltaikanlage – sowohl den Errichternormen als auch den Sicherheitsvorschriften entspricht. Die Prüfungen sollen den Nachweis des ordnungsgemäßen Zustandes der Photovoltaikanlage einschließen. Sowohl neue Anlagen als auch beste-

hende Anlagen nach Änderungen (z.B. Austausch Wechselrichter) und Erweiterungen bestehender Anlagen, müssen vor ihrer Erst- bzw. Wieder-Inbetriebnahme einer Prüfung unterzogen werden.

Aber auch während der Betriebszeit sind elektrische Anlagen zu prüfen, da sich durch äußere Einflüsse Veränderungen ergeben können, welche deren Dauerhaftigkeit und somit auch die Betriebssicherheit verringern können. Nach VDE sind elektrische Anlagen in einem ordnungsgemäßen Zustand zu erhalten.

Die DIN VDE 0105-100 (Betrieb von elektrischen Anlagen) gibt vor, dass elektrische Anlagen in »geeigneten Zeitabständen« geprüft werden müssen. Wiederkehrende Prüfungen sollen hierbei Mängel aufdecken, die nach der Inbetriebnahme aufgetreten sind und u.a. Gefährdungen hervorrufen können. Gefahren durch Schäden oder Risiken durch Veränderungen (Umbauten, Umwelteinflüsse, Verschleiß, etc.) sollen hieraus erkannt und notwendige Instandsetzungsmaßnahmen abgeleitet werden.

Gibt es nun eine **Prüfungspflicht** für Photovoltaikanlagen?

Konkrete gesetzliche Regelungen ergeben sich nur aus technischen Regeln zur Betriebssicherheit. Für PV-Anlagen im Speziellen gibt es keine Rechtsvorschriften zur Prüfungspflicht oder Festlegungen zu zeitlichen Prüfintervallen. Die DIN VDE 0105-100 beinhaltet auch keine Aussagen für Privatwohnungen und deren elektrischen Anlagen. Man empfiehlt bei Wohnungen alle 10 Jahre eine Prüfung der elektrischen Anlage. Demzufolge könnte es zumindest bei privaten Photovoltaikanlagen eine ähnliche Fristempfehlung geben. Im Gegenzug greifen bei Gewerbebetrieben aber bereits entsprechende Vorschriften aus dem Arbeitsschutzgesetz, der Betriebssicherheitsverordnung den technischen Regeln für Betriebssicherheit sowie den einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften. Gemäß DGUV-3 sind elektrische Anlagen besonderer Art nach der VDE-Gruppe 700 (DIN VDE 100) jährlich zu prüfen. Eine Photovoltaikanlage unterliegt der DIN VDE 0100-712, also der Gruppe 700. Demzufolge besteht zumindest bei größeren PV-Anlagen auch eine »Prüfungspflicht«.

Natürlich kann der Laie keine Anlagenprüfung vornehmen. Hierzu muss entsprechendes Fachpersonal beauftragt werden. Für mögliche Schäden empfiehlt es sich, die Anlage zu versichern – aber nicht alles ist versicherbar und zudem ergeben sich selbst im Versicherungsverhältnis Obliegenheitsverpflichtungen für den Anlagenbetreiber, worauf ich später noch zurückkomme.

Prüffristen

Die Festlegung der zeitlichen Intervalle von Prüfungen obliegt dem verantwortlichen Anlagenbetreiber. Wie wir bereits gehört haben, sind das in aller Regel die Besitzer einer PV-Anlage, es sei denn, es wurden Dritte mit dem Betrieb beauftragt. Der zeitliche Abstand von Prüfungen richtet sich in der Regel nach der Verwendung der elektrischen Anlage,

deren Betrieb, äußeren Einflüssen und Qualität der Anlagenwartung. Die Zeitspanne kann einige Jahre betragen, z. B. vier Jahre; es können sich auch kürzere Zeitperioden ergeben, wenn für Anlagen ein höheres Risiko besteht.

Nach den Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Solarenergie e. V. (DGS) sollen PV-Anlagen alle vier Jahre geprüft werden. Es gibt aber durchaus Objekte mit PV-Anlagen oder spezielle PV-Anlagen, welche kürzeren Prüfungsfristen unterzogen werden müssen, weil z. B. eine ganz andere Betriebsgefährdung vorhanden ist. Dies betrifft insbesondere feuergefährdete Betriebsstätten (z. B. Landwirtschaft) oder auch explosionsgefährdete Betriebsstätten. Auch Freifeldanlagen gehören dazu, weil diese neben einer in der Regel bereits »weiteren Entfernung« eine relativ große Ausdehnung besitzen, hohe Energien fließen und als abgeschlossene Betriebsstätte gelten. Bereits Letzteres bedarf einer regelmäßigen (monatlichen) Überprüfung der Unversehrtheit der Zugangssperren (Tore, Zaunanlage). Hierbei greifen die bereits zuvor genannten Vorschriften. Dann unterliegt auch die dort installierte Photovoltaikanlage eindeutig den gesetzlichen Forderungen zur Unfallverhütung und Betriebssicherheit bei elektrischen Anlagen gemäß nachfolgender Tabelle.

Wiederholungsprüfungen ortsfester elektrischer Anlagen und Betriebsmittel			
Anlage/Betriebsmittel	Prüffrist	Art der Prüfung	Prüfer
Elektrische Anlagen und ortsfeste Betriebsmittel	4 Jahre	auf ordnungs-gemäßen Zustand	Elektrofachkraft
Elektrische Anlagen und ortsfeste elektrische Betriebsmittel in »Betriebsstätten, Räumen und Anlagen besonderer Art« (DIN VDE 0100 Gruppe 700)	1 Jahr		
Schutzmaßnahmen mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in nichtstationären Anlagen	1 Monat	auf Wirksamkeit	Elektrofachkraft oder elektrotechnisch unterwiesene Person bei Verwendung geeigneter Mess- und Prüfgeräte
Fehlerstrom-, Differenzstrom- und Fehlerspannungs-Schutzschalter • in stationären Anlagen • in nichtstationären Anlagen	6 Monate arbeitstäglich	auf einwandfreie Funktion durch Betätigen der Prüfeinrichtung	Benutzer

Tab. 5.1: Prüffristen gemäß DGUV-3

[Quelle: BGFE – Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik]

Grundsätzlich ist es Sache des Anlagenbetreibers, Prüfungen durchführen zu lassen. Wie aufgezeigt, geben Normen und Vorschriften oftmals nur Empfehlungen zu Prüffristen. Es liegt daher in der Risikoeinschätzung des Anlagenbetreibers, in welchem zeitlichen Abstand er dies tun möchte. Zur Risikoeinschätzung nochmals zusammengefasst u.a.

- Wohnhaus / Gewerbebetrieb / Freifeldanlage / Großanlagen
- Regelmäßige Überwachung (z.B. Monitoring mit automatischer Fehlermeldung) und zwar von einer fachlich versierten Person
- Betrieb auf einem sensiblen Objekt (z.B. Stall, Scheune, Schule)
- Betrieb auf einem Fremddach.

Auch Versicherungen können entsprechende Vorgaben für regelmäßige Prüfungen von Photovoltaikanlagen als Auflage machen. Die Schriftenreihe VdS des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft weist in einigen Ausgaben auf eine regelmäßige Prüfung hin. In der VdS 2057 »Elektrische Anlagen in landwirtschaftlichen Betrieben« als auch in der VdS 2067 »Elektrische Anlagen in der Landwirtschaft – Richtlinien zur Schadensverhütung« sowie VdS 3145 »Photovoltaikanlagen – Technischer Leitfaden« sind regelmäßige Prüfungen und deren Nachweise gefordert. Soweit diese Vorschriften als Vertragsbestandteil in der Photovoltaikversicherung gelten, würden Sie als Betreiber im schlimmsten Fall Ihren Versicherungsschutz riskieren, wenn entsprechende Prüffristen nicht eingehalten werden.



Bild 25: Schriftenreihe VdS
[Quelle: VdS]

Bild 26: Auszug VdS 2057

1.5 Elektrische Anlagen und Geräte in landwirtschaftlichen Betrieben sind unter Berücksichtigung der Vorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz (VSG) der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften, hier VSG 1.4 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel, durch eine Elektrofachkraft in regelmäßigen Abständen⁵ zu prüfen. Mängel sind unverzüglich durch Elektrofachkräfte zu beseitigen.

Bild 27: Auszug VdS 2067

Anhang B

Klausel SK 9609 Elektrische Anlagen in landwirtschaftlichen Betrieben

1. Der Versicherungsnehmer hat die elektrischen Anlagen regelmäßig durch eine Elektrofachkraft zu prüfen und Mängel innerhalb einer von dieser Fachkraft bestimmten Frist beseitigen zu lassen.
2. Der Versicherungsnehmer hat auf Verlangen des Versicherers nachzuweisen, dass die Prüfung durchgeführt ist und die Mängel beseitigt sind.

Bild 28: Auszug VdS 3145

Eine PV-Anlage ist, wie jede technische Anlage in regelmäßigen Abständen zu prüfen und zu warten.

Folgende Fristen für wiederkehrende Prüfungen werden empfohlen:

- jährlich Sichtprüfung durch einen Fachbetrieb.
Folgende Punkte sind für die Sichtprüfung maßgeblich:
 - Kontrolle sämtlicher Anlagenteile auf Schäden durch z. B. Witterungseinflüsse, Tiere,
 - Schmutz, Ablagerungen, Anhaftungen, Bewuchs,
 - Dachdurchdringungen, Abdichtungen,
 - Standfestigkeit, Korrosion des Montagesystems,
 - Kontrolle der Schutzeinrichtungen.
- mindestens alle 4 Jahre: wiederkehrende Prüfung nach »Netzgekoppelte Photovoltaik-Systeme – Mindestanforderung an Systemdokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und wiederkehrende Prüfung«, DIN EN 62446 (VDE 0126-23).

Hinweis: Bei wiederkehrenden Prüfungen, z.B. nach BGV A3, sind PV-Anlagen (als Bestandteil der elektrischen Anlagen) in die Prüfung mit einzubeziehen.

Die Hinweise der VdS kommen auch nicht von ungefähr. Die Problematik von mangelnder Wartung in Verbindung mit auftretenden Schäden wird auch von den Versicherungen erkannt. Mittlerweile gehen einige Versicherer dazu über und kürzen Erstattungen bei Schäden, wenn die Photovoltaikanlage nicht regelmäßig gewartet oder geprüft war. Was man deshalb an Wartungs- oder Prüfungskosten gespart hat, zahlt man dann oft mehrfach durch eine höhere Selbstbeteiligung in einem Schadensfall oder nicht selten auch mit dem Verlust der Versicherung.

Selbst wenn die v.g. zitierten versicherungstechnischen Regelwerke nicht Vertragsbestandteil im Versicherungsvertrag sind, können anderweitig allgemeinverbindliche Vorgaben z.B. im Hinblick auf eine regelmäßige Wartung oder Prüfung Vertragsbestandteil bzw. eine sogenannte Obliegenheitsverpflichtung sein.

Aber auch der eigentliche Lebenslauf bzw. Lebenszyklus der PV-Anlage spielt eine Rolle, wann eine Prüfung ratsam ist – insbesondere im Hinblick auf Gewährleistung und Garantie. Endet nach zwei Jahren Betriebszeit die gesetzliche Gewährleistung, ergibt es keinen Sinn, die Anlage erst im dritten oder vierten Jahr prüfen zu lassen. Gleiches gilt auch für Garantien, wenn man bei festgestellten Mängeln diese noch fristgerecht gelten machen möchte.

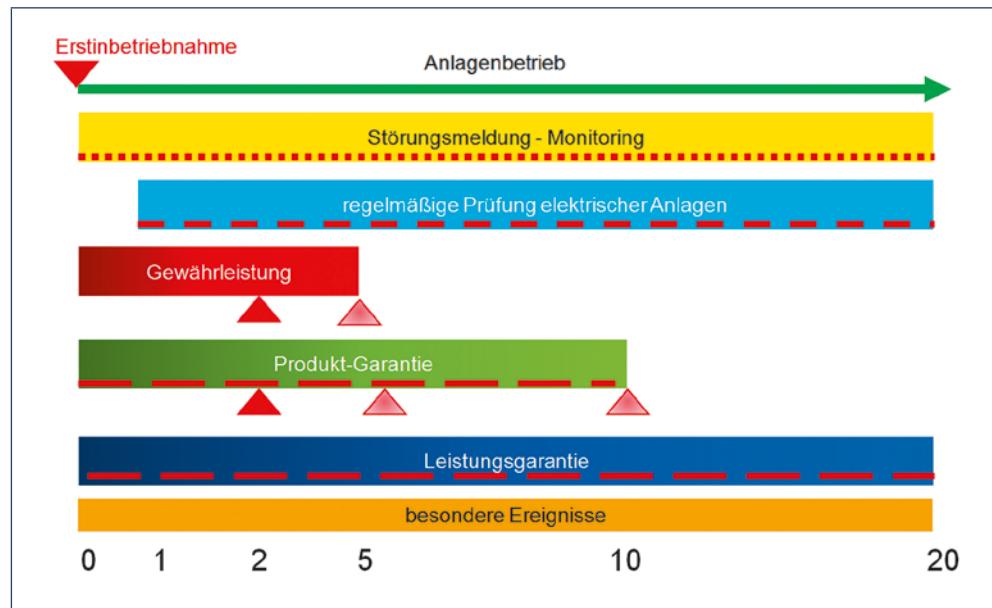


Bild 29: Lebenslauf einer PV-Anlage in Jahren und deren Meilensteine in Bezug auf Prüfungen

Der Verantwortung als Anlagenbetreiber kann man nur nachkommen, wenn man weiß, in welchem Zustand sich die Anlage befindet. Als Laie werden Sie kaum die Möglichkeit haben, sich selbst einen geeigneten Überblick über die Funktionsweise und den Zustand Ihrer Anlage zu verschaffen. Ich meine hierbei nicht das Ertragsverhalten, sondern im Speziellen die Anlagensicherheit. Wir haben es hier mit einer elektrischen Anlage zu tun, welche sich nicht ohne Weiteres abschalten lässt. Dieser Umstand wurde bereits mehrfach erwähnt.

Darüber hinaus gibt es auch seitens Ihres Installateurs sowie der Hersteller z. B. von Modulen und Wechselrichtern, entsprechende Hinweise für Wartungs- und Pflegeanweisungen. Diese dienen oftmals nicht nur der Betriebssicherheit, sondern auch der Dauerhaftigkeit und sind teilweise Voraussetzung für mögliche Garantieleistungen.

Grundsätzlich muss eine PV-Anlage als eine besondere elektrische Anlage betrachtet werden. Sie befindet sich zum Beispiel ja auch das ganze Jahr über draußen Wind und Wetter ausgesetzt. Dementsprechend sollten auch regelmäßige Prüfungen erfolgen, welche der Anlagenbetreiber zum Teil sogar selbst ausführen kann. In Anlehnung an die Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Solarenergie (DGS) lassen sich die Prüfungen in einer Übersicht wie folgt zusammenfassen:

oft täglich	Wechselrichter	auf Störungsanzeigen
monatlich	Photovoltaikanlage	Ertragskontrolle durch Notieren der Zählerstände
halbjährlich	Generatorfläche	<ul style="list-style-type: none"> • auf starke Verschmutzungen (Laub, Vogelkot, Staub) *) • korrekte Befestigung der Module *) • auf mechanische Spannung stehende Unterkonstruktion (Temperaturausdehnung) *) • Beschädigungen am Dach *)
	Generatoranschluss-Kasten	auf eingedrungene Feuchtigkeit *)
	Kabel / Leitungen	auf Schmorstellen, Kabelfraß (Marder), Scheuerstellen oder sonstige äußere Beschädigungen *)
	Fi-Schutzschalter	Funktion Prüftaste *)
jährlich	Elektrische Anlage	Wiederholungsprüfung nach DGUV-3 bzw. DIN VDE 0105-100 (nur durch Elektrofachkraft) – insbesondere in Gewerbebetrieben und landwirtschaftlichen Betrieben **)
vierjährig	Photovoltaikanlage	Wiederholungsprüfung in Anlehnung an Erstprüfung gemäß DIN VDE 0126-23 und DIN VDE 0105-100 **)
Zwischen- kontrollen	nach Gewitter	Überspannungsableiter auf Auslösung *)
	nach Sturm	Generatorfläche auf äußere Schäden *)
	nach schneereichem Winter	Generatorfläche auf Schnee- und Eisschäden *)

*) unter Beachtung der Unfallverhütungsvorschriften beim Betreten eines Daches und soweit der Anlagenbetreiber auch körperlich in der Lage ist, ansonsten durch Fachmann/Elektrofachkraft

**) durch Elektrofachkraft

Tab. 5.2: turnusgemäße Prüfungen an PV-Anlagen

Besondere Prüfungen sind angezeigt, wenn der Ertrag merklich geringer ausfällt, als zum Beispiel bei vergleichbaren Anlagen. Mit spezieller Messtechnik können, z. B. Rückschlüsse auf Leistungsreduzierungen bei den Modulen gezogen werden.

Alleine der Umstand, dass viele Anlagenbetreiber ihre Anlagen einfach mehr oder weniger vergessen und komplett aus den Augen verlieren, unterstreicht die Notwendigkeit von regelmäßigen Prüfungen. Es irritiert oftmals sehr, wenn bei Anlagenprüfungen, welche nach fünf Jahren oder noch länger durchgeführt werden, man Situationen vorfindet, bei denen zum Beispiel ganze Strings am Wechselrichter nicht angeschlossen sind oder

ein Wechselrichter schon länger ausgefallen scheint. Waren doch viele Betreiber darauf erpicht, beim Kauf ihrer Anlage viel Leistung und viel Ertrag zu bekommen, versteht man oftmals nicht, wie nachlässig so manche PV-Anlage behandelt wird.

Bild 30: »vergessene Anlage«



5.3 Regeln der Technik

Die Definitionen und Beschreibungen, wie und in welcher Form nach welchen qualitativen Kriterien Sachen hergestellt werden, sind meist in Normen und Richtlinien festgeschrieben. Normen werden von privaten Trägerschaften und Interessenverbände entwickelt. Sie haben Kraft ihrer Entstehung, Inhalt und Anwendungsbereich den Charakter von Empfehlungen, deren Beachtung und Anwendung jedermann freisteht. Normen an sich haben keine rechtliche Verbindlichkeit. Es handelt sich hier um Regeln der Technik. Die Regeln der Technik sind von dem Stand der Technik zu unterscheiden. Dieser kennzeichnet den Entwicklungsstand von fortschrittlichen Verfahren oder Betriebsweisen, deren Eignung für die Praxis als gesichert erscheint. Der Stand der Technik spielt insbesondere im Umweltrecht eine Rolle. Der Stand der Technik gibt dort z. B. die Möglichkeiten vor, die den derzeit besten Schutz vor Umweltverschmutzungen gewährleisten.

Zu unterscheiden sind hiervon die allgemein anerkannten Regeln der Technik. Sie sind technische Regeln, die in der Wissenschaft als theoretisch richtig anerkannt sind und feststehen, in der Praxis bei der nach neuestem Erkenntnisstand vorgebildeten Fachkraft durchweg bekannt sind und sich aufgrund fort dauernder praktischer Erfahrung bewährt haben. Sie haben erhebliche Bedeutung für die Bestimmung der Soll-Eigenschaften von Sachen und als Haftungsmaßstab.

Die allgemein anerkannten Regeln der Technik sind nicht identisch mit den DIN-Normen. Vielmehr gehen sie über die allgemeinen technischen Vorschriften, wozu auch die DIN-Normen gehören, hinaus. Für gültige DIN-Normen besteht nur die Vermutung, dass sie den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Analoges gilt für VDI-Richtlinien. Diese Vermutung ist widerlegbar, denn in den Normenausschüssen werden auch Interessenstandpunkte vertreten. Außerdem entsprechen Normen nicht immer dem aktuellen technischen Kenntnisstand und beinhalten nicht immer Regeln, die sich langfristig bewähren oder bewährt haben.

Bezüglich des rechtlichen Charakters von Normen mag es eine kleine Ausnahme geben. So geht aus § 49 (2) des Energiewirtschaftsgesetzes hervor:

§ 49 Anforderungen an Energieanlagen

- (1) ...
- (2) *Die Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik wird vermutet, wenn bei Anlagen zur Erzeugung, Fortleitung und Abgabe von Elektrizität die technischen Regeln des Verbandes der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. eingehalten worden sind.*

Die hierbei unter Pkt. (2) genannten Regeln sind in den VDE-Normen des VDE-Regelwerkes erfasst. Demnach wird den VDE-Regeln eine durchaus rechtliche Bedeutung zugemessen.

Ungeachtet der Tatsache, dass eine Photovoltaikanlage zweifelsohne einer elektrischen Anlage zugeordnet werden kann und demnach auch die Vorschriften der VDE greifen, wird vielmals vergessen, dass insbesondere Aufdachanlagen auch bauliche Normungen und baurechtliche Vorgaben berühren. Hiernach sind z.B. neben den statischen Regelungen aus der DIN EN 1991 (Eurocode 1 – ehemals DIN 1055) für Schnee- und Windlasten auch die Vorgaben des Deutschen Dachdeckerhandwerkes mit der Flachdachrichtlinie zu beachten. Nach der Musterbauordnung, welche als Grundlage für die länderspezifischen Bauordnungen der einzelnen Bundesländer dient, sind Photovoltaikanlagen grundsätzlich bauliche Anlagen im Sinne des Baurechtes. Dabei zu unterscheiden ist die steuerliche Einordnung bei Aufdachanlagen als ein nicht mit dem Gebäude dauerhaft verbundenes Bauteil.

Die Photovoltaik hat sich normativ zu einer Gewerke übergreifenden technischen Anlage »entwickelt«, welche ein hohes fachtechnisches Wissen und Know-how erfordert. Die alleinige Beschränkung auf eine optimale, gewinnbringende und wirtschaftliche Gestaltung einer Photovoltaikanlage wäre hier zu kurz gegriffen. Sie erfordert den bekannten Blick über den Tellerrand hinaus.

Einige Vorschriften zur Anlagenprüfung sind im Anhang 1 dargestellt.

6 Wartung und Inspektionen von Photovoltaikanlagen

6.1 Begriffsdefinition Wartung – Instandhaltung

6.1.1 Definition

In der Praxis findet man sehr unterschiedliche Begriffe für Inspektion: Instandhaltung, Wartung, Revision, Service, Kundendienst, Überholung, Vollwartung, Instandsetzung etc. Teilweise sind die Begrifflichkeiten weder genormt noch anderweitig technisch verbindlich definiert. Für den Anlagenbetreiber ist es in den meisten Fällen gar nicht durchschaubar, was mit welchem Begriff überhaupt gemeint ist.

Bei Photovoltaikanlagen spricht man in der Regel von »Wartung« oder »Wartungsverträgen«, teilweise auch von »Vollwartung«, obgleich, wie nachfolgend erläutert wird, die hierfür notwendigen Arbeiten in der Regel kaum etwas mit typischen Wartungsarbeiten zu tun haben. Bei der Wartung und Instandsetzung wird empfohlen, auf die DIN 31051 (Grundlagen der Instandhaltung) zurückzugreifen. Die DIN 13306 (Instandhaltung – Begriffe der Instandhaltung) beschäftigt sich, wie es der Titel bereits sagt, mit den Begriffen der Instandhaltung, welche nachfolgend kurz abgehandelt werden sollen.

Die DIN-Norm DIN 31051 strukturiert die Instandhaltung in vier Grundmaßnahmen:

1. Wartung
2. Inspektion
3. Instandsetzung
4. Verbesserung

Diese sollen nachfolgend kurz erläutert werden.

6.1.2 Wartung

Als Wartung werden nach Normdefinition *Maßnahmen zur Verzögerung des Abbaus des vorhandenen Abnutzungsvorrates der Betrachtungseinheit* verstanden. Sie ist Teil der Instandhaltung. Das klingt jetzt sehr kompliziert – vereinfacht ausgedrückt bedeutet es z. B. bei einem Fahrzeug den für Viele bekannten Wartungsdienst mit Ölwechsel und Wechsel der Zündkerzen – also vom Hersteller vorgegebene intervallmäßige Arbeiten, je nach Alter

oder Kilometerstand des Fahrzeugs. Bei einer Photovoltaikanlage ist es etwas schwieriger mit Beispielen, weil es da ja bekanntlich keinen Ölwechsel gibt. Umso verwunderlicher ist es deshalb, dass bei Photovoltaikanlagen oftmals von Wartungen gesprochen wird und solche auch vertraglich angeboten werden, obgleich klassische Wartungsarbeiten kaum anfallen.

6.1.3 Inspektion

Eine Inspektion bezeichnet im Allgemeinen eine prüfende Tätigkeit im Sinne einer Kontrolle durch eine ausgebildete Fachkraft. Die Inspektion dient dabei der Feststellung des ordnungsgemäßen Zustandes eines Gegenstandes, eines Sachverhaltes oder einer Einrichtung. Vereinfacht kann man dies auch als Prüfung bezeichnen, z. B. bei einem Fahrzeug über die normale Wartung hinausgehende Tätigkeiten wie Prüfen der Bremsbeläge, Prüfen der Profiltiefe der Reifen, Prüfen auf Verschleiß der Zündkerzen, Funktionsprüfungen der Beleuchtung und Bremsanlage, etc.

Im Gegensatz zu einer reinen Wartung gehen bei der Inspektion prüfende Tätigkeiten voraus, weil diese die entsprechende Grundlage für die Bewertung des Zustandes der Anlage und den möglichen Instandsetzungsbedarf darstellen. Dies ist grundsätzlich auch bei jeder Photovoltaikanlage angezeigt.

6.1.4 Instandsetzung / Reparatur

Die Instandsetzung beschreibt all die Maßnahmen, welche zur Wiederherstellung des ursprünglichen Funktionszustandes durch normalen »Verschleiß« oder Abnutzung erforderlich sind.

Die Instandsetzung ist zu unterscheiden von der Reparatur. Die Reparatur ist die Wiederherstellung des ursprünglichen Gebrauchszustandes nach einem außergewöhnlichen Ereignis. Bei einem Fahrzeug wäre dies zum Beispiel nach einem Unfall. Bei der Photovoltaikanlage ergibt sich die Erfordernis einer Reparatur z. B. durch außergewöhnliche äußere Einflüsse durch Witterung (Hagelschlag, Blitzschlag), Feuer oder Vandalismus.

6.1.5 Verbesserung

Die Verbesserung ist eine Leistung zur Aufwertung des ursprünglich vertraglich vereinbarten Anlagenzustandes zur Verbesserung der Anlagenleistung oder des Betriebes. Die kann für eine Photovoltaikanlage z. B. sein:

- Einbau einer Fernüberwachung
- Entfernung von Verschattungsursachen
- Tausch der Wechselrichter gegen welche mit verbessertem Wirkungsgrad

6.1.6 Instandhaltung

Die Instandhaltung dient insgesamt der Vorbeugung von Systemausfällen, mit den Zielen

- Erhöhung und optimale Nutzung der Lebensdauer von Anlagen und Geräten
- Verbesserung der Betriebssicherheit
- Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit
- Optimierung von Betriebsabläufen
- Reduzierung von Störungen
- Vorausschauende Planung von Kosten

Sie ist daher als Oberbegriff zu sehen, welche eine Inspektion, Wartung, Instandsetzung und Reparatur mit einschließt.

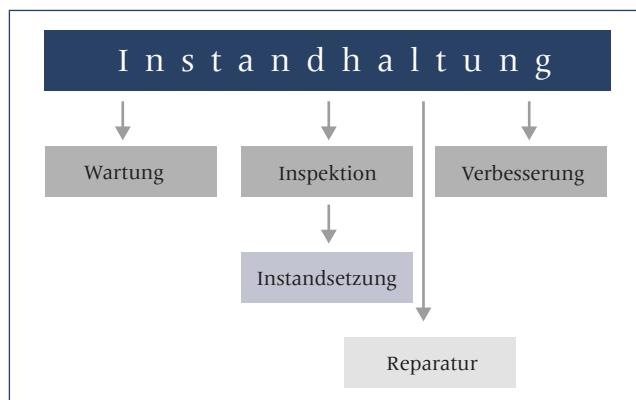


Bild 31: Schema
»Instandhaltung« und
ihre Begriffe

6.2 Rechtliche Rahmenbedingungen von »Wartungsarbeiten«

6.2.1 Keine Leistung ohne Vertrag

Der Hauptmangel an vertraglichen Vereinbarungen liegt oftmals, neben der fehlenden Schriftform und unzulässigen Klauseln auf Verbraucherebene, an der unklaren Beschreibung, welche dann von den Vertragsparteien unterschiedlich auslegt wird. Hieran entzünden sich schnell Streitigkeiten, welche nicht selten vor Gericht enden. Dies beginnt meist bereits mit Kaufverträgen von Photovoltaikanlagen, in denen unbestimmte Angaben gemacht werden.

Weder die Rechtsprechung noch die Literatur haben sich bisher groß mit Problemen und Fragestellungen zu sogenannten Wartungs- oder auch Instandsetzungsverträgen, insbesondere bei Photovoltaikanlagen, auseinandergesetzt. Viele Aspekte der vertraglichen

Gestaltung z.B. im Hinblick auf Preisanpassung oder Gewährleistung sind deshalb unbekannt und verunsichern oftmals die Vertragsparteien.

Das BGB geht vom Grundsatz der Vertragsfreiheit aus. Wegen der Vielfältigkeit von Vertragsgestaltungen, den möglichen Situationen, welche auftreten können sowie aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen an Formularverträgen wurden vom Gesetzgeber nur für wichtige und häufig vorkommende Schuldverhältnisse diverse Vertragsarten, wie z.B. Kauf-, Werk, Dienst- Miet- oder Darlehensvertrag geschaffen. Wartungsverträge sind hierbei jedoch nicht gesondert definiert. Es ist deshalb notwendig, Wartungs-, Inspektions- und Instandsetzungsverträge in die gesetzlich geregelten Vertragstypen einzuordnen. Hierbei kommen eigentlich nur zwei mögliche Vertragsarten in Betracht: der Dienstvertrag sowie der Werkvertrag.

Nach dem Wortlaut des § 611 BGB ist der Dienstvertrag dahingehend definiert, dass der Verpflichtende (Auftragnehmer) sich für einen Dienst und seine Arbeitskraft auf Zeit zur Verfügung stellt und der Auftraggeber sich zur Vergütung dieses Dienstes verpflichtet.

Beim charakteristischen Merkmal des Werkvertrages stehen der Leistungsgegenstand und dessen Erfolg im Vordergrund. Der Auftragnehmer wird hierbei verpflichtet ein versprochenes Werk herzustellen. Dieser Erfolg kann sowohl ein körperliches Werk (Herstellung einer Sache) oder auch ein geistiges Werk (z.B. die Erstellung eines Gutachtens) sein. Hierbei wird der Auftragnehmer eigenverantwortlich tätig, d.h. das Erreichen des Erfolges liegt in der Verantwortung des Auftragnehmers. Der Auftraggeber schuldet im Gegenzug die volle Vergütung – aber nur, wenn das Werk die versprochene Eigenschaft, Beschaffung und Funktion aufweist.

Bei den Inspektions-, Wartungs- und Instandsetzungsverträgen ist zu unterscheiden in

- reine **Inspektionsverträge** (Analyse des Zustandes des zu inspizierenden Objektes mit Bestimmung der Ursachen von Abnutzungen und notwendigen Konsequenzen)
- reine **Wartungsverträge** (Wartungsleistungen)
- kombinierte **Inspektions- und Wartungsverträge** (neben der Bestimmung der Ursachen auch deren Beseitigung)
- kombinierte **Inspektions-, Wartungs- und Instandsetzungsverträge**

Inspektionsverträge

Bei Inspektionsverträgen oder auch Prüfverträgen liegt es nahe, dass diese unter Dienstverträge fallen, weil die Beurteilung eines Istzustandes einer Anlage, wie hier beispielhaft einer Photovoltaikanlage, nur die Ausführung eines zeitlichen Dienstes darstellt. Verkannt wird jedoch, dass die Beurteilung, d.h. die geistige Feststellung des Zustandes einer Photovoltaikanlage bei der Inspektion, im Mittelpunkt steht. Die hierbei auszuführenden Tätigkeiten kommen dem eines Sachverständigen bzw. Gutachters gleich, d.h. Besichtigen (Sichtkontrolle), Prüfen (Funktionskontrolle) und Messen. Abgestellt wird hierbei nicht

auf die an sich durchzuführende Untersuchung, sondern auf das Untersuchungsergebnis in Form eines Gutachtens oder Ergebnisberichtes. Der BGH entschied bereits, dass ein Vertrag, welcher die Erstattung eines Gutachtens zum Gegenstand hat, in der Regel dem Werkvertragsrecht einzuordnen ist. [Schröder, Mario, S. 55]

Dies bedeutet, dass der Inspizierende einen Erfolg schuldet, in der Form der richtigen (!) und vollständigen (!) Feststellung des Zustandes der technischen Anlage – und somit auch einer Photovoltaikanlage – als Entscheidungsgrundlage für eine sich unmittelbar oder später anschließenden Wartung, Instandsetzung oder Verbesserung. Dementsprechend greifen auch hier alle typischen, dem Werkvertrag eingegliederte Folgen und Konsequenzen, was Mängelhaftung und Vergütung betrifft.

Dieser Umstand dürfte dann erheblich an Bedeutung gewinnen, wenn ein Unternehmer bei einem Kunden die vor kurzer oder längerer Zeit errichtete Anlage selbst inspiziert und wartet. Setzt der Installateur sich bei einer bereits mangelhaft installierten Photovoltaikanlage einer Mängelhaftung aus, so greift diese nunmehr auch bei der Inspektion, wenn z. B. mangelhafte Zustände bewusst oder unbewusst nicht erkannt und dokumentiert werden.

Wartungsverträge

Bei Wartungsverträgen könnte es sich ebenfalls um Dienstverträge handeln, da anscheinend nur die ordnungsgemäße Wartung geschuldet wird, nicht der störungsfreie Betrieb der Anlage oder die Herstellung eines Werkes. Auf der anderen Seite ist aber für den Anlagenbetreiber bzw. Auftraggeber gewöhnlich nicht die Tätigkeit der Wartung von Interesse, sondern dessen Ergebnis – nämlich die Erhaltung eines betriebsfähigen Zustandes einer Anlage mit dem Ziel der Verhütung von Störungen. Insofern handelt es sich auch hier, was auch die Rechtsprechung untermauert, um einen Werkvertrag.

Kombinierte Inspektions- und Wartungsverträge

Dementsprechend können kombinierte Inspektions- und Wartungsverträge auch dem Werkvertragsrecht zugeordnet werden. Hier steht im Allgemeinen die Wartung im Vordergrund. Die Inspektion dient eher als Grundlage der Wartungsleistung und wird oftmals im Ergebnis nicht unbedingt in Form eines Inspektionsberichtes gewünscht. Bei einer Photovoltaikanlage ist es gleichwohl umgekehrt. Hier kommt einer Inspektion, d. h. einer prüfenden Tätigkeit eine höhere Bedeutung zu, da Wartungsarbeiten als solche kaum anfallen. Dennoch kann man davon ausgehen, dass der kombinierte Inspektions- und Wartungsvertrag sinnvollerweise der für eine Photovoltaikanlagen inhaltlich am nächsten liegt, jedoch mit umgekehrten Schwerpunkt (primär die Inspektion).

Instandsetzungsverträge

Alleine aus der Definition einer Instandsetzung in der Wiederherstellung eines funktionsfähigen Zustandes eines Anlagenteiles oder einer Anlage verbirgt sich ein Erfolgsversprechen, was zweifelsfrei dem Werkvertrag zuzuordnen ist.

Zusammenfassend bleibt festzustellen, dass alle Vertragsvarianten, welche im Zusammenhang mit Inspektion, Wartung und Instandsetzung stehen, dem Werkvertragsrecht zuzuordnen sind. An dieser Stelle wird nicht tiefer auf das Werkvertragsrecht im Einzelnen eingegangen, da es ansonsten den Rahmen dieses Buches sprengen würde. Dementsprechend wird auf die einschlägige Literatur verwiesen. Einige Besonderheiten oder Hinweise, insbesondere für den Abschluss von solchen Verträgen in Bezug auf Photovoltaikanlagen, sind nachfolgend dennoch angebracht.

6.2.2 Rechte und Pflichten

Haupt- und Nebenpflichten

Aus dem Umstand, dass Inspektions- und Wartungsverträge dem Werkvertragsrecht unterliegen, ergeben sich hieraus auch die entsprechenden Haupt- und Nebenpflichten von Auftraggeber (Anlagenbetreiber) und Auftragnehmer (Fachbetrieb) aus den gesetzlichen Regelungen des Werkvertrages, wie

- der geschuldete Erfolg
- die vereinbarte Vergütung
- Sach- und Rechtsmängel des Werkes
- die Abnahme des Werkes
- die Mitwirkungspflicht des Auftraggebers
- das Kündigungsrecht des Auftragnehmers und Auftraggebers
- die Gefahrentragung / Gefahrenübergang

Die Hauptpflicht des Auftragnehmers besteht in der Herstellung des Werkes, im konkreten Fall die Inspektion, Prüfung, Wartung und Instandsetzung, welche frei von Sach- und Rechtsmängeln sein müssen. Der Auftraggeber schuldet als Hauptpflicht die Abnahme und die hieraus resultierende Vergütung.

Vergessen werden dürfen dabei auch nicht die sogenannten Nebenpflichten. Sie dienen u. a. auch dem Schutz der Vertragspartner vor gegenseitigen Überraschungen. So gehören hierzu u. a.

- Beratungspflicht
- Aufklärungspflicht
- Prüfungs- und Hinweispflicht
- Verkehrssicherungspflicht

- Koordinierungspflicht
- Sorgfaltspflicht.

Beispiele bei Inspektions- und Instandsetzungsverträgen ergeben z. B. für den Auftragnehmer Hinweispflichten bezüglich der Fortentwicklung der Regeln der Technik (z. B. beim Überspannungsschutz oder baulichen Brandschutz). Zu den Nebenpflichten des Auftragnehmers zählen bei der Prüfung und Inspektion vor allem u.a.

- Hinweise auf geänderte Betriebs- und Umgebungsbedingungen
- Hinweise auf gesetzliche Vorschriften
- Empfehlungen zur Instandsetzung
- Empfehlungen zur Reparatur.

Hier sei insbesondere auf die Problematik der Inspektion durch Betriebe hingewiesen, welche selbst die Photovoltaikanlage errichtet haben. Nach den Nebenpflichten des Werkvertragsrechts dürfen eigene Mängel aus der Installation bei der Inspektion nicht verschwiegen werden. Dies hätte nicht nur die Konsequenz, dass die Inspektion bzw. Prüfung an für sich mangelhaft wäre, der Prüfende verstößt damit auch gleichzeitig gegen seine Prüfungs- und Hinweispflichten.

Damit der Auftragnehmer mögliche Umstände bei der Inspektion und Prüfung berücksichtigen kann, ergeben sich auch für den Anlagenbetreiber als Auftraggeber Hinweispflichten aus dem Vorleben der Anlage, z. B. Hinweise auf

- bereits in der Vergangenheit aufgetretene Schäden
- bestimmte Beeinträchtigungen
- unsachgemäße Benutzung
- Überbelastung
- Veränderungen gegenüber dem ursprünglichen Zustand
- besondere Vorkommnisse.

Bei der Einbindung von Störungsdiensten kommt den Nebenpflichten des Auftraggebers eine bedeutende Rolle zu, denn das Tätigwerden des Auftragnehmers kann hierbei nicht unerheblich von der Art und Weise der Behandlung der technischen Anlage durch den Auftraggeber abhängen. Hier kann durchaus ein Tätigwerden des Auftraggebers erforderlich sein, damit bei Funktionsstörungen der Aufwand des Unternehmers nicht höher ausfällt, als es notwendig wäre. Man spricht hierbei von der Schadensminderungspflicht, z. B. mit der vorübergehende Außerbetriebsetzung der Anlage. Im Übrigen sind beide Vertragspartner zur Schadensminderung verpflichtet.

Mitwirkungspflicht des Auftraggebers (Anlagenbetreibers)

Bei Inspektions- und Instandsetzungsverträgen können sich auch Mitwirkungspflichten des Auftraggebers, sprich Anlagenbetreibers ergeben, u. a.

- unverzügliche Mitteilung von Störungen
- unverzügliche Mitteilung von Veränderungen an der Anlage
- Beachtung der Gebrauchsanleitung der technischen Anlage
- Ermöglichen des Zutritts zur technischen Anlage
- Ermöglichen der Einsichtnahme in Betriebsaufzeichnungen der technischen Anlage, z. B. Monitoring
- Maßnahmen zur Schadensminderung.

6.2.3 Vertragsinhalte bei »Wartungsverträgen«

Allgemeine Geschäftsbedingungen

Auf die allgemeinen Regelungen der AGBs und der Klauselanwendungen soll hier im Einzelnen nicht eingegangen werden, da eine detaillierte Abhandlung den Rahmen sprengen würde. Es sollen deshalb nur einige spezielle Punkte genannt werden, welche insbesondere Inspektions- und Instandsetzungsverträge betreffen.

Preisanpassungen

Bei langfristig angelegten Inspektions- und Instandsetzungsverträgen hat der Auftragnehmer sicherlich Interesse, einen Ausgleich für die durch die allgemeine Lohnsteigerung entstehenden Kosten zu bekommen. Bei der vertraglichen Vereinbarung von Preisanpassungen ist jedoch Vorsicht geboten. Durch allgemeine Preisanpassungsklauseln, die dem Auftragnehmer die Erhöhung von Preisen ohne unmittelbare Anbindung an die Erhöhung von preisbildenden Faktoren erlauben, wird der Anlagenbetreiber unangemessen benachteiligt. Die Preisanpassungen sind deshalb so zu gestalten, dass das Zustandekommen der Preisanpassungen für den Auftraggeber prinzipiell nachvollziehbar ist – z. B. durch formelmäßige Berechnung. Zugleich muss dem Auftraggeber mit der Preisänderung ein Kündigungsrecht eingeräumt werden. Das Kündigungsrecht kann dabei auf Fälle beschränkt bleiben, bei denen der neue Preis einen bestimmten Prozentsatz des ursprünglichen Preises oder zuletzt gültigen Preises übersteigt.

Laufzeitklauseln

Da es für die Inspektions- und Instandsetzungsverträge verschiedene Vertragsvarianten gibt – von einer Einmalleistung über einen zeitlich befristeten Vertrag bis zu einem zeitlich unbefristeten Vertrag, ergeben sich auch verschiedene Möglichkeiten im Hinblick auf die Laufzeit, die Möglichkeit einer vorzeitigen Beendigung oder einer Verlängerung des Vertrages.

Auch der Beginn, d. h. der Zeitpunkt des Vertragsabschlusses kann sehr individuell sein:

- bereits bei Kaufvertragsabschluss der Anlage
- unmittelbar vor der Abnahme oder eine bestimmte Frist nach Abnahme (gekoppelt z. B. mit einer Garantieverlängerung)
- individueller Zeitpunkt – auch nach längerem Betrieb der Anlage.

Bei einem Dauerschuldverhältnis, d. h. Vertrag auf unbestimmte Zeit, sind die Einbeziehung einer ordentlichen Kündigungsfrist und auch diejenige einer außerordentlichen Kündigungsfrist unerlässlich. Der Anlagenbetreiber muss eine Möglichkeit erhalten, sich vom Vertrag lösen zu können und keine »Knebelverbindung« einzugehen.

Eine »automatische« oder stillschweigende Verlängerung nach Fristablauf eines befristeten Dauervertrages hat den Sinn, dass ohne Mitteilung der Vertragsparteien sich der Vertrag um eine bestimmte Zeit verlängert. Wichtig dabei zu wissen ist, dass gegenüber Verbrauchern eine stillschweigende Verlängerung nach dem AGB-Recht nicht mehr als ein Jahr betragen darf, welchen darüber hinaus ein vorheriges Kündigungsrecht einzuräumen ist.

Leistungsumfang der vertraglichen Verpflichtungen

Neben der allgemein vertraglichen Ausgestaltung von Inspektions- und Instandsetzungsverträgen und deren rechtlicher Beachtung sind insbesondere die Festlegungen des Leistungsumfangs oftmals lückenhaft und unklar. Verträge geben immer wieder Anlass zu Streitigkeiten, weil deren Inhalt unklar formuliert wurde und von beiden Parteien dementsprechend ihrer Interessen auch unterschiedlich interpretiert und ausgelegt wird. Es ist deshalb zur Vermeidung von Missverständnissen und Nachteilen sinnvoll, bei Vertragsabschluss sowohl den Leistungsumfang als auch den geschuldeten Erfolg vertraglich in seinen Einzelheiten so genau wie möglich festzuhalten.

Durch eine vertraglich genaue Fixierung des Leistungsumfanges wird die auszuführende Inspektion und Instandhaltung hinsichtlich

- ihres Inhaltes
- ihrer Methode
- ihres Umfangs
- der Anlage, an der diese Leistungen zu erbringen sind sowie
- des Zeitpunktes der Leistungserbringung

sowie bei Dauerverträgen zusätzlich die Länge der Leistungszeiträume und die Leistungshäufigkeit innerhalb eines Leistungszeitraumes festgelegt.

Festlegung bezüglich Leistungshäufigkeit

Wartung, Inspektion, Instandsetzung unterliegen oftmals unterschiedlichen zeitlichen Intervallen. So wird in der Regel bei Freifeldanlagen ein einmaliger Grünschnitt im Jahr nicht ausreichend sein. Anlageninspektionen können alle vier Jahre durchgeführt werden, bei Großanlagen oder Anlagen auf bestimmten Objekten ist aber auch eine jährliche Inspektion sinnvoll oder muss diese sogar jährlich durchgeführt werden. Es gilt deshalb entsprechende Festlegungen zu treffen, z.B.

- Vereinbarung fester Termin (z.B. Besichtigung/Inspektion stets in der ersten Aprilwoche)
- Vereinbarung, dass die Parteien den genauen zeitlichen Einsatz stets individuell abstimmen (z.B. witterungsabhängige Leistungen)

Leistungsobjekt oder Gegenstand, Nebenleistungen

Um Verwechslungen oder Unstimmigkeiten vorzubeugen – gerade bei mehreren Teilanlagen auf einem oder mehreren, örtlich verteilten Grundstücken – sollte im Vertrag der Gegenstand des Objektes eindeutig und zweifelsfrei beschrieben werden.

Festzulegen ist, was neben der Leistungserbringung zu deren Nebenleistungen gehört, wie z.B.

- benötigte Hilfsmittel (Gerüste, Leitern, Absturzsicherungen, Hebebühnen)
- Abfallentsorgung
- Reinigung.

Festlegung des Leistungsumfangs

Beispielhafte Leistungsumfänge und deren definierte Erfolge von Inspektion und Instandsetzung werden in den nachfolgenden Unterkapiteln angeführt.

Inspektion und Wartung

Bei einer Inspektion und Wartung soll eine umfängliche Prüfung erfolgen mit

- Feststellung des Istzustandes (visuelle Inspektion, Prüfungen, Messungen)
- Beurteilung des Istzustandes (Dauerhaftigkeit, Funktionstüchtigkeit, Betriebssicherheit)
- Bestimmung der Sollzustandsabweichungen und deren Ursachen
- Ableitung der notwendigen Konsequenzen, d.h. welche Prüfarbeiten durchzuführen sind, welche Instandsetzungsmaßnahmen mit welcher zeitlichen Dringlichkeit zu ergreifen sind, Hinweise auf notwendige Reparaturen, Maßnahmen zur vorbeugenden Instandsetzung

- Säubern der Wechselrichter und Schaltgerätekombinationen (z. B. von Staub, Reinigen von Lüftungsfilters bei Wechselrichtern)
- Nachziehen von Klemmbefestigungen in der elektrischen Verteilung
- Ggf. Grünpflege bei Freifeldanlagen (Mähen von Bewuchs – je nach Vereinbarung).

Eine erfolgreiche Inspektion und Wartung erschließt sich aus der

- Zustandsfeststellung
- Bestimmung der Abnutzungs- oder Schadensursachen
- Ableitung der notwenigen Konsequenzen (Erneuerung, Reparatur).

Insbesondere der letzte Punkt ist für den Anlagenbetreiber von großer Bedeutung. Ihm muss klar und verständlich sein, wie mögliche Mängel oder Schäden von der Dringlichkeit ihrer Beseitigung einzustufen sind. Es mag sicherlich Feststellungen geben, welche zum Beispiel erst bei der nächsten Inspektion mit beseitigt werden können; ebenso kann es welche geben, die bereits aus Sicherheitsgründen keinen Aufschub dulden.

Damit man auch etwas in der Hand hat, sind die Ergebnisse der Inspektion und Wartung schriftlich niederzulegen, zum Beispiel in Form

- eines schriftlichen Berichtes
- eines Reports
- eines Gutachtens
- eines Anlagen- oder Prüfbuches.

Instandsetzung

Wird die Inspektion und Instandsetzung von einem anderen Betrieb als demjenigen, welcher die Anlage installiert hat, durchgeführt, hat dieser im Vorfeld zu prüfen, ob es sich bei erforderlichen Instandsetzungsarbeiten um Gewährleistungs- oder Garantieleistungen handelt. Sollte dies der Fall sein, muss dem Anlagenerrichter die Möglichkeit eingeräumt werden, seinen »Mangel« selbst zu beseitigen. Ein vorschnelles Eingreifen der mit der Instandhaltung beauftragten Firma, welches einer Selbstvornahme gleich käme, hätte rechtliche Konsequenzen in der Form, dass der Auftraggeber die Kosten hierfür selbst zahlen müsste, aber wegen der unterlassenen Mangelanzeige und Vorwegnahme der Mängelbeseitigungsmöglichkeit gegenüber dem Anlagenerrichter keinen Rückgriff auf diesen hätte. Hier treten wiederum Hinweis- und Beratungspflichten beider Parteien in den Vordergrund.

Nochmals zur Erinnerung und zusammengefasst die möglichen Gewährleistungen und Garantien, welche zu unterscheiden sind:

- Gewährleistung für Lieferung, Montage und Inbetriebnahme der Photovoltaikanlage (5 Jahre)

- Produktgarantie für Wechselrichter (in den meisten Fällen fünf Jahre, bei gekauften Garantieverlängerungen auch bis 10 oder 15 Jahre)
- Produktgarantie für Module (in der Regel fünf Jahre, teilweise auch 10 Jahre)
- Leistungsgarantie der Module (bis zu 25 Jahre mit einem definierten Leistungsverfall – auch zeitlich abgestuft – und der sich hieraus ergebenden Mindestrestleistung, z. B. 80 %).

Beispiele für Instandsetzungsarbeiten:

- Austausch defekter Wechselrichter
- Austausch von Leitungen mit brüchiger Isolierung
- Austausch verblasster Anlagenkennzeichnungen oder Warnschilder
- Austausch von Modulen mit erhöhter Leistungsminderung.

Die Instandsetzungszeiten, d. h. die terminliche Fixierung, bis wann Instandsetzungen auszuführen sind, können oftmals nicht pauschal vertraglich festgelegt werden, da es immer auf den Umfang und die Art der Instandsetzungsmaßnahme ankommt. Der Austausch beispielsweise einer defekten Sicherung sollte hierbei kein Problem darstellen, da ein solcher meist zur Ersatzteilausrüstung eines gut organisierten Servicewagens gehört. Eine Reinigung der Modulfelder macht im Winter bei Minustemperaturen keinen Sinn. Die Beschaffung einzelner, nicht mehr auf dem Markt befindlicher Ersatzmodule nimmt sicherlich einen größeren zeitlichen Bedarf in Anspruch. Der Austausch eines defekten Wechselrichters sollte möglichst zügig erfolgen, um Ertragsausfälle zu minimieren.

Der Erfolg einer Instandsetzung misst sich an der Wiederherstellung des funktionsfähigen Zustandes einer Anlage – ähnlich wie bei der Neuerrichtung. Jedoch kann es auch vorkommen, dass nur ein Zustand der eingeschränkten Funktion entweder zeitlich befristet oder auf Dauer wieder hergestellt werden kann. Das ist dann der Fall, wenn z. B. einzelne Ersatzmodule nicht mehr beschafft werden können oder im gleichen Fall Ersatzmodule mit anderen elektrischen Eigenschaften installiert werden müssen.

6.2.4 Leistungsausschlüsse

Veränderungen an einer Anlage treten nicht nur durch »normale« Abnutzung durch die planmäßige Belastung und Einwirkung aus einem bestimmungsmäßigen Gebrauch auf, sondern auch außerplanmäßig durch

- unsachgemäße Bedienung
- Überbeanspruchung
- Gewalteinwirkung (Vandalismus)
- extreme Witterungsverhältnisse (Sturm, Hagel)
- Veränderungen durch Dritte oder des Betreibers
- sonstige äußere Einwirkungen wie Feuer, Hochwasser, Blitzschlag, Überspannung, Tiere.

Die hieraus resultierenden Instandsetzungsarbeiten sind bei Inspektions- oder Wartungsverträgen in der Regel ausgeschlossen. Sie sind im Übrigen auch bei Garantien ausgeschlossen. Sie stellen Ersatzinvestitionen dar, welche als Reparatur einzustufen sind.

6.2.5 Reparatur

Eine Reparatur hat mit einer Instandsetzung nichts gemeinsam, da es sich bei der Instandsetzung um die Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit der Anlage aus »natürlichen« Veränderungen handelt. Die Reparatur setzt den ursprünglichen Zustand nach einem außergewöhnlichen Ereignis her. Hier findet man nunmehr auch die o.g. Leistungs-ausschlüsse wieder, wie

- Gewalteinwirkung (Vandalismus)
- extreme Witterungsverhältnisse (Sturmschäden, Hagelschäden)
- sonstige äußere Einwirkungen wie Feuer, Hochwasser, Blitzschlag, Überspannung, Tierverbiss.

Reparaturen können im Zuge einer Inspektion mit ausgeführt werden, in der Regel jedoch durch ein gesondertes Angebot / Auftrag.

Hinweise des Auftragnehmers (Installateurs) an den Anlagenbetreiber sind auch bei Reparaturen angebracht, wenn es sich um mögliche Versicherungsschäden handelt. Vor-eilige Maßnahmen bereiten oftmals Probleme bei der Schadensabwicklung, wenn dem Versicherer z. B. die Möglichkeit einer Prüfung vor der Reparatur genommen und der Nachweis des Schadens und dessen Umfang somit erheblich erschwert oder unmöglich gemacht wird. Zum mindest ist bei erforderlichen Notmaßnahmen der Schaden umfangreich zu dokumentieren (Bilder, Skizzen, Protokoll).

6.2.6 Zusätzliche Leistungen

Es kann vertraglich vereinbart werden, dass zusätzliche Leistungen, welche über eine normale Inspektion und Instandsetzung hinausgehen, bis zu einem bestimmten Betrag ohne separate Beauftragung mit ausgeführt werden. Fehlen solche Vereinbarungen, so ist stets eine separate Beauftragung solcher Leistungen erforderlich. Zu solchen zusätzlichen Leistungen gehört zum Beispiel das Reinigen der Solarmodule oder besondere Messverfahren (Thermografie, Leistungsmessung, Kennlinienmessung).

6.2.7 Abnahme

Bezüglich der Abnahme einer Inspektion und Wartung sei in erster Linie auf die gesetzlichen Bestimmungen des Werkvertrags § 640 BGB verwiesen (siehe auch Kapitel 2).

Die Abnahme von Leistungen aus Inspektions-, Wartungs- und Instandsetzungsverträgen gestaltet sich unterschiedlich. Bei der Inspektion kann dies z. B. mit der Übergabe des Inspektionsberichtes erfolgen. Zum Nachweis und zur Dokumentation sollte grundsätzlich eine förmliche Abnahme vereinbart werden, d. h. zum Beispiel eine gemeinsame Begehung mit einem erstellten Abnahmeprotokoll und der Unterschrift beider Parteien.

6.2.8 Vergütung

Aufgrund des Werkvertragscharakters im Hinblick des geschuldeten Erfolges wird die Vergütung grundsätzlich erst durch die Herbeiführung des Erfolges fällig. Der Installateur oder Unternehmer muss dementsprechend in Vorleistung treten. Vorauszahlungen würden den rechtlichen Grundlagen des Werkvertrages widersprechen. Aufgrund eines dauerhaften Vertrauensverhältnisses zwischen AN und AG sollten Vorauszahlungen oder abweichend vom Termin der Leistungserbringung vereinbarte Zahlungsziele (z. B. Zahlung zu Jahresbeginn; Leistungserbringung 2. Jahresquartal) kein Problem darstellen. Grundsätzlich gilt jedoch, dass bei allen Vorauszahlungen, insbesondere bei größeren Beträgen seitens des Auftraggebers, Vorsicht geboten ist.

Bei Wartungs-, Inspektions- und Instandsetzungsverträgen sind verschiedene Vergütungsmodelle möglich. Beispielhaft können folgende Varianten aufgeführt werden:

- Vergütung auf Basis der tatsächlichen Aufwendungen (Stundenlohnbasis) und ggf. der tatsächlichen Aufwendungen für Hilfsmittel, Gerätschaften und Materialien
- Vergütung auf Basis von vereinbarten Einheitspreisen und Leistungspositionen
- Pauschalierung für einen Leistungszeitraum (z. B. bei Dauerverträgen)
- Pauschalierung für eine einmalige Leistung
- Pauschalierung nach Anlagengröße (z. B. ... € pro kWp pro Leistungszeitraum).

Daneben gibt es eine Vielzahl von Varianten bestehend aus pauschalierten Teilleistungen und Leistungen auf Nachweis oder gesonderte Beauftragung.

In der Praxis wird die Variante der Pauschalierung nach Anlagengröße für einen Leistungszeitraum am gebräuchlichsten sein. Sie bietet auch für beide Parteien Vorteile im Hinblick auf Kostensicherheit und Aufwendungen bezüglich der Abrechnung (Stunden- und Materialaufmaß).

In Ergänzung einer Pauschalvereinbarung ist es empfehlenswert, zusätzlich auszuführende Arbeiten, z. B. für Reparaturen, Austausch von Verschleißteilen, Reinigung, etc.) über Einzelpauschalen nach Leistungskatalog oder Einheitspreise zu vereinbaren.

Im Anhang 2 dieses Buches befindet sich ein unverbindlicher Mustervertrag für die Inspektion und Prüfung einer Photovoltaikanlage.

7 Inspektion und Prüfung

Elektrische Anlagen unterliegen in ihrer Lebenszeit gewissen Einflüssen, welche sich negativ auf die Sicherheit auswirken können. Daher sind solche Anlagen regelmäßig auf ihre Sicherheit zu prüfen. Hierzu gibt es entsprechende Regelwerke, welche bereits angeprochen wurden.

Die Inspektion – gleichzusetzen mit »Prüfung« einer Photovoltaikanlage setzt sowohl eine fachliche Eignung des Prüfenden als auch entsprechende Vorbereitungen voraus. Aus diesem Grunde ist es zum einen wichtig, dass, was ein elektrischer Laie oder Anlagenbetreiber selber machen kann, von dem, was zwingend durch eine Elektrofachkraft zu tun ist, zu trennen. Gehört bei einer reinen visuellen Prüfung teilweise bereits entsprechendes Fachwissen dazu, ist dies zwingend dann vorausgesetzt, wenn z.B. Stromkreise zu Messungen aufgetrennt werden oder man sich anderweitig Zugang zu offenen, stromführenden Bauteilen verschafft.

7.1 Unfallverhütung

Der Umgang mit baulichen Anlagen, mit elektrischem Strom sowie das Begehen von Dächern setzen voraus, dass man an erster Stelle an die Sicherheit der betreffenden Personen denkt. Bereits bei der Errichtung einer Photovoltaikanlage sollte dies bei den Fachkräften bekannt sein, obgleich die Arbeitsroutine Vieles wieder vergessen macht. Für den Anlagenbetreiber ist es ebenso wichtig, Unfällen vorzubeugen. Photovoltaikanlagen befinden sich in ihrer Mehrzahl auf einem Gebäudedach und besitzen stromführende Bauteile.



Es ist deshalb wichtig, sich immer wieder die Gefahren des elektrischen Schlagens als auch die der Absturzgefahr von Dächern in Erinnerung zu rufen. Als Anlagenbetreiber sollte man sorgfältig abwägen, was man an seiner Photovoltaikanlage selbst zu tun gedenkt oder lieber einer Firma überlassen sollte.



Es soll an dieser Stelle auch darauf hingewiesen werden, dass das Abziehen unter Last stehender Stringleitungen vom Wechselrichter oder das Trennen bei Last von Steckverbindungen zu einer erheblichen Lichtbogenbildung führen und zu entsprechenden Verletzungen beitragen kann.

Der Absturz ist mit Abstand bereits die häufigste Unfallursache bei der Installation und Instandhaltung von Photovoltaik-Dachanlagen, obgleich die Sicherheit auf dem Dach gesetzlich geregelt ist. Grundlage bilden die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaft. Bereits in der Vorschrift BGV A1 werden die Grundsätze der Prävention genannt. Umso schwieriger wird es, wenn fachliche Laien bzw. Anlagenbetreiber sich auf ein Dach begeben, wo sie eigentlich nichts zu suchen haben. Die Problematik bei Photovoltaikanlagen liegt meist darin, dass es auf den betreffenden Dächern wegen der installierten Module kaum sichere Zutrittsmöglichkeiten gibt. Selbst bei flacheren Dächern bleibt ein ungesicherter Zutritt meist ein gefährliches Unterfangen. Demzufolge haben primäre Absturzsicherungen in Form von Fanggerüsten, Geländer, Seitenschutz und Abdeckungen immer Vorrang.



Besondere Vorsicht ist bei älteren Faserzementdächern (»Eternit« – Asbestzement) geboten. Das Betreten solcher Dächer kann lebensgefährlich sein. Nach der Gefahrenstoffverordnung vom 23.12.2004 Anhang IV Ziff. 1 ist das Überbauen von asbesthaltigen Dacheindeckungen verboten. In den Technischen Regeln für Gefahrenstoffe TRG 519 Ausgabe 2001 gab es unter Ziff. 4 bereits ein Expositionsverbot, worunter in der aktuellen Ausgabe aus 2007 unter Ziff. 4 (3) auch das Anbringen von Solaranlagen auf asbesthaltigen Dacheindeckungen nunmehr explizit genannt ist.

Dennoch sind Photovoltaikanlagen nicht selten auf solchen Dachflächen anzutreffen. Ohne zusätzliche Sicherung gegen Durchbrechen und Absturz ist von einem Betreten solcher Dachflächen dringend abzuraten.

Bild 32: bereits bei der Errichtung nicht zulässig:
überbaute Asbestzementdächer



Auch Lichtkuppeln und Lichtbänder in Dachflächen stellen ein erhebliches Gefahrenpotenzial dar. Diese halten in der Regel einen Sturz nicht aus und können zudem leicht durchtreten werden. Auf Flachdächern stellen deshalb Anschlagpunkte und Angurtsicherungen eine Grundvoraussetzung dar, um eine Photovoltaikanlage sicher begehen zu können.



Bild 33: seltener Anblick: Flachdach mit Sicherungseinrichtung

Problematisch gestalten sich auch Dachflächen, welche komplett mit Generatoren überdeckt sind, d.h. ohne Wartungsgänge. Die gute Absicht, die Dachfläche optimal mit der Modulbelegung auszunutzen, stellt bei Inspektionen oder auch beim Austausch defekter Module das Fachpersonal oft vor scheinbar unlösbare Zugangsprobleme, welche ohne aufwendige Hilfsmittel, wie z.B. Hubsteiger oder dem teilweisen Rückbau von Modulen oftmals nicht zu bewerkstelligen ist. Das ungesicherte Begehen von Modulen birgt nicht nur die Gefahr der Beschädigung, sondern auch eine erhöhte Absturzgefahr.



Bild 34: Module soweit das Auge reicht – Wartungsgänge?

Zahlreiche Unfälle belegen, dass mit dem Thema »Absturzgefahr« zu leichtsinnig umgangen wird. Immer wieder liest man auch in der Zeitung von Unfällen, gerade auch im Bereich der Photovoltaik.

Bild 35: Modulmontage bis an exponierter Stelle am Dachrand – Absturzsicherung?



7.2 Anlagenprüfung

Wie bereits dargestellt, sind Sinn und Zweck einer Inspektion und Prüfung, Mängel und Fehler zu erkennen. Dies kann in der Regel nur eine Fachkraft oder ein Experte auf dem Gebiet der Photovoltaik. Für eine vollständige Inspektion und Prüfung gehören immer drei Maßnahmen zusammen: Besichtigung, Erprobung und Messung, welche nachfolgend kurz beschrieben werden sollen.

7.2.1 Besichtigung

Die Besichtigung bedeutet, dass es sich hier um eine visuelle Feststellung des Zustandes einer Anlage handelt. Durch Inaugenscheinnahme ist u.a. festzustellen, ob die Photovoltaikanlage mit ihren Betriebsmitteln

- äußerlich erkennbare Schäden oder Mängel aufweist
- ob sie den äußeren Bedingungen standhält
- den in den Errichtungsnormen enthaltenen zusätzlichen Festlegungen für Betriebsstätten, Betriebsräumen und Anlagen besonderer Art entspricht bzw. noch entspricht
- ob der Schutz gegen direktes Berühren aktiver Teile elektrischer Betriebsmittel noch vorhanden ist
- ob die Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren oder im Fehlerfall noch den Errichternormen entsprechen.

Eine netzgekoppelte Photovoltaikanlage gliedert sich in bestimmte Bauteilgruppen. Angefangen von der Befestigung der Module bzw. deren Tragsystem, über das Generatorfeld, der Gleichstromseite bis zu den Wechselrichtern und weiter über die Unterverteilung zum Netzanschluss.

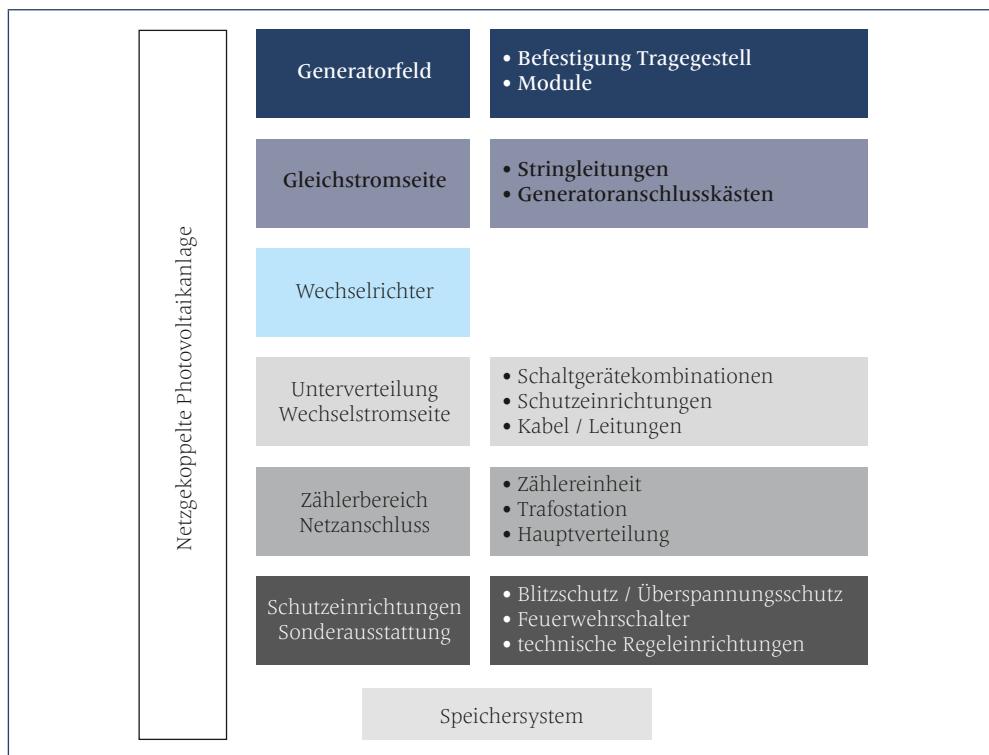


Bild 36: Bauteilgruppenübersicht einer Photovoltaikanlage

Für die Inspektion gibt die DIN VDE 0126-23 für diese Bauteile entsprechende Hinweise. Im Bereich der wechselstromseitigen Elektrotechnik werden die elektrotechnischen Prüfungen und deren Durchführung mit den Hinweisen und Anforderungen aus der DIN VDE 0105-100 ergänzt. Ziel einer Inspektion ist es, in koordinierter Weise alle Anlagenteile in die Besichtigung mit einzubeziehen.

7.2.2 Erprobung

Der nächste Schritt nach der visuellen Inspektion bzw. Besichtigung ist die Erprobung. Sie ist Teil der Inspektion. Darin sind auch alle Funktionsprüfungen an der Photovoltaikanlage enthalten.

Die erprobenden Tätigkeiten bei einer Photovoltaikanlage sind vom Umfang her relativ begrenzt. Erprobt wird die Wirksamkeit von Betriebsmitteln, die der Sicherheit dienen, z.B. Schutzrelais, Not-Aus-Schaltungen, NA-Schutzeinrichtungen, Abschalten der Wechselrichter bei Netzunterbrechung, Fehlerstromschutzschalter (RCD) durch Betätigen der Prüftaste.

Beim Fehlerstromschutzschalter gibt es unterschiedliche Fristen für die Funktionsprüfung. Bei stationären elektrischen Anlagen, zu denen auch die Photovoltaik gehört, sind dies alle sechs Monate mit dem Betätigen der Prüftaste. Dies kann auch durch den Anlagenbetreiber selbst erfolgen.

Soweit die entsprechenden Betriebsmittel bzw. Schutzeinrichtungen in ihrer Funktion eingeschränkt sind oder keine Funktion zeigen, sind diese auszutauschen.

7.2.3 Messungen nach VDE

In Anlagen mit Nennspannungen bis 1000 V AC und 1500 V DC sind die Werte zu ermitteln, welche eine Beurteilung des Schutzes unter Fehlerbedingungen ermöglichen. Hierzu gehören:

- Durchgängigkeit der Leiter
- Isolationswiderstand der elektrischen Anlage
- Schutz durch SELV, PELV oder Schutz trennung
- Widerstand/Impedanz von isolierenden Wänden und Fußböden
- Schutz durch automatisches Abschalten der Stromversorgung
- Wirksamkeit zusätzlicher Schutzmaßnahmen
- Spannungspolarität
- Phasenfolge der Außenleiter
- Funktions- und Betriebsprüfungen
- Einhaltung des maximal zulässigen Spannungsfalls.

Bei einer Photovoltaikanlage ist demzufolge der Schleifenwiderstand, Schutzleiterwiderstand, Auslösefehlerstrom, Erdungswiderstand sowie bei Fehlerstromschutzeinrichtungen deren Abschaltzeiten zu messen. Die Nachweise sind unter Anwendung der in der DIN VDE 0100-600 aufgeführten Messverfahren zu erbringen. Die Messungen sind ausschließlich durch eine hierzu befähigte Person (Elektrofachkraft) durchzuführen.

Die durchzuführenden Messungen nehmen einen erheblichen Teil sowie zeitlichen Aufwand der Anlagenprüfung ein, dies bereits deshalb, weil unter Umständen die elektrische Anlage freigeschaltet und mögliche Leitungsverbindungen aufgetrennt werden müssen. Grundsätzlich ist von der Elektrofachkraft folgender messtechnischer Nachweis zu erbringen:

- Durchgängigkeit der aktiven Leiter
- Isolationswiderstand der Leitungen
- Auslösestrom bzw. Auslösezeit des Fehlerstromschutzschalters
- Schleifenimpedanz und Kurzschlussstrom
- Messung des Spannungsfalls
- Erdungswiderstand.

8 Fehler / Mängel an Photovoltaikanlagen

In diesem Kapitel sollen insbesondere aus praktischer Erfahrung heraus seitens eines Sachverständigen beispielhafte Probleme an Photovoltaikanlagen, welche auftreten können und die dem Anlagenbetreiber in den meisten Fällen aber verborgen bleiben, dargestellt werden.

Fehler und Mängel an Photovoltaikanlagen haben verschiedene Ursachen, aber auch verschiedene Auswirkungen:

- Sie können den Ertrag beeinflussen – auch in der Weise, dass dies kaum auffällt.
- Sie können die Lebensdauer der Anlage oder einzelnen Komponenten der Anlage reduzieren.
- Sie können die Betriebssicherheit der Photovoltaikanlage herabsetzen, wobei Mensch, Tier oder andere Sachen gefährdet werden können.

Photovoltaikanlagen wirken von außen für den Laien unspektakulär. Schöne blaue oder dunkle Module glänzen im Sonnenlicht. Ein fachlich geschultes Auge sieht aber auf dem zweiten Blick oftmals mehr, was dem Laien verborgen bleibt. Man kann es mit dem frisch gewaschenen und polierten Auto vergleichen. Es ist nicht alles Gold was glänzt und die Wahrheit kommt meist erst beim TÜV zu Tage.



Bild 37: nicht immer sind Fehler so objektiv erkennbar

Nachfolgend werden einige häufige und typische Fehlerbeispiele bei Photovoltaikanlagen aufgeführt und erläutert, beginnend mit der Planung über das Thema Statik und Unterbau, über die Gleichstromverkabelung, die Module und Wechselrichter bis hin zum Netzanschluss. Diese sind nicht abschließend, sondern stellen nur eine Auswahl von Fehler- und Schadensbeispielen dar.

8.1 Planung / Verschattung

Bereits mit einer vernünftigen Planung wird bei einer Photovoltaikanlage der Grundstein für einen sicheren, dauerhaften und wirtschaftlichen Betrieb gelegt. Nicht wenige Mängel resultieren aber bereits von einer unzureichenden oder auch mangelhaften Planung. Am augenfälligsten ist dies bei Verschattungen der Module. Die Planung einer Photovoltaikanlage beginnt mit einer Standortanalyse. Nicht immer wurden hierbei in der Vergangenheit die entsprechenden Planungsgrundsätze eingehalten. Viele Gründe von Mindererträgen resultieren von einer Nichtberücksichtigung von Verschattungen oder Teilverschattungen. Eine freie Dachfläche lockt bislang immer wieder Verkäufer und auch den Besitzer dazu, so viel wie möglich auf das Dach zu bauen, obgleich weniger manchmal mehr wäre. Wäre es für Sie nicht auch verlockender, mit einer größeren Anlage am Ende mehr verdienen zu können? Wie bereits bei den Moduleigenschaften erläutert, kann ein teilverschattetes Modul oder sogar nur eine Zelle einen kompletten String von der Leistung her in den Keller schicken. Nicht selten ist gerade bei Dächern mit kleinen Gauben feststellbar, dass auch die Gauben mit einer geringen Anzahl von Modulen besetzt sind. Hierbei können diese Module mit einer Anzahl von drei oder vier kaum auf einen separaten und unabhängigen Wechselrichtereingang verschalten werden, weil die Eingangsspannung viel zu gering wäre. Demzufolge wurden in der Vergangenheit diese Module mit in den Strings des Hauptdaches verschalten. Nun ergibt sich aber die Situation, dass Module unterschiedlicher Einstrahlung (weil unterschiedliche Dachneigung) in einem String vermischt verschaltet sind, was kein optimales Betriebsverhalten ergibt. Es kommt zu Ertragsverlusten.

Neben der Verschaltung spielt auch oftmals die Modulausrichtung bei Teilverschattungen eine Rolle. Es macht einen Unterschied, ob die Module über einzelne, mit sogenannten Bypassdiode abgesicherten Busbars⁴ verschattet werden oder über alle Busbars gleichzeitig (siehe auch Kapitel zu Anlagenerträgen). Bei Ersterem können durch die Bypassdiode der Verschattungseffekt noch vermindert werden, bei Letzterem ergibt sich quasi eine Beeinträchtigung des gesamten Moduls und somit auch des gesamten Strings.

⁴ breite Leiterbändchen auf den Zellen



Bild 38: zu viel des Guten – viele Schatten und eine Frage der Verschaltung



Bild 39: zu geringer Reihenabstand und Hochkantmontage der Module bewirken »Vollverschattung« der Module

Natürlich können sich auch erst im Laufe der Zeit Verschattungen ergeben, z. B. durch Bewuchs. So kann sich ein noch relativ kleiner Baum in den Jahren zu einem – zumindest bei niedrigerem Sonnenstand – störenden Objekt entwickeln.

8.2 Unterbau / Tragsystem

Für Tragsysteme gibt es auf dem Markt eine Vielzahl von Herstellern, Ausführungsvarianten und Anwendungssystemen. Angefangen von Befestigungen bei Schrägdächern in Form von Dachhaken, Stockschrauben und Trapezschellen bis hin zu Aufständersystemen, welche am Dach befestigt oder ballastiert auf der Dachhaut stehen. Fehler und Mängel sind hier nicht selten zu finden. Insbesondere die statischen Belange wurden gerade bei älteren Anlagen selten beachtet. Darüber hinaus trifft man bei Dachanlagen auf ein eigenständiges Gewerk mit seinen spezifischen Regeln und technischen Ausführungsbestimmungen, dem »Regelwerk des Deutschen Dachdeckerhandwerkes« und der »Flachdachrichtlinie«. Hier kollidieren nicht selten die Interessen beider Gewerke, d. h. der

Photovoltaikanlage und der Dacheindeckung miteinander. Insbesondere beim Flachdach ergeben sich oft haarsträubende Situationen, welche nicht selten in einer Totalsanierung des Daches enden. Deshalb wird diesem Bauteil an anderer Stelle eine ausführliche Abhandlung gewidmet. Aber bereits beim Steildach sind oftmals viele Fehler festzustellen.

8.2.1 Tragsystem

Die verschiedenen Unterbauvarianten bestehen meist aus Stangenprofilen, auf denen entweder die Module direkt oder vorher nochmals kreuzweise Stangenprofile (»doppelter Unterbau«) aufgebracht sind. Für deren Befestigung ist die hierfür erstellte Systemstatik maßgebend. Die Abstände der Befestigungs raster orientieren sich hierbei in erster Linie an den statischen Anforderungen aus Schnee, Wind und Modulgewicht (Eurocode 1 – ehemals DIN 1055), in zweiter Linie an den statisch-konstruktiven Befestigungsmöglichkeiten am Dach.

In der Regel werden für Photovoltaik-Tragsysteme Metallkonstruktionen aus Aluminium und Edelstahl vorgesehen. Teilweise kommen auch kombinierte Materialien aus Metall und Kunststoff zum Einsatz. Wichtig hierbei ist, dass die Materialien aufeinander abgestimmt sind, so dass es zu keinen Korrosionen kommt oder Beeinflussungen der Dachhaut (z. B. Weichmacherentzug bei Foliendach durch Verwendung von Bautenschutzmatten). Bei älteren Anlagen wurden früher auch verzinkte Stahlteile als Tragkonstruktion verwendet. In den meisten Fällen macht sich dort bald der Rost bemerkbar.

Bild 40: Korrodierte
Tragkonstruktion,
ca. 5 Jahre alt!



8.2.2 Statik

Grundsätze

Das Thema »Statik« bietet viel Anlass zu Diskussionen in Verbindung mit der Errichtung einer Photovoltaikanlage auf einem Gebäude. In den meisten Fällen werden die Zuständigkeiten zwischen Gebäudeeigentümer und Anlagenerrichter unterschiedlich interpretiert.

Nach der Musterbauordnung, welche die Grundlage der länderspezifischen Bauordnungen bildet, ist eine Photovoltaikanlage eine bauliche Anlage im Sinne des Baugesetzes. Neben der Regelung zur Gestaltung, dass sich ein Bauwerk harmonisch in die Umgebung einfügen muss, ist die Standsicherheit der Anlage als Ganzes und ihrer einzelnen Teile als wesentliches Merkmal hervorzuheben. Auch wenn die Musterbauordnung verfahrensfreie Bauvorhaben für Photovoltaikanlagen definiert, entbindet dies den Bauherrn bzw. späteren Anlagenbetreiber nicht von der Beachtung der entsprechenden Vorschriften. In der Regel verfügt der Bauherr jedoch nicht über die fachliche Kenntnis bei Planung und Montage, weshalb hier Fachplaner und Installationsbetriebe beauftragt werden. Er muss jedoch dafür Sorge tragen, dass die entsprechenden Anforderungen dokumentiert werden.

Photovoltaik im Sinne der Bauordnung	
§ 9 Gestaltung Form, Maßstab, Verhältnis, Werkstoffe und Farben dürfen das Straßen-, Orts- und Landschaftsbild nicht verunstalten	§ 12 Standsicherheit Jede bauliche Anlage muss im Ganzen und in ihren einzelnen Teilen für sich standsicher sein
§ 53 Bauherr Bestellt Beteiligte (soweit nicht selbst), Anträge, Anzeigen, Nachweise	§ 54 Entwurfsverfasser Verantwortet Entwurf, Zeichnungen, Berechnungen, Anweisungen, koordiniert Fachplaner
§ 55 Unternehmer Verantwortet Ausführung, Sicherheit der Baustelle, Verwendbarkeitsnachweise für Bauprodukte	
§ 59 Grundsatz Errichtung, Änderung und Nutzungsänderung bedürfen der Baugenehmigung, soweit in den §§ 60–62 nichts anderes bestimmt ist	§ 61 Verfahrensfreie Bauvorhaben b) Sonnenenergieanlagen und Sonnenkollektoren in und an Dach und Außenwandflächen sowie gebäudeunabhängig mit einer Höhe bis zu 3 m und einer Gesamtlänge bis zu 9 m

Bild 41: Photovoltaik als bauliche Anlage / Auszüge aus Musterbauordnung

Gebäudestatik

Bei der Gebäudestatik handelt es sich um den Standsicherheitsnachweis der Gebäudekonstruktion – von der Dachkonstruktion angefangen bis zu den Gebäudefundamenten. In Verbindung mit der Montage einer Photovoltaikanlage ist in diesem Zusammenhang zu prüfen, inwieweit Lastreserven zur Aufnahme einer zusätzlichen Last aus dem Gewicht einer Photovoltaikanlage vorhanden sind. Die Prüfung wird sich in der Regel auf die Tragfähigkeit der Dachkonstruktion (Sparren, Pfetten, Unterzüge) sowie tragenden Dacheindeckungen (Trapezblech, flächige Deckplatten) beschränken.

Die Überprüfung der Gebäudestatik vor der Montage einer Photovoltaikanlage setzt hierbei einen Informationsaustausch beider Parteien, d. h. Gebäudeeigentümer und Installationsfirma voraus. Einerseits kann der Gebäudeeigentümer unter einer (wenn überhaupt bekannt) allgemeinen Gewichtsannahme üblicher Photovoltaik-Systeme von 20 bis 25 kg/m² prüfen lassen, inwieweit das vorhandene Dach diese Zusatzlasten noch schadlos aufnehmen kann oder er kann berechnen lassen, welche Tragreserven allgemein noch zur Verfügung stehen. Andererseits ist er jedoch auch auf die Hinweise und Informationen des Installateurs angewiesen, welches System dieser überhaupt für die Photovoltaikanlage verwenden möchte. Hier können sich gravierende Unterschiede ergeben. Von einer dachparallelen Montage ausgehend mit einer zusätzlichen flächigen Belastung von ca. 20 kg/m² bis hin zu Linienlasten von weit über 100 kg/m² bei aufgeständerten und mit Zusatzgewichten beschwerten Montagevarianten.

Im Gegenzug ist es seitens des Installateurs daher auch angezeigt, sich die tatsächlichen Lastreserven des Daches geben zu lassen. Insofern benötigt er diese für eine individuelle Planung der Photovoltaikanlage. Grundsätzlich installiert der Fachmann auf eigene Verantwortung die Photovoltaikanlage. Dies wird meist auch aus der Installationsanleitung des Gestellherstellers ersichtlich, in der nicht selten erwähnt ist, dass vor der Montage geprüft werden muss, ob das Produkt den statischen Anforderungen vor Ort entspricht. Dabei ist bei Dachanlagen die bauseitige Tragfähigkeit des Daches zu prüfen. Die Installationsanleitung des Systemherstellers liegt zumindest vor der Montage nur dem Installateur vor und nicht dem Kunden bzw. zukünftigen Anlagenbetreiber.

Leider finden sich nur in den seltensten Fällen dokumentierte statische Betrachtungen bei den Dokumentationsunterlagen, sodass man in den meisten Fällen davon ausgehen muss, dass aus dem Bauch heraus geplant und installiert wurde.

Systemstatik

Völlig anders sieht es bei der Systemstatik der Photovoltaikanlage aus. Hier liegt die alleinige Verantwortung beim Installateur bzw. Anlagenplaner. Der verantwortliche Installateur hat die Photovoltaikanlage mit ihrer Befestigungskonstruktion statisch so zu berechnen bzw. berechnen zu lassen, dass sie standsicher auf dem Dach angebracht und dort auch von Dauer standsicher installiert ist. Hierbei sind neben den Eigenarten des Daches, dessen

Dachkonstruktion und Dachhaut auch alle äußeren Umstände wie zusätzliche Lasten aus Schnee und Wind gemäß DIN EN 1991 (Eurocode 1) zu berücksichtigen. Die Ergebnisse hieraus bilden, neben den Tragreserven des Daches, die relevanten Grundlagen für das zu wählende Montagesystem, dessen Bemessung, Anordnung und Befestigung auf dem Dach. Gleichzeitig ist auch der rechnerische Nachweis zu erbringen, wie die vom Photovoltaik-System auftretenden Lasten sicher in die tragende Dachkonstruktion abgeleitet werden. Denn nur der Installateur weiß, welches Tragsystem er für die Module wählt und in welcher Form (flächige Auflast, Linienlast, Punktlast, Direktbefestigung, etc.) die Lasteinleitung in das Dach erfolgt.



Bild 42: deformierte
Tragschiene infolge zu weiter
Befestigungsabstände



Bild 43: zerbrochene Module
aufgrund falscher oder fehlender
Schneelastberücksichtigung

Bei Photovoltaikanlagen sind insbesondere die Windkräfte nicht zu unterschätzen. Durch Wind entsteht nicht nur Winddruck, sondern auch Windsog. Bei letzterem ergeben sich abhebende Kräfte an der Photovoltaikanlage, welche dann an dessen Befestigungspunkte zerren. Gerade in den Eckbereichen, an den Dachseiten und Firstbereichen an Dächern ergeben sich erhöhte Windsogkräfte, wie nachfolgender Sturmschaden auch in der Praxis beweist.

Um gerade die Windkräfte beherrschen zu können, ist es unabdingbar, für eine sichere Verankerung der Photovoltaikanlage auf dem Dach zu sorgen. Oftmals sind die Konstruktionen nur auf das Blechdach genietet oder mit Schellen und Klemmen befestigt. Es hat aber niemand nachgefragt, ob das Blech so fest an der Dachkonstruktion befestigt ist, damit dieses auch die von der Photovoltaikanlage ausgehenden Windkräfte sicher aufnehmen kann. Im ungünstigsten Fall wird bei einem Sturmereignis nicht nur die Photovoltaikanlage vom Dach gerissen, sondern auch gleichzeitig die Dacheindeckung.

Bild 44: durch Sturm teilweise abgedecktes Ziegeldach mit Ziegelwurf insbesondere in den Eckbereichen und ausgehend vom Firstbereich



Bild 45: PV-Anlage und Dach vom Winde verweht – Ursache: fehlerhafte Dachkonstruktion und Befestigung der Photovoltaikanlage nur auf dem Dachblech



Seit 2012 ist die Photovoltaik auch in der Bauregelliste des Deutschen Instituts für Bau-technik (DIBt) geregelt. Solarkollektoren im Dachbereich mit einer Dachneigung bis zu 75 Grad und einer Einzelmodulfläche bis 2,0 m² sowie gebäudeunabhängige Solaranlagen im öffentlich unzugänglichen Bereich sind in der Bauregelliste aufgenommen (B Teil 2, Ziff. 1.5.4.1 bis 1.5.4.3). Es handelt sich hierbei um geregelte Bauprodukte, welche verwendet werden dürfen. Voraussetzung dafür ist eine CE-Kennzeichnung nach der Richtlinie 2006/95/EG bzw. Zertifizierung nach DIN EN 61215, DIN EN 61464 sowie DIN EN 61730.

Bei allen hiervon abweichenden Verwendungen (wie z.B. bei Verwendung über Verkehrsflächen, die durch herabfallende Glasteile gefährdet sind, bei Neigungen >75 Grad – d.h. bei Fassadenanlagen – oder gebäudeunabhängigen, öffentlich zugänglichen Anlagen), ist ein Verwendbarkeitsnachweis durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) erforderlich, sofern er nicht auf Grundlage der eingeführten technischen Regelwerke des Glasbaus geführt werden kann.

Modulaufständerungen

Gerade bei der Konstruktion von künstlichen Modulneigungen auf Dächern sieht man oftmals sehr haarsträubende Konstruktionen, welche die Frage aufwerfen, ob hier etwas statisch gerechnet und konstruiert wurde oder ob sich der Installateur mehr auf sein Bauchgefühl verlassen hat. Man muss es nicht gesondert erwähnen, dass bei solchen Konstruktionen sich erhöhte Windangriffsflächen ergeben, welche nicht nur die Module, sondern auch die Dachkonstruktion belasten, an der solche Konstruktionen angebracht sind.



Bild 46: Solche »windigen« Konstruktionen gehen selten gut.

8.2.3 Schrägdach

Bei einem Schrägdach werden die Lasten über einen flächigen Verbund in den Dachstuhl eingeleitet, d. h. die Querschnitte der Dachsparren und deren Abstände in Verbindung mit der Dacheindeckung (Lattung oder flächige Abdeckung) berücksichtigen diesen Umstand. Bei der Montage einer Photovoltaikanlage muss diese flächige Lastabtragung beibehalten werden, da nunmehr die Sparren, neben der Schneelast, auch die Last der Photovoltaikanlage mit aufnehmen müssen.

Nicht selten stößt man auf Sparrendächer, bei denen nur auf jedem zweiten Dachsparren ein Befestigungspunkt gesetzt wurde. Soweit das von der Systemstatik des Unterbaues zulässig ist, gibt es hierzu auch keine Einwände. Bei der Montage der Befestigungen muss aber beachtet werden, dass die einzelnen Befestigungsreihen versetzt angeordnet werden müssen und nicht alle gleichmäßig auf jeden zweiten Dachsparren verteilt werden. Erfolgt Letzteres, müssen die betreffenden Sparren zwangsläufig die anteilige Zusatzlast der Nachbarsparren mit aufnehmen, d. h. die Last aus Schnee, Wind und Photovoltaikanlage. Die Lasteinzugsfläche aus Zusatzlasten der Dachsparren hat sich also gegenüber der ursprünglichen Situation um mehr als 100 % erhöht. Durch die angeordnete Montage der Dachhaken hat man zwangsläufig eine systembedingte Änderung der flächigen Lasteinleitung durchgeführt und somit die Lasten aus der Dachstatik des Gebäudes verändert.

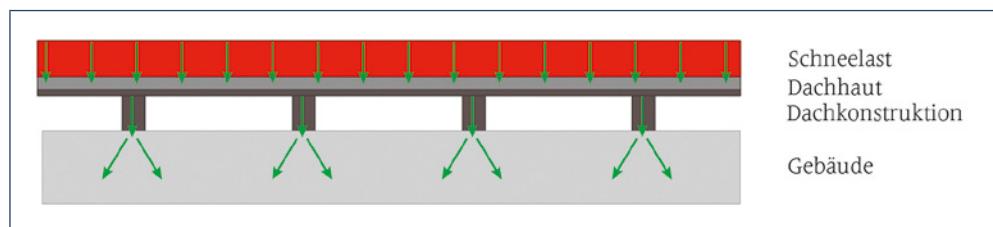


Bild 47: Schema Lastabtragung eines Sparrendaches mit gleichmäßiger Sparrenbelastung

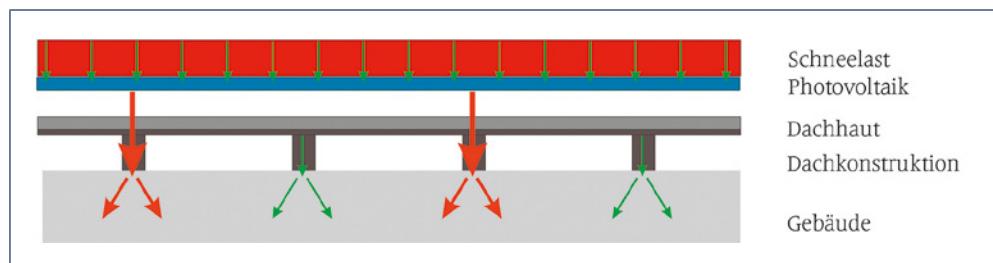


Bild 48: Schema Lastabtragung bei einem Dach mit Photovoltaikanlage bei der durchgehend nur an jedem zweiten Sparren ein Befestigungspunkt gesetzt ist.



Bild 49: Situation vor Ort mit lastfreiem Dachsparren (Sparren ohne Dachhaken) und über alle Sparren verteilt angeordnete Befestigungspunkte

Auch bei anderen Dachkonstruktionen bzw. Dacheindeckungen müssen die statischen Belange sowohl des Daches als auch des Tragsystems der Photovoltaikanlage beachtet werden, ansonsten sind Schäden vorprogrammiert.

Ziegeldach

Ziegeldächer sind keine wasserdichten Dachkonstruktionen. Sie müssen regensicher sein. Hierzu sind die Ziegel entsprechend geformt und meist mit Falzen ausgestattet, damit die Deckung ineinander greift und somit das Eintreiben von Niederschlag verhindert wird. Beim Setzen von Dachhaken müssen üblicherweise die Ziegel bearbeitet werden, damit der Lastbügel des Dachhakens durch die Ziegelfläche nach außen geführt werden kann. Darüber hinaus darf ein Dachhaken niemals auf dem darunter liegenden Ziegel aufliegen, da bei einer Belastung (z. B. durch Schnee) es zu einer punktuellen Belastung kommt, denen Ziegel nicht gewachsen sind. Soweit diese Ausführungen nicht fachmännisch durchgeführt werden, sind Folgeschäden vorprogrammiert.

Die Befestigung des Dachhakens selbst hat direkt auf den Sparren zu erfolgen. Dabei ist zu beachten, dass die Montageplatte weitgehend mittig auf dem Sparren zu liegen kommt. Soweit aufgrund der Ziegelform seitliche Verschiebungen des Dachhakens erforderlich werden, ist im Befestigungsbereich eine Montagebohle, welche mindestens über zwei Sparren gespannt ist, zu montieren, bevor der Sparrenanker angebracht wird. Ausladende Befestigungen von Montageplatten begünstigen bei Belastung ein Kippen, bei dem es unweigerlich zu Beschädigungen an den Ziegeln kommt.

Bild 50: Aufliegende Dachhaken begünstigen Ziegelbruch.



Bild 51: Komplett ausgeschliffene Kopfverfalzung am Ziegel begünstigt den Eintrieb von Niederschlag.



Von der Ziegelform ist auch die Dachhakenhöhe abhängig. Dachsparrenanker mit niedriger Bauweise im Bereich der Schienenbefestigung begünstigen ein Aufliegen der Montageschienen auf den Oberwellen der Falzziegel.

Die Dachkonstruktion bzw. Dachdeckung selbst macht es manchmal nicht einfach, Standardsysteme wie z.B. Dachhaken zu verwenden, weil entweder die Ziegelform ein Ausfräsen des Hakenbügels nicht erlaubt oder eine ausreichende Sparrenbefestigung nicht möglich ist. Nicht selten wird dann ein direkter Befestigungsweg gewählt, welcher unvereinbar mit den Regeln des Dachdeckerhandwerkes ist und früher oder später zu Ziegelschäden und zu einem nicht mehr regensicheren Dach führen wird.



Bild 52: fachtechnisch nicht diskussionswürdige Dachhakenbefestigung



Bild 53: Stockschraubenbefestigung bei Dachziegel geht selten gut.

Dächer mit Metalleindeckungen

Die einzelnen Scharen von Trapezblehdächern sind in der Regel auf der Hochsicke oder auch an den Tiefsicken mit Schrauben an der Dachkonstruktion befestigt. Die Befestigung in der Tiefsicke, also im Wasserlauf setzt jedoch voraus, dass das Dach regelmäßig gewartet wird. Problematisch wird es dann, wenn ein solches Dach mit einer Photovoltaikanlage überbaut wird. Dann gestaltet sich eine Wartung des Daches schwierig oder gar unmöglich. Im Umkehrschluss entspricht die Befestigung dann nicht mehr den allgemein anerkannten Regeln der Technik.

Bild 54: auf der wasserführenden Ebene eingebrachte Befestigung



Bild 55: verschobene und deformierte Befestigungskalotte



Ebenso gibt es auch bei der Befestigung von Photovoltaikanlagen auf Blechdächern oftmals Probleme. Unsaubere Ausführungen, falsche Materialwahl, nicht fachgerechtes Verschließen von Fehlbohrungen

Wellzement- / Faserzementplatten

Bei Wellzementplatten werden oftmals Stockschrauben als Befestigungssystem verwendet. Fehler findet man hier häufig bei zu fest angezogenen Schraubverbindungen, welche einen erhöhten Druck auf die Plattenwelle ausüben, was längerfristig gesehen zu Rissen und Bruchschäden aufgrund Überbeanspruchung führen kann. Auch nicht passende Pilzdichtungen bzw. Dichtungssysteme sind anzutreffen.

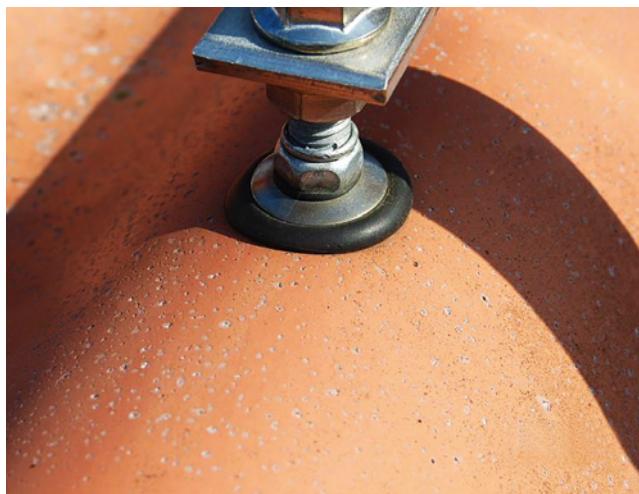


Bild 56: zu fest angezogene Stockschraube mit Überbeanspruchung der Dichtung und Oberwelle der Dacheindeckung

8.2.4 Flachdach

Bei Tragsystemen auf einem Flachdach kommt der Statik noch eine viel höhere Bedeutung zu. Da bei Flachdächern in den meisten Fällen die Module mit einer künstlichen Neigung versehen werden, d.h. aufgeständert werden, ergeben sich hierdurch erhöhte Windangriffsflächen. Diese müssen über das Tragsystem schadlos in die vorhandene Dachkonstruktion eingeleitet werden. Frühere Lösungen beschränkten sich weitgehend auf eine Ballastierung des Photovoltaik-Tragsystems, mit all seinen Nachteilen gegenüber der Dachhaut und den Lastreserven des Daches (erhöhtes Gewicht des Photovoltaik-Systems). Neuere Lösungen finden sich in Form von ballastarmen oder sogar ballastfreien Systemen mit Windableitblechen oder Modulreihen mit gegeneinander gestellten Modulen, welche eine geschlossene Modulfläche bilden.

Bei ballastierten Systemen ist oftmals bereits augenscheinlich die erforderliche Beschwerung entweder nicht erkennbar (z. B. bei geschlossenen Wannensystemen) oder aber auch in Zweifel zu ziehen, wenn z. B. Steine in sehr unterschiedlicher Anzahl und Anordnung verwendet wurden oder deren Auflagerung nicht fixiert ist.

Selbst ballastarme oder aerodynamische, d. h. windabweisende Leichtbausysteme bedürfen einer statischen Betrachtung im Hinblick auf die örtlichen Verhältnisse. Die oftmals angepriesenen Werbeaussagen von im Windkanal getesteten Systemen täuschen darüber hinweg, dass sich systembedingt, d.h. bei mehreren in Reihe aufgestellten Modulen, ganz andere Windkräfte ergeben als bei einer Einzeltestung. Nicht selten reichen bereits windinduzierte Schwingungen aus, um Lageänderungen von solchen Systemen zu bewirken.

Bild 57: unterschiedliche
Beschwerungsanordnungen
ohne feste und dauerhafte
Auflagerung



Bild 58: Balanceakt –
Lagesicherheit der Beschwerung
unzureichend



Bild 59: Lageverschiebung von
sogenannten Leichtbausystemen



Da das Flachdach ein sehr spezielles Bauteil ist wird auf dieses im Titel »Gewerblicher Betrieb von Photovoltaikanlagen« nochmals näher eingegangen.

8.2.5 Klemmbefestigung Module

Schadensträchtig sind oftmals falsche oder ungeeignete Klemmverbindungen der Module oder deren falschen Anordnung. Bei den meisten Modulherstellern sind in den Installations- und Montageanleitungen genaue Vorgaben enthalten, mit welchen Mitteln und deren Anordnung die Module zu befestigen sind. Bei ungeeigneten Befestigungsmitteln oder deren falscher Anordnung können sich die Module lockern oder kommt es zu statischen Überbeanspruchungen mit entsprechenden Schäden.



Bild 60: problematisch: Klemmbefestigung mit Beilagscheibe

Zur Kosten- und Arbeitseinsparung wurden oder werden noch vereinzelt Module nur an den Modulecken geklemmt, wobei eine Klemme alleine die Befestigung von vier (!) Modulen übernimmt.



Bild 61: falsches Einsparpotenzial bei Modulklemmen

8.3 Verkabelung Gleichstromseite (DC)

Die meisten Beanstandungen gibt es im Bereich der Gleichstrom-Verkabelung, was daher auch dieses Kapitel reichlich füllt. Dies hängt insbesondere mit der aus der DIN VDE 0100-712 in Verbindung mit der DIN VDE 0100-520 geforderten kurzschluss-sicheren Verlegung der Leitungen zusammen. Die ordnungsgemäße Verlegung von Stromleitungen auf einem Dach ist an für sich bereits eine Herausforderung. Vielmals wurden jedoch bei der Installation die einfachsten Regeln nicht beachtet.

Auf einer Reise nach Nepal sind mir in der Hauptstadt Kathmandu die dortigen Stromversorgungseinrichtungen aufgefallen. Man wundert sich, mit welcher Kreativität Leitungen verlegt und angebracht sind – und dass es anscheinend funktioniert. Man darf sich aber auf der anderen Seite über kurzfristige Stomausfälle nicht wundern. In unserem »aufgeräumten Deutschland« würden jedem Fachmann die Haare zu Berg stehen.

Nicht selten bekommt man aber auch »kreative« Verkabelungstechniken in Deutschland zu sehen, wenn man Photovoltaikanlagen besichtigt – auch unter der Generatorfläche.

Bild 62: kreative
Stromversorgung



8.3.1 Kurzschluss sichere Leitungsverlegung

Warum kurzschluss sicher?

Wenn man zu Hause mit der Bohrmaschine ein Loch in die Wand bohrt und aus Unachtsamkeit eine elektrische Leitung beschädigt, dann hat man in den meisten Fällen insofern Glück, als dass die Sicherung oder vorher sogar der Fehlerstromschutzschalter auslöst. Diese Sicherheitseinrichtungen sollen natürlich in erster Linie dafür sorgen, dass man keinen elektrischen Schlag bekommt. Auf der anderen Seite stellen diese auch im Hinblick auf den Brandschutz eine Sicherheitsmaßnahme dar. Bei einer Netzspannung von 230 Volt würde bei einem Kurzschluss über die normale Hausverkabelung mit einem Drahtquerschnitt von meist 1,5 bis 2,5 mm² ein Kurzschlussstrom von gut 200 Ampere fließen. Dem sind die verlegten Leitungen nicht gewachsen, sie würden glühen und dabei eine Brandgefahr darstellen. In der Hausverteilung finden sich meist Sicherungen mit einem Nennstrom (Betriebsstrom) von 16 bis 25 Ampere, selten 35 Ampere. Da der real möglich auftretende Kurzschlussstrom von rund 200 Ampere um das Zehnfache größer ist, wie die Leistung der Sicherungen, sprechen letztere bei einem Fehlerfall schnell an und lösen aus. In der Elektrotechnik ist es auch gewünscht, dass in einem Fehlerfall ein hoher Fehlerstrom fließt, damit die Sicherungen schnell und sicher auslösen können.

Bei der Gleichstromseite der Photovoltaikanlage ergibt sich ein völlig anderes Bild: Der Kurzschlussstrom, d.h. der Strom, welcher direkt am Modul an den Anschlusskabeln bei hoher Sonneneinstrahlung messbar ist, liegt bei einem Modul bzw. String bei serieller Verschaltung bei ca. 8 Ampere. Der Betriebsstrom, d.h. der Strom, welcher fließt, wenn das Modul an einem Wechselrichter angeschlossen ist und dieser einspeist, liegt bei ebensolcher Einstrahlung nur knapp unter dem Kurzschlussstrom, also bei beispielsweise ca. 7,5 Ampere je nach Sonneneinstrahlung. Wie man sieht, ergeben sich nur sehr geringe Unterscheidungsmerkmale in einem Fehlerfall zwischen Betriebsstrom und Kurzschlussstrom, für die es auf dem Markt derzeit noch gar keine geeigneten Sicherungen oder Schutzmaßnahmen gibt. Daher resultiert die Forderung, die Gleichstromverkabelung geschützt (gegen äußere Einflüsse) und einadrig getrennt (zur Minimierung der Kurzschlussgefahr), zu verlegen.

Auch der Personenschutz spielt eine wichtige Rolle. Bei einem schadhaften Kabel kann unter Umständen die Gefahr eines elektrischen Schlags bestehen. Auch hier bestehen keine sicheren Abschalteinrichtungen. Die Wechselrichter können grundsätzlich Isolationsfehler detektieren und ihre Einspeisung unterbrechen, die fehlerhafte Stringleitung auf der Gleichstromseite kann aber selbst nicht abgeschaltet oder freigeschaltet werden.

Bild 63: Bei so viel Kabelgewirr kann man sicherlich nicht von einer kurzschlussicheren Verlegung sprechen.



Bei der Gleichstromverkabelung ergeben sich in einem Fehlerfall nicht nur Gefahren bezüglich eines elektrischen Schlages, sondern insbesondere eine Brandgefahr durch einen Lichtbogen. Ein gleichstromseitig erzeugter Lichtbogen hat die Eigenschaft, dass dieser sich nicht selbsttätig löscht, soweit genügend Energie (Strom) und ein geringer Abstand der beiden Pole vorhanden ist. Dies kann unweigerlich zu einer Brandentstehung und ggf. auch Brandausweitung über die gesamte Anlage und möglicherweise auch auf das betreffende Gebäude führen. Daher gilt es grundsätzlich ein großes Augenmerk auf die richtige Verlegung der Leitungen zu richten.

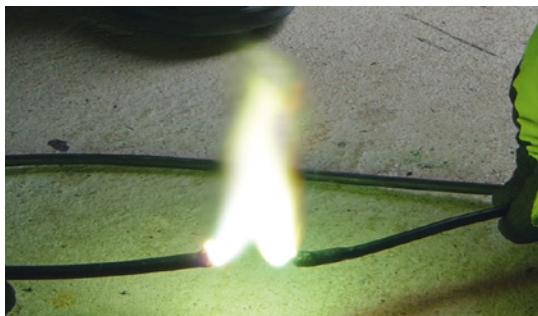


Bild 64: provoziertter Lichtbogen an zwei offenen Kabelenden (simuliert z. B. abgerissene Leitung) von einem String mit ca. 2,2 kWp (links), durch Lichtbogen zerstörte Generatorhauptleitung (240 mm² Kupfer) mit ausgeprägter Kupferschmelze (rechts)

Selbst »ordentlich« verlegte Leitungen vermitteln oftmals den trügerischen Anschein, fachgerecht verlegt zu sein. Die Problematik bei PV-Anlagen auf Dächern besteht darin, dass für eine geordnete und sichere Kabelverlegung in den meisten Fällen keine geeigneten Kabelführungs- oder Befestigungssysteme vorhanden sind. Hier war oftmals

Improvisation angesagt oder man hat es sich einfach gemacht und die Leitungen einfach direkt auf das Dach verlegt.



Bild 65: ungeschützte, auf Dachhaut aufliegende Leitungen entsprechen keiner kurzschlussicheren Verlegung

Problematisch ist das Vorbeiführen von Leitungen oder Leitungsbündelungen an scharfen Metallteilen. Hier sind Beschädigungen an der Leitungsisolierung vorprogrammiert.



Bild 66: häufige Beanstandung:
Leitungen an scharfen
Metallkanten anliegend

Oftmals werden Leitungen im Zuge der Modulverlegung aus Unachtsamkeit gequetscht, z. B. wenn die Leitungen zwischen Modulrahmen und Unterbau geraten. Durch die hierbei entstehenden Beschädigungen ergeben sich Isolationsfehler und unter Umständen auch die Gefahr der Lichtbogenbildung.



Bild 67: durch Modulrahmen gequetschte Leitung

Kontroverse Diskussionen gibt es oft über das »Wie« der Leitungsverlegungen – egal auf Dach oder Freifeldanlagen. Hierzu gibt die DIN VDE 0100-712 klare Vorgaben. Die Leitungen müssen geschützt vor äußeren Einflüssen wie Regen, Wind, UV-Strahlen, Verschmutzung, Eis und Schnee verlegt werden. Die oftmalige Argumentation, die Leitungen wären UV-beständig, kann man nicht gelten lassen. Die UV-Beständigkeit ist begrenzt. Sie hängt mit der Beanspruchung des Kabels zusammen und die Beanspruchung des Kabels wiederum von den äußeren Einflüssen wie Temperatur und Strahlungsintensität. Wenn – und jetzt kommen wir wieder auf unser Auto zurück – man für den Winter Winterreifen auf sein Auto montiert, kann man mit diesem auch nicht bei einer schneebedeckten oder vereisten Fahrbahn mit hoher Geschwindigkeit fahren – man muss die Geschwindigkeit stets den Wetter- und Straßenverhältnissen anpassen, weil der Winterreifen alleine keinen Allwetterschutz darstellt.

Bild 68: verbleichtes Kabel (ehemals schwarze Farbe) an einer drei Jahre alten Anlage



Auch der Schutz einer UV-beständigen Leitung muss an den äußeren, auftretenden Verhältnissen angepasst werden, zumindest da, wo sie direkten Witterungsbedingungen ausgesetzt sind, d. h. mindestens außerhalb des Generatorfeldes im Außenbereich. Sind ungeschützte Leitungen an der Oberfläche ihrer Isolierung bereits angegriffen, wie z. B. durch Ausbleichen, beschleunigt sich der Alterungsprozess um ein Vielfaches.

In Wasser liegende Steckverbindungen werden in den laufenden Betriebsjahren undicht werden. Die Folge sind Isolationsfehler und mitunter der Ausfall von Wechselrichtern.

Die Verwendung von Kabelschutzrohren scheitert zudem bereits an einer vernünftigen Verlegung auf dem Dach (ohne Befestigung, scheuert Dachfläche auf) oder einer genügenden UV-Beständigkeit.



Bild 69: UV-Schädigung an einer ungeschützten Leitung



Bild 70: Stecker im Wasserlauf liegend

Bild 71: keine ausreichende Befestigung des Schutzrohrs mit Beschädigungspotenzial an Dachhaut und Leitung



Was beim Festzurren von Kabelbündel passieren kann, zeigt nachfolgendes Bild. Durch das Aufplatzen der Isolierung wird die Isolationsfestigkeit der Leitung erheblich herabgesetzt. Neben Störungen des Wechselrichters (Erdschluss) können sich hieraus auch sicherheits-relevante Probleme entwickeln (elektrischer Schlag bei Berührung des Unterbaus und Brandgefahr durch Lichtbogenbildung).



Bild 72: aufgeplatzte Leitungsisolierung an Pressstelle der Metallkante

Problematisch gestalten sich auch immer wieder quer montierte Module mit gleichzeitiger Querverkabelung, zumeist anzutreffen bei Aufständern oder bei Freifeldanlagen. Zum einen werden die Modulanschlusskabel oft auf Spannung verlegt, zugleich ergeben sich im Bereich der Modulanschlussdosen bei dem Kabel, welches vom Kabelausgang um 180° in die entgegen gesetzte Richtung verlegt wird, erhebliche Beanspruchungen nicht nur in Form von Zug, sondern zusätzlich aufgrund eines zu geringen Biegeradius des Kabels auch unzulässige Beanspruchungen an dessen Isolation.



Bild 73: querverstringte Module mit von der Anschlussdose gegenläufiger und auf Zug befestigter Kabelführung



Bild 74: Überbeanspruchung der Kabeleinführung an der Anschlussdose

Leitungen, welche auf Zug verlegt wurden, sind in ihrer Dauerhaftigkeit eingeschränkt. Zudem werden hier die Anschlussbereiche, d.h. Steckverbindungen, Einführungen an Modulan schlussdosen oder Generatoranschlusskästen in unzulässiger Weise belastet. Das langsame Herausziehen der Leitungskontakte führt unweigerlich zu einer Lichtbogenbildung und damit zu einer Brandgefahr.

Die Verlängerung von Kabeln mittels »Anflickens« und der Verwendung von Schrumpfschläuchen stellt ebenfalls eine Unzulässigkeit dar. Hier ist bereits eine kurzschlussichere Verlegung durch das Fehlen einer doppelten Isolierung nicht mehr gegeben.

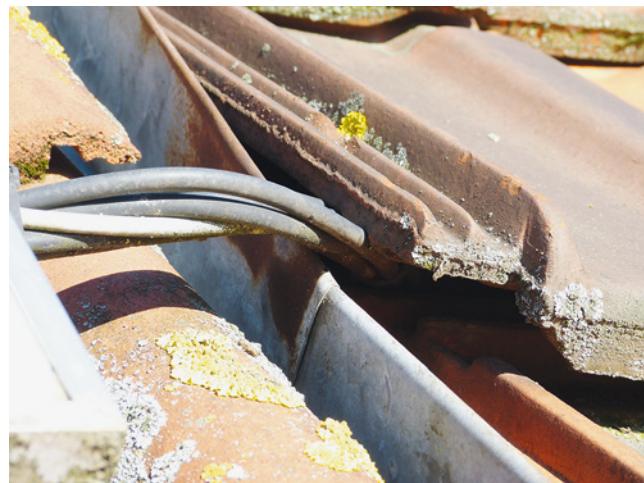
Bild 75: nicht zulässige Leitungsverbindung mit Schrumpfschlauch



Probleme bereiten auch immer wieder Kabeleinführungen, seien es durch die Dachhaut oder durch Wände. Die meist ungeschützte Verlegung auf Bruchkanten wird keiner kurzschlussicheren Verlegung gerecht, da auch hier Isolationsbeschädigungen vorprogrammiert sind.

Darüber hinaus ergeben sich bei Dachanlagen an solchen Stellen oftmals Probleme was die Regensicherheit oder auch Wasserdichtigkeit der Dachhaut angeht.

Bild 76: Leitungseinführung in Dachraum: durch Ziegel gequetschte Leitungen



Beschädigungen an Leitungen ergeben sich jedoch nicht nur in Folge einer nicht fachgerechten Installation. Insbesondere im ländlichen Bereich haben bestimmte Nagetiere eine Vorliebe für Gummi und Kunststoffe. Insbesondere Marder machen einer Photovoltaikanlage gerne den Garaus.



Bild 77: typischer Verbiss-schaden eines Marders

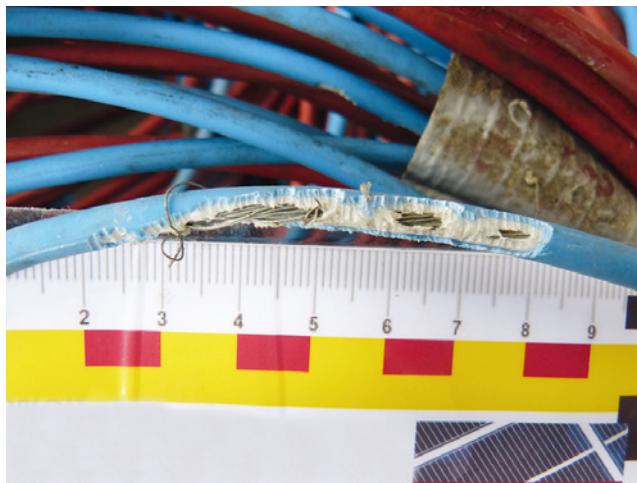


Bild 78: im Gegensatz zu Bild davor: Nagetierverbiss (Maus, Ratte)

Problematisch sind auch immer wieder nicht geeignete Gleichstromleitungen zu sehen. Bei früheren Anlagen bis 2004 oder 2005, teilweise noch bis 2007 wurden oftmals Ho7RN-F Leitungen (Gummischlauchleitungen) verwendet. Diese sind nicht UV-beständig und werden auf längere Zeit hin porös werden, dies insbesondere dann, wenn sie dazu auch noch ungeschützt auf Dachflächen liegen.

Bild 79: problematisch:
Gummischlauchleitungen auf
Dachflächen



Bild 80: aufgeplatzte
Gummischlauchleitungen



8.3.2 Generatoranschlusskästen / Überspannungsschutzkästen

Schwachpunkte bilden bei Photovoltaikanlagen immer wieder Gehäuse von Unterverteilungen, Stringverteilern, Generatoranschlusskästen und Überspannungsschutzeinrichtungen. Entweder durch fehlerhafte Installation oder unter bestimmten Witterungsbedingungen kann in solchen Gehäusen Wasser eindringen oder sich Kondenswasser bilden. Nicht immer entsprechen die Material- und Konstruktionsauswahl den äußereren Anforderungen. Lösen auf der Wechselstromseite bei einem durch Feuchtigkeit bedingten Kurzschluss noch die Überstromschutzorgane aus, bleiben die Folgen eines Kurzschlusses auf der Gleichstromseite jedoch bestehen. Paradoxe Weise kann sich hier selbst in Folge eines von Feuchtigkeit oder Wasser ausgelösten Kurzschlusses und der meist damit einhergehenden Lichtbogenbildung die Gefahr einer Brandentstehung ergeben.



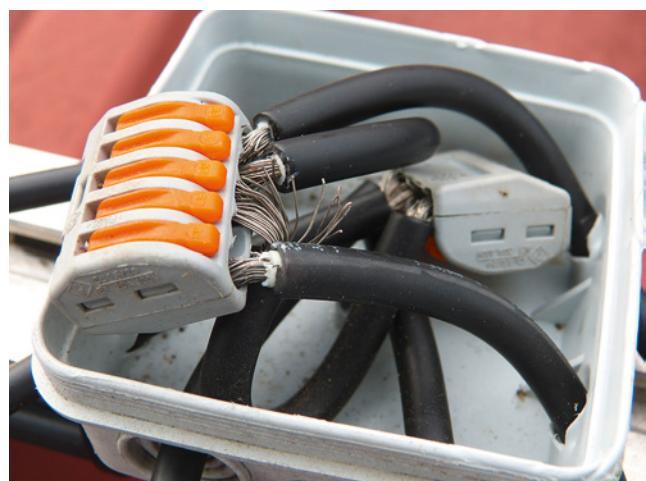
Bild 81: korrodierte Leitungsanschlüsse in einem Generatorverteilergehäuse mit abgeschmolter Leitung als Folge von angesammeltem Kondenswasser

Dass für solche Anschlusskästen auch nicht geeignete Teile aus dem Baumarkt herhalten müssen, zeigen die nachfolgenden Bilder. Diese Ausführung grenzt an pure Fahrlässigkeit, gerade wenn sie ein Fachbetrieb installiert hat. Weder die Aufputzklemmdose noch die Klemmen sind für eine solche Installation geeignet. Hier sind Isolationsfehler und brandauslösende Lichtbögen vorprogrammiert.

Bild 82: nicht geeignete Ausführung eines Generatoranschlusskastens mit nicht fest schließendem Deckel und fehlenden wasserdichten Kabeleinführungen



Bild 83: fahrlässige Ausführung der Leitungsverteilung und Klemmverbindung



8.3.3 Steckverbindungen

Bei den Steckverbindungen kommen immer wieder Diskussionen auf, wenn es um deren Kompatibilität geht. Es gibt viele Hersteller von Steckverbindungen, welche mit einer Baugleichheit eines bestimmten Steckerformates werben. Das Problem ist jedoch, dass die Stecker zwar systemgleich sind, jedoch aus unterschiedlichen Materialbestandteilen hergestellt sein können.

Stellt bereits eine geringe Passungsgenauigkeit ein Problem dar – nicht nur was deren Haltbarkeit bzw. den Kontaktschluss angeht, sondern im Speziellen die Gefahr der Lichtbogenbildung, so kann auch eine unterschiedliche Materialalterung zu diesen Problemen

führen. Im Laufe der Zeit kann sich so durch unterschiedliche Materialeigenschaften die Passsicherheit der Stecker ändern, was entweder zu einem Lösen führt oder zu Kontaktproblemen im Innern der Stecker. Die Folgen hieraus kann man auf dem nachfolgenden Bild ersehen.



Bild 84: unterschiedliche Steckerfabrikate



Bild 85: abgebrannte Steckverbindung

8.4 Module

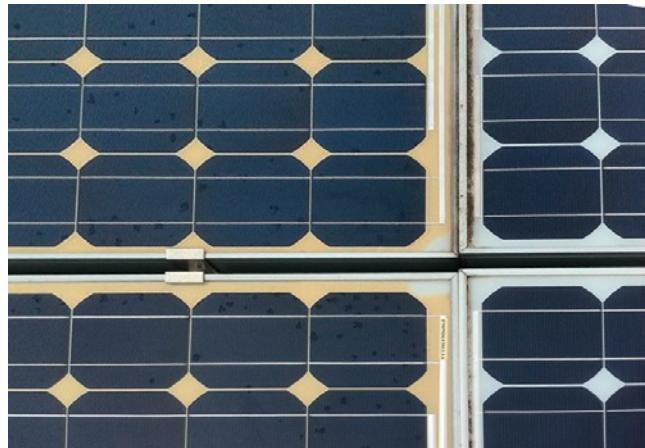
Im Hinblick auf visuelle Veränderungen oder optische Auffälligkeiten bei Modulen ist in der Regel eine spezielle Fachkenntnis gefordert. Es gibt neben den bekannten Auffälligkeiten hierzu auch eine Vielzahl von Ursachen, welche in einigen wenigen Fällen noch nicht einmal richtig erforscht sind.

Es ist hierbei zu unterscheiden zwischen altersbedingten Veränderungen, elektro-physikalischen und chemischen Veränderungen oder Beschädigung durch äußere Einwirkungen. Nachfolgend werden nur einige Beispiele sowohl von Veränderungen als auch Schädigungen dargestellt und kurz beschrieben.

Browning / Yellowing

Gelbliche bis bräunliche Verfärbung der Rückseitenfolie (Yellowing).

Bild 86: Browning –
gelblich-bräunliche Verfärbung
der Rückseitenfolie



Die Fehlerursache liegt in einem qualitativen Defizit des Backsheets (Rückseitenfolie der Module), teilweise auch ungünstige Lagerung der Folie vor deren Verwendung. Die Folie enthält Zusatzstoffe zur Verbesserung der UV-Beständigkeit. Bei zu langer oder unsachgemäßer Lagerung kann der Zusatzstoff schnell entweichen. Fehlt dieser später nach der Modulherstellung, tritt nach wenigen Monaten infolge der UV und Wärmestrahlung eine Vergilbung der Folie ein. Seitens der Modulhersteller wird der Effekt lediglich als »optischer« Mangel ohne Leistungseinbußen dargestellt, kann aber durchaus Spätschäden entwickeln. Durch das Yellowing können Säuren freigesetzt werden, deren Folgen Blasenbildung an der Rückseitenfolie sein können.

TCO-Korrosion

Hierbei tritt bei Dünnschichtmodulen vom Modulrand aus ein punktuell bis lineares milchiges Erscheinen an der Zelloberfläche auf, d.h. deutliche visuelle Erscheinung mit gleichzeitiger irreversiblen Schädigung der transparent leitenden frontseitigen Zellbeschichtung (TCO = *transparent conductive Oxide*). Es ergeben sich deutlich abflachende Strom-Spannungs-Linien mit entsprechender Leistungsdegradation.

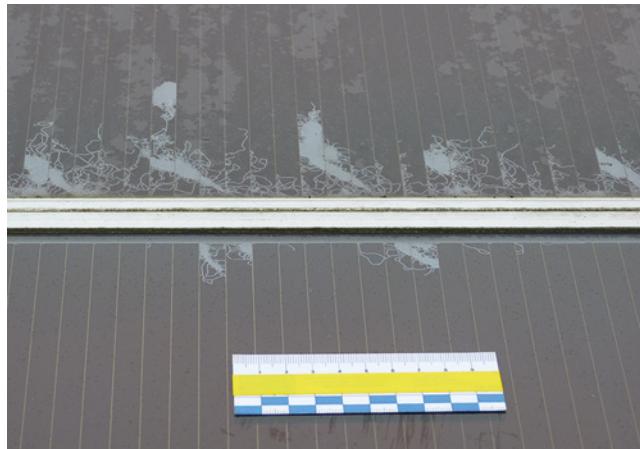


Bild 87: TCO-Schädigung
im Modulrandbereich

Eine TCO-Korrosion ist eine chemisch / physikalische Wechselwirkung zwischen Glas und TCO aufgrund eines hohen elektrischen Potenzials der aktiven Zellen gegenüber Erde (Rahmen). Es ist eine Form der Potenzial-Induzierten Degradation (PID), bei der sich die Module anders als bei Si-Modulen, nicht mehr regenerieren, sondern es zu einer Dauerschädigung aufgrund der Zerstörung der TCO-Schicht kommt.

In Verbindung mit dem Entstehen des hohen elektrischen negativen Potenzials gegen Erde erfolgt eine Reaktion von Natrium aus dem Deckglas des Moduls, insbesondere unter Einfluss von Feuchtigkeit aus der Randversiegelung.

Es sind ausschließlich Dünnschichtmodule betroffen und hauptsächliche solche Module im Superstrataufbau (Cadmiumtellurid (CdTe) und amorphes Silizium (a-Si)). Zur Vermeidung dieser Beschädigung ist in der Regel der Einsatz von galvanisch trennenden Wechselrichtern (Trafo-Wechselrichter) und Erdung des negativen Pols erforderlich.

Schneckenspuren

Hier handelt es sich nicht um die Gegebenheit, dass sich Schecken aus Ihrem Garten auf das Dach verirren. Mit »Schneckenspuren« (Snake-Trails) werden optische Erscheinungen an den Zellen beschrieben, welche sich meist als dunkle, bräunliche linienhafte Verfärbungen auf der Zelloberfläche abbilden – ähnlich wie Spuren, welche Schnecken hinterlassen.



Bild 88: Schneckenspuren mit Detailaufnahme eines anderen Moduls

Schneckensspuren werden ursächlich in den meisten Fällen Mikrorissen zugeordnet. Die optische Entstehung erfolgt durch die Kombination von bestimmten Rückseitenfolien und deren Anfälligkeit von Feuchtigkeitsdiffusion durch die Mikrorisse der Zellen mit gleichzeitigem Herauslösen von Silberpartikeln aus den feinen Frontkontakte (Grid). Die Silberpartikel dringen in die transparente Deckfolie der Zellen ein, legen sich direkt oberhalb des Grids und erscheinen dort als bräunliche Verfärbung. Es ist nicht die eigentliche blaue Zelle verfärbt, sondern nur der Bereich der feinen Kontakte oberhalb der Zellen.

Der Fehler ist irreparabel. Soweit aktive Zellbereiche durch die Mikrorisse nicht von den Frontkontakten und Leiterbändchen (Busbars) abgeschnitten sind, besteht keine Leistungseinbuße. Entstehen jedoch breite Zellrisse, ergeben sich auch Minderungen in der STC-Leistung.

Mikrorisse / Zellrisse

Sind im Anfangsstadium nur durch eine Elektrolumineszenzaufnahme sichtbar – unter Umständen können diese auch optisch als sog. »Schneckensspuren« auftreten, welche dann auch mit dem bloßen Auge erkennbar sind.

Die Ursachen von ZellrisSEN sind vielfältig: unsachgemäße Behandlung der Zellen bei der Modulherstellung, schlechte Transportverpackungen oder waagerechter Transport unter Erschütterungseinfluss (insbesondere Flugtransport und Straßentransport), unsachgemäße Handhabung der Module bei der Montage, Betreten der Module, Hagelschlag.

Mikrorisse alleine begründen in der Regel keine Leistungseinbuße, sie können sich jedoch durch thermische Beanspruchungen (kalt / warm) weiten. Wandern Mikrorisse auseinander, entstehen sichtbare Zellrisse, sind die Gridkontakte vom Busbar getrennt, entstehen »tote« Zellbereiche und damit einhergehende Leistungsminderungen.

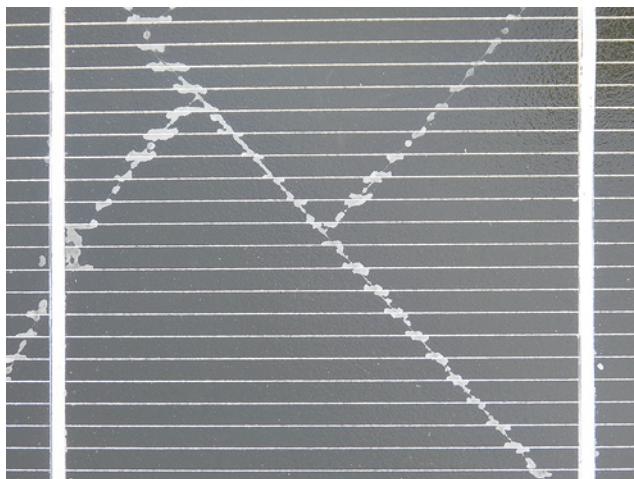


Bild 89: optisch mit dem bloßen Auge erkennbarer Zellriss

Beschädigungen von außen

Schadenseinflüsse von außen können vielfältige Erscheinungen haben:

- Glasbruch
- Glas zerkratzt
- Rahmen verbogen
- Rückseitenfolie zerkratzt
- Bisspuren an Modulkabel und Stecker
- Rahmen aufgequollen
- verschmorte Stecker.

Die Schadensursachen sind vielfältig:

- Steinwurf
- Hagel
- Schneedruck
- unsachgemäße Handhabung bei der Montage
- falsche Montage (z. B. Klemmabstände, statisch nicht ausreichender Unterbau)
- Tierverbiss
- Frostschaden
- Stecker nicht ausreichend gecrimpt oder untereinander nicht kompatibel.

Einige der aufgezählten Schäden nicht teilweise mit einer fachgerechten Installation vermeidbar. Bei Elementarschäden bzw. Vandalismus ist der Abschluss einer Allgefahrenversicherung durch den Betreiber empfehlenswert.

Bild 90: Hagelschaden

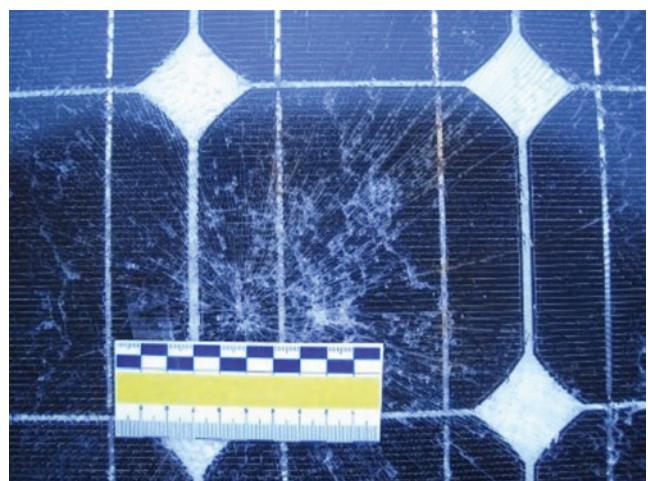
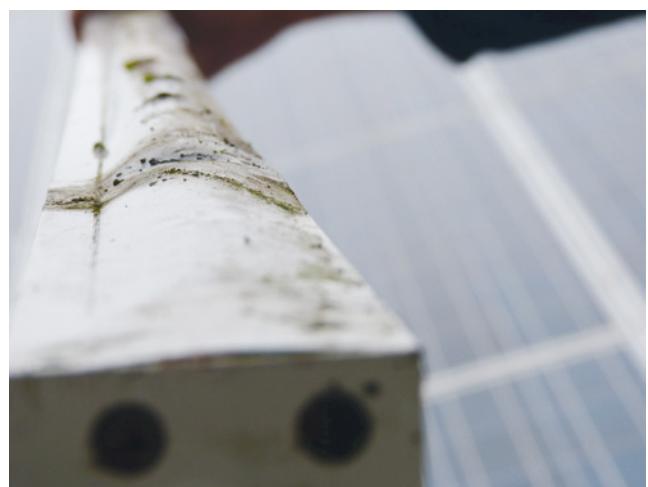


Bild 91: Frostschaden
an Rahmen



Delamination

Lösen der Rückseitenfolie und EVA-Folie mit Eindringen von Feuchtigkeit, das Modul auf der Vorderseite hat mattige, andersfarbige, meist milchige Flecken; auf der Modulrückseite ggf. Blasenbildung.



Bild 92: Delamination im Bereich einzelner Zellen

Die Ursache solcher Erscheinungen liegt meist bei einer schlechten Modulverarbeitung, insbesondere schlechte Lamination und unzureichende Randabdichtung des Moduls. Die Verwendung von lokal nicht vernetztem EVA (Einbettungsfolie) kann zu Delaminierung und Blasenbildung führen. Zudem ist EVA nur begrenzt haltbar (ca. 6 Monate) und muss unter klimatisierten Bedingungen gelagert, geöffnet und verarbeitet werden.

Es entsteht ein Sicherheitsrisiko, wenn Modulblasen sich zum Rand ausweiten und ein offener Pfad nach außen entsteht (Isolationsfestigkeit). Der Schaden ist nicht mehr reparabel und führt in der Regel zu Leistungseinbrüchen.

Blasenbildung

Einzelne oder mehrere »Hohlstellen« an der Rückseitenfolie können einzeln oder massiv auftreten.



Bild 93: Blasenbildung

Die Ursachen sind die gleichen wie bei der Delamination. Schlechte Modulverarbeitung, insbesondere schlechte Lamination bei ungünstigen klimatischen Verhältnissen.

Einzelblasen können repariert werden, ansonsten ist der Schaden nicht mehr reparabel.

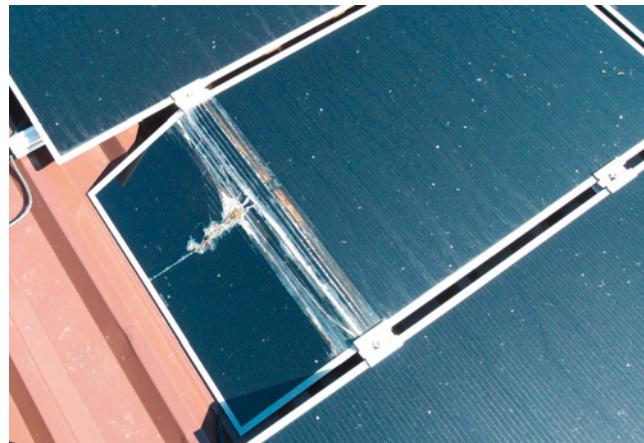
Glasrisse – Sprünge von Glas-Glas-Laminaten im Bereich der Befestigungsklemmen

Im Gegensatz zu möglichen SpannungsrisSEN in Modulglaslaminaten sind hier klar andere Ursachen zu suchen, welche meist in einem falschen Klemmabstand oder einer zu fest angezogenen Klemme zu finden sind. Werden insbesondere Glas-Glas-Laminate falsch geklemmt, an den kurzen Seiten zu stark belastet (Schnee, Auftreten), kommt es unweigerlich zu einem Belastungsbruch des Moduls.

Bild 94: Glasbruch an
Klemmverbindung



Bild 95: Glasbruch an
Glas-Glas-Laminat



Hotspots

Hierbei handelt es sich um braune »Brandstellen« an den Zellen, teilweise auch auf der Modulrückseite. Bei Dünnschichtmodulen treten silberne bis weiße linienhafte Brennspuren auf oder »Würmchenspuren«, welche aber nicht mit der vorbeschriebene TCO-Korrosion zu verwechseln sind.

Als »Hotspot« bezeichnet man eine lokale überhitzte Stelle auf einer Modulzelle. Diese entstehen in der Regel in Abschattungssituationen, wenn die betroffene Zelle nicht mehr als Energieerzeuger tätig ist, sondern als Widerstand (Verbraucher) wirkt. In teilabgeschatzten Zellen wird die elektrische Leistung der übrigen bestrahlten Zellen eines Strings in Wärme umgesetzt. Je nach elektrischem Sperrverhalten der Zelle und Zellbeschaffenheit können sehr hohe Temperaturen (bis zu 300 °C) entstehen.



Bild 96: Hotspot-Detail

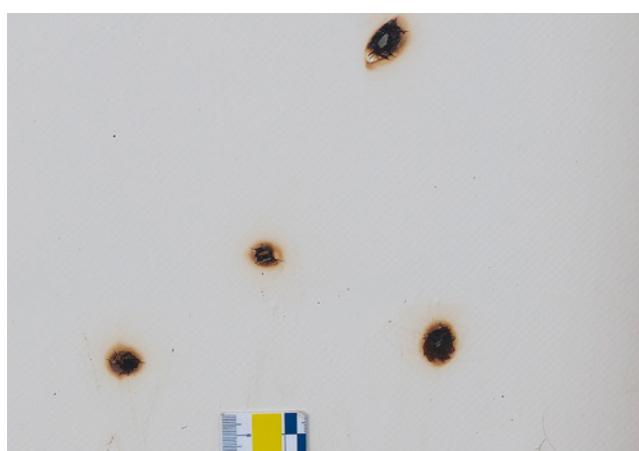
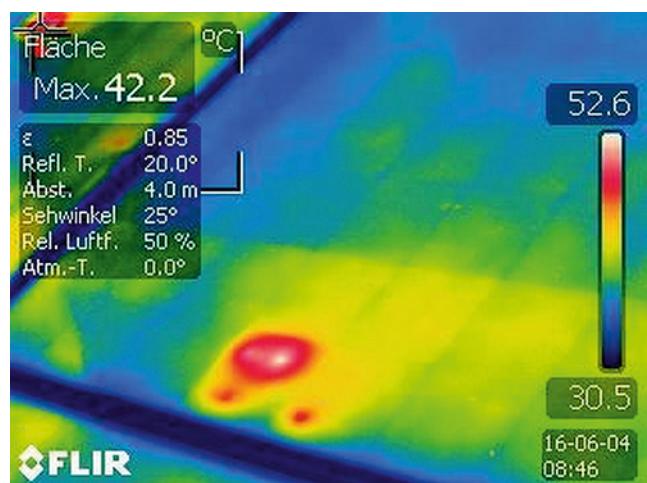


Bild 97: an der Rückseitenfolie durchgebrannte Hotspots

Bild 98: deutlich erkennbare »heiße« Stelle an einem Modul mittels Thermografieaufnahme



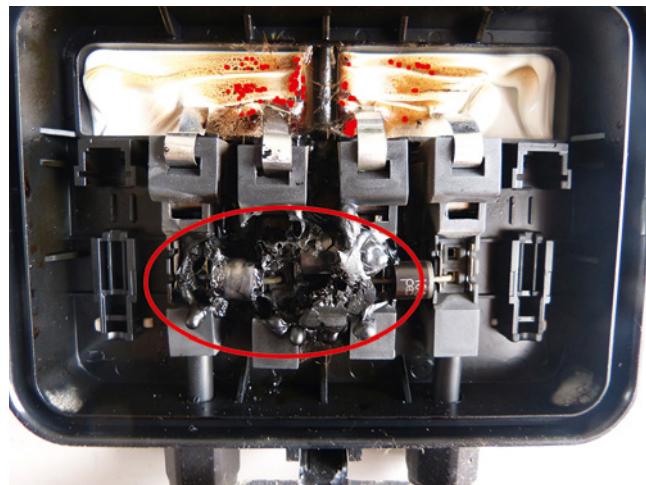
Hotspots treten in neueren Modulen kaum mehr auf, zudem begrenzen eingebaute Bypassdioden den Effekt einer Zellabschaltung auf dem Modul.

Module mit auffälliger Verschmutzung (Vogelkot, Feststoffe) sollten gereinigt werden, um auch einer Hotspotbildung entgegenzuwirken.

Überspannungsschäden

Überspannungsschäden entstehen entweder durch atmosphärische Spannungseinkopplungen bei Blitznaheinschlägen oder durch direkten Blitzeinschlag, aber auch durch Schaltauslösungen im Wechselstromnetz. Die hierbei entstehenden Schäden können nur durch Überspannungsableiter vermieden oder begrenzt werden.

Bild 99: verschmolze Anschlussdose mir zerstörten Bypassdioden – dieser Überspannungsschaden ist durchaus reparabel



Defekte an Modulanschlussdosen

An Modulanschlussdosen können verschiedene Defekte oder Schäden auftreten, zum Beispiel verwitterte Dichtungen an den Kabeleinführungen der Anschlussdosen. Durch Feuchte- und Schmutzeintragung besteht die Gefahr der Lichtbogenbildung und einer damit einhergehenden Brandentstehung.



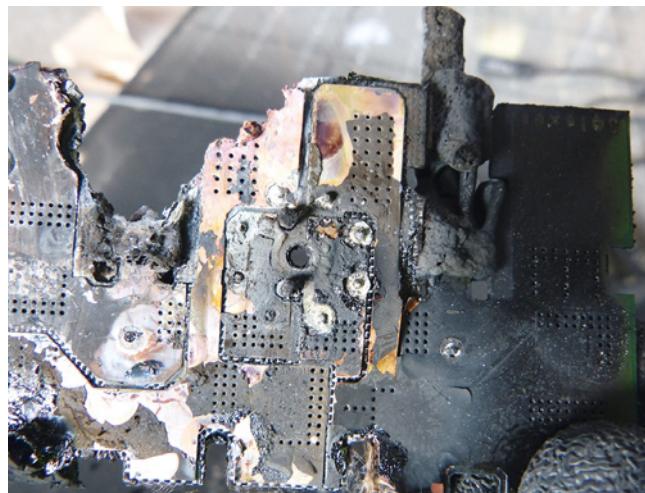
Bild 100: rissige, verwitterte Dichtungen bei den Kabel-einführungen



Bild 101: verbrannte Modulanschlussdose (Fabrikat Scheuten)

Aber auch Serienfehler haben in einigen Fällen zum Brennen von Modulanschlussdosen geführt. Hiervon besonders betroffen waren Module des Herstellers BP und Scheuten (beide nicht mehr auf dem Markt).

Bild 102: Detail einer durch Lichtbogenbildung zerstörten Anschlussplatine in einer Modulanschlussdose



Die Ursachen liegen meist an schlechten Lötverbindungen der Busbars an den Anschlusskabeln oder fehlerhaften Steck- und Platinenverbindungen. Bei den betroffenen Modulen besteht ein erhöhtes Sicherheitsrisiko (Brandentstehung), insbesondere bei Inndachanlagen.

8.5 Wechselrichter

Bei den Wechselrichtern ergeben sich meistens Beanstandungen bei der Nichtbeachtung herstellerbedingter Installationsvorgaben, z. B. was den Installationsort oder den Abstand der Geräte von seitlichen Begrenzungen oder untereinander angeht (Wärmebildung). Auch durch die Nichtbeachtung von einschlägigen Vorschriften der VDE-Normen zur Installation von elektrischen Geräten (Installationsort) und brandschutztechnische Vorgaben, z. B. die Installation im Bereich feuergefährdeten Gebäuden bzw. Betriebe ergeben sich nicht selten Installationsdefizite.

Anbringungsort

Nach DIN VDE 0100-530 sind elektrische Geräte so zu installieren, dass sie jederzeit ohne Hilfsmittel zu erreichen sind. Dies ist zum einen der Betriebssicherheit geschuldet, u.a. bei einer plötzlich erforderlich werdenden Notabschaltung (z.B. bei einem Brand) oder bei der Wartung und Instandsetzung. Insbesondere ungünstige, d.h. meist zu hohe und nur durch Steighilfen erreichbare Installationsorte erschweren eine Wartung und einen möglichen Wechselrichteraustausch erheblich.



Bild 103: Hier heizen sich die Wechselrichter gegenseitig auf.

Nicht nur das gefahrlose und rechtzeitige Erreichen der Wechselrichter ist ein wichtiger Punkt. Auch das Umfeld, in welchem die Wechselrichter installiert werden, spielt eine große Rolle. Werden die Wechselrichter in einem kleinen Raum oder auch unter Dach installiert, dazu noch in einem zu geringen Abstand zueinander, können diese sich gegenseitig aufheizen. Die Wechselrichter regeln dann bei einer bestimmten Betriebstemperatur automatisch ab. Ungeachtet dieser Abregelung, bei der man Ertragsverluste hinnehmen muss, ist die Lebensdauer solcher permanent überwärmter Geräte deutlich herabgesetzt und das Betriebsumfeld durch ein Brandrisiko gefährdet.

Falsche Auslegung

Bei der Auswahl der Wechselrichter ist u.a. deren Leistung an die zum Anschluss kommende Generatorleistung abzustimmen. Bei der Auswahl des sogenannten Nennleistungsverhältnisses ist neben der Generatorleistung auch deren zu erwartende Einstrahlung zu berücksichtigen. Bei manchen Anlagen findet man unterdimensionierte Wechselrichter, welche bei günstigen Einstrahlungsverhältnissen schnell an ihre Leistungsgrenzen kommen und den DC-Eingangsstrom begrenzen. Seltener, aber durchaus anzutreffen, sind auch völlig überdimensionierte Wechselrichter, welche aufgrund der permanenten Teilleistung kaum einen vernünftigen Wirkungsgrad erreichen. Solche Defizite resultieren in den meisten Fällen aus Installationsjahren, in denen Wechselrichter Mangelware waren und man notgedrungen schlechte Kompromisse eingehen musste.

Fehlerhafte Verschaltung

Darüber hinaus sind Situationen anzutreffen, bei denen unterschiedlich ausgerichtete Generatorteilfelder zusammen auf einen MPP⁵-Tracker angeschlossen sind. Insbesondere bei der Belegung von Ost-West-Dachflächen oder Dachgauben mit geringer Modulanzahl ergeben sich solche ertragsschmälernde Konstellationen.

Bild 104: bereits optisch von außen erkennbare Probleme mit der Stringverschaltung bei unterschiedlicher Dachneigung



8.6 Verkabelung Wechselstromseite (AC)

Die wechselstromseitige Verkabelung ab Wechselrichteranschluss über Unterverteilung, Zählereinheit und Netzanschluss sollte prinzipiell bei der Ausführung durch ein Elektro-Fachunternehmen keine Probleme bereiten, da sie ja in ähnlicher Form wie bei einer Hausinstallation zum elektrischen Standard gehört. Aber auch hier finden sich oftmals Probleme, da sich zum einen der Installationsort oftmals von der Standard-Hausinstallation unterscheidet und darüber hinaus auch erweitertes Wissen und Erfahrung gefordert ist.

Hieraus ergeben sich nicht selten Beanstandungen

- bei der Nichtbeachtung von elektromagnetischen Verträglichkeiten bei der Leitungsinstallation, d.h. Trennung von Leitungen unterschiedlicher Spannung und Funktion, wie z.B. Gleichstromleitungen / Wechselstromleitungen / Datenkabel
- bei der Auswahl der richtigen Leitungen
 - ausreichender Querschnitt (Spannungsfall)

5 MPP=Maximum Power Point; Arbeitspunkt des Wechselrichters im maximalen (optimalen) Punkt der Strom- / Spannungskennlinie des Modulstrings

- Adernzahl (je nach Netzform und Installationsort – z. B. Landwirtschaft und Thema PEN-Leitung [4-adrige Leitung mit gemeinsamem Schutz- und Neutralleiter])
- bei der Auswahl der richtigen Schutzeinrichtungen und deren Installation
 - richtige Bemessung für den Fehlerfall (Kurzschlussstrom / Fehlerstrom)
 - Beachtung der Wärmeentwicklung
- und deren Verlegung und Anschluss
 - zulässige Verlegeart (Biegeradien, Leitungsschutz)
 - besondere Verarbeitungsbedingungen bei der Verwendung von ALU-Leiter.

Gemäß den Richtlinien zur elektromagnetischen Verträglichkeit müssen Leitungen mit unterschiedlichen Bemessungsspannungen und Betriebsspannungen physikalisch getrennt verlegt werden. Dies gilt für die Gleichstromleitungen (DC) (bis 1000 V), für die Wechselstromleitungen (AC) (bis 400 V) und Datenleitungen (12/24 V). Die getrennte Verlegung ergibt sich auch nach DIN VDE 0100-520.



Bild 105: vermischte Leitungsverlegung (DC-AC-Datenleitung) in einem Kabelkanal

Sicherungskästen für die Absicherung der Wechselrichter sind oftmals zu klein dimensioniert. Hierbei entstehen bereits Probleme mit der Verdrahtung. Auch werden allzu oft die Sicherungen ohne ausreichenden Abstand installiert. Bei einer üblichen Elektroinstallation ergeben sich in der Regel nur zyklische Belastungen mit einem Gleichheitsfaktor von 0,3 bis 0,6. Bei einer Photovoltaikanlage muss aufgrund der Dauerbelastung, insbesondere im Sommer, von einem Gleichheitsfaktor von 1,0 ausgegangen werden. Aufgrund der Dauerbelastung kommt es zu einer erheblichen Erwärmung der Sicherungen. Dabei kann es auch zu einer Brandentstehung kommen, was bereits bei Photovoltaikanlagen abgebrannte Verteilerkästen belegen. Zudem sind Schraubsicherungen als einzelne Absicherungen ungeeignet, da sich diese im Betrieb durch Temperaturausdehnungen lockern können und beim Lösen und Einschrauben es zu Störungen kommen kann.

Leitungsverlegung

Leitungen und Kabel sind während der Montage und im Betrieb verschiedenen Belastungen ausgesetzt. Hierzu zählen

- mechanische Beanspruchung
- thermische Beanspruchung
- äußere Einflüsse.

Bei der mechanischen Belastung zählen Zug- und Biegebelastung zu den häufigsten Beanspruchungen. Zu hohe Zugkräfte führen zum Fließen des Leitermaterials. Veränderungen im Materialgefüge und Leiterquerschnitts-Verringerung führen zu einer höheren Stromdichte und Erwärmung der Leiter und damit zur vorzeitigen Alterung der Leiterisolierung. In der DIN VDE 0100-520 sind die zulässigen Biegeradien für elektrische Leitungen in Abhängigkeit des Leitungsdurchmessers festgelegt.

Werden Biegeradien bei der Leitungsverlegung nicht eingehalten, kommt es durch Materialstreckungen und Stauchungen zu Veränderungen im mechanischen Aufbau der Kabel mit der Folge einer Beeinträchtigung der elektrischen Eigenschaften.

Befestigung von Leitungen

Die Befestigung von Leitungen hat nach DIN VDE 0100-520 zu erfolgen, dies in erster Linie durch Kabelkanäle, Kabelpritschen, Schellen, Kabelbinder, Zugentlastungen, etc. Sie müssen so durchgeführt werden, dass die elektrischen Eigenschaften der Kabel und Leitungen bei den im Betrieb zu erwartenden Beanspruchungen (einschließlich Überlastungs- und Kurzschlussfall) nicht verloren gehen. Beispielsweise ist die lose Verlegung einer Leitung auf einem Dachboden nicht statthaft.

Aluminiumleiter

Die Verwendung von kostengünstigeren Aluminiumkabeln anstelle von Kupferkabeln hat gerade bei der Photovoltaik-Installation zugenommen – insbesondere bei Großanlagen. Aber auch bei einzelnen Kleinanlagen sind bei längeren Kabelstrecken Aluminiumleiter anzutreffen. Die fachgerechte und sichere Verarbeitung von Aluminiumleitern ist jedoch arbeitsintensiver und erfordert entsprechend mehr Aufmerksamkeit. Unsachgemäße Installation von Aluminiumkabeln führt zu gefährlichen Betriebszuständen und zu erheblichen Schäden in der Leitungsanlage.

Bei Beachtung aller Verarbeitungshinweise und dem Einsatz geeigneter Installationsmaterialien ist die Installation von Aluminiumkabeln genauso sicher wie die Installation von Kupferkabeln. So sind z. B. die Alu-Leiter entsprechend zu präparieren, bevor sie verklemmt werden. Das bedeutet, dass die Leiterenden unmittelbar vor dem Kontaktieren mechanisch von der Oxid-Schicht befreit und mit säure- und alkalifreiem Fett behandelt werden müssen. Auf keinen Fall darf hier mit Schmirgelpapier, Bürsten oder Feilen

gearbeitet werden. Auf dem Leiter könnten kleine Eisenpartikel verbleiben, die aufgrund der elektrochemischen Spannungsreihe zu einer Zersetzung des unedleren Leitermaterials und einer unzulässigen Erwärmung der Klemmstelle führt.

Aufgrund der Fließneigung von Aluminium sind die Klemmen vor der Inbetriebnahme und nach den ersten 200 Betriebsstunden nachzuziehen. Diese Arbeitsgänge sind jedes Mal erforderlich, wenn der Leiter abgeklemmt und wieder neu angeklemmt wird.

Die verwendeten Klemmen für Aluminiumleiter müssen vom Hersteller für diese Anwendung geprüft sein. Das verwendete Material muss unter Berücksichtigung der elektrochemischen Spannungsreihe so gewählt werden, dass eine Zersetzung des unedleren Materials verhindert wird. Weiterhin muss die Klemme im Bereich des Stromübergangs eine entsprechende Oberfläche haben, um die Fettschicht und eine trotz korrekter Leiterbehandlung vorhandene sehr geringe Oxidschicht beim Anschluss zu durchbrechen.

Bei einer Inspektion bzw. Anlagenprüfung sind deshalb insbesondere bei vorhandenen Aluminiumleitern die oben genannten Punkte vor Ort genau zu prüfen.

8.7 Schutzeinrichtungen

Die Anforderungen an die Besichtigung von Schutzeinrichtungen wurden bereits bei den vorangegangenen Kapiteln bei den Wechselrichtern und den wechselstromseitigen Betriebsmitteln erläutert. Darüber hinaus muss bzw. kann eine Photovoltaikanlage verschiedene weitere Schutzeinrichtungen haben. Das »Muss« oder »Kann« richtet sich in der Regel nach dem Anbringungsort, der Netzform, dem Netzbetreiber, bereits anderweitig vorhandenen Schutzeinrichtungen sowie der Risikoeinschätzung des Anlagenbetreibers. Nachfolgend sind die einzelnen Schutzeinrichtungen genannt und deren Erfordernis und Aufgabe beschrieben. Im Zuge der Inspektion bzw. Besichtigung der Anlage ist, soweit möglich, deren Zustand und Funktion zu prüfen.

Überstromschutzeinrichtungen (Lasttrennschalter)

Alle Stromkreise sind generell mit Überstromschutzeinrichtungen auszustatten. Diese müssen in ihrer Bauweise und Art nach dem maximal möglichen Kurzschlussstrom bemessen sein und im Kurzschlussfall sicher auslösen.

In manchen Fällen werden Schraubsicherungen als Absicherung sowie als Trenneinrichtung verwendet. Es gibt Wechselrichterhersteller, welche eine solche Absicherung nicht zulassen. Beim Ein- oder Ausschrauben können kleine Störlichtbögen entstehen, welche den Wechselrichter beschädigen können. Zudem stellt eine Schraubsicherung nach VDE keine Trennvorrichtung dar.

Bild 106: in vielen Fällen nicht zulässig: Schraubsicherungen – dazu noch fehlender Abstand



Fehlerstromschutzschalter

In der Regel ist der Fehlerstromschutzschalter, kurz RCD genannt, eine zusätzliche Schutzeinrichtung für den Fehlerfall. Er wird bei Photovoltaikanlagen dann erforderlich, wenn

- offene Stromkreise vorhanden sind (z. B. Steckdosen)
- grundsätzlich in einem TT-Netz
- im Bereich feuergefährdeter Betriebsstätten (z. B. Landwirtschaft)

Hierbei ist ein RCD Typ A (pulsstromsensitive Fehlerstromschutzeinrichtung) ausreichend, zumindest wenn durch galvanische Trennung bei den Wechselrichtern sichergestellt ist, dass keine Gleichstromfehlerströme auf die Wechselstromseite gelangen können. Soweit trafolose Wechselrichter verwendet werden, welche seitens des Herstellers keine Bescheinigung besitzen, dass auf der Gleichstromseite keine Fehlerströme auftreten können, ist ein RCD Typ B (allstromsensitive Fehlerstromschutzschalter) vorzusehen.

Hauptschalter

Hauptschalter oder Notausschalter sind dort anzubringen, wo Wechselrichter nicht durch Laien anderweitig abgeschaltet werden können (z. B. über Sicherungsautomaten) sowie in brandgefährdeten Betrieben.

8.8 Anlagenkennzeichnung

Probleme bei Prüfung und Wartung bereiten immer wieder fehlende oder unzureichende Anlagenbeschriftungen und Kennzeichnungen. Dies gilt auch für handbeschriftete Klebestreifen, welche nach einiger Zeit weitgehend abgewittert sind. Schwierig wird dies insbesondere bei größeren Anlagen mit Stringverteilerkästen und / oder mehreren Wechselrichtern mit mehreren Stringanschlüssen.

Man kann zwar später Messungen vornehmen, tut sich aber in den meisten Fällen schwer, diese richtig zu interpretieren und auf die einzelnen Strings richtig zuzuordnen. Auch eine gezielte Fehlersuche ist kaum unmöglich, wenn die Stringbezeichnung fehlt oder diese nicht dem Generatorfeld zugeordnet werden kann. Man muss dann notgedrungen auf dem Dach einzelne Generatoren abdecken und anhand wiederholter Messungen herauszufinden, welcher String aus welchem Generatorfeld zu welchem Wechselrichter gehört. Sollte dann noch ein Stringplan in der Dokumentation fehlen, wird die Fehlersuche nahezu ein Ding der Unmöglichkeit.

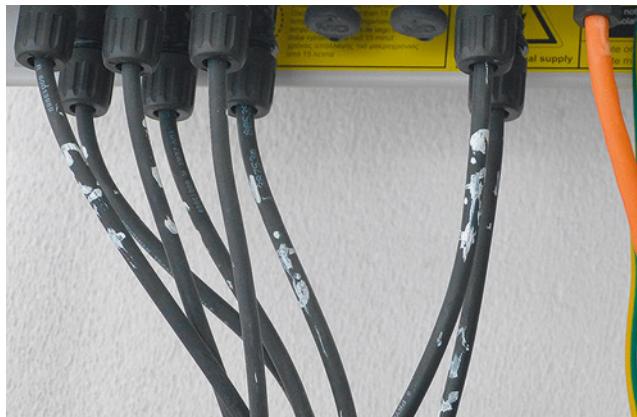


Bild 107: nicht entzifferbare Stringbeschriftung



Bild 108: So sollte es sein.

Gemäß DIN VDE 0100-510 sowie VDE 0126-23-1 in Verbindung mit DIN EN 81346 (Industrielle Systeme, Anlagen und Ausrüstungen und Industrieprodukte – Strukturierungsprinzipien und Referenzkennzeichnungen) und der DIN EN 61439-1 (Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen) sind Anlagenteile dauerhaft und sichtbar zu kennzeichnen. Diese Anlagenkennzeichnungspflicht ist für Photovoltaikanlagen nochmals explizit in der Anwendungsregel VDE-AR-E 2100-712 erwähnt.

Bild 109: einfache und übersichtliche Anlagenkennzeichnung



Ebenso sind bestimmte Anlagenbauteile auf der Gleichstromseite, wie z. B. Überspannungsschutzkästen oder Generatoranschlusskästen dauerhaft mit einem Warnhinweis zu versehen, dass auch bei abgeschalteter Photovoltaikanlage die Anlagenteile noch aktiv sind und eine Stromschlaggefahr besteht.

Bild 110: der genannte Warnhinweis fehlt hier





Bild 111: Kennzeichnungsschild
z. B. auf Generatoranschluss-
kästen oder Freischaltern

Auch der genormte Hinweis, dass sich auf dem Gebäude eine Photovoltaikanlage befindet, ist nach der neuen Anwendungsregel vorzusehen. Er dient gleichzeitig als Hinweis für die Feuerwehr im Einsatzfall.

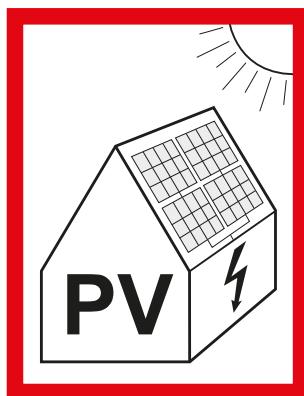


Bild 112: Anlagenkenn-
zeichnung nach
Anwendungsregel
VDE-AR-E 2100-712

8.9 Wartung und Prüfung durch Anlagenerrichter

Im Vorfeld wurden bereits die Besonderheiten aus Gewährleistungsansprüchen bei sogenannten »Wartungsverträgen« erläutert. Bei Photovoltaikanlagen sind die früher gerichtlich, wenn auch nur auf Einzelfälle bezogen, entschiedenen Gewährleistungfristen, insbesondere bei üblichen Dachanlagen umstritten, gerade von Seiten des Anlagenbetreibers. Gegenüber oftmals hohen Investitionskosten und der Eigenschaft einer mechanisch, baulich installierten, technischen Stromerzeugungsanlage stand meist nur eine zweijährige Gewährleistungsfrist – zumindest bei üblichen Aufdachanlagen – gegenüber. Nach der aktuellen Rechtssprechung muss man derzeit in vielen Fällen von fünf Jahren ausgehen.

Interessant kann es daher insbesondere für Anlagenbetreiber werden, wenn sogenannte »Wartungsverträge« abgeschlossen wurden. Hieraus ergeben sich folgende rechtliche Fragen:

- Haftung des Wartungsverantwortlichen bei auftretenden Schäden, wenn deren Eintritt bereits aufgrund bestehender Mängel bei den vorangegangenen »Wartungen« erkennbar war?
- Haftung des Wartungsverantwortlichen bei bestehenden Mängeln an der Anlage, wenn diese nicht offen gelegt werden und hierdurch Gewährleistungsansprüche gegenüber dem Errichter verloren gehen?

Letzterer Punkt wird sicherlich noch interessanter, wenn der Anlagenerrichter gleichzeitig einen Wartungsvertrag über die gleiche Anlage ausführt. Hier sollte zusätzlich kritisch hinterfragt werden:

- Kann der Installateur seine eigenen Installationsmängel selbst erkennen und beurteilen?
- Wie werden entdeckte Mängel gegenüber dem Anlagenbetreiber gehandhabt, welche ursprünglich im eigenen Verschulden bei der Anlagenerrichtung lagen – gerade wenn es hierbei auch um eine Kostenfrage geht?

Diese durchaus kritisch und womöglich auch provokativ gemeinten Fragen haben ihre Berechtigung. Nicht selten trifft man als Sachverständiger bei Anlagenbesichtigungen auf Mängel. Dies ist zwar nichts Ungewöhnliches, verwundert aber dann, wenn sich dabei heraus stellt, dass für die betreffende Anlage ein »Wartungsvertrag« existiert.

Hierzu zwei exemplarische Praxisbeispiele:

PV-Anlage auf Flachdach mit Blitzschutzanlage

- Trennungsabstand Solarleitungen zur Blitzschutzanlage nicht eingehalten
- Wechselrichter ohne gesonderte Schutzeinrichtung (Überspannungsschutz Typ 1), Parallelverlegung ungeschützte Solarleitungen mit Leitungen der Haustechnik
- Leitungseinführung in das Gebäude mangelhaft (Im »Wartungsbericht« war vermerkt: »Anlage ist ohne Mängel«)

Mögliche Folgen: Überspannungsschaden oder Kabelbrand durch Blitzeinschlag.



Bild 113: nicht eingehaltener Trennungsabstand zur Blitzschutzanlage (Kreuzung Dachabgang Kabelrinne zur Dachrinne)



Bild 114: Wanddurchführung ohne Leitungsschutz

PV-Anlage auf Blechdach

- Gestellbefestigung unzureichend
- eindeutige Schneckenspuren auf Modulzellen
- kein Trennungsabstand zur Blitzschutzanlage (BSA)
- Laut »Wartungsbericht«: »Prüfung und Messungen ohne Beanstandungen«

Mögliche Folgen: z.B. Überspannungsschaden oder Kabelbrand durch Blitzeinschlag, sich lösende Modulkonstruktion mit hieraus möglichen Folgen (Personen- und / oder Sachschäden), »verpasste« Gewährleistung oder Garantiefristen bei den Modulen.

Bild 115: PV-Anlage ohne Trennungsabstand zur BSA



Bild 116: nicht dauerhaft sichere Gestellbefestigung (per Hand lösbar)



Bild 117: massive Schneckenspuren



8.10 Qualität von Prüfungen

Im vorherigen Kapitel wurden bereits Qualitätsdefizite bei sogenannten »Wartungsarbeiten« angesprochen. Sie stehen meist zusammen mit dem Umstand, dass die »Wartung« durch den Installateur der Anlage durchgeführt wird und man aus Gründen der Vermeidung von Ärger vielleicht das eine oder andere nicht so genau nimmt. Was die Qualität von Prüfungen angeht, so ist das aber auch wie im richtigen Leben. Wie in anderen Bereichen unserer Gesellschaft gilt oftmals das Motto: Der Kunde möchte wenig zahlen und der Handwerksbetrieb möchte für das wenige Geld auch nur das Allernötigste tun.

Wenn mich ein Anlagenbetreiber anruft und ein bestimmtes Problem mit der Anlage hat, dann frage ich meist immer nach, ob diese überhaupt schon einmal geprüft wurde. Nach meinen eigenen Erfahrungen ist nämlich das angesprochene Problem oftmals nur Nebensache, wenn man dann den Allgemeinzustand der Anlage sieht. Ich weise daher immer vorher darauf hin, dass es sinnvoll ist, eine Komplettprüfung durchzuführen. Wenn man für die Prüfung einer 30 kWp-Anlage dann ca. 500 € bis 600 € veranschlagt, wird es am anderen Ende des Telefons meist schnell still. »So viel Geld wollte ich jetzt aber nicht ausgeben« oder ähnlich sind dann die Antworten.

Der Betrag mag auf den ersten Blick viel Geld sein. Bei einer Vergütung von beispielsweise rund 33 ct/kWh und einem Ertrag von 950 kWh/kWp erhält der Anlagenbetreiber in 10 Jahren für seine Anlage rund 90 000 € Vergütung. Man kann sich nun selbst ausrechnen, welchen Anteil hier 500,00 € haben und ob das im Verhältnis zu viel ist, bzw. was es einem wert sein soll, wenn die betreffende Anlage zumindest einmal ordentlich geprüft wird. Zu bedenken ist, dass man für die Prüfung vor Ort einschließlich Messungen rund zwei bis drei Stunden benötigt (je nach Dachfläche und Wechselrichteranzahl). Dazu kommt dann noch ein Prüfprotokoll ggf. auch mit Bilddokumentation, dem Messprotokoll sowie Empfehlungen und Instandsetzungshinweisen. Das alles benötigt Zeit, Gewissenhaftigkeit und Fachwissen. Wer für Qualität nicht entsprechend bezahlen möchte, kann in der Regel auch mit einer solchen nicht rechnen.

Man kann derzeit beobachten, wie auch größere Stromkonzerne im Servicemarkt der Photovoltaik aktiv werden. Mit werbewirksamen Methoden werden deutschlandweite Geschäftsmodelle ins Leben gerufen, welche dem Anlagenbetreiber Kundennähe und Kompetenz suggerieren. Hier kostet die Prüfung einer 30-kWp-Anlage keine 300,00 € – also fast ein Schnäppchen. Wenn man solche Dienstleistungen hinterfragt, dann stellt man fest, dass es sich hier ausschließlich nur um Sichtprüfungen handelt, diese unter Mithilfe von Servicepartnern anderer Firmen durchgeführt und die Prüfungen regional nochmals auf andere Servicekleinbetriebe aufgeteilt werden. Hieraus können folgende Probleme abgeleitet werden:

- Jeder an dem Geschäft Beteiligte möchte etwas verdienen. Wie viel der letzte im Glied tatsächlich für die Prüfung vor Ort bekommt, kann man sich denken – und was dieser dann möglicher Weise gewillt ist zu tun, vielleicht auch.
- Eine reine Sichtprüfung ist nur die halbe Miete. In vielen Fällen sind zumindest Messungen nach den einschlägigen Normen angezeigt, damit am Ende der Prüfung eine Anlage wirklich als betriebssicher eingestuft werden kann.
- Womöglich dienen die kostengünstigen Sichtprüfungen nur als Einfallstor für die danach anstehenden Instandsetzungsmaßnahmen oder erst daraus sich ergebende Messungen, welche dann kostenmäßig entsprechend zu Buche schlagen. Ob man dann wirklich günstig gefahren ist, wird sich dann anhand der Rechnung zeigen.

Es geht aber nicht nur um Preiskampf von Marktpositionen sondern auch um wirkliche Qualitätsdefizite bei sogenannten »Wartungen«. Ich darf nachfolgend einmal ein reales Beispiel aus der Praxis aufzeigen:

Auf einem großen Schulgebäude wurde auf dessen Flachdächern vor einigen Jahren eine PV-Anlage (rund 200 kWp) mittels Kunststoffwannen durch einen Dritten installiert (Pachtmodell). Hierbei wurde der bestehende äußere Blitzschutz der Schule mit der PV-Anlage ohne planerische Berücksichtigung überbaut, die Gleichstromleitungen ohne ausreichenden Schutz auf dem Kies, dazu noch die Blitzschutzdrähte kreuzend verlegt. Die Wechselrichter sind auf dem Dach installiert und deren Einspeiseleitungen führen teilweise am äußeren Blitzschutz parallel verlegt oder kreuzend am Schluss ohne Blitzableiterverschaltung oder Überspannungsschutz in den Technikraum der Schule. Im technischen wie auch im baurechtlichen Sinne also ein »Supergau«.

Bild 118: Leitungen ohne Abstand zum Blitzschutz

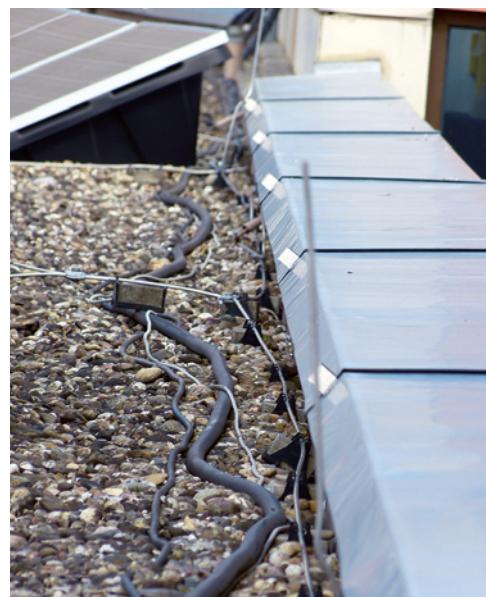




Bild 119: überbaute Blitzschutzanlage



Bild 120: Ungeschützte Gleichstromleitungen kreuzen Blitzschutzanlage.

Zu dem Objekt liegen insgesamt für die Jahre 2014 bis 2016 jährliche Wartungsprotokolle von einer Firma vor, welche die Anlage nicht installiert hat. Die Wartungsprotokolle bestehen aus jeweils ca. vier Seiten, wobei ca. ein Drittel der darin enthaltenen Angaben sich auf die Anlagenbeschreibung, Zählerstände und einen Funktionstest der Datenübertragung beziehen. Die »Wartung« wurde in den angegebenen Jahren jeweils von der gleichen Firma, aber immer von einer anderen Person durchgeführt. Im Überblick ergab sich auszugsweise folgendes Ergebnis:

Protokoll aus 2014	Protokoll aus 2015	Protokoll aus 2016
Bemerkung: »Blitzschutz vorhanden, Überspannungsschutz: ohne«	Keinerlei Bemerkung zum Blitz- und Überspannungsschutz	Bemerkung: »Blitzschutz vorhanden, Überspannungsschutz: ohne«
Bemängelt wird, dass die Modulwannen nicht geerdet sind	Kein Hinweis auf fehlende Erdung oder fehlendem Potenzialausgleich	Kein Hinweis auf fehlende Erdung oder fehlendem Potenzialausgleich
»Leitungswege Elektroinstallation sind in Ordnung«	»Leitungswege Elektroinstallation sind in Ordnung«	»Leitungswege Elektroinstallation sind in Ordnung«
Keine Angaben zu Solarleitungen	Verlegung Stringleitungen »im Kies, ungeschützt«	Bemängelt wird, dass die Solarleitungen »unsäuber« verlegt sind, ohne Schutz
Keine Bemerkungen zur bestehenden und überbauten Blitzschutzanlage	»Verlegung Elektroleitung neben Blitzschutz > Induktion Blitzeinschlag?«	»Verlegung Solarleitungen über Blitzschutz, weitestgehend behoben, sodass die Leitungen keine direkte Berührung mehr zum Blitzschutz haben«

Tab. 8.1: Übersicht Wartungsprotokolle und deren enthaltenen Bemerkungen

Aus den o.g. Beispielen aus den Wartungsprotokollen lässt sich erkennen, dass die jeweiligen Verantwortlichen neben wahrscheinlichen fachlichen Wissenslücken bei der Prüfung möglicherweise auch einen sehr unterschiedlichen Wissenstand besaßen.

- Es wurde in 2014 und 2016 zwar festgestellt, dass ein Blitzschutz vorhanden ist und ein Überspannungsschutz fehlt. Welche Konsequenzen sich hieraus ergeben, wurde nicht dargestellt und auch nicht wahrgenommen.
- Warum und wie z.B. die Kunststoffwannen geerdet werden sollen, ist zumindest aus dem Protokoll von 2014 fachlich nicht nachvollziehbar.
- Die Leitungswege der Elektroinstallation wurden als »in Ordnung« befunden, obgleich vor Ort auffällig ist, dass die Leitungen ungeschützt und mit dem Blitzschutz kollidierend verlegt sind.
- Aus 2014 ergeben sich z.B. keinerlei Hinweise zu den ungeschützten Verlegungen der Solarleitungen. In 2015 sprach man von einer ungeschützten, in 2016 von einer »unsäuber« Verlegung. Was beim Letzteren gemeint ist, ist für einen Außenstehenden recht schwierig einzuschätzen.
- Die Konfrontation der Leitungen mit dem Blitzschutz blieb 2014 unerwähnt. In 2015 hat zumindest der Prüfende, wenn auch unsicher, eine mögliche Induktion ins Spiel gebracht. In 2016 sah man das Problem mit dem Blitzschutz nur dahingehend, dass die Leitungen »über« dem Blitzschutz lagen und es anscheinend »gut« sei, wenn keine direkte Berührungen vorhanden sind, wobei diese vor Ort an vielen Stellen dennoch ersichtlich ist.

Weitere Hinweise zu offensichtlichen Mängeln an der gegenständlichen PV-Anlage wie u.a. beim Überspannungsschutz und baulichen Brandschutz fehlten. Auch gab es keine Handlungsempfehlungen gegenüber dem Anlagenbetreiber bei zumindest erkannten Mängeln. Messungen an der elektrischen Anlage wurden bei allen »Wartungen« nicht durchgeführt.

Meine Prüfung und Begutachtung mündete in ein recht umfangreiches Gutachten, welches sich jedoch in erster Linie nur auf die sicherheitsrelevanten Tatsachen beschränkte. Im Ergebnis konnte eine erhebliche Personen- und Sachgefährdung aufgrund der festgestellten Installationsmängel bestätigt werden, so dass in der Konsequenz hieraus empfohlen wurde, die PV-Anlage außer Betrieb zu nehmen und die Kabelwege ins Gebäude zurückzubauen. Welchen Haftungsrisiken sich sowohl der Anlagenbetreiber als auch die Wartungsfirma ausgesetzt sah wurde anscheinend nicht erkannt. Für den Betreiber ist es insofern auch tragisch, da es die Installationsfirma nicht mehr gibt.

Jetzt mag man hier von einem Einzelfall sprechen. Ich kann dies jedoch aus meinen Erfahrungen so nicht bestätigen. Es gibt verantwortungsbewusste Firmen, auf die man sich verlassen kann, es gibt aber auch das Gegenteil. Für den Anlagenbetreiber ist es genauso schwierig, ein gutes Serviceunternehmen zu finden, wie damals eine gute Installationsfirma beim Kauf der PV-Anlage.

Auf was sollten Sie als Betreiber achten?

- Wählen Sie am besten einen zertifizierten Betrieb aus oder lassen Sie sich entsprechende Qualitätszertifikate der Mitarbeiter zeigen.
- Die Prüfungen haben nach DIN VDE 0105-100 und VDE 0126-23-1 zu erfolgen. Halten Sie dies vertraglich fest.
- Lassen Sie sich ein Prüfprotokoll aushändigen, am besten mittels standardisierten Vordrucks, in dem die einzelnen Prüfungsschritte und Prüfungsgewerke als Checkliste dargestellt sind. Ein Musterbeispiel finden Sie im Titel »Gewerblicher Betrieb von Photovoltaikanlagen« als Anhang.
- Soweit Mängel oder Beschädigungen an der PV-Anlage festgestellt wurden, lassen Sie sich eine Handlungsempfehlung über die Instandsetzung geben sowie eine Dringlichkeitseinschätzung – dies schriftlich, sie gehört zum Prüfungsprotokoll dazu.
- Zahlen Sie für die Leistung nicht im Voraus, sondern erst nach Vorlage des Prüfprotokolls. Ist aus dem Protokoll erkennbar, dass bestimmte Anlagenteile nicht geprüft wurden oder die Prüfung unvollständig ist, verlangen Sie Nachbesserung. Bis dahin können Sie auch die Zahlung zurück behalten.
- Werden Prüfungen nicht ordnungsgemäß durchgeführt oder offensichtliche Mängel nicht erkannt, haftet der Prüfende für mögliche Schäden im Zuge seiner gesetzlichen Gewährleistung. Diese beträgt mindestens zwei Jahre, kann aber bei Bauwerken auch fünf Jahre betragen.

9 Dokumentation

9.1 Ausnahme Nr. 3

Neben einer fehlenden technischen Abnahme einer Photovoltaikanlage unmittelbar nach deren Installation sowie einer fehlenden regelmäßigen Inspektion gibt es eine weitere oft anzutreffende Ausnahme, die Anlagendokumentation.

Wenn man bei einer Anlagenbesichtigung, aus welchem Grund auch immer, bei den Anlagenbetreibern nach den Dokumentationsunterlagen fragt, wird man oft mit großen Augen angesehen. Neben der Rechnung und einem Anlagenplan, welcher meist Bestandteil des Angebotes war und einer kleinen Ertragsberechnung liegt oft nicht viel vor. Viele Anlagenpläne entsprechen bereits optisch nicht der tatsächlich gebauten Anlage oder sind mit handschriftlichen Kritzzeilen auf bereits aufgeweichtem Papier kaum entziffer- und zuordenbar. Kurzum: Die meisten Unterlagen sind nicht wirklich brauchbar.

Diese Nachlässigkeit zeigt später erhebliche Probleme, wenn es darum geht, einzelne Module oder einzelne Strings im Fehlerfall zu identifizieren und vom Verlegebild auf dem Dach dem Wechselrichter zuordnen zu können. Meist artet eine Fehlersuche dann soweit aus, dass man einen Großteil der Anlage auf dem Dach wieder zurück bauen muss. Dabei hat der Anlagenbetreiber sogar ein Anrecht auf eine ordentliche und vollständige Dokumentation.

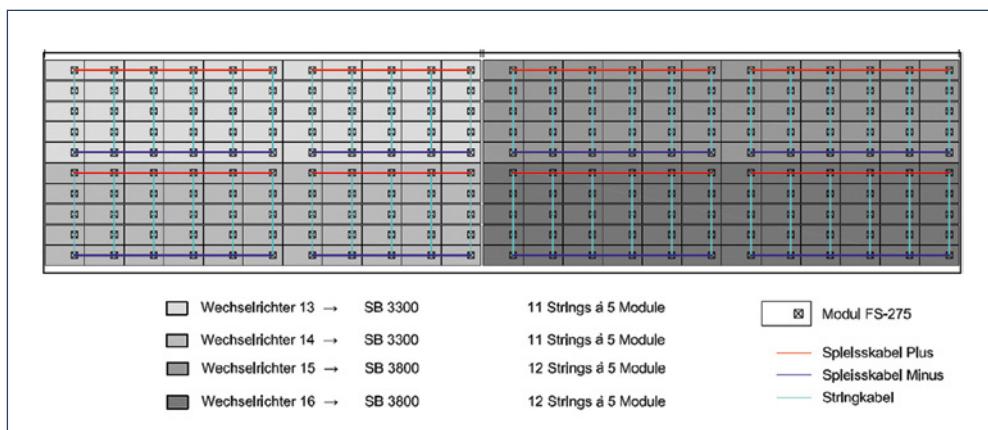


Bild 121: So oder ähnlich sollte ein Verschaltungsplan aussehen (Ausschnitt).

9.2 Normative Anforderung

Grundsätzlich sind für elektrische Anlagen entsprechende Dokumentationsunterlagen vom Anlagenerichter zu erstellen. Dies ergab sich bereits aus den einschlägigen Vorschriften der

- VDE (DIN VDE 0100-100 – Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Bestimmungen allgemeiner Merkmale, Begriffe oder
- DIN VDE 0100-105 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-705: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Elektrische Anlagen von landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten, sowie der
- DIN VDE 0100-510 Errichten von Niederspannungsanlagen Teil 5-51: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Allgemeine Bestimmungen).

Darin sind Mindestanforderungen an eine Dokumentation einer elektrischen Anlage beschrieben und fordern mindestens einen einphasigen Stromlaufplan.

Mit Einführung der DIN VDE 0126-23 im Jahr 2010 liegen im Speziellen für Photovoltaikanlagen ganz konkrete Mindestanforderungen über Umfang und Inhalt von Dokumentationsunterlagen vor. Zu beachten ist hierbei das Wort Mindestanforderungen.

Dieser Umstand erschwert natürlich erheblich auch eine Inspektion und Prüfung, weil ein Vergleich mit Ist- und Sollwerten kaum möglich ist. Zudem lassen sich Messergebnisse nur schwer interpretieren und eine mögliche Fehlerquelle gleicht der Suche nach der berüchtigten Stecknadel im Heuhaufen.

Bild 122: Nicht nur komplizierte Generatoraufteilungen bedürfen einer genauen Dokumentation.



Im Einzelnen werden nachfolgend die erforderlichen Mindestangaben einer Dokumentation aufgeführt.

9.3 Inhalt der Dokumentation

Grundlegende Systemdaten

Die grundlegenden Systemdaten sollen in einer Art »Typenschild« im Regelfall auf dem Deckblatt der Systemdokumentation stehen.

- Anlagenidentifikation (soweit zutreffend oder z. B. die Registrierungsnummer der Bundesnetzagentur)
- Leistung des Systems (kW für DC-Leistung und kVA für die AC-Leistung)
- Hersteller, Anzahl und Typ Photovoltaik-Module und Wechselrichter
- Installationsdatum
- Datum Inbetriebnahme
- Name des Kunden bzw. Anlagenbetreibers
- Anschrift des Aufstellungsortes
- Angaben zum Systementwickler.
 - Als Systementwickler ist im Wesentlichen der Planer gemeint.
- Waren mehrere Unternehmer an der Planung beteiligt, sollten für jedes beteiligte Unternehmen mit der Beschreibung ihrer Aufgabe folgende Angaben aufgeführt werden: Unternehmen, Ansprechpartner (Sachbearbeiter, Planer)
- Unternehmen, Postanschrift, Telefonnummer, E-Mail-Adresse

Angaben über Systeminstallateur(e)

- Systeminstallateur (Montagefirma), Unternehmen
- Ansprechpartner (Montageleiter)
- Postanschrift, Telefonnummer, E-Mail-Adresse

Stromlaufplan

- Laut Norm ist mindestens ein Prinzipstromlaufplan zur Verfügung zu stellen mit allen relevanten Angaben und Anmerkungen. Wichtig ist hier die vollständige Erfassung aller Anlagenteile, einschließlich Schutzeinrichtungen mit grafischer Darstellung der genormten Symbole und Beschreibung. Hierzu gehören auch die eingesetzten Kabeltypen und Leitungsquerschnitte.

Generator / Modulfeld

- Für den Photovoltaik-Generator – Allgemeine Festlegungen
- Modultyp(en)
- Gesamtzahl der Module
- Anzahl der Stränge
- Anzahl der Module pro Strang
- Angaben zum Photovoltaik-Strang
- Querschnitt und Typ der Kabel im Strang
- Überstrom-Schutzeinrichtungen im Strang (sofern eingebaut)
- Sperrdioden (soweit eingebaut)

Elektrische Einzelheiten des Photovoltaik-Generators

- Querschnitt und Typ des Hauptkabels des Photovoltaik-Generators
- Lage der Anschlussdosen des Photovoltaik-Generators (soweit vorhanden)
- Überstrom Schutzeinrichtungen des Photovoltaik-Generators (soweit eingebaut) mit Typenangabe, Lage und Bemessung (Spannung / Strom)
- Erdung und Überspannungsschutz
- Einzelheiten aller Funktionserder und Potenzialausgleichsleitungen und deren Querschnitt und Anschlusspunkte, ferner Einzelheiten der angeschlossenen Potenzialausgleichsleitungen (sofern erforderlich und angeschlossen).
- Verbindungen an eine bestehende Blitzschutzanlage (LPS)
- Überspannungsschutzeinrichtungen (SPD) im Bereich Gleichstrom und Wechselstromkreise, Lage, Typ und Bemessungswerte Wechselstromnetz.

AC-Seite

Mindestens ein einphasiger Stromlaufplan in dem mindestens folgende Angaben enthalten sein müssen:

- Lage, Typ und Bemessung von Überstromschutzeinrichtungen
- Lage, Typ und Bemessung von Fehlerstromschutzeinrichtungen (RCD) – soweit eingebaut
- Typ und Querschnitte der verwendeten AC-Leitungen

Datenblätter

- Modul-Datenblatt nach den Anforderungen von IEC 61730-1 für alle Modultypen, die in der Anlage verwendet sind
- Wechselrichter-Datenblatt für alle verwendeten Typen
- Beifügung der Installationshandbücher sowie die entsprechenden Garantiebedingungen des Herstellers (siehe auch Punkt »Betriebs- und Wartungsangaben«)

- Datenblätter und Betriebsanleitung Anlagenüberwachung
- Angaben zur mechanischen Konstruktion (Systempläne und statische Berechnung)
- Betriebs- und Wartungsangaben
Diese sind entsprechend beizufügen mit Angaben zu Verfahren zum Nachweis des korrekten Anlagenbetriebes (z. B. Fernüberwachung mit Fehlermeldung).

Checkliste für den Fall eines Anlagenausfalles oder Teilausfalles

- Notabschaltung und Trennverfahren in einer Gefahrensituation (z. B. Brand)
- Empfehlungen für die Wartung und Reinigung
- Gewährleistungsangaben für die Photovoltaik-Generatoren (Module) und Wechselrichter mit Gewährleistungsbeginn und Gewährleistungsende
- sonstige Gewährleistungen bzw. Garantien, z. B. Unterbau, Montage, Trafostationen, AC-Verteilung
- Protokoll der Unterweisung des Anlagenbetreibers, soweit dieser nicht der Errichter ist.

Prüfergebnisse und Inbetriebnahmeangaben

- Von allen Prüf- und Inbetriebnahmegergebnissen sind von den erstellten Protokollen der Dokumentation Kopien beizufügen. Diese müssen mindestens die Ergebnisse der Erstprüfung gemäß Abschnitt 5 und 6 der DIN VDE 0126-23-1 enthalten.
- Messprotokolle für alle Strings, Wechselrichter, Unterverteilungen gemäß DIN VDE 0126-23-1 und VDE 0100-600,
- Errichterbescheinigung der verantwortlichen Elektrofachkraft sowie das Protokoll des Netzbetreibers zur Zählersetzung und Netzfreeschaltung.

Weitere Dokumente

Empfohlen wird weiterhin folgende Unterlagen bzw. Angaben der Dokumentation beizufügen:

- Übersicht aller Seriennummern der Module und elektrische Werte (Flasherliste)
- Übersicht Seriennummern Wechselrichter
- Konformitätserklärungen und Unbedenklichkeitsbescheinigungen Wechselrichter
- Registrierungsbestätigung der Bundesnetzagentur
- Protokoll oder Bestätigung der Funktion der Regeleinrichtung.

Zusammengefasst müsste sich bei einer vollständigen Dokumentation mindestens ein Ordner mit sortierten Unterlagen befinden, ohne Werbehefte und ohne Betriebsbücher. In der Praxis sind es aber leider nur zwei oder drei Blatt Papier, welche nicht einmal einen Umschlag füllen.

Dokumentation der Inspektion und Wartung

Auch bereits durchgeführte Inspektionen und Wartungen gehören zu den Dokumentationsunterlagen. An dieser Stelle muss wieder das Auto als Beispiel herhalten. Auch hier ist die Prüfung bei der Hauptuntersuchung nur eine Seite der Medaille. Wichtig für jeden Autofahrer sind die gültige Prüfplakette und der aktuelle Prüfbericht. Denn ohne diese erlischt automatisch die Betriebserlaubnis des Fahrzeugs.

Sowohl in den VDE Normen DIN VDE 0100-600 und DIN VDE 0105-100 als auch in der DGUV 3 sind Hinweise enthalten, dass nach Beendigung der Prüfung ein Prüf- bzw. Messprotokoll zu erstellen ist. Die Elektrofachkraft kann deshalb noch so viel messen und prüfen ohne ausreichende Dokumentation kann sie nicht einmal belegen, dass sie überhaupt eine Prüfung vorgenommen hat – und der Anlagenbetreiber kann nicht belegen, dass seine Anlage überhaupt geprüft wurde. Es ist deshalb auch eine haftungsrechtliche Frage für den Fall, dass nach der Prüfung ein Schaden an der Anlage entstehen sollte. Selbstverständlich müssen auch die festgestellten Mängel oder Schäden gegenüber dem Anlagenbetreiber dokumentiert und angezeigt werden. Er ist ja auch derjenige, der ein großes Interesse hat zu erfahren, ob seine Anlage richtig funktioniert und ohne Fehler ist. An dieser Stelle sei auch nochmals an die Eigenschaften einer Inspektion und Prüfung, die den Charakter eines Werkvertrags haben, aus den vorangegangen Kapiteln erinnert.

Prüfbericht

Jede Prüfung oder Wartung erfordert zu deren Dokumentation und Nachweis einen Prüfbericht mit den wesentlichen Ergebnissen der Prüfung bzw. Wartung. Formvorgaben hierzu gibt es zumindest normativ keine. Es darf sich deshalb jeder ein eigenes Prüfmuster »stricken« oder auf bereits bestehende Entwürfe von verschiedenen Organisationen zurückgreifen. Sinnvoll ist es, den Prüfbericht in Anlehnung an die DIN VDE 0126-23-1 zu gestalten. Darin sind in geordneter Reihenfolge bauteilbezogen die wesentlichen Eigenschaften der einzelnen Baugruppen und deren Anforderungen aufgeführt. Solch eine Auflistung kann auch bereits während der Prüfung und Wartung als Checkliste dienen.

Neben den Angaben zur Anlagenidentifikation und den Prüfergebnissen sind auch anzugeben Datum der Prüfung/Wartung, Uhrzeit, Wetterverhältnisse (Einstrahlung/Temperatur) sowie Name des Prüfers bzw. Wartungsverantwortlichen.

Darüber hinaus ist bei festgestellten Mängeln die Relevanz der Instandsetzungserfordernis mit anzugeben, dies bedeutet:

- hat der Mangel Einfluss auf das Ertragsverhalten der Anlage, auf die Dauerhaftigkeit, die Verkehrssicherheit, die Betriebssicherheit und Brandsicherheit der Anlage?
- wie dringlich muss der Mangel behoben werden? sofort / unverzüglich; kurzfristig (z. B. innerhalb der nächsten Tage oder Wochen); mittelfristig (z. B. bei der nächsten Inspektion)

Messprotokolle

Dem Prüfbericht sind als Anlage die dokumentierten Ergebnisse der erforderlichen Messungen beizufügen. Auch hierzu gibt es von diversen Organisationen, z.B. BSW, ZVEH etc. entsprechende Messformulare. Zur wichtigen Aufgabe der Elektrofachkraft gehört es, nicht nur zu messen und die Messergebnisse niederzuschreiben, sondern die Messergebnisse auch zu interpretieren, insbesondere dann, wenn Abweichungen festgestellt worden sind. Abweichungen können, müssen aber zwangsläufig nicht unbedingt auf Fehler hindeuten.

Inspektions- und Prüfbericht

Der Inspektions- oder Prüfbericht fasst die Ergebnisse aus Besichtigung, Erproben und Messung zusammen, bewertet diese und gibt bei Bedarf Empfehlungen für erforderliche Instandsetzungsmaßnahmen, Reparaturen oder Verbesserungsmöglichkeiten.

Der Bericht dient als Grundlage des meist technisch nicht kundigen Anlagenbetreibers, Entscheidungen zu treffen, um die Photovoltaikanlage, soweit erforderlich, wieder in einen sicheren und dauerhaften Zustand zu versetzen. Ein Angebot des Installateurs ist hierbei zugleich hilfreich, den erforderlichen Kostenaufwand zur Kenntnis zu nehmen um möglicherweise aus wirtschaftlichen Gründen auch gewisse Prioritäten setzen zu können.

10 Versicherungen

Die Investition und der Betrieb einer PV-Anlage stellt grundsätzlich ein unternehmerisches Risiko dar. Die durchaus hohe Investition in eine PV-Anlage erfordert bereits einen Sachschutz gegen unvorhersehbare Schadensfälle.

Wie sehr sich eine Versicherung lohnt, zeigen die Schadensstatistiken. Überspannungsschäden machen gut ein Viertel der Schadenshäufigkeit aus. Bei den zuordenbaren Schäden folgen danach Schneedruck und Sturm. Der große Teil der Schäden findet sich unter »sonstige Schäden«. Darin enthalten sind auch Schäden aus Montagefehlern.

Die Schadenssummen verteilen sich von ihrer Ursächlichkeit gegenüber der Schadenshäufigkeit völlig anders. Hier liegen an erster Stelle die Brandschäden, was insbesondere mit den hierbei verursachten größeren Sachschäden zusammenhängt. An zweiter Stelle folgen die Sturmschäden und danach Überspannungsschäden.

Auch finanzielle Risiken, wie z. B. der Ertragsausfall im Schadensfall, können durch eine Versicherung abgedeckt werden. Nachfolgend werden u. a. verschiedene Risikoabdeckungen erläutert und insbesondere auf Obliegenheitspflichten des Anlagenbetreibers und auch Empfehlungen im Versicherungsfall hingewiesen.

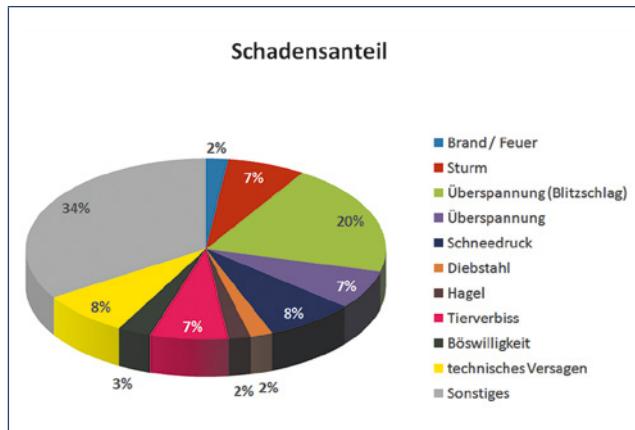
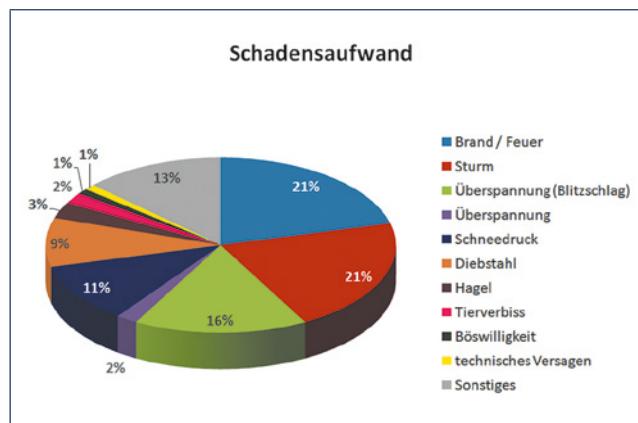


Bild 123: Schadensstatistik nach Anteil verschiedener Schadensarten [Quelle: Mannheimer Versicherung]

Bild 124: Anteiliger Schadensaufwand nach Schadensart [Quelle: Mannheimer Versicherung]



10.1 Montageversicherung

Eine Montageversicherung deckt Schäden während der Errichtung einer Photovoltaikanlage ab. Versichert sind in der Regel alle Lieferungen und Leistungen für die Errichtung des im Versicherungsvertrag bezeichneten Montageobjektes (Photovoltaikanlage) und der zugehörigen Reserveteile, sobald sie erstmals innerhalb des Versicherungsortes abgeladen worden sind. Der Versicherer leistet Entschädigung für unvorhergesehene eintretende Beschädigungen oder Zerstörungen von versicherten Sachen (Sachschaden) und für Verluste von versicherten Sachen. Die Versicherung ist vor allem dann wichtig, wenn bei einem reinen Kaufvertrag die Gefahr des Überganges bereits mit dem Abladen der angelieferten Sachen erfolgt. Versichert sind hierbei üblicherweise:

- Höhere Gewalt (Sturm, Schneelast, Hochwasser und Überschwemmung, Erdbeben etc.)
- Feuer (Brand, Blitzschlag, Explosion)
- Schwelen, Glimmen, Sengen und Glühen
- Ungeschicklichkeit, Fahrlässigkeit, Sabotage, Böswilligkeit und Vandalismus
- Berechnungs- und Montagefehler
- Montageunfälle
- Nagetierschäden (Marderbiss u.ä.)
- innere Unruhen, Streik und Aussperrung
- Diebstahl, Einbruchdiebstahl, Raub und Plünderung
- Kurzschluss und Überspannung
- Wasser und Feuchtigkeit
- Konstruktions- und Materialfehler



Bild 125: Diebstahl, ein Ärgernis meist auch noch mit Sachschaden

Unverzichtbar ist eine Montageversicherung vor allem dann, wenn eine Anlage oder Teile davon in Eigenleistung und dann womöglich noch auf einem Fremddach (fremdes Grundstück) installiert werden.

Zu beachten sind hierbei die Obliegenheitspflichten des Versicherten. So leisten Versicherer zwar grundsätzlich bei Diebstahl, jedoch nur, wenn die versicherten Gegenstände auch gegen Diebstahl gesichert (verschlossen) waren. Bei ungesichert auf einer Freifeldanlage gelagerten Modulen (ohne Zaunanlage) oder auf einer Hofstelle einfach abgestellten Wechselrichtern wird die Versicherung womöglich leistungsfrei sein.

In der Regel besitzt der Installateur eine rahmenvertragliche Montageversicherung für die Installation der PV-Anlage bis zu deren Fertigstellung. Die ist aber bei Kaufvertragsabschluss zu hinterfragen, da bei einem Kaufvertrag der Gefahrenübergang in der Regel mit der Entgegennahme der Ware erfolgt – und das kann bereits mit dem Abladen auf dem Grundstück der Fall sein. Es wird daher empfohlen, den Gefahrenübergang im Kaufvertrag explizit zu regeln und ggf. gegenüber dem zukünftigen Anlagenbetreiber den Hinweis zu geben, dass der Abschluss einer Montageversicherung empfohlen wird.

Achtung: Bei einem Werkvertrag geht die Gefahr erst bei Abnahme über. Insbesondere bei Freiflächenanlagen muss nach den bisherigen Rechtssprechungen davon ausgegangen werden, dass es sich bei deren Errichtung um einen Werkvertrag handelt. Gleches gilt auch für Dachanlagen, welche Funktionsweisen des Gebäudes übernehmen (z. B. Indachanlagen) oder speziell für das Gebäude angefertigt sind (z. B. Flachdachanlagen mit in der Dachkonstruktion integrierten Stützenkonstruktionen). Aktuelle Rechtsprechungen sehen neben Freifeldanlagen auch bei Dachanlagen grundsätzlich Werkvertragsrecht.

Soweit es Unsicherheiten sowohl im Hinblick auf die Vertragsart als auch auf die Übernahme der Haftung durch den Installateur bis zur Fertigstellung der Photovoltaikanlage gibt, sollte seitens des Käufers grundsätzlich eine Montageversicherung abgeschlossen werden.

10.2 Photovoltaikversicherung bzw. Allgefahrenversicherung

Die Photovoltaikversicherung oder auch Elektronikversicherung umfasst bei den meisten Anbietern eine sogenannte Allgefahrendeckung. Diese Deckung leistet Entschädigung für Beschädigungen oder Zerstörungen (Sachschaden) an einer versicherten Sache, die der Versicherungsnehmer nicht vorhersehen konnte. Insbesondere sind das Schäden durch:

- Naturereignisse wie z.B. Sturm, Blitz, Hagel, Schneedruck, Frost, Eisgang, Überschwemmung
- Vorsatz Dritter, Sabotage, Vandalismus
- Bedienungsfehler, Ungeschicklichkeit, Fahrlässigkeit
- Überspannung, Induktion, Kurzschluss, Überstrom
- Brand (Feuer), Blitzschlag, Explosion sowie Schwelen, Glimmen, Sengen, Glühen oder Implosion
- Wasser, Feuchtigkeit, Überschwemmung
- Konstruktions- oder Materialfehler
- höhere Gewalt
- Tierbiss (z. B. Marderbiss)
- Abhandenkommen (Diebstahl, Einbruchdiebstahl, Raub oder Plünderung)
- Fremdstrombezug (bei Eigenverbrauchsanlagen)

Die Allgefahrenversicherung deckt die aufgeführten Risiken während des Anlagenbetriebes ab. Dass es angesichts der investierten Gelder sicherlich nicht ohne eine solche Versicherung geht, machen die anfangs aufgezeigten Schadensstatistiken deutlich.

Bild 126: Sturmschaden – wenn nur noch Trümmer übrig bleiben



10.3 Betreiberhaftpflichtversicherung

Im Gegensatz zu von außen einwirkenden Schäden, wie z. B. Hagel, Überspannung, Blitzschlag, etc., welche durch die Sachversicherung bzw. Allgefahrenversicherung abgedeckt sind, werden durch eine Betreiberhaftpflicht die durch die Anlage und deren Betrieb entstehende Fremdschäden abgedeckt. Beispielsweise kann dies der Fall sein, wenn ein herabfallendes Solarmodul ein fremdes Auto beschädigt oder die PV-Anlage im örtlichen Versorgungsnetz eine Störung verursacht. Der Anlagenbetreiber haftet grundsätzlich als Eigentümer und Betreiber seiner PV-Anlage für solche Schadensereignisse.

Versicherungsschutz wird auf Basis der Allgemeinen Versicherungsbedingungen für die Haftpflichtversicherung (AHB) sowie den besonderen Bestimmungen und Vereinbarungen des Versicherungsgebers gewährt. Versichert ist hierbei im Rahmen der Allgemeinen und Besonderen Versicherungsbedingungen für die Haftpflichtversicherung (AHB) die gesetzliche Haftpflicht privatrechtlichen Inhalts des Versicherungsnehmers als Eigentümer, Mieter, Pächter, Leasingnehmer etc. aus dem Betrieb der Photovoltaikanlage aus Haftungsansprüchen gegenüber Dritten.

Mitversichert

- sind hierbei Ansprüche aus Verletzung von Pflichten, die dem Versicherungsnehmer in den oben genannten Eigenschaften obliegen, (z. B. die bauliche Instandsetzung und der Betrieb als Bauherr für die Photovoltaikanlage (Installation der Anlage, Umbauten, Reparaturen, Abbruch- und Aushubarbeiten)
- ist die gesetzliche Haftpflicht des Versicherungsnehmers wegen Versorgungsstörungen gemäß § 6 der Verordnung über die allgemeinen Bedingungen für die Elektrizitätsversorgung von Tarifkunden (AVB Elt V) vom 21.06.1979 oder gemäß § 18 der Verordnung über Allgemeine Bedingungen für den Netzanschluss und dessen Nutzung für die Elektrizitätsversorgung der Niederspannung (Niederspannungsanschlussverordnung – NAV) vom September 2006 im Rahmen und Umfang dieser Besonderen Bedingungen und Risikobeschreibungen
- sind Beschädigungen, die durch Niederschläge oder allmähliches Eindringen von Feuchtigkeit entstehen (z. B. undichtes Dach)
- sind sämtliche übrigen Betriebsangehörige für Schäden, die sie in Ausführung ihrer dienstlichen Verrichtungen für den Versicherungsnehmer verursachen
- sind Ansprüche, die aus Anlass der Ausführung der Verrichtungen gegen Personen erhoben werden, die durch einen Arbeitsvertrag mit der Verwaltung, Reinigung, Beleuchtung und sonstigen Betreuung der Grundstücke beauftragt sind.

Wichtig ist diese Versicherung für alle, die auf fremden angemieteten Dächern PV-Anlagen betreiben und mögliche Schadenersatzansprüche gegen den Gebäudeeigentümer oder auch Dritten absichern müssen. Auch für die privat genutzte PV-Anlage auf dem eigenen Hausdach kann eine Betreiberhaftpflichtversicherung sinnvoll sein, wenn es gilt,

Haftungsschäden, z.B. gegenüber dem Netzbetreiber, durch eine Anlagenstörung oder auch Personenschäden (Modul fällt vom Dach) abzusichern.

10.4 Ertragsausfallversicherung

Sollte eine Photovoltaikanlage aufgrund eines vorangegangenen versicherten Sachschadens gänzlich oder teilweise ausfallen, so kommt die Ausfallversicherung (Betriebsunterbrechungsversicherung) für den entfallenen Ertrag auf. Hauptaufgabe der Ausfallversicherung ist die Sicherung der Investition bzw. Finanzierung, da die laufenden Verbindlichkeiten auch bei Ausfall der Anlage weiterhin Bestand haben werden. Die Ertragsausfallversicherung ist meist bereits Bestandteil der Allgefahrenversicherung. Nach den Bedingungen der Versicherer sind die Leistungen dieser jedoch unterschiedlich was Entschädigungshöhe und Dauer angeht. Bei älteren Verträgen wird z.B. ein pauschaler Ausfallbetrag von 2,00 € pro kWp pro Tag gezahlt, andere unterscheiden Sommer- und Winterhalbjahr mit unterschiedlichen Entschädigungssätzen. Neuere Verträge berechnen prozentual über einen Verteilungsschlüssel anteilig je nach Kalendermonat nach der bei Versicherungsabschluss angegebenen Jahreseinspeisung. Bei der Dauer der Entschädigung unterscheiden sich Verträge insbesondere bei Totalschäden (z.B. nach Brand). Hier liegen die Zeiträume für eine Entschädigung zwischen zwei Monaten, einem halben Jahr oder einem Jahr.

10.5 Besonderheiten bei der Wohngebäudeversicherung

Photovoltaikanlagen können auch über eine bestehende Wohngebäudeversicherung abgesichert werden. Einige Versicherer boten früher sogar einen kostenfreien Einschluss der Anlage an. Das ist nicht unbedingt ratsam! Die Wohngebäudeversicherung leistet nur bei bedingungsgemäßen Schäden durch Brand, Blitzschlag, Explosion, Implosion, Aufprall eines Luftfahrzeuges, seiner Teile oder seiner Ladung sowie für Leitungswasser, Sturm und Hagel (je nach Bedingungswerk gibt es Abweichungen). Der Schaden aufgrund eines Blitzschlages ist nur dann versichert, wenn der Blitz unmittelbar auf die versicherte Sache (das Gebäude oder dessen Bestandteile) aufgetroffen ist. Tritt der Blitz beispielsweise in das Dach des Nachbarn ein und verursacht eine Überspannung oder einen Kurzschluss an der Photovoltaikanlage (Induktionsschaden), so ist kein Versicherungsschutz gegeben. Auch Marderverbiss ist gewöhnlich nicht Bestandteil einer Wohngebäudeversicherung.

Darüber hinaus fehlt in der Regel der Versicherungsschutz für den Ertragsausfall im Schadensfall. Im nachfolgenden Bild war dies der Fall. Hier stand einmal eine Photovoltaikanlage mit 30 kWp. Diese war zwar in der Gebäudeversicherung mitversichert, jedoch nicht der Ertragsausfall von 54,53 ct pro kWh (Anlage Baujahr 2005). Monatlicher Ertragsausfall:

rund 1 300 €. Bis nach dem Brand wieder ein Gebäude mit einer Photovoltaikanlage steht, können Monate vergehen.



Bild 127: Großbrand nicht nur mit Sachschaden, sondern auch Vermögensschaden

10.6 Klauseln

Zu prüfen ist bei den Versicherungen auch, welche Klauseln (Auflagen) vorhanden sind bzw. gemacht werden, insbesondere welche technischen Voraussetzungen gegeben sein müssen, damit der Versicherer überhaupt leistet oder sich ggf. ein Risikozuschlag oder eine prozentuale Erhöhung des Eigenanteils im Schadensfall ergibt.

Zu beachten ist daher z. B.,

- ob ein äußerer Blitzschutz erforderlich ist
- ob ein Überspannungsschutz gefordert ist
- ob Schäden aus Marderverbiss abgedeckt sind
- ob die PV-Anlage regelmäßig zu warten ist.

Außerdem ist genauestens zu prüfen, welche Schäden nicht versichert sind.

10.7 Risikoangaben / vorvertragliche Obliegenheiten

Bei größeren PV-Anlagen ist es mittlerweile obligatorisch, dass der Versicherer durch eine Begutachtung vor Versicherungsabschluss eine Risikobewertung durchführt. Ansonsten sind in Zeiten des Internets und der damit möglichen Angebotsanforderung oder auch Vertragsabschlüsse (online) die entsprechenden Risikoangaben durch den Anlagenbetreiber selbst anzugeben, soweit der Versicherer hiernach in seinen Vordrucken fragt und Angaben verlangt. Diese müssen dann aber auch vollständig und richtig sein. Beispiele:

Bild 128: Risiko:
Strohlagerungen bewirken
Risikozuschläge beim
Versicherungsbeitrag



Bei PV-Anlagen auf **landwirtschaftlich genutzte Gebäude** sind diese auch als solche anzugeben. Insbesondere ergeben sich auch Fragen im Hinblick auf Stroh- und Heulagerungen und deren Mengen.

Achtung! Manche Versicherer schließen bei feuergefährdeten Betriebsstätten (Landwirtschaft, holz- oder papierverarbeitende Betriebe, Lagerstätten) das Schadensrisiko »Feuer« komplett aus.

Blitz- und Überspannungsschutz

Wenn die Anlage durch einen Überspannungsschutz geschützt sein muss, dann muss dieser auch vollständig sein. Der reine Feinschutz bei den Wechselrichtern reicht z.B. nicht aus. Es sind die normativen Bedingungen zum Schutz der kompletten Anlage einzuhalten – auch der Kommunikationseinrichtungen.

Werden unvollständige oder falsche Angaben gemacht, hat dies Folgen. Bei größeren Schadensereignissen lässt der Versicherer in der Regel den Schaden durch einen Sachverständigen begutachten. Stellt dieser Risikoabweichungen gegenüber dem Versicherungsvertrag fest, kann der Versicherer im Schadensfall Leistungen verweigern. Im besten Fall zahlt er nur aus Kulanz und verlangt entsprechende Nachrüstungen bzw. Nachbesserung oder schließt gewisse Risiken aus oder er leistet nur für einen Teil des Schadens Ersatz. Im schlechtesten Fall riskiert der Anlagenbetreiber die Kündigung des Versicherungsvertrages seitens des Versicherers.

Weitere erforderliche Anzeigen können sein:

- Gefahrenerhöhung
- Abweichungen von Sicherheitsvorschriften
- Betriebserweiterung
- Betriebsverlegung.

Risikoausschlüsse

Leider können nicht alle Risiken und Schäden bei einer PV-Anlage versichert werden. Nach den allgemein bekannten Versicherungsbedingungen sind diese Schäden⁶ durch

- Vorsatz des Versicherungsnehmers oder dessen Repräsentanten
- Krieg, kriegsähnliche Ereignisse, Bürgerkrieg, Revolution, Rebellion, Aufstand
- innere Unruhen
- Kernenergie, nukleare Strahlung oder radioaktive Substanzen
- Erdbeben
- Mängel, die bei Abschluss der Versicherung bereits vorhanden waren und dem Versicherungsnehmer oder seinen Repräsentanten bekannt sein mussten,
- betriebsbedingte normale oder betriebsbedingte vorzeitige Abnutzung oder Alterung
- Ersatz einer Sache, deren Reparaturbedürftigkeit dem Versicherungsnehmer oder seinen Repräsentanten bekannt sein musste
- Verantwortlichkeit eines Dritten, der als Lieferant (Hersteller oder Händler), Werkunternehmer oder aus Reparaturauftrag einzutreten hat.

Es wird dringend empfohlen, neben den Bedingungen der eigentlichen PV-Versicherung auch die Bedingungen der bestehenden Gebäudeversicherung genau zu hinterfragen und deren Besonderheiten bei der Anlagenplanung bereits zu berücksichtigen. Beispielsweise verzichten viele PV-Versicherer auf einen äußeren Blitz- oder Überspannungsschutz. Die Gebäudeversicherung kann jedoch die Forderung nach Blitzschutz- und Überspannungsschutzeinrichtungen für PV-Anlagen in ihren Versicherungsbedingungen enthalten. Bei einem Blitz- oder Überspannungsschaden an einem mit einer PV-Anlage versehenen Gebäude könnte sich dann bei einem fehlenden Schutz an der PV-Anlage die Gebäudeversicherung an einer Schadensbegleichung verweigern. Ziel muss es deshalb sein, die Anforderungen aller betroffenen Versicherer in Einklang zu bringen – insbesondere bei angemieteten Fremddächern.

Weiterhin wird empfohlen, der Wohngebäudeversicherung die Installation einer PV-Anlage zu melden, auch wenn diese bei einer anderen Versicherung versichert ist oder wird. Eine auf einem Dach installierte PV-Anlage kann für eine Gebäudeversicherung durchaus eine Risikoerhöhung darstellen. Dies gilt insbesondere für Gewerbebetriebe. Aus den Allgemeinen Versicherungsbedingungen sind Risikoänderungen gegenüber dem Versicherer anzuzeigen.

⁶ Quelle: www.rosa-photovoltaik.de [Stand: 12.09.2016]

10.8 Schadensfall / Schadensabwicklung

Waren bis vor einigen Jahren Versicherungsfälle noch überschaubar, hat sich das Bild bei derzeit rund 1,6 Mio. installierten Anlagen entsprechend gewandelt. Neben der Anzahl der Anlagen ergeben sich Schäden vielfach durch Installationsmängel und immer häufig auftretenden Wetterextremen.

Im Schadensfall gibt es verschiedene Interessenslagen:

- seitens des versicherten Anlagenbetreibers: schnelle Schadensabwicklung
- seitens des Versicherers: Schadensminderung, Plausibilität der Schadensursache, kostenorientierte Schadensbehebung
- seitens des Installateurs: Serviceleistung / Neuaufltrag.

Hierbei gehen die Interessen aller Beteiligten Parteien oftmals weit auseinander. Meint der Anlagenbetreiber aufgrund des schadensbedingten Anlagenausfalles so schnell wie möglich Ersatzmaßnahmen seitens seines Installateurs vornehmen zu lassen, »wittert« der eine oder andere Installateur natürlich sofort einen »günstigen« Auftrag. Soweit dann Anlagenteile beschädigt sind, wird in vielen Fällen gleich Neuersatz angeboten und ausgeführt – auch nicht selten zu entsprechenden Preisen. Dass dann Auseinandersetzungen mit dem Versicherer vorprogrammiert sind, versteht sich von selbst, trifft aber nicht selten oftmals auf Unverständnis bei Anlagenbetreiber und Installateuren. Nachfolgend werden Hinweise und Empfehlungen zur Schadensabwicklung gegeben, welche eine zügige und reibungslose Reparatur und Instandsetzung fördern sollen.

Schadensdefinition

Die Frage, was überhaupt ein versicherter Schaden ist, mag verwundern, ernüchtert aber nicht selten den Anlagenbetreiber.

Der Versicherer leistet nach den Allgemeinen Bedingungen Entschädigung für unvorhergesehene eintretende Beschädigungen oder Zerstörungen von versicherten Sachen (Sachschaden) und bei Abhandenkommen versicherter Sachen durch Diebstahl, Einbruch, Raub der Plünderung.

Für viele stellt sich die Frage, was sind unvorhersehbare Schäden? Unvorhergesehen sind Schäden, die der Versicherungsnehmer weder rechtzeitig vorhergesehen hat, noch mit dem für die im Betrieb ausgeübte Tätigkeit erforderlichen Fachwissens hätte vorhersehen können (grobe Fahrlässigkeit ausgenommen). Bei elektronischen Bauelementen (hierzu zählen insbesondere Photovoltaikmodule und Wechselrichter), wenn eine versicherte Gefahr nachweislich von außen auf eine Austauscheinheit (Einzelteil) oder auf die versicherte Sache insgesamt eingewirkt hat. Ist dies nicht der Fall, wird nur auf Folgeschäden Entschädigung geleistet.

Beispiele für äußere Einwirkungen:

- Blitzschlag
- Hagelschlag
- Marderverbiss.

Beispiele für Schäden ohne äußere Einwirkungen, typisch hierbei sind Montagefehler oder Nachlass der Modulleistung durch Herstellungsfehler:

- Wird durch einen Montagefehler das Dach undicht oder beschädigt (z. B. Ziegelbruch), so leistet die PV-Versicherung nichts, soweit nicht auch an der PV-Anlage ein Schaden aufgetreten ist (z. B. Modulbruch, weil das Schienensystem sich durch den nachgebenden Dachhaken verbogen hat). Ggf. sind in der Versicherung lediglich eine begrenzte Summe für De- und Remontagekosten enthalten.
- Lässt die Leistung der PV-Module überdurchschnittlich nach, leistet die PV-Versicherung ebenfalls nicht – auch keinen Ertragsausfall. Hier handelt es sich um eine qualitative Eigenschaft des Produkts, welcher über Garantieleistungen der Hersteller abgedeckt ist.

Führen Produktfehler zu Schäden – z. B. Brandschaden an Modulanschlussdose – leistet die Versicherung, soweit der Modulhersteller für diesen Schaden nicht mehr einstehen kann (Ablauf Produktgarantie oder Insolvenz). Die Reparaturentschädigung aus der Versicherungsleistung ist hierbei jedoch nur auf die tatsächlich beschädigten (verbrannten) Module / Modulanschlussdosen beschränkt. Sind in der betroffenen PV-Anlage noch weitere Module des gleichen Typs mit Produktfehler vorhanden, welche zwar noch nicht beschädigt (verbrannt) sind, jedoch ein solches Risiko für die Zukunft darstellen, so handelt es sich hier nicht mehr um einen unvorhersehbaren Schaden. Das weitere Brandrisiko ist daher zukünftig ausgeschlossen, bis der Anlagenbetreiber eine Reparatur der Module (z. B. Austausch der Anschlussdosen) vorgenommen hat – und zwar auf seine Kosten. Typisches Beispiel hierfür sind Scheuten-Module.

Gleiches gilt für Mängel an der PV-Anlage, welche erkennbar sind. Führen solche Mängel zu Schäden, war der Schaden nicht mehr unvorhersehbar. Eine Leistungspflicht seitens des Versicherers entfällt daher. Wird zum Beispiel bei einer Anlagenprüfung festgestellt, dass die Modulbefestigungen nicht den statischen Anforderungen entsprechen und kommt es danach infolgedessen zu einem Schaden, war dieser Schaden vorhersehbar.

Weitere, vorhersehbare und daher nicht versicherte Ereignisse können sein:

- betriebsbedingter normaler Verschleiß oder vorzeitige Abnutzung
- Schäden aus Montagemängeln welche bereits dem Anlagenbetreiber bei Abschluss der Versicherung bekannt waren

- wenn die Reparaturbedürftigkeit der Anlage oder Teile hiervon dem Versicherungsnehmer bekannt sein mussten (z. B. Ergebnisse aus der regelmäßigen Wartung)
- wenn für den Schaden ein Dritter (z. B. Installateur) einzustehen hat (Gewährleistung/Garantie).

Viele Anlagenbetreiber zeigen sich enttäuscht von ihrer Versicherung, wenn Ertragsausfall oder Ersatz verweigert wird, falls die Module überdurchschnittlich an Leistung verlieren oder Geräte (z. B. Wechselrichter) ohne äußere Einwirkung defekt werden. Man hört dann immer wieder »Für was habe ich denn eine Versicherung?« Eine Übernahme von solchen Ersatzleistungen durch den Versicherer würde aber in diesem Fall ja bedeuten, dass er Garantieleistungen übernehmen würde. Wenn man bedenkt, dass Garantieverlängerungen für Wechselrichter teilweise viel Geld kosten und eine solche käufliche Garantieverlängerungen für Module seitens der Hersteller erst gar nicht angeboten wird, kann man sich ausmalen, wie hoch die Versicherungsprämien sein würden, wenn ein Versicherer auch solche »Schäden« abdecken würde.

Beispiel aus der Fahrzeugversicherung: Geht ein Motor bei einem Fahrzeug ohne äußere Einwirkung defekt (z. B. Zylinderschaden), haftet selbst eine Vollkaskoversicherung nicht für diesen Schaden.

Mittlerweile bieten einzelne Assekuranzan auch Garantieversicherungen für den Fall an, dass Hersteller insolvent gehen oder Garantien abgelaufen sind. Der wirtschaftliche Nutzen solcher Versicherungen sollte hierbei durchaus hinterfragt werden, denn spezielle Versicherungen haben oftmals ihren Preis.

Auch erforderliche Anlagenverbesserungen oder Reparaturen sind vom Versicherungsschutz ausgeschlossen. Werden in einem Schadensfall an der PV-Anlage z. B. Mängel festgestellt, so sind diese auf Kosten des Anlagenbetreibers zu beseitigen. Gleches gilt, wenn nach einem Überspannungsschaden die Auflage der Versicherung kommt, einen Überspannungsschutz nachzurüsten. Die Kosten hierfür muss der Versicherte selbst tragen.

Obliegenheiten des Versicherten (Anlagenbetreiber)

Aus den Versicherungsbedingungen ergeben sich eine Vielzahl von Obliegenheiten des Versicherten im Schadensfall.

- Die Schadensmeldung muss zeitnah erfolgen, dies zum einen wegen der Schadensminderungspflicht des Anlagenbetreibers (Ertragsausfall), aber auch zur Nachvollziehbarkeit und Prüfung der Schadensursache. Nicht selten werden Schäden oft Wochen, ja sogar Monate später »nachgemeldet«. Die Ursache hierfür liegt oft darin, dass der Anlagenbetreiber gar nicht mitbekommt, dass an seiner Anlage ein Schaden vorhanden ist, weil z. B. ein ausreichendes Anlagenmonitoring fehlt.

- Aus der bereits genannten Schadensminderungspflicht ergibt sich die Verpflichtung, nach Möglichkeit für die Abwendung und Minderung des Schadens zu sorgen, z. B. durch Abschalten und Außerbetriebsetzung der Anlage.
- In Zweifelsfällen hat der Versicherte Weisungen bei der Versicherung einzuholen und / oder zu befolgen, welche zur Abwendung des Schadens oder zu deren Minderung führen.
- Schäden durch strafbare Handlungen (z. B. Diebstahl) sind unverzüglich der Polizei zu melden und zur Anzeige zu bringen.
- Das Schadensbild ist so lange unverändert zu belassen, bis seitens des Versicherers eine Freigabe erfolgt oder ein von der Versicherung beauftragter Sachverständiger den Schaden begutachtet hat. Sind Veränderungen unumgänglich (z. B. zur Schadensminderung oder durch erforderliche Aufräumungsarbeiten), ist das Schadensbild ausreichend zu dokumentieren (z. B. Fotos). Beschädigte Teile sind so lange aufzubewahren, bis diese von der Versicherung zur Entsorgung freigegeben werden.

In den vorgenannten Punkten hat auch der beauftragte Installateur eine Mitwirkungspflicht. Er kann z. B. nicht einfach beschädigte Teile durch neue Teile ersetzen und die schadhaften Teile selbst entsorgen, wenn keine Freigabe durch die Versicherung vorliegt. Bei Versicherungsschäden empfiehlt es sich, Informationen zwischen Anlagenbetreiber, Installateur, Versicherung und Schadengutachter auszutauschen. Nur so ist eine reibungslose Schadensabwicklung garantiert.

Neuersatz / Reparatur im Zuge der Schadensabwicklung

Unabhängig von einem versicherten Schadens sollte es im Interesse des Anlagenbetreibers sein, dass seine PV-Anlage instandgesetzt bzw. repariert wird. Dies dient nicht nur der Vermeidung von Ertragsausfall und ein damit einhergehender finanzieller Verlust, sondern oft auch der Betriebssicherheit der Anlage und der Vermeidung möglicher Folgeschäden. Grundsätzlich ist es empfehlenswert, auch bei kleinen Versicherungsschäden, deren Freigabe zur Reparatur bei der Versicherung zu beantragen, um spätere streitige Auseinandersetzungen zu vermeiden.

Ein besonderes Augenmerk ist auf das »Wie« der Schadensabwicklung zu legen. Sicher ist es für einen Installateur lukrativ, für beschädigte Anlagenteile oder für die beschädigte Gesamtanlage gleich Neuware bzw. eine neue Anlage zu »verkaufen«. Hier ist grundsätzlich Vorsicht geboten. Das gilt sowohl für den Versicherungsnehmer, sprich Anlagenbetreiber, als auch für den Installateur.

Auch wenn in den meisten Versicherungen steht, dass die PV-Anlage nach dem Neuwert versichert ist, bedeutet dies nicht gleichlautend, dass bei einem Versicherungsfall und einer damit einhergehenden Beschädigung der Anlage diese gleich durch eine neue Anlage ersetzt werden kann. Eine Versicherung auf den Neuwert sagt lediglich aus, dass bei einem Schaden im Zuge der Schadensregulierung beim Neuwert auf den »Abzug des sich

aus dem Unterschied zwischen alt und neu ergebenden Minderwertes« verzichtet wird. Kann eine beschädigte Sache repariert werden, werden nur die Reparaturkosten erstattet. Um auf das Beispiel mit einem Fahrzeug zurückzukommen: Wird bei einem Fahrzeug ein Kotflügel beschädigt, wird nur dessen Reparatur oder Ersatz seitens der Fahrzeugversicherung geleistet – dies gilt auch bei einer Vollkaskoversicherung. Der Versicherungsnehmer hat keinen Anspruch auf einen Neuwagen (Ausnahme: Vollkasko bis einem Kilometerstand bis 1 000 km oder / und Fahrzeugalter von max. einem Monat).

Weiterhin ist zu unterscheiden zwischen technischem und wirtschaftlichem Totalschaden. Ein »technischer Totalschaden« liegt dann vor, wenn die Beschädigungen derartig erheblich sind, dass eine Wiederherstellung des vorigen Zustandes nicht mehr möglich ist oder einen völlig unverhältnismäßigen Aufwand erfordern würde, beispielsweise im Fall von Glasbruch bei Modulen oder Brand eines Wechselrichters.

Ein »wirtschaftlicher Totalschaden« liegt vor, wenn die entsprechenden Reparaturkosten höher sind als der Wiederbeschaffungswert. Aber auch schon dann, wenn die Reparaturkosten die Differenz zwischen Wiederbeschaffungswert und Restwert übersteigen, spricht man von einem wirtschaftlichen Totalschaden. In bestimmten Fällen kann auch schon eine geringe Beschädigung eines Anlagenteils zu einem wirtschaftlichen Totalschaden führen, wenn nur sein Wiederbeschaffungswert aufgrund des Alters der Anlage hinreichend gering ist. Bei der Feststellung eines wirtschaftlichen Totalschadens liegt regelmäßig die Kostenkalkulation für eine gewerblich durchgeführte Wiederinstandsetzung durch Fachpersonal und unter Verwendung von Neuteilen zu Grunde.

Ist die Restwertbestimmung bei einem Fahrzeug recht einfach (»Schwackeliste«), gestaltet sich dies bei einer PV-Anlage unter Umständen recht schwierig, wenn in den letzten Jahren zwar die Modulpreise für Neumodule stark gesunken sind, aber Restposten von älteren Modulmodellen oftmals mit hohen Marktpreisen gehandelt werden. Darüber hinaus muss auch berücksichtigt werden, wie sich ein »wirtschaftlicher Totalschaden« eines Moduls auf die Instandsetzung der Gesamtanlage auswirkt, wenn z. B. durch fehlenden gleichwertigen Ersatz ein kompletter String (z. B. 15 bis 20 Module) ausgetauscht werden muss. Letztendlich ist auch dann noch die Wirtschaftlichkeit der Reparatur eines Moduls gegeben, wenn dies den Rest- oder Neuwert um ein Mehrfaches übersteigt. Es muss also unter Umständen die Gesamtanlage betrachtet werden – und nicht nur ein einzelnes Bauteil.

Im Falle eines Totalschadens kann der Geschädigte in der Regel als Schadensersatz nicht die ursprünglichen Herstellungskosten verlangen, sondern nur die Kosten der Wiederbeschaffung einer gleichwertigen Ersatzsache minus dem Restwert der beschädigten Sache. Bei einer Neuwertversicherung verzichtet der Versicherer auf diese Differenzberechnung.

Bei einer Neuwertversicherung verzichtet der Versicherer auf diese Differenzberechnung (Beispiel: Photovoltaikanlage mit 20 kWp, Baujahr 2006, Neupreis damals rund 65 000 €; aktueller Neupreis Schadensfall 2016: rund 28 000 €. Erstattung der Versicherung: 28 000 €).

Verzichtet der Versicherte bei einem Totalschaden auf den Neubau einer Anlage (z. B. bei Brand, wenn das Gebäude nicht mehr aufgebaut wird), bekommt er nur noch den Zeitwert der »alten« Anlage ersetzt. Dieser berechnet sich aus dem aktuellen »Neuwert« abzüglich der bisherigen Nutzungsdauer der »alten« Anlage.

Zu dem o. g. Beispiel:

Aktueller Neupreis 2016: rund 28 000 €

Bei einer Betriebsdauer von rund 10 Jahren bei einer anzusetzenden Nutzungsdauer von 20 Jahren ergibt sich ein Abzug von ca. 50 % vom Neuwert

Auszahlung der Versicherung: rund 14 000 €

Die vorangegangenen Punkte sollten dringend beachtet werden, bevor eine Schadensabwicklung voreilig durchgeführt wird, um Ärger oder Diskussionen mit dem Versicherer zu vermeiden.

Verantwortung und Haftung des Installateurs

Dass es für einen Installateur sicherlich lukrativer ist, eine beschädigte PV-Anlage durch Neuteile zu ersetzen, ergibt sich von selbst. Dass dies nicht so einfach geht, wurde oben bereits erläutert. Darüber hinaus sollte Folgendes beachtet werden: Eine Instandsetzung oder Reparatur einer PV-Anlage basiert auf Werkvertragsrecht. Demzufolge trifft den Installateur eine Hinweis- und Beratungspflicht gegenüber dem Anlagenbetreiber. Soweit die PV-Anlage oder Teile hiervon repariert werden können, sollte er den Anlagenbetreiber darauf hinweisen. Im schlimmsten Fall bleibt ansonsten der Versicherte (Anlagenbetreiber) auf dem Differenzbetrag zwischen Reparaturkosten und Neuwert sitzen, soweit die Reparaturkosten deutlich niedriger sind.

Reparaturmöglichkeiten

Wie vorangegangen bereits angesprochen, kann eine Reparatur gegenüber einem Neuersatz durchaus wirtschaftlicher und nach Versicherungsrecht auch geboten sein. Dies gilt insbesondere dann, wenn entsprechende Anlagenteile nicht mehr auf dem Markt angeboten werden.

Probleme gibt es hierbei insbesondere bei den Modulen. Ältere Modelle werden nicht mehr hergestellt. Bei Beschädigungen von einem oder wenigen Modulen ist oftmals der Austausch aller Module eines ganzen Strings erforderlich. Handelt es sich um kleine Anlagen, müssten oftmals alle Module getauscht werden, wenn z. B. nur ein Stringwechselrichter existiert. Darüber hinaus gibt es vielfach unterschiedliche Modulabmessungen in Länge, Breite und Rahmenhöhe. Oft ist es daher schwierig, auch bei geeigneten Ersatzmodulen diese in die vorhandene Restanlage zu integrieren, ohne dass gleich das gesamte Anlagenbild förmlich aus dem Rahmen fällt.

Module

Bei den Modulen wurden oben beispielhaft bereits die Probleme dargestellt. Alternative Schadensbeseitigungen ergeben sich zum einen durch Reparatur oder durch Ersatz auf dem Zweitmarkt.

Es gibt heutzutage bereits Reparaturtechniken, welche sich bewährt haben und durchaus wirtschaftlich erscheinen. Bei Überspannungsschäden an Modulen werden meist nur die Bypassdiode beschädigt. Der reine Materialersatz für solche Bypassdiode entspricht Centbeträgen. Einschließlich Lohnkosten für den Austausch ergeben sich Kosten in Höhe von rund 5 bis 10 Euro pro Modul. Selbst bei angesengten oder verschmorten Modulanchlussdosen können diese getauscht werden, wenn beim Tausch das Backsheet des Moduls nicht beschädigt wird. Auch Kratzer im Backsheet lassen sich reparieren.

Die Kosten für den Austausch einer Anschlussdose, einschließlich Funktionsprüfung des Moduls (Isolationsfestigkeit, Leistungs-Flash) liegen bei etwa 50 bis 80 Euro pro Modul. Ein neues Modul kann mit so einem Preis sicherlich nicht mithalten. Sind mehrere Module einer Anlage betroffen, macht dies einen erheblichen Kostenunterschied aus.

Auch der Ersatz von gleichwertigen und elektrisch gleichen Modulen eines anderen Herstellers kann sinnvoll sein, wenn hierdurch der Austausch eines ganzen Modulstrings vermieden wird. Dies gilt auch für Moduleinzelrestbestände, deren Preis jenseits des üblichen Marktpreises liegt. Einige Zweitmärkte (z. B. Secondsol oder PV-Xchange) bieten durchaus noch Einzelstücke an, welche ansonsten auf dem Markt völlig verschwunden sind. Auch Reparaturbetriebe haben oftmals noch Restposten auf Lager.

Wechselrichter

Bei Wechselrichter ergeben sich ähnliche Möglichkeiten, wie bei den Modulen. In den letzten Jahren haben sich einige Betriebe auf die herstellerunabhängige Reparatur von Wechselrichtern spezialisiert und dies nicht nur im Versicherungsfall (z. B. Überspannungsschaden) sondern auch bei einem »regulären« Ausfall. Die oftmals von den Wechselrichterherstellern angebotenen Austauschgeräte sind durchaus als teuer zu bezeichnen, obgleich es sich hier vielfach um »gebrauchte« (»runderneuerte«) Geräte handelt. Ein 10 kW-Gerät kostet als Austauschversion durchaus rund 1500 €, wogegen eine Reparatur (je nach Aufwand) zwischen 200 € und 700 € liegen kann.



Bild 129: Überspannungsschaden an Wechselrichter – Reparaturfähigkeit zumindest prüfbar

Garantieleistung

Ein Nachteil für den Anlagenbetreiber entsteht bei der Reparatur eines Wechselrichters mit dem Entfall der herstellerseitigen Garantie. Wie bereits erläutert, sind Garantien nicht versichert und ansonsten nur begrenzt versicherbar. Bei einer üblichen Allgefahrendeckung stehen Garantien außen vor. Wird z.B. ein zwei Jahre alter Wechselrichter mit einer fünfjährigen Werksgarantie durch Überspannung beschädigt und repariert, entfällt die Werksgarantie für dieses Gerät (welche sowieso bei einem Überspannungsschaden nach den Garantiebedingungen der Hersteller nicht greift und für das entsprechende Gerät entfällt). Es bleibt ausschließlich die Reparaturgarantie, welche üblicherweise bei einem Jahr liegt. Dem Versicherungsnehmer ist es aber unbenommen, sich ein »teureres« Austauschgerät mit entsprechender Garantie zu besorgen, er bekommt aber von der Versicherung allenfalls den Reparaturpreis ersetzt und muss den Differenzbetrag selbst tragen.

10.9 Regress

Nicht selten landen Versicherungsschäden in den Regressabteilungen der Versicherer. Grund hierfür ist die Annahme, dass der Versicherer Gründe oder Anzeichen dafür sieht, seine gegenüber dem Versicherer erstatteten Leistungen teilweise oder insgesamt von einem Dritten als Schadenersatz zurückfordern zu können. Meist trifft es hierbei den Installateur. Dies ist dann zum Beispiel der Fall, wenn sich ein Schadeneignis durch einen Montage- oder Planungsfehler ergeben hat und der Installateur oder Anlagenplaner sich noch in der gesetzlichen Gewährleistung befindet.

Ein weiterer Fall ergibt sich beispielsweise, wenn die Anlage regelmäßig oder in unbestimmten Abständen »gewartet« wird und aus einer unzureichenden Wartung oder Prüfung (Inspektion) ein Schaden entsteht, welcher zumindest aus fachlicher Sicht voraussehbar war.

Bild 130: Steckerbrand an einer Freifeldanlage durch Materialfehler; regelmäßige Wartung durch Servicebetrieb; frühere Isolationsfehler und Steckerschmorschäden wurden ursächlich nicht erforscht; erforderliche Maßnahmen gegenüber dem Anlagenbetreiber nicht offen gelegt; Schaden war daher zumindest von der verantwortlichen Wartungsfirma vorhersehbar.



Bild 131: Positionsverschiebungen der Module durch temperaturbedingte Längenänderungen der Tragschienen (fehlende Raumfugen); hierdurch gelöste Module mit Schadensfolge; Anlage wurde regelmäßig gewartet, augenscheinliche Veränderungen an der Tragkonstruktion und den Modulen offensichtlich übersehen.



10.10 Versicherungsausschluss

Grundsätzlich ist es für den Anlagenbetreiber von Vorteil, seine PV-Anlage zu versichern, um im Schadenfall keine finanziellen Nachteile zu haben. Demgegenüber besteht aber auch auf Seiten der Versicherung das Interesse, das Schadensrisiko so klein wie möglich zu halten. Es gibt also auf beiden Seiten ein wirtschaftliches Interesse.

Aufgrund der sich immer mehr häufenden Schäden an PV-Anlagen mit durchaus erheblichen Schadenssummen werden zur Schadensbewertung und Schadensursachenbestimmung seitens der Versicherer vermehrt Sachverständige eingeschaltet. Dies gilt nicht nur zur Bewertung des Schadensumfanges sowie der Bestimmung der Schadenshöhe, sondern auch, ob es sich tatsächlich um einen Schaden im Sinne der Versicherung handelt. Hierbei werden seitens des Versicherers auch der bereits oben beschriebene aktuelle Neuwert und Zeitwert abgefragt. Bei Letzterem ist es seitens des Sachverständigen erforderlich, sich zumindest grob einen Überblick über den Anlagenzustand zu verschaffen, um zumindest einigermaßen gesichert eine Zeitwertbestimmung machen zu können. Hierbei ergeben sich mitunter durchaus Überraschungen, nämlich dann, wenn der Anlagenzustand nicht den normativen und sicherheitstechnischen Vorschriften genügt. Hierbei wird das Anlagenalter und der »Verschleiß« oder sogar ein kleiner Versicherungsschaden schnell zur Nebensache, wenn z. B. erkennbare Nachlässigkeiten bei der Statik oder dem Blitz- und Brandschutz das Versicherungsrisiko erheblich erhöhen. Im Nachgang der Schadensabwicklung wird der Versicherer in der Regel eine Instandsetzung und Nachbesserung der Anlage verlangen und bis zu dem vorzulegendem Nachweis der Durchführung die entsprechenden versicherten Risiken aus dem Versicherungsvertrag aussetzen.

10.11 Vertragswechsel – Kündigung – Anpassung

Wegen vieler mangelhaft errichteter Anlagen und zunehmender Wetterextreme wie Sturm (Tornados), Gewitter (Überspannung) und Hagel werden die Versicherer zukünftig reagieren müssen. So ist es bereits jetzt deutlich schwieriger, Altanlagen zu versichern. PV-Anlagen mit einem hohen Schadensspiegel riskieren zudem die Kündigung seitens des Versicherers und somit jeglichen Versicherungsschutz – auch bei dem Versuch, sich anderweitig zu versichern. Die Auflagen im Zuge von Schadensfällen oder auch bei Neu-anlagen werden steigen, insbesondere in Richtung Überspannungsschutz, regelmäßiger Prüfungsnachweise oder einer vorherigen Risikoeinschätzung.

Ein paar Euro lassen sich auch bei einer guten Versicherung einsparen, wenn man ab und zu die Versicherungssumme überprüft und anpasst. Lag die Neuwertversicherung bei einer 30 kWp-Anlage in 2003 noch bei gut 140 000 €, ergibt sich für 2016 ein Neuwert von nur noch rund 40 000 € aufgrund der gesunkenen Systempreise. Die Anpassung der Versicherungssumme sollte also beim Versicherer kein Problem sein.

11 Anlagenoptimierung – Verbesserungen

Besonders bei älteren Photovoltaikanlagen besteht in gewissen Fällen die Möglichkeit einer Optimierung. Im Fachjargon fällt eine Anlagenoptimierung unter den Begriff »Verbesserung«. Dies ist eine Aufwertung des ursprünglichen Anlagenzustandes zur Verbesserung der Anlagenleistung oder des Betriebes. Die kann z. B. sein:

- Einbau einer Fernüberwachung
- Entfernung von Verschattungsursachen
- Tausch der Wechselrichter gegen solche mit verbessertem Wirkungsgrad

Maßnahme	Ergebnis	zu beachten
Einbau Fernüberwachung	Komfortable, sichere Betriebsführung, Verkürzung der Reaktionszeiten bei Ausfällen	Wirtschaftlicher Mehrwert schwer darstellbar, wenn auch Investition sicherlich sinnvoll, da Anlagenverfügbarkeit erhöht wird
Entfernen oder Optimieren von Teilverschattungen	Optimierter Ertrag bei Beseitigung oder Reduzierung der Teilverschattung	Kann sich lohnen, wenn Aufwand relativ gering, z. B. Versetzen einer SAT-Antenne, Versetzen von einzelnen Modulen
Tausch Wechselrichter	Besserer Wirkungsgrad, je nach Modell und Alter zwischen 2 % und 6 %	Rentiert sich meist bei älteren Anlagen mit hoher Einspeisevergütung. Achtung: Restlaufzeit beachten; Meldung an Netzbetreiber wegen geänderter Anlagenkonfiguration
Modultausch	Höhere Leistung, bessere Erträge	Aufgrund der gesunkenen Modulpreise für Altanlagen sicher interessant. Zu beachten ist, dass zwar ein Modultausch bei Garantiefall oder Instandsetzung nicht die Einspeisevergütung verändert, jedoch eine Mehrleistung gegenüber der ursprünglichen Leistung grundsätzlich eine Anlagenerweiterung darstellt, bei der sich eine andere Vergütung ergibt (siehe nachfolgende Kapitel). Die Erweiterung ist auch beim Netzbetreiber anzumelden.

Tab. 11.1: Maßnahmenbeispiele zur Anlagenoptimierung

Die Anlagenoptimierung unterliegt in den meisten Fällen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, d. h. es sollte untersucht werden, welcher Nutzen einem bestimmten Aufwand zur Verbesserung einer Anlage gegenüber steht und welche Konsequenzen beachtet werden müssen – auch im Hinblick auf mögliche Bestimmungen des Netzbetreibers in Verbindung mit den Regelungen des aktuellen Erneuerbaren Energiegesetzes.

Neben der Verbesserung, bei der diese nur einen indirekten finanziellen Vorteil bietet – z. B. der Einbau einer Fernüberwachung zur Lokalisierung auftretender Anlagenfehler – gibt es auch Verbesserungen, welche ins Geld gehen und bei denen man genau kalkulieren muss, inwieweit sich diese lohnen. Hierzu zwei Beispiele:

Tausch von Wechselrichtern

Gerade bei älteren Anlagen findet man oftmals viele kleine Wechselrichter mit Transformatorentechnik. Hier liegen die Wirkungsgrade bei ca. 92 % bis 94 %. Wechselrichter neuerer Generation mit trafoloser Technik haben Wirkungsgrade bis zu 99 %. Es muss vorher auch geprüft werden, ob die Module mit der neuen Wechselrichtertechnik betrieben werden dürfen.

Bei einer 10 Jahre alten Photovoltaikanlage (Erstinbetriebnahme 2006) mit einer Leistung von 30 kWp beträgt die Einspeisevergütung 51,80 ct/kWh. Die Kosten von zwei neuen Wechselrichtern mit einer Leistung von je 15 kW liegen bei ca. 2500 € netto pro Gerät – also insgesamt ca. 5000 €. Unterstellt man, dass die gegenständliche Photovoltaikanlage bisher ein Ertragsergebnis im Mittel von 940 kWh/kWp hat, ergibt sich bei einer angenommenen Wirkungsgradverbesserung der Wechselrichter um nur 4 % ein Mehrertrag von rund 38 kWh/kWp. Bei 30 kWp wären dies ca. 1140 kWh. Bei der vorgenannten Vergütung wäre dies ein Mehrerlös von ca. 590,00 € pro Jahr. Dies bedeutet, dass sich die neuen Wechselrichter in 8,5 Jahren amortisiert hätten.

Das Beispiel zeigt bereits, dass es sicher nicht überall angebracht ist, ältere Wechselrichter zu tauschen. Es bedarf hier schon eines genaueren wirtschaftlichen Vergleichs. Noch nicht mit eingerechnet wurde, dass mit den neuen Wechselrichtern auch eine Garantieleistung von üblicherweise fünf Jahren verbunden ist, d. h. in dieser Zeit fällt ein Austauschrisiko der älteren Wechselrichter wegen Defekts weg.

Tausch von Modulen

Hier wird es schon etwas schwieriger, den wirtschaftlichen Effekt genau zu bestimmen, insbesondere weil man hier auch von größeren Investitionssummen redet. Es gibt aber durchaus Situationen, und die sind sicherlich auch nicht selten, dass Module in ihrer Leistung erheblich nachgelassen haben und der Hersteller in Punkt Leistungsgarantie nicht mehr greifbar ist. Man muss entweder mit der Minderleistung leben oder überlegen, mit einem Modultausch einen größeren Verlust auszugleichen.

Als Beispiel kann die gleiche Anlage wie oben beschrieben verwendet werden: 30 kWp Anlagenleistung mit Dünnschichttechnik; Anlagenalter 10 Jahre; Leistungsverlust 30 % – d.h. anstatt den im Mittel üblichen 940 kWh/kWp erbringt die Anlage nur noch rund 660 kWh. Es fehlen somit im Mittel Jahr für Jahr ca. 280 kWh/kWp bzw. insgesamt 8400 kWh zu 51,80 ct = rund 4350 €. Unterstellt man, dass dieser Verlust in den letzten 10 Jahren der EEG-Vergütung gleich bleibt, summiert sich dieser auf ca. 43 500 €.

Der Neupreis einer 30 kWp-Anlage liegt derzeit zwischen 1200 €/kWp und 1500 € pro kWp, d.h. insg. zwischen 36 000 € und 45 000 €. Sprechen wir hier nur von einem Modultausch, ist bereits ersichtlich, dass je nach Brauchbarkeit des vorhandenen Unterbaus zur Montage der neuen Module sich der Aufwand lohnt. In der Regel wird es auch so sein, dass bei Verwendung anderer Modultechniken (z.B. Silizium) auch mehr als 30 kWp installiert werden können. Die Mehrinstallation an Leistung stellt jedoch eine Anlagenerweiterung dar. Sie ist seitens des Netzbetreibers genehmigungspflichtig und auch registrierungspflichtig. Bei der Mehrinstallation können sich auch andere Vorteile ergeben, wie z.B. Eigenstromnutzung. Andererseits können sich die technischen Anforderungen und somit die Investition erhöhen (Anlagenschutz, zusätzlicher Zähler, etc.). Dies ist jedoch gesondert wirtschaftlich darzustellen.

	Anlage »alt«	Modultausch
Leistung Soll	940 kWh/kWp	
Leistung Ist	660 kWh/kWp	
Vergütung Soll bei 51,80 ct/kWh	rd. 14 660 €	
Vergütung Ist bei 51,80 ct/kWh	rd. 10 250 €	
Verlust nächste 10 Jahre	rd. 44 000 €	
Kosten Modultausch 30 kWp ca. 900 € pro kWp		ca. 27 000 €
Mehrertrag durch Modultausch $(940 - 660 \text{ kWh/kWp}) \times 30 \text{ kWp} \times 51,80 \text{ ct/kWh}$		rd. 43 000 €
Amortisationsüberschuss		rd. 16 000 €

Tab. 11.2: Amortisationsannahme bei Modultausch

12 Modulreinigung – Schneeräumung

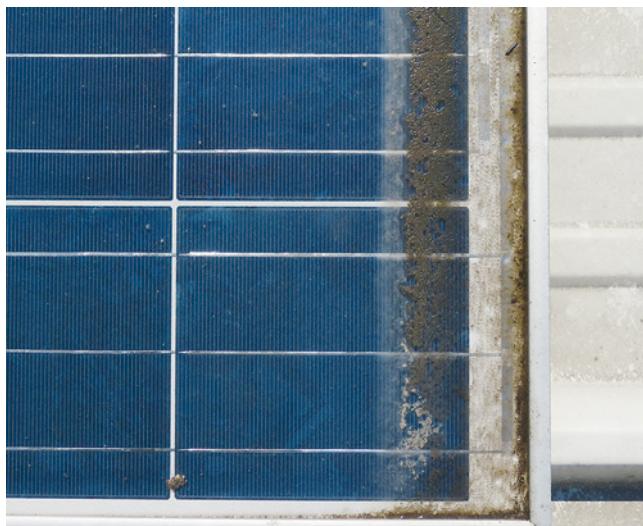
Die Module von PV-Anlagen sind ganzjährig der Witterung ausgesetzt. Dementsprechend ergeben sich durch äußere Einflüsse Umstände, welche zu Ertragsminderungen führen, nicht nur durch Verschattung von Objekten, sondern auch durch Verschmutzung und Schnee. Dieses Kapitel soll einen Einblick darüber geben, unter welchen Umständen man eine PV-Anlage reinigen muss, wie dies am besten geschieht und ob es sinnvoll ist, im Winter nach Schneefall die Module freizuräumen.

12.1 Verschmutzungen

Durch verschiedene äußere Einflüsse und Faktoren wie Vogelkot, Moosbildung, massive Staubablagerungen aus umliegendem Ackerbau oder Immissionen durch Industrie, Schornstein- und Abluftanlagen können Modulflächen verschmutzen. Je nach Dachneigung und Modultyp (gerahmt, ungerahmt) wird ein Teil der losen Verschmutzungen wie Staub, Blütenpollen und Blätter bei Regen wieder abgewaschen. In Abhängigkeit des Selbstreinigungseffektes bei geringeren Generatoreignungen – in der Regel $< 15^\circ$ – und der Schmutzeigenschaften können sich die Verunreinigungen jedoch zu einer verkrustenden Schicht oder einem klebrigen Film entwickeln, welche alleine durch Regenereignisse nicht mehr entfernt werden. Je nach Lichtempfindlichkeit des eingesetzten Halbleitermaterials kann sich dann der Ertrag der Anlage zunehmend verschlechtern und deshalb eine Reinigung erforderlich werden.

Die Reinigung von Modulen kann im Zuge einer Anlagenwartung oder Inspektion erfolgen. In normalen Wartungsverträgen ist diese Leistung jedoch ausgeschlossen, soweit die Erfordernis einer Reinigung und deren zeitliche Intervalle nicht genau vorhergesagt werden können.

Bild 132: Schmutz- und Moosbildung im Randbereich gerahmter Module



Aber auch bei der Modulreinigung gilt das wirtschaftliche Prinzip. Es gibt bislang keine wissenschaftlichen Faktoren und Aussagen, wann eine Photovoltaikanlage zu reinigen ist. Das muss in Anbetracht der Erträge, des Standortes der Anlage und den äußeren Einflüssen nach Einzelfall geprüft werden. Es gab schon enttäuschte Anlagenbetreiber, als nach einer Reinigung bei vermeintlicher Verschmutzung sich die Erträge kaum merkbar verbesserten. Das gleiche gilt, wenn sich nach der Reinigung aufgrund der äußeren Umstände die Verschmutzung nach kürzester Zeit wieder einstellt. Man sollte sich von Werbeversprechen mancher Reinigungsfirmen von bis zu 30 % mehr Leistung nach erfolgter Reinigung nicht blenden lassen. So etwas kann sich in Ausnahmefällen durchaus einmal ergeben, es bedeutet aber nicht automatisch, dass dies auch auf die eigene Anlage zutrifft.

Aus eigenen Erfahrungen können je nach Verschmutzungsgrad Verbesserungen von bis zu ca. 10 % angenommen werden. Als Beispiel sei hier eine Anlage in einem Gewerbegebiet genannt. Innerhalb von vier Jahren Anlagenbetrieb hat sich ein klebriger Film auf den Modulen entwickelt. Bereits während der Reinigung war der Unterschied deutlich zu sehen. Der Vergleich im Monitoring zeigt das Ergebnis auch deutlich. Die Anlagenleistung stieg um 9,3 %. Reinigungskosten von ca. 2 800 € bei einer 160 kWp-Anlage mit einem hierfür entstehenden Mehrertrag von ca. 3 600 € pro Jahr machten eine Reinigung daher mehr als rentabel.

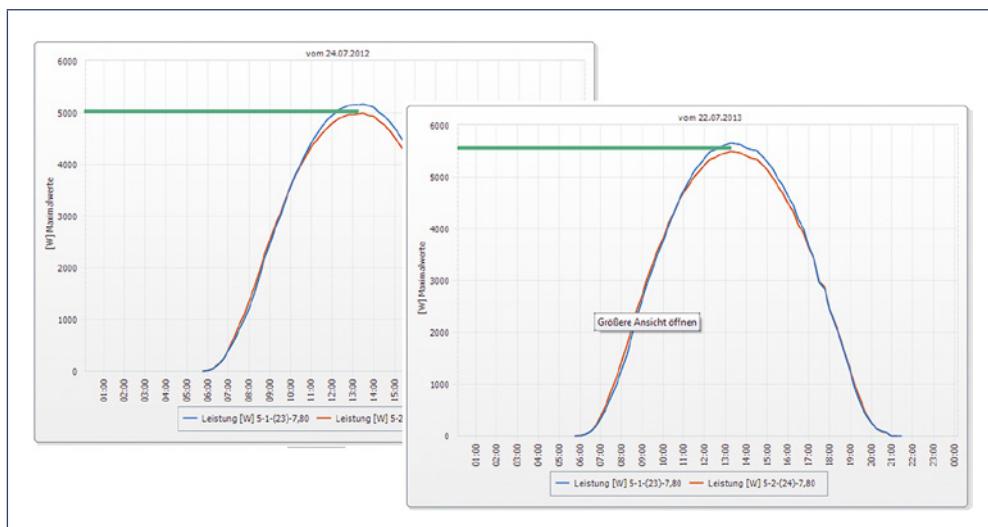


Bild 133: rund 10 % Ertragsverbesserung nach erfolgter Reinigung bei dieser Beispielanlage



Bild 134: nicht nur optisch ein großer Unterschied zwischen gereinigter und ungereinigter Modulfläche

Für die Reinigung von Modulen werden immer mehr Systeme auf dem Markt angeboten. Kleine Anlagen kann man durchaus selbst reinigen, soweit der Zugang sicher möglich ist. Aber auch hier ist Vorsicht angesagt. Nicht selten endet es im Krankenhaus, wenn man versucht, sich mit Leiter und Bürste auf das Dach zu begeben.

Bei größeren Anlagen ist stets eine professionelle Reinigung durch einen Fachbetrieb zu empfehlen. Hier geht es auch um Gewährleistungsfragen. Module dürfen nur mit aufbereitetem Wasser gereinigt werden. Bei der Verwendung von üblichem Leitungswasser erreicht man eher das Gegenteil, nämlich Kalkschlieren. Nicht selten müssen dann die Module abgebaut und per Hand aufwendig gereinigt werden. Zu beachten sind auch die Unfallverhützungsvorschriften, was das Betreten und Arbeiten auf Dächern angeht.

Bild 135: professionelle Reinigung mit aufbereitetem Wasser



Der Aufwand für das Reinigen von Photovoltaikanlagen ist unterschiedlich und abhängig von der Installationsart und der Zugänglichkeit. Freiflächenanlagen sind sicher leichter zugänglich als Dach- oder Fassadenanlagen. Hierbei unterscheiden sich auch die Systeme der Reinigungsfirmen. Angefangen von Teleskopstangen mit Bürsten, Arbeitsbühnen, selbstfahrende Rotationsbürsten bis zu Reinigungsrobotern ist das Angebot vielfältig.

Wichtig in diesem Zusammenhang ist immer die Prüfung, ob das angebotene Reinigungssystem auch für die Module und Installation geeignet ist. Insbesondere bei rahmenlosen Modulen besteht leicht Bruchgefahr. Weiterhin ist aus Beweissicherungsgründen und Gewährleistung jeweils unmittelbar vor der Reinigung und nach der Reinigung das Modulfeld zu inspizieren, um Beschädigungen festzustellen und spätere Streitigkeiten hinsichtlich der Verursachung zu vermeiden. Lassen Sie sich vorher die Inspektionen dokumentieren und gegenzeichnen.

12.2 Schneeräumung



Sind Sie nicht auch schon nervös geworden, wenn im Winter bei Schneefall Ihre Photovoltaikanlage ein schönes weißes Kleid bekommen hat und Ihre Module quasi in den Winterschlaf gefallen sind? Es ist nicht unumstritten, wenn Anlagenbetreiber nach einem Schneefall zur Schaufel oder Besen greifen, um die Module ihrer Photovoltaikanlagen von Schnee zu befreien. Viele Enthusiasten möchten auch im Winter jeden Sonnenstrahl für Ihre Photovoltaikanlage nutzen und greifen daher schnell zu Räumgerät. Die Folgen hieraus können jedoch teilweise gravierend sein: schwere Unfälle durch Stürze, beschädigte Module.

Es gibt sicherlich Möglichkeiten, gefahrlos seine Anlage von Schnee zu räumen, falls es sein soll – besonders in schneereichen Gebieten von Süddeutschland. Ob dies wirtschaftlich ist, hängt in der Regel vom Wetter ab. Sollte nach dem Abzug einer Schneefront tagelang schönes, sonniges Winterwetter vorherrschen, kann sich eine Schneeräumung lohnen – aber nicht für alle Dächer. Bei großflächigen Dächern und großen Flachdächern sind sicherlich Grenzen gesetzt.

Wenn man seine Anlage von Schnee räumen lassen möchte, kostet das erst einmal Geld. Das Räumen von Schnee von einem Dach ist in der Regel auch nicht Bestandteil eines »Wartungsvertrages«. Es sind besondere Leistungen, welche meist nach Aufwand zu vergüten sind. Soweit die Schneeräumung mit einem entsprechend hohen Aufwand verbunden ist, wie z.B. Gerüst, Hubbühnen, spezielles Räumgerät, stellt sich grundsätzlich die Frage nach der Wirtschaftlichkeit. Mag das bei gut vergütenden Anlagen noch der Fall sein, so schwindet die Wirtschaftlichkeit schnell bei Anlagen mit geringeren Einspeisevergütungen. Alternativ wären hier stationäre Schneeräumeinrichtungen zu diskutieren, insbesondere in schneereichen Gebieten.

Anders sieht es aus, wenn das Dach oder die Photovoltaikanlage von Schnee geräumt werden *muss*, weil entweder das Dach unter der Schneelast einzustürzen droht oder die Schneelast einen Schaden an der Photovoltaikanlage entstehen lässt. Das kommt nicht selten vor. Insbesondere industrielle oder gewerbliche Bauten mit flachen Dächern in schneereichen Zonen werden statisch durchaus in der Form wirtschaftlich bemessen, dass man die rechnerische Schneelast nicht voll ansetzt. In der Konsequenz hieraus muss dann aber auch eine »Betriebsanleitung« für das Dach aufgestellt werden, in der vorgegeben ist, ab welcher Schneehöhe bzw. ab welchem Schneegewicht das Dach zu räumen ist. Sollte dies der Fall sein, müssen entsprechende Gassen auf dem Dach bereits bei der Photovoltaikanlagenplanung frei gelassen werden, damit die Möglichkeit des Schneeräumens gegeben ist. Insbesondere bei Flachdächern mit aufgeständerten Photovoltaik-Systemen können sich bei Schneefall erhebliche Schneeverwehungen in den Modulreihen bilden, welche eine flächenhafte oder linienhafte Überlastung der Dachkonstruktion mit sich führen können. In vielen Fällen wurde sowohl bei der Planung als auch bei der Montage solche Umstände gar nicht berücksichtigt.

Problematisch in diesem Zusammenhang sind großflächig zusammenhängende Generatorfelder, insbesondere Leichtbausysteme mit »Ost-West«-Ausrichtung, bzw. A-förmige oder V-förmige Verbundreihen. Hier ist eine Schneeräumung – zumindest mit herkömmlichen Mitteln – kaum möglich.

Das erforderliche Schneeräumen von Dächern mit Photovoltaikanlagen kann sehr aufwendig und teuer sein. Bei großen Hallendächern werden mitunter auch Helikopter hierfür eingesetzt, welche den Schnee durch die Rotorblätter vom Dach wehen. Wenn es bei einer Noträumung schnell gehen muss, z. B. unter Hilfenahme der Feuerwehr oder Technischen Hilfswerkes, kann oftmals keine Rücksicht auf die Module genommen werden. Zurück bleibt dann ein beträchtlicher Schaden.

In besonders schneereichen Gebieten kann es auch bei Freifeldanlagen kritisch werden, nämlich dann, wenn abrutschender Schnee sich aufstaut und gegen die unteren Modulreihen drückt.

Auf dem Markt gibt es auch automatische Schneereinigungssysteme, bei dem die Generatorfläche über einen fest installierten und sensorgesteuerten Schiebemechanismus bereits nach einsetzenden Schneefall von Schnee gereinigt wird. Dass sich dies für ein paar wenige Schneetage im Jahr nicht rechnen kann, sollte jedem klar sein. Für die Alpenregion mit Ihren hohen Einstrahlungen kann sich eine solche Investition aber schnell rechnen.

Wichtig bei jeder Modulreinigung sind, neben der Einhaltung von Unfallverhütungsvorschriften, auch eine fachgerechte Behandlung der Module und die richtige Auswahl der Räummittel.

- Beim Räumen dürfen die Module nicht betreten werden.
- Nur geeignetes Werkzeug zum Schneeentfernen verwenden.
- Schnee muss mit sanften Mitteln entfernt werden.
- Niemals gefrorenen Schnee oder Eis entfernen (abschaben, abkratzen, etc.).
- Kein heißes oder warmes Wasser zum Schneeschmelzen verwenden.
- Keine Auftaumittel wie Streusalz oder Enteisen verwenden.

Eine weitere Möglichkeit der Schneeräumung ist eine Umkehrung des Stromflusses der Module. Durch gesonderte Geräte können somit die Module erwärmt werden, was ein Abtauen des Schnees bewirkt. Auch hier wäre vor der Installation solcher technischen Einrichtungen eine Freigabe beim Modulhersteller zu erwirken, ob eine solche Rückstrombelastung bei den betreffenden Modulen statthaft ist. Natürlich gilt auch hier das Wirtschaftlichkeitsprinzip. Wenn man bei der Rückstrommethode 200 kWh verbraucht um 150 kWp Solarenergie zu gewinnen, ergibt es nicht wirklich viel Sinn – auch bei einer noch respektablen Einspeisevergütung.

13 Schlusswort

Da ich bereits den Anfang dieses Buches mit einem Vorwort und einem persönlichen Resümee begonnen habe, darf ich meine letzten Anmerkungen daher als Schlusswort titulieren.

Wie Sie sehen, hat sich das Buch doch sehr gefüllt mit vielen Punkten, die eine Photovoltaikanlage betreffen bzw. betreffen können. Dabei habe ich versucht zu vermeiden, bei den technischen und rechtlichen Beschreibungen zu sehr ins Detail zu gehen. Ich hoffe, ich konnte den technischen Laien unter den Lesern zumindest den Horizont etwas erweitern, worauf er als Anlagenbetreiber achten sollte.

Darüber hinaus würde ich mich freuen, wenn ich Ihnen dabei ein wenig das Verständnis vermitteln konnte, dass einige »blaue Platten« auf dem Dach und ein brummender Wechselrichter mit ein bisschen Verkabelung nichts mit einer Hausdekoration zu tun haben und auch nichts mit einer sicheren Geldanlage. Vielleicht sehen Sie Ihre Photovoltaikanlage jetzt mit etwas anderen Augen. Rückblickend betrachtet hatte das Photovoltaikgeschäft etwas Ähnliches wie die neuen Märkte in der Jahrtausendwende. Ein zu schnell wachsender Markt mit einem gewissen Absturz und mitunter viel verbranntem Geld. Dennoch sind die vielen installierten Photovoltaikanlagen heute Teil der Energiewende und sie sollten es morgen auch noch sein. Dies geht aber nur, wenn man sich um die Anlagen auch kümmert und nicht nur an die Einspeisevergütung denkt. Andererseits ist es als Laie nicht einfach, sich den Richtigen auf dem Markt auszusuchen, welcher sich um die Anlage (richtig) kümmert und bei Problemen mit Rat und Tat zur Seite steht. Aber vielleicht hilft Ihnen das Buch zukünftig, den Betrieb Ihrer Anlage richtig einzuschätzen und die richtigen Entscheidungen zu treffen.

Ob sich die Anschaffung des Buches gelohnt hat, müssen Sie daher selbst entscheiden. Wenn ich Ihnen in dem einen oder anderen Punkt helfen konnte, würde mich das freuen. Für konstruktive Kritik stehe ich gerne zur Verfügung.

Wolfgang Schröder

Haftungsausschluss

Die in diesem Buch, insbesondere in den Kapiteln 2 (Gewährleistung / Garantie), 6 (Wartung und Inspektion von Photovoltaikanlagen) und 10 (Versicherung), beschriebenen rechtlichen bzw. vertragsrechtlichen Ausführungen wurden von dem Autor sorgfältig recherchiert. Der Autor und der Verlag übernehmen hierfür jedoch ausdrücklich keine inhaltliche Haftung. Die vom Autor gemachten Ausführungen stellen auch keine Rechtsberatung oder Steuerberatung dar. Sie spiegeln lediglich die zum Zeitpunkt der Drucklegung aktuelle und in den entsprechenden Literaturquellen beschriebenen Rechtsauffassungen. Sie dienen lediglich als Anhaltspunkte für eine individuelle Fallprüfung. Gleiches gilt auch für die im Anhang aufgeführten Musterverträge.

Insbesondere im Hinblick auf Ansprüche aus Gewährleistungen ergaben sich in der Vergangenheit unterschiedliche Auffassungen der höchsten Gerichte. Es gelten daher grundsätzlich Einzelfallbetrachtungen, welche im Zweifelsfalle mit einer rechtlich qualifizierten Person (Rechtsanwalt/-anwältin) oder Steuerberater/(-in) zu klären sind.

Anhänge

Anhang 1: Inspektion und Prüfung – Gesetzliche Grundlagen und Normen

Für den Betrieb, Inspektion und Prüfung von Photovoltaikanlagen geltenden u. a. nachfolgende Vorschriften, Richtlinien und Normen:

Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)

Das Gesetz stammt bereits aus den dreißiger Jahren und ist aktuell als Gesetz über die »Elektrizitäts- und Gasversorgung« im Juli 2005 in Kraft getreten. Es regelt u. a. im Teil 6 »Sicherheit und Zuverlässigkeit der Energieversorgung« im § 49 »Anforderungen an Energieanlagen«, dass Energieanlagen so zu errichten und zu betreiben sind, dass die technische Sicherheit gewährleistet ist.

Produktsicherheitsgesetz (ProdSG)

Das GPSG regelte mit der aktuellen Fassung vom Dezember 2011 in Deutschland gemäß § 1 Satz 1 »das Inverkehrbringen und Ausstellen von Produkten, das selbständig im Rahmen einer wirtschaftlichen Unternehmung erfolgt« sowie gemäß § 1 Satz 2 auch »die Errichtung und den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen, die gewerblichen oder wirtschaftlichen Zwecken dienen oder durch die Beschäftigte gefährdet werden können«, unbeschadet der Ausnahmen, die in weiteren Absätzen dieser Artikel erwähnt wurden.

Mit der Neufassung des Produktsicherheitsgesetzes (ProdSG) vom 8. November 2011 (BGBl. I S. 2179, ber. 2012 I S. 131) werden insgesamt 13 EU-Richtlinien umgesetzt.

Unter anderem wurde folgende Verordnung nach dem Gerätekproduktsicherheitsgesetz (GPSG) erlassen und ab dem 1. Dezember 2011 förmlich an das ProdSV angepasst:

- Verordnung über das Inverkehrbringen elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen (1. ProdSV)

Im GPSG ist eine Reihe von Europäischen Richtlinien in deutsches Recht umgesetzt worden. Die meisten Richtlinien wurden aufgrund von Ermächtigungen nach § 3 GPSG durch die oben genannten Verordnungen umgesetzt. Dies betrifft z. B. folgende Richtlinie:

- Niederspannungsrichtlinie 2006/95/EG = 1. GPSGV

Gewerbeordnung (GewO)

Nach § 120a (Betriebssicherheit) ist der Gewerbeunternehmer verpflichtet, u. a. Maschinen und Gerätschaften so einzurichten und zu unterhalten, dass die Arbeitnehmer gegen Gefahren geschützt sind.

Berufsgenossenschaftliche Vorschriften (DGUV-3)

Die Berufsgenossenschaftlichen Vorschriften (BGV) sind die von den deutschen Berufsgenossenschaften erlassenen Unfallverhützungsvorschriften.

Sie werden in vier Kategorien eingeteilt:

- Kategorie A: Allgemeine Vorschriften und betriebliche Arbeitsschutzorganisation
- Kategorie B: Einwirkungen
- Kategorie C: Betriebsart und Tätigkeiten
- Kategorie D: Arbeitsplatz und Arbeitsverfahren

Die BG-Vorschriften stellen sogenanntes autonomes Recht der Berufsgenossenschaften dar und sind für die Mitglieder der Berufsgenossenschaften verbindlich.

Als wichtigste BG-Vorschrift gilt die DGUV – Grundsätze der Prävention –, die am 1. Januar 2004 in Kraft getreten ist. Durch diese Vorschrift wurden viele Unfallverhützungsvorschriften außer Kraft gesetzt. Die Verantwortung für die von diesen Vorschriften abgedeckten Detail-Regelungen ist an die Unternehmer zurückgegeben worden, in der Praxis gelten sie aber als Referenz für den jeweiligen Stand der Technik und werden deshalb weiterhin häufig zu Rate gezogen.

Betriebssicherheitsverordnung

Die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) regelt in Deutschland die Bereitstellung von Arbeitsmitteln durch den Arbeitgeber, die Benutzung von Arbeitsmitteln durch die Beschäftigten bei der Arbeit sowie den Betrieb von überwachungsbedürftigen Anlagen im Sinne des Arbeitsschutzes. Das in ihr enthaltene Schutzkonzept ist auf alle von Arbeitsmitteln ausgehenden Gefährdungen anwendbar.

Im Unterschied zur DGUV-3, in der die Verantwortung der Unternehmer in versicherungsrechtlicher Sicht geregelt ist, regelt die BetrSichV die Verantwortungen, welche zu strafrechtlichen Konsequenzen führen.

Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes.

Grundbausteine dieses Schutzkonzeptes sind

- eine einheitliche Gefährdungsbeurteilung der Arbeitsmittel
- sicherheitstechnische Bewertung für den Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen
- »Stand der Technik« als einheitlicher Sicherheitsmaßstab
- geeignete Schutzmaßnahmen und Prüfungen
- Mindestanforderungen für die Beschaffenheit von Arbeitsmitteln, soweit sie nicht durch harmonisierte europäische Richtlinien, zum Beispiel die Druckgeräterichtlinie, ATEX-Produktrichtlinie oder Aufzugsrichtlinie geregelt sind.

Technische Regeln für Betriebssicherheit

Die technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) geben den Stand der Technik, der Arbeitsmedizin und Hygiene entsprechende Regeln und sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für

- die Bereitstellung der Arbeitsmittel,
- die Benutzung von Arbeitsmitteln und
- den Betrieb von überwachungsbedürftigen Anlagen

wieder. Sie werden vom Ausschuss für Betriebssicherheit ermittelt und im Gemeinsamen Ministerialblatt bekanntgemacht. Die technischen Regeln für Betriebssicherheit konkretisieren die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) hinsichtlich der Ermittlung und Bewertung von Gefährdungen sowie der Ableitung von geeigneten Maßnahmen. Bei Anwendung der beispielhaft genannten Maßnahmen kann der Arbeitgeber insoweit die Vermutung der Einhaltung der Vorschriften der Betriebssicherheitsverordnung für sich geltend machen. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, hat er gleichwertige Erfüllung der Verordnung schriftlich nachzuweisen. Unter anderem sind folgende Veröffentlichungen erschienen:

- TRBS 1001: Struktur und Anwendung der Technischen Regeln für Betriebssicherheit
- TRBS 1111: Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung
- TRBS 1112: Instandhaltung
- TRBS 1203 Teil 3: Befähigte Personen – Besondere Anforderungen – Elektrische Gefährdungen
- TRBS 2121: Gefährdung von Personen durch Absturz – Allgemeine Anforderungen

DIN VDE 0105-100: Betrieb von elektrischen Anlagen

Während die Bestimmung der DIN VDE 0100-600 die Erstprüfung bei Errichtung von elektrischen Anlagen beschreibt, gibt die VDE 0105-100 Hinweise für die Wiederholungsprüfung von elektrischen Anlagen. Sie ist darauf ausgerichtet, den ordnungsgemäßen Zustand einer elektrischen Anlage zu erhalten, d. h. Fehler zu erkennen, welche durch äußere Einflüsse beim Betreiben von Anlagen entstehen.

Die Erstprüfung soll sicherstellen, dass die Anlage entsprechend der Norm errichtet worden ist. Die Wiederholungsprüfungen sollen Mängel aufdecken, welche sich nach der Inbetriebnahme oder nach einer Instandsetzung oder Änderung auftreten können. Der Schwerpunkt liegt hiernach auf möglichen Veränderungen, aus denen sich Folgeschäden ergeben und Schutzvorkehrungen z. B. gegen elektrischen Schlag oder Brandentstehung beeinträchtigt sein können. Die Problematik, welche sich hieraus bei Photovoltaikanlagen ergibt, ist die Tatsache, dass viele Photovoltaikanlagen noch nicht einmal eine Erstprüfung haben, d. h. nach DIN VDE 0100-600 geprüft wurden. Eine reine Fixierung auf mögliche Veränderungen während des Betriebs ist deshalb trugschlüssig, da man nicht generell davon ausgehen kann, dass die Photovoltaikanlage überhaupt nach den gültigen Normen errichtet wurde.

DIN VDE 0105-115: Betrieb von elektrischen Anlagen – Besondere Festlegungen für landwirtschaftliche Betriebsstätten

Diese Norm gilt für die in landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten sowie in den dazugehörigen Nebenräumen tätigen Personen beim Betrieb der elektrischen Anlagen. Die in dieser Norm vorgegebenen Anforderungen gelten für das Bedienen elektrischer Betriebsmittel und das Arbeiten an elektrischen Anlagen durch Laien (z. B. Landwirte, Gärtner). Sie soll auch der in diesen Betriebsstätten tätigen Elektrofachkraft als Beratungsunterlage dienen und gilt auch für die vom Unternehmer beauftragte Elektrofachkraft.

DIN VDE 0126-23 (DIN EN 62446) Netzgekoppelte Photovoltaik-Systeme – Mindestanforderungen an Systemdokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und wiederkehrende Prüfungen

In dieser Internationalen Norm werden die erforderlichen Mindestangaben einer Anlagendokumentation festgelegt, die einem Kunden nach der Installation eines netzgekoppelten Photovoltaik-Systems zu übergeben sind. In diesem Dokument wird auch der

Mindestumfang der Inbetriebnahmeprüfungen, Prüfkriterien und der Dokumentation beschrieben, der zur Prüfung der sicheren Installation und des korrekten Betriebes des Systems erwartet wird. Die vorliegende Norm kann daher auch für die wiederkehrende Nachprüfung angewendet werden. Durch die ausführliche Beschreibung des erwarteten Mindestumfangs der Inbetriebnahmeprüfungen und der Prüfkriterien dient sie auch dazu, dem Anwender bei der Prüfung / Besichtigung im Zuge einer Wartung oder Modifikationen behilflich zu sein. Diese Norm ist ausschließlich für netzgekoppelte Photovoltaik-Systeme erarbeitet worden und gilt nicht für Wechselstrommodulsysteme oder Systeme mit Energiespeichern (z.B. Batterien) oder Hybridsysteme. Ende 2016 erschien die aktuelle Fassung mit der Bezeichnung VDE 0126-23-1.

Die Norm ist in verschiedene Abschnitte unterteilt:

- Anforderungen an die Systemdokumentation (Abschnitt 4) – In diesem Abschnitt werden die Angaben ausführlich beschrieben, die mindestens in der Dokumentation enthalten sein müssen, welche dem Kunden nach der Installation eines netzgekoppelten Photovoltaik-Systems übergeben wird.
- Prüfungen (Abschnitt 5 und 6) – In diesem Abschnitt werden die erwarteten Informationen zur Verfügung gestellt, welche nach der Erstprüfung (oder regelmäßige Prüfung) eines installierten Systems vorzusehen sind. Er enthält Anforderungen für Besichtigung und Erprobung. In Abschnitt 7 sind ergänzende Prüfungen angeführt, welche insbesondere bei größeren Anlagen optional durchgeführt werden können.

VdS 3145 »Photovoltaikanlagen – Technischer Leitfaden«

Sie wurde erarbeitet vom VDE Prüfungs- und Zertifizierungsinstitut GmbH und dem Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV). Darin enthalten sind auch Angaben zu regelmäßigen Prüfungen, welche sich u.a. auch an die normativen Forderungen aus der DIN VDE 0100-105 anlehnen.

Anhang 2: Beispiel Überwachungs-, Inspektions- und Prüfungsvertrag

Überwachungs-, Inspektions- und Prüfungsvertrag Photovoltaikanlage

zwischen

xxx

Anschrift

im nachfolgenden – Auftraggeber – genannt

und

Firma xxx

Anschrift

im nachfolgenden – Auftragnehmer – genannt

1. Vertragsgegenstand

Vertragsgegenstand ist das Solarkraftwerk/Photovoltaikanlage auf dem Flurstück Nr. xxxx in xxxx Musterstadt, Beispielstraße xx mit einer Leistung von xxx kWp (mit den Teilanlagen X-Haus, Y-Gebäude und Z-Dach).

2. Leistungsumfang

Der Leistungsumfang des Auftragnehmers gliedert sich wie folgt:

- I. Anlagenüberwachung/Monitoring
- II. Störungsdienst
- III. Inspektion/Prüfung
- IV. Sonderprüfung
- V. sonstige Prüf-, Kontroll- oder Dienstleistungen
- VI.

3. Leistungsbeschreibung

I. Anlagenüberwachung/Monitoring

Der AN übernimmt die laufende Überwachung (mittels Fernüberwachung) der Photovoltaikanlage (nachfolgend auch genannt) nach folgenden Bestimmungen:

Voraussetzung für das Monitoring und die Überwachung ist ein fest installiertes Datenerfassungssystem mit Fernübertragung (DSL oder gleichwertige Internetverbindung), vorzugsweise des Herstellers xx, Typ xxx, mit Übertragungsmöglichkeit zum AN. Die Kosten der Datenfernübertragung trägt der xx.

(Ergänzend/alternativ: Den AG hält zur Ermittlung der Anlagenperformance einen geeigneten Einstrahlungssensor an der Anlage vor)

Der AN trägt dafür Sorge, dass auftretende Störungen an der Photovoltaikanlage nach gesonderter Beauftragung beseitigt werden.

Nach jeder Störungsbeseitigung erhält der AG ein Protokoll über festgestellte Fehler oder Schäden und durchgeführte Arbeiten.

Der AG erhält wöchentlich (/monatlich/quartalsweise/...) einen Bericht bzw. ein Protokoll zur Anlagenüberwachung und dem Ertragsverhalten.

II. Störungsdienst

Der AN unterhält einen Einsatzservice bei auftretenden Störungen, mit einer Reaktionszeit innerhalb von xxx Stunden nach Eingang der Störungsmeldung.

Nicht vom Leistungsumfang dieses Vertrages umfasst sind:

- die Zählerablesung zu allen Zwecken der Abrechnung der Einspeisevergütung
- Störungen, die durch Eingriffe durch den AG oder durch vom AG beauftragte Drittfirmen in die Anlage verursacht werden
- Instandsetzungsarbeiten, die über die laufende Störungsbeseitigung hinausgehen und einer vollständigen oder teilweisen Neuerrichtung der Anlage gleichkommen. Dies gilt beispielsweise für den Wiederaufbau nach Schaden durch Sturm, Hagel, Schneelast, Feuer oder Überspannung (Reparatur).

III. Inspektion/Prüfung

Der Auftragnehmer übernimmt die jährliche Inspektion bzw. Prüfung der Anlage. Diese besteht aus

- Sichtprüfung Module, Unterkonstruktion
- Sichtprüfung Zustand Dachhaut
- Sichtprüfung Verkabelung und Wechselrichter
- Messungen DC-Leitungen nach DIN VDE 0126-23-1
- Messungen AC-Seite nach DIN VDE 0105-100
- Säubern der Wechselrichter und Gebläseöffnungen
- Sichtprüfung (Zaunanlage), Beschriftungen, Hinweisschilder, Überwachungssysteme
- ...

Die Prüfung erfolgt gemäß Abschnitt 5 und 6 der DIN EN 62446-1 (VDE 0126-23-1) Photovoltaik (PV) Systeme – Anforderungen an Prüfung, Dokumentation und Instandhaltung – Teil 1: Netzgekoppelte Systeme – Dokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und Prüfanforderungen sowie gem. DGUV-3 bzw. DIN VDE 0105-100 (Betrieb von elektrischen Anlagen) für die Unterverteilungen und Übergabestationen.

IV. Sonderprüfungen

Zur Wahrung der Gewährleistungs- und Garantieansprüche wird die Anlage neben der jährlichen Inspektion umfassend mithilfe thermografischer Bildaufnahmen und Kennlinienmessungen geprüft.

Hierzu ergeben sich folgende Leistungen:

- Thermografieaufnahme aller Module
 - Prüfung aller Module durch Ablauen der Reihen mit
 - Rückseitenprüfung, Markierung und Dokumentation auffälliger Module oder Leitungen
 - Prüfbericht
- Kennlinienmessung an mind. 20 % der Module mittels Prüfgerät xxx einschl. Prüfbericht für jede Messung

V. sonstige Prüf-, Kontroll- oder Dienstleistungen

Werden sonstige Prüf-, Kontroll- oder Dienstleistungen erforderlich, z.B. Inspektion nach Unwetter (Sturm, Hagel, starke Regenfälle), starkem Schneefall oder Unterstützungen in der Abwicklung von Gewährleistungs-, Garantie- oder Versicherungsfällen, etc. erforderlich, kann dies durch gesonderten Auftrag des Auftraggebers in Abstimmung mit dem Auftragnehmer erfolgen.

4. Fristen

Es werden für die o.g. Leistungen folgende Fristen vereinbart:

I. Anlagenüberwachung/Monitoring

permanent zu den üblichen Geschäftszeiten des AN

- Fernüberwachung der Funktion und Leistung der Anlage – täglich
- Überprüfung von Strings und Wechselrichtern auf Ausfall – täglich
- Plausibilitätsprüfung von Fehlermeldungen – täglich
- Benachrichtigung des AG bei Störungen – im Störungsfall

II. Störungsdienst

permanent zu den üblichen Geschäftszeiten des AN (alternativ: 24 h-Service einschl./außerhalb Samstag/Sonn- und Feiertag)

III. Inspektion/Prüfung

jährlich nach Absprache mit dem Auftraggeber, vorzugsweise zwischen Mai und September

IV. Sonderprüfung

im 5. Betriebsjahr, dann alle 5 Jahre

V. sonstige Prüf-, Kontroll- oder Dienstleistungen

nach Bedarf

VI. ...

5. Vergütung

Die Vergütung wird wie folgt vereinbart:

I.+ II. Monitoring/Anlagenüberwachung/Serviceeinsatz

pauschal anfänglich xxx € (pauschal xx € pro kWp)

III. Inspektion/Prüfung

pauschal anfänglich xxx € (pauschal xx € pro kWp)

IV. Sonderprüfung

pauschal anfänglich xxx € (pauschal xx € pro kWp)

V. sonstige Prüf-, Kontroll- oder Dienstleistungen

nach Stundenaufwand mit anfänglich xx € pro Stunde
Fahrtkostenpauschale nach xx: anfänglich xx €

VI. ...

Die Vergütung wird fällig:

- am xxx jeden Jahres für I.; II.; und III.
- nach Übergabe der Messprotokolle bzw. Prüfgutachten für IV.
- nach Abschluss der Leistung für V.
- ... für VI.

Im Fall des Zahlungsverzugs ist der Auftragnehmer berechtigt, ohne besonderen Nachweis, Zinsen in Höhe von 3 % über dem Basiszinssatz (§ 288 BGB) zu erheben.

Die Preise sind netto zzgl. der zum Rechnungszeitpunkt gültigen Umsatzsteuer.

6. Preisanpassung

Die o.g. Preise sind Festpreise und gültig bei der erstmaligen Ausführung der Leistung bzw. bei Leistungen nach Aufwand mit Preisgarantie bis zum 31.12.xxxx. Zum Ausgleich von jährlichen Preissteigerungen werden die vereinbarten Preise ab dem Folgejahr der erstmaligen Ausführung in Höhe der jährlichen Preissteigerung für Verbraucher, ermittelt vom Statistischen Bundesamt (Destatis) jeweils mit Stand Monat xxxx im Vergleich zum gleichen Monat des Vorjahres, angeglichen.

Dem Auftraggeber steht ein Kündigungsrecht zu, soweit die Preisanziehung mehr als xx % beträgt. Die Kündigung muss spätestens 4 Wochen nach Bekanntgabe der Preisanziehung gegenüber dem Auftragnehmer in schriftlicher Form erfolgen.

7. Voraussetzungen für den Eintritt der Leistungsverpflichtung des Auftragnehmers

Dem Auftragnehmer werden folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- Anlagendokumentation
- ...

Der Auftraggeber stellt dem Auftragnehmer einen freien Zugriff auf die internetbasierende Monitoringseite der Anlage zur Verfügung.

8. Leistungen des Auftraggebers

Der Auftraggeber erbringt folgende Leistungen

- a) die Beauftragung bzw. den Abruf eines erforderlichen Störungsdienstes bei auftretenden Störungen an der Anlage, soweit diese nicht vom Monitoring und der hierbei automatisch generierten Fehlermeldung erfolgen.
- b) die Beauftragung von Reparatur- und Instandsetzungsarbeiten
- c) ...

9. Rechte und Pflichten

- (1) Der Auftragnehmer führt eigenverantwortlich die anfallenden Leistungen durch. Er hat hierbei
 - a) den Zustand der Anlage festzustellen
 - b) die Abnutzungs- oder Schadensursachen zu bestimmen
 - c) und hieraus notwenige Konsequenzen (Erneuerung, Reparatur) abzuleiten
- (2) Dem Auftragnehmer bzw. deren Mitarbeitern und externen Beauftragten ist während der üblichen Geschäftszeit Zutritt zu der Anlage nach vorheriger Terminabsprache zu gestatten.
- (3) Für Mindererträge, die durch Prüfungs- und Messarbeiten entstehen, wird kein Ausgleich vorgenommen.
- (4) Der Auftragnehmer erbringt seine prüfenden Tätigkeiten persönlich. Sofern es sachdienlich ist, kann der Auftragnehmer im Rahmen seiner eigenverantwortlichen Tätigkeit bei der Vorbereitung der Prüfung Auftragnehmer Mitarbeiter zur Unterstützung auf eigene Kosten hinzuziehen. Über die Hinzuziehung solcher Mitarbeiter entscheidet der Auftragnehmer alleine und eigenverantwortlich.
- (5) Der Auftragnehmer führt die Leistungen innerhalb der vorgesehenen Fristen aus. Die erforderlichen Prüfberichte, Protokolle, etc. sind innerhalb einer angemessenen Frist oder der mit dem Auftraggeber vereinbarten Frist, jedoch spätestens 60 Tage nach Beendigung der Leistungen vor Ort, getrennt nach Anlagenbeteiligter in zweifacher Ausfertigung zu erstellen. Weitere Exemplare werden gesondert berechnet.

- (6) Der Auftragnehmer wird den Auftraggeber rechtzeitig über eine etwaig eintretende Überschreitung der vereinbarten Frist in Kenntnis setzen. Der Auftraggeber kann erst nach Setzung einer angemessenen Nachfrist vom Vertrag zurücktreten oder Schadensersatz wegen Nichterfüllung verlangen. Als angemessen gilt eine Nachfrist von 1 Monat als vereinbart.
- (7) Hat der Auftragnehmer die Überschreitung der Frist nicht zu vertreten, etwa im Falle höherer Gewalt, Krankheit, Streik und Aussperrung, sind Rücktritt vom Vertrag oder Schadensersatz wegen Nichterfüllung/wegen Überschreitung der vereinbarten Frist ausgeschlossen. Wird dem Auftragnehmer die Erbringung der vertraglich geschuldeten Leistung in diesen Fällen unmöglich, so wird er von seinen Vertragspflichten freigesprochen. Schadensersatzansprüche des Auftraggebers werden für diesen Fall ausgeschlossen.
- (8) Pflichten des Auftraggebers
Der Auftraggeber stellt dem Auftragnehmer rechtzeitig und unentgeltlich die ihm zur Verfügung stehenden und für die Ausführung des Vertrages notwendigen Dokumente und Unterlagen zur Verfügung und erteilt die notwendigen Auskünfte. Der Auftraggeber setzt den Auftragnehmern ferner von allen Vorgängen und Umständen (z. B. Schriftverkehr), die erkennbar für die Durchführung seiner Leistungen und insbesondere Einschätzung der Prüfergebnisse von Bedeutung sein können, rechtzeitig und ohne besondere Aufforderung in Kenntnis.
- (9) Beratungsleistungen
Beratungsleistungen des Auftragnehmers beschränken sich ausschließlich auf Empfehlungen des Auftragnehmers als Entscheidungshilfe für den Auftraggeber im Hinblick auf die Prüfergebnisse, Planungsleistungen und baubegleitende Tätigkeiten. Sie ersetzen nicht die eigenverantwortlichen beraterischen und planerischen Pflichten Dritter, wie z. B. Architekten, Ingenieure oder bauausführende Firmen. Eine rechtliche Beratung erfolgt nur in den Grenzen der gesetzlichen Zulässigkeit und im Zusammenhang der Beratungs- und Hinweispflichten als Nebenleistung. Darüber hinausgehende Rechtsberatungen sind einem durch den Auftraggeber auf eigene Kosten beauftragten zugelassenen Rechtsbeistand vorbehalten.

10. Abnahme

Die Abnahme der Leistung des Auftragnehmers gilt spätestens 14 Tage nach Übergabe der Prüfergebnisse, Protokolle, Prüfgutachten, etc. als erfolgt.

11. Gewährleistung

Die Gewährleistung richtet sich nach dem Werkvertragsrecht des BGB. Im Gewährleistungsfall kann der Auftraggeber zunächst nur kostenlose Nachbesserung der mangelhaften Leistung verlangen. Erfolgt die Nachbesserung nicht innerhalb einer angemessenen Frist oder schlägt die Nachbesserung fehl, kann der Auftraggeber nach Wahl Rückgängigmachung des Vertrages (Wandelung) oder Herabsetzung des Honorars (Minderung) verlangen.

Etwaige Mängel müssen dem Auftragnehmer unverzüglich nach Feststellung schriftlich angezeigt werden, andernfalls erlischt der Gewährleistungsanspruch.

12. Haftung

Der Auftragnehmer haftet unbeschränkt nur für Vorsatz und grobe Fahrlässigkeit. Ansonsten ist die Haftung für Personen- und Sachschäden auf xxx Mio. € sowie für Vermögensschäden auf xxx € begrenzt.

13. Laufzeit und Kündigung des Vertrages

Dieser Vertrag wird am Tag seiner Unterzeichnung wirksam. Er hat eine Laufzeit bis zum 31.12.xxxx. Er verlängert sich jeweils um ein weiteres Jahr, wenn er nicht mit einer Frist von

3 Monaten zum Ablaufdatum durch den Auftraggeber oder den Auftragnehmer gekündigt wird.

Jede Kündigung bedarf der Schriftform. Bei einer Kündigung aus wichtigem Grund muss darüber hinaus der Grund für die außerordentliche Kündigung im Kündigungsschreiben angegeben sein.

Jede Partei ist berechtigt, diesen Vertrag aus wichtigem Grund ohne Einhaltung einer Kündigungsfrist außerordentlich zu kündigen. Ein wichtiger Grund liegt insbesondere vor:

- a) für den Auftraggeber, wenn der Auftragnehmer seinen Leistungszusagen, nach zweimaliger schriftlicher Mahnung nicht nachkommt;
- b) für den Auftragnehmer, wenn der Auftraggeber in Bezug auf eine oder mehrere vertragliche Pflichten eine erhebliche Vertragsverletzung begeht;
- c) für beide Parteien, wenn über das Vermögen der jeweils anderen Partei das Insolvenzverfahren eröffnet oder beantragt wird oder die Eröffnung des Insolvenzverfahrens mangels Masse abgelehnt wird;
- d) für den Auftragnehmer, wenn der Auftraggeber der in diesem Vertrag zugesicherten Vergütung, nach dreimaliger fristgerechter schriftlicher Mahnung des Auftragnehmers nicht nachkommt.

Wird der Vertrag vom Auftraggeber außerordentlich aus einem wichtigem Grund gekündigt, den der Auftragnehmer zu vertreten hat, so steht dem Auftragnehmer eine Vergütung für die bis zum Zeitpunkt der Kündigung erbrachte Teilleistung nur insoweit zu, als die erbrachte Leistung für den Auftraggeber objektiv verwertbar ist. In allen anderen Fällen behält der Auftragnehmer den Anspruch auf das vertraglich vereinbarte Honorar, jedoch unter Abzug der ersparten Aufwendungen. Sofern der Auftraggeber im Einzelfall keinen höheren Anteil an ersparten Aufwendungen nachweist, beträgt dieser 40 % des Honorars für die vom Auftragnehmern noch nicht erbrachten Leistungen.

14. Rechtsnachfolge, Vertragsübertragung

Der Verkauf der Photovoltaikanlage an einen Dritten, die Übertragung von Eigentums- oder Nutzungsrechten auf einen Dritten oder der Wechsel des Anlagenbetreibers begründen kein Recht zur außerordentlichen Kündigung des Vertrages. Der Auftraggeber verpflichtet sich, für den Fall, dass die Photovoltaikanlage an Dritte verkauft wird bzw. ein Betreiberwechsel stattfindet, für die Übertragung dieses Vertrages auf den Erwerber Sorge zu tragen.

15. Schlussbestimmungen

Vereinbarungen außerhalb dieses Vertrages wurden nicht getroffen. Änderungen und Ergänzungen bedürfen zu ihrer Wirksamkeit der Schriftform und dem Einverständnis beider Parteien. Rechtsgestaltende Erklärungen sowie Mitteilungen bedürfen ebenfalls der Schriftform.

Sollten einzelne Bestimmung dieses Vertrages unwirksam sein, wird die Wirksamkeit der übrigen Bestimmungen davon nicht berührt. Die Parteien verpflichten sich, anstelle der unwirksamen Bestimmung eine dieser Bestimmung möglichst nahe kommende wirksame Regelung zu treffen.

Gerichtsstand ist xxxxxx, Erfüllungsort ist der Anlagenstandort.

Hinweis: Für die Richtigkeit des Vertragsmusters wird keine Haftung übernommen. Da sich die Leistungen je nach Kundenwunsch und Angebotsmöglichkeit des Ausführenden unterscheiden können (auch Eigenleistungen des Anlagenbetreibers), dient das Vertragsmuster nur als unverbindliches Beispiel.

Anhang 3: Checkliste Fehlersuche

Anlagentotalausfall	Netz vorhanden? Sicherungen Wechselrichter? Fehlerstromschutzschalter? Störung Trafostation? Phasenüberwachungsrelais ausgelöst? nach Gewitter? (Überspannungsschaden)
Anlagenteilausfall Wechselrichter	Sicherungen Wechselrichter? Fehlerstromschutzschalter?
Kommunikation	Datenverbindung (DSL, GMS)? Örtliche Verdrahtung? Funktionsleuchten Datenerfassungsgerät?
Ertragsabweichungen Wechselrichter untereinander	String prüfen (Strom/Spannung) Sichtprüfung Module (lokale Verschmutzung, Glasbruch) Für weitere Fehlereingrenzung: <ul style="list-style-type: none">• Thermografieaufnahme• String zurück bauen, Leitungen, Stecker/Module prüfen
Minderertrag	Saison-/wetterbedingt? (schlechtes Sonnenjahr?) Plötzlicher Ertragsabfall? <ul style="list-style-type: none">• Wechselrichter vergleichen• Strings messen (Leerlaufspannung/Kurzschlussstrom)• Thermografieaufnahme• Kennlinienmessung Schleichender Ertragsabfall (im Vergleich mit anderen Anlagen) <ul style="list-style-type: none">• Stringmessung (Leerlaufspannung/Kurzschlussstrom)• Thermografieaufnahme• Kennlinienmessung

Die einzelnen Messverfahren und Maßnahmen sind Empfehlungen – auch in deren Reihenfolge. Soweit Fehler eingegrenzt werden, sind eventuell weitergehende Prüfungen und Messungen erforderlich.

Anhang 4: Checkliste Versicherungsfall

1	Schaden an die Versicherung melden (ohne zeitliche Verzögerung, wenn möglich noch am gleichen Tag)
2	Schaden erstmals dokumentieren (Fotos)
3	Installateur informieren für mögliche erforderliche Sofortmaßnahmen, Schadensminderung und Reparaturangebot
4	Schadensminderung sicherstellen (z. B. durch Anlagenabschaltung, Teilabschaltung, Sofortmaßnahmen wie z. B. Abdecken eines beschädigten Daches mit einer regensicheren Plane)
5	Beschädigte Teile vor Ort belassen, bis Versicherung Freigabe zur Entsorgung erteilt
6	Weitere Vorgehensweise mit der Versicherung abstimmen (Begutachtung, Kosten- und Reparaturfreigabe)
7	Unterlagen bei Begutachtung bereithalten (Anlagendokumentation, Prüfprotokolle, Anschaffungsrechnung, Reparaturangebot, etc.)

Normverweise / Richtlinien / Gesetze / Literaturverzeichnis

Technischen Regeln des Verbandes der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. – VDE Normen (Auszug relevanter Normen)

- VDE 0100-100 (VDE 0100-100):2009-06. Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Bestimmungen allgemeiner Merkmale, Begriffe (IEC 60364-1:2005, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-1:2008
- DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06. Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag (IEC 60364-4-41:2005, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-4-41:2007
- DIN VDE 0100-420:2016-02; VDE 0100-420:2016-02: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-42: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen thermische Auswirkungen (IEC 60364-4-42:2010, modifiziert + A1:2014); Deutsche Übernahme HD 60364-4-42:2011 + A1:2015
- DIN VDE 0100-430 (VDE 0100-430):2010-10. Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-43: Schutzmaßnahmen – Schutz bei Überstrom (IEC 60364-4-43:2008, modifiziert + Corrigendum Okt. 2008); Deutsche Übernahme HD 60364-4-43:2010
- DIN VDE 0100-460 (VDE 0100-460):2002-08. Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4: Schutzmaßnahmen; Kapitel 46: Trennen und Schalten (IEC 60364-4-46:1981, modifiziert); Deutsche Fassung HD 384.4.46 S2:2001
- DIN VDE 0100-510:2014-10; VDE 0100-510:2014-10: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-51: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Allgemeine Bestimmungen (IEC 60364-5-51:2005, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-5-51:2009 + A11:2013
- DIN VDE 0100-520 (VDE 0100-520):2013-06. Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-52: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Kabel- und Leitungsanlagen (IEC 60364-5-52:2009, modifiziert + Corrigendum Feb. 2011); Deutsche Übernahme HD 60364-5-52:2011
- DIN VDE 0100-530 (VDE 0100-530):2011-06. Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 530: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schalt- und Steuergeräte

- DIN VDE 0100-537 (VDE 0100-537):1999-06. Elektrische Anlagen von Gebäuden – Teil 5: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel; Kapitel 53: Schaltgeräte und Steuergeräte; Abschnitt 537: Geräte zum Trennen und Schalten (IEC 60364-5-537:1981 + A1:1989, modifiziert); Deutsche Fassung HD 384.5.537 S2:1998
- DIN VDE 0100-540 (VDE 0100-540):2012-06. Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen und Schutzleiter (IEC 60364-5-54:2011); Deutsche Übernahme HD 60364-5-54:2011
- DIN VDE 0100-600 (VDE 0100-600):2008-06. Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 6: Prüfungen (IEC 60364-6:2006, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-6:2007
- DIN VDE 0100-705 (VDE 0100-705):2007-10. Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-705: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Elektrische Anlagen von landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten (IEC 60364-7-705:2006, modifiziert); Deutsche Übernahme HD 60364-7-705:2007 + Corrigendum 1:2007
- DIN VDE 0100-712:2016-10; VDE 0100-712:2016-10: Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-712: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme; Deutsche Übernahme HD 60364-7-712:2016
- DIN VDE 0105-100:2015-10; VDE 0105-100:2015-10: Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 100: Allgemeine Festlegungen
- DIN VDE 0289-4 (VDE 0289-4):1988-03. Begriffe für Starkstromkabel und isolierte Starkstromleitungen; Prüfen und Messen
- DIN EN 50110-1 (VDE 0105-1):2014-02. Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 50110-1:2013
- DIN CLC/TS 50539-12 (VDE V 0675-39-12):2010-09. Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Überspannungsschutzgeräte für besondere Anwendungen einschließlich Gleichspannung – Teil 12: Auswahl und Anwendungsgrundsätze – Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz von Photovoltaik-Installationen; Deutsche Fassung CLC/TS 50539-12:2010
- DIN EN 61215:202-07; VDE 0126-31.2012-07. Terrestrische kristalline Silizium-photovoltaik-(PV)Module – Bauarteignung und Bauartzulassung (IEC82/684/CD:2011)
- DIN EN 61427-1 (VDE 0510-40):2014-02. Wiederaufladbare Zellen und Batterien für die Speicherung erneuerbarer Energien – Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren – Teil 1: Photovoltaische netzunabhängige Anwendung (IEC 61427-1:2013); Deutsche Fassung EN 61427-1:2013
- DIN EN 61427-2 (VDE 0510-41):2014-04. Wiederaufladbare Zellen und Batterien für die Speicherung erneuerbarer Energien – Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren – Teil 2: Netzintegrierte Anwendungen (IEC 21/813/CD:2013)
- DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1):2012-06. Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Teil 1: Allgemeine Festlegungen (IEC 61439-1:2011); Deutsche Fassung EN 61439-1:2011

DIN EN 61643-11 (VDE 0675-6-11):2013-04. Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 11: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen – Anforderungen und Prüfungen (IEC 61643-11:2011, modifiziert); Deutsche Fassung EN 61643-11:2012

DIN EN 61646:2009-03; VDE 0126-32:2009-03: Terrestrische Dünnschicht-Photovoltaik (PV)-Module – Bauarteignung und Bauartzulassung (IEC 61646:2008); Deutsche Fassung EN 61646:2008

DIN EN 61853-1 (VDE 0126-34-1):2011-12. Prüfung des Leistungsverhaltens von photovoltaischen (PV-)Modulen und Energiebemessung – Teil 1: Leistungsmessung in Bezug auf Bestrahlungsstärke und Temperatur sowie Leistungsbemessung (IEC 61853-1:2011); Deutsche Fassung EN 61853-1:2011

DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1):2011-10. Blitzschutz – Teil 1: Allgemeine Grundsätze (IEC 62305-1:2010, modifiziert); Deutsche Fassung EN 62305-1:2011

DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2):2013-02. Blitzschutz – Teil 2: Risiko-Management (IEC 62305-2:2010, modifiziert); Deutsche Fassung EN 62305-2:2012

DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3):2011-10 Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen (IEC 62305-3:2010, modifiziert); Deutsche Fassung EN 62305-3:2011

DIN EN 62305-3 Beiblatt 5 (VDE 0185-305-3 Beiblatt 5): 2014-02. Blitzschutz – Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen; Beiblatt 5: Blitz- und Überspannungsschutz für PV-Stromversorgungssysteme

DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4):2011-10. Blitzschutz – Teil 4: Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen (IEC 62305-4:2010, modifiziert); Deutsche Fassung EN 62305-4:2011

DIN EN 62446-1:2016-12; VDE 0126-23-1:2016-12: Photovoltaik (PV) Systeme – Anforderungen an Prüfung, Dokumentation und Instandhaltung – Teil 1: Netzgekoppelte Systeme – Dokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und Prüfanforderungen (IEC 62446-1:2016); Deutsche Fassung EN 62446-1:2016

VDE Anwendungsregeln

VDE-AR-E 2100-712 Anwendungsregel:2013-05. Maßnahmen für den DC-Bereich einer Photovoltaikanlage zum Einhalten der elektrischen Sicherheit im Falle einer Brandbekämpfung oder einer technischen Hilfeleistung

VDE-AR-E 2283-4 Anwendungsregel: 2011-10. Anforderungen für Leitungen für PV-Systeme

Weitere Normen

DIN EN 1991-1-1: 2010-12. Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau; Deutsche Fassung EN 1991-1-1:2002 + AC:2009 (ersetzt DIN 1055-1:2002-06 und DIN 1055-3:2006-03)

DIN EN 1991-1-2: 2010-12. Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkungen auf Tragwerke; Deutsche Fassung EN 1991-1-2:2002 + AC:2009

DIN EN 1991-1-3:2010-12. Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen, Schneelasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-3:2003 + AC:2009 (ersetzt DIN 1055-5:2005-07)

DIN EN 1991-1-4:2010-12. Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten; Deutsche Fassung EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 + AC:2010 (ersetzt DIN 1055-4:2005-03)

DIN EN 13306:2010-12. Instandhaltung – Begriffe der Instandhaltung; Dreisprachige Fassung EN 13306:2010

DIN 31051:2012-09. Grundlagen der Instandhaltung

DIN EN 61724:1999-04. Überwachung des Betriebsverhaltens photovoltaischer Systeme – Leitfaden für Messen, Datenaustausch und Analyse (IEC 61724:1998); Deutsche Fassung EN 61724:1998

VdS-Richtlinien

VdS-Richtlinien des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV)

VdS 2010:2010-09. Risikoorientierter Blitz- und Überspannungsschutz, Unverbindliche Richtlinien zur Schadenverhütung

VdS 2017:2010-01. Überspannungsschutz für landwirtschaftliche Betriebe, Unverbindliche Richtlinien zur Schadenverhütung

VdS 2019:2010-01. Überspannungsschutz in Wohngebäuden, Unverbindliche Richtlinien zur Schadenverhütung

VdS 2023:2001-08. Elektrische Anlagen in baulichen Anlagen mit vorwiegend brennbaren Baustoffen, Richtlinien zur Schadenverhütung

VdS 2025:2008-01. Elektrische Leitungsanlagen, Richtlinien zur Schadenverhütung

VdS 2031:2010-09. Blitz- und Überspannungsschutz in elektrischen Anlagen, Unverbindliche Richtlinien zur Schadenverhütung

VdS 2033:2007-09. Elektrische Anlagen in feuergefährdeten Betriebsstätten und diesen gleichzustellende Risiken, Richtlinien zur Schadenverhütung

VdS 2057:2008-01. Sicherheitsvorschriften für elektrische Anlagen in landwirtschaftlichen Betrieben – Intensiv-Tierhaltungen.

VdS 2067:2008-01. Elektrische Anlagen in der Landwirtschaft – Richtlinien zur Schadenverhütung

VdS 2349:2000-02. Störungssarme Elektroinstallationen, Richtlinien zur Schadenverhütung

VdS 2858:2011-02. Thermografie in elektrischen Anlagen, ein Beitrag zur Schadenverhütung und Betriebssicherheit

VdS 3103:2012-06. Lithium Batterien. GDV-Merkblatt zur Schadenverhütung 2012-06

VdS 3145:2011-07. Photovoltaikanlagen, Technischer Leitfaden

VdS 3501: 2008-10. Installationsfehlerschutz in elektrischen Anlagen mit elektronischen Betriebsmitteln – RCD und FU, Richtlinien zur Schadenverhütung

Gesetze / Verordnungen

BetrSichV [2015] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV). Betriebssicherheitsverordnung vom 3. Februar 2015 (BGBl. I S.49), die durch Artikel 2 der Verordnung vom 15. November 2016 (BGBl. I S. 2549) geändert worden ist. Köln: Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, 2015

BGB [2013] Bürgerliches Gesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Januar 2002 (BGBl. I S.42, 2909; 2003 I S.738), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 24. Mai 2016 (BGBl. I S.1190) geändert worden ist. Werkvertragsrecht §§631 bis 651; Dienstvertrag §§ 611 bis 630. Köln: Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, 2013

BG-Regel Dacharbeiten BGR 203, April 2000 Aktualisierte Fassung Oktober 2008 Unfallverhütungsvorschrift Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (VSG 1.4) Stand: 1. Januar 2000 in der Fassung vom 19. Juli 2013 Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau

DGUV-1 [2013] Unfallverhütungsvorschrift. Grundsätze der Prävention. Berlin: November 2013

DGUV-3 [1997] ehemals BGV A3 Unfallverhütungsvorschrift – Elektrische Anlagen und Betriebsmittel – Fassung: Januar 1997 (Erster Nachtrag) Berlin: 04/2012

GewO [2013] Gewerbeordnung. In der Fassung der Bekanntmachung vom 22.02.1999 (BGBl. I S.202),zuletzt geändert durch Gesetz vom 04.11.2016 (BGBl. I S. 2456) m. W. v. 01.12.2016 Köln: Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, 2013

EEG [2014] Gesetz für den Ausbau Erneuerbarer Energien. Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2014 (BGBl. I S.1066), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 13. Oktober 2016 (BGBl. I S.2258) geändert worden ist. Köln: Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, 2014

EnWG [2013] Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S.1970, 3621), das zuletzt durch Artikel 3 Absatz 4 des Gesetzes vom 4. Oktober 2013 (BGBl. I S.3746) geändert worden ist. Köln: Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, 2013

GefStoffV [2013] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen Gefahrstoffverordnung vom 26. November 2010 (BGBl. I S.1643, 1644), die durch Artikel 1 der Verordnung vom 15. November 2016 (BGBl. I S.2549) geändert worden ist. Köln: Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, 2013

ProdSG [2011] Erste Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Verordnung über elektrische Betriebsmittel vom 17. März 2016 (BGBl. I S. 502)«. Ersetzt V 8053-4-1 v. 11.6.1979 I 629 (TechArbmGV 1)

(Diese Verordnung dient der Umsetzung der Richtlinie 2014/35/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen auf dem Markt (ABl. L 96 vom 29.3.2014, S. 357). Köln: Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, 2016

TRBS 1001:2006-09-05 Technische Regeln für Betriebssicherheit – Struktur und Anwendung der Technischen Regeln für Betriebssicherheit

TRBS 1111:2006-09-05 Technische Regeln für Betriebssicherheit – Gefährdungsbeurteilung und sicherheitstechnische Bewertung

TRBS 1112:2010-08-25 Technische Regeln für Betriebssicherheit – Instandhaltung

TRBS 1203: 2010-03-17 Technische Regeln für Betriebssicherheit – Befähigte Personen

TRBS 2121:2007-01-31 Technische Regeln für Betriebssicherheit – Gefährdung von Personen durch Absturz – Allgemeine Anforderungen

TRGS 519:2014-01 Technische Regeln für Gefahrstoffe Asbest; Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten

Literaturquellen

Bergmann, Arno: Photovoltaikanlagen – Normgerecht errichten, betreiben, herstellen und konstruieren. Berlin/Offenbach: VDE-Verlag, 2011 (VDE-Schriftenreihe; 138)

Brehaut, Cedric: »Megawatt-Scale PV Plant Operations and Maintenance: Services Markets and Competitors« 2013–2017. URL: www.greentechmedia.com/research/report/MW-scale-PV-plant-operations-and-maintenance-2013-2017 [Stand: 23.05.2014]

Hennig, Wilfried: VDE-Prüfung nach BetrSichV, TRBS und BGV A3, Erläuterungen zu DIN VDE 0100 Teile 410, 430 u.a., sowie DIN VDE 0105-100. Berlin/Offenbach: VDE-Verlag, 2010 (VDE-Schriftenreihe/43)

Hochbaum, Adalbert; Hof, Bernhard: Kabel- und Leitungsanlagen – Auswahl und Errichtung nach DIN VDE 0100-520. 2. Aufl. Berlin/Offenbach, 2003 (VDE-Schriftenreihe; 68)

Hochbaum, Adalbert; Callondann, Carsten: Schadensverhütung in elektrischen Anlagen – Rechtliche Regelungen, Brandgefahren, Schadensursachen, Schutzmaßnahmen, Anforderungen an die Errichtung, Erhaltung des ordnungsgemäßen Zustandes. 3. überarb. Aufl. VDE-Verlag: Berlin/Offenbach, 2002 (VDE-Schriftenreihe; 85)

Hoffmann, Rüdiger; Bergmann, Arno (Hrsg.): DKE-Komitee K224. Betrieb von elektrischen Anlagen. Erläuterungen zu DIN VDE 0105-100:2009-10. 10. Aufl. Berlin; Offenbach: VDE-Verlag, 2010 (VDE-Schriftenreihe; 13)

Jula, Rocco: Sachversicherungsrecht. 3. Auflage. Karlsruhe: Verlag Versicherungswirtschaft GmbH, 2013

- Mertens, Konrad: Photovoltaik – Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis. 2., neu bearbeitete Auflage. München: Fachbuchverlag Leipzig (im Carl Hanser Verlag), 2013
- Prume, Klaus; Viehweg, Jochen: Leitfaden Bewertung des Brandrisikos in Photovoltaikanlagen und Erstellung von Sicherheitskonzepten zur Risikominimierung. Projektträger TÜV Rheinland, Fraunhofer ISE. Köln, Freiburg März 2015. www.pv-brandsicherheit.de/fileadmin/downloads_fe/Leitfaden_Brandrisiko_in_PV-Anlagen_V01.pdf
- Rutschmann, Ines: GED Gesellschaft für Energiedienstleistung GmbH & Co. KG (Hrsg.): Elektroinstallationen im Spannungsfeld von Anpassung und Bestandsschutz. Berlin, 2012
- Photon Publishing GmbH: Augen auf! Umfrage bei Sachverständigen. Photon – Das Solarstrommagazin (2013), Nr. 1, S. 56
- Schmolke, Herbert: Brandschutz in elektrischen Anlagen – Praxishandbuch für Planung, Errichtung, Prüfung und Betrieb. 3. Auflage. München/Heidelberg: Hüthig & Pflaum Verlag, 2013
- Schoop, Edgar: Stationäre Batterie-Anlagen. Auslegung, Instandhaltung und Wartung. Berlin: Huss-Medien, 2013
- Schröder, Mario: Der Wartungsvertrag. Vertragsgestaltung der Inspektion – Wartung – Instandsetzung von baulichen Anlagen und Rechtsfolgen. Berlin: Beuth-Verlag, 2005
- Strassmann, Burkard: Das falsche Versprechen. Die Zeit (2013), Nr. 19, URL: www.zeit.de/2013/19/defekte-solaranlagen [Stand: 27.07.2016]

Der Autor

Wolfgang Schröder ist ursprünglich Bau- und Projektmanagementexperte. Nach einem Fachstudium für Bautechnik war er viele Jahre in einem Ingenieurbüro für konstruktiven Ingenieur- und Hochbau tätig. Von der Planung bis zur Projektüberwachung eignete er sich ein breites praktisches Wissen in Bauprojekten an, welches ihm später als Projektmanager mit Schwerpunktbereich juristisches und vertragliches Projektmanagement bei der Betreuung von Großprojekten von praktischem Nutzen war. Danach wechselte er zum TÜV Süd als staatlich anerkannter Sachverständiger für Bautechnik. Der Zufall wollte es, dass sich für ihn nach dem Bau einer eigenen Photovoltaikanlage vor ca. 13 Jahren ein neues Fachgebiet auftat. Hierbei hat er bis heute viele Seiten der Photovoltaik-Branche kennen gelernt.

Nach mehreren Jahren Tätigkeit in einem Unternehmen für Projektentwicklung und Systemrealisierung von Photovoltaikanlagen wurde er 2009 als geprüfter (Fachverband) Sachverständiger tätig und unterhält seit 2011 als TÜV-zertifizierter Sachverständiger ein eigenes Sachverständigenbüro. Gleichzeitig ist er Geschäftsführer einer kleinen Betreibergesellschaft, welche bereits seit mehr als 10 Jahren PV-Anlagen betreibt. Der Autor hat daher einen breiten Einblick in die Branche, sei es in der Projektrealisierung von Photovoltaikanlagen oder als Betreiber solcher Anlagen.

Die breiteste Facette bietet jedoch seine Tätigkeit als Sachverständiger mit seinen Tätigkeiten für Gerichte, Schadensbegutachtungen für Versicherungen, Anlagenprüfungen, Fachreferent und Fachautor von verschiedenen Büchern und Fachartikeln. Neben dem Haupttätigkeitsfeld der Photovoltaik beschäftigt er sich zudem mit Schäden an Dächern sowie dem baulichen Brandschutz, letzteres auch in Funktion als Feuerwehrmann und technischer Berater in der Feuerwehr für Löscheinsätze bei Photovoltaikanlagen. Im Fraunhofer IRB Verlag wurde auch sein Fachbuch »Inspektion, Prüfung und Instandhaltung von Photovoltaik-Anlagen« veröffentlicht. In dem nun vorliegenden Buch speziell für Anlagenbetreiber schöpft der Autor aus eigenen vielfältigen Erfahrungen.

Stichwortverzeichnis

A

Aluminiumleiter 142

B

Betriebsspannung 40

Betriebsstrom 40

Beweissicherung 30

Biegeradius 120

Blasenbildung 133

Browning 128

Bypassdiode 47

D

Datenblatt 160

Delamination 132

Diebstahl 167

F

Faserzementdach 92

Faserzementplatte 110

Fehlerstromschutzschalter 144

G

Gebäudestatik 102

Gewährleistungsfrist 20

Glasbruch 134

Gummischlauchleitung 124

H

Hotspot 46, 135

J

Jahresertrag, spezifischer 43

K

Kaufvertrag 19

Kondenswasser 125

Kurzschlussstrom 40

L

Leerlaufspannung 40

Leistungsgarantie 24

Leitungsverlegung 142

Lichtbogen 116

M

Messprotokoll 163

Metalleindeckung 109

Mikroriss 130

Modulanschlussdose 137

Modulaufständereitung 105

N

Nagetierverbiss 123

Notabschaltung 161

O

Obliegenheit 176

P

Performance Ratio 42

Produktgarantie 23

Prüfbericht 162

R

Risikoausschluss 173

S

Schadensdefinition 174

Schneckenpur 129

Schrumpfschlauch 122

Standard-Test-Conditions 41

Stromlaufplan 159, 160

Systemdaten 159

Systemstatik 102

T

TCO-Korrosion 128

Temperaturkoeffizient 40

U

- Überspannungsschaden 136
Überstromschutzeinrichtung 143
UV-Beständigkeit 118
UV-Schädigung 119

V

- Verfahren, gerichtliches 31
Verschattung 45
Verschmutzung 49

W

- Werkvertrag 19

Y

- Yellowing 128

Z

- Zellriss 130
Ziegeldach 107

Welche Lüftung braucht das Haus?

Anton Höß



2017, 2. überarbeitete und aktualisierte Auflage,
192 Seiten, 81 Abbildungen,
36 Tabellen, Kartoniert

ISBN 978-3-8167-9845-3

Auftretende Feuchtigkeitsschäden und Schimmelpilzbefall sind bei den heutigen, hoch wärmegedämmten Gebäuden beinahe schon programmiert. Manuelles Lüften reicht meist nicht mehr aus und neue Lüftungssysteme müssen mit herangezogen werden.

Die wesentlichen Grundsätze der verschiedenen Systeme sowie ihre Vor- und Nachteile werden in diesem Buch umfassend erläutert. Ausführlich geht der Autor auch auf die zu erwartenden Kosten ein, wodurch Fehlinvestitionen vermieden werden können. Zahlreiche Praxisbeispiele veranschaulichen die Thematik und helfen das richtige Lüftungssystem für Neubauten und Bestandsgebäude zu finden.

Fraunhofer IRB ■ Verlag

Der Fachverlag zum Planen und Bauen

Nobelstraße 12 ■ 70569 Stuttgart ■ irb@irb.fraunhofer.de ■ www.baufachinformation.de

Wohnraumschimmel

Ursachenanalyse · Vermeidung · Sanierung

Volker Drusche



2017, 2., erw. Aufl.,
190 Seiten, 49 Abbildungen,
14 Tabellen, Kartoniert

ISBN 978-3-8167-9790-6

Der praxiserfahrene Autor klärt über die Ursachen von Innenraumschimmelpilzen auf und stellt den Ablauf einer Ursachenanalyse dar. Er erläutert Methoden und Abläufe fachgerechter Schimmelpilzsanierungen und gibt rechtliche Einschätzungen für den Handlungsbedarf.

Neue Themen sind z.B. Erkenntnisse aus dem neuen Schimmelpilzleitfaden des Umweltbundesamtes, Schimmel im Keller bzw. in unbeheizten Bereichen, Wert- und Mietminderung durch Schimmel sowie eine Kostenschätzung für Schimmelanalysen und -sanierungen.

Fraunhofer IRB Verlag

Der Fachverlag zum Planen und Bauen

Nobelstraße 12 ▪ 70569 Stuttgart ▪ irb@irb.fraunhofer.de ▪ www.baufachinformation.de

Wolfgang Schröder

Privater Betrieb von Photovoltaikanlagen

Anlagentechnik, Risikominimierung,
Wirtschaftlichkeit

Die Errichtung einer PV-Anlage erscheint vielen Hausbesitzern als vorteilhafte Investition, denn Verkäufer und Installateure versprechen gerne garantierten Gewinn und eine wartungsfreie Anlage.

Betrachtet man Probleme, die dann oft auftreten, scheinen sich nicht alle privaten Anlagenbetreiber grundlegende Fragen zu ihrer Investition gestellt zu haben.

Bringt die Anlage wirklich den erwarteten Ertrag? Gelten die Garantien, wenn der Installateur oder der Hersteller nicht mehr greifbar sind? Welche Verantwortung trägt der Eigentümer? Was ist in den laufenden Betriebsjahren noch zu beachten und zu erwarten?

Nur ein geringer Teil der privaten Anlagenbetreiber ist ausreichend informiert, da Fachzeitschriften aus der Photovoltaik- oder Energiebranche meist im gewerblichen Bereich zu finden sind. Und wer geht als privater Anlagenbetreiber schon auf Fortbildungsveranstaltungen?

Dieses Buch soll sich daher den Belangen des privaten Anlagenbetreibers widmen, also den technischen Laien ansprechen und dem Leser das Verständnis für die Technik vermitteln, die auf seinem Dach installiert ist.

Aus dem Inhalt:

- Gewährleistung und Garantie
- Anlagenerträge, Ertragsprognosen
- Inspektion und Prüfung
- Rechtliche Rahmenbedingungen
- Mängel und Fehler ab Anlagenkomponenten
- Versicherungen

Der Autor:

Wolfgang Schröder ist TÜV-zertifizierter Sachverständiger für Photovoltaik (PersCert TÜV Rheinland) mit den Schwerpunkten Schadens-, Gerichts- und Prüfgutachten sowie den Nebengewerken »Schäden an Dächern« und »Baulicher Brandschutz«.



Fraunhofer IRB Verlag