

# Mehr Solarstrom aus PV-Anlagen in Staufen

Ein Leitfaden für potentielle Anlagenbetreiber

herausgegeben vom Arbeitskreis Klimaschutz der Stadt Staufen 2021



Die Empfehlungen wurden nach bestem Wissen sorgfältig zusammengestellt, eine Gewähr für Richtigkeit wird nicht übernommen. Infolgedessen lassen sich für die praktische Umsetzung des hier Dargestellten keine Haftungsansprüche gegenüber dem Herausgeber ableiten.

## 1. Mehr PV-Anlagen in Staufen

### Stromverbrauch und Stromerzeugung in Staufen

In den Staufener Haushalten, Geschäften und Betrieben werden derzeit (2020)schätzungsweise 12.000 bis 13.000 MWh/a Strom verbraucht. Die Stadtwerke MüllheimStaufen setzen jedenfalls in Staufen bei einem Kundenanteil von 47,9% rund 6200 MWh/a ab – Großverbraucher wie IKA u.a., die ihren Strom direkt an der Leipziger Börse beziehen, sind dabei nicht berücksichtigt. Somit werden im Durchschnitt rund 3.365 kWh Strom pro Haushalt verbraucht.

CO<sub>2</sub>-neutraler Strom wird in Staufen von der einen Wasserkraftanlage im Neumagen (Jahresproduktion 700 – 1.300 MWh) sowie von den 190 bestehenden PV-Anlagen (Jahresproduktion ca. 2.100 MWh) erzeugt, zusammen also ca. 3.100 MWh/a. Folglich stammt in der Jahresbilanz bereits ca. 20-25% des Stromverbrauchs aus erneuerbaren Quellen in Staufen. Dies gilt nur übers Jahr gesehen, im Winterhalbjahr (wenig PV-Erzeugung)



oder in der Nacht steht erneuerbarer Strom natürlich nicht bzw. nur aus Wasserkraft zur Verfügung.

Um unseren Strombedarf in Zukunft noch stärker regenerativ zu decken und bis 2050 CO<sub>2</sub>-neutralen Strom zu erzeugen, müssen noch erheblich mehr PV-Anlagen installiert werden, insbesondere wenn der Stromverbrauch durch mehr Elektromobilität und stromgeführte Heizungen (Wärmepumpen) deutlich steigt. Fachleute sagen, dass wir in Staufen mittelfristig etwa die zehnfache PV-Leistung von heute brauchen, das wären 22 MW<sub>peak</sub> um jährlich rund 21.000 MWh PV-Strom zu erzeugen, das gut 1,5fache des derzeitigen Stromverbrauchs im Ort (wieder bei Betrachtung der Jahresbilanz). Um die Schwankungen zwischen Angebot und Nachfrage auszugleichen, werden bei diesem Szenario mittelfristig auch größere Stromspeicher im Netz notwendig sein.

Die Zahlen zeigen, der Umbau unserer Stromerzeugung auf Erneuerbare Quellen hat längst begonnen und soll in den nächsten Jahren im

Rahmen verstärkter Klimaschutzmaßnahmen weiter vorangebracht werden – die 22 MW<sub>peak</sub> als installierte PV-Leistung sind jedenfalls ein erstrebenswertes Ziel. So hat der Gemeinderat für Neubauten im Gewerbegebiet PV-Anlagen auf den Gebäudedächern zur Pflicht gemacht. Und in einem Projekt der Stadtwerke MüllheimStaufen zusammen mit der Stadt Staufen hat die Fa. Greenventory jüngst das PV-Potential auf allen Dachflächen in Staufen ermittelt. Wer das Programm über die Homepage der Stadtwerke [www.alemannenenergie.de](http://www.alemannenenergie.de) oder direkt (<https://greenventory.azurewebsites.net/project/3/scenario/3/public>) aufruft, kann für alle Gebäude in der Stadt ermitteln, wieviel PV sich auf einem Dach voraussichtlich installieren lässt. Ein Ergebnis dieses Projektes ist die Aussage, dass das PV-Potential auf Staufens Dächern bei etwa 23 MW<sub>peak</sub> liegt.

Die Rahmenbedingungen für den weiteren Ausbau der umweltfreundlichen solaren Stromerzeugung durch Photovoltaik sind günstig. Die Stadt Staufen und die Stadtwerke MüllheimStaufen wollen den Ausbau voranbringen; deshalb fördert die Stadt Staufen den Ausbau jetzt mit einem ersten Zuschussprogramm für Hausbesitzer (80 bzw. 100 € pro kW<sub>peak</sub> für Photovoltaik, außerdem eine Förderung für Stromspeicher); die Anlagenkosten sind weiter rückläufig – leider auch die Vergütungen, die für den ins Netz eingespeisten Strom bezahlt werden.

Durch eine Photovoltaik-Anlage auf dem Hausdach lässt sich schon zu moderaten Kosten im 4-5stelligen Bereich – im Grunde für den Preis eines Gebrauchtwagen – klimaneutraler Strom erzeugen, pro installiertem 1 kW<sub>p</sub> immerhin 950 kWh/a Strom, der verglichen mit Kohlestrom 590 kg/a CO<sub>2</sub>-Emissionen substituiert. Eine PV-Anlage kann darüber hinaus ein Anfang sein, um weitergehend durch Stromspar-Maßnahmen (Effizienzsteigerung) bei der Geräteausrüstung, durch energetische Gebäudesanierung und andere Maßnahmen die eigene persönliche CO<sub>2</sub>-Bilanz zu verbessern.

## 2. Erste Überlegungen zur Installation einer PV-Anlage

### Muss ich, darf ich, kann ich PV installieren?

Es gibt also gute Gründe, die Installation einer PV-Anlage für das eigene Haus oder die Eigentumswohnung in Betracht zu ziehen. Werden Sie selbst zum Erzeuger von erneuerbarer Energie, quasi zum Betreiber einer Stromerzeugungsanlage! Das gibt ein gutes Gefühl, die Investition in eine Stromerzeugungsanlage ist nachhaltig und in den allermeisten Fällen auch rentierlich, weil das eingesetzte Kapital unter gewissen Randbedingungen mehr Zinsen bringt als ein Sparkonto auf der Bank.

Bevor Sie jedoch in die weitere Planung einsteigen, sind die folgenden Fragen aus der Überschrift zu beantworten:

- Eine PV-Anlage **muss** – Stand heute – installieren, wer im Staufener Gewerbegebiet Gaisgraben III neu baut. Eine gewisse Notwendigkeit, PV zu installieren, kann auch dadurch entstehen, dass der Hausbesitzer eine Heizungsanlage erneuern will bzw. muss und dabei die Nutzung von 15% erneuerbarer Energie nachzuweisen hat. Allerdings gibt es für diesen Fall auch andere Lösungen, ohne PV.
- Eine PV-Anlage **darf** jeder installieren, der nicht in der denkmalgeschützten Altstadt von Staufen wohnt und dort Besitzer eines Hauses oder Grundstücks ist. In der Altstadt wird der Einbau von PV-Anlagen auf Antrag und ausnahmsweise nur dort gestattet, wo die Anlage nicht von öffentlichen Flächen aus sichtbar ist. Einzelheiten regelt die Stadtbildsatzung, die ggf. an das neue Zeitalter der regenerativen und dezentralen Stromerzeugung angepasst werden muss.
- Ob eine PV-Anlage am eigenen Gebäude installiert werden **kann** und mit welchem Aufwand, ist für die Praxis eine der entscheidenden Fragen. Die Antwort ergibt sich aus ersten Erkundigungen am Haus und aus den Ergebnissen folgender Detailfragen:

- Gibt es eine sonnenbeschienene, möglichst unverschattete Fläche von mindestens 10 m<sup>2</sup> Größe, die eine Orientierung zwischen Südost bis Südwest aufweist? Pro 1 kW<sub>peak</sub> PV-Leistung (im Folgenden kürzer 1 kW<sub>p</sub>) wird eine Fläche von ca. 5 m<sup>2</sup> + Montagefläche am Rand benötigt, für 2 kW entsprechend mindestens 10 m<sup>2</sup>, usw. Der Solar-generator (d.h. die PV-Module) sollte möglichst ganz unverschattet (sonst gibt es Ertragseinbußen) zur Sonne hin ausgerichtet sein. Eine Ausrichtung nach Südost bis Südwest ist günstig, ebenso eine (Dach-)Neigung der Module zwischen 20 und 40°.
- Gibt es einen geeigneten trockenen, belüfteten Platz für die Installation des Wechselrichters (der den Gleichstrom in Wechselstrom umwandelt)? Der Wechselrichter sollte an einem trockenen, kühlen und gut belüfteten Ort installiert werden (das kann auch außen unter Dach sein), möglichst nicht in Wohnräumen, da mit einer geringen Geräuschentwicklung zu rechnen ist.
- Ist es mit erträglichem Aufwand möglich, eine Elektroleitung vom Dach bzw. vom Montageort der PV-Module zum Wechselrichter und von dort zum Sicherungs-/Zählerschrank zu führen? Zur Beantwortung dieser Frage und vor allen weiteren Planungsschritten hilft es, zur Ermittlung potentieller Leitungswege einen Elektriker zu Rate zu ziehen.
- Sind Wärmedämmung (bei Wohnhäusern und Büros) und Dachhaut am Anlagenstandort in einem guten Bauzustand, so dass in den nächsten 10 - 20 Jahren keine Sanierungen anstehen?

Lassen sich auf alle 4 Fragen zufriedenstellende Antworten finden, kann die weitere Planung der PV-Anlage in Angriff genommen werden.

### 3. Rahmenbedingungen für netzgekoppelte PV-Anlagen nach der Novellierung des EEG 2021

Bevor es im Folgenden um Technik, Kosten und Erträge von PV-Anlagen geht, lohnt ein Blick auf die wichtigsten Rahmenbedingungen, die das Erneuerbare Energien Gesetz, kurz EEG, (Aktualisierung im Dez. 2020) setzt.

Erzeugung und Verkauf von elektrischem Strom ist ein Geschäft; die großen Energieversorgungsunternehmen und viele Stadtwerke leben seit Jahr-(zehnt)en z.T. sehr gut davon: Die Kosten der Stromerzeugung (Anlagen- u. Brennstoffkosten) plus Gewinnzuschlag werden über den Verkauf des Stroms wieder eingespielt. Die Erzeugungs- und Verteilungskosten des Stroms bestimmen, abgesehen von diversen Umlagen und Steuern, den Strompreis für die Verbraucher. Dieser Preis liegt z.Zt. bei rund 28 - 32 ct/kWh (incl. Mwst), ohne Grundgebühr.

Bei massenhafter dezentraler Erzeugung von PV-Strom durch die Bürger kann das nicht anders sein: Die Erzeuger von erneuerbarem Strom haben quasi einen Anspruch darauf, dass der ins Netz eingespeiste Solarstrom kostendeckend (marktwirtschaftlich gesprochen: nicht unter Einstandskosten) vergütet und von den Verbrauchern bezahlt wird, egal ob der Strom in einer großen Freiflächenanlage oder in kleinen Hausanlagen produziert wurde.

Da der Solarstrom derzeit kostenmäßig mit Strom aus anderen nicht-erneuerbaren Quellen noch nicht konkurrieren kann, das Umschalten auf erneuerbaren Strom jedoch notwendig und gesellschaftlich erwünscht ist, bedarf es der Förderung. Dazu wurde das Erneuerbare Energien Gesetz EEG geschaffen, in dem u.a. geregelt ist, dass die Mehrkosten über die EEG-Umlage auf alle Verbraucher umgelegt werden. Die Allgemeinheit hat natürlich auch ein Interesse daran, dass der Strom möglichst wirtschaftlich bzw. kostengünstig produziert wird. Deshalb werden die

Einspeisevergütungen immer wieder der aktuellen Preisentwicklung bei den PV-Anlagen angepasst.

Vor etwa 20 Jahren hat die Einführung der kostendeckenden Vergütung für PV-Strom und für erneuerbaren Strom insgesamt (aus Wind und Biomasse) den entscheidenden Anstoß gegeben, dass PV- und Windkraftanlagen in großem Maßstab ausgebaut wurden, so dass 2020 bereits 49% des in Deutschland verbrauchten elektrischen Strom (2019: 46%) aus erneuerbaren Quellen stammen. Mit steigendem Anteil des Stroms aus erneuerbaren Quellen sinkt auch die pro kWh freigesetzte CO<sub>2</sub>-Belastung (2019: 0,401 kg CO<sub>2</sub>/kWh), weil der Anteil des aus Kohle produzierten Stromes reduziert wird.

Da zu jedem Zeitpunkt genauso viel Strom erzeugt werden muss wie aktuell verbraucht wird und da bei Dunkelheit kein Solarstrom und bei Flaute kein Windstrom erzeugt wird, muss der Strombedarf in diesen Zeiten aus anderen Quellen gedeckt werden. Die Qualität und der versorgungstechnische Wert von Solar- und Windstrom sind daher nicht direkt vergleichbar mit Strom aus Kraftwerken, die bedarfsgerecht geregelt werden können (z.B. Gaskraftwerke). Deshalb hat der Gesetzgeber mit dem Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG) Regeln und Leitlinien für den Ausbau und die Vergütung von Strom aus erneuerbaren Energien erlassen.

Sehr vereinfacht sind derzeit folgende Bedingungen für potentielle Betreiber kleinerer PV-Anlagen von Bedeutung:

- PV-Anlagen dürfen den erzeugten Strom über einen netzgeführten Wechselrichter in das öffentliche Stromnetz einspeisen, egal ob sie gemäß EEG gefördert werden oder nicht. Die Anforderungen an die elektrische Sicherheit sind von allen Anlagen einzuhalten.
- Anlagen, die nicht der EEG-Förderung unterliegen oder ausgefördert sind (sogenannte Ü20-Anlagen) erhalten für den eingespeisten Strom

den Marktwert (4-5 ct/kWh – 10% Vermarktungskosten). Die genaue Höhe wird unter Stromversorgern und Experten noch diskutiert.

- Anlagen, welche die Förderung nach EEG in Anspruch nehmen, erhalten 20 Jahre lang einen festen Vergütungssatz für den eingespeisten Strom, dessen Höhe von der Anlagenleistung und vom Zeitpunkt (d.h. vom Monat) der Inbetriebnahme abhängt. Kleinanlagen < 10 kW<sub>p</sub> (typische Wohnhausanlagen) sind am wenigsten wirtschaftlich und erhalten den höchsten Vergütungssatz, bei Anlagen bis 40 kW<sub>p</sub> für größere Dachflächen (max. 200 – 300 m<sup>2</sup>) ist die Vergütung etwas geringer und bei Anlagen bis 100 kW<sub>p</sub>, die sich dank modularer Montage besonders kostengünstig errichten lassen, noch einmal deutlich niedriger.

Degression der Einspeisevergütung nach EEG			
Zeitpunkt der Inbetriebnahme	Vergütung in ct/kWh für Anlagen		
	< 10 kW	< 40 kW	< 100 kW
02.2021	8,04	7,81	6,13
03.2021	7,92	7,70	6,04
04.2021	7,81	7,59	5,95
05.2021	7,69	7,47	5,86
06.2021	7,58	7,36	5,77
07.2021	7,47	7,25	5,68

Da die Einspeisevergütung somit deutlich niedriger ist als die Kosten für den aus dem Netz bezogenen Strom (rd. 30 ct/kWh), haben sich – anders als vor Jahren noch – Anlagen mit **Eigenstromversorgung** durchgesetzt. Dabei wird der PV-Strom ins Hausnetz eingespeist und der Hauszähler durch einen bilanzierenden Zweirichtungszähler (ausschließlich mietbar) ersetzt, der den bezogenen und den eingespeisten Strom bilanziert und anzeigt. Ab 4,7 kW<sub>p</sub> ist lt. VDE die dreiphasige Einspeisung erforderlich, ab 7 kW<sub>p</sub> ist der Einbau eines Smart Meters (elektronischer Zähler mit Ein-

griffsmöglichkeit des EVU) Pflicht, die Mehrkosten für das Smart-Meter hat der Stromkunde zu zahlen.

Alle Anlagen < 30 kW<sub>p</sub> sind von der Zahlung der EEG-Umlage (derzeit 40% von rund 6 ct/kWh = 2,4 ct/kWh) auf den selbst genutzten Strom (sofern < 30 MWh/a) befreit. Und nur die Errichtung solcher kleinen PV-Anlagen wird seit 1.3.2021 von der Stadt Staufeu mit 100 €/kW<sub>p</sub> bzw. 85 €/kW<sub>p</sub> finanziell gefördert (Anreiz-Förderung).

Bei Anlagen zwischen 100 und 750 kW<sub>p</sub> Leistung muss der erzeugte Strom direkt bei der Strombörse vermarktet werden. Und bei großen PV-Anlagen über 750 kW<sub>p</sub> muss der Strom über eigens geschaffene Einspeiseanlagen ins öffentliche Netz abgegeben werden; für eine Baugenehmigung muss der Strom zunächst in einem Ausschreibungsverfahren zu einem festen kWh-Preis angeboten werden; nur die günstigsten Bieter erhalten einen Zuschlag (d.h. eine Betriebserlaubnis), bis das ausgeschriebene Los erfüllt ist. Für solche Anlagen ist eine Beratung und Planung notwendig, die weit über das in diesem Leitfadon mögliche hinausgeht.

### Die 70% Regelung

Wenn eine ganze Siedlung mit Solaranlagen ausgestattet ist und alle Systeme bei perfekten Einstrahlungsbedingungen auf Hochtouren laufen, kann der Netzbetreiber Schwierigkeiten bekommen, wegen des Stromüberschusses die Netzstabilität zu gewährleisten. Daher wurde bereits mit dem EEG 2012 den Netzbetreibern das Recht eingeräumt, die Spitzeneinspeisung in der sonnigen Mittagszeit zu begrenzen. Eine Möglichkeit ist die Installation einer Funkrundsteueranlage am PV-Einspeisezähler, mit der sich die Einspeisung ins Netz in der Leistung drosseln oder abschalten lässt. Für die kleinen Solaranlagen auf Eigenheim-Dächern stünden die Kosten für eine solche Steuerungseinheit allerdings in keinem Verhältnis zum Wert der Solaranlage selbst. Darum dürfen Hausbesitzer

auf diese Steuerungseinheit verzichten, wenn sie ihre Solaranlage in der Maximalleistung begrenzen und somit auch höchstens 70% der PV-Spitzenleistung ins Netz einspeisen.

Diese 70-Prozent-Regelung oder Wirkleistungsbegrenzung soll dafür sorgen, dass das Netz ausreichend Strom aufnehmen und anderenorts verbraucht werden kann. Kleinere Photovoltaik-Anlagen dürfen also nicht so viel Strom produzieren, wie sie eigentlich könnten. Ihre maximale Leistung wird auf 70% der theoretisch möglichen Spitzenleistung der PV-Module heruntergeregelt. Nur wenn diese Voraussetzung erfüllt ist (Leistungsbegrenzung via Funkrundsteueranlage oder 70%-Regelung), wird die EEG-Förderung gewährt!

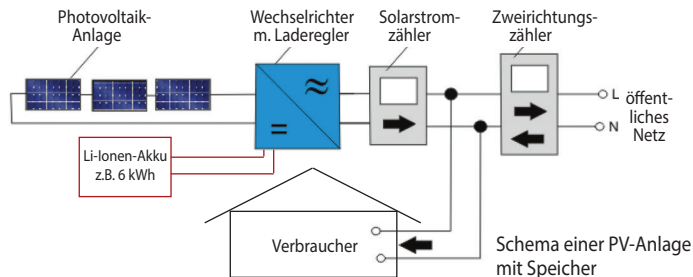
### *Wie hoch fällt der wirtschaftliche Verlust für Solaranlagen-Betreiber aus?*

Der Verlust durch die Abregelung auf 70% ist geringer, als man im ersten Moment denken würde. Denn die Maximalleistung einer PV-Anlage wird im Labor unter Idealbedingungen ermittelt. In der Praxis kommt die perfekte Sonneneinstrahlung in Kombination mit der idealen Temperatur aufgrund der individuellen Dachneigung und Ausrichtung sowie der Wetter- und Umwelteinflüsse leider kaum vor, so dass es nur an wenigen Tagen überhaupt zu einer Abregelung kommt. Da diese Idealbedingungen für nach Süden ausgerichtete Solaranlagen am häufigsten um die Mittagszeit eintreten, hat eine Anlage mit Süd-Ausrichtung die größten Einbußen, die übers Jahr gesehen bei ca. 5% der Jahresproduktion liegen. Bei ostwärts oder westwärts ausgerichteten Anlagen sind es nur ca. 3%. Bei reinen Ost-West-Anlagen bringt die Abregelung am Wechselrichter so gut wie keine Einbußen.

*Und wie lässt sich die Wirkleistungsbegrenzung realisieren?* Bei großen Anlagen geschieht dies in der Regel durch Installation einer Rundsteueranlage, über die der Netzbetreiber bei Netz-Überlastung die ange-

geschlossenen PV-Anlagen in der Leistung abregeln oder abschalten kann. So eine Rundsteueranlage ist relativ teuer und lohnt bei Kleinanlagen  $< 10 \text{ kW}_p$  nicht.

- Eine einfache Möglichkeit besteht darin, die Einspeiseleistung durch Leistungsbegrenzung des Wechselrichters zu drosseln, was allerdings zu den oben genannten Ertragseinbußen führt. Dies ist die kostengünstigste Lösung.
- Eine weitere Möglichkeit besteht in der Installation eines ausreichend großen Stromspeichers (Akku) mit entsprechendem Lademanagement, so dass der Akku die Spitzenproduktion am Mittag aufnehmen kann und die Leistungsbegrenzung am Wechselrichter nicht oder erst spät anspricht.
- Eine dritte Möglichkeit besteht darin, zu Spitzenzeiten mindestens 30% der PV-Leistung durch gezieltes Einschalten von heimischen Verbrauchern selbst zu verbrauchen. Damit die Einspeiseleistung bei fehlendem Stromverbrauch trotzdem kontrolliert begrenzt wird, muss die Leistungsbegrenzung am Wechselrichter ggf. durch einen Sensor am Einspeisepunkt begrenzt und heruntergefahren werden.



## 4. Aufbau und Größe einer PV-Anlage

Photovoltaik-Anlagen bestehen im Wesentlichen aus drei Bausteinen:

- Der Solargenerator auf dem Dach, aufgebaut aus einer mehr oder weniger großen Anzahl von Solarmodulen, wandelt das Sonnenlicht in elektrischen Gleichstrom um.
- Der Wechselrichter formt den Gleichstrom des Solargenerators in netzkonformen Wechselstrom (230 V, 50 Hz) um, regelt die Einspeisung und sorgt für die Einhaltung der Anforderungen des Netzbetreibers.
- Ein bilanzierender Zweirichtungszähler (oder Smart Meter) misst den aus dem Netz bezogenen Haushaltsstrom und den ins Netz eingespeisten Strom, der nicht vor Ort verbraucht werden kann, und zwar über alle drei Phasen bilanzierend. Bei PV-Anlagen mit mehr als  $7 \text{ kW}_p$  ist – wie gesagt – der Einbau eines Smart-Meters verpflichtend.

Der vom Wechselrichter abgegebene Strom kann entweder vor Ort, d.h. im Haus, verbraucht oder als Überschuss ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Um Solarstrom für strahlungsarme Zeiten zu speichern, wird als weiteres Element in der PV-Anlage zunehmend häufiger noch ein Stromspeicher/Akku installiert. Seine Speicherkapazität (Faustregel:  $1 \text{ kWh}$  Speicher pro  $1 \text{ kW}_p$  PV) dient dazu, um im Zusammenwirken mit einer Regelung am Wechselrichter auch in sonnenarmen Zeiten noch Wechselstrom für Geräte im Haus zu erzeugen. Durch den Speicher kann der Anteil des selbstgenutzten Solarstroms gesteigert werden, was sich insbesondere bei größeren Verbrauchern wie Elektro-Fahrzeugen oder Wärmepumpen lohnt.

### Anlagengröße

Die Leistung einer PV-Anlage wird üblicherweise als Spitzenleistung in Watt<sub>peak</sub>, kurz  $W_p$ , oder Kilowatt<sub>peak</sub>, kurz  $kW_p = 1000 W_p$  angegeben. Die

Spitzenleistung ist genormt als diejenige elektrische Leistung, die bei voller Sonneneinstrahlung ( $1000 \text{ W/m}^2$  und  $25^\circ\text{C}$  am PV-Modul) erzeugt wird. Welche Leistung eine PV-Anlage in der Praxis erreicht, hängt von der Anzahl der verbauten Solarmodule sowie von ihrer Bauart und Größe ab. In Wohngebäuden richtet sich die **Größe der PV-Anlage** hauptsächlich nach der verfügbaren (Dach-) Fläche, die für den Solargenerator zur Verfügung steht und möglichst unverschattet sein sollte. Andere Bemessungsgrößen können die Höhe der Investition sein, die man tätigen möchte, eine bestimmte Stromproduktion oder eine bestimmte Eigenverbrauchsquote, die man mit der Anlage erreichen möchte.

Typische Anlagenleistungen liegen zwischen 2 und  $10 \text{ kW}_p$  Leistung, wobei die Rentabilität mit zunehmender Größe in der Regel steigt. Anlagen bis  $30 \text{ kW}_p$  sind sinnvoll, wenn entsprechende Flächen ( $200 \text{ m}^2$ ) zur Verfügung stehen und viel Strom verbraucht wird (E-Auto, Wärmepumpe), da bis  $30 \text{ kW}_p$  auf den selbstgenutzten Strom keine EEG-Umlage gezahlt werden muss. Auf großen, z.B. landwirtschaftlichen oder gewerblichen Gebäuden mit entsprechend großen, nach Süden geneigten Dachflächen (oder Flachdächern) können entsprechend sehr viel leistungsstärkere Anlagen installiert werden, die den Strom überwiegend ins Netz einspeisen. Bei großen Anlagen  $> 30 \text{ kW}_p$  wird das Reglement noch komplizierter und kann hier nicht weiter vertieft werden.

### Hinweise für die Montage der Solarmodule

Der Aufwand für die Montage der Solarmodule, des Wechselrichters und der Leitungen hängt sehr stark von den örtlichen Verhältnissen ab. Dachhaut und Wärmeschutz des Daches sollten in einem sehr guten Zustand sein. Zu prüfen ist die Tragfähigkeit der Unterkonstruktion (Statik des Daches) und der Montageelemente im Hinblick auf Windlasten und das Eigengewicht der Anlage; bei der Montage der Photovoltaik-Module auf

dem Dach sind die üblichen Sicherungsvorkehrungen unbedingt einzuhalten (ggf. Gerüst erforderlich).

Durch elektrische Verkabelung werden mehrere Module zu einem String in Reihe geschaltet, wobei die resultierende Stringspannung die Summe der Spannung aller Einzelmodule ist. Die Verkabelung erfolgt meist durch hochwertige Gummischlauchleitungen mit verpolungssicheren Anschlüssen. Bei der Montage dürfen die Leitungen nicht gezogen, geknickt oder gequetscht werden, um die Isolierung nicht zu beschädigen. Längere Generatoranschlussleitungen führen zum Wechselrichter. Eine fehlerhafte bzw. nicht fachgerechte Montage von PV-Modulen, Gleichstrom-Leitungen und Steckern kann zu Isolationsfehlern führen und durch Lichtbögen sogar Brände verursachen. Deshalb ist eine fachgerechte Leitungsverlegung und -befestigung an der Modulunterkonstruktion erforderlich. Der Mindestabstand zwischen Modulunterseite und Dachhaut muss, entsprechend dem Regelwerk des deutschen Dachdeckerhandwerks, mindestens  $6 \text{ cm}$  betragen.

### Standort für den Wechselrichter

Wechselrichter sind in den 30 Jahren, seit es PV-Anlagen zur Netzeinspeisung gibt, zu hoher Perfektion entwickelt worden, mit Wirkungsgraden von z.T. über  $95\%$ . Sie wandeln nicht nur den Gleichstrom von den Solarmodulen in netzkonformen Wechselstrom um, sondern sorgen über Maximum-Power-Wandler auch dafür, dass stets die optimale Leistung aus der PV-Anlage herausgeholt wird und obendrein die Anforderungen der Netzbetreiber an die Einspeisung (sichere Abschaltung bei Netzausfall, Leistungsbegrenzung etc.) eingehalten werden. Die Leistung des Wechselrichters sollte zur Spitzenleistung der PV-Anlage passen und die Leerlaufspannung der in Reihe geschalteten Solarmodule sollte kleiner sein als die maximale Eingangsspannung des Wechselrichters.



Der Wechselrichter darf prinzipiell in allen trockenen Räumen (auch außen unter Dach) montiert werden. Da mit geringen Betriebsgeräuschen zu rechnen ist, wird von einer Montage in Wohnräumen abgeraten. Die Anschlüsse am Wechselrichter und die Leitungen zum Sicherungsschrank dürfen nur von einem zugelassenen Elektro-Installateur ausgeführt werden, da hier hohe Spannungen auftreten können.

### Zähleraustausch

Um die Menge des eingespeisten PV-Strom zu messen und abzurechnen, ist der Einbau eines bilanzierenden Zwei-Richtungszählers (kostet ca. 25 – 30 €/a Miete) empfehlenswert, sofern der Netzbetreiber nicht ein Smart Meter vorsieht (bei Anlagen < 7kW<sub>p</sub>). Der Einbau eines separaten Einspeisezählers ist zwar etwas kostengünstiger, ermöglicht aber nicht die Bilanzierung von eingespeistem und entnommenem Netzstrom über alle drei Phasen. Zur Kontrolle der Anlagenfunktion ist es aber sinnvoll, an leicht zugänglicher Stelle einen weiteren Zähler zu installieren, der die Menge des produzierten Solarstroms misst und anzeigt.

## 5. Anlagenkosten, Anlagenenertrag, Wirtschaftlichkeit

Pro 1 kW<sub>p</sub> Leistung des Solargenerators können bei guter Sonnenexposition (Südausrichtung, Neigung zwischen 20 und 40°) pro Jahr zwischen 900 und 1.100 kWh Strom erzeugt werden. Genauer lässt sich der Stromertrag einer netzgekoppelten PV-Anlage für beliebige Standorte, Anlagengrößen und Orientierungen online mit einem Kalkulationsprogramm im Internet berechnen, z.B. mit PVgis. Aufruf über:

[https://re.jcr.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#SA](https://re.jcr.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#SA)

Außerdem bieten Verbraucherzentralen und manche PV-Anbieter im Internet sogenannte PV-Rechner an, mit denen der Interessent eine auf seine örtlichen Gegebenheiten zugeschnittene Anlage eingeben und da-

für den Ertrag, den Anteil des selbst nutzbaren Stroms, die Einspeisung und das finanzielle Ergebnis des Anlagenbetriebs abschätzen kann. Leider ist dabei oft nicht erkennbar, mit welchen Anlagenkosten und auf welcher Preisbasis gerechnet wird.

### Anlagenkosten 2020/2021

Die entscheidenden Kostenfaktoren sind die Wahl des Solarmoduls und die Größe der zu belegenden Fläche, d.h. die Anlagenleistung; aber auch Zusatzgeräte sowie die Montage durch den Solarteur und Gegebenheiten vor Ort beeinflussen den Anlagenpreis. Im Einzelnen sind das:

- Die Gegebenheiten vor Ort: Dachform und Dacheindeckung bestimmen das Montagesystem; außerdem sind der Zugang zum Dach, die Modularanordnung und die Leitungswege im Haus kostenrelevant.
- Je nach Zellentyp und Marke/Herkunft der Module schwanken die Modulkosten zwischen 50 und 100%, wobei die Qualitätsunterschiede für Laien schwer auszumachen sind.
- Neben der Leistung des Wechselrichters bestimmen auch Qualität und Marke sowie Zusatzfunktionen zur Anlagenüberwachung dessen Preis.
- Die ggf. notwendige Erneuerung des Zäblerschranks kann ein zusätzlicher Kostenfaktor sein.
- Sind eine Leistungsanzeige und ein Datenspeicher zur Anlagenüberwachung gewünscht, bringt dies Zusatzkosten mit sich.
- Ist ein Gerüst notwendig und dann auch Teil des Angebots, d.h. in den Kosten inbegriffen?
- Ist der Netzanschluss Teil des Angebots und in den Kosten inbegriffen?

Die Preisfaktoren wirken je nach Angebot ganz unterschiedlich zusammen und machen am Ende die Preisspanne aus. Je nach Modul- und Wechselrichterhersteller variieren die Kosten z.B. um rund 20%.



Den größten Effekt auf die Preisgestaltung haben am Ende jedoch die **Kosten für den Netzanschluss sowie die Kosten für das Gerüst!** Sind diese Positionen nicht im Angebot enthalten, verzerren sie den Angebotspreis deutlich! Denn diese Kosten fallen definitiv an und werden eventuell gesondert ausgewiesen oder erst später berechnet. So wird es möglich, eine Photovoltaik Anlage problemlos 1.000 bis 2.000 € günstiger als ein Wettbewerber anzubieten und die rechnerischen Kosten pro kW<sub>p</sub> zu drücken. Die Tabelle nennt spez. Bruttokosten einzelner Anlagenkomponenten:

Solarmodule	450-900 €/kW <sub>p</sub>
Wechselrichter	230 €/kW
Kabel	1-5 €/m
Montagesysteme	100-150 €/kW <sub>p</sub>
Montage	ca. 200 €/kW <sub>p</sub>
Einspeisemanagement	> 150 €

Bei den Solarmodulen ist die Preisspanne am größten; wieweit mit dem Preis auch Qualitätsunterschiede korreliert sind, lässt sich nicht allge-

Anlagengröße	Spez. Kosten	Anlagekosten	Kosten-Spanne	Anlagenenertrag
kW <sub>p</sub>	€/kW <sub>p</sub>	€	€/kW <sub>p</sub>	kWh/a
2	1800	3600	1600 - 2000	1900
3	1800	5400	1550 - 1960	2850
4	1560	6300	1250 - 1860	3800
5	1520	7600	1130 - 1960	4750
6	1500	9000	1050 - 1920	5700
10	1400	14000	1040 - 1900	9500
15	1300	19500	1040 - 1670	14250
20	1225	24500	1040 - 1620	19000
30	1210	36300	1040 - 1580	28500

meingültig sagen. Auch viele chinesische Module sind nach der internationalen Norm IEC-61215 qualitätsgeprüft und kommen mit 10-12 Jahren Herstellergarantie und 25 Jahren Leistungsgarantie auf den Markt.

Nach Anlagenleistung gestaffelt ergibt sich eine Kostenübersicht für komplette Anlagen gemäß untenstehender Tabelle (Stand 01.2021).

### Welche Erträge können erwirtschaftet werden?

Auch wenn am Ende kein Weg daran vorbei führt, auf der Basis einer individuellen und konkreten Anlagenplanung genaue Kosten zu ermitteln und Angebote einzuholen, ist es für eine erste Orientierung hilfreich, Kosten und Erträge verschiedener Anlagenkonstellationen zu vergleichen. Abgesehen von den angesetzten durchschnittlichen Anlagenkosten müssen dazu Annahmen zum eigenen Stromverbrauch und zum Anteil des selbstgenutzten Stroms getroffen werden. Wieviel Strom selbst genutzt werden kann, hängt auch davon ab, ob ein Speicher (Akku) in die Anlage integriert ist, der seinerseits weitere Kosten verursacht und Verluste bringt. Bei den größeren Anlagen mit Speicher wird angenommen, dass aufgrund von E-Auto oder Elektrowärmepumpe gegenüber dem normalen Haushaltsstromverbrauch ein deutlicher höherer Eigenstromverbrauch erreicht werden kann (Ansatz i. d. Tabelle 60% des Verbrauchs).

Der Kostenansatz für Wartung beeinflusst zudem die Wirtschaftlichkeit nicht unerheblich. In den Tabellen auf der nächsten Seite wurde für Wartung mit 1% der Anlagenkosten ein eher vorsichtiger Ansatz gewählt (zuzüglich 25 €/a für die Miete des Zweizeige-Zählers). Bei Ausfall von Bauteilen oder bei häufigeren E-Checks können deutlich höhere Wartungskosten anfallen. Bei einem Ansatz von 2% Wartungskosten wird jedoch bei den kleineren Anlagen kein positiver Ertrag mehr erreicht. Dann ist ggf. abzuwägen, ob das Geld nicht zunächst in andere Energiesparmaßnahmen, z.B. Wärmedämmung, Heizungssanierung etc. investiert wird.

### PV-Anlagen ohne Speicher

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
Anlagen- größe	Anlagen- Kosten	Anlagen- Ertrag	Stromver- brauch	Eigenver- brauch	Einspei- sung	Einspeise- Vergütung*	Kostenspar. Eigenverbrauch	Erlös gesamt	Abschrei- bung	Wartung + Zähler	finanz. Ertrag	Rendite
Ansatz	Recherche	①*950 kWh/kW <sub>p</sub>	Ansatz	④ * 0,3	③ – ⑤	⑥ * 0,00792 €	⑤ * 0,30 €	⑦ + ⑧	② : 20 a	② * 0,01 + 25 €	⑨ - ⑩ - 11	12* 100% : ②
kW <sub>p</sub>	€	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	€/a	€/a	€/a	€/a	€/a	€/a	
2	3.600	1900	2000	600	1300	102,96	180,00	282,96	180,00	61,00	41,96	1,2%
3	5.400	2850	3000	900	1950	154,44	270,00	424,44	270,00	79,00	75,44	1,4%
5	7.600	4750	4500	1350	3400	269,28	405,00	674,28	380,00	101,00	193,28	2,5%
6	9.000	5700	5000	1500	4200	332,64	450,00	782,64	450,00	115,00	217,64	2,4%
10	14.000	9500	6000	1800	7700	592,90	540,00	1132,90	700,00	165,00	267,90	1,9%
15	19.500	14250	8000	2400	11850	912,45	720,00	1632,45	975,00	220,00	437,45	2,2%
20	24.500	19000	10000	3000	16000	1232,00	900,00	2132,00	1225,00	270,00	637,00	2,6%
30	36.300	28500	12000	3600	24900	1917,30	1080,00	2997,30	1815,00	388,00	794,30	2,2%

### PV-Anlagen mit Akku-Speicher

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮
Anlagen- größe	PV- Kosten	Strom- Ertrag	Speicher Kapazität	Kosten Speicher**	Stromver- brauch	Eigen- verbrauch	Einspei- sung	Einspeise- vergütung*	Kostenspar. Eigenverbr.	Erlös gesamt	Abschrei- bung	Wartung+ Zähler	finanz. Ertrag	Rendite
Ansatz	Recherche	①*950 kWh/kW	Ansatz	Recherche	Ansatz	⑥ * 0,6	③ – ⑦	⑧ * 0,00792 €	⑦ * 0,30 €	⑨ + ⑩	(②+⑤) : 20 a	(②+⑤)*0,01+25	11 - 12 - 13	14*100: ②+⑤
kW <sub>p</sub>	€	kWh/a	kWh	€	kWh/a	kWh/a	kWh/a	€/a	€/a	€/a	€/a	€/a	€/a	
2	3600	1900	3	4800	2000	1200	630	49,90	360,00	409,90	420,00	109,00	-119,00	-1,4%
3	5400	2850	4	6000	3000	1800	945	7,84	540,00	614,94	570,00	139,00	-94,16	-0,8%
5	7600	4750	6	7800	5000*	3000	1575	124,74	900,00	1024,74	770,00	179,00	75,74	0,5%
6	9000	5700	6	7800	7000*	4200	1350	106,92	1260,00	1366,92	840,00	193,00	333,92	2,0%
10	14000	9500	8	8000	8000*	4800	4230	325,71	1440,00	1765,71	1100,00	245,00	420,71	1,9%
15	19500	14250	10	9000	10000*	6000	7425	571,73	1800,00	2371,73	1425,00	310,00	636,73	2,2%
20	24500	19000	12	10800	12000*	7200	10620	817,74	2160,00	2977,74	1765,00	378,00	834,74	2,4%
30	36300	28500	12	10800	15000*	9000	17550	1351,35	2700,00	4051,35	2355,00	496,00	1200,35	2,5%

Kostensparnis d. Eigenverbrauch: 30ct/kWh; Abschreibung d. Anlage 20 a linear; \*Einspeisevergütung März 2021: 7,92 ct/kWh bzw. 7,70 ct/kWh; \*\* mit Förderung 100 €/kW

### Schlussfolgerungen für Anlagen ohne Speicher

- Den angesetzten Eigenverbrauch von 30% des eigenen Stromverbrauches zu erreichen, ist nicht leicht und erfordert die bewusste Stromnutzung am Tag (vor allem durch Waschmaschine, Geschirrspüler u.a.).
- Bei kleinen Anlagen  $<4 \text{ kW}_p$  sind Ertrag und Rendite am niedrigsten, d.h. diese Anlagen sind nur bescheiden rentierbar (wenn alles gut geht und die Kostenansätze zutreffen); bei größeren Anlagen wird die Situation etwas besser. Die geringe Rendite darf auch als Hinweis verstanden werden, dass bei abweichenden Ausgangswerten die Wirtschaftlichkeit leicht ins Negative kippen kann.
- Ertrag und Rendite lassen sich verbessern durch sinkende Anlagenkosten und durch Erhöhung des Eigenverbrauchs (Nutzerverhalten).
- Eine Förderung der PV-Anlage, wie sie z.B. durch die Stadt Staufen (100 bzw. 80 €/kW<sub>p</sub>) gewährt wird, hilft, die Investitionskosten um 10-12% zu senken. Im guten Fall ist eine moderate Verzinsung der Investition zu erreichen.

### Schlussfolgerungen für Anlagen mit Speicher

Ob es sich lohnt, einen Speicher (Akku) in die Anlage zu integrieren, ist von Fall zu Fall zu prüfen. Denn bei derzeitigen Speicherpreisen von 850 – 1500 €/kWh für Lithium-Ionen-Akkus, 6000 nutzbaren 80%-Zyklen und 90% Speicherwirkungsgrad kostet die gespeicherte kWh überschlüssig:

- bei  $850 \text{ €}/(6000 \text{ Zyklen} * 0,9 * 1 \text{ kWh/Zyklus} * 0,8) = 20 \text{ ct/kWh}$
- bei  $1500 \text{ €}/(6000 \text{ Zyklen} * 0,9 * 1 \text{ kWh/Zyklus} * 0,8) = 35 \text{ ct/kWh}$

Bei diesen Kosten ist eine Wirtschaftlichkeit des Speichers kaum möglich. Allenfalls für das Betanken von Elektrofahrzeugen, für den Betrieb einer Elektrowärmepumpe oder zum Erreichen einer autonomen, d.h. netzunabhängigen Stromversorgung macht der Einbau eines Speichers

Sinn. Die Wirtschaftlichkeit wird besser, wenn die Speicherpreise weiter sinken oder durch entsprechende Förderung verbilligt werden und/oder eine höhere Zyklenzahl erreicht wird, wie folgendes Rechenbeispiel zeigt:

$$\bullet \quad 600 \text{ €/kWh}/(7000 \text{ Zyklen} * 0,90 * 1 \text{ kWh/Zyklus} * 0,8) = 12 \text{ ct/kWh}$$

Zu den Ergebnissen der Tabelle auf der linken Seite unten:

- In der Rechnung ist eine Förderung für PV-Speicher von 100 €/kW angenommen, z.B. durch einen Finanzierungszuschuss der KfW-Bank, durch Zuschüsse des Landes oder der Stadt Staufen. Eine höhere Förderung und/oder kostengünstigere Speicher verbessern Ergebnis und Rendite.
- Allerdings ist fraglich, ob der Speicher bei 6000 - 7000 Zyklen Lebensdauer die angesetzten 20 Jahre (der hier gewählte Abschreibungszeitraum) hält oder vorher ausgetauscht werden muss.
- Mit Speicher lässt sich durchweg ein höherer Eigenstromverbrauch erreichen; das gelingt bei großen Anlagen aber nur, wenn auch entsprechende starke Verbraucher wie ein E-Auto oder eine Elektrowärmepumpe vorhanden sind. Ein niedrigerer Eigenstromanteil verschlechtert Ertrag und Rendite.
- Mit großen Anlagen lassen sich positive Deckungsbeiträge und eine kleine Kapitalrendite leichter erwirtschaften, was bei kleinen Anlagen  $<4 \text{ kW}_p$  nicht oder kaum möglich ist.

Natürlich bleibt es jedem freigestellt, auch bei grenzwertiger oder nicht gegebener Wirtschaftlichkeit einer Anlage das Vorhaben trotzdem umzusetzen, z.B. um seinen Beitrag zum Vorankommen der Energiewende und vor allem der CO<sub>2</sub>-Reduktion zu leisten. Massenhafte Anwendung wird die Stromerzeugung mit PV aber wohl erst finden, wenn eine kostendeckende Vergütung bzw. die Erzeugung zu konkurrenzfähigen Kosten gewährleistet und die dezentrale Stromspeicherung auch honoriert wird.

## Balkon-Anlagen

Wer wenig Platz für eine größere PV-Anlage hat und obendrein den Aufwand für Hausanschluss und Anmeldung zur EEG-Förderung scheut, kann auch mit einer kleinen Balkon-PV-Anlage bis 600 W<sub>p</sub> Solarstrom für den eigenen Verbrauch erzeugen. Die Rahmenbedingungen sind überschaubar: die PV-Spitzenleistung darf max. 600 W<sub>p</sub> betragen, der Modulwechselrichter muss netzgeführt sein und darf zuverlässig nur dann Strom erzeugen, wenn am Ausgang Netzspannung anliegt. Die Steckdose muss nach VDE eine spezielle Steckdose von Wieland sein, damit die Kontakte am Stecker vor zufälliger Berührung geschützt sind (falls doch einmal Spannung anliegen sollte) und die Netzleitung zur Steckdose muss über einen FI-Schalter gegen Fehlerströme gesichert sein.

Zwei Solarmodule mit zusammen 500 oder 560 W<sub>p</sub> und dem zugehörigen Wechselrichter sind preiswert erhältlich (z.B. 600 € für 540 W<sub>p</sub> plus ca. 60 € Montagematerial), leicht zu montieren (z.B. am Balkongeländer) und können mit dem modulintegrierten Wechselrichter PV-Strom in die möglichst nahegelegene Balkon-Steckdose einspeisen. Durch den günstigen Preis und die weitgehend entfallenden Montagekosten rentieren sich diese Anlagen unter günstigen Bedingungen auch ohne EEG-Förderung allein durch die Eigenstromnutzung:

- Zwei PV-Module mit insgesamt 550 W<sub>p</sub> erzeugen etwa 480 kWh/a Strom; davon können 50% = 240 kWh/a als Eigenstrom genutzt werden (bei einem Jahresstromverbrauch von 2000 kWh/a sind das 12% des verbrauchten Stroms).
- Die Einsparungen durch vermiedenen Netzstrombezug betragen dann  $240 \cdot 0,30 \text{ €} = 72 \text{ €/a}$ . Bei Anlagenkosten von 700 € hat sich die Anlage in weniger als 10 Jahren finanziell amortisiert, bei höherem Anteil an Eigenverbrauch umso eher. Der ins Netz eingespeiste Rest an Strom wird ohne Vergütung quasi an die Allgemeinheit verschenkt.

Auch Balkonanlagen müssen beim Netzbetreiber und beim Stammdatenregister angemeldet werden und der Stromzähler muss mit einer Rücklaufsperrung ausgerüstet sein (ist Sache des Netzbetreibers).

## 6. Rechtliche und administrative Aspekte, Förderung

### Genehmigung

Grundsätzlich ist eine Genehmigung nicht erforderlich, wenn Photovoltaik-Anlagen auf Dächern oder an Fassaden montiert werden. Sie zählen in diesem Fall als „bauliche Anlage“, nähere Bestimmungen dazu können in der Bauordnung Baden Württemberg nachgelesen werden. Für denkmalgeschützte Häuser und Freilandanlagen gelten jedoch Sonderauflagen. Auch dürfen Bäume, die Schatten werfen, nicht ohne weiteres gefällt werden.

Notwendig wird eine Genehmigung bei denkmalgeschützten Häusern. Auch örtliche Bebauungspläne und Denkmalschutzsatzungen können die Installation einer Anlage beschränken. Informationen hierzu erteilt das örtliche Bauamt.

### Einspeisegenehmigung und –vertrag

Im Leistungsbereich  $< 30 \text{ kW}_p$  wird der Strom über den Hausanschluss in das Stromnetz eingespeist und der Netzbetreiber ist nach EEG verpflichtet, den Strom direkt abzunehmen. Eine Einspeisezusage ist für Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von weniger als 30 kW nicht nötig, lediglich ein Inbetriebsetzungsprotokoll des installierenden Elektrofachbetriebes.

Übersteigt die Leistung der Solaranlage jedoch  $30 \text{ kW}_p$ , so muss beim Netzbetreiber eine **Einspeisezusage** beantragt werden, was in der Regel der ausführende Elektrofachbetrieb erledigt. Die Beantragung der Einspeisezusage löst u.a. die Durchführung einer Netzverträglichkeitsprü-

fung aus. Diese wird vor dem Erteilen der Einspeisezusage durch den örtlichen Netzbetreiber durchgeführt. Ermittelt wird, ob die Netzkapazität vor Ort für die Einspeiseleistung der geplanten PV-Anlage ausreicht, und ermöglicht im Ergebnis die Zuweisung eines geeigneten Einspeisepunktes für den Netzanschluss. Nach Vorliegen der Einspeisezusage kann die Photovoltaikanlage installiert und angeschlossen werden.

Ein **Gestattungsvertrag** kann notwendig sein, wenn mehrere Anlieger gemeinsam eine PV-Anlage installieren wollen, wenn für die Einspeisung des erzeugten Stromes ein Kabel über ein fremdes Grundstück verlegt werden muss oder wenn eine Dachfläche für die Installation einer PV-Anlage gemietet wird. Der Gestattungsvertrag regelt die Rechte und Pflichten zwischen Nutzer und Grundeigentümer, insbesondere die Nutzungsrechte, die Kosten für eventuelle Wartungsarbeiten und am besten auch die Demontage der Anlage nach Ablauf der Nutzungsdauer. Der Gestattungsnehmer zahlt dem Geber meist eine individuell geregelte Entschädigung, beispielsweise je nach Größe der Dachfläche oder den erzeugten Kilowattstunden.

### **Anlagenerrichtung und -vermietung durch die BürgerEnergieGenossenschaft BEGS**

Betreiber und Nutzer des Eigenstroms einer PV-Anlage müssen per Gesetz personenidentisch sein. Wenn also die BEGS eine PV-Anlage für Dritte errichtet und finanziert, muss diese Anlage zur Nutzung dem Anwender verantwortlich zur Verfügung gestellt werden. Hierzu wird die Anlage an den Anwender zu einem Festpreis vermietet. Der Anwender kann den technischen Betrieb entweder selbst übernehmen oder einem Dienstleister (z.B. der BEGS / den Stadtwerken) übertragen. Die Einspeisevergütung geht grundsätzlich an den Anwender.

Damit das vertragliche Konstrukt für beide Seiten wirtschaftlich ist (Win/Win), müssen zwei Bedingungen erfüllt sein:

- Die BEGS kann mit dem Mietzins die Anlage refinanzieren und, sofern vereinbart, auch den technischen Betrieb finanzieren.
- Der Mietzins für den Anwender ist kostengünstiger oder höchstens gleich hoch wie die eingesparten Stromkosten, zusammen mit der ggf. eingenommenen Einspeisevergütung.

Für die Planung ist eine gute Abschätzung insbesondere des Eigenstromanteils notwendig. Bei nicht gut abschätzbaren Verhältnissen kann eine Nachjustierung nach 3-4 Betriebsjahren vereinbart werden.

### **Wer darf installieren?**

Theoretisch könnten Sie bei entsprechendem handwerklichem Geschick und mit einer guten Anleitung die Einzelkomponenten Ihrer PV-Anlage auch selbst auf dem Dach montieren und damit einiges an Handwerkerkosten einsparen. Dabei gibt es hier Verschiedenes zu bedenken:

- Fehler können sich später auf die Leistung wie auch die Betriebssicherheit der Anlage auswirken.
- Bei Eigenleistungen erlöschen häufig Garantie- und Gewährleistungsansprüche durch den Hersteller.
- Weist die Anlage später Mängel auf, müssen Sie dafür entstehende Kosten selbst tragen.

Obendrein verlangt der Netzbetreiber, dass der Anschluss der PV-Anlage durch einen Elektrofachbetrieb vorgenommen wird. Deshalb empfiehlt es sich, die komplette Montage und Installation einer PV-Anlage durch einen Fachbetrieb durchführen zu lassen. Auch die notwendige statische Prüfung der Unterkonstruktion und die sturmsichere Montage der PV-Module sprechen für die Ausführung durch einen Fachbetrieb.

Da mittlerweile häufig auch branchenfremde Betriebe die PV-Montage anbieten, kommt es zum Teil zu Fehlern, die sowohl die Montage der Anlagenkomponenten als auch den elektrischen Anschluss betreffen.

Folgende Fehler kommen besonders häufig vor:

- Mangelhaft an der Unterkonstruktion montierte Dachhaken, durch die Beschädigungen an Ziegeln und ggf. an den PV-Modulen entstehen.
- Fehlerhafte Montage der Unterkonstruktion, vor allem bei älteren, unebenen Dächern. Nicht ausgeglichene Unebenheiten führen u.U. zu ungewollten Verschattungen und Schäden an den Modulen.
- Schlaufen bei der Verlegung der Solarkabel können nicht nur am Dach schleifen und störende Geräusche verursachen, sondern durch die Reibung auch zu Kabelschäden und zur Entstehung von Lichtbögen und im schlimmsten Fall zum Brand führen.
- Mangelhafte Baustellen- und Gerüstsicherung bergen Verletzungsrisiken und können zu Schäden am Material führen.
- Außerdem kann Marderverbiss zu Schäden an den Leitungen führen.

### **Einspeisevergütung und vermiedene Kosten durch Eigenverbrauch**

In der Regel wird der erzeugte Solarstrom über den schon vorhandenen Stromnetzanschluss des Hauses ins Netz eingespeist. Dieser Anschluss ist für durchschnittlich große Anlagen auf Wohnhäusern meistens ausreichend. Nur bei leistungsstarken Anlagen ( $> 30 \text{ kW}_p$ ) muss der Netzanschluss geändert (verstärkt) werden. Dann wird unter Umständen ein so genanntes „Netzzutrittsentgelt“ fällig.

Um die Menge des eingespeisten Stroms zu messen, muss entweder ein zweiter Einspeisezähler oder besser ein Zwei-Richtungszähler vom Netzbetreiber eingebaut werden. Der Einspeisezähler wird meistens neben dem Verbrauchszähler montiert, der Zwei-Richtungszähler ersetzt den bestehenden Zähler und kann nur gemietet werden. Für die Miete

werden jährlich etwa 25 - 30 € Zählermiete fällig. Ein weiterer Zähler zur Kontrolle des PV-Stroms ist oftmals bereits im Wechselrichter eingebaut. Außerdem ist eine Schutzvorrichtung zwischen der Photovoltaikanlage und dem Stromnetz notwendig, welche die Anlage automatisch vom Netz nimmt, falls Störungen auftreten. Auch diese „Einrichtung zum Netzschutz“ (ENS) ist heute in der Regel im Wechselrichter eingebaut.

### **Förderung**

Um einen Anreiz für den Einbau einer PV-Anlage zu schaffen und ggf. auch die Wirtschaftlichkeit zu verbessern, gibt es verschiedene Fördermöglichkeiten, z.B. durch die KfW ([www.kfw.de](http://www.kfw.de)), durch das Land Baden-Württemberg für PV-Speicher (<https://um.baden-wuerttemberg.de/de/energie/informieren-beraten-foerdern/foerdermoeglichkeiten/pv-speicher/>) und jetzt auch durch die Stadt Staufen ([www.staufen.de](http://www.staufen.de)).

Der Ablauf erfolgt meist nach folgendem Schema der Stadt Staufen:

- **Anfrage nach Fördermitteln** *durch den Antragsteller, z.B. bei der Stadt*
- **Anlagenplanung + Fördermittelantrag** *durch Betreiber/Antragsteller*
- **Prüfung + Bescheid des Fördermittelantrags** *durch die Stadt Staufen*
- **Bauausführung** *durch ein Fachunternehmen*
- **Inbetriebnahme + Anmeldung bei der Bundesnetzagentur, Vorlage des Zahlungsnachweises** *durch den Betreiber/Antragsteller*
- **Auszahlung der Fördermittel** *durch die Stadt Staufen*

### **Anmeldung beim Marktstammdatenregister bzw. bei der Bundesnetzagentur**

Aufgabe der Bundesnetzagentur ist es u.a., den Markt für Strom und Gas, zu fördern und zu regulieren. Betreiber einer eigenen PV-Stromerzeugungsanlage müssen diese daher bei der Bundesnetzagentur anmelden,

denn ohne eine Registrierung der Anlage bei der Bundesnetzagentur erhält der Betreiber keine Einspeisevergütung.

Das Erneuerbare Energien Gesetz – kurz EEG – sieht vor, dass der örtliche Netzbetreiber nur dann eine Einspeisevergütung zahlen muss, wenn eine Aufnahme der PV-Anlage in das Marktstammdatenregister beantragt wurde. Diese Regelung betrifft alle Photovoltaik-Klein- und Großanlagen, die eine Vergütung erhalten sollen und nach dem 1.1.2009 in Betrieb genommen wurden. Die Anmeldung kann nur der Anlagenbetreiber online beim PV-Meldeportal vollziehen (entgegenkommende Fachfirmen helfen dabei):

<https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR>

Der Anlagenbetreiber, d.h. derjenige, der den Strom aus der Anlage nutzt, muss nicht zwingend der Eigentümer der PV-Anlage sein. Die Anmeldung muss spätestens am Tag der Inbetriebnahme erfolgen, frühestens aber zwei Wochen vorher. Auch wenn eine PV-Anlage erweitert wurde, ist eine Neuanmeldung beim Marktstammdatenregister vorzunehmen.

Bei der Anmeldung gibt der Betreiber die Nennleistung aller PV-Module an. Diese kann er dem Kaufvertrag entnehmen, den er mit dem PV-Installateur geschlossen hat, der auch die Module verkauft. Dieser Fachbetrieb wird gerne beim Ausfüllen des Anmeldeformulars behilflich sein, kann es aber nicht stellvertretend einreichen. Bei der Erweiterung einer Anlage ist die Nennleistung der neuen Module anzugeben.

Die Anmeldung erfolgt immer für eine Anlage an einem Standort. Werden von einem Betreiber mehrere PV-Anlagen an unterschiedlichen Orten genutzt, muss er jede Anlage separat anmelden. Ist die PV-Anlage angemeldet, erhält der Betreiber von der Bundesnetzagentur eine schriftliche Bestätigung mit der Registrierungsnummer und dem Vermerk, welche Einspeisevergütung der örtliche Netzbetreiber bezahlen muss.

## **Wieviel Wartung ist notwendig?**

### **Brauche ich eine Anlagenversicherung?**

Photovoltaik-Anlagen sind mittlerweile sehr ausgereift: In rund 30 jähriger Erfahrung hat sich gezeigt, welche Materialien und Bauweisen besonders gut geeignet sind und wo potenzielle Schwachstellen liegen. Dass eine PV-Anlage kaum einer Wartung bedarf, zählt daher den gängigen Verkaufsargumenten der Installateure. „Kaum“ bedeutet jedoch nicht „keine“, d.h. es empfiehlt sich aus mehreren Gründen, die Anlage und ihre Funktionsfähigkeit und Sicherheit von Zeit zu Zeit prüfen zu lassen (oder selbst zu prüfen), z.B.

- um einen dauerhaft hohen Ertrag sicherzustellen. Sinkt die Leistung der Anlage signifikant ohne erkennbaren Grund, deutet dies auf einen Defekt oder Mangel irgendwo im System hin.
- um die vom Installateur gewährte lange Garantiezeit zu erhalten, die oftmals an einen laufenden Wartungsvertrag gebunden ist. Wer regelmäßig und frühzeitig nach Mängeln sucht und sie ggf. beheben lässt, kann sich länger an seiner Investition erfreuen.
- Um in Falle einer Versicherung gegen Schäden durch Überspannung oder Sturm, aber auch bei einer Haftpflichtversicherung den Versicherungsschutz zu wahren, verlangen die Versicherungen in der Regel Nachweise über eine regelmäßige Anlagenprüfung.

Für private Photovoltaik-Anlagen gibt es zwar keine Verpflichtung zur regelmäßigen Wartung. Experten raten jedoch zu einem regelmäßigen Check alle paar Jahre. Im gewerblichen Bereich verpflichtend und im privaten zumindest alle vier Jahre empfohlen ist der sogenannte E-Check, der als gründliche Inspektion (wie der TÜV beim Auto) angesehen werden kann: Geprüft werden Sicherheit und Funktion der Anlage mittels eines Schemas, das der Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Infor-



mationstechnik (VDE) erarbeitet hat. Anlagenbetreiber sollten bedenken, dass sich nicht jeder Schaden gleich in einer Leistungsminderung niederschlagen muss, sondern versteckt „wachsen“ kann. Der ausführliche Check deckt auch solche Schwachstellen auf und kostet bei den Stadtwerken MüllheimStaufen z.B. 350 € für eine 5 kW<sub>p</sub>-Anlage.

Die 1% Wartungskosten in den Tabellen auf Seite 10 reichen bei der 5 kW<sub>p</sub>-Anlage allerdings nicht aus, um den Check wie vorgeschlagen alle 4 Jahre durchführen zu lassen.

Die Frage, ob der **Abschluss einer Versicherung** für die PV-Anlage lohnt, ist nicht mit einem Satz zu beantworten. Immerhin sind im Rahmen einer **Wohngebäudeversicherung** häusliche Photovoltaikanlagen gegen Feuer-, Sturm- und Hagel- sowie Leitungswasserschäden geschützt, sofern der Versicherung die Werterhöhung durch Installation der PV-Anlage mitgeteilt wird. Der Abschluss einer Elektronikversicherung und Betreiberhaftpflicht ist u.U. zu prüfen. Diebstähle durch eine spezielle Photovoltaikversicherung abzusichern, will wohl überlegt sein: der eventuelle Verlust der heute relativ preiswerten Solarmodule ist u.U. eher zu verschmerzen als die ggf. nutzlos gezahlten jährlichen Versicherungsprämien.

### Wie geht das mit der Steuer bzw. dem Finanzamt?

Das Steuerrecht ist leider noch komplexer als das EEG und kann hier nur in groben Zügen behandelt werden. Ob und welche Steuern beim Betrieb einer PV-Anlage fällig werden, hängt von der Anlagengröße ab.

Betreiber kleiner PV-Anlagen bis 10 kW<sub>p</sub> Leistung sind seit 2020 von der Gewerbeanmeldung und Gewerbesteuer befreit. Privatleute, die nicht regelmäßig mit einem Steuerberater zu tun haben, tun oftmals gut daran, auf die **Kleinunternehmenslösung** (§19 UStG) zu optieren (sofern der Umsatz <17.500 € im Jahr der Inbetriebnahme, in Folgejahren <50.000 € bleibt) und sich damit die monatliche bzw. vierteljährliche Umsatz-

steuervoranmeldung und jährliche Umsatzsteuererklärung (ggf. mit den Steuerberater-Kosten) zu ersparen. Der Vorsteuerabzug kann dann allerdings nicht geltend gemacht werden. Das Finanzamt betrachtet aber die Steuerperson insgesamt, d.h. die Umsätze aus selbstständiger Tätigkeit und andere umsatzsteuerpflichtige Einnahmen werden mit denen aus dem Stromverkauf zusammen betrachtet. Überschreitet die Summe den Freibetrag von 17.500 €, kann die Kleinunternehmerregelung nicht in Anspruch genommen werden.

Wer die **Regelbesteuerung** wählt (oder wählen muss), kann einerseits die beim Kauf gezahlte Mehrwertsteuer sowie die aus Wartung und Unterhalt als Vorsteuerabzug geltend machen, muss dafür aber die 19% MwSt. auf die Einspeisevergütung (die auf die EEG-Vergütung zusätzlich gezahlt wird) abführen und monatlich/vierteljährlich eine UST-Voranmeldung und eine jährliche Umsatzsteuererklärung abgeben.

Bei Anlagen > 10 kW<sub>p</sub> ist die Anmeldung einer gewerblichen Tätigkeit bei der Gemeinde und beim Finanzamt erforderlich. Mit der Anmeldung als Gewerbebetrieb erhält der Betreiber (muss mit dem Gewerbeanmelder personenidentisch sein) vom Finanzamt eine Steuernummer und eine Umsatzsteuernummer. Alle Erträge aus der Einspeisevergütung (das ist die Einspeisevergütung + 19% MwSt) sowie aus dem selbst genutzten Strom müssen dem Finanzamt in den ersten 2 Jahren monatlich gemeldet werden (UST-Voranmeldung). Im Gegenzug kann die Vorsteuer, die beim Kauf der Anlage und für Wartung und Unterhaltung gezahlt wurde, dagegen geltend gemacht werden. Zusätzlich kann Einkommenssteuer auf die Einnahmen (abzüglich der Abschreibung der Anlagenkosten) fällig werden, sofern sie den Betrag von 410 €/a übersteigen.

Cleverer Betreiber wählen zunächst für die ersten 6 Jahre die Regelbesteuerung und können danach zur Kleinunternehmer-Regelung wechseln.