

## 1.2 Sichtprüfung des Generators

### 1.2.1 Revisionsgänge und Wartungsstege

Nach der Montage ist vor der Instandhaltung. Das ist allerdings nicht ganz richtig. Die Instandhaltung fängt eigentlich viel früher an – bei der Planung der gesamten Anlage. Zwar beginnt der Servicetechniker mit der Wartung, Reinigung und Fehlerbehebung erst, nachdem der Generator einige Zeit Strom erzeugt hat. Doch muss er dies auch gefahrlos tun können. Gerade bei vielen älteren Anlagen fehlen sämtliche Möglichkeiten, an Module in der Mitte des Generatorfeldes heranzukommen. Die üppige Einspeisevergütung hatte die Betreiber dazu verführt, möglichst viel Leistung aufs Dach zu bringen. Schließlich erzeugt jede Kilowattstunde, die zusätzlich ins Netz eingespeist wird, bares Geld. Doch auch die modernen Ost-West-Anlagen auf Flachdächern brauchen solche Revisionsgänge, um die Wartung der Anlage zu ermöglichen. Hier gilt der Blick vorher auf das zu verwendende Montagegestell. Von einem Ost-West-Montagesystem, das die Wartungsgänge nicht mit integriert hat, sollten der Installateur und auch der spätere Betreiber der Anlage Abstand nehmen.

#### Revisionsgänge

Eigentlich stören Revisionsgänge nur, da sie die mögliche Leistung des Generators verringern und die Rendite schmälern. Das ist zwar richtig. Doch die Rendite errechnet sich nicht nur auf der Basis der Vergütung für den eingespeisten Solarstrom. Hier spielen die Kosten für den laufenden Betrieb eine sehr große Rolle. Ohne Möglichkeiten für den Servicetechniker, jedes Modul einigermaßen leicht zu erreichen, können die Wartung und Instandsetzung teuer werden und die Vorteile für das Mehr an Einspeisevergütung schnell wieder auffressen (Abb. 1.4 und 1.5).



**Abb. 1.4:** Wenn der Generator wie hier das ganze Dach bedeckt, wird es schwierig mit der Wartung der Anlage. Im Zweifelsfall muss der Handwerker sich einen Weg bahnen, indem er Module deinstalliert, damit er an ein Panel in der Mitte der Anlage herankommt.  
(Foto: Wagner Solar GmbH)



**Abb. 1.5:** Bei dieser Anlage wurde an die Instandhaltung gedacht. Es gibt genügend Platz zwischen den Modulreihen, damit ein Servicetechniker jedes Panel erreicht. Viele Hersteller von Montagegestellen haben die Abstände bereits in ihre Systeme integriert. (Foto: Wircon GmbH)

Denn eins ist klar: Die Module sollten niemals betreten werden. Es sei denn, der Hersteller gibt dies explizit frei. Zwar sind die Module für hohe Schnee- und Windlasten ausgelegt und in vielen Tests wurde das auch überprüft. So sind die meisten Module für Belastungen von 5.400 Newton pro Quadratmeter konzipiert. Das sind immerhin fast 550,65 Kilogramm pro Quadratmeter. Das reicht aus, damit das Modul auch unter einer dicken Schneedecke nicht durchbricht.

Doch gilt dieser Wert nur für einen flächigen Lasteintrag wie eine geschlossene Schneedecke auf der Moduloberfläche. Ein Monteur, der über das Modul läuft, trägt die Last aber punktförmig ein, auch wenn er noch so große Füße hat und noch so weiche Sohlen an seinen Schuhen trägt. Dann muss die Belastung auf den Quadratzentimeter heruntergebrochen werden. Diese sinkt dann auf 55 Gramm, die ein Modul als punktuell eingetragene Last verträgt. So leicht kann sich kein Installateur machen. Sollte das Modul doch betreten werden, besteht die Gefahr eines riesigen und irreparablen Schadens. Denn das kritische Teil ist weniger das Modulglas. Dieses hält im Zweifelsfall das Gewicht eines erwachsenen Menschen aus. Doch problematischer gestaltet sich das für die Solarzellen, die darunterliegen. Hier besteht die Gefahr, dass Mikrorisse auftreten, die von außen gar nicht wahrnehmbar sind, sich aber im Laufe der Zeit ausweiten und zum Totalausfall der entsprechenden Zellen führen. Die modernen Elektrolumineszenzkameras zeigen ein ganz deutliches Schadensbild, wenn ein Modul betreten wurde. Auf den Aufnahmen sind quasi die Fußabdrücke zu sehen.

Ist das ganze Dach mit Modulen belegt, muss sich der Servicetechniker bei jedem Tausch eines Moduls in der Mitte des Generatorfeldes sozusagen einen Wartungsgang freimontieren. Er muss die gesamte Anlage soweit zurückbauen, bis er an das defekte Modul herankommt. Das heißt aber nicht nur, dass die Module abzuschrauben sind. Sie müssen auch sicher zwischengelagert und nach Abschluss der Wartungsarbeiten wieder neu installiert werden. Auf diese Weise kann der Tausch einer Bypassdiode, einem Ersatzteil, das weniger als einen Euro kostet, schnell einen

### 1.7.4 Reparatur von Wechselrichtern

Bei Wechselrichtern ist die Reparatur schwieriger, weil viel mehr Elektronik in den Geräten steckt. Normalerweise greift der Installateur nicht zum Lötkolben, um schadhafte Bauelemente oder Platinen instand zu setzen. Meist wird der Wechselrichter gegen ein neues Gerät getauscht, die Reparatur erfolgt beim Hersteller oder bei einem von ihm beauftragten Dienstleister.

Einige Hersteller von Wechselrichtern erlauben geschulten und zertifizierten Installateuren, einzelne Steckkarten oder die Leistungsteile komplett zu tauschen. Das erfolgt über Einschübe, die man leicht entnehmen kann. Ansonsten riskiert jeder Eingriff ins Gerät die mitunter sehr weitreichenden Garantien des Herstellers.

Für einige Wechselrichter, deren Hersteller aus dem Markt verschwunden sind, werden Nachbaugeräte angeboten. Das sind meist sehr kleine und spezielle Wechselrichter aus der Anfangszeit der Photovoltaik. Wenn die Solaranlage vor 15 Jahren errichtet wurde und noch 5 Jahre ins Netz einspeisen soll, um die Vergütung zu bekommen, kann sich die Reparatur oder der Nachbau lohnen. Im Einzelfall ist jedoch immer zuerst zu prüfen, ob der Tausch des Wechselrichters gegen ein neues Gerät oder einen gebrauchten Inverter aus dem Zweitmarkt nicht einfacher ist.

Gebrauchte Geräte haben keine Garantien mehr, die Gewährleistung ist längst abgelaufen. Neue Produkte hingegen erfüllen die Gewährleistung und Garantien der Hersteller in vollem Umfang. Zudem bieten sie bessere Möglichkeiten, die Bestandsanlage ins Monitoring zu übernehmen. Nachgebaute Geräte werden wie Neugeräte behandelt und mit der üblichen Gewährleistung ausgestattet.

Der Tausch des Wechselrichters kann aber vor allem bei größeren Anlagen zum finanziellen Risiko werden. Denn wenn auch die gesamte Kommunikation und Anlagensteuerung umgebaut werden muss, muss der Betreiber das gesamte System neu zertifizieren lassen. Ein solches Anlagenzertifikat kostet zusätzlich Geld und es dauert auch eine Weile, bis die Zertifizierungsstellen es ausgestellt haben.

Aus diesem Grund kann sich durchaus die umfangreiche Reparatur des Wechselrichters lohnen. Oftmals werden dann die teuren Platinen ausgetauscht, was kaum finanzielle Einsparungen im Vergleich zur Neuanschaffung bringt. Eine echte Reparatur des Wechselrichters auf Bauteilebene bieten nur ganz wenige Hersteller an. Hier kann der Betreiber und Wartungshandwerker allerdings bei Dienstleistern fündig werden, die inzwischen einen solchen Service anbieten. Das spart nicht nur jede Menge Geld, sondern auch Ressourcen, wenn die defekten Wechselrichter nicht wegen eines einzelnen kaputten Bauteils, zum Beispiel ein Elektrolytkondensator oder ein festgebrannter Kontakt in einem Relais, auf dem Elektroschrotthaufen landen.

In diesem Fall muss der Handwerker den defekten Wechselrichter deinstallieren und die Reparatur beim Dienstleister anmelden. Dieser schickt Verpackungsmaterial zum Anlagenbetreiber. Dieser verpackt den Wechselrichter und der Dienstleister lässt ihn von einer Spedition abholen.

In der Werkstatt angekommen, wird das Gerät zunächst auf Transportschäden hin überprüft und grob gereinigt. Dann kommt der Wechselrichter in die Prüfung. Hier wird er umfassend auf Herz und Nieren untersucht und die Defekte werden dokumentiert. Im Anschluss wird das Gerät komplett aufgearbeitet. Das bedeutet, die defekten Bauteile werden ersetzt. Außerdem werden auch gleich weitere Bauteile ausgewechselt, die augenscheinlich demnächst ebenfalls kaputt gehen.

Im Anschluss wird das Gerät noch einem Leistungstest unterzogen und dann entweder zurück zum Betreiber geschickt oder es landet im Lager beim Dienstleister.

Denn diese bieten verschiedene Arten von Service an. Entweder der Anlagenbetreiber bekommt seinen reparierten Wechselrichter zurück. Aber einige Dienstleister bieten auch Austauschgeräte. Das heißt, sie schicken einen baugleichen Wechselrichter zum Anlagenbetreiber, während das ursprünglich installierte Gerät beim Dienstleister aufgearbeitet und dann wieder als Austauschgerät für andere Betreiber eingelagert wird. Dies hat den Vorteil, dass die Ausfallzeiten minimiert werden.

Die meisten eingeschickten Wechselrichter lassen sich reparieren. Selbst Überspannungsschäden sind durchaus reparabel. Probleme kann es bei sehr exotischen Modellen geben, für die keine Bauteile mehr zu bekommen sind oder in denen spezifische Komponenten verbaut sind, die nur der jeweilige Wechselrichterhersteller liefern könnte. Es lohnt sich aber in jedem Fall, den Aufwand in Betracht zu ziehen.

Denn der Vorteil ist: Wenn der Dienstleister den Wechselrichter überarbeitet, tauscht er auch gleich andere Bauteile aus, die augenscheinlich demnächst kaputt gehen. Auf diese Weise kommt das aufgearbeitete Gerät beim Betreiber wieder fast in einem Neuzustand an. Deshalb ist es auch wichtig, beim Dienstleister vorher den Umfang der Aufarbeitung und Reparatur anzufragen und auf solche Anbieter zurückzugreifen, die sich auch die Fehlerumgebung im Gerät mit anschauen.

Die Dienstleister geben die Kostenersparnis mit 50 bis 70 Prozent im Vergleich zum Neukauf an – je nach Leistung des Wechselrichters und Aufwand der Reparatur. Denn der Austausch eines Bauteils kostet bei einem Wechselrichter mit einer Leistung von zehn Kilowatt genauso viel wie bei einem Gerät mit 50 Kilowatt Leistung. Der Anschaffungspreis für das kleinere Gerät ist aber niedriger als für den größeren Umrichter. Damit der Anlagenbetreiber hier auf der sicheren Seite ist, machen die Dienstleister in der Regel einen Kostenvoranschlag. Die Reparatur lohnt sich nur bei sehr kleinen Geräten bis fünf Kilowatt Leistung in der Regel nicht, da hier der Preis für die Neuanschaffung niedriger ist als der für die Reparatur.

### 1.8 Recycling

Solarmodule und Wechselrichter unterliegen dem Gesetz für Elektroaltgeräte (ElektroG). Haben sie das Ende ihrer Produktlebensdauer erreicht, müssen sie in einem geordneten Prozess gesammelt und verwertet werden – wie Computer, Geschirrspüler, Hifi-Anlagen, Waschmaschinen und Kühlschränke.

Wechselrichter sind bereits seit 2005 eindeutig als Elektrogeräte klassifiziert. Deshalb sind die Rücknahme und Verwertung über das Elektroggesetz (ElektroG) und die Vorschriften der Europäischen Union (WEEE-Richtlinie) klar geregelt. Die Hersteller müssen alte Geräte zurücknehmen, in der Regel tun sie das auch. Denn im Elektronikschrott lauern etliche Schätze, die man bei der Verwertung zurückgewinnen kann: Bauelemente und wertvolle Metalle.

2015 wurde die Gesetzgebung für Elektroaltgeräte auf Solarmodule ausgedehnt, die eine eigene Sammelklasse (Kategorie 4: Geräte der Unterhaltungselektronik und Photovoltaikmodule)

### 3 Diebstahlschutz

Die Preise von Modulen sinken zwar immer weiter. Doch für Diebe sind sie nach wie vor bares Geld wert. Immer wieder werden Komponenten von Solaranlagen gestohlen. Die Betreiber stehen dem aber nicht schutzlos gegenüber. Seit Jahren bekämpfen die Polizeibehörden der Bundesländer mehr oder weniger intensiv Diebstahlserien von Modulen oder anderen Komponenten der Photovoltaikanlagen. So hat die Polizei in Brandenburg schon mehrere Sonderkommissionen eingerichtet, die sich einzig und allein mit solchen Diebstählen befassen.

Meist haben es die Diebe auf die Module abgesehen (Abb. 3.1), die dann irgendwann auf dem Zweitmarkt landen, zunehmend auch auf Wechselrichter. Manchmal sind es einfach nur die Kupferkabel, die die Diebe später beim Schrotthändler zu Geld machen. Zum Diebstahl der eigentlichen Komponenten kommen aber noch der Ertragsausfall und oft ein nicht unerheblicher Schaden an den Gebäuden hinzu. Denn die Diebe gehen häufig mit brachialer Gewalt vor und hinterlassen eine Spur der Verwüstung.



**Abb. 3.1:** Modulstecker abgezogen und die Module abmontiert: Für den Betreiber sind die verschwundenen Paneele ein riesiges Problem, gleich in dreifacher Hinsicht. Einerseits muss der Betreiber die Module ersetzen, andererseits ist es der Ertragsausfall, den er hinnehmen muss, solange die Komponenten fehlen. Das dritte Problem ist, überhaupt passenden Ersatz zu finden. Er kann aber durchaus etwas dafür tun, dass Langfinger gar nicht erst an die Komponenten herankommen. (Foto: Second Sol)

Gestohlene Module sind nicht immer einfach zu ersetzen, auch wenn es inzwischen einen umfangreichen Zweitmarkt für Paneele gibt, die nicht mehr am Markt verfügbar sind. Einige

Photovoltaikschmieden haben sich darauf spezialisiert, Module nachzubauen oder Sondermodelle anzufertigen, für den Fall, dass der Betreiber auf dem Zweitmarkt nicht fündig wird. Schließlich muss das Ersatzmodul zum gestohlenen Paneel passen (siehe Abschn. 1.7.3).

Um sich viel Ärger und Verluste zu ersparen, sollten sich die Betreiber von Photovoltaikanlagen schützen. Die wichtigsten Anlagenteile, wie Solarmodule und die teilweise auch im Freien installierten Wechselrichter, lassen sich mit handelsüblichen Werkzeugen leicht und schnell lösen. Dies erleichtert ganz wesentlich den Diebstahl. Ob und wie sich die Anlagenbetreiber schützen können, hängt nicht unwesentlich davon ab, wo die Anlage steht – auf einem Dach oder auf dem freien Feld (Abb. 3.2).



**Abb. 3.2:** Ein Zaun ist mehr als nur die Abgrenzung des Solarparks. Er ist das Bollwerk gegen Langfinger, die es auf die teuren Module abgesehen haben. Seine Beschaffenheit entscheidet mit, wie schwer sie es haben, an das begehrte Gut heranzukommen. Es gibt aber noch weitere Komponenten und Möglichkeiten, Diebe abzuhalten. (Foto: Velka Botička)

Grundsätzlich ist ein Gespräch über möglichen Diebstahl mit der Versicherung ratsam. Zum einen geben die Assekuranzen vor, in welchem Maße die Anlage vor Diebstahl zu schützen ist. Regelmäßig verlangt die Versicherung die Nachrüstung, wenn etwas gestohlen wurde. Aus diesem Grunde ist eine genaue Bedrohungs- und Risikoanalyse vor dem Bau der Anlage wichtig. Sollte sich herausstellen, dass die Anlage gefährdet ist, wird es auf jeden Fall billiger, eine Sicherung schon während der Installation einzubauen. Eine Gefahrenanalyse am Anfang ist der beste Weg, um ein schlüssiges, preislich vertretbares und wirksames Sicherheitskonzept umzusetzen.

## 3.1 Schutz von Dachanlagen

### 3.1.1 Wechselrichter sichern

Zwar werden rein numerisch die meisten Diebstähle an Anlagen registriert, die auf dem freien Feld weit abseits von Ortschaften stehen. Doch auch Dachanlagen sind vor Langfingern nicht

## 6 Repowering und Nachrüstung

Unter *Repowering* versteht man die nachträgliche Erhöhung der Leistung und Erträge aus einem Solargenerator. Das kann man erreichen, indem man neue, leistungsfähigere Solarmodule und Wechselrichter in ältere Bestandsanlagen einbaut. Das Repowering unterliegt speziellen Regelungen im Erneuerbare-Energien-Gesetz.

Bei der *Nachrüstung* geht es vor allem um den nachträglichen Einbau von Solarstromspeichern in eine photovoltaische Bestandsanlage. Aufgrund der sinkenden Kosten für Lithiumspeicher wird diese Variante für viele Anlagenbetreiber interessant.

### 6.1 Repowering der Solarmodule

Das Stichwort Repowering kursiert in der Solarbranche seit etwa 2012, wobei es der Windkraft entlehnt wurde. Dort versteht man darunter, eine ältere Windturbine durch einen ähnlich großen, aber deutlich leistungsfähigeren Generator zu ersetzen. In der Photovoltaik meint man in erster Linie, auf bereits bestehende Untergestelle neue Solarmodule zu montieren (Abb. 6.1).



**Abb. 6.1:** Bei diesem großen Dachgenerator in Italien wurden die alten, leistungsschwachen Solarmodule gegen leistungstärkere Module ausgetauscht – ein klassisches Beispiel für das Repowering von Solarmodulen. (Foto: Fronius International GmbH)

Aufgrund des technischen Fortschritts und der weiter fallenden Preise für Solarmodule lassen sich die Erträge der Anlagen unter Umständen ordentlich steigern. Repowering ist nicht zu verwechseln mit dem Austausch von baugleichen Solarmodulen oder ihrer Reparatur bei Schäden.

Auf den ersten Blick ist Repowering von Solarmodulen umso lohnenswerter, je größer eine Anlage ist. Tatsächlich spielen aber mehrere Faktoren eine Rolle. Über Repowering nachzudenken kann sich lohnen, wenn beispielsweise eine Photovoltaikanlage stillgelegt werden muss, weil die Betriebssicherheit nicht mehr gegeben ist.

Insgesamt sind insbesondere drei Faktoren ausschlaggebend:

- die Restlaufzeit im EEG,
- der Vergütungssatz für eingespeisten Solarstrom und
- der zugrunde liegende Minderertrag aus degradierten Modulen.

Das sind Module, die im Laufe der Zeit an Leistung verloren haben, etwa durch Produktionsfehler oder Alterung. In jüngster Zeit werden verstärkt Dünnschichtmodule durch kristalline Module ersetzt, weil die Cadmiumtelluridmodule deutlich an Leistung verloren haben. Allerdings betrifft diese Maßnahme meist Solarparks auf der freien Fläche (Abb. 6.2).



**Abb. 6.2:** Bei Solarparks bietet sich das Repowering an, wenn beispielsweise ältere Dünnschichtmodule gegen kristalline Solarmodule getauscht werden. (Foto: Adler Solar)

Durch partielles oder vollständiges Repowering lassen sich betroffene Anlagen zur Nennleistung zurückführen, sodass sich die Wirtschaftlichkeit des Solarparks oder der Dachanlage verbessert.

Der Austausch defekter Module oder ihre Reparatur wird unter Umständen vom Versicherer getragen. Beim Repowering greift der Anlagenbetreiber selbst in die Tasche, um neue Module zu kaufen und auf die vorhandenen Untergestelle auflegen zu lassen. Interessant ist Repowering deshalb für einen Anlagenbetreiber immer dann, wenn er die Mehrleistung möglichst lange nutzen kann. Also sollte die Restlaufzeit der Anlage im EEG möglichst lang sein, wenn sie ihren Solarstrom ins Netz einspeist und vergütet bekommt. Dieser Faktor steht jedoch im Widerspruch zu einer möglichst hohen Einspeisevergütung. Beim Selbstverbrauch des Sonnenstroms geht es weniger um Einspeisevergütung, sondern darum, beim Stromkauf aus dem Netz zu sparen. In diesem Falle entspricht die Restlaufzeit der Lebensdauer der neuen, leistungsstärkeren Module.