

**NEU**

Ratgeber 2024

# 222 PRAXISTIPPS FÜR AUTARKIE

Photovoltaik, Stromspeicher,  
E-Wärme und Elektromobilität

**TECHNIK • FINANZIERUNG • SICHERHEIT • RECHT**



**photovoltaik**  
SOLARTECHNIK FÜR INSTALLATEURE | PLANER | ARCHITEKTEN

**Gentner**

# Jetzt Kosten senken mit Sonnenstrom!

Die Preise für fossil-nuklearen Strom und für Erdgas zur Wärmeerzeugung schießen in den Himmel. Jetzt zeigen sich die Folgen der jahrelangen Verschleppung der Energiewende. Denn längst könnten wir in Deutschland 80 Prozent unseres Stroms aus erneuerbaren Energien beziehen, aus Windkraft und Solartechnik.

Aktuell sind es nur 50 bis Prozent, also etwas mehr als die Hälfte. Die Wärmewende und die Wende zur E-Mobilität stocken gleichfalls, hier schlagen wir uns mit den Versäumnissen früherer Regierungen herum. Doch die Alternativen liegen klar auf der Hand: Sonnenstrom ist mittlerweile weltweit die wichtigste und kostengünstigste Art der Energieerzeugung – auch bei uns.

Jedes Gebäude, jede Branche hat das Zeug zum Sonnengenerator. Dieser liefert Strom zu deutlich geringeren Kosten als ein Großkraftwerk, das Kohle, Öl, Gas oder Uran verfeuert. Deshalb ist Sonnenstrom die erste Wahl, wenn private Hausbesitzer oder Unternehmer ihre Energiekosten in den Griff bekommen wollen.

Obendrein entstehen neue Wertschöpfungsketten. Denn die Technik wird weitgehend von Anbietern aus Europa bereitgestellt. Ihre Installation bringt viel Arbeit in die Regionen, Kommunen und Städte. Dem Fachhandwerk fällt dabei eine zentrale Rolle zu.

Je breiter das Thema in den Medien diskutiert wird, je mehr Menschen sich dafür interessieren, desto häufiger klingelt bei uns das Telefon oder kommen E-Mails in die Redaktion von **photovoltaik** und **Solar Age**. Denn Solarkunden, Unternehmer und Architekten suchen profunde Unterstützung. Sie suchen den Rat unabhängiger Experten, um ihre Solarprojekte fachlich und finanziell abzusichern.

Deshalb haben wir uns entschlossen, unsere Erfahrungen in rund 222 Tipps darzustellen. Natürlich ersetzt dieser Ratgeber keine Fachplanung. Die Systemtechnik zur Eigenversorgung von Gebäuden, Quartieren, Kommunen und Unternehmen ist Sache von Experten, denn die Technik ist unter Umständen komplex. Vieles ist zu beachten.

Aber es geht darum, dass Sie einen Einblick in die vielfältigen Chancen der Eigenversorgung mit Sonnenstrom bekommen. Dass Sie das Richtige tun, die richtigen Fragen stellen – im Gespräch mit Architekten, Fachplanern, Installateuren und Behörden. Lassen Sie sich nicht abwimmeln, bohren Sie nach!

Wir hoffen, Sie dabei unterstützen zu können. Noch Fragen? Dann zögern Sie nicht, uns direkt anzusprechen:

**Heiko Schwarzburger**  
Chefredakteur photovoltaik

**Niels H. Petersen**  
Redakteur photovoltaik



Foto: Mildred Klaus



Foto: Vella Boricka

► <https://www.photovoltaik.eu>

## AKTUELLE VIDEOS

### Innovationen treiben die Energiewende

Mit Solartechnik, Stromspeichern, E-Mobilität und Wasserstoff treten ganz neue Industriezweige in Erscheinung, die unser Leben und die Wirtschaft auf vielfältige Weise beeinflussen und verändern.

Die Innovationskraft dieser Branchen ist enorm, sie sind die Treiber einer modernen und nachhaltigen Gesellschaft. Sie bringen die bürgernahe Energiewende voran.

Denn Bürgerinnen und Bürger, Unternehmerinnen und Unternehmer, Kommunen, Länder und der Bund können sich und ihre Liegenschaften mit sauberem Sonnenstrom versorgen – inklusive Mobilität.

Unsere Videos zeigen Ihnen, welche neuen Produkte und Lösungen die solare Energiewende voranbringen: Solarmodule, Wechselrichter, Montagesysteme, Speichertechnik und E-Ladetechnik. Schauen Sie rein, lassen Sie sich inspirieren!

Denn die solare Energiewende bietet enorme Chancen – im persönlichen Umfeld ebenso wie für Unternehmen oder Kommunen. Die Technik ist nicht kompliziert, sondern auch für Laien verständlich. Viel Spaß beim Stöbern!

► <https://www.photovoltaik.eu/pv-guided-tours-2023>



Foto: Vorsatz Media



Foto: Vorsatz Media



Setzen Sie auf mehrfach prämierte Fronius-Qualität.



## Das Premium-Komplettpaket für Ihre Energieselbstversorgung

**Fronius** ■ Mit der steigenden Anzahl an Elektroautos auf unseren Straßen wächst auch der Wunsch nach einer intelligenten Ladelösung. Fronius hat mit dem Wattpilot die Ladebox entwickelt, die alle weiterbringt. „Der Wattpilot macht jeden E-Autofahrer maximal unabhängig und ermöglicht es, immer zu den geringsten Kosten zu laden“, erklärt Martin Hackl, Global Director der Business Unit Solar Energy, Fronius International GmbH.

Die vielfältigen Vorzüge des Fronius Wattpilot überzeugten auch jüngst den ADAC. Beim Wallbox-Test für Photovoltaik-Anlagen holte sich mit dem Fronius Wattpilot Home 11 J 2.0. die günstigste Wallbox klar den Sieg. Im Zusammenspiel mit PV-Wechselrichter und Stromspeicher passt das bewährte und mehrfach ausgezeichnete Fronius System nicht nur optimal für diejenigen, die in den Genuss der KfW-Förderung 442 kommen, sondern für alle, die ihre Energieselbstversorgung auf nachhaltige und zuverlässige Beine stellen wollen.

### Der Datenschutz hat beim Betrieb oberste Priorität

Der Wechselrichter Fronius GEN24 Plus besticht durch Qualität – Made in Europe. Aufgrund seiner aktiven Kühlung und des integrierten Schattenmanagements maximiert er die Performance der PV-Anlage und kann den gesamten Haushalt mit Notstrom versorgen. Auch der Datenschutz hat beim Betrieb oberste Priorität. Sowohl Ihre persönlichen Daten als auch die Ihrer Anlage werden ausschließlich auf europäischen Servern verarbeitet sowie getrennt voneinander gespeichert, sodass bei einem möglichen Cyberangriff nicht unmittelbar auf die gesamten Informationen zugegriffen werden kann.

In Kombination mit dem GEN24 Plus erreicht die Battery Box HVS/HVM von BYD bei der Stromspeicherinspektion der HTW Berlin die Effizienzklasse A und erzielt dort schon seit Jahren Top Platzierungen. Dieses System ist somit nachweislich eines der effizientesten auf dem Markt und garantiert Ihnen die Energieversorgung Ihres Eigenheims mit hochwertigsten Komponenten.

### Ladebox optimiert PV-Strom über Phasenwechsel

Der Fronius Wattpilot ist schließlich dafür zuständig, dass das Maximum des durch die eigene PV-Anlage erzeugten Stroms im Elektroauto landet. Die intelligente Ladebox optimiert die Menge an PV-Strom im Auto mittels automatischer 1-/3-Phasen-Umschaltung und der Regelung in 1-Ampere-Schritten. So laden Sie früher und länger den selbst produzierten Solarstrom in Ihr E-Auto. Zudem kann das Laden rein auf den überschüssigen PV-Strom begrenzt werden. „Damit landet ein Maximum an Sonne im Elektroauto“, freut sich Martin Hackl.

Mit den Produkten von Fronius sowie der BYD Battery Box erhalten Sie die volle Sonnenkraft für Ihre private Energiewende sowie das perfekte Paket zur aktuellen KfW-Förderung. Nutzen Sie die Gelegenheit, Ihre Energieselbstversorgung auf zuverlässige, nachhaltige und vielfach prämierte Beine zu stellen. Ganz sicher finden Sie den passenden Fronius Installateur in Ihrer Nähe.

#### Kontakt:

Fronius Deutschland GmbH  
+49 6655 91694 0

► [www.fronius-installateur.de](http://www.fronius-installateur.de)

# AUS DEM INHALT

Die neuen Möglichkeiten im EEG .....	8
Vereinfachungen durch das Solarpaket 2024 .....	10
Weiterführende Tipps .....	12
Guter Rat ist nicht teuer! .....	16
In Neubauten ist Autarkie möglich .....	18
Stromspeicher mit dem Solardach abstimmen .....	22
Im Unternehmen kräftig sparen .....	26
So sichern Sie Ihre Investition! .....	32
Energiekosten schnell senken .....	36
Warmwasser und Heizung trennen .....	40
Tipps für den Frühjahrsputz .....	46
Hinweise für Wärmepumpen .....	50
Solarstrom optimal nutzen .....	55
Auf E-Autos umsteigen .....	58
So sind Sie auf der sicheren Seite! .....	62
Nicht nur sauber, sondern rein! .....	66
Autark ohne Stromnetz .....	70
Voll versorgt durch die Sonne .....	76
<b>Förderung:</b> Deutschland, Österreich und Schweiz .....	80
<b>Anlagenbetrieb:</b> Mehrfach in der Pflicht .....	86



## Techniktrends

Solarmodule.....	94
Glas-Glas-Module.....	98
Leichtbaumodule.....	100
Solare Dachziegel.....	102
Solare Carports.....	104
Dachmontage.....	106
Solarfassaden.....	108
Balkone & Brüstungen.....	110
Wechselrichter.....	112
Solarbatterien.....	114
Wallboxen & Ladesäulen.....	116
Bidirektionales Laden.....	118



Anzeige

*Solar*  
**Jinko**

**TIGER Neo · 54 · All Black**  
Next Era, Next Level

⚡ Leistung: 445 W

↑ Modulwirkungsgrad: 22,27%



[www.jinkosolar.eu](http://www.jinkosolar.eu)

## Galerie

**EFH/ZFH:** Neubau und Sanierung..... 122

**Mehrgeschossige Wohnbauten:** Neubau und Sanierung..... 130

**Gewerbgebauten:** Flache Solardächer..... 136

**Gewerbgebauten:** Solarfassaden..... 142

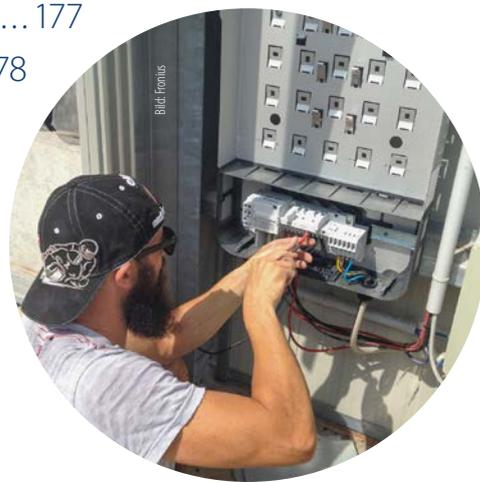
**Parkflächen:** Solare Carports und E-Ladetechnik..... 148

**Glossar** ..... 154

**Impressum** ..... 177

**Adressen von Installateuren und Planern** ..... 178



# BALKON-POWER NEU DEFINIERT

solar  native

## Spitzenleistung made in Germany

Beim Solarnative Balcony-System wird jedes Solarmodul durch einen eigenen Mikro-Wechselrichter, den PowerStick Balcony, optimal gesteuert. Dank der zentralen Regulierung durch das IntelliGate Balcony können Sie eine flexible

Anzahl an Modulen installieren und so Ihren **Energieertrag maximieren** – Ihr Solarnative Balkonkraftwerk stellt sicher, dass die neue 800W-Grenze zu jeder Zeit eingehalten und bestmöglich ausgenutzt wird.



PowerStick Balcony  
Mikro-Wechselrichter

IntelliGate Balcony  
Steuerung & Leistungsregulierung

MADE IN GERMANY



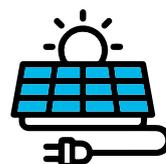
TÜV-geprüft &  
DSGVO-konform



Maximaler Ertrag durch  
intelligente Steuerung



25 Jahre  
Herstellergarantie



Erweiterbar mit zusätzlichen  
PV-Modulen

# Neue Gesetze fördern solaren Eigenverbrauch

**EEG ■** Neue Regeln für die Vergütung und das Steuerrecht begünstigen Investitionen in Solaranlagen auf und an Gebäuden. Die Bürokratie wurde abgespeckt, die Wirtschaftlichkeit erheblich verbessert. Nun gibt es kein Halten mehr.

**E**s tut sich einiges beim Eigenverbrauch von Solarstrom: Zur Jahresmitte 2022 wurde die EEG-Umlage abgeschafft, die jahrelang die Investitionen in Sonnenstrom und Stromspeicher behindert hat. Damit ist die sogenannte Sonnensteuer endlich passé.

Die Stromkunden haben die Abschaffung auf ihren Abrechnungen gesehen, sie kam zur richtigen Zeit. Denn die Strompreise heben ab. Und 2023 wurde das Erneuerbare-Energien-gesetz reformiert, um die Solartechnik anzukurbeln. Auch 2024 steht im Zeichen des weiteren Abbaus von bürokratischen Hemmnissen.

## Sonnenstrom senkt Energiekosten

Um mittelfristig die Märkte für Strom und Wärme von Krisen, Preistreiberei und Spekulationen abzukoppeln, wird Sonnenstrom immer wichtiger. Vor Ort erzeugter und genutzter Eigenstrom ist nicht nur umlagefrei. Er ist zudem kostengünstig und faktisch überall anwendbar, in jeder Generatorgröße, auf jedem Dach, an Fassaden, auf Grundstücken und Brachen.

Das neue EEG, das zur Jahresmitte 2022 teilweise und zum Januar 2023 vollumfänglich in Kraft getreten ist, hat die Vorgaben deutlich vereinfacht. Die garantierte Einspeisevergütung wurde vereinfacht und erhöht, sodass der Verkauf der Kilowattstunden ans Stromnetz zumindest keine Verluste mehr verursacht.

Das neue EEG kennt zwei Anlagenkategorien: Anlagen mit Volleinspeisung und solche, die die Einspeisung mit Eigenverbrauch kombinieren. Wir konzentrieren uns hier auf Eigenverbrauchsanlagen, die lediglich ihre solaren Überschüsse im Sommer ins Netz einspeisen. Für alle neuen Solargeneratoren gelten bei Inbetriebnahme bis Ende Januar 2024 für teileinspeisende Anlagen mit Festvergütung:

bis 10 Kilowatt	8,20 Cent/Kilowattstunde
bis 40 Kilowatt	7,10 Cent/Kilowattstunde
bis 100 Kilowatt	5,80 Cent/Kilowattstunde

Ab Februar 2024 sinkt die EEG-Einspeisevergütung alle halbe Jahre lediglich um ein Prozent auf 8,1 Cent für ein halbes Jahr. Wer seine Anlage zwischen Februar und Juli 2024 anschließt, bekommt also für jede eingespeiste Kilowattstunde diese 8,1 Cent gutgeschrieben. Danach erfolgt eine neue Degressionsstufe um ein weiteres Prozent (auf 8,03 Cent je Kilowattstunde). Die Einspeisevergütung gilt für die kommenden 20 Jahre.

## Betreiber entscheiden über Einspeisemodell

Bei kleinen Anlagen bis 20 Kilowatt Solarleistung müssen die Betreiber entscheiden, ob sie die EEG-Vergütung als Überschusseinspeisung (teileinspeisend) oder für volleinspeisende Anlagen wählen. Zudem wird unterschieden zwischen Festvergütung und Marktprämienmodell. Für Festvergütung gelten die oben stehenden Werte.

Die Werte für volleinspeisende Anlagen führen wir an dieser Stelle nicht auf. Für kleine Anlagen entfallen zudem das Einspeisemanagement und die Begrenzung der eingespeisten Wirkleistung (frühere 70-Prozent-Regel).

Auch Steckersolarsysteme sind seit Januar 2023 davon befreit. Anhand der links stehenden Tabelle könnte der Schluss gezogen werden, dass eine Anlage bis zehn Kilowatt die wirtschaftlich beste Lösung sei, aufgrund der höchsten Vergütung.

## Kleine Anlagen haben höhere Fixkosten

Das täuscht, denn kleine Anlagen haben hohe Fixkosten, sodass jedes zusätzliche Kilowatt preiswerter wird, also in der Anschaffung günstiger. Man kann denselben Wechselrichter nutzen, montiert die Anlage am selben Tag und so weiter.

Grundsätzlich ist zu empfehlen, die Anlage so groß wie möglich zu bauen (bis 30 Kilowatt), um ausreichend Sonnenstrom fürs E-Auto, Warmwasser und die Heizwärme (Wärmepumpen) zu haben. 30 Kilowatt bedeuten 30.000 Kilowattstunden, eine Menge (Sonnen-)Holz.

## Mehrere Anlagen sind möglich

Seit 2023 ist es zudem möglich, Anlagen zur Eigenversorgung mit weiteren Anlagen zur Volleinspeisung auf demselben Grundstück zu kombinieren. Freilich braucht jede Anlage weiterhin einen PV-Zähler. Doch nur eine einzige Anlage kann die höhere Vergütung bei Volleinspeisung in Anspruch nehmen.

Damit will der Gesetzgeber vor allem Anlagen zum Eigenverbrauch fördern. Denn je mehr Sonnenstrom im Gebäude und vor Ort genutzt wird, desto höher ist die Kostenersparnis für den Anlagenbetreiber. Weil eingesparter Netzstrom ungleich wertvoller ist als die EEG-Vergütung.

## Vereinfachter Netzanschluss

Kleinanlagen kann man fortan ohne Anfrage beim Netzbetreiber anschließen. Die Netzbetreiber müssen Anfragen zum Netzanschlusspunkt innerhalb von zwei Monaten beantworten. Verstreicht diese Frist ohne Antwort, kann der Solarkunde anschließen.

Bei Gebäuden ist der Anschlusspunkt in der Regel der Hausanschluss. Bei gewerblichen Anlagen werden die Solartechnik und die Stromspeicher im Arealnetz installiert, hier erfolgt die Einspeisung von solaren Überschüssen am Firmenanschluss.

## Mieterstrom: Begrenzung auf 100 Kilowatt entfällt

Bei Solarsystemen zur Versorgung von Mietern oder Eigentümern in Wohneigentümergeinschaften entfällt die bislang geltende Begrenzung auf 100 Kilowatt. Förderung und Vergütung bleiben auch 2023 zunächst unverändert.

Weil auch bei diesem Modell die EEG-Umlage entfallen ist, hat sich die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen deutlich verbessert, erst recht wenn man die steigenden Stromkosten der Haushalte berücksichtigt.

## Keine Einkommenssteuer bis 30 Kilowatt

Eigentümer, die Photovoltaik auf ihren Gebäuden installieren wollen, werden durch das Jahressteuergesetz 2022 deutlich entlastet. Seit 2023 muss kei-

ne Einkommenssteuer für die EEG-Vergütung mehr ermittelt und gemeldet werden. Das gilt für diese Fälle:

1. Bei überwiegend zu Wohnzwecken genutzten Gebäuden. Bei Mehrfamilienhäusern mit einer Gewerbeinheit darf die installierte Solarleistung 15 Kilowatt je Wohnung oder Gewerbeinheit nicht überschreiten.
2. Insgesamt darf aber die Bruttoleistung von 100 Kilowatt Solarleistung pro Steuerpflichtigem nicht überschritten werden.
3. Bei Einfamilienhäusern und deren Nebengebäuden (Garagen oder Carports) sowie sonstigen zu Wohnzwecken genutzten Gebäuden darf die installierte Solarleistung maximal 30 Kilowatt betragen.

## Anlage EÜR entfällt

Für die Steuerpflichtigen entfallen seit 2023 die steuerliche Gewinnermittlung und das Ausfüllen der Anlage EÜR für die Solaranlage. Auch sogenannte vermögensverwaltende Personengesellschaften (Immobilien-gesellschaften) sind in der Neuregelung berücksichtigt.

Der Gesetzgeber erlaubt damit, dass die steuerbefreiten Einnahmen oder Entnahmen aus dem Betrieb einer Solaranlage die bisherigen Vermietungseinkünfte nicht in gewerbliche Einnahmen umqualifizieren. Die Vermietungseinkünfte bleiben Vermietungseinkünfte mit der juristischen Folge, dass die vermietete Immobilie nach zehn Jahren weiterhin steuerfrei veräußert werden kann.

Vermögensverwaltende Personengesellschaften können somit zukünftig Solaranlagen auf ihre vermieteten Immobilien von bis zu 15 Kilowatt je Wohn- und Gewerbeinheit, jedoch bis maximal 100 Kilowatt je Gesellschafter installieren, ohne dass die Vermietungseinkünfte gewerblich infiziert werden und damit steuerliche Nachteile verbunden sind.

## Nullsteuersatz bei der Umsatzsteuer

Weitere Erleichterungen sind auch bei der Umsatzsteuer vorgesehen: Für die Lieferung, den innergemeinschaftlichen Erwerb, die Einfuhr und die Installation von Komponenten der Photovoltaik und Solarstromspeichern gilt ab Januar ein umsatzsteuerlicher Nullsteuersatz. Voraussetzung ist, dass die Anlage auf oder in der Nähe von Privatwohnungen, Wohnungen sowie öffentlichen und anderen Gebäuden (dem Gemeinwohl dienend) installiert, betrieben und genutzt wird.

Da Betreiber bei der Anschaffung der Anlage nicht mehr mit Umsatzsteuer belastet werden, müssen sie nicht mehr auf die Kleinunternehmerregelung verzichten, um sich die Vorsteuerbeträge erstatten zu lassen. Auch das senkt den Aufwand erheblich. Installateure können die Mehrwertsteuer aus dem Einkauf auf dem üblichen Wege verrechnen.

### Aktuelle Entwicklungen in der Politik:

► <https://www.photovoltaikeu>

## AUSBLICK AUF 2024

### Solarpaket stellt weitere Vereinfachungen in Aussicht

Für das Jahr 2024 sind weitere Vereinfachungen für solaren Eigenstrom in Aussicht gestellt. So sollen gemeinschaftliche Anlagen in Wohnhäusern und Quartieren einfacher möglich sein - ohne das sperrige Mieterstrommodell nutzen zu müssen.

Auch der Abbau bürokratischer Hemmnisse soll fortgeführt werden. Entsprechende Vorgaben der EU harren noch der Umsetzung in deutsches Recht. Wir halten Sie auf dem Laufenden!



19.–21.  
JUNI  
2024

MESSE MÜNCHEN

## Internationale Fachmesse für Ladeinfrastruktur und Elektromobilität

- **Charging the Future of Mobility:** Märkte, Geschäftsmodelle und Trends
- **Innovationen erleben:** Intelligente Ladesysteme, E-Fahrzeuge und Mobilitätsdienstleistungen
- **Wissen2Go:** Konferenz, Messeforum, Messerundgänge u.v.m
- **Branchentreffpunkt:** Treffen Sie 115.000+ Energie- & Mobilitätsexperten und 2.800 Aussteller auf vier parallelen Fachmessen



Mieterstromanlage in Herford.

Foto: Solarimo

# Gemeinsam das Sonnendach nutzen

**Solarpaket 2024** ■ Solaranlagen für Mieterinnen und Mieter werden deutlich vereinfacht. Neben bekannten Modellen aus dem Mieterstromgesetz sind nun Gemeinschaftsanlagen möglich – ohne großen Aufwand.

Die Solarisierung von Dächern und Fassaden bringt in der Regel erhebliche Vorteile – für Mieter und Vermieter gleichermaßen. Der CO<sub>2</sub>-Abdruck des Gebäudes verringert sich, sein Wert als Immobilie steigt. Mieterinnen und Mieter profitieren von sinkenden Energiekosten.

Entscheidend für die Nutzung des Sonnenstroms und seine Abrechnung ist das juristische Verhältnis, das durch den Begriff der Vermietung laut Bürgerlichem Gesetzbuch definiert ist. Die Solarisierung einer Mietimmobilie verfolgt in der Regel mehrere Ziele:

## Stabile und kalkulierbare Mietrendite

Sinkende Energiekosten für die Mieterinnen und Mieter schließen die Schere zwischen Kaltmiete und Warmmiete. Sinkt die Warmmiete, lässt sich unter Umständen eine höhere Kaltmiete erzielen. Das sichert die Rendite der

Mietimmobilie. Und es sichert die Miete gegen Steigerungen, die sich aus steigenden Preisen für fossile Energie ergeben.

## Steigerung des Werts der Immobilie

Bislang sind Immobilien Kostgänger ihrer Eigentümerinnen und Eigentümer: Ihr Unterhalt kostet Geld. Dächer müssen repariert, Fassaden verputzt und gestrichen werden. Durch Solartechnik werden die Gebäude zum Kraftwerk, das einen wesentlichen Teil seiner Energiekosten selbst deckt. Das wirkt wertsteigernd für die Immobilie.

## Aufwand zum Betrieb der Immobilie senken

Die Solarisierung der Immobilie erlaubt es, den Sonnenstrom im Gebäude zu nutzen, beispielsweise für Warmwasser. Der Umstieg von fossilen Feuerun-



Foto: Jamp

**Solardach für Mieterinnen und Mieter in Kalkar-Wissel.**

gen auf elektrische Geräte senkt die Kosten für die Wartung der Anlagentechnik. Die regelmäßige Begutachtung durch Schornsteinfeger entfällt. Zudem reduziert sich die Zahl der Gewerke, die zum Bau und zur Instandhaltung einer Immobilie benötigt werden.

### Abgaben und Steuern senken

Mit der Einführung der CO<sub>2</sub>-Steuer wurde der Druck erhöht, um den Einsatz fossiler Brennstoffe im Gebäudebestand zu minimieren. Diese Steuer wird künftig erhöht. Wer solarelektrische Versorgungssysteme nutzt, senkt die CO<sub>2</sub>-Steuer. Zudem stehen spezielle Förderprogramme oder Kredite (zum Beispiel der Kreditanstalt für Wiederaufbau KfW) bereit, um die erforderlichen Investitionen zu stemmen (siehe Abschnitt zur Förderung).

### Wohnmiete oder Gewerbemiete?

Diese Ziele gelten gleichermaßen für die Vermietung von Wohnraum als auch für Gewerbetreibende. Die Regelungen des Mieterstroms und die Vorgaben zur Solarisierung behandeln beide Gruppen gleich. Mit einer Ausnahme: Wohnmieterinnen und Wohnmieter genießen Verbraucherschutz nach den Vorgaben der Europäischen Union.

Sie sind frei in der Wahl ihrer Stromanbieter und dürfen in diesem Recht nicht gegen ihren Willen eingeschränkt werden. Das heißt: Mieterstrom für Wohnzwecke bedarf stets der ausdrücklichen Zustimmung der Mieterinnen und Mieter. Das gilt auch für Gemeinschaften von Wohneigentümerinnen und Wohneigentümer (WEG).

Gewerbemieterinnen und Gewerbemieter können sich nicht auf den EU-Verbraucherschutz berufen. Weil Sonnenstrom in der Regel deutlich preiswerter ist als Netzstrom, wird der Bezug von Solarstrom vom Dach der genutzten Immobilie jedoch meist ausdrücklich begrüßt.

### Sonnenstrom gemeinschaftlich nutzen

Mit dem Solarpaket der Bundesregierung werden 2024 die Regelungen für Anlagen auf Mehrfamilienhäusern vereinfacht. Nach österreichischem Vorbild wird der Typ einer gemeinschaftlichen Erzeugungsanlage eingeführt. Damit können mehrere Wohnungseigentümer oder Mieter auf ihrem gemeinsamen Hausdach zusammen eine Anlage betreiben, ohne die Pflichten

als Energieversorger erfüllen zu müssen, die sich aus der Stromversorgung ergeben.

Dieses Modell ergänzt bisherige Modelle aus dem Mieterstromgesetz, ohne dass die Nutzerinnen oder Nutzer die Zuschläge für Mieterstrom erhalten. Der Betreiber der Anlage tritt nicht in die Pflichten eines Vollversorgers ein. Denn jede Wohnpartei im Gebäude (Mieter oder Eigentümer) bezieht ihren Reststrom weiterhin vom eigenen Versorger, den sie frei wählen kann.

### Netzkosten entfallen

Weil der Sonnenstrom im Gebäude verwendet wird, fallen keine Netznutzungsentgelte, keine Abgaben für Konzessionen oder Stromsteuer an. Seit Jahresmitte 2022 wird auch keine EEG-Umlage mehr fällig. Dadurch wird Mieterstrom sehr preiswert im Vergleich zu Netzstrom.

### Erfahrene Dienstleister einbinden

Bei Mieterstrom ist die Gestaltung der Mietverträge und der Stromlieferverträge juristisch aufwendiger, soll der Sonnenstrom an Wohnmieterinnen und Wohnmieter verkauft werden. Es empfiehlt sich, die Kommunikation, Abrechnung und Vertragsgestaltung in die Hände erfahrener Dienstleister zu legen.

Sie können die Solaranlage installieren, finanzieren und betreiben. Das wertet die Immobilie auf, ohne dass die Eigentümerinnen und Eigentümer eigene Mittel in die Hand nehmen müssen. Das Dach wird an die Betreiberfirma vermietet, die den Sonnenstrom mit den Mietparteien handelt und Überschüsse ins Netz einspeist – gegen Vergütung.

### Modelle zum Contracting nutzen

Solche Contracting-Modelle sind aus der Heizungstechnik längst bekannt. Sie sind keine Erfindung des Solarzeitalters. Die beauftragten Betreiber können auch regionale oder örtliche Stadtwerke sein. In jedem Fall kann man Mieterinnen und Mieter nicht zwingen, Sonnenstrom vom Dach des Wohnhauses zu kaufen.

Allerdings ist es in den allermeisten Fällen sehr leicht darstellbar, dass die Kilowattstunde aus dem Mieterstrom deutlich preiswerter ist als Netzstrom. Dann steht der Zustimmung meist nichts mehr im Wege.

## FÜR WOHNGEBÄUDE

### Gebäude nutzen für Eigenenergie

Das Fachbuch „Energie im Wohngebäude – Strom • Wärme • E-Mobilität“ ermöglicht Leserinnen und Lesern den ganzheitlichen Zugang zum Wohngebäude und seiner Versorgung mit Strom, Wärme und Wasser. Sämtliche Prozesse, die energetisch im Wohnhaus eine Rolle spielen, werden auf ihre Notwendigkeit, Potenziale und Einsparmöglichkeiten untersucht. Dazu analysiert und beschreibt der Autor ausführlich die Ressourcen von Gebäude und Umfeld – und wie sie sich für eine weitgehend autonome Versorgung nutzen lassen.

Im Blickpunkt stehen die Senkung des Energieverbrauchs und der Kosten, die Erzeugung und Bereitstellung von Energie aus erneuerbaren Quellen, die Energiespeicherung sowie der Abschied von Erdgas und

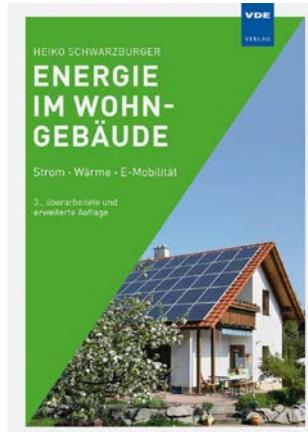


Foto: VDE Verlag

Heizöl – betrachtet im Neubau und in der Modernisierung. Auch die Versorgung mit Wasser wird behandelt, sofern sie energetische Fragen berührt. Der Autor weist auf Normen und Vorschriften hin und gibt praktische Hinweise für Planung und Installation, ergänzt durch eine Fülle an Bildmaterial. Das neue EEG 2023 ist in dieser Auflage berücksichtigt.

Das Werk wendet sich gezielt an Fachleute, die vor der Aufgabe stehen, ein Gebäude zu planen, zu modernisieren oder zu errichten, das eine zukunftsfähige, effiziente und kostensparende Versorgung mit Strom und Wärme realisiert. Das Buch ist auch als E-Book erhältlich. Es ist beim Verlag unter der auf angegebenen Website oder mit der ISBN-Nummer in allen gut sortierten Buchhandlungen bestellbar. Fachbücher lassen sich als Fachliteratur steuerlich absetzen.

Schwarzbürger, Heiko:

#### **Energie im Wohngebäude: Strom • Wärme • E-Mobilität**

3. erw. und überarb. Auflage, VDE Verlag 2022

Buch: ISBN 978-3-8007-5913-2 • E-Book: ISBN 978-3-8007-5914-9

Preis: 42 Euro

► [www.vde-verlag.de/buecher/525913](http://www.vde-verlag.de/buecher/525913)

## FÜR BETREIBER

### Zweite Auflage des Fachbuchs zur Betriebsführung erschienen

Der Bestand an Photovoltaikanlagen auf bundesdeutschen Dächern und Solarparks ist mittlerweile auf über 2,5 Millionen angewachsen. Auch wenn die Solargeneratoren keine heißen oder bewegten Teile haben, brauchen sie regelmäßige Durchsichten und Prüfungen.

Gelegentlich müssen schadhafte Komponenten repariert oder ausgetauscht werden. Sonst sinkt der Solarertrag und die Anlage arbeitet unwirtschaftlich. Zudem gelten strenge Vorschriften von Seiten des Gesetzgebers.

Weil die Betriebsführung und die Wartung der Solargeneratoren an Bedeutung gewinnen, hat der VDE Verlag das Handbuch **Störungsfreier Betrieb von PV-Anlagen und Speichersystemen** aktualisiert und erweitert. Es wird seit Juni 2023 ausgeliefert und ist auch als E-Book erhältlich. Denn Solargeneratoren und Stromspeicher sind zwar wartungsarm, aber nicht wartungsfrei. Dieses Handbuch gibt dem Betriebsingenieur, Servicetechniker, Fachinstallateur und Anlagenbetreiber umfassende praktische Hinweise für die Instandhaltung, Reinigung, Fehlersuche und

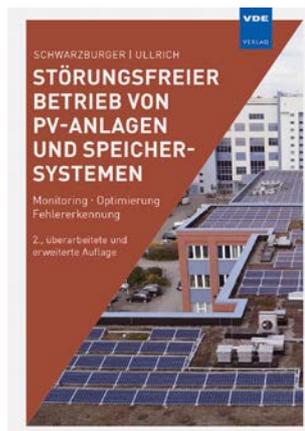


Foto: VDE Verlag

Optimierung von Photovoltaikanlagen und Batteriespeichersystemen. Dabei spielen oft vernachlässigte Aspekte wie Diebstahlschutz und der Schutz vor Schäden durch Tiere eine Rolle. Monitoring und Fernwartung gehören ebenso zu den Themen wie Thermografie, Elektrolumineszenz und Fehlerortung mit dem Laser. Informationen zum Repowering und Refitting, zur Reparatur sowie zu Rechtsfragen und Versicherungen runden die Ausführungen ab. Das Handbuch ist auch als E-Book erhältlich.

**Dipl.-Ing. Heiko Schwarzbürger MA** ist Ingenieur für Maschinenbau und Publizist. Seit 20 Jahren schreibt er über Energie und Technik, vornehmlich für Fachzeitschriften der Energiebranche. Er ist Chefredakteur des Fachmagazins **photovoltaik**.

**Dipl.-Pol. Sven Ullrich** ist Fachjournalist in Berlin. Seit 2011 berichtet er für die Magazine **Erneuerbare Energien** und **photovoltaik** über die aktuellen technologischen und wirtschaftlichen Entwicklungen in der Solarbranche und der Energieeffizienz von Gebäuden.

Schwarzbürger, Heiko; Ullrich, Sven:

#### **Störungsfreier Betrieb von PV-Anlagen und Speichersystemen: Monitoring – Optimierung – Fehlererkennung**

2. erw. und überarb. Auflage, VDE Verlag 2023

Buch: ISBN 978-3-8007-6060-2 • E-Book: ISBN 978-3-8007-6061-9

Preis: 44 Euro

► <https://www.vde-verlag.de/buecher/526060>

# PV-MONTAGE

**SLRack**  
Schletter Ludwig

**SCHNELL & EFFIZIENT**



## DACHHAKEN 3D SL ALU

*Der wahrscheinlich beste Dachhaken, den es je gab!*

- » *Optimalste Anpassung an jedes Dach*
- » *Maximale Flexibilität dank dreidimensionaler Positionierung*
- » *Kein Ziegelbruch dank optimierter Hakengeometrie*
- » *Verzeiht Montagefehler, spart Arbeitszeit*

Modell L & XL für hohe Schneelasten

SL ALU K: Art.-Nr. 11145-01  
SL ALU L: Art.-Nr. 11100-01  
SL ALU XL: Art.-Nr. 11100-02

## SCHIENENABDECKUNG FÜR RAIL 35, 40 & 60

*Die idealen Begleiter für den Full-Black-Look auf dem Dach*

- » *Werkzeuglos montierbar für eine blitzschnelle und einfache Montage*
- » *Hohe Langlebigkeit dank hochwertiger Materialien*
- » *Kein Ausbleichen dank eloxiertem Aluminium*



RAIL 35 Schienenabdeckung: Art.-Nr. 91735-00  
RAIL 40 Schienenabdeckung: Art.-Nr. 91740-00  
RAIL 60 Schienenabdeckung: Art.-Nr. 91760-00



## BETA-PLATTE

*Die universelle Ersatzplatte für fast alle Dachpfannen*

- » *Kein Ziegelbruch*
- » *Kombinierbar mit allen SL-RACK-Dachhaken*
- » *inkl. Ungeziefer- und Kleintierschutz*
- » *Einfachste Lagerhaltung*

Ziegelrot: Art.-Nr. 11522-00  
Anthrazit: Art.-Nr. 11522-01

sl-rack.de



## FÜR ARCHITEKTEN

### Dächer und Fassaden nutzen: Handbuch zur solaren Architektur

Sonnenstrom aus der Gebäudehülle: Der VDE Verlag hat ein neues Standardwerk zur bauwerkintegrierten Photovoltaik (BIPV) herausgegeben. Es ist auch als E-Book erschienen. Das Buch ist online und im gut sortierten Buchhandel lieferbar.

Das sind die Themen: Grundlagen der Solartechnik, Wirtschaftlichkeit von solarer Architektur, Freiheit in der Gestaltung, Technik der Montage, Planung und Auslegung von Solarfassaden, Eigenstrom im Gebäude mit Stromspeicherung, Reduktion der Gewerke und Energieko-



sten durch solarelektrische Gebäude, Betrieb und Wartung, Brandschutz, BIPV-relevante Normen und Vorschriften.

Das Fachbuch/E-Book richtet sich an diese Zielgruppen: Architektinnen und Architekten, Bauplanerinnen und -planer, TGA-Planerinnen und TGA-Planer, Elektro-Fachinstallateure und Solarteure, Facility-Managerinnen und Facility-Manager.

Ergänzt wird das Werk durch einen Überblick über Anbieter und Produkte für die BIPV. Das Firmenverzeichnis hilft Architektinnen und Architekten bei Ausschreibungen und erleichtert die Suche nach hochwertigen Produkten der BIPV.

Schwarzbürger, Heiko; Ullrich, Sven:

#### Sonnenstrom aus der Gebäudehülle – Grundlagen und Praxistipps zur bauwerkintegrierten Photovoltaik (BIPV)

VDE Verlag, 2021

Buch: ISBN 978-3-8007-5309-3 • E-Book: ISBN 978-3-8007-5310-9

Preis: 56 Euro

Auch als Kombi aus gedrucktem Buch und E-Book erhältlich.

► <https://www.vde-verlag.de/buecher/525309>

## FÜR INVESTOREN

### Tipps und News für Ihre Geldanlage

Zunehmend werden die Solarbranche, die Speicherbranche, die E-Mobilität und andere Zweige der erneuerbaren Energien für private oder institutionelle Anleger interessant. Die Energiewende zieht Kapital in wachsendem Ausmaße an. Die Redaktion der photovoltaik bietet spezielle Informationen rund um Investitionen in Solarprojekte, in neue Werke und Fabriken. In unserem Investoren-Kanal erhalten Sie umfangreiche Fachinformationen zur Projektfinanzierung, zum Handel mit Anlagen und zur Direktvermarktung von Sonnenstrom über Power Purchase Agreements (PPA).

Denn Investitionen in erneuerbare Energien werden deutlich erleichtert. Zudem erhöht der Preisverfall bei Solarmodulen, Wechselrichtern und Speicherbatterien die Rendite von größeren Solardächern oder Solarkraftwerken auf dem Freiland.

Mit der Geldanlage in Solarprojekten lassen sich fehlende Investmöglichkeiten im Immobiliensektor ausgleichen, wo hohe Kosten und Bauzinsen viele Projekte beeinträchtigen und unwirtschaftlich machen. Mit der neuen Klasse der Infrastrukturprojekte hat die Europäische Union eine Möglichkeit geschaffen, vom industriellen Wandel zu profitieren.

Dabei reicht das Spektrum von großen institutionellen Anlegern über Energiegenossenschaften und Bürgergenossenschaften bis zu privaten Kleinanlegern. Für sie alle bietet die dezentrale Energiewende attraktive Geschäftsmodelle in jeder Größenordnung.

► <https://www.photovoltaik.eu/investoren>



Zudem bieten wir seit Oktober 2023 einen monatlichen Newsletter speziell für Investoren und Entwickler von Solarprojekten an. Damit halten Sie sich stets auf dem Laufenden. Wir stellen neue Finanzierungsinstrumente der EU vor und liefern Hinweise zu Vorgaben der Finanzaufsicht.

Wir stellen lukrative Investments und gelungene Projekte vor. Abgerundet wird der Investoren-Newsletter durch nutzwertige Tipps für Ihre Geldanlage und aktuelle Branchentermine. Sie sind Interessiert? Dann melden Sie sich kostenfrei zum Newsletter an!

► <https://www.photovoltaik.eu/newsletter-anmeldung-investoren>

# Passt perfekt!

Die Profis vor Ort mit den besten  
Marken für Ihre Solarstromanlage



Kostenlose  
Vermittlung von  
Fachbetrieben  
seit 1985



INSTALLATEUR**SUCHE**.de  
Solarstrom vom Fachmann



Für die Eigenversorgung stehen vielfältige Lösungen und Produkte bereit. Deshalb ist es zunächst wichtig, sich ausreichend zu informieren.

Foto: Bosch

# Guter Rat ist nicht teuer!

**10 Tipps** ■ Wer sich für die Eigenversorgung mit Sonnenstrom interessiert, sollte sich zunächst informieren. Lassen Sie sich beraten! Und nur weil Sonnenstrom gut für die Umwelt ist, sind in dieser Branche nicht nur Gutmenschen unterwegs. Soll heißen: Sichern Sie Ihre Investition gut ab – wie jede andere Investition auch!

**B**evor dieser Ratgeber in die technischen und kaufmännischen Belange der Solartechnik und der E-Mobilität einsteigt, seien einige grundsätzliche Hinweise erlaubt.

Denn es handelt sich um Investitionen, die Geld kosten; um technische Systeme, die zuverlässig und frustfrei laufen sollen. Deshalb gelten die gleiche Vorsicht und das gleiche Augenmaß wie beispielsweise beim Kauf eines Autos, einer neuen Küche oder einer Hi-Fi-Anlage!

### Infoangebote der Regionen nutzen

Bevor Sie sich über Produkte informieren oder an Installateure wenden, sollten Sie die Informationsangebote in Ihrer Region nutzen. Die Energieagenturen der Bundesländer und der Städte bieten zahlreiche Möglichkeiten, sich in ausführlichen Beratungen professionell zur Solartechnik und ihren nahezu unerschöpflichen Möglichkeiten zu informieren – persönlich oder online.

Diese Angebote sollten Sie unbedingt in Anspruch nehmen, weil Sie zudem auf Ihre Region passende Angebote zur Förderung einzelner Komponenten wie Solargenerator, Stromspeicher oder für die E-Mobilität (E-Autos oder E-Ladetechnik) erhalten. Nicht selten können Ihnen diese Beratungsstellen auch erläutern, ob es besser wäre, die Solaranlage zu kaufen oder zu mieten; oder welche Installateure in der Region zu empfehlen sind.

Das Internet bietet gleichfalls zahlreiche Quellen. Doch hier ist genau zu prüfen, wie seriös die Informationen sind. Am Beginn Ihres persönlichen

Solarprojekts sollte stets eine von Herstellern und Produkten unabhängige Beratung stehen!

### Fragen Sie Freunde, Nachbarn oder in der Familie!

Allein in Deutschland gibt es mittlerweile schon mehr als zwei Millionen Solarstromanlagen. Deshalb ist es hilfreich, Erfahrungen aus Ihrem unmittelbaren Umfeld auszuwerten. Das können Nachbarn sein, die schon seit Jahren Sonnenstrom vom Dach ernten. Das können Freunde sein oder Verwandte, die schon Solaranlagen betreiben oder in Solartechnik investiert haben.

Zudem gibt es überall Vereine zur Förderung der Solarenergie, die mit konkreten Erfahrungen aufwarten. Nutzen Sie solche Kanäle! Ihr Ziel sollte es sein, ein Gefühl für die neue Technik und ihre Fallstricke zu bekommen – um mit dem Solarplaner und dem Fachinstallateur auf Augenhöhe sprechen zu können und die richtigen Fragen zu stellen.

### Fachplaner frühzeitig einbinden

Ob Neubau oder Installation auf einem Bestandsgebäude: Der Planer der Solaranlage oder die Architektin für den Neubau bzw. die Sanierung sind möglichst frühzeitig einzubinden. Wichtige Entscheidungen zum Baukörper sind zu treffen, um die Energie der Sonne optimal zu nutzen. Das spart Kosten und aufwendige Umplanungen zu einem späteren Zeitpunkt.

Architekten oder Architektinnen, denen Sie die Nutzung der Solarenergie schmackhaft machen müssen, sollten Sie als Partner Ihres Projekts ausschlie-

ßen. Im Gegenteil: Es ist die Aufgabe der Architekten, die Energiekosten des Gebäudes durch Photovoltaik zu senken. Gewiefte Architekten ziehen zu diesem Zwecke erfahrene Solarplaner zurate, um die Wünsche ihrer Kunden nach sauberer und preiswerter Eigenversorgung zu erfüllen.

Ähnliches gilt für Fachinstallateure. Viele Dachdecker und Heizungsbauer stehen dem Solarstrom skeptisch gegenüber, andere wiederum haben die Zeichen der Zeit schon erkannt. Lassen Sie sich Ihre Wünsche nicht ausreden! Wer mit der Sonne baut, baut kostengünstig und erreicht einen höheren Komfort bei der Nutzung des Gebäudes.

## Tipps vom Steuerberater nutzen

Lassen Sie sich im Vorfeld Ihrer solaren Investition auch von Ihrem Steuerberater aufklären, welche Möglichkeiten der Abschreibung es gibt – für private und gewerbliche Investitionen gleichermaßen.

Auch ist ab einer bestimmten Anlagengröße eine Gewerbeanmeldung erforderlich, um die Vorsteuer geltend machen zu können. Es geht ums Geld, also redet das Finanzamt unter Umständen ein Wörtchen mit.

## Angebote vergleichen

Wenn Sie sich für die Eigenstromversorgung entschieden haben, schreiben Sie die Leistungen professionell aus – gern mithilfe Ihres Planers oder Architekten. Vergleichen Sie die Angebote der Fachinstallateure – hinsichtlich der Solarkomponenten, der Arbeitspreise, der Zusagen für die Liefer- und Bauermine und zur Absicherung gegen Blitze oder Tierfraß! Auch die Wartung der Anlage nach der Inbetriebnahme sollte mit angeboten werden, ebenso der Service im Fehlerfall.

Fragen Sie nach, lassen Sie sich die Angebote im persönlichen Gespräch erläutern! Hilfreich ist auch, die Angebote durch erfahrene Berater in den regionalen Infozentren prüfen zu lassen.

## Wer billig kauft, kauft zweimal

Eine gut geplante und korrekt installierte Solaranlage für die Eigenstromversorgung rechnet sich relativ schnell – je nach Aufwand. Es geht nicht darum, möglichst billig zu bauen. Das rächt sich oft, weil billige Komponenten oder schludrige Installationen sehr schnell zu Schäden, Fehlern und viel Ärger führen.

Die Erfahrung zeigt, dass eine solide und ehrliche Preiskalkulation eher zum Ziel führt. Sie erspart viel Frust. Sonnenstrom ist keine Raketentechnik, im Gegenteil: Man versteht sehr schnell, worum es technisch geht. Und was man durch Photovoltaik, Stromspeicher und E-Autos gewinnen kann: weitgehende Selbstversorgung mit Strom, Wärme und Mobilität.

## Europäische Komponenten und Geräte bevorzugen

Beim Solargenerator mit seinen Bestandteilen, Solarpaneelen, Verkabelung, Wechselrichter, bei Stromspeichern (Solarakku) und bei den Geräten der Versorgungstechnik (Warmwasser, Heizung) sind europäische Anbieter zu bevorzugen. Werden Komponenten aus Asien oder Amerika installiert, sollten die Hersteller hierzulande über eine Tochtergesellschaft vertreten sein.

Nicht dass ausländische Anbieter nicht in der Lage wären, solche Technik ordentlich zu bauen. Doch im Schadensfall braucht man kurze Wege und schnell erreichbare Servicetechniker, die sich um Reklamationen oder Fehler kümmern.

## Installation dem Fachhandwerker überlassen

Unbedingt sollte der Einbau der Komponenten und Geräte von Fachhandwerkern in Ihrer Nachbarschaft erledigt werden. Die Installateure und Anlagenplaner kennen meteorologische und regionale Eigenheiten, haben oft schon ähnliche Systeme eingebaut und Häuser ausgestattet.

Ganz wichtig: Der Installateur oder Anlagenplaner sollte bereits während des Gebäudeentwurfs zurate gezogen werden. Die Architekten mögen das meistens nicht, aber der Architekt wird hinterher auch nicht Ihre Rechnungen für Strom und Wärme bezahlen.



Foto: Heiko Schwarzbinger

**Bei Dacharbeiten ist auf ausreichende Sicherung der Monteure und des Materials zu achten.**

Auch ganz wesentlich: Einen guten Installationsbetrieb erkennt man – neben seinen Referenzen – daran, dass er die Anlagenwartung nach der Inbetriebnahme und den Blitzschutz von vornherein mit anbietet. Auch sollte der Betrieb eine erschöpfende Dokumentation der Anlage, ihrer Installation und der Inbetriebnahme ausstellen – und anbieten.

## Dacharbeiten korrekt absichern

Noch ein Wort zur Installation. Die Installation der Solarmodule auf dem Dach und an der Fassade ist Profis vorbehalten. Das können Solarteure, Dachdecker, Zimmerleute oder Fassadenbauer sein. Die Arbeiten sind entsprechend den gesetzlichen Vorgaben abzusichern: durch Gerüste, Fangnetze, Hubsteiger und persönliche Schutzausrüstungen (PSA) der Arbeiter auf dem Dach.

Die rechtliche Verantwortung obliegt dem Auftraggeber, nicht dem Installateur. Zwar wird der Installateur teilweise in Haft genommen, wenn es zum Unfall kommt. Aber die Gesetzeslage ist eindeutig: Der Bauherr oder Auftraggeber hat dafür geradezustehen, wenn auf seiner Baustelle etwas passiert!

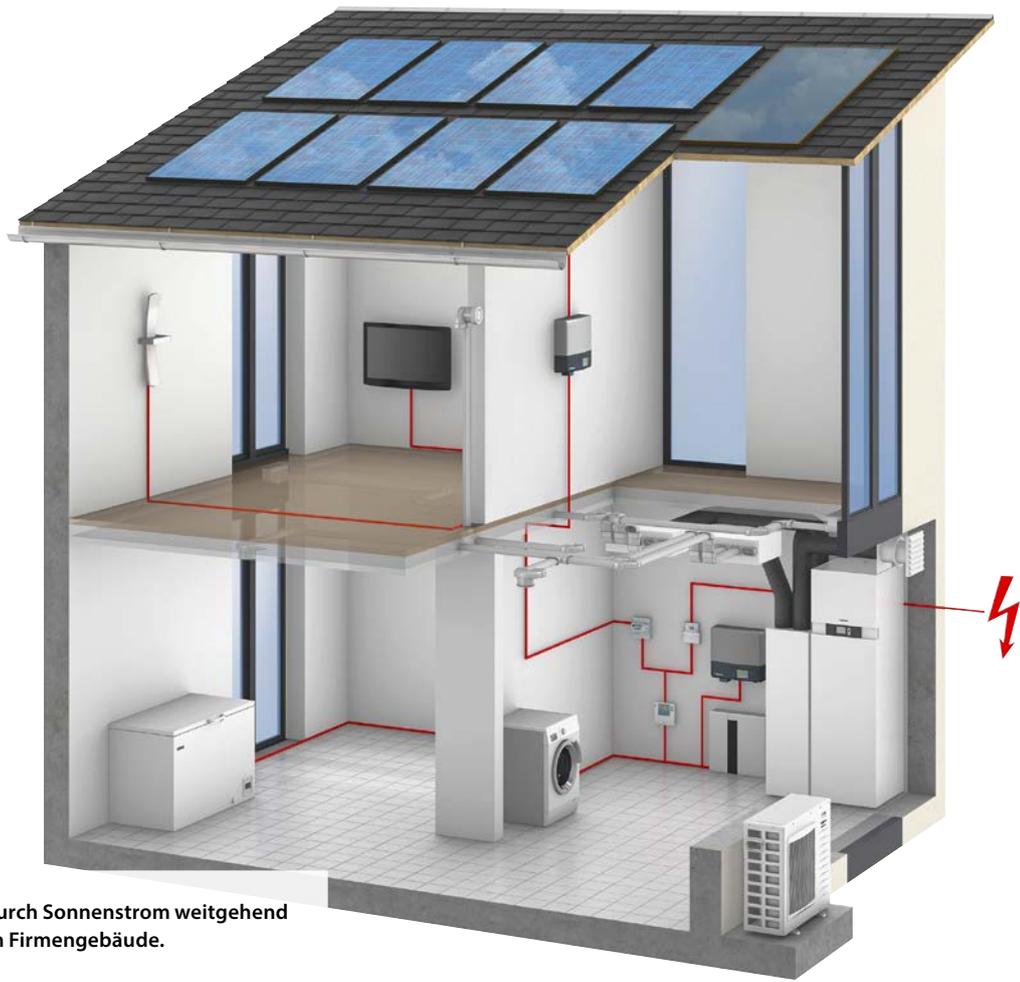
Deshalb der Tipp: Informieren Sie sich rechtzeitig, wie die Arbeiten abzusichern sind. Lassen Sie sich von Ihrem Installateur genau erklären, welche Sicherungsmaßnahmen er plant. Lassen Sie sich diese Maßnahmen von ihm schriftlich bestätigen. Gegebenenfalls fragen Sie bei den Innungen nach, die Ihnen Hinweisblätter zur Verfügung stellen.

## Leerrohre verlegen

Bei Neubauten, aber auch bei umfangreichen Sanierungsarbeiten am Dach und am Gebäude sind unbedingt Leerrohre vorzusehen – falls die Solaranlage später kommen soll.

Es kann sein, dass die Finanzen nicht ausreichen, um gleich beim Bau den Solargenerator aufs Dach zu bringen und den Stromspeicher in den Technikraum zu stellen. Das ist völlig unproblematisch, denn Solaranlagen lassen sich – die statische Tragfähigkeit des Daches vorausgesetzt – jederzeit nachrüsten. Dann ist es hilfreich, wenn die Leerrohre für die Verkabelung bereits vorhanden sind.

Im Zählerschrank sollte ausreichend Platz vorhanden sein, um die Photovoltaikanlage im Nachgang in die Hauselektrik einzubinden. Dazu gehören Sicherungen und Zähler. Wechselrichter und Stromspeicher werden meist unmittelbar nebeneinander installiert. Es ist aber auch möglich, die Wechselrichter in einem kühlen Nebengebäude zu installieren und den Stromspeicher im Haustechnikraum.



Gebäude können sich durch Sonnenstrom weitgehend selbst versorgen – auch Firmengebäude.

Foto: Wiesmann

# Für Neubauten: Autarkie ist machbar!

**9 Tipps** ■ Wer ein neues Eigenheim, einen Mehrgeschosswohnbau oder ein Firmengebäude plant, sollte schon beim ersten Entwurf einiges beachten. Dann lässt sich ausreichend Sonnenstrom ernten, um die Investitionen und Energiekosten für Jahrzehnte niedrig zu halten. Sogar die weitgehend netzfreie Versorgung ist möglich!

Wer einen Neubau plant, sollte einige grundsätzliche Tipps beachten, damit die Photovoltaik möglichst hohe Anteile des Strombedarfs im Gebäude decken kann. Sind die Häuser falsch ausgerichtet oder die Dächer verschattet, lassen sich die Unzulänglichkeiten hinterher auch mit aufwendiger Technik kaum wettmachen.

## Ausrichtung des Gebäudes: Osten und Westen bevorzugen

Noch immer ist die Auffassung verbreitet, dass Solargeneratoren nur auf der Südseite des Daches effektiv sind. Diese Sichtweise ist überholt. Besser ist es, die Solarpaneele nach Westen und Osten auszurichten. Dann verteilen sich

die Erträge des Sonnenstroms besser über den Tagesverlauf. Sie passen besser zu den Verbrauchsspitzen im Gebäude, die meist in den Morgenstunden und am Abend liegen. Perfekt sind drei Solarfelder: eins nach Osten, eins nach Westen und eins nach Süden. Das Norddach gleich mitzubelegen, schadet selbstredend nicht.

## Überdachte Veranda nach Süden

Bekommt das Wohnhaus ein Flachdach, kann man die Solarmodule beliebig ausrichten. Bei Schrägdächern sind Solarfelder nach Osten und Westen zu bevorzugen. Dann weist der Giebel nach Süden. Dort bietet sich eine großzügige Veranda an, die mit einem Solardach beispielsweise aus Doppelglas-

modulen überspannt werden kann. Im Sommer bietet das Vordach kühlen Schatten und Schutz vor heftigen Gewittern. Im Winter steht die Sonne flacher am Himmel, wird also nicht vom Vordach abgeschattet. Dann kann sie ungehindert ins Gebäude strahlen und die Heizung unterstützen.

### Möglichst große Fenster nach Osten und Süden

Die Dächer und Außenwände nach Westen oder Nordwesten weisen in unseren Breiten zur sogenannten Wetterseite. Von dort kommen die meisten Niederschläge und Winde angereicht.

Deshalb sollte man große Fensterflächen vor allem nach Osten (Sonnenaufgang!) und nach Süden einplanen. Nach Süden weisende Glasfronten sollten unbedingt ein Vordach bekommen, damit die Räume im Sommer nicht überhitzen.

Das Vordach lässt sich sehr gut mit Glas-Glas-Modulen bauen, als einfache Pfostenkonstruktion aus Holz. Auch ein Wintergarten mit Solarmodulen als Dach ist sinnvoll und praktisch. Ganz wichtig: Je größer die transparenten Flächen am Gebäude, desto besser muss die thermische Qualität der Fenster sein: mindestens Dreischeibenverglasung.

### Solarleistung auf den Strombedarf abstimmen

Bei der Planung der Photovoltaikanlage ist nicht so wichtig, wie groß die Dächer sind. Viel wichtiger ist es, zunächst den eigenen Strombedarf zu kennen: Anzahl der Kilowattstunden und ihre zeitliche Verteilung über den Tag. Danach kann man die Solaranlage genau auslegen.

Ein klug geplanter Solargenerator kann die Nutzer bis weit in den Herbst hinein mit Strom versorgen, beginnend ab März. Für die Wintermonate muss man immer mit einer weiteren Stromquelle rechnen, das schafft die Photovoltaik in unseren Breiten nicht.

### Faustregeln für ordentliche Solargeneratoren

Drei bis vier Solarmodule (60 Zellen oder 120 Halbzellen) ergeben mindestens ein Kilowatt Solarleistung, das entspricht einer Dachfläche von rund sechs Quadratmetern. Im Jahresverlauf erzeugen sie rund 900 bis 1.100 Kilowattstunden Sonnenstrom.

Weniger als 900 Kilowattstunden sollten es auf keinen Fall sein. Denn die nutzbare Sonneneinstrahlung liegt in unseren Breiten bei 900 bis 1.100 Stunden, je nach Region. In den Alpen liegen die Erträge mitunter um 20 bis 30 Prozent höher, weil die kräftige Wintersonne, reflektierender Schnee und die klare Luft der Höhenlagen die Stromausbeute verbessern. Mit den neuen Hochleistungsmodulen kann man sogar 1,2 Kilowatt aus vier Standardmodulen installieren, mit entsprechend höheren Erträgen.

Für sechs Kilowatt (6.000 Kilowattstunden) braucht man also zwischen 30 und 36 Quadratmeter Dachfläche. Für zehn Kilowatt sind es 50 bis 60 Quadratmeter, für 30 Kilowatt das Dreifache.

### Warmwasser möglichst elektrisch bereiten

Um ein Wohnhaus möglichst optimal mit Sonnenstrom zu versorgen, muss man auch bei der Energienutzung ein paar Dinge beachten. Wer nur wenig Warmwasser (Küchen, Bäder, Sauna) braucht, sollte alle Zapfstellen im Haus mit elektrischen Boilern oder Durchlauferhitzern versehen.

Durchlauferhitzer brauchen in der Regel eine kurzzeitig hohe Leistung, deshalb sind Untertischboiler besser für die Kombination mit Photovoltaik geeignet. Sie werden elektrisch aufgeheizt, wenn die Solargeneratoren ausreichend Sonnenstrom anbieten, und halten das warme Wasser lange vor.

Selbst eine vierköpfige Familie kann sich heutzutage mit den Effizienzgeräten der Klasse A (und besser) sehr wirtschaftlich mit Warmwasser versorgen. Denn sie laufen, solange es geht, mit Sonnenstrom vom eigenen Dach. Erst wenn die Sonne im Herbst nicht mehr ausreicht, werden sie durch Ökostrom aus dem Netz versorgt. Der technische und hydraulische Aufwand ist viel geringer als bei thermischen Systemen mit Gasbrennern oder solaren Wärmesammlern (thermischen Kollektoren).



## Freies Arbeiten auf der Dachfläche

**SIFATEC** ■ Eine clevere Lösung rundherum geschützt auf einem Flachdach zu arbeiten, bietet das SIFATEC Flachdachgerüst. Die temporären Schutzeinrichtungen werden durch den bundesweiten Sifatec-Montageservice zuverlässig und termingerecht montiert.

Wer bei der Energiewende auf Solarenergie und die Montage einer Photovoltaikanlage setzt, sollte daher auch das SIFATEC Flachdachgerüst kennen. Eine störende Voll-einrüstung oder Gewichte auf dem Flachdach werden überflüssig. So bietet Sifatec durch flexible Einsatzmöglichkeiten die clevere Ergänzung in der Solarbranche.

### Bauherren haften für die Arbeitssicherheit

In der Baustellenverordnung ist festgelegt, dass der Bauherr dafür verantwortlich ist, dass Arbeitssicherheitsvorkehrungen erfüllt werden. Auf die sichere Seite begeben sich Bauherren mit der Beauftragung der Sifatec GmbH & Co. KG und profitieren in vielerlei Hinsicht von der Erfahrung und dem Know-how, sowie einer termingerechten Ausführung durch den Komplettanbieter mit bundesweiten Montageservice.

Sifatec ist Dienstleister und bietet neben dem SIFATEC Flachdachgerüst weitere Schutzeinrichtungen, die entsprechend dem Kundenbedarf montiert werden können. Ein unverbindliches projektbezogenes Angebot kann per E-Mail unter [info@sifatec.de](mailto:info@sifatec.de) angefordert werden. Offene Fragen werden gern telefonisch unter 06532-95120-0 beantwortet.

#### Kontakt:

Sifatec GmbH & Co. KG

+49 6532 951200

[info@sifatec.de](mailto:info@sifatec.de)

► [www.sifatec.de](http://www.sifatec.de)



Bei diesem Gebäude wurde das Dach maximal ausgenutzt, um Solarstrom zu erzeugen.

Und: Die Wasserhygiene verbessert sich, weil die Boiler meist direkt an der Zapfstelle installiert werden. Am Wasserhahn reichen 44 bis 48 Grad Celsius völlig aus, bei dieser Temperatur löst sich auch das hartnäckigste Küchenfett. Lange Leitungswege entfallen, dadurch sinken die Energieverluste in den Warmwasserleitungen und die Gefahr, dass sich gefährliche Keime vermehren.

Mit elektrischen Systemen kann man auch sehr gut auf Veränderungen im Bedarf reagieren. Denn dieser Bedarf hängt vor allem von den Bewohnern eines Hauses und ihren Ansprüchen an den Warmwasserkomfort ab. Und manchmal ist das Haus voll: mit Freunden, mit den Kindern und Enkeln oder anderen Gästen.

## Wärmepumpe mit Sonnenstrom betreiben

In einem Neubau hat der Bauherr auch die Chance, das Heizwärmesystem genau an seine Bedürfnisse anzupassen. Im Prinzip gibt es im Jahr zwei Phasen, in denen Heizwärme für die Räume eine Rolle spielt. Im Sommer und in den warmen Wochen im Frühjahr und im Herbst wird nicht geheizt, die Heizung bleibt aus.

In der Übergangsperiode wird eine gewisse Wärme benötigt, um die Räume angenehm zu temperieren. Wirklich gebraucht wird die Heizungsanlage nur in den kalten Wochen. Knackige Minusgrade treten in unseren Breiten meist nur an wenigen Tagen auf

Wer nicht ausschließlich mit Ökostrom heizen will, dem empfiehlt sich ein Zwitter: Wärmepumpen nutzen elektrischen Strom, um die thermischen Potenziale in der Außenluft, dem Erdreich oder dem Grundwasser zu verdichten und auf nutzbare Temperaturen zu bringen. Auch hier bietet sich an, den Pumpenstrom durch den Solargenerator auf dem eigenen Dach zu erzeugen.

Entscheidend ist zunächst, dass das Haus fachgerecht gedämmt ist. Der Heizwärmebedarf hängt davon ab, wie hoch die Wärmeverluste durch die Außenwände, die Dächer und den Keller (falls vorhanden) sind. Auch Wärmeverluste durch Lüftung muss die Heizungstechnik ausgleichen.

Generell sind Luftwärmepumpen die erste Wahl, da sie sehr preiswert in der Anschaffung und einfach in der Installation sind. Wird mehr Wär-

meistung benötigt (Mehrfamilienhaus), greift man auf Erdwärmepumpen zurück. Solange ausreichend Sonnenstrom vom Dach verfügbar ist, kann er die Wärmepumpe versorgen. Ansonsten kommt Ökostrom aus dem Netz zum Einsatz.

## Unabhängig durch solarelektrische Vollversorgung

Sehr modern ist die komplette Versorgung eines Neubaus mit Sonnenstrom. Es wird keine separate Heiztechnik mehr benötigt. Denn Neubauten lassen sich optimal zur Sonne ausrichten und nahezu alle Flächen der Gebäudehülle für solare Komponenten nutzen – vor allem Dächer und Fassaden.

So wird es möglich, dass der Sonnenstrom – in großen Stromspeichern gesammelt – bis weit in die Heizperiode ausreicht, um das Gebäude auch mit Heizenergie zu versorgen. Zum Einsatz kommen elektrische Infrarotstrahler, um die Räume zu erwärmen. Näheres dazu findet sich in Kapitel 15 dieses Ratgebers.

Sollte der Sonnenstrom nicht ausreichen, wird elektrischer Ökostrom aus dem Stromnetz zugekauft. Das ist oft preiswerter als die Installation einer separaten Heiztechnik mit aufwendiger Verrohrung und Pumpen für die Hydraulik der Wärmeversorgung. Denkbar ist auch, den Winterstrom durch eine Brennstoffzelle zu erzeugen, aus Erdgas oder Wasserstoff.

## E-Ladetechnik mit einplanen

Wer ein neues Wohnhaus oder Firmengebäude plant, sollte unbedingt beachten: Die Leistungsanforderungen der elektrischen Verbraucher im und am Gebäude verändern sich schnell.

Vor allem die E-Mobilität – Wallboxen und Ladesäulen am Gebäude – fordern die elektrische Leistung ab, die auch das Gebäude mitversorgen soll. Der Leistungsbedarf liegt ab elf Kilowatt aufwärts. Das lohnt sich aber, weil dadurch die Kosten für Sprit und Wartung der Verbrennerfahrzeuge entfallen.

Auch hier ist Augenmaß gefordert. Denn gerade in der kommerziellen Anwendung für Firmenflotten braucht es einen leistungsstarken Stromspeicher, der die Ladeströme anbietet und zugleich den Netzanschluss entlastet. Es gilt: Wer heute neu baut, plant und baut gleich die E-Tankstelle mit!

# I LOVE THE SUN



Mit der Kraft  
der Sonne  
versorgen wir  
einen ganzen  
Haushalt mit  
Energie.

Als Visionär\* in der Solar-Branche lassen Sie einfach die Sonne für sich arbeiten. Denn mit der richtigen Solarlösung planen und realisieren Sie für Ihre Kund\*innen klimafreundliche und bezahlbare Energie – und zwar genau so viel, wie benötigt wird, am Tag und in der Nacht.

Nutzen Sie dafür die SMA Home Storage Solution mit dem SMA Hybrid-Wechselrichter Sunny Tripower Smart Energy und der Batterie SMA Home Storage. So versorgen Sie mühelos einen ganzen Haushalt mit Solarenergie.

Kombiniert mit einem intelligenten Energiemanagement ist immer genug bezahlbarer Strom verfügbar, der Ihren Kund\*innen uneingeschränkten Komfort und energieeffizientes Wohnen bietet. Entdecken Sie jetzt mit SMA neue Einfachheit, Flexibilität und Innovation für Ihre Solarprojekte. So haben Sie noch einen Grund mehr, die Sonne zu lieben.

Jetzt unsere Website besuchen und mehr erfahren!

SMA.de

Inbetriebnahme eines Stromspeichers durch den Installateur.



## Stromspeicher: Genau mit dem Solardach abstimmen!

**6 Tipps** ■ Wer sich autark von den Energieversorgern machen will, sollte Stromspeicher nutzen. Die Solarakkus können den Sonnenstrom vom eigenen Dach effizient und wirtschaftlich bunkern. Dann steht auch am Abend sauberer Strom zur Verfügung, ebenso am nächsten Morgen. Allerdings ist einiges zu beachten, damit die Anschaffung richtig Spaß macht.

Wer auf seinem Dach einen Solargenerator installiert hat, kann den Eigenstrom auf günstige Weise auch abends, nachts oder am Morgen nutzen. Dafür ist eine effiziente Batterie notwendig. Damit die Speicherung Spaß macht, sich rechnet und reibungslos funktioniert, ist einiges zu beachten.

### Batteriegröße richtet sich nach Strombedarf

Die richtige Größe der Batterie richtet sich nach dem Strombedarf der Nutzer. Sie sollte mindestens so groß sein, dass die Bewohner des Eigenheims damit über den Abend, durch die Nacht und über den Morgen kommen, stromtechnisch gesprochen.

Für einen normalen Haushalt sind Speicher zwischen fünf und zehn Kilowattstunden ausreichend. Wichtig ist auch die Leistungsabgabe des Stromspeichers: Elektrische Durchlauferhitzer für Warmwasser oder der Küchenherd fordern gelegentlich erhebliche Ströme aus der Batterie, das muss man

bei der Wahl der richtigen Batterie beachten. Besser man wählt einen klugen Kompromiss zwischen Stromspeicher und Stromnetz.

### Blei oder Lithium: eine Frage des Platzes

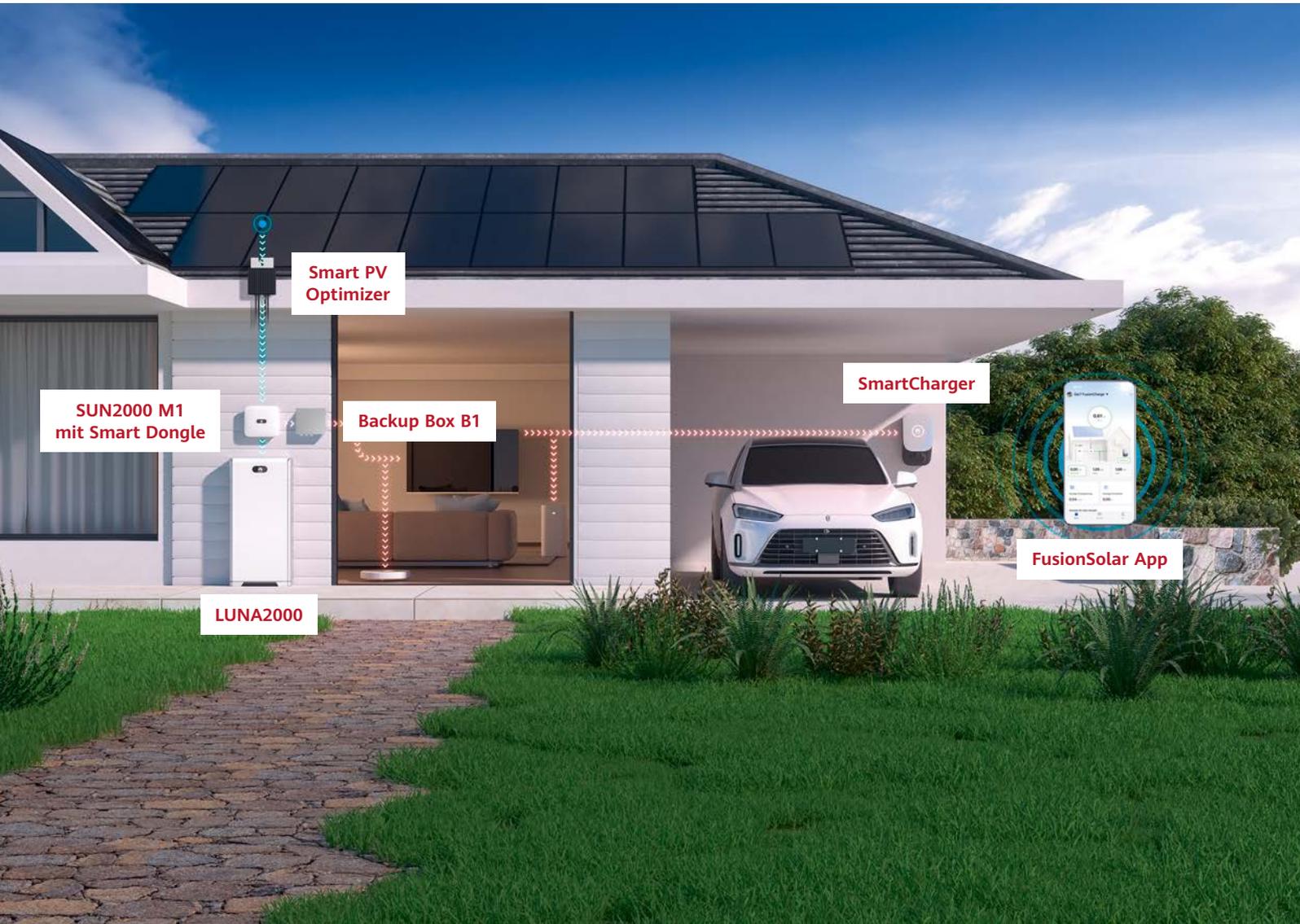
In Fachkreisen tobt eine Debatte, welche Batterietypen die besten sind. Bleibatterien sind seit mehr als 100 Jahren eingeführt, da kann nix schiefgehen. Denkt man, stimmt aber nicht. Denn sie sind aufwendig im Betrieb, müssen gut belüftet und überwacht werden.

Zudem nutzt man die Speicherkapazität des Bleispeichers nur zu 50 Prozent aus, das hat mit der Chemie der Blei-Säure-Batterien oder Blei-Gel-Batterien zu tun. Soll heißen: Um vier Kilowattstunden speichern zu können, muss der Akku eine Bruttokapazität von mindestens acht Kilowattstunden haben.

Darüber hinaus ist Blei schwer, es kommt also nur für Batterien infrage, die auf dem Boden stehen. Die Speicherinstallation ist ebenfalls aufwendig,

# Fusionsolar

Die smarte PV-Anlage für Ihr Eigenheim.



## Ihre Lösung für mehr Energieunabhängigkeit aus einer Hand.

Unsere ganzheitliche PV-Lösung mit Batteriespeicher, Wechselrichter, Wallbox und smartem Energie-Management-System transformiert Ihr Zuhause in eine autarke Energiezentrale.

Schließen Sie sich Millionen von Haushalten weltweit an, die bereits von unseren innovativen Technologien profitieren. Wir sind bereit, Sie auf dem Weg zu einer grüneren und nachhaltigeren Zukunft zu unterstützen. Erfahren Sie mehr in unserer Broschüre.



[solar.huawei.com/de](https://solar.huawei.com/de)

Farben, Formen, Interface und Funktionen dienen nur als Muster. Aussehen und Funktionen des Produkts können abweichen.





Foto: Landebly/E3 DC

Größere Stromspeicher können Mehrgeschosswohngebäude oder Firmengebäude versorgen, auch mit Strom für die E-Ladetechnik.

Älteres Speichersystem mit Bleizellen. Im Betrieb werden sie handwarm. Allerdings baut man solche Speicher heute nur noch ausnahmsweise ein.



Foto: Heiko Schwarzinger

weil man die schweren Zellen einzeln in den Keller oder Hauswirtschaftsraum schleppen und dort verschalten muss.

Lithiumspeicher kann man effektiver nutzen, weil man sie bis 80 oder 90 Prozent ihrer Bruttokapazität entladen kann. Manche Hersteller versprechen sogar 100 Prozent. Aber dann ist die Batterie etwas größer als im Datenblatt angegeben, um eine Reserve gegen Tiefenentladung zu haben.

Lithiumbatterien sind hermetisch geschlossen, das vereinfacht ihre Montage. Die Preise liegen bei Heimspeichern zwischen 800 bis 1.000 Euro pro Kilowattstunde Speicherkapazität, komplett mit Batteriemangement und Laderegulierung.

Im Jahr liegt der Preisverfall der Lithiumspeicher bei rund zehn Prozent. Deshalb gibt es kein preisliches Argument mehr, Bleiakkus zu bevorzugen. Zudem werden Lithiumakkus als Komplettsysteme angeboten, die man sehr einfach in die Stromversorgung des Gebäudes einbauen kann.

## Wirtschaftlichkeit entscheidet sich in schwachen Stunden

Auch Stromspeicher haben schwache Stunden und Tage. Nur selten laufen sie unter Volllast, also mit maximalem Strom zum Laden oder Entladen. Meistens arbeiten sie in Teillast. Deshalb ist ihre Wirtschaftlichkeit sehr vom sogenannten Schwachlastverhalten abhängig.

Man kann davon ausgehen, dass ein großer Stromspeicher (viele Kilowattstunden Speicherkapazität) mit geringer Ladeleistung (geringe Ströme zum Laden oder Entladen) eher ungünstig ist. Denn er braucht viel zu lange, um sich voll zu laden, und kann bei hoher Nachfrage nur geringe Leistung abgeben.

Auf der sicheren Seite ist man mit Batteriesystemen, bei denen die Zahl der maximal speicherbaren Kilowattstunden ungefähr der elektrischen Leistung entspricht (zum Beispiel zehn Kilowattstunden/zehn Kilowatt). Ein Akku mit sieben Kilowattstunden Speicherkapazität und zwei Kilowatt Ladeleistung ist viel zu schwachbrüstig, um effizient zu arbeiten. So braucht er dreieinhalb Stunden volle Sonne, um sich neu zu füllen.

## Erst Photovoltaik aufs Dach, dann die Batterie aufstellen

Der Stromspeicher macht nur Sinn, wenn man sauberen Sonnenstrom vom eigenen Dach erzeugt. Und wenn sich der Eigenverbrauch des Sonnenstroms

auf diese Weise deutlich steigern lässt. Deshalb sollte man zunächst Erfahrungen mit dem Solargenerator (Photovoltaik) sammeln.

Auch ohne Speicherbatterie lässt sich der Strombedarf im Eigenheim bis zu 50 Prozent mit Sonnenstrom decken, je nach Größe des Solargenerators. Wird Warmwasser elektrisch erzeugt, liegt der Eigenverbrauchsanteil höher. Mit einer Batterie können es 80 bis 90 Prozent sein. Zur Auslegung der Batterie muss man jedoch unbedingt den Strombedarf in den Stunden zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang kennen.

Auch kann man bei den Batterien klein anfangen, vielleicht mit vier oder fünf Kilowattstunden. Durch einfache elektrische Verknüpfung (Kaskadierung) kann man die Batteriegröße später erweitern, das ist meist kein Problem. Dazu muss lediglich die Ladeelektronik der Akkus (Batteriewechselrichter) angepasst werden.

## Batterien verdienen Geld im Stromnetz

Einige Hersteller von Speicherbatterien bieten ihren Kunden zusätzliche Einnahmen aus dem Stromnetz an. Sie verschalten Tausende Akkus zu einem intelligenten Schwarm, der Strom aus dem Netz zieht, wenn das Angebot aus den Kraftwerken höher ist als die Nachfrage.

Dieser Strom wird dann verbilligt oder gar kostenlos an die Besitzer der Solarbatterien abgegeben. Allerdings ist dafür eine gewisse Investition notwendig, um die Batterien an einen zentralen Netzmanager anzuschließen und einen zusätzlichen Zähler für den Netzbetrieb der Batterie zu installieren.

## E-Rasenmäher, Pedelecs oder E-Autos: alles fahrbare Batterien

Man kann den Stromspeicher im Haus kleiner wählen, wenn elektrische Fahrzeuge zum Haushalt gehören, etwa Rasenmäher, Rasentraktoren, Rollstühle, Pedelecs, E-Roller oder Elektroautos. Sie alle stellen Speicherkapazität bereit, erhöhen also den Nutzungsgrad des Sonnenstroms vom eigenen Dach.

Damit sie nicht nur Strom abnehmen, sondern auch ins Haus rückspeisen können, braucht man rückspeisefähige Ladetechnik (bidirektionales Laden). Die Rückspeisung ins eigene Haus ist möglich, aber nicht die Rückspeisung von Strom aus einem Fahrzeug ins öffentliche Stromnetz. Allerdings gibt es bislang nur wenige Anbieter von E-Ladetechnik, die diese Funktion erlauben. Letztlich handelt es sich (noch) um eine rechtliche Grauzone.



Foto: Block-8m

Effiziente Gewerbespeicher werden bei kostenorientierten Betrieben immer beliebter.

## Solarstromspeicher: kostensenkende Sicherheit

**RCT Power** ■ Stromspeicher gewinnen für Unternehmen immer mehr an Gewicht. Gewerbe und Industrie nutzen ihren selbst produzierten Solarstrom effizienter. Mit steigender Autarkie profitieren sie von geringen Betriebskosten und schützen sich nachhaltig vor Stromausfällen.

Viele Unternehmen haben in den vergangenen Jahren in Photovoltaikanlagen investiert. Andere stehen kurz davor. Zum einen ist Photovoltaik (PV) inzwischen eine der günstigsten Formen der Stromerzeugung. Zum anderen gibt es in einigen Bundesländern bereits eine Solardachpflicht für gewerbliche Neubauten. Weitere Bundesländer werden folgen.

Generell gilt: Je mehr selbst erzeugter Strom im Betrieb verbraucht wird, desto schneller amortisiert sich die PV-Anlage. Mit einer Speicheranlage lässt sich der Eigenverbrauch äußerst effizient steigern. Der gespeicherte Solarstrom kann nach Bedarf abgerufen werden. Somit werden Schwankungen ausgeglichen und der Eigenverbrauchsanteil erhöht.

### Günstige und sichere Stromversorgung

Zwei weitere Vorteile führen zudem zu erheblichen Kosteneinsparungen: 1. die Ersatzstromfunktion, 2. die Lastspitzenkappung. Der deutsche Stromspeicherhersteller RCT Power bietet beide Funktionen an. Ersatzstrom bedeutet, dass bei einem Stromausfall der Power Switch automatisch auf die Batterieversorgung umschaltet.

Das dauert bei den Industriespeicher nur wenige Sekundenbruchteile. Die Solaranlage sowie wichtige Verbraucher wie beispielsweise WLAN, Computer, Kühlung etc. laufen problemlos weiter. Bei der Lastspitzenkappung, englisch Peak Shaving genannt, wird der Strombezug in Spitzenlastzeiten reduziert – das System stellt auf Batterie um. Denn Lastspitzen führen zu hohen

Netznutzungsentgelte, da sich die Entgelte an der höchsten Leistungsspitze orientieren.

### Die Systeme sind einfach skalierbar

Dank jahrzehntelanger Erfahrung und modernster Technologie bietet RCT Power hocheffiziente Batteriesysteme. Die Systeme sind projektspezifisch skalierbar. Und der Anschluss erfolgt direkt an den PV-Modulen als effizienter Hybrid-Wechselrichter. Ein innovatives Batteriemanagementsystem (BMS) garantiert einen sicheren und zuverlässigen Betrieb.

Die hochwertigen Komponenten werden von RCT Power entwickelt und gefertigt. Strenge Industriestandards sorgen für Sicherheit, Zuverlässigkeit und Langlebigkeit. Unternehmer erhalten so eine kompakte und sichere Speicherlösung.

#### Kontakt:

RCT Power GmbH  
+49 7531 99677 0  
info@rct-power.com

► [www.rct-power.com](http://www.rct-power.com)



Foto: RCT Power

Der neue  
Gewerbe-  
speicher  
CESS 200 DC

Bei dieser Flugschule in Franken wurden alle Dächer genutzt, um sie weitgehend mit Sonnenstrom zu versorgen – genauso wie die E-Mobile der Flugschüler.



# Im eigenen Unternehmen kräftig sparen!

**6 Tipps** ■ Wer große Dächer hat, sollte sie unbedingt für Solargeneratoren nutzen. Denn Sonnenstrom senkt die Energiekosten nachhaltig – eine sinnvolle Investition, die sich innerhalb weniger Jahre amortisiert. Und das Image aufpoliert.



Beispiel einer gewerblichen Photovoltaikanlage auf dem Dach eines Supermarktes. Hier wird der Sonnenstrom vor allem für die Kühlung und die Beleuchtung benötigt.



Bild: Windpower

Die Preise für Erdgas, Heizöl und Gewerbestrom steigen mehr als kräftig. In vielen Unternehmen drücken die Energiekosten auf die Gewinne. Vor allem elektrischer Strom ist teuer, auch für Gewerbetreibende. Mit Sonnenstrom lässt sich dieser Posten deutlich senken. Wenn man einige Tipps beachtet.

### Zuerst Dächer und Fassaden analysieren

Wer Sonnenstrom in seinem Unternehmen nutzen möchte, um die Energiekosten ordentlich zu senken, sollte die Sache professionell angehen. Zunächst

sind alle Dächer auf ihre Eignung zu überprüfen: Statik, Zugänglichkeit und Verfügbarkeit. Zu klären ist, wem die Dächer gehören.

Prinzipiell macht es keinen Unterschied, ob ein Fabrikdach dem Unternehmer oder einem Vermieter oder der Bank gehört. Das hat lediglich steuerliche oder kaufmännische Konsequenzen.

Auch Fassaden lassen sich mittlerweile zu überschaubaren Kosten mit Solartechnik belegen und für Eigenstrom nutzen. Das kann man auch bei Bestandsgebäuden machen, durch vorgehängte (kalte) Solarfassaden. Solche Generatoren erlauben wegen der großen Flächen sehr hohe Leistungen.



Foto: IBC Solar

Praktisch wird ein Solargenerator nur durch die Dachgröße beschränkt.



Foto: Heiko Schwarzhuber

Clever gelöst: Hier wurden die Parkplätze der Firmenflotte mit Solarmodulen überdacht, um viel Sonnenstrom zu ernten.

Sind die Dächer geeignet, kann man die Solargeneratoren planen. Je mehr Sonnenstrom man im eigenen Unternehmen nutzt, umso wirtschaftlicher wird die Investition.

## Energiefresser ausfindig machen

Also sollte man die Stromverbräuche im Unternehmen unbedingt kennen. Stromfresser sind zu identifizieren. Nicht selten kann man sie auf einfache Weise liquidieren, bevor man darangeht, den Strombedarf mit Solarstrom zu decken. Veraltete Quecksilberdampflampen oder betagte Lüftungssysteme sind Beispiele für Stromfresser, die man leicht durch neue LED oder effi-

ziente Lüfter ersetzen kann. Das heißt: Zunächst sind die Bedarfe zu messen, also braucht man ein sinnvolles Konzept für die Verbrauchszähler im Unternehmen. Und es ist zu prüfen, welche Potenziale zur Einsparung von Energie vorhanden sind – unabhängig vom Sonnenstrom.

## Firmennetz ausnutzen

Der Anschluss von Solargeneratoren an ein firmeneigenes Stromnetz (so genanntes Arealnetz) ist in der Regel unproblematisch, auch in der Mittelspannung. Die Eigentumsgrenze verläuft am Arealzähler. In seinem eigenen Firmennetz darf der Unternehmer Sonnenstrom bauen, solange er keinen

# Mehr Strom, niedrigere Kosten

Der ideale Mikro-Wechselrichter für Ihren Balkon

## HMS-800W-2T

- WLAN-fähig
- Unkomplizierte Montage
- Einfache Überprüfung der Daten



Bereit für die Speicherung Ihres Stroms

Hybrid-Wechselrichter

## HYS-LV-EUG1

- Einphasig | 3 – 6 kW



Hybrid-Wechselrichter

## HYT-HV-EUG1

- Dreiphasig | 5 – 12 kW



Strom ins Netz zurückspeist. Andernfalls braucht er eine Genehmigung des örtlichen Netzbetreibers und muss sich mit allerlei zusätzlicher Bürokratie herumschlagen.

Die Einspeisung ins Netz wird verhindert, wenn der Gewerbestromspeicher auf Nulleinspeisung eingestellt ist. Er verhindert, dass Sonnenstrom ins Netz abfließt, sondern verteilt die kostbare Energie über ein Energiemanagementsystem an volatile Verbraucher. Sie können je nach Angebot elektrische Energie bunkern. Dazu eignen sich verteilte Stromspeicher, aber auch Gefrierzellen, die mit Überschussstrom tief abgekühlt werden – auf minus 18 oder minus 24 Grad Celsius. Sie wirken als thermische Batterien.

Auch Warmwasser bietet thermische Speicherkapazitäten an oder Prozesswärme im Unternehmen oder Kompressoren für Druckluft. Oder der Eigenstrom fließt in E-Autos, die erst am Abend benötigt werden (etwa um Ware auszuliefern) und tagsüber aufgeladen werden.

## Sonnenstrom für Warmwasser nutzen

Weil elektrischer Strom eine verhältnismäßig teure Energieform ist, sollte der Sonnenstrom zunächst den Strombedarf des Unternehmens decken. Man kann die Solargeneratoren jedoch größer dimensionieren, um den Bedarf an Warmwasser in der Firma mit zu decken, beispielsweise mit elektrischen Boilern.

Das bietet sich für Waschräume oder Teeküchen an. Hat ein Unternehmen einen sehr hohen Warmwasserbedarf (Lebensmittelindustrie, Galvanik), kann man auch über solarthermische Kollektoren nachdenken (aber auch nur in solchen Fällen). Warmwasser bietet sich auch an, um überschüssigen Solarstrom vom Dach zu nutzen.

Über Tauchsieder wird der Strom in Wärme gewandelt, um warmes Trinkwasser zu bereiten, das in kleinen Speichern vorgehalten wird. Dann braucht man den Sonnenstrom nicht ins Stromnetz einzuspeisen.

## Druckluft und E-Autos erhöhen die Wirtschaftlichkeit

Sonnenstrom kann man auch nutzen, um die elektrischen Verdichter einer Druckluftanlage anzutreiben. Auch Pressluft ist ein Energiespeicher. Ebenso lassen sich Elektroautos mit Sonnenstrom vom Fabrikdach oder von überdachten Parkplätzen auf dem Firmengelände versorgen.

Eigene E-Tankstellen motivieren die Mitarbeiter, sich selbst E-Autos oder Pedelecs zuzulegen. Zwar sind Elektroautos derzeit noch deutlich teurer in der Anschaffung als Fahrzeuge mit fossilem Verbrennungsmotor. Aber die Hersteller bieten bereits günstige Leasingkonditionen an.

Der unschlagbare Vorteil: Der Betrieb der E-Fahrzeuge ist viel preiswerter. Neben den Spritkosten sind auch die Ausgaben für Wartung, Durchsicht und die Abgassonderuntersuchung (ASU) deutlich niedriger.

## Lüftung und Kälte direkt mit Sonnenstrom versorgen

Weitere Möglichkeiten, Sonnenstrom im Unternehmen zu nutzen, sind die Ventilatoren der Lüftungstechnik und die Systeme zur Kühlung beziehungsweise Kältetechnik. Der Lüftungsbedarf und der Bedarf an Kälte sind naturgemäß in den heißen Stunden eines Sommertages höher als am Morgen oder am Abend. Die Erzeugungskurve eines Solargenerators passt fast ideal zur Verbrauchskurve von elektrischen Kompressionsmaschinen (Kühlung/Kälte) und der Ventilatoren in den Lüftungsschächten. Spezielle Solarbatterien sind dafür in der Regel nicht notwendig.



**Voll ausgenutzt:** Dieses Möbelhaus hat das gesamte Dach mit Solarmodulen belegt.

Foto: BCSolar



# PV-Energie effizient nutzen: mit dem Energiemanagement System flow

**Hager** ■ Immer mehr Hausbesitzer setzen auf erneuerbare Ressourcen, indem sie die Energie der Sonne nutzen. Mit flow, dem Energiemanagement System von Hager, lassen sich PV-Anlage, Haus und optional Energiespeicher und Ladestation effizient miteinander verbinden und Energieflüsse so optimal lenken.

Perfekt aufeinander abgestimmte Energieflüsse zu den Verbrauchern sind der Schlüssel für Energieeinsparungen. Der flow Energiemanager bildet das Herzstück des innovativen Energiemanagement Systems flow von Hager und sorgt für effiziente Energieströme. Werden im Haus Verbraucher genutzt, leitet flow je nach Bedarf Strom aus der PV-Anlage oder dem Energiespeicher dorthin, wo er gebraucht wird. Ist der Momentanverbrauch niedrig, kann der Überschuss zum Beispiel an den Energiespeicher flow und die intelligente Ladestation witty solar weitergeleitet werden. Visualisierungen in der flow App machen das Management des Energieflusses jederzeit transparent.

## Kostenoptimiertes Laden von E-Fahrzeugen mit flow

Der Energiemanager ist das Gehirn des ausbaufähigen und flexiblen flow Systems. Ob Energiemonitoring und -visualisierung, Laststeuerung oder Integration von erneuerbaren Energien – der Energiemanager ermöglicht die effiziente Nutzung von Energie und die Anpassung an individuelle Bedürfnisse. Für den Einstieg in das flow Energiemanagement System ist beispiels-

weise die Kombination von updatefähigem Energiemanager und Ladestation witty solar eine clevere Lösung. Die flow Komponenten sind updatefähig und das System flexibel um den Energiespeicher flow erweiterbar.

Die Kommunikation zwischen der Wallbox witty solar und dem Energiemanager ermöglicht mit automatischer Phasenumschaltung ein PV-optimiertes Laden, das sich automatisch an der Leistung der PV-Anlage orientiert. So sorgt sie dafür, dass der Ladestrom zum größtmöglichen Anteil aus der eigenen Stromerzeugung stammt und der Zukauf aus dem öffentlichen Netz weitgehend reduziert wird.

## Energie maximal nutzen mit dem Energiespeicher

Für einen hohen Autarkiegrad sorgt der mit dem German Design Award ausgezeichnete Energiespeicher flow. Dabei handelt es sich um ein Komplettsystem aus Wechselrichter und Batteriemodulen, das eine große Auswahl an Batteriekapazitäten von 6,5 bis hin zu 19,5 Kilowattstunden bietet. Mit der optionalen Notstromfunktion schaltet der Speicher flow bei einem Stromausfall automatisch auf einen dreiphasigen Ersatzstrom um und versorgt das Haus komplett autark aus Speicher und PV-Anlage. Hager gewährt zehn Jahre Garantie auf das Komplettsystem – und auf 80 Prozent der Batteriekapazität.

### Kontakt:

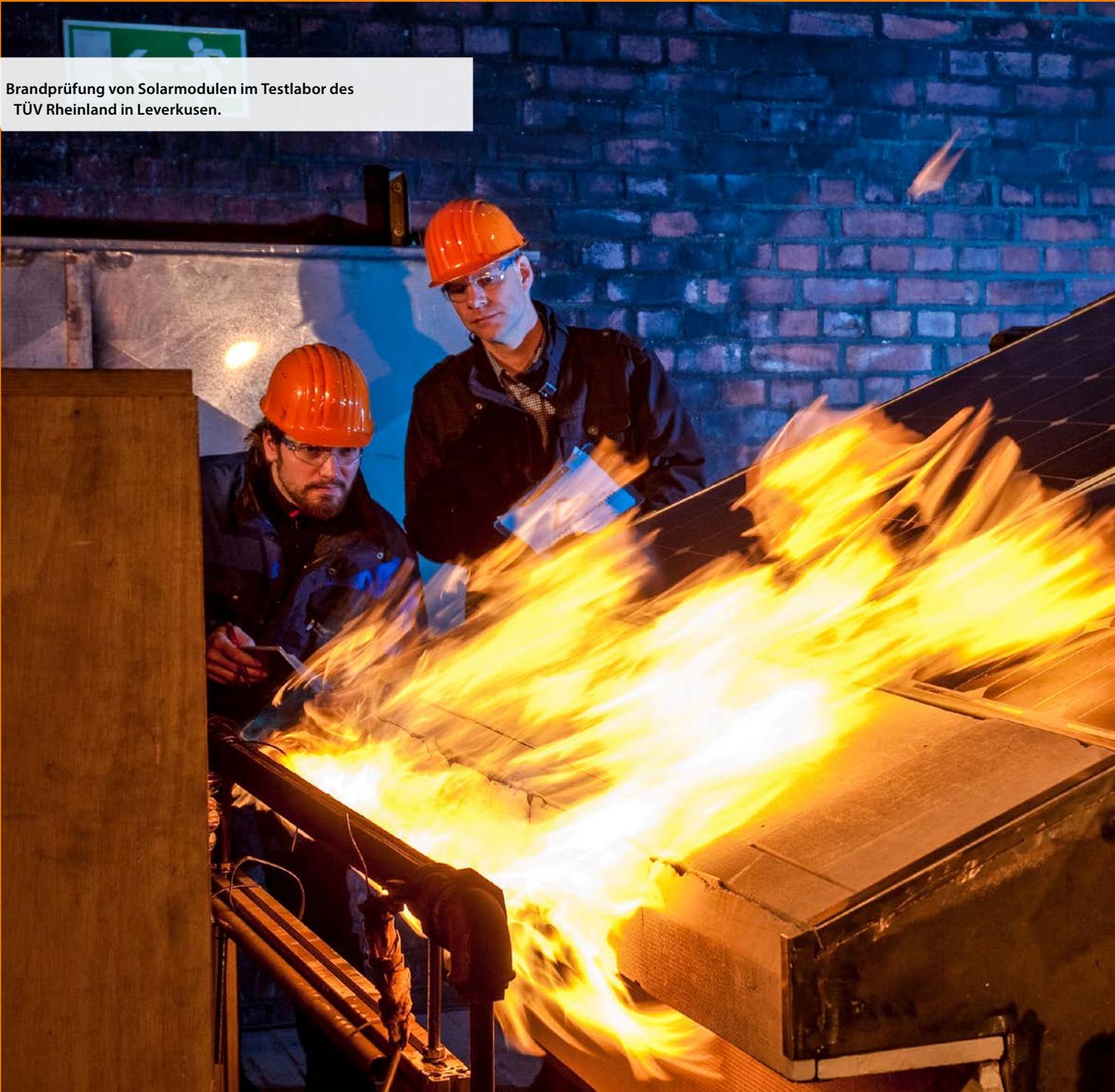
Hager Vertriebsgesellschaft mbH & Co. KG

+49 6842 945 0

info@hager.de

► [www.hager.de/flow](http://www.hager.de/flow)

Brandprüfung von Solarmodulen im Testlabor des TÜV Rheinland in Leverkusen.



## So sichern Sie Ihre Investition!

**8 Tipps** ■ Wer Solargeneratoren auf seinem Dach nutzt, sollte sich gegen einige Widrigkeiten absichern. Damit man während der Laufzeit von zwei oder drei Jahrzehnten keine bösen Überraschungen erlebt. Denn wer am falschen Ende spart, hat meist das Nachsehen – irgendwann.



Solarstrom ist eine feine Sache: preiswert und langlebig. Damit man die Vorteile dieser Investition möglichst lange ausnutzen kann, sollte man einige Details beachten. Nicht selten werden sie unterschätzt. Im Schadensfall gibt es dann lange Gesichter: Hätten wir das vorher gewusst ...

### Blitzschutz auf dem Dach ist ein Muss

Der Solargenerator auf dem Dach besteht im Wesentlichen aus einer metallischen Gestellkonstruktion, auf die die Solarmodule aufgeschraubt werden. Meist haben die Solarpaneele einen Rahmen aus Aluminium. Unter den Platten laufen Kabel und Stecker. Deshalb braucht jeder Solargenerator auf dem Dach einen Blitzschutz – auch wenn nebenan hohe Bäume stehen.

Zwar ist äußerer Blitzschutz (gegen den direkten Blitzeinschlag von oben) für private Wohnhäuser nicht vorgeschrieben. Zu einer professionell geplanten und installierten Solaranlage gehört er jedoch unbedingt dazu. Auch fordern die meisten Versicherer einen solchen Schutz mit Fahnenstangen, Überspannungsableitern und Erdern.

Für Eigenheime beläuft sich der Aufbau eines Blitzschutzes auf 250 bis 400 Euro, die zusätzlich zum eigentlichen Solargenerator anfallen. Das sollte die Sache wert sein. Für öffentliche und gewerbliche Gebäude ist Blitzschutz auf dem Dach ohnehin vorgesehen. Wird dort eine Photovoltaikanlage installiert, sollte man unbedingt prüfen, ob der bestehende Blitzschutz auch die Anlage fachgerecht absichert. Gegebenenfalls ist der Blitzschutz zu verstärken.

### Blitze kommen manchmal durch den Keller

Fast völlig unterschätzt – auch von Elektroinstallateuren! – wird oft der sogenannte innere Blitzschutz. Er betrifft die Absicherung einer elektrischen Hausinstallation gegen Überspannungen, die aus dem Keller ins Gebäude durchschlagen. Das kann passieren, wenn ein Blitz in der Nachbarschaft einschlägt.

Dann knallt die Überspannung in die Hausleitung und verteilt sich im Haus in der Verkabelung. Neben dem Wechselrichter des Solargenerators sind dann alle elektrischen Verbraucher im Haus gefährdet. Deshalb gehört der innere Blitzschutz unbedingt zur Ausstattung eines Eigenheims – auch wenn kein Solargenerator auf dem Dach strahlt.

### Schnelle Abschaltung, wenn es brennt

Bisher sind kaum Fälle bekannt, dass Solargeneratoren einen Gebäudebrand verursacht haben, etwa durch überhitzte Komponenten oder Kurzschluss. In Deutschland sind mehr als 2,5 Millionen Solargeneratoren angeschlossen, die Zahl der von ihnen verursachten Brände lässt sich an zwei Händen abzählen. Dennoch ist der Solargenerator gegen einen Brand im Gebäude abzusichern.

Denn wenn die Feuerwehr anrückt, trennt sie zuerst den Hausstrom vom Stromnetz. Dadurch wird verhindert, dass das Löschwasser mit elektrisch leitenden Systemen in Berührung kommt und die Einsatzkräfte gefährdet. Scheint die Sonne, schiebt der Solargenerator immerfort Strom nach, auch wenn das Haus vom Stromnetz getrennt wurde und der Wechselrichter im Keller oder im Haustechnikraum abschaltet.

### Auch Solarbatterien abschalten

Deshalb braucht auch die Solaranlage auf dem Dach eine Freischaltung für die Feuerwehr. Der Freischalter ist direkt am Hauszähler zu kennzeichnen und muss möglichst leicht zugänglich sein. Noch besser sind Systeme, die sich automatisch selbst abschalten. Das kann man mit speziellen DC-DC-Wandlern an den Solarmodulen erreichen. Sie kappen das Solarmodul, wenn der Wechselrichter einen Netzausfall signalisiert.

Immer mehr Eigenheime nutzen Solarakkus, um Sonnenstrom zu speichern. Wie die Solaranlage schiebt auch die Batterie ständig Strom in die Hausinstallation, und zwar unabhängig davon, ob die Sonne scheint oder nicht. Entweder braucht die Batterie eine Notabschaltung, die mit dem Wechselrichter verbunden ist. Oder sie muss von der Feuerwehr auf andere Weise abgeschaltet werden können, um die Gefährdung der Löschkräfte durch elektrische Spannungen und Ströme aus der Batterie zu vermeiden.

### Blitze und Hagel nicht unterschätzen

Mit der Klimaerwärmung nehmen die starken Unwetter zu, auch in unseren Breiten. Das belegen sämtliche Analysen der Versicherer, das erkennt der gesunde Menschenverstand. So gehen im Sommer die heftigen Gewitter zunehmend mit Blitzen oder Hagelschlag einher. Die Blitzdichte in Mitteleuropa nimmt in jedem Jahr weiter zu, wie ein Blick auf die Blitzkarten verrät.

Hagel kann die Gläser der Solarmodule durchschlagen und die darunterliegenden Solarzellen schädigen. Auch hinterlassen die Einschläge nicht selten Schäden, die mit bloßem Auge nicht zu erkennen sind. Solche Mikro-



Foto: Mannheimer Versicherungen

**Solche Schäden lassen sich vermeiden: durch fachgerechte Planung und Installation der Solaranlagen.**



Foto: Leitf/Imveterium

**Die Solaranlage ist Teil des Gebäudes. Sie ist zu versichern, dafür gibt es spezielle Angebote.**

risse lassen sich nur bei der elektrischen Anlagenüberwachung (Monitoring) feststellen.

Wurde eine Region von starkem Hagelschlag betroffen, sollte der für die Wartung des Solargenerators zuständige Installateur unbedingt eine Anlagenbegehung durchführen. Je schneller eventuelle Schäden aufgespürt werden, desto besser.

## Besuch aus dem Tierreich erschweren

Mindestens einmal im Jahr sollte man einen Solargenerator auch deshalb in Augenschein nehmen, um ungebetene Gäste ausfindig zu machen. Mäuse verstecken sich in Kabelkanälen und fressen die Isolation der Kupferleitungen an. Vögel bauen ihre Nester in Nischen und schattige Ecken unter den Modulen. Auch Marder bevorzugen es, ihre Brut ungestört auf dem Dach aufzuziehen, gut versteckt unter Solarmodulen.

In einigen Regionen bereiten solche Gäste den Anlagenbetreibern einiges Kopfzerbrechen. Sollten sich solche Fälle häufen, sind die Anlagen mit Maschendraht und stabilen Blechblenden zu sichern.

## Den Betrieb genau überwachen

Oft unterschätzt wird die Betriebsüberwachung der Solaranlage und der Stromspeicher. Dafür gibt es eine spezielle Technik, die man als Monitoringssystem bezeichnet. Die Hersteller der Wechselrichter und der Speicher-



Foto: Reinhard Witt

**Die regelmäßige Prüfung der Solargeneratoren ist gesetzlich vorgeschrieben.**

batterien bieten eigene Software an, die die Überwachung über das Internet erlaubt. Sinnvoll ist es, die gesamte Anlage mit Stromspeichern in einem System zu überwachen. Dann hat man die Ertragsdaten immer per App im Überblick.

Sinnvoll ist es – vor allem bei größeren Anlagen –, das Monitoring an einen Fachmann (Installationsbetrieb) zu übergeben. Aus Veränderungen der Betriebsdaten und Fehlermeldungen zum Beispiel der Wechselrichter kann der Experte oft schon erkennen, wo der Hase im Pfeffer liegt.

Nicht vergessen: Solaranlagen sind technische Systeme, die man gut überwachen und regelmäßig warten sollte – wie Autos oder Maschinen auch.

## Stromspeicher und Solargeneratoren versichern

Ganz wesentlich ist es, den Solargenerator und die Stromspeicher zu versichern. Die einfache Gebäudeversicherung deckt sie in der Regel nicht ab. Einige Versicherungen sind in diesem Geschäft bereits versiert. Sie bieten eine sogenannte Allgefahrenversicherung für die Solargeneratoren an. Es gibt auch Elektronikversicherungen, die Stromspeicher einschließen.

Manche Installateure, die vom TÜV zertifiziert wurden, bekommen aufgrund ihrer Erfahrungen und Expertise günstigere Tarife. Auf alle Fälle sollte die Versicherung einer Anlage unbedingt bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung beachtet werden, ebenso wie der Blitzschutz, der Brandschutz und die regelmäßige Wartung und Reinigung.



SMA

Befreien Sie Ihre Kunden von steigenden Kosten im betrieblichen Fuhrpark und gestalten Sie die Energiewende aktiv mit. Die SMA Commercial eMobility Solution ist die ideale Lösung für ganzheitliche Elektromobilität. Sie profitieren von Hardware, Software und Services aus einer Hand.

# Neue Freiheit für Mobilität

## Die All-in-one Ladelösung für mehr Unabhängigkeit

Realisieren Sie einfach und schnell eine gewerbliche Ladeinfrastruktur. Die SMA Commercial eMobility Solution ermöglicht klimafreundliche und kosteneffiziente Elektromobilität. Und in Kombination mit einer PV-Anlage können Ihre Kunden sogar ganz einfach und bequem Sonnenstrom laden.

### Sorgenfrei laden mit leistungsstarken Komponenten

Mit dem SMA EV Charger Business lassen sich schnell und einfach mehrere Ladepunkte erstellen. Und jederzeit nach Bedarf erweitern. Dank des integrierten dynamischen Ladelastmanagements ist das System automatisch vor Überlast geschützt. Über das SMA eMobility Portal lässt sich die gesamte Ladeinfrastruktur komfortabel steuern und überwachen. Und das Beste: Ihre Kunden können das SMA eMobility Portal 5 Jahre kostenfrei nutzen.

### Volle Flexibilität für jeden Betrieb

Je nach individueller Anforderung Ihres Kunden können Sie mit dem SMA EV Charger Business zwischen zwei Varianten wählen:

**Die Standard-Variante** ist ideal für Betriebe, die ihre Fahrzeugflotte auf dem Firmengelände einfach und schnell laden wollen.

Für Unternehmen, die ihre Ladeinfrastruktur für Dritte öffentlich zugänglich machen möchten, ist die **eichrechtskonforme Variante** die perfekte Lösung.

### Vorteile auf einen Blick:

- Mehrere Autos gleichzeitig laden: Doppelladestation mit Ladekabel oder Ladebuchse (jeweils Typ 2)
- Schnell abfahrbereit: Schnellladung mit bis zu 2 x 22 kW Ladeleistung
- Komfortabel verwalten, überwachen und abrechnen: 5 Jahre SMA eMobility Portal inklusive
- Automatisch vor Überlast geschützt: Dynamisches Lastmanagement integriert
- Öffentliches Laden möglich: Charger als eichrechtskonforme Variante erhältlich

SMA.de

### Kontakt:

SMA Solar Technology AG  
Sonnenallee 1  
34266 Niestetal





Sparsame LED ersetzen stromfressende Glühlampen.

# Energiekosten schnell senken!

**5 Tipps** ■ Die Kosten für Energie steigen, sowohl für Wärme als auch für elektrischen Strom. Mit ein paar Kniffen lassen sich die Ausgaben deutlich reduzieren. Die erforderliche Investition ist meist geringer, als man denkt.

**W**er seine Jahresabrechnungen für Betriebskosten und Heizkosten liest, erlebt nicht selten ein böses Erwachen: Die Ausgaben für Strom und Wärme steigen weiter.

Doch mit wenig Aufwand kann man Stromfresser und überflüssigen Wärmeverbrauch im Haus oder in der Wohnung aufspüren und beseitigen.

### LED statt Glühlampen

Fangen wir beim elektrischen Strom an, bei dem die Kilowattstunde für private Endkunden schon mehr als 40 Cent kostet. Der gemeinhin größte Einzelposten dabei ist die Beleuchtung.

Veraltete Glühlampen setzen nur zehn Prozent des Stroms in Licht um, etwa 90 Prozent werden als Verlustwärme abgegeben. Sie werden heiß statt hell, weil in ihrem Innern ein Wolframdraht glüht. Moderne LED setzen den elektrischen Strom hingegen fast vollständig in Licht um. Das merkt man daran, dass sie kalt bleiben, also kaum Verluste haben.

Deshalb kommt eine ordentliche LED mit rund einem Zehntel des Stroms aus, um die gleiche Helligkeit zu erzeugen. Weil sie nicht so heiß wird, hält sie bedeutend länger.

Und: Mittlerweile sind die Preise für LED so weit in die Knie gegangen, dass sich der Austausch der Glühlampen innerhalb von ein bis zwei Jahren rechnet. Das gilt auch für gewerbliche Beleuchtungssysteme, wo nicht selten Quecksilberdampfampfen verwendet werden. Auch sie sind echte Stromfresser, die man leicht durch LED ersetzen kann.

### Standby-Modus ausschalten

Viele elektrische Geräte ziehen auch dann Strom, wenn sie nicht gebraucht werden. Sie laufen im sogenannten Standby-Modus. Angesichts der vielen Küchengeräte, Radios, Fernseher, Ladegeräte, Computer und so weiter in einem Haushalt oder in einer Firma kann sich der Strombedarf für den Standby-Betrieb erheblich summieren.



Die Temperatur des Warmwassers für die Küchenspüle sollte nicht mehr als 50 Grad Celsius betragen.

Foto: Helko Schwarzbücher

Viel Warmwasser und damit Energie geht verloren, wenn die Steigleitungen und Pumpen zu schwach ausgelegt sind.



Foto: Helko Schwarzbücher

Deshalb sollten die Geräte über schaltbare Steckdosen physisch vom Stromkreis getrennt werden, wenn sie ungenutzt sind.

### Warmwasser auf 45 Grad Celsius reduzieren

Ein echter Energiefresser ist Warmwasser: für die Küchenspüle, die Dusche und die Badewanne. Meist wird das warme Trinkwasser in großen Wassertanks vorgehalten, die aus Gründen des Legionellenschutzes regelmäßig auf 75 Grad Celsius erhitzt werden müssen. Besser ist es, weniger als drei Liter in einem E-Boiler vorzuhalten oder warmes Trinkwasser über Durchlaufheizkörper zu erzeugen.

Das können Frischwasserstationen sein, die direkt am Pufferspeicher der Heizung sitzen. Sie erwärmen das Trinkwasser erst, wenn es wirklich an der Zapfstelle abgefordert wird. Generell sollte die Temperatur an der Zapfstelle nicht über 45 Grad Celsius liegen. Das genügt völlig, um Küchenfett in der Spüle zu lösen.

Liegt die Temperatur im Warmwasserspeicher deutlich darüber, besteht die Gefahr der Verbrühung. Dann muss ein Drei-Wege-Mischer das heiße Wasser durch Beimischung von Kaltwasser reduzieren, was energetisch natürlich unsinnig ist. Ist der Warmwasserbedarf überschaubar, sollte man auf elektrische Boiler und Untertischgeräte umstellen. Sie erzeugen das Warmwasser direkt an der Zapfstelle, in genau der richtigen Temperatur.

### Gasgeräte ersetzen

In vielen Eigenheimen oder Mietwohnungen bullern noch Gasdurchlaufheizkörper, um Warmwasser im Bad zu erzeugen oder die Räume zu heizen. Meist beziehen diese veralteten Geräte ihre Verbrennungsluft aus dem Raum, in dem sie hängen.

Die Folge: Im Bad steigt der Kohlendioxidspiegel in der Raumluft stark an. Man muss sehr viel lüften, viel mehr, als wenn kein Durchlaufheizkörper im Raum wäre. Dadurch geht ungeheuer viel Wärme nach draußen verloren, die



Foto: Heiko Schwarzbürger

Pumpen und Ventile einer wassergeführten Heizung sind regelmäßig zu prüfen, ob sie dicht sind und funktionieren.



Foto: Heiko Schwarzbürger

Die Heizkörper sind regelmäßig zu überprüfen. Sind sie verkalkt, muss man sie tauschen.



Foto: Heiko Schwarzbürger

Gasthermen brauchen viel Luft für den Verbrennungsprozess. Dadurch steigt der Lüftungsbedarf im Bad. Das treibt die Energiekosten.

der Gasbrenner ersetzen muss. Denn ausgerechnet dann, wenn man warm duschen oder baden will, muss man die Fenster aufreißen.

Hat man einmal durchgelüftet, heizt die Gastherme den Raum wieder auf – um den Preis der neuerlichen Konzentration von Kohlendioxid. Da beißt sich die Katze in den Schwanz.

Besser also, man ersetzt sie durch elektrische Warmwasserbereiter. Diese Geräte brauchen keine Verbrennungsluft und bringen das Wasser genau auf die gewünschte Temperatur – natürlich mit Ökostrom!

## Vorlauftemperaturen der Heizung senken!

Die meisten Heizsysteme in Deutschland laufen mit Gas oder Heizöl. Auf dem Vormarsch sind Holzheizungen mit Pellets oder Wärmepumpen. Generell gilt: Basiert die Heizung auf einem Verbrennungssystem, ist sie in der

Regel viel zu groß dimensioniert. Denn ausgelegt wird der Kessel nach tiefen Außentemperaturen, wie sie nur an wenigen kalten Wintertagen auftreten.

Die allermeiste Zeit der Heizperiode laufen die Brenner in ungünstiger Teillast, nutzen den Brennstoff also nur unzureichend aus. Damit die Heizung möglichst wenig anspringt und dennoch ausreichend Wärme bereitstellt, sollte man die Vorlauftemperaturen der Heizkörper anpassen.

Klassische Heizkörper werden mit 65 Grad Celsius und mehr – bis 90 Grad Celsius – angesteuert. Manchmal genügt es, diese Temperatur um fünf oder zehn Grad Celsius zu senken, vor allem, wenn es draußen nicht wirklich kalt ist. Denkbar ist auch, die Heizflächen zu vergrößern, auch dann kann man die Vorlauftemperaturen absenken. Das erfordert jedoch einen Heizungsbauer, der moderne Plattenheizkörper anschließen kann. Je niedriger die Temperaturen im Heizsystem, umso effizienter arbeitet die Heizung.

## ELEKTRISCHE INFRAROTHEIZUNGEN

### Als Option zur Erfüllung des Gebäudeenergiegesetzes erlaubt

Das novellierte Gebäudeenergiegesetz (GEG – umgangssprachlich Heizungsgesetz) wurde 2023 verabschiedet. Für Immobilienbesitzer stellt sich früher oder später die Frage, für welches der künftig erlaubten Heizsysteme sie sich entscheiden sollen. Eine der Erfüllungsoptionen im GEG, das am 1. Januar 2024 in Kraft tritt, sind Stromdirektheizungen wie Infrarotheizgeräte.

Diese etablieren sich derzeit immer mehr als effiziente und kostensparende Komponente im Heizsystem in Gebäuden. Sowohl für den Neubau, als auch für bestehende Gebäude hat der Gesetzgeber im Gebäudeenergiegesetz Kriterien für ihren Einsatz definiert. Sind diese erfüllt, sind Infrarotheizungen genehmigungsfähig und eine einfach zu realisierende, erschwingliche Lösung für die Wärmewende im Wohnungswesen.

Folgende Kriterien hat der Gesetzgeber definiert (Paragraf 71d): In Neubauten dürfen Infrarotheizungen installiert werden, wenn der bauliche Wärmeschutz Effizienzhaus-Standard EH 40 entspricht. Dies beinhaltet, dass der bauliche Wärmeschutz 45 Prozent besser sein muss als beim GEG-Referenzgebäude. Infrarotheizungen können bei neuen, gut gedämmten Häusern also eingebaut werden.

Für bestehende Gebäude gilt: Keine Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz gibt es für Ein- und Zweifamilienhäuser, in denen die Eigentümer eine Wohnung selbst bewohnen. Auch wenn Einzelgeräte wie Nachtspeicheröfen oder Elektrokonvektoren in Bestandsgebäuden ausgetauscht werden, und für Hallen mit dezentralen Heizungen und über vier Meter Höhe gibt es keine Einschränkungen.

Darüber hinaus unterscheidet der Gesetzgeber beim Einsatz im Bestand, ob sich eine Heizungsanlage mit Wasser als Wärmeträger (wie eine Öl- oder Gasheizung) im Gebäude befindet oder nicht. Ist kein wassergeführtes Heizsystem installiert, darf eine Infrarotheizung als alleiniges Heizsystem neu eingebaut werden, wenn der Wärmeschutz eines Neubaustandards EH 55 erreicht wird. Handelt es sich um ein Gebäude mit einem wassergeführten Heizsystem, muss es einen Wärmeschutz wie ein EH 40 haben.

Möglich sind auch hybride Lösungen wie die Kombination von Infrarotheizung und kleiner Wärmepumpe, sobald die Wärmepumpe im bivalent parallelen Betrieb 30 Prozent der Heizlast übernimmt. Denn dies führt zu einer Deckung des Heizwärmebedarfs von mehr als 65 Prozent, womit diese Auflage im GEG erfüllt ist. Zuvor kann die bestehende Gasheizung zusammen mit den Infrarotheizungen genutzt werden, bis diese durch eine kleine Wärmepumpe ersetzt wird. Für die optimale Auslegung und Planung von Infrarotheizungen im Neubau und Bestand empfiehlt es sich, kompetente Beratung in Anspruch zu nehmen, zum Beispiel durch eine Fachfirma oder einen Energieberater, der die Heizlast und den Wärmebedarf ermittelt.

Um die Kosten für gasbefeuerte oder ölbefeuerte Heizungen zu senken, bieten sich elektrische Infrarotheizungen ebenfalls an. Damit lassen sich kuschelige Ecken in der Wohnstube wärmen. Oder transportable Heizflächen stehen am Schreibtisch, um in der Übergangszeit zu helfen. Dann kann die eigentliche Heiztechnik ausgeschaltet bleiben. Oder sie läuft für eine gewisse Grundwärme. Besonders kalte Tage fängt man mit zusätzlichen elektrischen Heizflächen auf, die in jedem ordentlichen Baumarkt erhältlich sind. Sie werden über die Steckdose angeschlossen.

► <https://ig-infrarot.de>



suntastic.solar

*Distributor &  
Großanlagen-Errichter*

# Ihr aus- gezeichneter Photovoltaik- Partner



Österreichs führender  
PV-Großhändler –  
jetzt auch in Deutschland

► [suntastic.solar/deutschland](https://suntastic.solar/deutschland)

# Warmwasser und Heizung trennen!

Diese kleine Heizfläche im Bad erhöht den Wärme komfort beträchtlich.



**13 Tipps** ■ Wer seine Energiekosten wirklich senken will, sollte die technische Anlage für Warmwasser unbedingt von der Winterheizung trennen. Selbst größere Umbauten an der Haustechnik zahlen sich innerhalb weniger Jahre aus. Profitieren können alle: Hausbesitzer, Gewerbetreibende und Mieter.

**S**teigende Energiekosten machen immer mehr Menschen zu schaffen, egal ob sie in ihrem eigenen Heim wohnen, ob sie Mieter sind oder ein Gewerbe betreiben. Ein Grund für hohe Kosten sind überkommene Versorgungskonzepte in der Haustechnik.

Früher baute man einen Kessel ins Haus, der sowohl das Warmwasser für Küche und Bad als auch die Heizkörper versorgte. Moderne Konzepte trennen die beiden Systeme. Aus gutem Grund: Nur dann kann die Technik effizient arbeiten.

### Zentrale Systeme sind (fast) immer zu groß

Wer Warmwasser und Heizwärme mit einem Kessel oder einer Wärmepumpe erzeugt, kann sein Gebäude niemals effizient oder kostengünstig versorgen. Der Grund: Warmwasser wird während des ganzen Jahres benötigt, Heizwärme nur in den kalten Monaten der Übergangszeit und der Heizperiode.

Und: Der Bedarf an Warmwasser hängt von der Anzahl und der Nutzung eines Gebäudes ab, von den Ansprüchen seiner Nutzer an den Komfort. Der Bedarf an Heizwärme hingegen hängt von der thermischen Qualität des Ge-

bäudes ab, also von den Wärmeverlusten durch das Dach, den Keller und die Außenwände sowie von den Verlusten durch Lüftung.

### Warmwasser: kurzzeitig hohe Leistung notwendig

Warmwasser wird meist stoßweise benötigt, vor allem in Wohngebäuden, in Hotels oder Kliniken (Desinfektion). Bürogebäude hingegen kommen meist mit einer kleinen Teeküche aus, in der Warmwasser mit elektrischen Boilern erhitzt werden kann.

Stoßweiser Bedarf – etwa ein Vollbad oder eine Dusche – bedeutet, dass Warmwasser besser durch einen leistungsfähigen Durchlauferhitzer, Boiler oder eine spezielle Wärmepumpe mit kleinem Wasserspeicher erzeugt wird. Es wird genau dann erhitzt, wenn man es benötigt.

Dagegen bringt die lange Speicherung von Warmwasser erhebliche Energieverluste in den Speichertanks und der Verrohrung mit sich. Auch muss ein Warmwasserspeicher mit mehr als drei Litern Inhalt regelmäßig auf mehr als 65 Grad Celsius erhitzt werden, damit schädliche Keime und Mikroben abgetötet werden.

Denn Warmwasser ist Trinkwasser – bei der Hygiene darf es keine Abstriche geben! Bei Durchlauferhitzern sind solche Sorgen überflüssig.

### Direkt an der Zapfstelle erwärmen

Experten haben errechnet, dass in einem Einfamilienhaus bei zentraler Bereitung des Warmwassers im Keller rund 42,4 Prozent der Wärme als Verluste ungenutzt bleiben. In einem Dreifamilienhaus sind es gar 47,7 Prozent, in einem Mehrgeschossiger für zwölf Familien rund 44,4 Prozent. Demgegenüber liegen die Wärmeverluste bei dezentraler Bereitung an der Zapfstelle zwischen 2,8 und 3,2 Prozent. Überzeugt Sie das?

### Anlaufverluste nicht unterschätzen

Interessant sind auch die Anlaufverluste, die sich durch erhöhten Wasserverbrauch bemerkbar machen. Denn lange Steigleitungen brauchen einige Minuten, bis das warme Wasser umgewälzt ist und an der am weitesten entfernten Zapfstelle anliegt.

Zentrale Versorgung im Einfamilienhaus verursacht fünf Liter Anlaufverluste am Tag, gegenüber 1,5 Litern bei dezentraler Bereitung. Im Dreifamilienhaus steigen die Anlaufverluste bei zentraler Versorgung auf knapp sieben Liter am Tag. Im Vergleich dazu gehen bei dezentraler Bereitung nur rund drei Liter verloren. Im zentral versorgten Zwölf-Familien-Haus werden bis zu 30 Liter kostbares Trinkwasser am Tag weggespült, um auf warmes Wasser zu warten. Die dezentrale Variante verursacht Anlaufverluste von rund 16 Liter täglich.



Foto: Heiko Schwarzbünger

Mit solchen elektrischen Heizstäben lässt sich Warmwasser sehr kostengünstig erzeugen – wenn der Sonnenstrom vom Dach kommt.

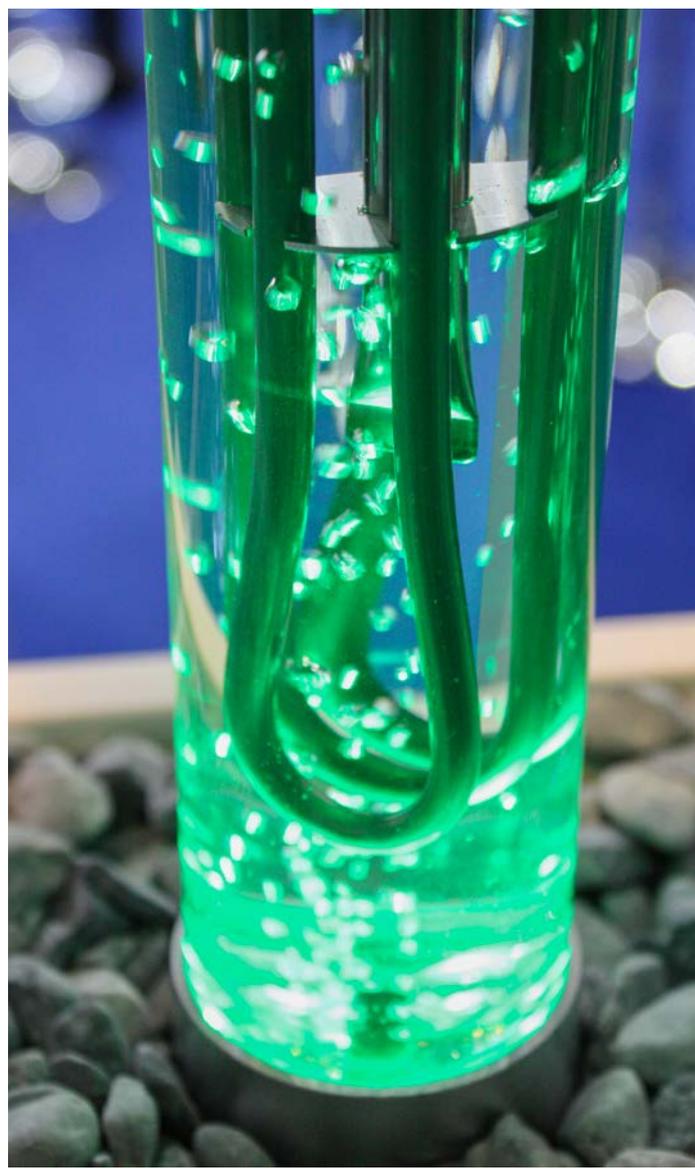


Foto: Heiko Schwarzbünger

Sie funktionieren wie die guten alten elektrischen Tauchsieder und werden in freie Steckplätze des Warmwasserspeichers eingeschraubt.



Foto: Cjaye

Unauffällig installiertes Untertischgerät zur elektrischen Erzeugung von Warmwasser direkt an der Zapfstelle.

## Warmwasser: Temperatur auf 45 Grad Celsius reduzieren

Ein echter Energiefresser ist Warmwasser, wenn die Temperaturen an den Zapfstellen zu hoch eingestellt sind: Für die Küchenspüle, die Dusche und die Badewanne reichen 45 Grad Celsius völlig aus. Bei dieser Temperatur löst sich auch das hartnäckigste Küchenfett.

Auch deshalb ist ein Durchlauferhitzer oder ein kleiner Boiler direkt am Zapfhahn oft besser als ein großer Warmwassertank im Keller. Man kann die Temperatur genau einstellen und muss nicht die Wärmeverluste des Wassers auf dem Weg vom Keller bis zur Zapfstelle ausgleichen.

Ist das Warmwasser heißer als 45 Grad Celsius, kann man sich obendrein leicht verbrühen. Deshalb mischt die Mischbatterie oder ein sogenannter Drei-Wege-Mischer kaltes Wasser zu, um die gewünschte Zapftemperatur zu erreichen. Das ist – energetisch gesehen – nun wirklich Schnee von gestern.

Eigentlich gibt es nur zwei Wege, Warmwasser effizient zu bereiten: mit elektrischem Strom (Sonnenstrom! Windstrom! Ökostrom!) oder Warm-

wasser-Wärmepumpen, die das thermische Potenzial der Umgebungsluft nutzen, etwa die Abwärme eines Gaskessels im Winter.

## Elektrische Durchlauferhitzer sind hygienisch und energiesparend

Durchlauferhitzer speichern kein Warmwasser, sondern erwärmen es im Augenblick der Nutzung, vorzugsweise direkt an der Zapfstelle (Küchenspüle, Dusche, Badewanne). Das können elektrische Geräte sein, die Ökostrom nutzen. Auch Gasgeräte gibt es, die jedoch aufgrund ihrer Emissionen und des hohen Bedarfs an Verbrennungsluft nicht mehr zeitgemäß sind.

Der Nachteil von Durchlauferhitzen: Sie brauchen stoßweise viel Strom oder viel Gas. Deshalb bieten sich bei normalen Zapfstellen (Handwaschbecken, Küchenspüle) kleine elektrische Boiler mit maximal fünf Litern Speicher an. Das reicht für den täglichen Bedarf völlig aus. Wassersparende Duschen haben solche Systeme bereits integ-

riert. Nur für die Badewanne wird gegebenenfalls ein leistungsfähigerer Durchlauferhitzer benötigt.

Warmwasser in einer zentralen Anlage zu erzeugen, ist eigentlich nur in Gebäuden sinnvoll, die einen sehr hohen Warmwasserbedarf an vielen Zapfstellen gleichzeitig haben. Das sind beispielsweise Hotels oder Kliniken.

### Zentrale Versorgung nur selten sinnvoll

Wichtig ist dabei, dass die Warmwasserleitungen von den Speichern zu den Zapfstellen gut gedämmt sind. Über die zentrale Technik sollten nur die Zapfstellen versorgt werden, die mit 45 Grad Celsius auskommen. Braucht die Desinfektion des medizinischen Bestecks in einem Hospital 100 Grad Celsius oder gar mehr (Dampfsterilisation), sind dafür separate Geräte einzusetzen.

### Gasgeräte durch elektrische Geräte ersetzen

In vielen Eigenheimen oder Mietwohnungen bullern noch Gasdurchlauferhitzer, um Warmwasser im Bad zu erzeugen oder die Räume zu heizen. Meist beziehen diese veralteten Geräte ihre Verbrennungsluft aus dem Raum, in dem sie hängen.

Die Folge: Im Bad steigt der Kohlendioxidspiegel in der Raumluft stark an. Man muss sehr viel lüften, viel mehr, als wenn kein Durchlauferhitzer im Raum wäre. Dadurch geht ungeheuer viel Wärme nach draußen verloren, die der Gasbrenner ersetzen muss.

Denn ausgerechnet dann, wenn man warm duschen oder baden will, muss man die Fenster aufreißen. Und hat man einmal durchgelüftet, heizt die Gastherme den Raum wieder auf – um den Preis der neuerlichen Konzentration von Kohlendioxid.



Foto: AEG

Im Spülschrank versteckt läuft dieser kleine Elektroboiler, der das Warmwasser bedarfsgerecht erzeugt.

Anzeige

 **RENNSTEIG**  
*Always a good connection.*

**QUALITÄTSWERKZEUGE  
FÜR PHOTOVOLTAIK**

SONDERMODELL PEW 12 FÜR MC4 EVO 2



[www.rennsteig.com](http://www.rennsteig.com)





**Wärmepumpen lassen sich sehr gut in Kaskaden schalten. Man sollte jedoch stets die Wärmeerzeugung für Warmwasser und Raumwärme trennen.**

Da beißt sich die Katze in den Schwanz. Entweder stellt man die Gasgeräte auf raumunabhängige Verbrennungsluftzuführung um, etwa durch einen gesonderten Kamin. Oder man ersetzt sie durch elektrische Warmwasserbereiter. Diese Geräte brauchen keine Verbrennungsluft und können das Wasser genau auf die gewünschte Temperatur bringen, ohne es zu überhitzen.

## Speicherung von warmem Trinkwasser möglichst vermeiden

Ist die Speicherung von vorgewärmtem Trinkwasser unumgänglich, ist einiges zu beachten. Im Unterschied zum Heizungswasser gilt Warmwasser (manchmal auch als Brauchwasser bezeichnet) als Trinkwasser. Deshalb muss es gegen Keime und Bakterien geschützt werden, durch regelmäßige Aufheizung auf mindestens 65 Grad Celsius.

Wenn aber nur 45 Grad Celsius an der Zapfstelle benötigt werden, wird viel Energie für den sogenannten Legionellenschutz verpulvert. Deshalb sind

Warmwasserspeicher nur dann einzubauen, wenn die dezentrale Versorgung der Zapfstellen nicht möglich oder unwirtschaftlich ist.

Der Nachteil der Speichersysteme besteht in den langen Leitungen, um das Warmwasser vom Keller bis in das oberste Stockwerk oder die Dachwohnung zu fördern. Und zwar doppelt, denn die Zirkulation erfordert parallel zum Verteilsteigstrang eine zweite Leitung, um das Warmwasser zum Speicher zurückzuleiten. Zudem werden elektrische Pumpen benötigt.

Prinzipiell gilt: Je größer der Speicher, desto größer der Aufwand, um ihn gegen Wärmeverluste zu dämmen. Alle hydraulischen Anschlüsse verursachen Wärmeverluste. Man kann davon ausgehen, dass zwischen 15 und 20 Prozent der aufgebrauchten Wärmeenergie durch Verluste in den Speichern und Leitungen verloren gehen, auch wenn sie ordentlich gedämmt sind.

## Heizung nur in kalten Wochen laufen lassen

Wenn man Warmwasser separat erzeugt, kann die Heizung während der warmen Monate vollständig ausgeschaltet bleiben. Dann kann man die

Wärmeerzeugung für die Wintermonate und die Übergangszeit nach dem tatsächlichen Wärmebedarf des Gebäudes auslegen.

Allein das spart etliche Kosten gegenüber den kombinierten Systemen: bei der Investition für die Installation der Technik beziehungsweise ihren Umbau und bei den laufenden Energiekosten. Die Heizung springt an, wenn draußen eine bestimmte Temperatur unterschritten wird (meist 14 Grad Celsius). Ausgelegt wird sie nach einer bestimmten Normtemperatur, meist minus zwölf, minus 14 oder minus 16 Grad Celsius, je nach Region.

## Heizung als mehrstufiges System (Kaskade) auslegen

Damit die Heiztechnik optimal arbeitet, sollte sie mindestens in zwei Stufen arbeiten: Eine Stufe deckt den Wärmebedarf der Räume bis null Grad Celsius oder minus fünf Grad Celsius ab. Die zweite Stufe schaltet sich an besonders knackigen Wintertagen zu.

Außentemperaturen bis minus fünf oder null Grad Celsius kann eine Wärmepumpe gut bewältigen, auch wenn sie die Außenluft als Wärmequelle nutzt. Bei tieferen Temperaturen sollte man Erdwärme einsetzen oder einen Brenner als sogenannten Spitzenlasterzeuger zuschalten. Das kann ein Scheitholzkamin sein (mit oder ohne Wassertasche), Feuerungen mit Holzpellets oder – wenn gar nicht anders machbar – ein kleiner Gaskessel. Auch mehrstufige Systeme aus mehreren Wärmepumpen (Kaskadenschaltung) sind denkbar.

## Heizung: kleine Wärmeleistung für größere Speicher

Anders als für Warmwasser brauchen effiziente Heizsysteme wie die Wärmepumpen unbedingt einen ausreichend großen Speicher, in dem vorgewärmtes Heizwasser vorgehalten wird. Heizwasser und warmes Trinkwasser durch nicht vermischt werden. Die Wärmepumpe wird das Heizwasser im Pufferspeicher auf die erforderliche Temperatur bringen, mit denen die Fußbodenheizung oder Heizflächen an den Innenwänden (28 Grad Celsius bis 35 Grad Celsius) versorgt werden.

Um das Heizsystem möglichst effektiv und energiesparend zu dimensionieren, sollte der Wärmeerzeuger möglichst klein sein, der zugehörige Heizwasserspeicher ausreichend groß. Ein guter Planer oder Heizungsbauer findet in der Regel schnell das Optimum.

Heizsysteme mit Brennern (Gas, Öl oder Holz) bedienen in der Regel Heizkörper, die höhere Temperaturen brauchen. Je höher die Temperatur im Heizungsspeicher, desto höher die Wärmeverluste und somit die Energiekosten. Nicht zu reden von den Kosten für die Abgaskamine und die jährliche Durchsicht durch den Schornsteinfeger.

## Vorlauftemperaturen der Heizung senken

Die meisten Heizsysteme in Deutschland laufen mit Gas oder Heizöl. Auf dem Vormarsch sind Holzheizungen mit Pellets oder Wärmepumpen. Generell gilt: Basiert die Heizung auf einem Verbrennungssystem, ist sie in der Regel viel zu groß dimensioniert. Denn ausgelegt wird der Kessel nach den tiefen Außentemperaturen, wie sie nur an wenigen kalten Wintertagen auftreten.

Die allermeiste Zeit der Heizperiode laufen die Brenner in ungünstiger Teillast, nutzen den Brennstoff also nur unzureichend aus. Damit die Heizung möglichst wenig anspringt und dennoch ausreichend Wärme bereitstellt, sollte man die Vorlauftemperatur der Heizkörper anpassen. Klassische Heizkörper werden mit 65 Grad Celsius und mehr – bis 90 Grad Celsius – angesteuert.

Manchmal genügt es, diese Temperatur um fünf oder zehn Grad Celsius zu senken, vor allem, wenn es draußen nicht wirklich kalt ist. Denkbar ist, die Heizflächen zu vergrößern, auch dann kann man die Vorlauftemperaturen absenken. Das erfordert jedoch einen Heizungsbauer, der moderne Plattenheizkörper oder Wandheizflächen anschließen kann. Je niedriger die Temperaturen im Heizsystem sind, umso effizienter arbeitet zum Beispiel eine Wärmepumpenheizung.

# ASKOHEAT+ wächst weiter

Die Aufgaben werden umfangreicher, den Wünschen und Anregungen unserer Kunden wollen wir gerecht werden. Darum gibt es Veränderungen bei unserem **ASKOHEAT+**



## Er wächst in seinen Leistungs- und Anschlussgrößen

Einschraub-Heizkörper, 1½"  
7-stufig: 1.75, 3.5, 4.4, 5.25 kW  
3-stufig: 7.5, 9.0 kW **NEU**

Flansch-Heizkörper Ø 180mm:  
7-stufig: 1.75, 3.5, 4.4, 5.8 kW  
3-stufig: 7.5, 9.0 kW **NEU**

Flansch-Heizkörper Ø 240/280mm  
6-stufig 10kW, 15.0kW, 20.0 kW **NEU**  
19-stufig 9.5kW, 11.9kW, 15.8kW **NEU**

## Er wird zweiteilig

Dies, um mehr Platz für ein Display zu haben, um mehr Softwarekompatibilität zu weiteren Komponenten-Herstellern zu bekommen aber auch um weitere Funktionen etablieren zu können. Die Schaltrelais im Heizstab sind neu steck- und somit auswechselbar. Dies spart Ressourcen in Bezug auf Material in der Zukunft, denn Ökologie ist uns wichtig.

**Sämtliche Funktionen** und «Plug and Play» Möglichkeiten finden Sie hier (wird laufend weiter ausgebaut):



Plug & Play Funktionen

**Jederzeit ausbaubar auf ASKOFAMILY+** dem Herstellerunabhängigen vollumfänglichen Energiemanagement-System.



ASKOFAMILY+

## Haben Sie weitere Fragen?

Gerne können Sie mit uns Kontakt aufnehmen, wir freuen uns auf Sie.



Kontaktaufnahme

→ [www.askoma.com](http://www.askoma.com)

**ASKOMA**  
we care about energy

# So gelingt der Frühjahrsputz

**6 Tipps** ■ Auch wenn die Solarmodule still auf dem Dach liegen, brauchen sie gelegentlich eine Durchsicht und Reinigung. Am besten eignet sich dafür der März, wenn der Winter vorbei ist und sich sonnenreichere Tage ankündigen.

Für die Wartung der Solarmodule auf dem Dach kann man sich mit einem Kran behelfen, um die Kosten für die Einrüstung des Gebäudes zu sparen.



Solargeneratoren sind wartungsfrei: Jahrelang wurde dieses Märchen verbreitet. Die Realität sieht anders aus. Mindestens einmal im Jahr sollte der Generator auf dem Grundstück oder auf dem Dach von einem Fachmann durchgesehen werden. Das Frühjahr ist die beste Zeit, um den Generator fit für die nächste Sonnenperiode zu machen.

### Check, auch wenn keine Mängel sichtbar sind

Jeder Solargenerator – ob am Boden montiert, auf dem Dach oder an der Fassade – sollte zu Beginn des Frühlings einer Durchsicht durch kundige Augen unterzogen werden. Die elektrischen Daten (U-I-Kennlinie) sind zu überprüfen, ebenso sollte der Installateur den Blitzschutz kontrollieren.

Die Sichtprüfung der Anlage ist wichtig, um sich einen aktuellen Eindruck von ihrem Zustand zu verschaffen. Starke Winde oder Eis können den

Generator im Winter beschädigt oder bewegt haben, das lässt sich bei einer Begehung leicht feststellen.

Wichtig ist auch, dass der Referenzsensor der Anlage frei zugänglich und sauber ist. Schrauben und Stecker sind zu kontrollieren. Die Schrauben sollten fest sitzen, die Stecker ebenso – ohne dass Wasser eingedrungen ist. Bei einer Begehung sollte zumindest stichprobenartig geprüft werden, ob die Anschlussdosen der Module unversehrt sind.

### Mindestens im Frühling reinigen

Photovoltaische Solargeneratoren haben den großen Vorteil, dass sie keine bewegten Teile haben. Man muss nix ölen oder fetten. Allerdings sollte man sie im Frühjahr reinigen. Je nach Standort der Anlage kann die Reinigung auch mehrmals im Jahr notwendig werden. Befindet sich in der Nachbar-





Foto: Stamp

**Überprüfung der Steckverbinder auf der Rückseite der Solarmodule, die auf ein Schrägdach installiert wurden.**

schaft ein Sägewerk oder ein Kuhstall, bilden sich auf den Modulen unter Umständen erhebliche Schmutzschichten.

Die Reinigung ist unbedingt einem Profi zu überlassen. Wer seinen Solarmodulen mit warmem Wasser, Spülmittel und Putztuch oder Schrubber zu Leibe rückt, riskiert die Garantie der Modulhersteller. Meist reichen die Tricks der Haushaltsreinigung ohnehin nicht aus, um verschmutzte Module zu säubern.

Dafür braucht man kalkfreies, faktisch destilliertes Wasser und spezielle Lösungsmittel, die keine Rückstände hinterlassen. Gereinigt wird ein Solar-generator erst, wenn die Module kühl sind, also am späten Abend oder am Morgen, bevor die Sonne an Kraft gewinnt. Sonst sind die Module zu warm, das Putzwasser hinterlässt störende Flecken, auf denen sich der Schmutz besonders gern sammelt.

Auch sollte man es unbedingt vermeiden, in der Sonne stromende Module mit kaltem Wasser zu schockieren. Die thermischen Spannungen können die Gläser und die Zellen zerstören. Viele Solarmodule haben sensible Antireflexbeschichtungen auf der Oberfläche – eine Grund mehr, dem Profi Vortritt zu lassen.

## Wildschäden vorbeugen

Wenn der Winter seinem Ende entgegengeht, steigt nicht nur die Sonne. Dann steigen auch die Säfte in den Lebewesen, Mensch kennt das. Frühlingsempfindungen haben aber nicht nur die Zweibeiner. Auch Marder, Eichhörnchen, Mäuse oder Vögel beginnen, Nester zu bauen, und suchen nach Nischen für ihre Nachkommen.

Bei der Begehung der Solaranlage im Frühjahr ist unbedingt auf solche Schwachstellen zu achten. Je nach Region können Waschbären erhebliche Schäden verursachen, ebenso Marder oder Mäuse.

Von Krähen ist bekannt, dass sie die harte Glasfläche der Module lieben, um darauf Nüsse zu knacken. Ganz verhindern kann man die Aktivitäten der Tiere nicht, wohl aber vorbeugen.

Die Stringkabel sind prinzipiell in gut verschlossenen Schächten zu verlegen, am besten aus Draht oder Blech. Tote Winkel oder Verstecke für Nester kann man mit Blenden verschließen.

## Wechselrichter und Solarbatterie nicht vergessen

Die Durchsicht beginnt auf dem Dach, sollte dort jedoch nicht enden. Denn zum Frühjahrsputz gehört ebenso ein Blick in den Keller oder den Haustechnikraum, wo der Wechselrichter hängt und – falls vorhanden – die Solarbatterie steht.

Die Anschlüsse und Sicherungen des Umrichters sind zu prüfen. Bei der Batterie sollte man den Betriebszustand checken. Bleibatterien brauchen ausreichend Entlüftung – ist diese noch gewährleistet?



Foto: Fronius

**Zur Durchsicht der Solaranlage gehört auch die Überprüfung der Wechselrichter, der Sicherungen und des Zählerschranks.**

Auch der Säuregrad in den Bleizellen und der Wasserstand sind zu prüfen, gegebenenfalls ist destilliertes Wasser nachzufüllen. Bei Lithiumspeichern genügt die Inaugenscheinnahme und der Abgleich der Betriebswerte.

## Durchsicht und Maßnahmen korrekt dokumentieren

Die Ergebnisse des Frühjahrsputzes sind in der Anlagendokumentation abzugeben: Protokolle, Mängel und ihre Behebung. Auf diese Weise lassen sich wiederkehrende Probleme gut aufspüren, ebenso schleichende Minderungen des Ertrags durch mangelhafte oder minderwertige Komponenten oder Verschmutzung durch benachbarte Betriebe. Das hilft, um die Wartung im Jahresverlauf zu optimieren.

## Wartung dem Profi überlassen

Waren Sie mit dem Installateur Ihres Solargenerators zufrieden, schließen Sie unbedingt einen langfristigen Wartungsvertrag mit ihm ab. Gute Installateure bieten das ohnehin mit an.

Dann brauchen Sie sich kein Kreuzchen in den Kalender zu machen. Ein guter Installateur wird auch ein ordentliches Monitoringsystem installieren, um die Ertragsdaten Ihres Sonnengenerators laufend zu überwachen, meist aus der Ferne übers Internet.

Die Begehung im Frühjahr ist eine gute Gelegenheit, um die Erträge des vergangenen Jahres mit der Ertragsprognose zu vergleichen. Bei einer Tasse Kaffee im Anschluss kann man zum Beispiel mit dem Wartungsexperten und Installateur sprechen.

Dann lässt sich in Ruhe klären, ob sich die Nachrüstung einer Solarbatterie lohnt oder wie der Eigenverbrauch des Solarstroms im eigenen Gebäude erhöht werden kann. Oder nun steht ein E-Auto an, das eine Ladebox am Gebäude braucht.

Haben Sie zwar eine Solaranlage, aber bislang keinen Wartungspartner, sollten Sie unbedingt einen solchen Vertrag mit einem Installateur Ihres Vertrauens anstreben.

## FLECHTEN UND MOOSE

### Vermeidung von Bewuchs: Präventiv handeln ist sinnvoll

Nicht nur Marder oder Tauben können Solaranlagen beeinträchtigen und ihre Betreiber auf die Palme bringen. Auch der Bewuchs mit Pflanzen kann sich zum Problem auswachsen. In manchen Regionen wachsen beispielsweise Flechten auf den Frontgläsern der Solarmodule.

Meist beginnt der Bewuchs auf den Dachziegeln. Ist dort die Flechte etabliert, wandert sie mit zeitlichem Versatz auf die Solaranlage. Auf landwirtschaftlichen und Gewerbebetrieben kann die Flechte auch direkt die Module besiedeln, ohne den Umweg über die Dacheindeckung zu nehmen.

Im Spalt zwischen Solarglas und Rahmen können sich die kleinen Sporen festsetzen. Lässt man der Pflanze ausreichend Zeit, sich innerhalb der Nut zu entwickeln, füllt sie den Rahmenschlitz vollständig aus. Dann wird es sehr schwer, die Flechte wieder komplett aus der Nut zu entfernen. Verbleibende Pflanzenreste werden auf Dauer die Eindichtung marodieren und zum Laminat vordringen.

Bei besonders starkem Befall auf dem Frontglas fällt die Leistung des Solarmoduls ab, damit sinkt der Stromertrag. Flechtenwachstum ist ähnlich zu bewerten wie Staub oder Ablagerungen von Ruß.

Wer Flechtenbewuchs an der Dachhaut oder schon in den Rahmenschlitz der Module bemerkt, sollte rechtzeitig einen Reinigungsbetrieb beauftragen, um die Pflanzen zu entfernen. Die fachmännische Reinigung ist auch ohne Ertragsverluste wirtschaftlich sinnvoll.

Sie darf sich nicht auf das Abwaschen der Solargläser reduzieren, sondern muss auch die Rahmenschlitz freischwemmen. Die präventive und fachmännische Solarreinigung lässt die Problematik der Flechten gar nicht erst aufkommen. Wie groß das Problem werden könnte, klärt meist der Blick aufs Dach – wenn die Solaranlage geplant wird.

Hat man sich für die Errichtung der Solaranlage entschieden, sollte ein mit Flechten besetztes Dach vor der Installation der Photovoltaik gereinigt werden. Das reduziert den Besiedlungsdruck.

Im laufenden Betrieb wird die Dacheindeckung regelmäßig zumindest einmal jährlich auf Pflanzenbewuchs kontrolliert und alle paar Jahre gereinigt. Auf den meisten Dächern reduzieren sich die Flechten ohnehin meist nur auf First, Ortgang und die Servicegänge.

Wird Flechtenbewuchs in den Rahmenschlitz der Module festgestellt, sollte ein fachlich versierter Reinigungsbetrieb eingeschaltet werden. Je geringer sich der Aufwand bei der Reinigung gestaltet, desto günstiger sind die Kosten für den Betreiber.

Die Entfernung von leichtem Bewuchs sollte bei der normalen Grundreinigung mit entfernt werden. Die Nettokosten einer intensiven Grundreinigung mit üblichem Flechtenbesatz liegen zwischen 1,80 und 2,80 Euro je Quadratmeter, je nach konkreter Situation.

► <https://solarreinigung.com>

Anzeige

## mounting systems



## E-Port Vario S1

Maximale Energieleistung mit der Industrial Line.

- Hochwertiges und schlankes Design in pulverbeschichteten Farbvarianten
- Statisch geprüft für 3 verschiedene Zonen von leichter bis schwerer Wind- und Schneelast
- Flexibles Design in Süd- oder Ost-West-Ausrichtung
- Variable Aufbaumöglichkeiten und Lösungen für individuelle Grundrisse



[www.mounting-systems.com](http://www.mounting-systems.com)

Wandhängende Installation im Heiztechnikraum.



Foto: Marcus Petrek/istockphoto

## Wärme effektiv pumpen

**10 Tipps** ■ Wärmepumpen sind eine effektive Wärmetechnik, die der Markt bietet – wenn man wassergeführte Heizsysteme bevorzugt. Aber viele Planer und Installateure haben keinen Schimmer, welche Anforderungen diese Technik stellt. Deshalb werden oft Fehler gemacht. Wie Sie diese vermeiden können, erklären wir Ihnen hier.



**W**ärmepumpen sind eine saubere Alternative zu Gaskesseln, Ölkesseln oder Holzfeuerungen. Die Technik ist seit mehr als 100 Jahren bekannt, nutzt sie doch das umgekehrte Prinzip eines Kühlschranks. Sogar harte Winter lassen sich damit gut und kostengünstig überstehen – wie Zehntausende Geräte in der Schweiz, in Österreich oder in Skandinavien beweisen.

### Denken Sie von der Wärmenutzung her!

Die Wärmepumpe ist eine Technik, die das althergebrachte Wissen des Heizungsbauers und des Schornsteinfegers über den Haufen wirft. Denn sie kommt ohne Flamme aus und kann die gewünschte Heizwärme temperaturgenau erzeugen.

Werden nur 25 Grad Celsius oder 40 Grad Celsius in den Heizflächen benötigt, wird die Wärmepumpe nur 40 oder 45 Grad Celsius im Pufferspeicher bereitstellen. Über die hydraulischen Anschlüsse und die Verrohrung liegen in den Heizflächen die gewünschten 35 bis 40 Grad Celsius an.

Das hat Konsequenzen: Bisher haben viele Heizungsinstalleure darauf vertraut, dass die heißen Gasflammen oder Ölfeuerungen (rund 1.000 Grad Celsius) in jedem Fall ausreichen, um die Räume im Winter auf 20 Grad Celsius oder 22 Grad Celsius zu erwärmen.

Deshalb sind die allermeisten Heizungen in Deutschland viel zu groß dimensioniert, laufen in ungünstiger Teillast. Die Wärmepumpe setzt die kostbare Energie viel effektiver und genauer ein. Die erste Frage, die sich stellt: Wie hoch sind die Heiztemperaturen, die man im Haus erreichen will?

### Heißer Vorlauf passt nicht zur Wärmepumpe

Die Wärmepumpe nutzt ein leicht flüchtiges Arbeitsmittel, das schon bei geringen Temperaturen verdampft. Ein elektrischer Verdichter drückt dieses Arbeitsgas zusammen, das sich dabei erwärmt – wie in einer Luftpumpe fürs Fahrrad. Entscheidend ist die Energie, die das Arbeitsmittel aufnimmt, wenn es vom flüssigen in den gasförmigen Zustand übergeht.

Weil die Wärmepumpe keine Flamme hat, kann sie nicht lügen: Sie arbeitet immer dann besonders gut und sparsam, wenn der Spagat zwischen der Temperatur in ihrer Wärmequelle und der Heiztemperatur in den Räumen möglichst klein ist.

Soll heißen: Klassische Heizkörper oder Radiatoren mit mehr als 55 Grad Celsius im Vorlauf kann man mit einer Wärmepumpe nicht wirklich effektiv versorgen. Besser passen Heizflächen mit geringeren Systemtemperaturen zur Wärmepumpe.

### Heizleistung hängt von der Wärmequelle ab

Irgendwoher muss die Energie kommen, damit das Arbeitsmittel im Arbeitskreis der Wärmepumpe verdampfen kann. Bei Luft-Wärmepumpen nutzt man die Temperaturen der Außenluft. Einleuchtend: Je wärmer es draußen ist, desto besser verdampft das Arbeitsmittel. Das bedeutet auch: Spätestens bei null Grad Celsius haben solche Wärmepumpen große Probleme, ein modernes Wohngebäude zu heizen.

Dann braucht man einen zweiten (bivalenten) Wärmeerzeuger, der an besonders kalten und knackigen Tagen einspringt. Das kann ein Gasbrenner sein, oder aber – viel besser – eine zweite Wärmepumpe, die ihre Energie aus der Erde holt.

### Starke Arbeitspferde nutzen Erdwärme

Die Erde stellt Energie auf mehreren Wegen bereit. Unterhalb der Frostgrenze von rund 1,5 Metern wirkt sich im Winter die Sonnenwärme aus, die der Boden während der warmen Monate gespeichert hat.

Diese Energie kann man mit großflächigen Absorbieren oder sogenannten Erdkörben anzapfen. Dazu werden Gräben ins Grundstück gefräst und PE-Rohre verlegt, in denen eine frostgeschützte Sole kreist. Je länger der Winter dauert, desto mehr Wärme wird dem Boden entzogen.

Die zweite Variante sind Erdbohrungen, mit denen die Wärmepumpe ihre Energie aus tieferen Erdschichten holt. In 30, 40 oder gar 100 Metern Tiefe ist die Temperatur weitgehend unabhängig von der Sonne, dort wirkt sich der geothermische Wärmestrom aus dem Erdinnern aus.

Braucht eine Wärmepumpe viel Energie, wird man den Solekreis an solche Bohrungen anschließen. Oder man zapft eine Grundwasserader an, etwa durch spezielle Brunnen (offenes System) oder Soleleitungen (geschlossenes System). Das Grundwasser hat ganzjährig zwischen acht und zehn Grad Celsius. Das ist ideal, um hohe Leistungen aus der Wärmepumpe zu ziehen.

Die Nachteile: Für oberflächennahe Erdwärmeabsorber muss man das Grundstück umpflügen, der schöne Garten ist dann passé. Tief reichende Erdbohrungen sind teuer, zudem bedürfen sie der Genehmigung durch Geologen und Wasserämter. Gleiches gilt für Wärmepumpen am Grundwasser. Deshalb ist genau abzuwägen, welche Variante wirtschaftlich ist.

Denn während ihres Betriebs verursachen Wärmepumpen in der Regel nur geringe Kosten.

Der unschlagbare Vorteil: Erdwärmepumpen können pro Kilowattstunde Antriebsstrom bis zu sechs oder gar sieben Kilowattstunden Wärme erzeugen. Luftgeführte Wärmepumpen schaffen nur drei bis 3,5 Kilowattstunden.

## Sogar Kühlung ist möglich

Immer wieder ist die Rede davon, dass Wärmepumpen nicht nur heizen, sondern auch kühlen können. Rein technisch stimmt das, denn schaltet man die Umwälzpumpe im Solekreis um, wird die Wärme aus den Räumen nach draußen ins Erdreich gefördert (sogenannte reversible Betriebsweise).

In der Realität ist das jedoch genau zu prüfen. Denn an heißen Sommertagen kann es bei falscher Auslegung der Kühldecken und Wärmepumpen passieren, dass die Umwälzpumpe im Solekreis unablässig rotiert. Sie frisst viel Strom, nicht selten läuft sie auch nachts durch. Denn das ganze System der Wärmeübertragung über die Heizflächen, die Wärmepumpe und den Solekreis der Wärmepumpe ist thermisch gesehen sehr schwach und träge, um wirklich effektiv zu kühlen.

Man kann einen Raum um maximal zwei oder drei Grad Celsius abkühlen, wenn man die Wärmepumpe unablässig einsetzt und ausreichend Heizflächen zur Wärmeaufnahme zur Verfügung stehen. Das lohnt sich oft nicht.

Bei sehr hohen Außentemperaturen sollte man den Solarstrom lieber einsetzen, um elektrische Kompressionstechnik für die Raumkühlung (Klimaanlage) zu betreiben. Oder man baut die Häuser gleich so, dass sie nicht überhitzen – durch lange, schattige Vordächer und ausreichend

Überhitzungsschutz vor den Fenstern, zum Beispiel durch Rollläden oder Jalousien.

Denn die Energie, die erst gar nicht ins Gebäude gelangt, muss man hinterher nicht mit hohem technischem und finanziellem Aufwand wieder rausschaffen!

## Zähler für die Wärmepumpe lohnt meistens nicht

Viele Energieversorger haben spezielle Nachttarife oder Niedrigtarife für den Antriebsstrom der Wärmepumpen angeboten. Dazu wurde ein Wärmepumpenzähler gesetzt, der den Stromverbrauch aus dem Netz des Energieversorgers misst.

Betreibt man eine Wärmepumpe vorrangig mit eigenem Sonnenstrom, lohnen sich die Ausgaben für den Zähler (Miete) und seine Installation meist nicht mehr. Zumal die Niedertarife in den vergangenen Monaten geschmolzen sind wie das Eis auf den Gletschern der Alpen.

Es kann und wird in den meisten Fällen kostengünstiger sein, die Wärmepumpe mit Sonnenstrom zu betreiben und im Winter auf ganz normalen Netzstrom auszuweichen. Allerdings: Das sollte Ökostrom sein, damit die Wärmepumpe ihrem Ruf als besonders saubere Technik gerecht werden kann.

## Nachhelfen mit Solarthermie? Lieber nicht!

Vor wenigen Jahren wurden Wärmepumpen in Kombination mit solarthermischen Kollektoren propagiert. Im Prinzip gibt es zwei Varianten: Die Solaranlage schickt ihre Wärme in den gleichen Pufferspeicher wie die Wärmepumpe. Die Wärmepumpe springt erst an, wenn die Sonnenwärme aus den Kollektoren auf dem Dach nicht mehr ausreicht.



Kaskadenschaltung mehrerer Pufferspeicher in einem großen Wohngebäude.

Foto: Marcus Pietsch/Siebel Eltron



**Blick in den Betonschacht mit der hydraulischen Verteilung für die Erdsonden.**

Das kann man machen, wenn man zu viel Dachfläche und zu viel Geld hat. Denn die Sonnenwärme steht ausgerechnet dann zur Verfügung, wenn sie nicht gebraucht wird – in den warmen Monaten. Sie lässt sich eigentlich nur in dieser Zeit für Warmwasser nutzen.

Die zweite Variante: Der Solekreis einer Erdwärmepumpe wird über das Dach geführt, um an sonnigen Wintertagen zusätzlich Wärme aufzunehmen. Man spricht vom solaren Vorlauf einer Wärmepumpe. Der Ertrag ist ziemlich gering, und Solarkollektoren sind teuer – wegen des Kupfers und

Anzeige



**Kompetenzzentrum**  
Energiespeicherung und  
Energiesystemmanagement



**Handwerkskammer**  
Potsdam

**Wir qualifizieren Sie heute  
für die Energie von morgen.**

Photovoltaik | Elektromobilität | Wasserstoff | Energierecht

Jetzt online anmelden  
[www.bildung-energie.de](http://www.bildung-energie.de)



der aufwendigen Installation auf dem Dach. Sie müssen hydraulisch bis zur Wärmepumpe verrohrt werden, die meist ebenerdig oder im Keller steht. Also wird noch mehr Kupfer gebraucht. Das ist nur in wenigen Ausnahmefällen wirklich sinnvoll.

Besser ist es, das Dach mit Solarmodulen zu belegen und den Strom für den Verdichter der Wärmepumpe zu nutzen. Nun werden Schlaumeier sagen, dass auch der Sonnenstrom nur in den warmen Monaten zur Verfügung steht. Das stimmt aber nicht ganz, weil die Photovoltaik vom Lichtangebot der Sonne abhängt, nicht von ihrer fühlbaren Wärme. In bestimmten Regionen wie beispielsweise in den Alpen hat die Wintersonne sehr viel Kraft, die Module liefern an wolkenfreien Tagen viel Sonnenstrom.

## Nachhelfen mit Photovoltaik? Unbedingt!

Hinzu kommen Reflexionen vom Schnee, die die Ausbeute erhöhen. Packt man die Solarmodule auf einen beweglichen Tracker, kann man sie der Sonne nachführen, also die Stromausbeute noch einmal deutlich erhöhen. Tracker können den Modultisch nahezu senkrecht stellen, auf diese Weise rutscht Schnee ab. Solarthermische Kollektoren lassen sich nur schwer nachführen, dann knirscht vor allem die Verrohrung zum Gebäude.

Und: Selbst wenn das Haus keine Wärme braucht, kann man den Sonnenstrom auf vielfältige Weise verwenden – für Warmwasser (elektrisch bereitet oder mit kleiner Wärmepumpe), für den Haushaltsstrom, den elektrischen Rasenmäher, das Pedelec oder das Elektroauto.

Man kann mit Strom viel einfacher ein Haus oder einige Räume kühlen als mit thermischen Systemen. Die ökonomischen Vorteile von Sonnenstrom sind schlagend, denn Strom kann man – bei Bedarf – in Wärme wandeln,

Wärme aber nicht in Strom. Wärmepumpen lassen sich wunderbar kombinieren, auch das ist ein klarer Vorteil gegenüber Brennern mit Gas oder Öl.

## Wärmepumpen als Kaskade auslegen

Wenn es draußen in der Übergangszeit kühler wird, springt die erste Heizwärmepumpe an (der Scheitholzkamin tut's auch). Bei sinkenden Temperaturen springt eine zweite Wärmepumpe hinzu, später eine dritte – für die wenigen, sehr eisigen Tage im Winter.

Solche Kaskadensysteme werden vor allem in Gewerbegebäuden und in der Industrie genutzt, um die Heizsysteme möglichst kosteneffektiv auszulegen. Auch für den Fall, dass eine Wärmepumpe versagt, bleibt die Heizung intakt. Allerdings haben Wärmepumpen auch in dieser Hinsicht deutliche Vorteile: Sie werden nicht so heiß wie Brenner, eigentlich haben nur der Verdichter und die Pumpen im Arbeitskreis und im Heizkreis bewegte Teile. Dadurch sinkt der Verschleiß gewaltig.

## Möglichst kleine Wärmeleistung für größere Speicher

Einen Nachteil hat die Wärmepumpe, der sich jedoch bei fachgerechter Planung und Installation kaum bemerkbar macht. Sehr hoher, kurzzeitiger Wärmebedarf ist mit dieser Technik kaum zu machen – im Unterschied zu 1.000 Grad Celsius heißen Brennern.

Deshalb braucht die Wärmepumpe immer einen ausreichend großen Pufferspeicher, den sie über einen längeren Zeitraum thermisch aufladen kann. Doch sind Wärmequelle, Wärmepumpe, Pufferspeicher und Wärmenutzung gut aufeinander abgestimmt, gibt es keine effektivere Wärmetechnik, die obendrein ohne Rauchgase, Kamine und Lärm auskommt. Eine saubere Sache!



Die Wechselrichter einer größeren Solaranlage: Sonnenstrom lässt sich gut verwenden, um Wärmepumpen zu versorgen.

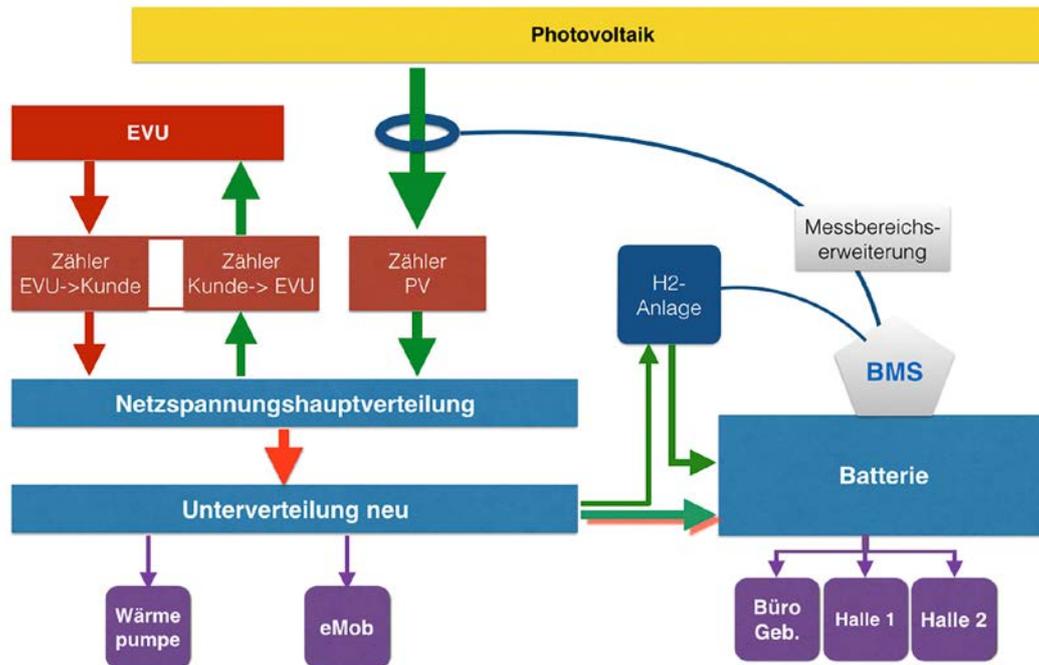


Schema der Versorgung eines Einfamilienhauses mit Ladestation für das E-Auto.

Foto: SMA

# Solarstrom optimal nutzen

**10 Tipps** ■ Wer Solarmodule auf dem Hausdach, auf der Garage, dem Carport, an der Fassade oder ebenerdig auf dem Grundstück installiert hat, braucht weniger Strom aus dem Netz. Wir geben Tipps, wie man den kostbaren Sonnenstrom möglichst vollständig selbst verbraucht.



Beispiel für die elektrische Versorgung eines Unternehmens mit solarem Eigenstrom und Strom aus dem Netz.

Wer sich für eine Photovoltaikanlage entscheidet, denkt um. Denn bisher kam der elektrische Strom aus dem Netz. Nun steht er auf dem Grundstück zur Verfügung, ungleich preiswerter als der Netzstrom. Deshalb gilt: möglichst viel Sonnenstrom selbst verbrauchen, möglichst wenig ins Netz einspeisen. Wir sagen Ihnen, wie das geht.

## Stromverbrauch im Gebäude senken

Zunächst einmal: Wer beim Strom sparen will – egal, ob mit Photovoltaik oder nicht – sollte zuerst die Stromfresser im Haus eliminieren. Dazu gehören alle Standby-Geräte, alte Glühlampen und die Warmwasserbereitung. Je geringer der Stromverbrauch ist, desto höher liegt der Anteil, den man mit Sonnenstrom decken kann.

## LED einbauen statt Glühlampen

Der gemeinhin größte Einzelposten ist die Beleuchtung. Veraltete Glühlampen setzen nur zehn Prozent des Stroms in Licht um, etwa 90 Prozent werden als Verlustwärme abgegeben. Sie werden heiß statt hell, weil in ihrem Innern ein Wolframdraht glüht. Moderne LED setzen den elektrischen Strom fast vollständig in Licht um.

Das merkt man daran, dass sie kalt bleiben, also kaum Verluste haben. Deshalb kommt eine ordentliche LED mit rund einem Zehntel des Stroms aus, um die gleiche Helligkeit zu erzeugen. Weil sie nicht so heiß wird, hält sie bedeutend länger.

Und: Mittlerweile sind die Preise für LED so weit in die Knie gegangen, dass sich der Austausch der Glühlampen innerhalb von ein bis zwei Jahren rechnet. Das gilt auch für gewerbliche Beleuchtungssysteme, wo nicht selten Quecksilberdampflampen verwendet werden. Auch sie sind echte Stromfresser, die man leicht durch LED ersetzen kann.

Viele elektrische Geräte (Küchengeräte, Fernseher, Computer, Spielkonsolen, Stereoanlagen) ziehen auch dann Strom, wenn sie nicht gebraucht werden.

## Standby-Modus ausschalten

Sie laufen im sogenannten Standby-Modus. Angesichts der vielen elektrischen Geräte in einem Haus kann sich der Strombedarf für Standby erheblich summieren. Deshalb sollten die Geräte über schaltbare Steckdosen physisch vom Stromkreis getrennt werden, wenn sie ungenutzt sind.

## Warmwasser elektrisch bereiten

Wer Sonnenstrom erzeugt, sollte seine Warmwassertechnik auf elektrische Boiler umstellen. Auch kleine elektrische Durchlauferhitzer erlauben es, das warme Wasser direkt am Zapfhahn – etwa als Untertischgerät – zu bereiten.

Die Temperatur wird genau auf den gewünschten Komfort eingestellt. Der Bedarf an Warmwasser ist übers Jahr nahezu gleich. Mit Sonnenstrom kann man Warmwasser während des Frühjahrs und des Sommers vollständig abdecken. Das erhöht den Eigenverbrauch. Auch die Kombination mit speziellen Warmwasser-Wärmepumpen ist sinnvoll.

## Stromfresser tagsüber laufen lassen

Den höchsten Strombedarf in einem Haushalt haben der Geschirrspüler, die Waschmaschine, der elektrische Wäschetrockner und der Küchenherd. Diese Geräte kann man mit Zeitschaltuhren sehr einfach so einstellen, dass sie tagsüber laufen. Dann bietet der Solargenerator auf dem Dach viel Strom an, der direkt verbraucht werden kann.

Der Herd mit seiner Leistungsaufnahme dürfte die Photovoltaikanlage herausfordern, dort könnte ein großer Stromspeicher (Solarbatterie) als Puffer für die kurzzeitige Spitzenlast dienen.

Denn es sind nicht nur die Kilowattstunden vom Dach, die ausreichend sein müssen. Auch die kurzzeitig abgeforderten Ströme spielen eine Rolle. Danach richtet sich, ob der Stromspeicher als Kapazitätsspeicher (in Kilowattstunden) oder als Leistungsspeicher (in Kilowatt) ausgelegt wird.

## Gartenarbeit mit Sonnenstrom erledigen

Zwischen Frühjahr und Herbst wird der meiste Sonnenstrom geerntet. In dieser Zeit fällt auch die meiste Arbeit im Garten an. So kann man elektrische Rasenmäher, Heckenscheren oder die Gartenbeleuchtung sehr gut mit Sonnenstrom speisen. Eine Solarbatterie erlaubt es, die LED im Garten abends oder nachts zu betreiben. Die Gartensauna wird tagsüber elektrisch mit überschüssigem Sonnenstrom aufgeheizt, damit sie abends bereit ist.

## In der Übergangszeit elektrisch heizen

Mit Infrarotheizflächen kann man kühlere Abende im Frühjahr oder im Herbst gut überbrücken, wenn der Solargenerator mit einem ausreichend dimensionierten Stromspeicher gekoppelt ist.

Solche elektrischen Heizflächen gibt es in vielen schönen Designs, sogar als Heizspiegel fürs Bad. Solange sie nur wenig Strom brauchen und als Zusatzheizung laufen, lässt sich auch auf diese Weise der Sonnenstrom gut verwenden. Reicht die elektrische Zusatzheizung durch den Sonnenstrom nicht mehr aus, muss man Strom aus dem Netz kaufen. Oder man schaltet auf eine effiziente Wärmepumpenheizung um.

### Stromspeicher erhöhen die Wirtschaftlichkeit

Die Preise für stationäre Lithiumbatterien sinken weiter, dieser Trend wird sich fortsetzen. Mittlerweile sind allein in Deutschland schon mehr als 300.000 solcher Stromspeicher installiert.

Das sind gute Gründe, um in eine Solarbatterie zu investieren. Ihre Größe hängt vom Strombedarf im Gebäude und vom Solargenerator ab. Lithiumspeicher kosten zurzeit rund 800 Euro je Kilowattstunde. Wichtig ist: Ohne Solargenerator macht ein Stromspeicher in privaten Gebäuden wenig Sinn. Bei Gewerbebetrieben sieht das unter Umständen anders aus.

Ohne Stromspeicher kann man rund 50 bis 80 Prozent des Sonnenstroms gut im eigenen Gebäude nutzen. Mit Batterie kommt man schnell auf 80 bis 90 Prozent. Bezieht man den Eigenverbrauch nicht auf den Generator, sondern den gesamten Strombedarf im Haus, gilt diese Faustregel: Ohne Speicher kann man durch Sonnenstrom zwischen 30 und 50 Prozent seines Strombedarfs direkt decken. Mit Solarbatterie können es bis zu 90 Prozent sein.

Die vollständige Abdeckung des Strombedarfs während des ganzen Jahres erfordert einen zweiten Generator. Das kann eine Brennstoffzelle oder ein Blockheizkraftwerk sein. Meist einfacher – und kostengünstiger – dürfte es jedoch sein, das Stromnetz als Superbatterie zu nutzen. Im Winter deckt der Ökostrom eines zertifizierten Anbieters den Bedarf.

### Mobilität auf Ökostrom umstellen

Fast genauso hilfreich wie die Solarbatterien sind elektrisch betriebene Fahrzeuge, in allen Größen. Das fängt beim Rasenmäher an, über den elektrischen Rollstuhl für den Opa (oder den freundlichen Nachbarn), die Pedelecs (elektrische Fahrräder) und E-Roller für die Familie.

In jedem dieser Vehikel stecken Lithiumbatterien, die man leicht mit Sonnenstrom aufladen kann. Die Krönung ist der elektrische Kleinwagen, mit dem man Einkäufe, Fahrten in der Region oder zur Arbeitsstelle erledigen kann.

Denn gerade die häufigen, kurzen Fahrten sind es, die das Spritbudget für herkömmliche Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren strapazieren. Um ein Elektroauto aufzuladen, braucht man eine Wallbox an oder in der Garage beziehungsweise im Carport. Der natürlich ebenso mit leistungsfähigen Solarmodulen bedacht ist. Vorteilhaft sind dreiphasige Ladesysteme, die kurzzeitig ordentliche Leistungen anbieten können.

### Schnitzeljagd für die ganze Familie

Erfahrene Installateure können Sie beim Eigenverbrauch des Sonnenstroms unterstützen. Hilfreich ist es, schrittweise vorzugehen und an den Zählern abzulesen, welche Wirkung die verschiedenen Maßnahmen haben.

Die Stromfresser im eigenen Haus aufzuspüren, hat den Charme einer Schnitzeljagd. Lassen Sie Ihre Kinder auf die Suche gehen, machen Sie ein Spiel daraus. Das eingesparte Geld wird zurückgelegt: für eine Sonnenstromparty mit Ihren Freunden und Nachbarn oder eine Urlaubsreise – dorthin, wo die Sonne scheint!

Anzeige

# UNABHÄNGIGKEIT IN XXL



## S20 X PRO – Das Gewerbe-Hauskraftwerk

Basierend auf über 22.000 Produktbewertungen deutscher Prosumer-Haushalte verleiht EUPD Research den SolarProsumerAward®.

Mit überdurchschnittlich hoher Weiterempfehlungsquote bei Besitzern sowie starkem Kaufinteresse unter Planern wurde E3/DC gleich in vier Kategorien ausgezeichnet!



E-Autos bestimmen zunehmend das Straßenbild.



Foto: Adinger & Wolff/Parasoft

## Auf E-Autos umsteigen!

**7 Tipps** ■ Früher wurden Häuser mit Gas oder Öl beheizt, das ist vorbei. Auch bei den Autos kündigt sich eine Revolution an: Mit Strom von Wind und Sonne sind Elektroautos unschlagbar günstig. Bei sinkenden Anschaffungskosten kann der Umstieg zügig erfolgen – wenn man einiges beachtet.

# KOMFORTABLES SOLARLADEN FÜR ZU HAUSE

MIT DER WALLBOX  
AMTRON® CHARGE CONTROL



Stiftung Warentest	GUT (2,2)
test	MENNEKES AMTRON® Charge Control
	Ausgabe 3/2022 www.test.de
	22SN35

**A**lle reden von Elektroautos, aber so richtig kommt die Energiewende im Verkehr noch nicht an. Zu teuer, denken die meisten Leute und die Gazetten plärren es gedankenlos nach. Wer klug handelt, kann schon jetzt mit elektrischen Fahrzeugen viel Geld sparen. Wollen Sie wissen, wie? Dann lesen Sie weiter!

## Kosten für Fahrzeuge genau kennen

Den Strombedarf für das Haus oder die Wohnung bekommt man am Jahresende präsentiert, ebenso die Ausgaben für Gas oder Wartung. Bei Autos ist das anders: Die Kosten summieren sich kaum merklich. Erstaunlich ist, dass viele Menschen gar nicht wissen, wie viel Geld sie im Monat für Autos ausgeben.

Dabei geht es nicht nur um den Sprit, sondern auch um die Abschreibung des Fahrzeugkaufs, um Steuern, Versicherungen, Parkgebühren, Durchsichten (Plaketten), Reparaturen und Maut. Nicht zu vergessen: die Knöllchen. Es lohnt sich, über diese Kosten genau Buch zu führen.

Dann wird nämlich schnell klar, dass diese Ausgaben die monatlichen Lebenshaltungskosten unter Umständen verdoppeln. Und dass der Umstieg auf elektrische Fahrzeuge vom wirtschaftlichen Standpunkt her ausgesprochen

Die Wallbox AMTRON® Charge Control ist die ideale Lösung für alle, die sich sicher für die Zukunft aufstellen möchten. Solarladen, Zugangsschutz, smarte Technik, komfortable Bedienung am Smartphone oder Tablet - alles kombiniert in einer Wallbox!

Neugierig geworden? Dann besuchen Sie uns jetzt unter:  
[www.MENNEKES.de/emobility](http://www.MENNEKES.de/emobility)

 **MENNEKES**  
MY POWER CONNECTION

Foto: Phoenix Contact



Dieser Stecker erlaubt, das E-Auto mit Gleichstrom oder Wechselstrom zu beladen.

lohnenswert sein kann – trotz der (derzeit noch) hohen Anschaffungskosten. Denn den Sprit (Strom) gibt es fortan zu sehr geringen Kosten, die Durchsichten entfallen und der Reparaturbedarf sinkt gewaltig.

## Klein anfangen, langsam wachsen!

Bei Elektrofahrzeugen denkt man zunächst an die Limousine, den Sportwagen oder den Van für die ganze Familie. Damit zäumt man das Pferd vom Schwanz auf. Um sich mit elektrischen Fahrzeugen vertraut zu machen, sollte man klein anfangen: mit elektrischen Gartengeräten, Rollstühlen (für die Senioren), elektrischen Golfcars, Pedelecs und E-Rollern. Der Strom für die Batterien kommt vom Dach, aus einem Solargenerator.

Wenn es unbedingt ein Auto sein muss, dann sollte man mit einem vollelektrischen Kleinwagen starten. Damit kann man einkaufen, die Verwandtschaft und Freunde in der Region besuchen sowie zur Arbeitsstelle pendeln. Letzteres lohnt sich vor allem, wenn Ihr Boss ein paar Ladestationen für seine Mitarbeiter installiert, am besten mit solaren Carports auf dem Firmenparkplatz. Dann spart er nämlich gleich mit.

Bei den großen Limousinen auf elektrische Modelle umzusatteln lohnt sich im Moment noch nicht. Die Reichweiten der E-Autos sind zu gering (pro Batterieladung), aber das wird sich schnell ändern. Und Fakt ist: Rund 80 Prozent des Individualverkehrs in Deutschland fahren nur kurze Strecken bis 50 oder 60 Kilometer. Das ist ideal für Elektroautos, auch im Winter kein Problem.

Man kann E-Autos auch mieten oder leasen. Dadurch entfällt die vergleichsweise hohe Investition in die Anschaffung. Ein weiterer Vorteil: In den kommenden Jahren werden die Batterien in den E-Autos erhebliche Sprünge bei der Reichweite erlauben. Wer ein Auto mietet (im Abo) oder least, kann schneller umsteigen!

## Das Haus zur Tankstelle machen

Richtig interessant wird Elektromobilität, wenn man den Strom für die Batterien selbst erzeugt. Die Kilowattstunde aus dem Stromnetz kostet rund 35 Eurocent, der selbst erzeugte Sonnenstrom zwischen neun und zwölf Cent, je nach Größe des Solardachs.

Dennoch liegt der Preisvorteil bei mindestens zwölf bis 14 Cent, das lohnt sich. Solargeneratoren kann man zudem schrittweise erweitern, wenn man

Foto: Mennekes



An der Wand installierte Wallbox. Solche Geräte werden vom Bund gefördert.

zum Beispiel eine Wallbox in der Garage anschließen will. Denkbar ist sogar, die elektrische Tankstelle unabhängig vom Hausnetz aufzubauen.

Das geht so: Man deckt die Garage oder den Carport mit Solarmodulen ein und schließt sie als Inselanlage an eine Batterie an. Die Wallbox (Ladestation) versorgt die Fahrzeuge aus dieser Batterie. Damit kommt man etliche Monate im Jahr durch.

Im Winter, wenn kaum Sonnenstrom anliegt, wird das Wägelchen über die Steckdose im Hausnetz geladen. Der Vorteil: Das solare Inselssystem unterliegt nicht den Netzgebühren oder Steuern. Theoretisch kann man alles mit Gleichstrom machen, auch die Beladung der Fahrzeugbatterie. Das erspart die Stromverluste (Umwandlung von Gleichstrom zu Wechselstrom und zurück) und unter Umständen ordentlich Geld.

Die meisten Gebäude in Deutschland verfügen über einen dreiphasigen Anschluss (Drehstrom, 400 Volt). Gegenüber einphasigen Systemen (230 Volt) können diese Elektroinstallationen höhere Leistungen übertragen. Eine Wallbox sollte mindestens Typ 2 der internationalen Standardisierung entsprechen.

### Passende Ladetechnik wählen

Solche Ladesysteme erlauben Gleichstrom und Wechselstrom als Bezugsquelle. Optisch erkennbar sind die Typ-2-Stecker an dem abgeflachten oberen Rand und der fehlenden Verriegelungsklappe. Sie können 230 Volt oder 400 Volt Wechselspannung nutzen, also einphasig oder dreiphasig. Ein Fahrzeug kann seine 22 Kilowattstunden große Batterie an einer solchen Ladesäule (Leistung: 43 Kilowatt) innerhalb einer halben Stunde aufladen.

Sogenannte Schnellladesysteme (CCS: Combined Charging Systems, auch Combo 1 oder Combo 2 genannt) setzen Gleichstrom ein. Sie werden vorerst an Autobahnen und Bundesstraßen aufgebaut. Sicher wird diese Technik schon bald auch für private oder gewerbliche Nutzer zur Verfügung stehen.

### Elektroinstallation anpassen

Durch den Einbau von elektrischen Wallboxen und Ladesäulen kann es erforderlich sein, die Elektroinstallation in einem Gebäude oder auf einem Grundstück anzupassen. Das muss der Elektrofachmann planen und erledigen. Meist betrifft es Sicherungen, Unterverteilungen und gegebenenfalls die Leitungsquerschnitte. Größere Umbauten sind selten erforderlich, weil die am Markt erhältlichen Wallboxen bereits optimiert sind.

Zudem ist die elektrotechnische Ausstattung in Deutschland, Österreich und der Schweiz ausgezeichnet. Nur bei sehr alten Gebäuden ist unter Umständen eine fachgerechte Ertüchtigung notwendig.

### Mobile Batterien aktiv nutzen!

Prinzipiell erweitern elektrische Fahrzeuge die Möglichkeiten, den Sonnenstrom vom eigenen Dach noch besser auszunutzen. Denn neben dem Heimspeicher, der fest im Gebäude installiert ist, bieten sie zusätzliche Speicherkapazität an.

Deshalb lädt man Elektrofahrzeuge immer dann, wenn viel Sonnenstrom zur Verfügung steht. Werden die Autos nicht gebraucht, kann man den Strom aus der Fahrzeugbatterie ins Hausnetz speisen – wenn die Autos dazu technisch vorbereitet sind.

Durch die Fähigkeit zur Rückspeisung kann man den Hausspeicher (Solarbatterie im Gebäude) kleiner bauen – oder unter Umständen ganz darauf verzichten! Und trotzdem seinen Sonnenstrom maximal nutzen.

### Fremdstart muss möglich sein

Noch ein Wort zum Fremdstart: Elektroautos können andere, liegen gebliebene Elektroautos nur dann wieder auf Trab bringen, wenn das Batteriesystem beider Fahrzeuge für die Rückspeisung ausgelegt ist.

Deshalb sollte man nur Elektroautos kaufen, die eine solche wichtige Funktion anbieten, und zwar serienmäßig. Sonst bleibt einzig der Anruf beim ADAC, den havarierten Wagen abzuschleppen. Das kostet Geld, womit wir wieder oben wären: Kosten für Fahrzeuge genau kennen!

### Bidirektionales Laden kommt

In der öffentlichen Debatte wird viel über bidirektionales Laden geredet. Das E-Auto dient als mobiler Stromspeicher, der seine Energie bei Bedarf ans Wohnhaus abgeben kann. Der Vorteil liegt auf der Hand: Man könnte den stationären Stromspeicher im Gebäude kleiner bauen.

Das ist keine Zukunftsvision mehr, das ist heute schon machbar. Vorreiter war die Schweiz. Nun hat Deutschland nachgezogen. Die Normung zum bidirektionalen Laden ist abgeschlossen. Anbieter von Autos und von Ladetechnik sind jetzt aufgerufen, die entsprechenden Produkte anzubieten. Denn Auto und Wallbox müssen reibungsfrei kommunizieren.



Neueste TESVOLT Stromspeicher fürs Gewerbe

## Sicherheit hat oberste Priorität

**TESVOLT** ■ Der TÜV Rheinland hat auch die neueste Batteriespeicher-Generation von TESVOLT genau unter die Lupe genommen. Die Hochvoltspeicher TS HV 30 E, TS HV 50 E und TS HV 80 E haben die Sicherheitsprüfungen des Instituts bestanden.

Die Stromspeicher des Herstellers aus Wittenberg sind optimiert für den Bedarf von Gewerbebetrieben – von der kleinen Bäckerei bis zum großen produzierenden Betrieb. Sie zeichnen sich durch eine Lebensdauer von rund 30 Jahren aus und werden mit einer System- und Kapazitätsgarantie von zehn Jahren ausgeliefert.

### Nachholbedarf in der Speicherbranche

„Leider ist die Prüfung der Produktsicherheit in der Speicherbranche noch keine Selbstverständlichkeit. Etliche Hersteller sparen bei Zertifikaten und umfassenderen Sicherheitstests“, berichtet Roman Brück, Abteilungsleiter Komponenten, Power Electronics, Zertifizierung beim TÜV Rheinland. „TESVOLT dagegen nimmt das Thema Sicherheit sehr ernst. Wir haben uns die neue Speicherserie sehr genau angeschaut – also neben Tests zur funktionalen und elektrischen Sicherheit auch Brandversuche, Abuse-Tests und Verbundtests durchgeführt, die das Zusammenspiel der einzelnen Komponenten prüfen.“

TESVOLT setzt sich zusammen mit anderen Qualitätsherstellern in Gremien wie dem Branchenverband BVES dafür ein, dass zusätzliche Zertifizierungen und Prüfungen Pflicht für alle Hersteller werden. „Sicherheit muss an oberster Stelle stehen“, so Simon Schandert, Mitgründer und CTO von TESVOLT.

#### Kontakt:

TESVOLT AG  
info@tesvolt.com

► [www.tesvolt.com](http://www.tesvolt.com)



Dieses Solarmodul wurde durch Hagelschlag beschädigt. Nur sehr extreme Wetterereignisse hinterlassen solche Spuren.

# So sind Sie auf der sicheren Seite

**12 Tipps** ■ Wenn Sie Solargeneratoren und Solarakkus nutzen wollen, sollten Sie vorher genau überlegen: Wie sichern Sie Ihre Investition juristisch ab? Wer übernimmt die Haftung, wenn etwas schiefgeht? Was passiert bei Mängeln oder Verschleiß? Ihr sauer verdientes Geld ist es wert, dass Sie es in die richtigen Hände legen. Dann erleben Sie keine bösen Überraschungen. Wer am falschen Ende spart, hat meist das Nachsehen.

Solarstrom ist preiswert, die Generatoren versprechen mindestens zwei Jahrzehnte niedrige Stromkosten. Doch am Anfang der lukrativen Selbstversorgung steht eine Rechnung, die bezahlt werden will.

Denn der Installateur kauft die Komponenten für Sie ein, streckt also die Ware vor. Und er baut sie ein, das verursacht Arbeitskosten. So kommen einige Tausend Euro zusammen.

Da stellt sich die Frage, wie man diese Investition möglichst gut gegen Ausfälle, Mängel, Schäden oder Verschleiß absichern kann. Die Gerichte mögen Streit schlichten, aber die Freude an einer gut funktionierenden Solaranlage ersetzen sie nicht.

### Lassen Sie sich durch die fallenden Preise nicht zum Leichtsinns verführen

Zurzeit muss man für das Kilowatt Photovoltaik rund 1.000 bis 1.500 Euro (netto) einplanen – für eine Solaranlage auf dem Hausdach. Eine ordentliche geplante und installierte Anlage schafft im Jahr zwischen 900 und 1.100 Kilowattstunden je Kilowatt installierter Solarleistung (Angaben für Deutschland, Österreich und die Schweiz).

Der Batteriespeicher kostet ungefähr 900 bis 1.000 Euro (netto) für die Kilowattstunde nutzbarer Speicherkapazität (Angaben für stationäre Lithiumspeicher im kleinen Haussegment). Gehen wir von einer PV-Anlage mit zehn Kilowatt und einem Lithiumspeicher von zehn Kilowattstunden aus, landen wir bei rund 25.000 bis 30.000 Euro.

Die Preise sinken, vor allem für die Stromspeicher, für die es in einigen Regionen zudem eine lukrative Förderung gibt. 25 Mille sind kein Pappensiel, trotz allem. Deshalb sollte man vor der Investition unbedingt genau prüfen, wie dieser Mitteleinsatz rechtlich abgesichert werden kann.

Denn der Stromspeicher soll mindestens zehn Jahre laufen, der Solar-generator mindestens 20 Jahre. In dieser Spanne kann sehr viel passieren. Deshalb dieser Rat: Lassen Sie sich von kleinen Preisen nicht blenden! Schauen Sie genau hin und lesen Sie vor allem das Kleingedruckte in Ihren Verträgen!

### Die beste Versicherung: ein solider Installateur

Die beste Versicherung für Ihre Investition ist ein solider Installateursbetrieb, der die Anlage für Sie plant, die Ware einkauft und die Systeme auf dem Dach und im Haus montiert und in Betrieb nimmt. Solide heißt, dass der Hand-

werksbetrieb über ausreichende Referenzen verfügt, sowohl in der Elektrotechnik als auch im Heizungsbau.

Er sollte in Ihrer Nähe ansässig sein, persönlicher Kontakt löst die meisten Probleme. Solide heißt: Es ist aller Wahrscheinlichkeit nach zu erwarten, dass es dieses Unternehmen auch in 20 Jahren noch gibt.

Ein solider Installateur kann Sie auch bei der Anlagenfinanzierung durch die Regionalbank, bei der Förderung durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) und die Versicherung der Anlagentechnik beraten. Zunehmend gehen der TÜV und Versicherer dazu über, gute Handwerksbetriebe zu zertifizieren. Achten Sie auf solche Qualitätssiegel!

### Kaufen Sie Markenware von europäischen Anbietern!

Solide heißt in erster Linie auch: Ihr Handwerker bietet Ihnen Markenware von zuverlässigen Herstellern an. Das sind vorzugsweise europäische Marken und Anbieter, die in Europa ansässig oder durch Tochtergesellschaften vertreten sind. Die Produkte sind durch den TÜV oder geeignete Zertifikate ausgewiesen.

Alle Verkaufsunterlagen sollten auf Deutsch vorliegen. Alle Fragen der Garantie und Gewährleistung sollten mit Firmen abgewickelt werden, die mindestens eine Niederlassung in Deutschland oder Österreich haben; für Schweizer Kunden mit Niederlassungen in der Schweiz.

Werden Komponenten direkt aus dem Ausland importiert, sollte eine Rückversicherung vorliegen. Denn ein Rechtsstreit vor Gerichten in Asien ist nahezu aussichtslos. Es ist immer besser, über europäische Anbieter zu kaufen, die bei Schäden in der Haftung sind – zumindest nach EU-Verbraucherschutzrecht.

Es nützt Ihnen nichts, einen sehr preiswerten Stromspeicher zu erwerben, der nach acht Wochen aussteigt – und der Hersteller sitzt irgendwo im Reich der Mitte. Es gibt durchaus seriöse Anbieter aus China. Sie vertreiben über Fachhändler und Installateure in Europa als Fachpartner.

Der kurze Draht zum Lieferanten, zum Installateur und dessen Serviceabteilung ist von Vorteil. Dann wird es einfach, sollte einmal ein Problem auftreten. Das hat Technik an sich: Sie kann ausfallen, und ohne Service ist das Gejammer groß.

### Installieren Sie nur Komplettsysteme, niemals Marke Eigenbau!

Technisch gesehen, ist an einem Solargenerator nicht viel falsch zu machen: Solarpaneele, Gleichstromverkabelung, Wechselrichter, Anschluss an die Hauselektrik und ans Stromnetz.

Meint der Laie. Doch die Sache ist etwas kniffliger, vor allem, wenn ein Stromspeicher hinzukommt (der zudem der teuerste Teil der Anschaffung ist). Deshalb ist der Anschluss der Solargeneratoren und Stromspeicher ausschließlich Fachleuten vorbehalten. Doch viele Installateure halten sich für solche Experten, dass sie die Systeme für Ihre Kunden aus einzelnen Komponenten zusammenstellen: Die Solarmodule von Hersteller eins, den Wechselrichter von Hersteller zwei, die Batterie vom dritten Anbieter.

### Nehmen Sie den Importeur in die Haftung!

Damit begibt sich der Installateur auf juristisches Glatteis. Denn nicht immer passen die Systeme in allen Betriebsfällen zusammen. Die Komponentengarantien der einzelnen Hersteller erlöschen jedoch, wenn unpassende Komponenten kombiniert werden. So was steht im Kleingedruckten der Lieferverträge für Solarmodule, Wechselrichter oder Solarakkus.

Wirklich aus dem Schneider ist man nur, wenn die komplette Technik aus einer Hand kommt. Dann wirkt eine Systemgarantie, weil der Installateur nichts falsch anschließen oder übersehen kann. Ein Loblied auf den Installateur, der ein begeisterter Tüftler sein kann. Aber hier gilt es, Job für den Kunden und Hobby klar zu trennen. Eine ordentliche Anlage kommt komplett aus einer Hand – von einem Lieferanten. Marke Eigenbau war gestern!

Solarmodule oder Solarbatterien werden gelegentlich (noch) aus Asien importiert und an europäische Kunden verkauft. Hier muss der Solarkunde



## ValkPro+ system

Geeignet für die Integration in ein Blitzschutzsystem

Das **ValkPro+ Montagesystem** für **Flachdächer** und **Freiflächen** hat viele Vorteile. So ist das ValkPro+ System schnell und einfach zu montieren. Es werden nur wenige Materialien für die Montage benötigt und das Montagesystem eignet sich hervorragend für die Integration in ein **Blitzschutzsystem**. Das ValkPro+ System wurde von DEHN geprüft und erfüllt die Blitzschutzanforderungen gemäß IEC 62561-1. Damit ist gewährleistet, dass das Montagesystem bei korrektem Anschluss über zertifizierte Erdungsklemmen den zu erwartenden Blitzteilströmen nach LPL III (100 kA) standhalten kann.

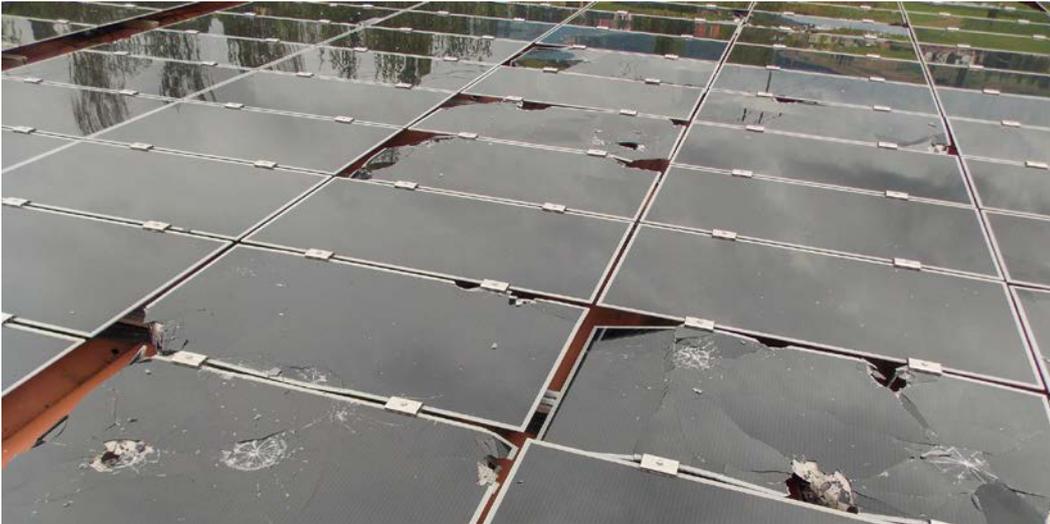
**Wichtig!** Die Integration des ValkPro+ Systems in das bestehende äußere Blitzschutzsystem und damit die Anzahl der Anschlüsse an das äußere Blitzschutzsystem muss immer von einer Blitzschutzfachkraft durchgeführt werden.

Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an **Van der Valk Solar Systems** oder bei Fragen zum Blitz- und Überspannungsschutz an **DEHN**.



Van der Valk Solar Systems  
www.valksolarsystems.com  
info@valksolarsystems.com





Ein Fall für die Versicherung:  
Hagelschäden an einer Dach-  
anlage in Süddeutschland.

wissen, dass der Importeur automatisch in die Produkthaftung des asiatischen Anbieters eintritt, auch wenn er an der Ware nichts verändert.

Schauen Sie sich also genau an, wie solide der Importeur ist. Für ihn gelten im Grunde genommen dieselben Anforderungen wie an den Installateur der Anlage in Ihrem Haus.

## Sichern Sie sich durch Monitoring und regelmäßige Wartung ab

Produkthaftung und Gewährleistung beziehen sich auf Eigenschaften eines Produkts und eventuelle Mängel. Um solche Ansprüche von vornherein zu sichern, sind die korrekte Installation und Inbetriebnahme der Anlage notwendig.

Dazu gehört eine korrekte Dokumentation (PV-Anlagenpass und Speicherpass des BSW-Solar) mit allen erforderlichen Genehmigungen und Unterschriften. Auch die regelmäßige Durchsicht und Wartung der Technik ist essenziell.

Denn die meisten Mängel werden relativ schnell sichtbar. Verfügt die Anlage jedoch nicht über ein professionelles Monitoringsystem, wird niemand den Defekt entdecken. Nicht selten fallen Probleme erst zu spät auf, dann sind Produkthaftung und Gewährleistungen der Hersteller längst verjährt. Auch Garantiefälle bleiben unerkannt.

## Lassen Sie sich die Garantien genau erklären

Neben der gesetzlich vorgeschriebenen Produkthaftung und der Gewährleistung der Hersteller und Importeure gibt es verschiedene Garantien. Sie sind Versprechen der Hersteller für bestimmte Funktionen ihrer Produkte.

So garantieren die Hersteller von Solarmodulen in der Regel, dass die Module nach einer bestimmten Laufzeit höchstens soundso viel Prozent ihrer Leistung einbüßen. Die Anbieter von Stromspeichern garantieren eine Mindestzahl der Ladezyklen (Vollzyklen), die ihre Batterie durchhalten wird.

Auch bei den Batterien ist ein gewisser Schwund der Speicherfähigkeit nach mehreren Jahren normal und wird mit Garantien abgesichert. Hierbei ist zu beachten, wie sinnvoll solche Garantien sind. Kann man sie mit den üblichen Prüfmitteln des Elektroinstallateurs überhaupt nachweisen?

Garantien werden gegeben, um den Verkauf anzukurbeln. Sie werden nicht gegeben, um die Kunden zu schützen. Zumindest keimt dieser Verdacht, wenn man das Kleingedruckte in den Garantiebedingungen etlicher Solaranbieter liest.

Da gab es schon Abmahnungen durch die Verbraucherzentralen! Deshalb sollte man vor dem Kauf genau durchspielen, was im Schadensfall passiert. Nehmen wir an, ein Solarmodul verliert an Leistung oder der Batterie geht die Puste aus

Wem nützt es, wenn die Solarmodule zum Hersteller zu schicken sind, um sie zu testen und – vielleicht – zu reparieren? Wer kommt für die Kosten auf, um die Solarmodule vom Dach zu nehmen?

## Spielen Sie den Schadensfall vorher durch

Wer bezahlt den Aufwand, um sie für den sachgerechten Transport vorzubereiten (sicher gegen Absturz und Stoß auf Paletten) und ins Werk zu schicken (nach Asien, in die USA)? Wer bezahlt die Montage der erneuerten oder Austauschmodule?

Bei Stromspeichern wird es noch komplizierter: Lithiumspeicher gelten als Gefahrgut, sie dürfen nicht einfach mit dem Paketdienst auf die Reise gehen. Hier dürfen nur Installateure und die Hersteller selbst tätig werden. Deshalb kann es nur sein, dass sich die Hersteller der Systeme oder Komponenten verpflichten, selbst in die Bütt zu treten.

Wenn der Installateur mit den üblichen Prüfverfahren feststellt, dass die Module, der Wechselrichter oder die Batterie schwächeln, sind diese Komponenten auszutauschen und sofort zu ersetzen. Sonst liefert die Anlage weniger Strom und der Kunde hat das Nachsehen.

Unser Tipp: Fehlerhafte Wechselrichter und Solarakkus sind vom Garantiegeber innerhalb von 24 Stunden durch Ersatzgeräte auszutauschen – ohne Wenn und Aber!

## Achten Sie auf Rückstellungen der Anbieter

Bei Kauf der Ware sollten Sie als Kunde unbedingt darauf achten, dass die Hersteller ausreichend Rücklagen bilden, um im Falle der Insolvenz auch weiterhin den Service für ihre Produkte zu sichern.

Je teurer ein Produkt in der Anschaffung ist, desto wichtiger werden solche Details. Denn rutscht der Batterieanbieter oder der Modulhersteller in die Pleite, bleiben die Installateure und ihre Kunden auf defekten Produkten sitzen. Kein Richter der Welt kann daran etwas ändern!

## Testen Sie Ihren Versicherer!

Menschen werden versichert (Krankenkasse, Rentenkasse, Pflegeversicherung, Unfallversicherung, Reiseversicherung fürs Ausland, Haftpflichtversicherung, Lebensversicherung). Autos werden versichert (Kfz-Versicherung), Hausgeräte werden versichert (Hausratversicherung), ebenso technische Produkte und Häuser.

Solaranlagen und Stromspeicher sind in der Regel nicht über die Gebäudeversicherung abgedeckt, weil sie nicht zum Baukörper gehören. Deshalb schließt man beim Kauf einer Solaranlage und eines Solarakkus eine spezielle Versicherung ab.

Das sollte eine Allgefahrenversicherung sein, die sich auf den Minderertrag der Solargeneratoren und die Speicherkapazität des Stromspeichers bezieht. Im Schadensfall sollte der Versicherer unkompliziert für die Kosten (alle Kosten: Demontage, Transport, Remontage und so weiter) aufkommen, auch wenn die Schuldfrage noch zu klären ist. Testen Sie den Versicherer, bevor Sie eine Police unterschreiben. Rufen Sie probenhalber bei der Hotline an.



Bisspuren an der Solarverkabelung auf dem Dach. Auch das war ein Marder.

Foto: Kleine

Laden Sie den regionalen Versicherungsagenten auf eine Tasse Kaffee zu sich ein, um sie oder ihn mit konkreten Fragen zu löchern. Bilden Sie sich selbst ein Urteil: Sind Ihre Versicherungspartner vertrauenswürdig? Gute Versicherer verbünden sich mit den Installateuren, indem sie Handwerksbetriebe mit hoher Installationsqualität zertifizieren, oft in Zusammenarbeit mit dem TÜV.

### Klären Sie die Rücknahme und das Recycling!

Ein wunder Punkt ist (leider immer noch) die Rücknahme ausrangierter Produkte, deren Lebenszeit abgelaufen ist. Denn trotz aller Warnungen laufen die meisten der mehr als zwei Millionen Photovoltaikanlagen in Deutschland völlig problemlos, auch die meisten Stromspeicher für Eigenheime funktionieren tadellos – auch wenn es bislang erst einige Zehntausend sind.

Am Ende ihrer Lebensdauer sind sie von der Industrie zurückzunehmen. Und zwar ohne Kosten für den Solarkunden! Solarmodule, Verkabelung und Wechselrichter gelten als Elektronikschrott, die gesetzlichen Vorschriften sind eindeutig, ebenso für Batterien. Der Installateur nimmt die Paneele vom Dach – vielleicht nutzt er die Gelegenheit, um neue, leistungsstärkere Solarmodule aufzulegen.

### Batteriewechsel wird künftig normal

Und die alte Batterie wird durch eine neue ersetzt. Manche Anbieter haben den Tausch der Batteriezellen nach einer bestimmten Zeit bereits am Anfang eingepreist. Als Faustregel gilt: Der Wechselrichter heißt so, weil er im Laufe von 20 Jahren (Laufzeit der Solarmodule) mindestens einmal gewechselt werden muss.

Und die Solarakkus werden derzeit für höchstens zehn Jahre garantiert, also muss man sie auch mindestens einmal erneuern. Strafbar macht sich, wer Solarmodule oder Batterien über den Hausmüll oder gar in der Natur entsorgen will. Da alle Solarkomponenten und die Akkus über individuelle Produktcodes verfügen, lässt sich der Eigentümer in der Regel sehr schnell ermitteln.

### Lassen Sie sich vom Fachhandwerker beraten

Fragen Sie Ihren Installateur, bevor er mit dem Einbau der Anlage beginnt. Lassen Sie sich die Fragen schriftlich beantworten oder fertigen Sie während des Gesprächs ein kleines Protokoll an. Das Protokoll bewahren Sie mit den technischen Unterlagen der Anlage auf.

Besprechen Sie vorab den Aufwand und den Nutzen von Blitzschutz, von Reinigung und Durchsichten. Ein Wartungsvertrag kann nützlich sein, zumindest für die ersten Betriebsjahre des Solargenerators. Fragen Sie Ihren Installateur ebenso, welche Erfahrungen er mit besonderen Risiken in Ihrer Region hat. Das können Unwetter, Hagelschäden, Tierfraß oder Überflutungen sein. Dann steht einer vertrauensvollen Zusammenarbeit nichts im Wege.



Foto: GridParity AG

## Schöner Parken mit PV-Carports

**GridParity** ■ Die transparenten PV-Dächer vom Marktführer in Deutschland sind 1000-fach bewährt: auf PV Terrassen, PV Carports und AgriPV Anlagen.

Das mehrfach preisgekrönte Unternehmen produziert seit 2012 attraktive PV-Bausätze, wie PV-Carports und PV-Terrassenüberdachungen in Kombination mit semitransparenten Doppelglas Modulen. Diese sind nach EN12600 zur Überkopfmontage zertifiziert.

Ein weiterer Bereich sind große, architektonisch ästhetische PV-Parkplatzüberdachungen bspw. für Kommunen, Gemeinden, Stadtwerke, Supermärkte, Freizeiteinrichtungen etc.

### Agri-PV-Module bieten Schutz für Pflanzen

Auch AgriPV Systeme für die Integration der Photovoltaik auf landwirtschaftlichen Flächen bei gleichzeitiger Erhaltung der Nutzfläche finden sich im Portfolio. Die speziell dafür konzipierten Agri-PV-Module bieten den darunter wachsenden Pflanzen optimalen Schutz und lassen trotzdem genügend Sonnenlicht durch.

Stöbern Sie auf der GridParity Homepage nach Ihren Favoriten und nehmen Sie direkt Kontakt auf.

#### Kontakt:

GridParity AG

+49 8131 3307 560

info@gridparity.ag

► [www.gridparityag.com](http://www.gridparityag.com)

Gerätschaften zur manuellen Reinigung von Solargeneratoren.



Foto: Kärcher

## Nicht nur sauber, sondern rein

**7 Tipps** ■ Putzen ist ein Volkssport: Die Wohnung wird geputzt, das Auto, mancher putzt seine Schuhe – oder die Brille. Auch Solargeneratoren brauchen gelegentlich eine Reinigung, vor allem im Frühjahr. Doch Vorsicht! Das ist kein Volkssport, sondern eine Sache für Profis!

Solargeneratoren brauchen weder Wartung noch Pflege: Jahrelang wurde dieses Märchen verbreitet, die Realität sieht anders aus. Solargeneratoren bestehen aus Solarmodulen, und diese wiederum haben große Glasflächen.

Je nach Ort und Nachbarschaft müssen die Frontgläser gereinigt werden – manchmal nur einmal in mehreren Jahren, manchmal in jedem Frühjahr, manchmal alle paar Wochen oder nie. Das hängt davon ab, wie stark die Verschmutzungen den erhofften Solarertrag schmälern.

### Im Frühjahr checken, auch wenn es keine sichtbaren Mängel gibt

Jeder Solargenerator – ob am Boden montiert, auf dem Dach oder an der Fassade – sollte zu Beginn des Frühlings einer Durchsicht durch kundige Augen unterzogen werden. Die elektrischen Daten (U-I-Kennlinie) sind zu überprüfen, ebenso sollte der Installateur den Blitzschutz kontrollieren.

Die Sichtprüfung der Anlage ist wichtig, um sich einen aktuellen Eindruck von ihrem Zustand zu verschaffen. Starke Winde oder Eis können den Generator im Winter beschädigt oder bewegt haben, das lässt sich bei einer Begehung leicht feststellen. Wichtig ist auch, dass der Referenzsensor der Anlage frei zugänglich und sauber ist. Schrauben und Stecker sind zu kontrollieren. Die Schrauben sollten fest sitzen, die Stecker ebenso – ohne dass Wasser eingedrungen ist.

Bei einer Begehung sollte zumindest stichprobenartig geprüft werden, ob die Anschlussdosen der Module unversehrt sind. Bei dieser Gelegenheit lässt sich mit einem Blick erkennen, ob die Anlage verschmutzt ist. Ob und wie stark eine Verschmutzung die Ausbeute an Sonnenstrom vermindert, lässt

sich sehr leicht aus den elektrischen Daten ersehen. Danach kann der Installateur gemeinsam mit seinem Kunden entscheiden, ob eine Reinigung sinnvoll ist.

### Art und Stärke der Verschmutzung analysieren

Ob Solarmodule verschmutzen, hängt von den Gegebenheiten vor Ort ab. Normalerweise ist das Problem unkritisch, verschmutzen die Module kaum. Befinden sich in der Nachbarschaft jedoch ein Sägewerk oder ein Kuhstall, bilden sich auf den Modulen unter Umständen erhebliche Dreckschichten. Ursache können feine Stäube sein (Sägewerk).

Wenn es regnet, verbindet sich der Staub mit dem Niederschlag zu einem schmierigen, klebrigen Brei. Er trocknet und heizt sich während des Betriebs der Solarmodule zusätzlich auf. Weil die verschmutzten Stellen dunkler sind, heizen sie sich mehr auf als die Solarmodule während des Betriebs ohnehin. Staub und Dreck setzen sich vorzugsweise an der Rahmenkante der Module fest, die am Schrägdach unten sitzt.

### Besondere Anforderungen bei Tierställen

Viehwirtschaft setzt sehr viel Ammoniak frei, als Ausdünstung von Schweinen, Kühen oder Geflügel. Das Ammoniak verbindet sich mit Stäuben in der Luft und setzt sich auf den Solarmodulen als dicker, fester Film ab, der vorbeifliegenden Staub förmlich anzieht. Ihm ist mit Wasser allein kaum beizukommen.

Auch produzierendes Gewerbe in der Nachbarschaft kann die Solaranlage stark verschmutzen, etwa durch Stäube aus einer Gießerei oder Emissionen eines Kraftwerks. Je nach Art und Grad der Verschmutzung sollte man ei-



Die Reinigung der Solarmodule ist Fachfirmen vorbehalten. Sie lassen sich die Verfahren von den Modulherstellern zertifizieren.



Foto: Schneeweis

**Prüfender Blick des Wartungstechnikers, bevor er mit der Reinigung beginnt.**

nen Reinigungsplan entwerfen, damit der Solargenerator regelmäßig gepflegt wird. Nicht zu vergessen: Auch Tierkot (Vögel, Mäuse, Marder, Waschbären) oder Nester gelten als Verunreinigung, die bei der Inspektion gefunden werden. Es ist zu prüfen, inwieweit solche Verschmutzungen durch Drahtzäune oder andere Zugangssperren künftig vermieden werden.

## Solarmodule sind keine Fenster

Viele Eigentümer von Solaranlagen rücken ihren Solarmodulen ziemlich unbedarft zu Leibe: mit Spülwasser, Lappen und Bürste. Aber ein Solarmodul ist kein Fenster oder der Küchentisch! Dass die Module mit Glas versiegelt sind, darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass es sich in der Regel um Spezialglas handelt.

Oft ist es mit einer unsichtbaren, hauchfeinen Antireflexschicht überzogen. Wer den Staub einfach abwischen oder abbürsten will, riskiert die Garantien des Modulherstellers. Denn die Modulhersteller geben in der Regel genaue Anweisungen, wie ihre Solarmodule gereinigt werden sollen. Das ist manchmal übertrieben akribisch gefordert, als ob man die Module mit der Zahnbürste reinigen soll. Deshalb ist die Reinigung stets dem Installateur zu überlassen. Er sorgt dafür, dass Ihre Module sauber werden und die Garantie erhalten bleibt – unter Umständen nach Rücksprache und Freigabe durch den Modulhersteller.

Meist reichen die Tricks der Haushaltsreinigung ohnehin nicht aus, um verschmutzte Module zu säubern. Dafür braucht man kalkfreies (entkalkt, entsalzt), faktisch destilliertes Wasser und spezielle Lösungsmittel, die keine Rückstände hinterlassen.

## Tricks aus dem Haushalt reichen nicht aus

Gereinigt wird ein Solargenerator erst, wenn die Module kühl sind, also am späten Abend oder am Morgen, bevor die Sonne an Kraft gewinnt. Sonst sind die Module zu warm, das Putzwasser hinterlässt störende Flecken, auf denen sich der Schmutz besonders gern sammelt.

Auch sollte man es unbedingt vermeiden, in der Sonne stromende Module mit kaltem Wasser zu schockieren. Die thermischen Spannungen können die Gläser und die Zellen zerstören. Viele Solarmodule haben sensible Antireflexbeschichtungen auf der Oberfläche – eine Grund mehr, dem Profi Vortritt zu lassen.

## Dacharbeiten korrekt absichern!

Es gibt noch einen weiteren Grund, warum man die Modulreinigung einem Profi überlassen sollte: In der Regel befinden sich die Solarmodule auf dem Dach. Dacharbeiten sind grundsätzlich abzusichern, indem man Fangnetze aufspannt oder gar ein Gerüst an das Haus stellt.



Foto: Schneeweiß

**Befinden sich in der Nachbarschaft Ställe oder ein Sägewerk, kann die Verschmutzung der Solarmodule erheblich sein.**

Die reinigende Person sollte durch eine persönliche Schutzausrüstung (PSA) gesichert sein, ebenso durch Seile, Geländer, Netze und stabile Leitern.

Bei der Anlageninspektion im Frühjahr kann man die Reinigung gleich mit erledigen, wenn der Installateur ohnehin eine Absturzsicherung aufgebaut hat, um die Anlage technisch durchzuprüfen und gegebenenfalls Teile zu wechseln.

Nicht zu unterschätzen: Solaranlagen sind elektrische Systeme. Kommen sie auf unsachgemäße Weise mit Wasser in Berührung, drohen Stromschläge oder Kurzschlüsse, vor allem bei verborgenen Defekten an Steckern und Verkabelung. Also muss der Fachmann ran!

Und noch etwas: Auch wenn Solarmodule robust aussehen, sollte man weder auf ihnen herumlaufen noch darauf knien. Unter dem Deckglas liegen fragile Solarzellen, die leicht brechen können, wenn sich das Glas zu stark durchbiegt. Die Brüche sind oft nur mikroskopisch und mit dem bloßen Auge nicht zu erkennen.

### Reinigung dokumentieren

Die Ergebnisse des Frühjahrsputzes und weiterer Reinigungen sind in der Anlagendokumentation zu protokollieren. Eigentlich sollte man die Reinigung abschließen, indem man die Ertragsdaten neu bestimmt. Daran lässt sich erkennen, ob die Reinigung den Solarertrag tatsächlich verbessert hat.

Auf diese Weise kann man auch erkennen, ob nicht vielleicht andere Gründe vorliegen, die den Ertrag schmälern, etwa technische Fehler in der Verkabelung.

### Arbeiten dem Fachmann überlassen

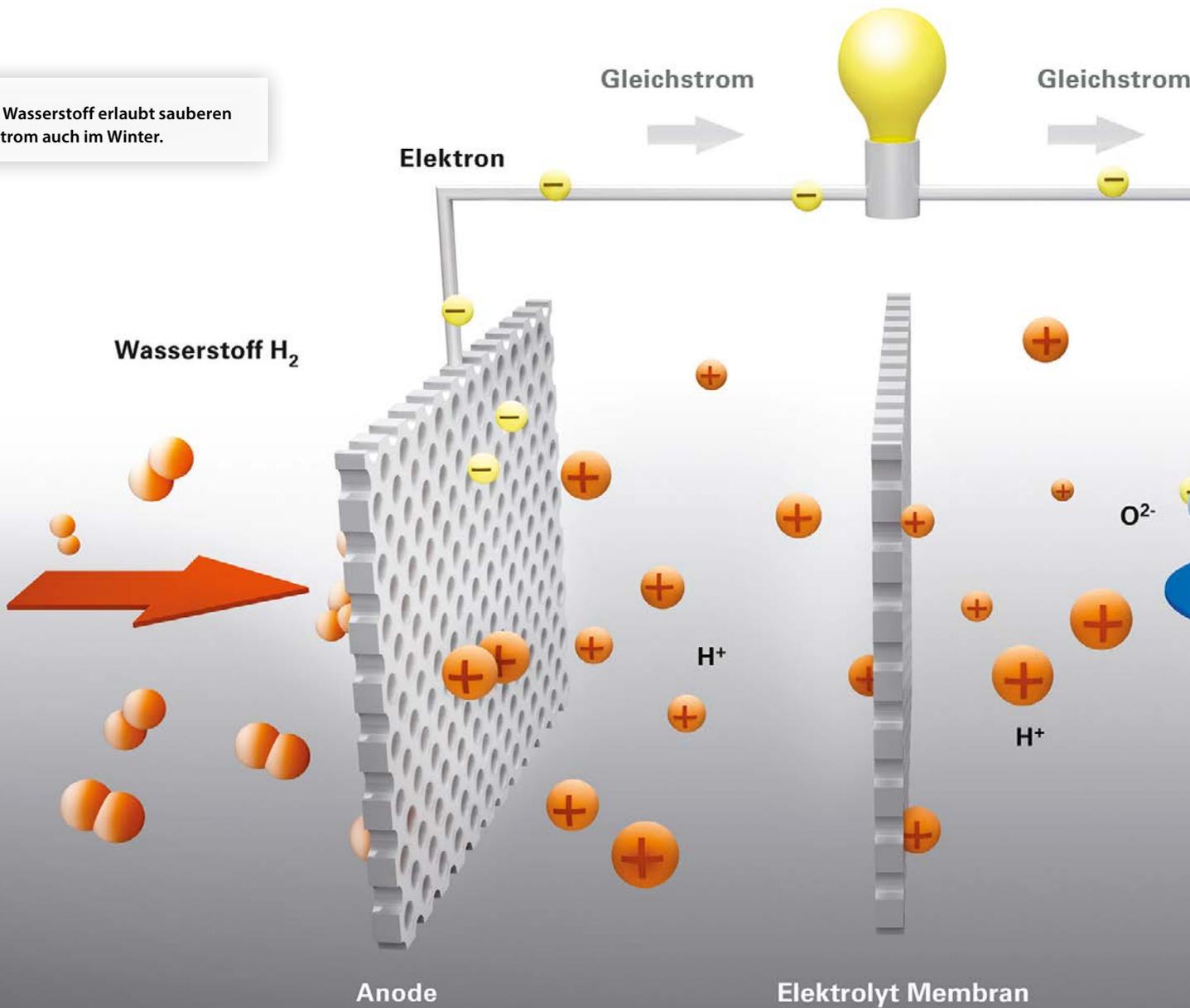
Waren Sie mit dem Installateur Ihres Solargenerators zufrieden, schließen Sie unbedingt einen langfristigen Wartungsvertrag mit ihm ab, der auch die gelegentliche Reinigung beinhaltet. Qualitätsbewusste Installateure bieten das ohnehin mit an.

Dann brauchen Sie sich kein Kreuzchen in den Kalender zu machen. Ein guter Installateur wird die Ertragsdaten Ihres Sonnengenerators laufend überwachen, meist aus der Ferne übers Internet. Dann fällt auch auf, ob eine Verschmutzung vorliegt.

Der Installateur wird bei größeren Anlagen einen spezialisierten Dienstleister beauftragen, das ist vor allem bei stärkerer Verschmutzung zu empfehlen. Nur die sachgemäße, vom Modulhersteller zertifizierte Reinigung durch den Fachbetrieb schließt Risiken aus. Nur dann bleibt die Modulgarantie erhalten.

Wer die Solarmodule – in guter Absicht – selber reinigt, verliert unter Umständen die Garantien. Und riskiert Folgeschäden aufgrund unsachgemäßer Säuberung.

Grüner Wasserstoff erlaubt sauberen  
Eigenstrom auch im Winter.



## Autark ohne Stromnetz

**13 Tipps** ■ Der technische Fortschritt macht es möglich: Kombiniert man Solarstrom mit einer ausreichend großen Brennstoffzelle, einem BHKW und Stromspeichern, lässt sich das Eigenheim autark versorgen, energetisch gesehen. Richtig wirtschaftlich wird das, wenn auch die Autos elektrisch betrieben werden – mit selbst erzeugtem Strom. Aber: Die Idee hat einige Fallstricke, die man unbedingt beachten sollte.

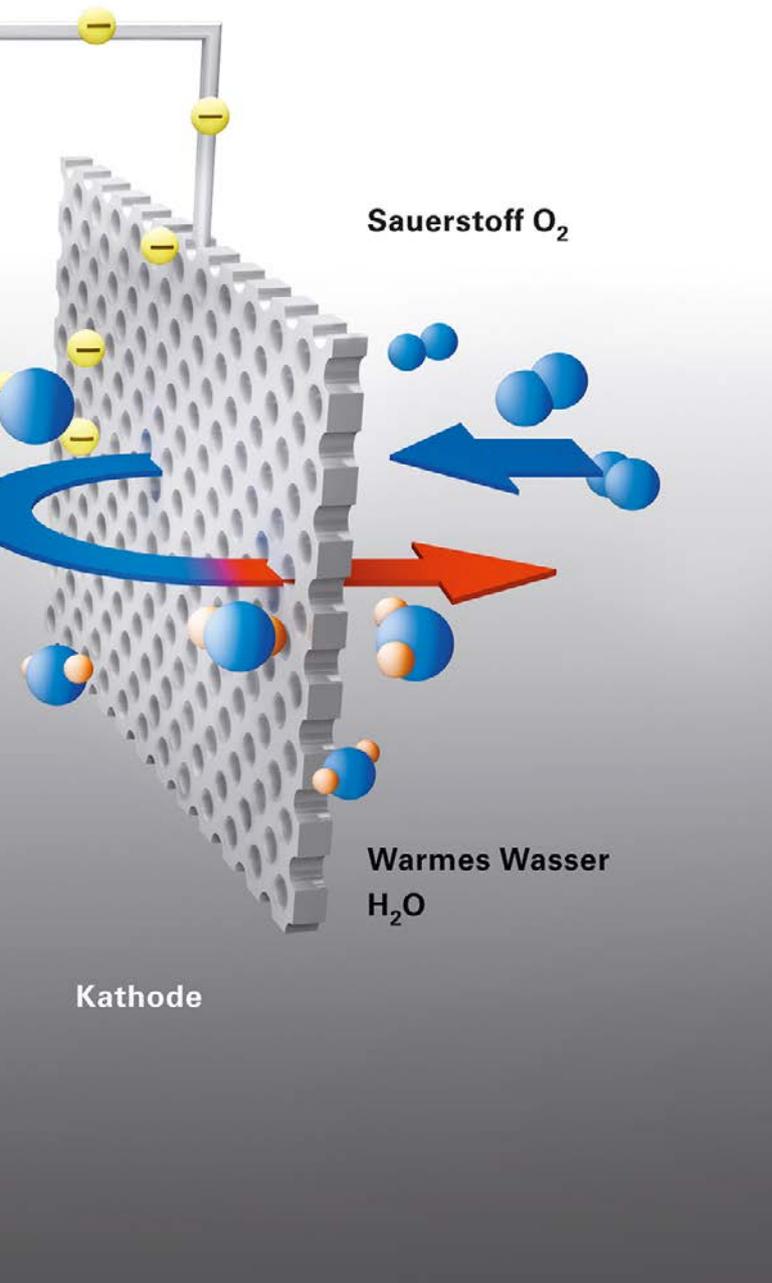


Foto: Vessmann

In der Wärmeversorgung gilt Autonomie längst als Standard, in diesem Segment ist die Versorgung über Netze (Fernwärme) lediglich in Großstädten ein Thema. Anders beim elektrischen Strom: Bis vor wenigen Jahren kam elektrischer Strom übers Stromnetz ins Haus. Mit der Photovoltaik ändert sich das. Nun kann jeder seinen eigenen Strom erzeugen. Was liegt näher, als sich komplett vom Netzversorger abzunabeln?

### Kosten und Risiken der Netzversorgung analysieren

Wer sich in der Stromversorgung unabhängig machen möchte, sollte zunächst ermitteln, welche Kosten und Risiken im Netzanschluss stecken. Die

meisten Eigenheime in Deutschland sind an dreiphasige Niederspannungsnetze angeschlossen. Der Hauszähler gehört in aller Regel dem regionalen Grundversorger.

Bis zum Sommer 2022 kassierte der Staat bei jeder Kilowattstunde selbst erzeugtem Solarstrom ab. Zudem wurde Mehrwertsteuer auf Sonnenstrom fällig, weil Wechselstrom theoretisch gehandelt werden kann – auch wenn man ihn im eigenen Haus nutzt. Mit dem EEG 2023 sind alle Anlagen bis 30 Kilowatt von solchen bürokratischen Hürden befreit – wenn die Anlage nach 1. Januar 2023 installiert und in Betrieb genommen wird. Für ältere Anlagen lohnt sich im Zweifelsfall eine Nachfrage bei der Verbraucherzentrale.

Um sich unabhängig zu machen, braucht man möglichst viel Fläche, die sich für Solargeneratoren nutzen lässt. Man braucht mindestens so viel, dass im Sommer der gesamte Bedarf an Haushaltsstrom und Warmwasser gedeckt wird, bis möglichst weit in die Übergangszeit hinein.

### Dächer und andere Flächen ermitteln

Auch den Strombedarf für elektrische Fahrzeuge (Rollstühle, Rasenmäher, Pedelecs, Autos und so weiter) sollte man möglichst lange mit Photovoltaik decken. Je mehr die Solargeneratoren abdecken (auch in kühlen oder regnerischen Jahren), desto weniger muss man aus einem zweiten Generator erzeugen.

Machen wir es kurz: Wer sich unabhängig machen will, sollte alle verfügbaren Dächer und Fassaden für Solarstrom nutzen. Vielleicht auch die Pergola oder das Gewächshaus im Garten.

### Strombedarf im Winter ermitteln

Kritisch ist die komplette Eigenversorgung im Winter, wenn der Sonnenstrom vom Dach nicht mehr ausreicht. Dann muss in der Regel ein Blockheizkraftwerk (BHKW) einspringen. Es nutzt Diesel oder Erdgas als Brennstoff, um Strom und Heizwärme zu erzeugen.

Die Heizwärme ist die Abwärme des Motors, der den Generator treibt. Diese Wärme lässt sich gut zur Heizung nutzen. Der Drehstrom aus dem BHKW versorgt das Gebäude in der lichtschwachen Jahreszeit. Zudem erzeugt die Photovoltaikanlage keinen Strom, wenn Schnee auf den Solarmodulen liegt. Echte Autarkie ist somit nur mit Brennstoffzellen möglich, die seit einigen Jahren zunehmend in den Markt eintreten.

Noch werden sie mit Erdgas gespeist, künftig jedoch mit grünem Wasserstoff. Es gibt bereits einen Anbieter aus Deutschland, der ein Komplettsystem zur Versorgung von Wohnhäusern mit Solartechnik, Brennstoffzelle und Wasserstoffspeicher entwickelt hat und über seine Fachpartner erfolgreich installiert.

### Das richtige Tandem finden!

Ohne Photovoltaik ist Unabhängigkeit nur möglich, wenn man viel Erdgas oder Diesel verbrennt. Deshalb gilt: Je mehr Solargeneratoren installiert werden, desto kleiner kann das BHKW oder die Brennstoffzelle ausfallen. Im Prinzip legt man den zweiten Generator auf den Winterbedarf aus.

Die Grenze für den Energieerzeuger im Winter ist der Bedarf des Hauses an Heizwärme – wenn die Heizung mit klassischen Radiatoren oder anderen wassergeführten Heizkörpern ausgeführt wird. Wird das Haus ausschließlich elektrisch beheizt, entscheidet der Winterstrombedarf über die elektrische Leistung und damit die Größe des BHKW, das mindestens benötigt wird.

Unser Tipp: Wirklich autark wird ein Gebäude nur, wenn es komplett solarelektrisch versorgt wird. Dann braucht man auch keine fossilen Brennstoffe mehr für die Wärme im Winter.

Wie gut Solargeneratoren, Brennstoffzellen und Motorgeneratoren miteinander agieren, hängt entscheidend von den verfügbaren Speichern für den erzeugten Strom und die Abwärme des BHKW ab. Prinzipiell können Photovoltaikanlage und BHKW in die gleiche Solarbatterie speisen.

## Die Stromspeicher großzügig auslegen

Vom Motor-BHKW wird die Solaranlage über Wechselstrom an den Akku geführt. Das sollte dann ein dreiphasiger Akku sein, ausreichend groß, um auch viel Sonnenstrom im Sommer gut zu puffern.

Eine Brennstoffzelle kann theoretisch Gleichstrom in den Speicher führen, weil sie wie die Solarzellen ein Gleichspannungssystem ist. Es ist aber problemlos möglich, die Brennstoffzelle als Kompaktsystem mit eingebautem Wechselrichter an eine AC-Batterie anzuschließen.

Der thermische Pufferspeicher für die Heizung im Winter bemisst sich nur nach der Abwärme des BHKW (thermische Leistung) und dem Heizregime im Haus. Warmwasser sollte stets elektrisch erzeugt werden, um das thermische System und das BHKW im Sommer komplett stilllegen zu können.

## Unbedingt auf Elektromobilität umsteigen!

Besonders wirtschaftlich ist die Selbstversorgung, wenn man auch die Autos und alle anderen Fahrzeuge im Haushalt auf elektrische Antriebe um-

stellt. Dann kann man die Autobatterien als Zwischenspeicher für den Strom nutzen.

Mit bidirektionalen Ladesystemen kann ein solches Elektroauto ins Haus zurückspeisen. Der Vorteil: Man kann den stationären Stromspeicher im Haus viel kleiner bauen, spart an dieser vergleichsweise teuren Komponente. Das meiste Geld geben private Haushalte in der Regel für Aufwendungen aus, die mit dem Auto zusammenhängen. Das ist in erster Linie der Sprit. Tankt das Auto seine Energie direkt am Haus, kann sich ein solches Selbstversorgungssystem innerhalb weniger Jahre rechnen.

## Auf minimalen Brennstoffbedarf auslegen

Ein BHKW braucht einen Brennstoff, er muss ins Haus kommen. Das können Tanks (Diesel, Gas) sein oder verrohrte Leitungen zum örtlichen Gasnetz. Die Preisentwicklung fossiler Brennstoffe ist schwer vorherzusagen, zeigt tendenziell aber nach oben.

Deshalb sollte das Gesamtsystem auf minimalen Brennstoffbedarf ausgelegt sein. Lieber mehr Photovoltaik auf die Dächer bringen, lieber den Strom-

### 365 TAGE SONNE

## Sonne auch im Winter nutzen

Das Bestreben nach einer unabhängigen und CO<sub>2</sub>-freien Energieversorgung wächst. Wasserstoff wird in Deutschland und der EU als essentieller Bestandteil der Energiewende gesehen. Familie Funck setzt im Bereich der Eigenheime auf den weltweit ersten Ganzjahres-Stromspeicher Picea.

In Gräfelfing bei München steht ein im Jahr 2020 fertiggestelltes Haus, das sich eigenständig mit Strom versorgt und damit zu den ersten 100 Eigenheimen in Deutschland zählt, die sich für den Kauf einer picea entschieden haben. Familie Funck ist damit nun in der Lage, ihren jährlichen Haushaltsstromverbrauch von 4.500 Kilowattstunden komplett selbst zu erzeugen.

Aufmerksam auf den innovativen Ansatz der HPS Home Power Solutions wurde Ben Funck auf einer Fachmesse in München. „Das muss ich unbedingt haben! Den Gedanken, komplett stromautark zu werden, fand ich schon echt genial“, erinnert sich der Marketingspezialist, der bereits früh im Bereich Umweltschutz und Smart Cities Erfahrung sammelte. Nach der Entscheidung für eine Photovoltaikanlage suchte das Ehepaar lange nach einem autarken System, das es ermöglicht, Solarenergie über das gesamte Jahr hinweg zu nutzen.

Beim Aussteller HPS erfuhren sie vom wasserstoffbasierten Heimspeichersystem Picea und waren sofort begeistert. Im Vergleich zu reinen Batteriespeichersystemen kann Picea durch die Nutzung von Wasserstoff die 100-fache Menge an elektrischer Energie speichern. Im Haus steht die kompakte Picea-Energiezentrale und außerhalb des Hauses der Wasserstoffspeicher für die saisonale Energiespeicherung. Auf kleinstem Raum wird so der Traum einer unabhängigen Energieversorgung realisiert.

Mittlerweile lässt sich das System auch mit Wärmepumpen kombinieren, um Wohngebäude weitgehend autark zu versorgen. Denn echte Autarkie ist kein Hexenwerk mehr, sondern durchaus machbar.

► <https://www.homepowersolutions.de>



Familie Funck vor ihrer Picea-Energiezentrale.

# Localized Service

Shortest Distance  
Fastest Response



speicher etwas größer wählen! Die Tanks brauchen regelmäßige Durchsicht, auch die Gasleitungen müssen einmal im Jahr von einem Experten begutachtet werden. Alle zwölf Jahre ist die Gasanlage testweise abzudrücken.

Man kann Überschussenergie aus dem Sommer über einen Elektrolyseur in Wasserstoff wandeln, der bei 200 oder 300 bar in Tanks gesammelt wird. Im Winter wird dieses Speichergas wiederum in einer Brennstoffzelle verstromt. Solche Systeme sind am Markt bereits verfügbar und werden in den kommenden Jahren an Bedeutung gewinnen – auch für kommerzielle Anwendungen in größeren Gebäuden oder Gebäudeensembles.

## Abwärme nicht unterschätzen!

Ein BHKW mit Verbrennungsmotor (Diesel, Erdgas) erzeugt Abwärme, auch wenn man sie nicht braucht. Der Motor ist wassergekühlt, wenn man die Abwärme für die Heizung nutzen will. Luftgekühlte Motoren sind die Ausnahme, weil man sehr große Ventilatoren und entsprechende Luftmengen braucht (große Querschnitte der Zuluftkanäle, störende Geräusche), um die Wärme abzuführen.

Man sollte sich vor Kauf des BHKW genau überlegen, auf welche Weise sich die Abwärme nutzen lässt. Wer keine hydraulische Heizung im Haus hat und elektrisch heizen will, sollte lieber eine Brennstoffzelle nutzen.

## Brennstoffzellen: Kalte BHKW sind im Kommen!

Brennstoffzellen sind BHKW ohne oder mit geringer Abwärme. Mittlerweile sind sie technisch ausgereift, aber in der Anschaffung noch relativ teuer. Allerdings werden Kauf und Einbau durch den Bund stark gefördert.

Brennstoffzellen nutzen die kalte Fusion von Wasserstoff und Sauerstoff an einer Membran aus, um elektrische Energie zu gewinnen. Bisher nutzen die meisten am Markt verfügbaren Brennstoffzellen das bekannte Erdgas als Brennstoff.

Zunächst wird es durch einen Reformier geleitet, in dem die Kohlenwasserstoffe (zum Beispiel Methan) in Wasserstoff und Sauerstoff reduziert werden. Solche Geräte sind derzeit noch sehr teuer. Es ist jedoch zu erwarten, dass die Preise langsam und stetig sinken.

Der unschlagbare Vorteil: Brennstoffzellen bleiben kalt, es gibt kein Problem mit der Abwärme. Kombiniert man sie mit Photovoltaik, kann man Strom, Heizwärme, Warmwasser und Mobilität komplett mit elektrischer Energie abdecken – im Sommer mit Solargeneratoren, im Winter mit der Brennstoffzelle, in der Nacht aus dem Stromspeicher. Dann gibt es auch kein Problem mit Abgasen mehr.

Vom TÜV geprüfte Tanks für Wasserstoff (300 bar) sind bereits erhältlich. Die Edelstahlleitungen für den Wasserstoff vom Tank zum Elektrolyseur und zur Brennstoffzelle werden möglichst kurz gehalten. Sie haben nur wenige Millimeter Rohrdurchmesser, fallen im Gebäude also kaum auf. Auf diese Weise ist es möglich, Sonnenstrom aus dem Sommer in Form von Wasserstoff für den Winter zu speichern.

## Abgas ist der Pferdefuß eines BHKW

Brennstoffzellen, die Wasserstoff in Strom umwandeln, erzeugen keine Abgase. Am Ende des Prozesses entsteht Wasser, das im geschlossenen Kreislauf wieder in den Elektrolyseur geführt wird – um dort erneut in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten zu werden.

Bei Brennstoffzellen mit Erdgas wird der Kohlenstoff im Reformier vom Methan abgespalten, um Wasserstoff für die Brennstoffzelle zu erzeugen. Auch hier entsteht kein Abgas.

Dagegen braucht jeder Verbrennungsmotor im BHKW eine Luftzufuhr, und er braucht eine Abgasleitung, unter Umständen sogar eine Abgasreinigung. Denn Feinstaub und Ruß sind bei Aggregaten mit Diesel oder Holz als Brennstoff ein Problem.

Die geringsten Emissionen setzen Gasmotoren frei, die mit Erdgas laufen. Sauber kann man sie trotzdem nicht nennen. Generell braucht ein BHKW für den Anschluss und Betrieb die Freigabe des zuständigen Kaminkehrers, auch Schornsteinfeger genannt. Er schlüpft regelmäßig durchs Haus, um das Ag-

## Share-Home

One-Stop  
Residential  
Energy  
Solution



gregat, die Abgasleitungen, Kamine und gegebenenfalls Filter zu überprüfen. Photovoltaik braucht Wartung, aber nur wenig. Ein Motor-BHKW hingegen muss alle paar Monate durchgesehen und gesäubert werden. Die Verbrennung im Innern erreicht mehr als 1.000 Grad Celsius, Zündung und Kontakte sind zu pflegen.

## Wartungskosten vorher ermitteln!

Alle zwei Jahre wird ein BHKW gründlich durchgesehen, um Verschleißteile auszuwechseln, das Spiel der Lager neu einzustellen und so weiter. Das heißt: Wer diese Technik wählt, muss sich auf vielfältigen Besuch durch Fachinstallateure oder Kaminkehrer einstellen.

Zudem ist das BHKW eine kritische Komponente, wie der Wechselrichter der Photovoltaikanlage: Wenn es ausfällt, gibt es keine Energie. Dann wird es dunkel im Haus, dann läuft auch die Heizung nicht mehr. Glücklicherweise ist, wer dann noch so viel Strom im Akku seines Handys hat, dass er den Techniker-

vice anrufen kann. Deshalb sollte man unbedingt einplanen, dass es bei Ausfall der Technik eine gewisse Überbrückung gibt. Im Sommer ist es unter Umständen kein Problem, für ein paar Stunden auf Strom zu verzichten, Wärme wird ohnehin nicht benötigt.

Außerdem gibt es ja den Stromspeicher (Solarakku), der Notstrom liefern kann. Im Winter hingegen kann die Sache kritisch werden. Wenn das BHKW aus irgendeinem Grund seinen Geist aufgibt, stehen weder Strom noch Wärme zur Verfügung. Auch kann man ein BHKW aufgrund der aufwendigen Verrohrung (Wasserkühlung, Abgas, hydraulische Anschlüsse an den Pufferspeicher) nicht einfach austauschen.

## Notstrom und andere Backups planen!

Dafür sollte ein kleiner Notfallbrenner (Gastherme) oder ein Scheitholzkamin (mit Wassertasche) bereitstehen. Kleine Notstromaggregate für Benzin gibt es für wenige Hundert Euro zu kaufen. Sie lassen sich im Ernstfall schnell



Dieses Brennstoffzellengerät hat eine elektrische Leistung von 1,5 Kilowatt. Es kann im Jahr rund 13.000 Kilowattstunden erzeugen – aus Erdgas.

anwerfen, um zumindest den Notstrom abzudecken und den Batteriespeicher neu zu laden.

Besser ist es, Brennstoffzellen für den Winterstrom zu nutzen. Um Sicherheit gegen technische Probleme zu haben, sollten zwei kleinere Geräte parallel (als Kaskade) laufen. Fällt ein System aus, steht dennoch ausreichend Energie bereit.

### Mit Gleichstrom versorgt

Photovoltaik, Stromspeicher, Brennstoffzellen und die Antriebsbatterien der E-Autos: Das sind allesamt Systeme, die Gleichspannung und Gleichstrom erzeugen und nutzen – wie Laptops, Pedelecs, LED oder, oder, oder ... Deshalb ist es theoretisch möglich, sich in der Gebäudeversorgung nicht nur vom Hauszähler, sondern auch vom Wechselstrom zu verabschieden. Das hat mehrere Vorteile: Die Elektroplanung und die Absicherung der elektrischen Anlage mit Sicherungen wird einfacher.

Es gibt keine Probleme mehr mit elektromagnetischen Wechselfeldern (EMV). Die Wandlungsverluste durch Wechselrichter oder Netzteile entfallen, die Energie wird besser ausgenutzt.

### 48 oder 60 Volt DC reichen aus

Im Gebäude reichen fortan 48 Volt oder 60 Volt aus, um alle elektrischen Systeme zu versorgen. Solche niedrigen Spannungen sind viel ungefährlicher als 220 Volt/50 Hertz aus dem Stromnetz. Wechselstrom wird nur noch benötigt, um Reststrom aus dem Stromnetz zum Gebäude zu bringen.

Der Wechselrichter der Solaranlage mutiert zum Umrichter am Hauszähler. Der Nachteil: Die meisten Elektroplaner und Elektroinstallateure sind auf AC-Systeme getrimmt. Sie kennen sich mit DC-Systemen zu wenig aus. Doch ist es nur eine Frage der Zeit, bis auch in der Gebäudeversorgung der Gleichstrom an Bedeutung gewinnen wird. Das wird sicher noch einige Jahrzehnte dauern – aber es wird kommen.



Foto: Philipp Bogler/HPS

Dieses System versorgt ein Wohnhaus nahezu autark. Die Brennstoffzelle arbeitet mit Wasserstoff, der im Sommer aus solaren Überschüssen erzeugt wird.



Dieses Wohnhaus für zehn Mietparteien in Eichenzell bei Fulda wird ausschließlich solarelektrisch versorgt.

# Voll versorgt durch die Sonne

**12 Tipps** ■ Die Erzeugung von Sonnenstrom wird zur neuen, selbstverständlichen Funktion des Gebäudes. Flächen auf dem Dach und an der Fassade liefern saubere Energie – zuverlässig und sehr preiswert. Dadurch ergibt sich die Chance, die Versorgung von Gebäuden und Fahrzeugen auf eine einzige Quelle zu reduzieren: elektrischen Strom.



Foto: Helke Schwarzhager

**B**isher existieren in den meisten Haushalten und Unternehmen drei Energiesysteme nebeneinander: Hausstrom/Fabrikstrom, Wärme aus Gas, Heizöl oder Fernwärme und flüssige Kraftstoffe für die Verbrennungsmotoren der Fahrzeuge.

Rechnet man alle Kosten für die Herstellung, den Anlagenbetrieb, den Rückbau und Schadstoffe zusammen, ist Sonnenstrom schon heute konkurrenzlos preiswert. Warum nicht ausschließlich Sonnenstrom für die Versorgung des Gebäudes nutzen – mit dem Stromnetz als Superbatterie für Ökostrom?

### Alle Flächen nutzen!

Wer die verfügbaren Flächen am Gebäude konsequent (und ästhetisch ansprechend) für Sonnenstrom nutzt, kann bei der Wirtschaftlichkeit einen enormen Sprung nach vorn machen.

Es zeichnet sich bereits ab, dass ausschließlich solarelektrisch versorgte Gebäude die niedrigsten Betriebskosten erzielen. Schlussfolgerung: Wer die Energiekosten des Gebäudes nachhaltig senken will, nutzt alle solar verfügbaren Flächen aus!



Foto: KSE

Alle Dächer des MFH in Eichenzell sind mit Solarmodulen belegt.

Das sind die Dächer und Fassaden, auch von Nebengebäuden wie Garagen oder Gewächshäusern. Das können Vordächer oder die Dächer von Wintergärten bzw. Terrassen sein, die als Überkopfverglasungen mit semitransparenten Solarmodulen ausgeführt werden.

Auch Parkflächen für Autos lassen sich mit solaren Carports sehr gut nutzen, um Sonnenstrom zu erzeugen – auch im großen Stil für Firmenparkplätze oder halböffentliche oder öffentliche Parkflächen an Supermärkten, kommunalen Gebäuden oder Bahnhöfen.

## E-Mobilität ist ein mächtiger Hebel

Der mächtigste ökonomische Hebel ist die E-Mobilität. Den Ladestrom für die Fahrzeuge selbst zu erzeugen, wird nicht nur das Stromnetz verändern. Das spart den privaten Haushalten, den Unternehmen und Kommunen enorme Summen für den Kraftstoff und den Betrieb der Fahrzeuge.

Das Ziel muss es sein, möglichst den gesamten Sonnenstrom im Gebäude und für seine Nutzer zu verbrauchen. Überschüsse ins Stromnetz abzugeben macht keinen Sinn mehr. Der überschüssige Strom fließt besser ins E-Auto oder wird zu symbolischen Preisen an die Kita um die Ecke abgegeben – wenn nicht gar verschenkt.

## Aufwand für die Technik reduzieren!

Der entscheidende Vorteil der solarelektrischen Vollversorgung ist, dass der technische Aufwand für die Haustechnik und die Energieverteilung enorm schrumpft. Statt hydraulische Systeme (Rohre, Pumpen, Regler, Messtechnik) braucht die Wärmeversorgung nur noch übliche Elektrik.

Moderne Gebäude benötigen keine Brenner mehr, keine Radiatoren und keine hydraulischen Heizflächen. In ihnen wird das gesamte Gebäude elektrisch versorgt. Das reduziert die Zahl der Gewerke am Bau, die Zahl der planenden Spezialisten, den Installationsaufwand und somit die Kosten deutlich.

## Umstellung auf Gleichstrom möglich

Reststrom im Winter kommt aus dem Stromnetz – oder wird durch Brennstoffzellen erzeugt. Merke: Die solarelektrische Vollversorgung senkt die Baukosten und den technischen Aufwand im Gebäude. Sie erlaubt die Abrechnung der Energiekosten über eine Flatrate, was wiederum den Aufwand für Zähler deutlich mindert.

Ist dieser Schritt getan, stellt sich die Frage, ob im Gebäude überhaupt noch Wechselstrom benötigt wird. Viel einfacher zu verteilen, zu steuern und zu sichern ist Gleichstrom.

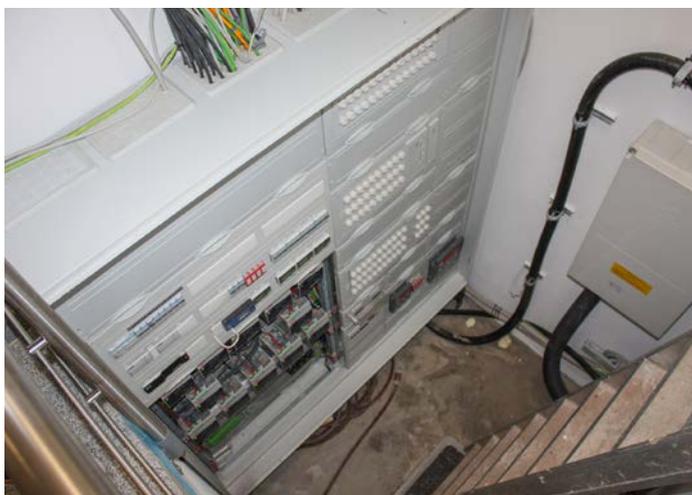


Foto: Heiko Schwarzhuber

**Die solarelektrische Vollversorgung benötigt leistungsstarke Stromspeicher und intelligente Steuersysteme mit Energiemanager und Smart Home.**

Das ist noch Zukunftsmusik, deutet sich aber bereits an. Denn Solargenerator, Brennstoffzelle, Speicherakkus und E-Autos sind Gleichstromsysteme.

## Eigenverbrauch maximieren!

Die gesamte Energieversorgung ist in einem Ansatz zu planen, aus einer Hand, energetisch gesehen. Der entscheidende Vorteil der solarelektrischen Vollversorgung liegt im elektrischen Strom begründet. Er lässt sich leicht und verlustarm in Wärme und mechanische Arbeit (Fahrzeugmotoren, Maschinen) wandeln. Umgekehrt funktioniert diese Energiewandlung nicht oder nur teilweise, mit hohem technischen und finanziellen Aufwand.

Zudem lässt sich elektrischer Strom gut und schnell regeln oder speichern. Er lässt sich deutlich einfacher und verlustärmer im Gebäude verteilen als beispielsweise Wärme, die in der Regel ein Wärmeträgermedium (Luft, Wasser, Öle, Feststoffe) und somit Rohre und Pumpen benötigt.

Die Basis der elektrischen Vollversorgung ist preiswerter Sonnenstrom von den eigenen Dächern und Fassaden. Denn Netzstrom wird künftig immer teurer, weil die Kosten für Stromtrassen und fossile Energieträger die Preise treiben.

## Energiemanager: Dirigent des Versorgungssystems

Eine zentrale Rolle bei der Maximierung des Eigenverbrauchs spielt die intelligente Steuerung der Stromerzeugung, der Stromspeicher und der elektrischen Verbraucher im Gebäude – sowie der Stromlieferung aus dem Stromnetz (zum Beispiel Reststrom im Winter).

Die dafür zuständigen technischen Systeme sind Energiemanager, Smart Home und die Gebäudeautomation (gewerbliche Anwendungen). Der Energiemanager oder das Energiemanagementsystem (EMS) ist ein kleines Gerät, bestehend aus Steuerhardware und Software, das komplexe Energieströme im Gebäude optimiert (Erzeuger, Speicher und Verbraucher von Strom und Wärme).

Sein Ziel ist es, dass so wenig wie möglich Sonnenstrom ans Stromnetz abgegeben wird. Der Energiemanager nutzt Speicherkapazitäten und verschiebbare Lasten, um erzeugten Sonnenstrom im Gebäude zu halten, bis er verbraucht wird.

Der einfachste Energiemanager kann der Solarwechselrichter sein, der den Sonnenstrom zunächst ins Versorgungsnetz des Gebäudes oder in die Speicherbatterie schickt. Erst wenn danach Überschüsse anfallen, schaltet er den Sonnenstrom zum Netz frei.

Der erste Schritt zur Maximierung von Eigenverbrauch ist die Trennung von Warmwasserbereitung und Raumwärme. Moderne Gebäude sind so gut gedämmt, dass sie kaum Heizenergie benötigen.

## Warmwasser prinzipiell elektrisch bereiten

Anders beim Warmwasser: Sein Bedarf hängt von der Zahl der Nutzer oder vom Bedarf an Prozesswärme (Werkstätten, Fabriken) ab. Kurzzeitig hohe Bedarfsspitzen wechseln mit Phasen, in denen kein oder wenig Warmwasser benötigt wird.

Den geringsten Aufwand erzielt man, wenn man Warmwasser elektrisch erzeugt, am besten direkt an der Zapfstelle. Dann entfallen hohe Temperaturen zum Legionellenschutz. Braucht der elektrische Durchlauferhitzer kurzzeitig eine hohe Leistung, wird er aus dem Stromspeicher versorgt. Oder das Stromnetz springt ein, um ausreichend Ökostrom zur Verfügung zu stellen.

## Moderne Heizsysteme nutzen!

Mit elektrischen Heizsystemen (zum Beispiel Infrarotheizflächen) lässt sich die Wärmeerzeugung für die Wintermonate und die Übergangszeit nach dem minimalen Wärmebedarf des Gebäudes auslegen. Allein das spart Kosten bei der Investition in die Technik, ihren Einbau oder Umbau und für den laufenden Energieverbrauch.

Elektrische Systeme lassen sich problemlos kaskadieren: Eine Heizfläche (an der Wand, im Fußboden oder an der Decke) deckt den Wärmebedarf der Räume bis fünf Grad Celsius ab. Die nächste Stufe schaltet sich an Tagen zu, an de-

nen die Außentemperaturen um den Gefrierpunkt oszillieren oder bis minus fünf Grad Celsius. Solche Tage sind im Winter in unseren Breiten besonders häufig.

An besonders knackigen Wintertagen werden weitere Heizflächen aktiviert. So wächst die Heizung mit ihren Aufgaben und ist immer optimal eingestellt. Kein Quäntchen Energie wird verschenkt!

## IR-Heizflächen statt Hydraulik

Konsequent elektrisch heizen bedeutet, die Wärme über Infrarotheizflächen in die Räume zu bringen. Das spart die Hydraulik der wassergeführten Heizung, aufwendige Dämmungen der Rohrsysteme und Bauraum. Elektrische Wandheizflächen müssen nicht fest installiert sein. Sie lassen sich arrangieren und gestalten wie Spiegel oder Poster.

Elektrische Fußbodenheizungen sind thermisch den hydraulischen Systemen ähnlich, allerdings regeln sie viel schneller und präziser. Die Regelverluste sind bei trägen hydraulischen Systemen viel höher als bei elektrischer Heizung.

Selbstredend macht die E-Heizung nur Sinn, wenn sie im Winter mit sauberem Windstrom aus dem Stromnetz versorgt wird. Produkte zur E-Heizung nehmen an Vielfalt zu, auch hier sinken die Kosten.

## Solarstrom für Klimatisierung, Kühlung und Kälte

Der Anschluss an die Stromversorgung im Gebäude erfolgt über Steckdosen oder Festverdrahtung. Sie lassen sich ins Smart Home einbinden und per Fernbedienung oder Zeitschaltung steuern.

Weil moderne Gebäude immer besser gedämmt und luftdicht gebaut sind, sinkt ihr Wärmebedarf. Dagegen steigt der Energiebedarf für die Kühlung und vor allem Lüftung, sprich: Klimatisierung. So springen in Zentraleuropa im Sommer millionenfach Kälteaggregate, Kühlsysteme und Ventilatoren an. Ihr Strombedarf belastet die Netze und die Geldbeutel der Nutzer, was vor allem im Gewerbe spürbar ist. Die steigenden Temperaturen lassen die Stromkosten steigen.

Während Heizwärme in unseren Breiten an Bedeutung verliert, schwillt der Energiebedarf für sommerliche Kühlung weiter an. Rund 15 Prozent des deutschen Stromverbrauchs fließen bereits in die Kältetechnik und die Klimatisierung. Was liegt näher, als ihn direkt mit preiswertem Sonnenstrom zu decken?

Es sind nicht nur die Außentemperaturen, die mehr Kälte und Kühlung fordern. So wächst zugleich die Zahl der Wärmequellen in den Gebäuden: Alle elektrischen Geräte erzeugen unerwünschte Abwärme, nicht nur die zum Aussterben verdamnte Glühbirne. Auch PCs oder Serverräume, Küchengeräte und die Unterhaltungselektronik geben Wärme ab, die im Sommer aus dem Raum gebracht werden muss. Diese elektrischen Geräte zur Klimatisierung und für Kältetechnik mit Solarstrom zu betreiben, liegt auf der Hand.

## Stromspeicher wird zur Energiezentrale

In der solarelektrischen Vollversorgung mutiert der Stromspeicher zur intelligenten Schaltzentrale der Ströme. Der integrierte Energiemanager – oder als separate Komponente installiert – ist der Dirigent, der den Chor der Generatoren (Photovoltaik, Brennstoffzelle, das Stromnetz für Winterstrom) mit den Stromverbrauchern (Wärme, Mobilität, Hausstrom) in Einklang bringt.

Er muss großzügig ausgelegt sein und ausreichend elektrische Leistung anbieten, um alle Eventualitäten abzudecken. Über den Netzanschluss des Gebäudes kann man das Stromnetz als Superbatterie nutzen – falls die Eigenversorgung doch einmal an ihre Grenzen gerät. Freilich wird aus dem Stromnetz nur Ökostrom bezogen – nur im Winter an besonders kalten Tagen.

## Gewerke reduzieren!

Ein wesentlicher Vorteil der solarelektrischen Vollversorgung liegt darin, dass die Zahl der am Bau oder an der Sanierung beteiligten Gewerke deut-



Foto: Heiko Schwarzinger

Unscheinbar installierte IR-Heizplatte an der Decke eines Wohnungsflures.

lich sinkt: Weil es fortan keine Kamine mehr gibt, braucht man keine Termine mit dem Schornsteinfeger und zur Abnahme der Feuerstätten.

Ohne hydraulische Wärmesysteme spart man im Gebäude enorme Mengen an Kupferrohren, außerdem Pumpen, Ventile, Zähler und so weiter. Der klassische Heizungsbauer wird nicht mehr benötigt. Einzig der Elektriker bleibt unverzichtbar, und natürlich ein erfahrener Elektroplaner. Dadurch sinken die Kosten für den Bau und für die Energieversorgung während der Nutzungszeit des Gebäudes.

Und: Gebäude mit ausschließlich solarelektrischer Versorgung lassen sich viel einfacher an eine neue, veränderte Nutzung anpassen. Man kann die elektrischen Heizflächen einfach umhängen, um neue behagliche Wohnbereiche zu schaffen. Hydraulische Heizkörper unterm Fenster oder störende Rohre schränken die Nutzung beziehungsweise Umbauten nicht länger ein.



Beispiel eines solarelektrisch versorgten Neubaus in Lübben in der Lausitz.

Solardach eines Fabrikgebäudes im Berliner Stadtteil Adlershof.



Foto: Heiko Schwarzburger

# Ran an die Töpfe!

**Anlagenfinanzierung** ■ Der Bund und die Länder bieten eine Fülle von Fördermöglichkeiten für Solarstrom sowie Batteriespeicher und Elektromobilität – nicht nur in Deutschland, sondern auch in den Nachbarländern Österreich und der Schweiz. Ein Überblick.

Mittlerweile werden Sonnenstrom, Speicherakkus und die E-Mobilität auf vielfältige Weise gefördert: durch den Bund, die Bundesländer, durch Städte, Gemeinden und Landkreise. Entsprechend unübersichtlich sind die Förderprogramme. Manche lassen sich kombinieren, manche nicht. Um sich in diesem Dschungel zurechtzufinden, ist vor der Investition genau zu prüfen, welche Fördertöpfe für Ihr Projekt infrage kommen. Und welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, um Zuschüsse oder Kredite zu

erhalten. Weil sich die einzelnen Förderprogramme manchmal schnell ändern, geben wir Ihnen hier die Quellen an, wo Sie den aktuellen Status abrufen können.

Nutzen Sie die regionalen Beratungsstellen und das Angebot der Energieagenturen in den Ländern. Sinnvoll ist auch, sich bei den Verbraucherzentralen der Bundesländer zu informieren. Für Unternehmer sind die Industrie- und Handelskammern ein guter Anlaufpunkt.

## BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Für Sonnenstrom erhält man pro Kilowattstunde eingespeister Solarenergie eine EEG-Vergütung. Die Höhe richtet sich nach der Größe der Anlage, sie wird von der Bundesnetzagentur in regelmäßigen Abständen festgelegt. Auch Faktoren wie der Zubau generell in Deutschland in einem bestimmten Zeitraum spielen eine Rolle. Eine Übersicht der Vergütung (PDF) ist beim Branchenverband BSW-Solar abrufbar. Das Dokument berücksichtigt auch Übergangsregelungen und die aktuellen Fördersätze nach dem EEG:

► [https://www.solarwirtschaft.de/datawall/uploads/2023/01/bsw\\_verguetungssaetze\\_aktuell.pdf](https://www.solarwirtschaft.de/datawall/uploads/2023/01/bsw_verguetungssaetze_aktuell.pdf)

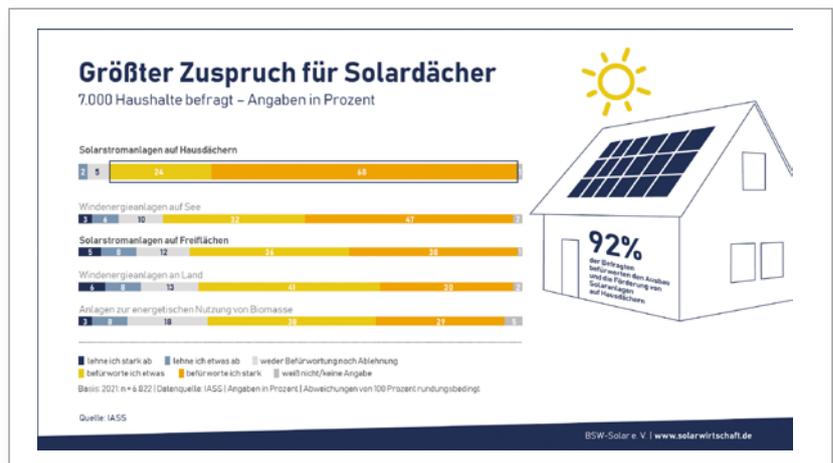


Foto: BSW Solar

## PROGRAMME DER FÖRDERBANK KFW UND DES BAFA

### Urteil des BVerfG

Das Urteil des Bundesverfassungsgerichts wirkt sich auch auf die Förderprogramme des BAFA aus, da die finanziellen Mittel für diese Programme häufig aus dem Klima- und Transformationsfond (KTF) bedient werden. Wichtig: Maßnahmen zu bereits erfolgten Förderzusagen werden jedoch weiterverfolgt.

**Folgende Förderprogramme müssen unter anderem pausieren:**

Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW), Energieberatung für Nichtwohngebäude, Anlagen und Systeme (EBN), Energieberatung für Wohngebäude (EBW), Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft (EEW), Aufbauprogramm Wärmepumpe (BAW).

Ausgenommen von der Antragspause sind die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG). Achtung: Die Förderung von privaten E-Autos (**Umweltbonus**) ist zum 18. Dezember 2023 ausgelaufen.

► <https://www.bafa.de/>

### KfW-Kredit 270

Förderkredit für Strom und Wärme:

► [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Foerderprodukte/Eneuerbare-Energien-Standard-\(270\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Foerderprodukte/Eneuerbare-Energien-Standard-(270)/)

### Bundeförderung für effiziente Gebäude (BEG)

Die Bundesregierung hat 2021 die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) vereinheitlicht. Diese ersetzt nun alle vorherigen Programme zur Förderung von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien im Gebäudebereich inklusive des alten MAP-Programms für Ökoenergien im Wärmemarkt.

► [https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente\\_Gebaeude/effiziente\\_gebaeude\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/effiziente_gebaeude_node.html)

### Steuerliche Förderung für Solarwärme

Anschaftung und Einbau einer Solarthermieanlage oder eines hybriden Heizsystems aus Gas-Brennwertkessel und Solarkollektoren bei Privatleuten werden jetzt auch über die Einkommenssteuer staatlich gefördert:

► <https://www.bafa.de/ee>



Foto: Heiko Schwarztaucher

## E-MOBILITÄT

### BMDV: Kombi aus Solaranlage, Wallbox und Speicher

Das Bundesverkehrsministerium hat im September 2023 ein neues Förderprogramm mit Investitionszuschüssen für die Kombi einer Ladestation mit einer Photovoltaikanlage und einem Batteriespeicher aufgelegt. Budget derzeit ausgeschöpft:

► [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/Foerderprodukte/Solarstrom-f%C3%BCr-Elektroautos-\(442\)](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/Foerderprodukte/Solarstrom-f%C3%BCr-Elektroautos-(442))

### Bafa-Umweltbonus im Dezember 2023 beendet

Im Zuge der Verhandlungen zum Klima- und Transformationsfonds (KTF) wurde beschlossen, die Förderung durch den Umweltbonus zeitnah zu beenden. Seit dem 18. Dezember 2023 können keine neuen An-

Foto: KfW Bank

träge mehr für den privaten Umweltbonus beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) gestellt werden. Der Umweltbonus gilt aber für zugesagte Förderungen.

► [https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Elektromobilitaet/Neuen\\_Antrag\\_stellen/neuen\\_antrag\\_stellen.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Elektromobilitaet/Neuen_Antrag_stellen/neuen_antrag_stellen.html)

## DEUTSCHE BUNDESLÄNDER

### Baden-Württemberg

Die Landesbank unterstützt Unternehmen bei der Finanzierung von Investitionen in die Erzeugung, Speicherung und Verteilung erneuerbarer Energien:

► <https://www.l-bank.de>

### Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA):

Die KEA-BW ist ein unabhängiger Dienstleister rund um die Themen Energieeinsparung und erneuerbare Energien.

► <https://www.kea-bw.de>

### Bayern

**Bayern Innovativ** fördert öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur:

► <https://www.bayern-innovativ.de/beratung/ptb>

**Energieagentur Nordbayern:** Der Zusammenschluss bündelt die Kompetenzen der beiden größten unabhängigen Akteure in den Bereichen Klimaschutz und Energieeffizienz innerhalb der Metropolregion Nürnberg.

► <https://www.energieagentur-nordbayern.de>

### Berlin

**Berliner Energieagentur (BEA):** Unabhängiger Dienstleister mit dem Schwerpunkt auf energieeffiziente Gebäude:

► <https://www.berliner-e-agentur.de/>

**SolarPlus:** Förderung für Steckersolargeräte für den Strom vom Balkon, der Terrasse oder dem Gartenzaun:

► <https://www.ibb-business-team.de/steckersolargerate/>

**Eneo:** Förderung von Energieberatung und Energiegutachten:

► <https://www.ibb-business-team.de/eneo/>

**Berliner Investitionsbonus:** Zuschüsse für betriebliche Zukunftsinvestitionen:

► <https://www.ibb-business-team.de/berliner-investitionsbonus/>

**Welmo:** Ist das Programm zur Förderung der gewerblichen E-Mobilität in Berlin:

► <https://www.ibb-business-team.de/welmo/>

### Brandenburg

Die Energieagentur Brandenburg ist bei Brandenburgs Wirtschaftsförderung angesiedelt. Sie bietet Unternehmen im Land kostenfreie und anbieterneutrale Initialberatungen:

► <https://energieagentur.wfbb.de/de>



Foto: Bayern Innovativ

### Bremen

Energiekonsens ist die gemeinnützige Klimaschutzagentur für das Land Bremen. Sie berät, informiert und fördert Energieeffizienz- und Klimaschutzprojekte:

► <https://www.energiekonsens.de>

### Hamburg

#### Hamburger Gründachförderung

Gründächer werden zusammen mit Solarnergie gefördert.

► <https://www.ifbhh.de/foerderprogramm/hamburger-gruendachfoerderung>

Zentrum für Energie, Bauen, Architektur und Umwelt (**Zebau**):

► <https://www.zebau.de>

### Hessen

#### LEA Landesenergieagentur Hessen

Die LEA übernimmt im Auftrag der Hessischen Landesregierung zentrale Aufgaben bei der Umsetzung der Energiewende und des Klimaschutzes.

► <https://www.lea-hessen.de>

### Mecklenburg-Vorpommern

#### Landesenergie- und Klimaschutzagentur Mecklenburg-Vorpommern (LEKA MV)

Die LEKA MV ist Ansprechpartner zu Fragen des Klimaschutzes und der erneuerbaren Energien und berät Unternehmen, Kommunen und Verbraucher im Land.

► <https://www.leka-mv.de>



Foto: IBB Berlin



Foto: Gettyimages

## DEUTSCHE BUNDESLÄNDER

### Niedersachsen

**Energieagentur Niedersachsen:** Sie versteht sich als Kompetenzzentrum für Energieeinsparung, Energieeffizienz und erneuerbare Energien sowie Speichersysteme, insbesondere im Gebäudebestand.

► <https://www.klimaschutz-niedersachsen.de>

### Nordrhein-Westfalen

Unter dem Dach des Projektträgers Jülich (PtJ) betreut die **Innovationsagentur NRW 20** verschiedene Fördermaßnahmen:

► <https://www.in.nrw>

**NRW.Energy4Climate** – die neue Landesgesellschaft für Energie und Klimaschutz:

► <https://www.energy4climate.nrw>

### Rheinland-Pfalz

**Energieagentur Rheinland-Pfalz**

Dienstleister für Kommunen, Bürger sowie Unternehmen in Rheinland-Pfalz bei der Umsetzung ihrer Aktivitäten zur Energiewende und zum Klimaschutz.

► <https://www.energieagentur.rlp.de>

### Saarland

**Arge Solar Verein:** Der Fokus liegt auf erneuerbaren Energien sowie Energieeffizienz. Dies umfasst auch Beratungen bei der Effizienz zur Gebäudesanierung und zum Neubau.

► <https://www.argesolar-saar.de>



Foto: NRW.Energy4Climate

### Sachsen

**Sächsische Energieagentur (SAENA):** Die SAENA versteht sich als sächsisches Kompetenz-, Beratungs- und Informationszentrum rund um das Thema Energie.

► <https://www.saena.de>

### Sachsen-Anhalt

**Sachsen-Anhalt Energie:** Zuschüsse für Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz und der Nutzung erneuerbarer Energien in Unternehmen bei der Investitionsbank Sachsen-Anhalt.

► <https://www.ib-sachsen-anhalt.de/unternehmen/umwelt-schuetzen/sachsen-anhalt-energie>

**Landesenergieagentur Sachsen-Anhalt (LENA):** Mit der im Aufbau befindlichen Servicestelle für Erneuerbare Energien, kurz SEE:

► <https://lena.sachsen-anhalt.de/>

### Schleswig-Holstein

**WTSH Wirtschaftsförderung und Technologietransfer Schleswig-Holstein** Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge:

► <https://wtsh.de/de/ladeinfrastruktur-fuer-elektrofahrzeuge>

Die **IB.SH Energieagentur** gehört zur Investitionsbank Schleswig-Holstein unter:

► <https://www.ib-sh.de>

### Thüringen

Förderung für Elektromobilität bei der Thüringer Aufbaubank, kurz TAB, **E-Mobil Invest:**

► <https://www.aufbaubank.de/Foerderprogramme/e-mobilinvest>

**Thüringer Energie- und Greentech-Agentur:**

Kurz auch **Thega** genannt, ist die Landesenergieagentur für den Freistaat. Sie berät Kommunen, Unternehmen und Bürgerenergieinitiativen. Die Schwerpunkte liegen auf erneuerbaren Energien, Energieeffizienz, Energiemanagement und nachhaltiger Mobilität.

► <https://www.thega.de>

### Gesamtes Bundesgebiet

**Nationale Leitstelle für E-Mobilität:**

Förderung für Ladeinfrastruktur für private Solarkunden, Unternehmer sowie Kommunen und Landkreise (s. Grafik links).

► <https://nationale-leitstelle.de>

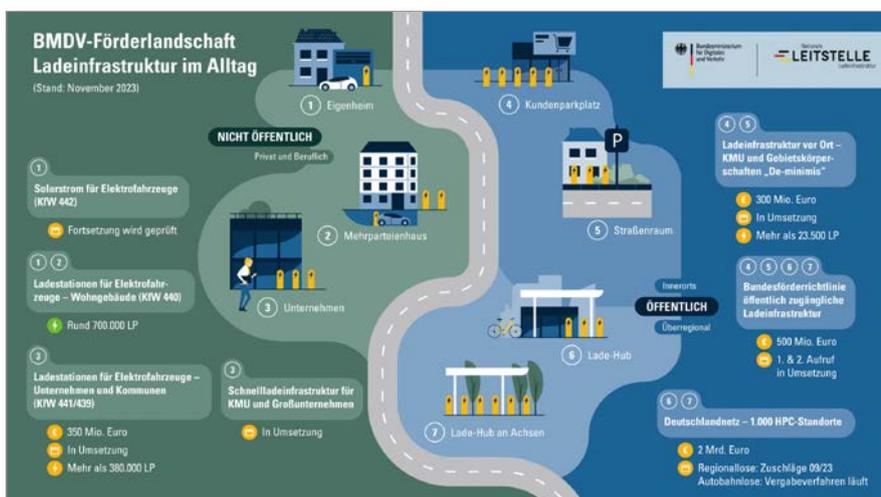


Foto: Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur



REPUBLIK ÖSTERREICH

Die Redaktion hat eine Übersicht über die aktuelle Fördersituation für Photovoltaikanlagen und Stromspeicher in Österreich zusammengestellt. Hier finden Sie Informationen zu bundesweiten Förderungen:

Österreichischer Klimafonds

Der Fonds gehört zum Bundesministerium für Klimaschutz BMZ. Hier finden Sie nach Zielgruppe gefiltert die passende Ausschreibung.

► <https://www.klimafonds.gv.at/ausschreibungen>

EAG-Investitionszuschuss

Mit dem Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz (EAG) wurden die rechtlichen Rahmenbedingungen für den Netzanschluss von Erneuerbare-Energien-Anlagen laut der österreichischen Regierung vereinfacht. Dies umfasst auch finanzielle Erleichterungen in Form eines pauschalierten Netzzutrittsentgelts.

Mit einem der EAG-Investitionszuschüsse werden die Neuerrichtung und Erweiterung von Photovoltaikanlagen und die damit verbundene Neuerrichtung von Stromspeichern gefördert. Für die Erweiterung einer Photovoltaikanlage ist keine Mindestgröße vorgeschrieben. Eine Übersicht finden Sie hier:

► <https://pvaustria.at/eag-investzuschuss/>

OeMAG

Alle Informationen zur Förderung mittels Investitionszuschuss, den Fördersätzen und der Antragstellung finden Sie direkt auf der Webseite bei der zuständigen Förderstelle OeMAG:

► [www.oem-ag.at](http://www.oem-ag.at)



Foto: PV Austria

SonnenKlar Förderkompass

Eine Übersicht über die aktuelle Fördersituation für Photovoltaikanlagen und Stromspeicher finden Sie bei PV Austria. Hier gibt es Informationen zu bundesweiten und bundeslandspezifischen Förderungen:

► <https://pvaustria.at/forderungen/>

Die richtige Förderung für Privatpersonen, Betriebe und Gemeinden finden:

► <https://www.umweltfoerderung.at/foerderung-finden>

**Elektromobilität:** Diverse Förderprogramme für private und betriebliche E-Mobilität auf einen Blick:

► <https://www.umweltfoerderung.at/e-mobilitaetsfoerderungen-2023>

E-Mobilitätsoffensive 2024

Die E-Mobilitätsoffensive des Klimaschutzministeriums BMK in Wien wird auch 2024 fortgesetzt. Gemeinsam mit den Automobil- sowie den Zweiradimporteuren wird der Kauf eines E-Autos für Privatpersonen mit 5.000 Euro gefördert.

► <https://www.beoe.at/e-mobilitaetsfoerderungen-2024>



Foto: OeMAG

BUNDESLÄNDER – PV AUSTRIA

Der Branchenverband PV Austria bietet auch eine aktuelle Übersicht für jedes Bundesland. Denn auch in Österreich legen immer mehr Länder eigene Förderprogramme auf.

Hinzu kommt Unterstützung für energieeffiziente Neubauten oder energetische Sanierungen von Bestandsgebäuden. Zudem wird auch in Österreich über eine Solarpflicht für Neubauten und Bestandsgebäude diskutiert. Hier finden Sie die aktuelle Übersicht von PV Austria:

► <https://pvaustria.at/forderungen>

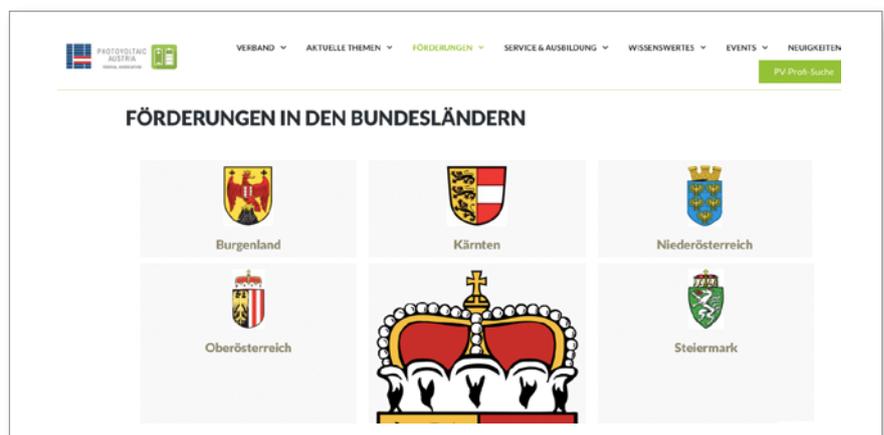


Foto: PV Austria



## SCHWEIZ

Die Schweiz hat bereits Ende 2022 **eine allgemeine Solarpflicht für Gebäude** mit einer Fläche von mehr als 300 Quadratmetern beschlossen. Außerdem haben Bundesrat und Ständerat neue Regelungen auch für die Photovoltaik festgelegt, um das Ausbautempo zu beschleunigen.

Photovoltaik wird in der Schweiz auf Bundesebene durch **Pronovo** gefördert. Zusätzlich gibt es Förderprogramme einzelner Kantone, Gemeinden und Energieversorger.

Fast alle Kantone fördern Solarwärme, für Photovoltaik gibt es die Einmalvergütung. Auf Bundesebene werden Photovoltaikanlagen mit der Einmalvergütung (EIV) je nach Anlagengröße gefördert.

### Einmalvergütungen

Hier werden drei Arten unterschieden: Anlagen mit weniger als 100 Kilowatt (KLEIV), Anlagen ab 100 Kilowatt (GREIV) sowie ab 2023 gibt es die hohe Einmalvergütung (HEIV) für Anlagen ohne Eigenverbrauch.

► <https://www.pronovo.ch>

### Forum EnergieSchweiz:

Eine nützliche Übersicht zu Förderungen und Subventionen gibt die Website von EnergieSchweiz. Hinter dem Programm steht das Bundesamt für Energie:

► <https://www.energieschweiz.ch/foerderung>

### Swissolar:

Der Branchenverband liefert eine Übersicht inklusive Faktenblättern über die EIV und Boni, die für Anlagen gezahlt werden.

► <https://www.swissolar.ch/de/wissen/wirtschaftlichkeit/foerderung/pv-foerderung>

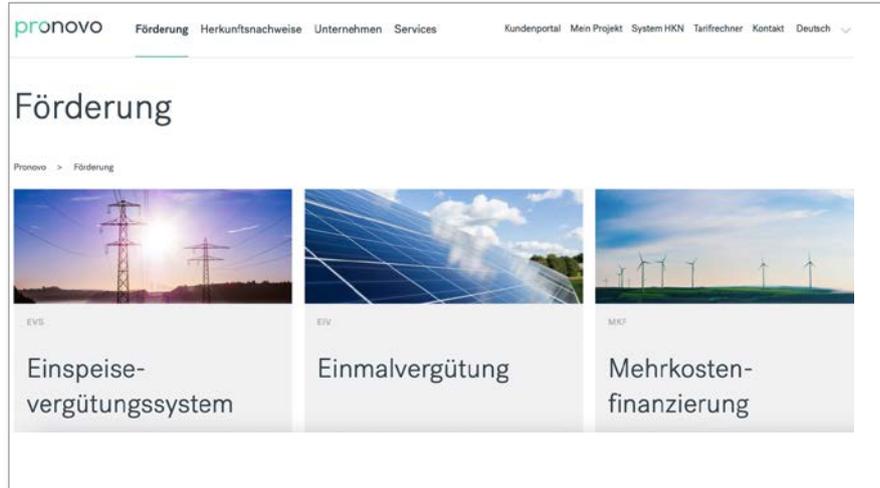


Foto: Pronovo

## UNTERSTÜTZUNG DURCH DIE KANTONE

### Solare Wärme

Die Mehrheit der Kantone und viele Gemeinden fördern den Einsatz von Sonnenkollektoren zur Wärmegewinnung je nach thermischer Nennleistung der Anlage. Die Förderung basiert auf dem Qualitätsmanagementsystem „QM-Solarwärme“.

► <https://www.swissolar.ch/fuer-bauherren/foerderung/>

### Batteriespeicher

Heimspeicher werden nur in zwei Kantonen gefördert: in Schaffhausen und Thurgau. Die Förderungen sind ein einmaliger Zuschuss über 2.500 Franken zu den Investitionskosten.

#### Kanton Schaffhausen

► <https://sh.ch/CMS/Webseite/Kanton-Schaffhausen/Beh-rde/Verwaltung/Baudepartement/Departementssekretariat-Baudepartement/Energiefachstelle/F-rderprogramm-1566144-DE.html>

#### Kanton Thurgau

► <https://energie.tg.ch/hauptrubrik-2/was-wird-gefoerdert.html/860>

Energiefranken listet für jeden Ort neben den kantonalen Beiträgen auch alle anderen relevanten Förderprogramme auf.

► <https://www.energiefranken.ch/de>

### E-Mobilität

Viele Kantone subventionieren E-Autos mit einem Steuerbonus auf die Fahrzeugsteuer. Die Förderprogramme auf einen Blick:

► <https://www.swiss-emobility.ch/de/elektromobilitaet/Foerdermassnahmen>



Foto: stich

Vorbereitung eines Wechselrichters  
für die Inbetriebnahme.



## Mehrfach in der Pflicht

**Anlagenbetrieb** ■ Nach der Inbetriebnahme soll das Solarsystem zuverlässig Energie liefern, möglichst über Jahrzehnte. Das erfordert regelmäßige Durchsichten, professionelle Wartung und gelegentliche Absprachen mit dem Netzbetreiber.

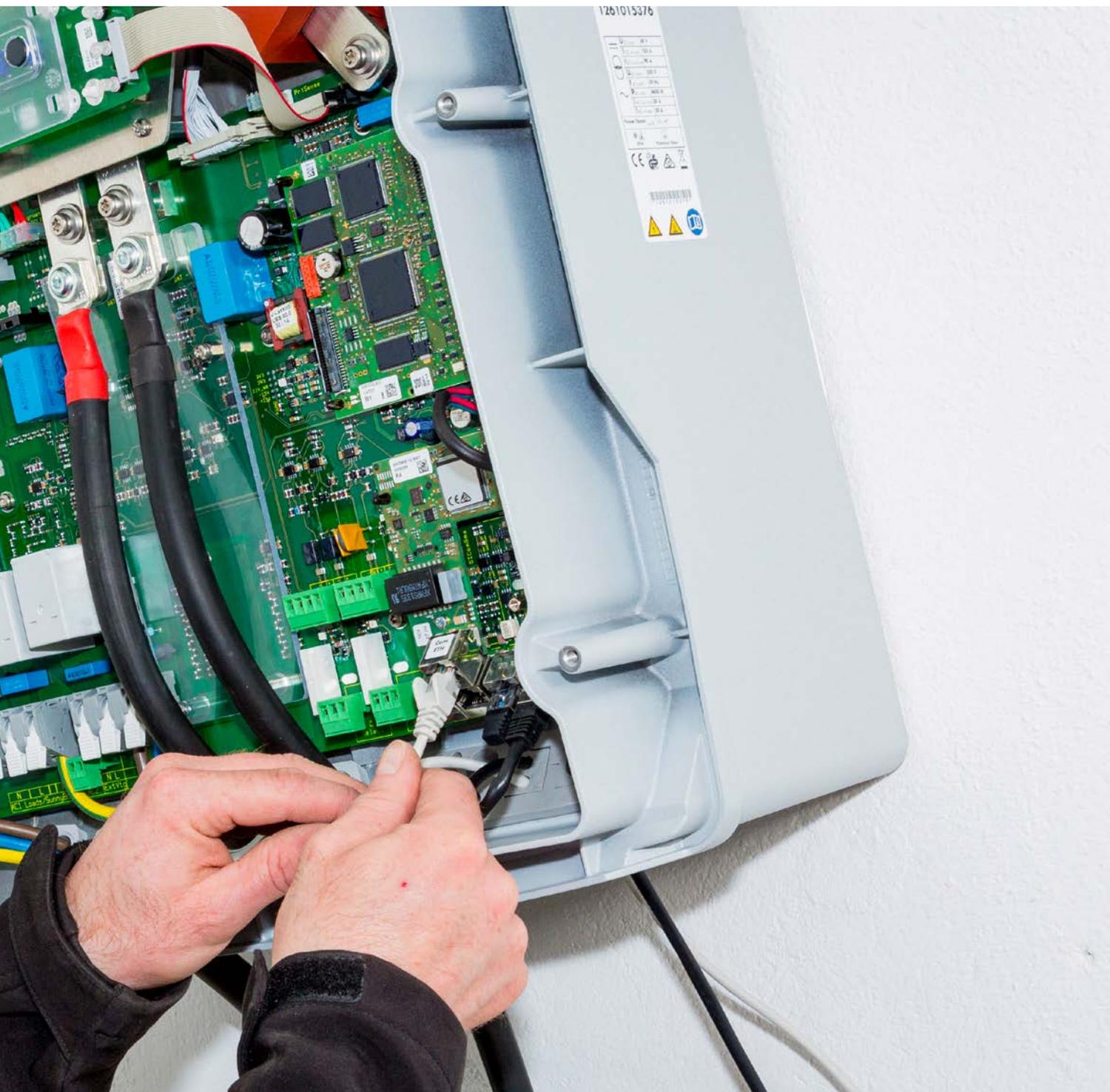


Foto: BCC Solar

**V**or der Inbetriebnahme beginnen bereits die Pflichten: Wer eine Solaranlage plant, muss sie zunächst beim zuständigen Netzbetreiber anmelden. In Absprache mit dem Netzbetreiber wird der Einspeisepunkt festgelegt.

Ein Recht, die Photovoltaikanlage abzulehnen, hat der Netzbetreiber nicht. Je höher der Eigenstromverbrauch vor Ort ist und je geringer die Einspeisung von Sonnenstrom ins Netz, desto geringer ist der technische Aufwand, um den Netzanschluss unter Umständen zu erweitern.

### **Anzeigen, anmelden, zählen**

Bei Wohngebäuden sind es in der Regel die Hauszähler, an denen die Einspeisung von solaren Überschüssen ins Stromnetz erfolgt. Bei gewerblichen

Anlagen erfolgt die Einspeisung am Zähler des Arealnetzes oder es wird – bei sehr großen Solarleistungen mit hohem Anteil von Netzeinspeisung – ein separater Netzanschlusspunkt mit Zuleitung und Trafo gesetzt.

### **Anlage bei der Bundesnetzagentur anmelden**

Ob Hausanschluss oder am Arealzähler: Dort sind die Einspeisezähler zu setzen, gemäß den Vorschriften zum Messstellenbetrieb. Mit den Zählern entstehen Pflichten zum regelmäßigen Austausch, die sich aus dem Eichrecht ergeben.

Nach der Inbetriebnahme ist die Anlage im Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur anzumelden. Das erfolgt elektronisch über eine Website. Auch Stromspeicher sind dort zu melden.

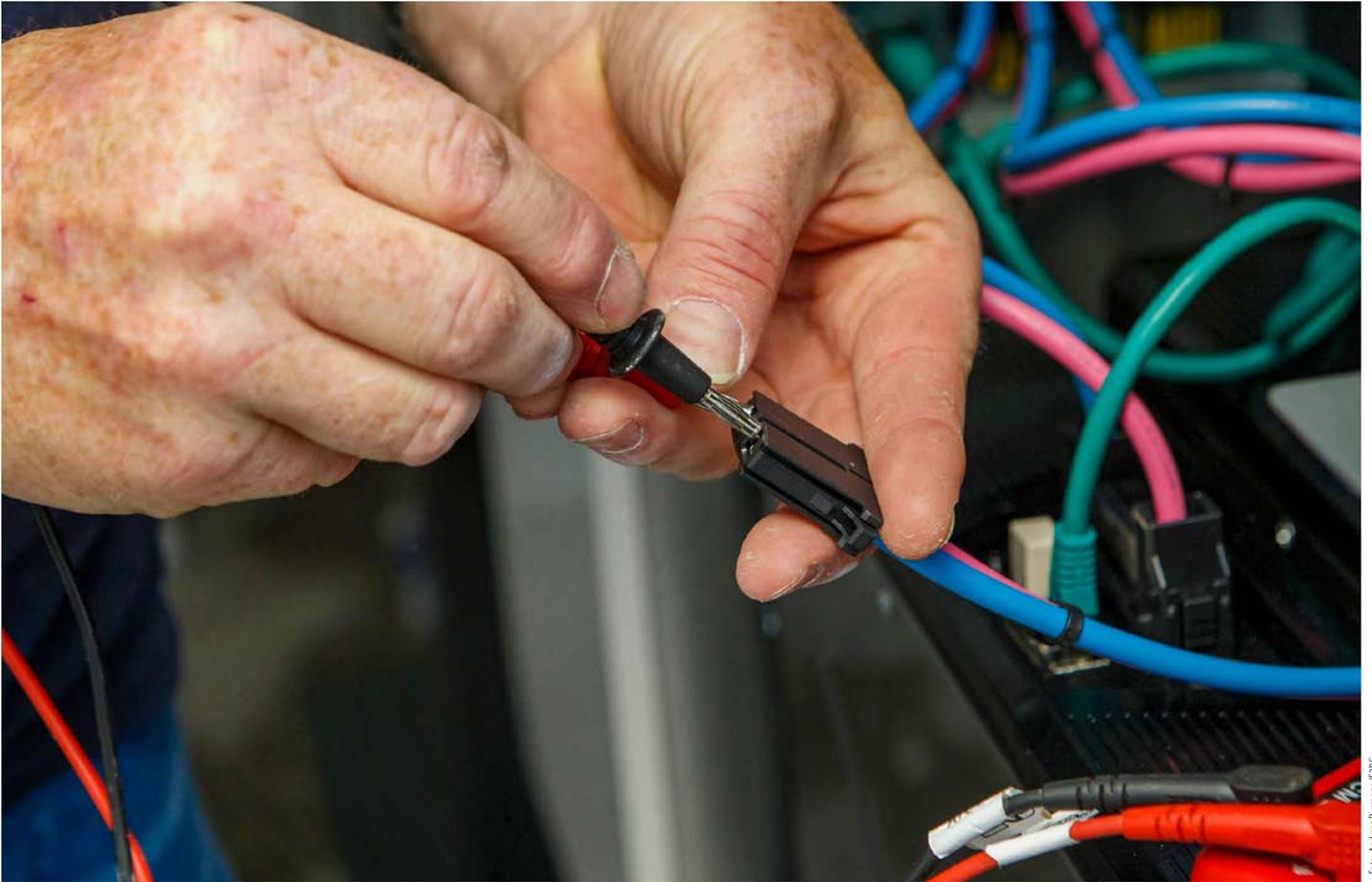


Foto: Andreas Bumann/EBX

Inbetriebnahme einer Eigenstromanlage mit Photovoltaik und Stromspeicher.

Nur korrekt im Marktstammdatenregister angemeldete Solargeneratoren erhalten die Einspeisevergütung laut EEG. Das Marktstammdatenregister ist hier zu finden:

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

Zum Ende eines Jahres sind die Stände des Ertragszählers und des Einspeisezählers zu erfassen und an den Netzbetreiber zu melden, ebenso des Speicherzählers. Danach wird die EEG-Vergütung berechnet, für ins Netz eingespeisten Sonnenstrom.

## Technische Pflichten

Ein Solargenerator und Speicherbatterien sind technische Systeme. Sie regelmäßig zu prüfen und zu warten gehört zur Werterhaltung und zur Sicherung der Investition. Das gilt für Solarstromsysteme wie für Gasgeräte oder Kamine, die regelmäßig vom Kaminkehrer und den Experten des Gasfachs überprüft werden. Auch das Auto muss regelmäßig zum Check in die Werkstatt.

Die Solaranlage soll mindestens zwei Jahrzehnte lang fehlerfrei laufen. Zudem hängen Garantien und Gewährleistungen davon ab, dass die Systeme von Profis durchgesehen und instand gehalten werden. Auch die Versicherer fordern regelmäßige Inspektionen, das steht im Kleingedruckten der Policen.

## Monitoring ist ein Muss

Solargeneratoren und Speicherakkus laufen meist in Niederspannungsnetzen und unterliegen somit den entsprechenden Normen. Grundlage des ordnungsgemäßen Betriebs ist ein Monitoringsystem, das die Fernüberwachung

der Anlage erlaubt. Meist wird die Anlage über die Wechselrichter oder separate Datenlogger überwacht. Die Betriebsdaten sind jederzeit und aktuell über das Internet einsehbar.

Wichtig ist, dass zumindest für die ersten Jahre ein Wartungsvertrag mit einem Installationsbetrieb abgeschlossen wird. Dann bekommt der Servicemitarbeiter alle Fehlermeldungen sofort aufs Handy und kann sich darum kümmern. Auch kann der Experte bei schleichenden Veränderungen der Ertragsparameter erkennen, welche Fehler oder Ausfälle sich möglicherweise anbahnen.

Darüber hinaus schreibt die Normung bestimmte Prüfungen und ihre ordnungsgemäße Dokumentation vor. Es obliegt dem Anlagenbetreiber, diese Pflichten einzuhalten. Wenn er einen Wartungsbetrieb beauftragt, handelt dieser im Auftrag des Betreibers.

## Täglich zu erfassende Daten

Täglich sollte der Stand des Ertragszählers und des Einspeisezählers protokolliert werden. Ein Monitoringsystem legt diese Daten automatisch ab. Manche Systeme vergleichen diese Daten mit Anlagen in der Nachbarschaft und prüfen so, ob sie plausibel sind. Auch ist täglich zu überprüfen, ob die Wechselrichter bestimmte Störungen anzeigen.

So kann es passieren, dass sie beispielsweise bei Morgentau nicht zuschalten. Erst wenn der Tau abgetrocknet ist, schalten die Wechselrichter die Solargeneratoren zum Netz frei. Das deutet auf Isolationsfehler in den Modulen hin, das muss sich der Servicetechniker unbedingt ansehen.

## Durchsicht im Frühjahr

Bevor die Sonne während ihrer Wanderung über den Himmel wieder steigt, sollte die gesamte Anlage durchgeprüft werden. Bei einer Inspektion treten

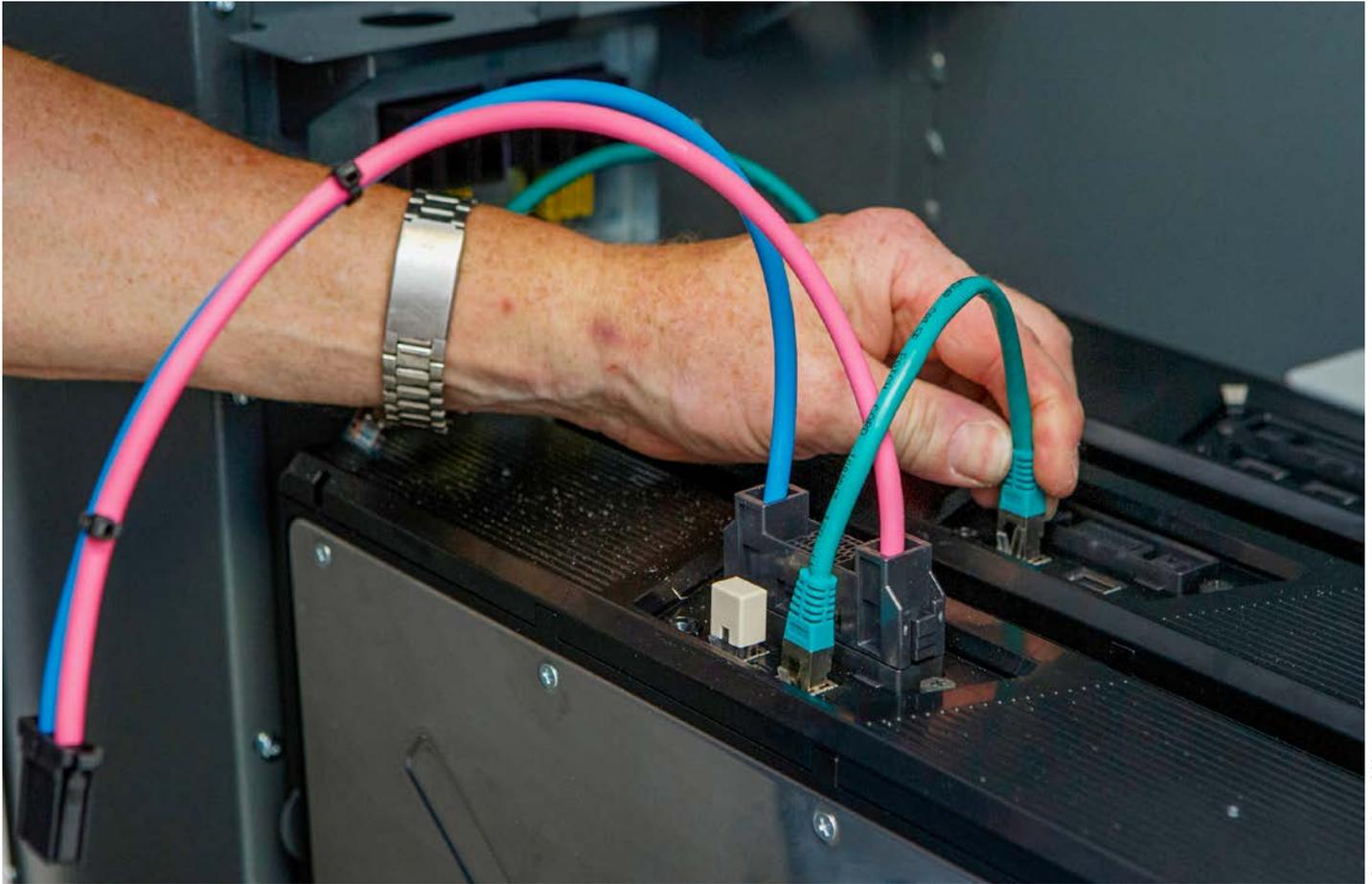


Foto: Andreas Bumann/CE3XC

**Inbetriebnahme:** Die Kabel und Leitungen müssen sitzen, auch für die Datenübertragung ins Internet.

Verschmutzungen durch Laub, Vogelkot oder Staub zutage, möglicherweise brauchen die Solarmodule eine Reinigung.

Der Wartungstechniker überprüft, ob die Module nach den Winterstürmen noch korrekt auf dem Dach befestigt sind und das Dach selbst unbeschädigt ist. Er nimmt eine Funktionsprüfung der Wechselrichter, der Sicherheitstechnik und der Solarakkus vor.

Wichtig ist, die Stecker und Verkabelungen durchzusehen. Es könnte Feuchtigkeit in die Modulstecker eingedrungen sein, manchmal treten Schmorstellen oder Tierfraß auf.

Auch die Schutzabschaltung für den Brandfall ist zu überprüfen und zu dokumentieren, sowohl am Wechselrichter als auch am Solarfeld und an der Speicherbatterie.

### Spezielle Prüfungen für gewerbliche Anlagen

Solaranlagen in der Landwirtschaft oder im Gewerbe müssen einmal im Jahr gemäß DIN VDE 0105-100 geprüft werden, als jährliche Wiederholungsprüfung.

Alle vier Jahre ist eine Wiederholungsprüfung in Anlehnung an die Erstprüfung nach DIN VDE 0126-23 und DIN VDE 0105-100 vorgeschrieben.

### Alle Vorgänge gut dokumentieren

Alle Durchsichten, Prüfungen und gegebenenfalls Maßnahmen zur Reparatur und Instandsetzung sind zu dokumentieren. So gesehen, entwickelt eine Solaranlage im Laufe von 20 Betriebsjahren ein Eigenleben.

Sie erfährt auch Veränderungen. Beispielsweise könnte der Stromspeicher erweitert werden. Oder es kommen neue Solarmodule auf bislang freie Dachflächen. Solche Veränderungen sind dem zuständigen Netzbetreiber zu melden.



Foto: Gentner Verlag

**Einspeisezähler einer gewerblichen Solaranlage.**

Durchsichten, Prüfungen und die Wartung sollte man stets an spezielle Serviceanbieter übergeben. Das können Installationsbetriebe sein oder spezialisierte Anbieter.

### Fachleute einbinden

Man darf nicht vergessen, dass es sich um elektrotechnische Anlagen handelt, die mitunter hohe Spannungen führen. Selber schrauben ist gefährlich und leichtsinnig. Wer sich gute Partner auch beim Betrieb der Anlagen an die Seite holt, ist immer auf der sicheren Seite.

## LASERTECHNIK

### Fehler sogar nachts orten

Viele vor allem ältere Solargeneratoren verfügen weder über eine Dokumentation der Modulfelder und der elektrischen Anschlüsse noch über ein laufendes Monitoring. Um solche Anlagen möglichst einfach in die reguläre Wartung zu übernehmen, empfiehlt sich der Einsatz von Lasertechnik. Sie erlaubt es, auch nachträglich sehr schnell einen Modulplan der Anlage zu erstellen.

Die Lasertechnik (Lasertektor) hilft zudem, sogar schwierige Fehler im Modulfeld zu orten und damit den Austausch defekter Komponenten zu erleichtern. Denn Zeit ist Geld, auch im Wartungsgeschäft. Zudem nutzt die Lasertechnik eine sonnenunabhängige Lichtquelle, ist also auch in der Nacht oder bei bewölktem Wetter zuverlässig einsetzbar.

Das Prinzip ist recht einfach: Eine Laserquelle schickt einen Laserblitz auf das Modulfeld. Die Zellen erzeugen daraus elektrischen Strom, der am

Eingang zum Wechselrichter messbar ist. Dieser elektrische Impuls wird jedoch in einen Ton umgewandelt, den der Servicetechniker über Kopfhörer verfolgt. Auf diese Weise fährt er mit dem Laser alle Module ab und kann sie genau den Strings zuordnen. Auch Unterbrechungen durch defekte Zellen, Stecker oder Kabel werden schnell aufgespürt.

Diese Technik macht sich vor allem bei größeren Anlagen bezahlt und für Handwerker, die sehr viele Anlagen prüfen. Die Anwendung der kalibrierten Lasertechnik erfordert eine gewisse Expertise, Einweisung und Erfahrung, vor allem bei der Suche nach Fehlern im Modulfeld. Ohne Lasertechnik gerät sie oft zur sprichwörtlichen Suche nach der Nadel im Heuhaufen.

► <https://solartektor.de/>



Foto: Lasertektor



Foto: Lasertektor

## ELEKTROLUMINESZENZ

### Gegenstrom in der Nacht

Um Solarmodulfelder zu prüfen, kann man einen Trick nutzen: In der Nacht, wenn sie keinen Sonnenstrom erzeugen und kalt sind, wird am DC-String ein Gleichstrom angelegt. Er regt die Solarzellen zu einem schwachen Leuchtbild an, das mit speziellen EL-Kameras erfasst werden

kann. Die Elektrolumineszenzbilder geben wertvolle Hinweise vor allem bei Fehlern innerhalb eines Moduls, beispielsweise in der filigranen Struktur der Siliziumzellen oder Glasbruch, die von außen kaum erkennbar sind.

## THERMOGRAFIE

### Heiße Fehlerstellen sind gut erkennbar

Das umgekehrte Prinzip zur Elektrolumineszenz bietet die Thermografie. Sie wird genutzt, wenn die Solarmodule stromen, also am Tag.

Denn durch die Stromerzeugung erwärmen sich die Solarzellen, die Kontaktbahnen und die Module. Dann kann man die flächigen Generatoren mit Wärmebildkameras (Thermografie) prüfen. Sind Teile von Zellen oder Modulen so beschädigt, dass sie keinen Strom mehr liefern, erscheinen sie im Wär-

mebild als dunkel oder kalt. Dagegen gibt es korrodierte Kontakte, verschlissene Stecker oder Zellbruch, die höhere elektrische Widerstände verursachen. An diesen Stellen erwärmt sich die Solartechnik stärker. Im Wärmebild sind diese Bereiche als rote Hochtemperaturareale erkennbar. Sie weisen auf mögliche Brandherde hin. Wie die Technik für die Elektrolumineszenz sind die Wärmebildkameras eher etwas für Profis.

## FLUGDROHNE

### Anlagencheck im Überflug

Größere Anlagen auf dem Freiland oder Dachanlagen eignen sich besonders für den Überflug mit Drohnen. Damit kann man sehr leicht den Grad der Verschmutzung feststellen. Oder nach einem Hagelanschlag lässt sich ein erster Eindruck von eventuellen Schäden gewinnen. Solche Flugdrohnen können auch Wärmebildkameras tragen, um den Zustand der Solarmodule zu analysieren.

Der Einsatz von Flugdrohnen ist gesetzlich geregelt. Die Vorschriften der Drohnenverordnung sind unbedingt zu beachten, beispielsweise Flughöhe, Reichweite oder Überflug von fremden Grundstücken. In der Nähe sensibler Bereiche wie Flughäfen gelten besonders strenge Regelungen – bis hin zu Flugverboten. Wer Flugdrohnen professionell einsetzt, braucht einen Drohnenschein. Die Drohnen sind gemäß den Vorgaben zu kennzeichnen. Bestimmte Einsätze brauchen eine Genehmigung.



## BAKOM

### Leitfaden zur Verhinderung von Funkstörungen veröffentlicht

Das Bundesamt für Kommunikation (Bakom) hat einen Leitfaden zur Vermeidung von Funkstörungen durch Photovoltaikanlagen veröffentlicht. Auf der Internetseite zum Download sind auch die dafür relevanten Rechtsgrundlagen aufgelistet und verlinkt.

Damit reagiert das Bakom auf die Störung geschützter Funkfrequenzen durch DC-Optimierer oder Mikrowechselrichter. Jährlich fallen zehn bis 15 Anlagen auf und werden dem Bakom angezeigt.

In Deutschland treten solche Probleme gleichfalls auf, werden bei der Bundesnetzagentur aber weniger angezeigt. In beiden Ländern haben bestimmte Funkfrequenzen Vorrang, etwa für die Rettungsdienste, die Flugsicherheit, den Katastrophenschutz oder Amateurfunker. Anlagen müssen so gebaut werden, dass sie die geschützten Bänder nicht stören, auch nicht durch Oberschwingungen oder zufällige Antenneneffekte der Verkabelung auf dem Dach.

Denn lange Leiterschleifen der DC-Verkabelung können wie Antennenschleifen wirken und Störfrequenzen abstrahlen. DC-Optimierer an den Solarmodulen nutzen meist eine Funkfrequenz, um ihre Daten an den Wechselrichter zu übertragen. Über diese Kommunikationsstrecke kann die Taktung der Optimierer oder der Mikrowechselrichter ungewollt abstrahlen und den Funkverkehr stören.

In der Schweiz (wie auch in Deutschland) gilt: Bei Störungen des Amateurfunks oder der Frequenzen von Rettungsdiensten kann das zuständige Bakom die Abstellung der Störung fordern. Ist dies nicht möglich, droht die Stilllegung der Anlage von Amts wegen.

Deshalb rät das Bakom in seiner Handreichung, dass die Anlagen den Vorgaben aus der Verordnung über die elektromagnetische Verträglichkeit (VEMV) entsprechen sollten. Den neuen Leitfaden finden Sie hier zum kostenlosen Download:

► <https://www.bakom.admin.ch/bakom/de/home/geraete-anlagen/photovoltaikanlagen.html>

## SPRÖDE FOLIEN AUF DER RÜCKSEITE

### Materialfehler bei Solarmodulen aus den Jahren 2010 bis 2012

Die Solarbranche kämpft derzeit mit einem größeren Serienfehler, der zum Versagen der Rückseitenfolien führt. Ein Solarmodul mit kristallinen Solarzellen hat hinter der Frontglasscheibe zunächst eine EVA-Folie, sie gehört zum Laminat der Solarzellen. Auf der Rückseite der Zellen kommen nochmals eine EVA-Schicht und die Rückseitenfolie.

Die rückseitige Folie hat die Aufgabe, die Solarzellen vor Wasserdampf zu schützen. Andernfalls können die Kontakte zwischen den Zellen korrodieren. Zudem betten die Rückseitenfolien die Solarzellen ein, um sie elektrisch zu isolieren. Diese Isolationsfähigkeit nimmt ab, wenn die Folien im Laufe der Zeit verspröden und auskreden.

Erkennbar ist dieses Problem daran, dass die Wechselrichter einen Isolationsfehler melden und sich abschalten. Nun können solche Meldungen viele Ursachen haben. Deshalb sollte der Wartungstechniker zunächst prüfen, wann die Anlage errichtet wurde. Von der Versprödung betroffen sind vor allem Solarmodule aus den Baujahren 2010 bis 2012.

Manchmal ist die Zersetzung der Folien so weit fortgeschritten, dass man zwischen den Zellen Risse erkennen kann. Doch gelegentlich ist nur die innere Lage des rückseitigen Folienverbunds betroffen. Dann ist das Problem auf den ersten Blick leider nicht erkennbar. Leuchtet man jedoch mit einer Taschenlampe durch die Zellzwischenräume, erkennt man winzige Risse in der Rückseitenfolie. Oft ist bei betroffenen Solarmodulen festzustellen, dass die hintere Folie auskredet.

Mittlerweile gibt es ein spezielles Messgerät, mit denen sich die Folie analysieren und ihr Zustand begutachten lässt. Es wurde von der Firma Trinamix aus Ludwigshafen entwickelt. Das kleine und handliche Gerät wird lediglich an die Rückseite der Module gehalten. Auf Knopfdruck liefert die App auf dem Handy das Messergebnis. Mittlerweile wurde eine spezielle Applikation für die Solarbranche entwickelt.

► <https://trinamixsensing.com/pv-module>



Bild: Heiko Schwarzbünger



Bild: Heiko Schwarzbünger



Bild: Helio Schwarzbünger



Bild: Helio Schwarzbünger



Bild: Helio Schwarzbünger

# Techniktrends



Bild: Helio Schwarzbünger



Bild: Helio Schwarzbünger

Neue Solarmodule werden jedes Jahr auf der Fachmesse Intersolar in München vorgestellt.



Foto: Heiko Schwarzinger

# Solarmodule: Mehr Leistung aus der Fläche

**8 Techniktipps** ■ Solarmodule sind die Basis jeder Solaranlage, denn sie fangen das Sonnenlicht ein und erzeugen elektrischen Strom. Die Innovationskraft der Hersteller ist ungebrochen. Die Module werden immer leistungsfähiger, die Kosten zur Fertigung sinken.

Die Solartechnik ist auf Wachstum getrimmt, das fängt bei den Solarmodulen an. Der Trend geht eindeutig zu höheren Leistungen aus der begrenzten Modulfläche, zu höheren Wirkungsgraden und zu sinkenden Kosten in der Produktion.

Die größten Fortschritte wurden bei den Solarzellen erzielt. Das verwundert nicht, machen sie doch rund 80 Prozent der Wertschöpfung eines anschlussfertigen Solarmoduls aus. Im Prozess der Zellfertigung ist es vor allem die Herstellung der Siliziumwafer, die Kosten verursacht.

## Von Zellgröße M6 zu M10 und M12

Deshalb geht der Trend zu größeren Zellen. Bis vor zwei oder drei Jahren galten M6-Zellen als Standard, meist 60 Zellen in einem Modul. M6 steht für 166 Millimeter Kantenlänge der einzelnen Zelle.

Mittlerweile gelten M10 als Standard. Diese Zellen aus monokristallinem Silizium haben eine Kantenlänge von 200 Millimetern. Neuere M12-Solarzellen messen 210 Millimeter pro Kante.

Werden die Solarzellen als Vollzellen ins Modul laminiert, wird der Abstand zwischen den einzelnen Zellen möglichst knapp gehalten. Denn Fläche ist kostbar, und nur von Solarzellen abgedeckte Flächenanteile im Solarmodul dienen der Stromerzeugung.

## Hauchfeine Drähte statt Busbars

Um die Verschattung der Zellen auf der Frontseite zu minimieren, nimmt die Branche zudem Abschied vom Konzept der Busbars. Das waren relativ breite Leiterbahnen auf der Sonnenseite der Zellen, die als Elektronensammler wirkten und den Strom zu den Kupferverbindern zwischen den Zellen leiteten.

## Neuartige Zellen treiben die Leistung der Solarmodule weiter nach oben

Der Leistungshunger der Solarkunden ist ungebrochen. Die dynamischen Märkte verlangen immer stärkere Module, zudem wächst die Vielfalt der angebotenen Modulformate und Modultypen. So besetzt die Branche immer neue Nischen und treibt den Zubau voran.

Derzeit sind rund 80 bis 85 Prozent aller Solarzellen in den Modulen die bekannten **Perc-Zellen**. Perc steht für Passivated Emitter and Rear Cell, also für Zellen, deren Rückseitenkontakt passiviert wurde. Diese passivierte Rückseite wirkt wie ein Spiegel, der den roten Anteil des Sonnenlichts in die Zelle zurückwirft und somit die Ausbeute erhöht.

Bis vor kurzem galt Perc als Nonplusultra. Allerdings zeigen diese Zellen unerwünschte Nebeneffekte wie lichtinduzierte Degradation (LID) oder potenzialinduzierte Degradation (PID). LID betraf auch ältere Zellen (Al-BSF) mit Aluminiummetallisierung auf der Rückseite. Allerdings scheint Perc stärker betroffen, vermutlich durch Wasserstoffatome, die in die dielektrische Passivierungsschicht diffundieren.

Nun wollen etliche Anbieter sehr schnell die neuen **Topcon-Zellen** einführen. Perc-Zellen sind P-Typ-Zellen, Topcon hingegen N-Typ. Bei P-Typ-Zellen ist der kristalline Siliziumwafer mit Bor positiv dotiert, bei N-Typ mit Phosphor negativ. Topcon-Zellen weisen gegenüber Perc etwas höhere Wirkungsgrade auf, zudem sind sie robuster gegenüber höheren Temperaturen. Hinzu kommt ein besseres Schwachlichtverhalten.

Topcon steht für Tunnel Oxide Passivated Contact. Diese Zellen wurden am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg entwickelt. Die Zellen können sowohl monofazial oder bifazial sein.

Schon kündigt sich die nächsten Zellgenerationen an: **Heterojunction-Zellen (HJT)**. Das sind hauchfeine Stapel aus mindestens zwei Zellen. Die monokristalline Siliziumzelle wird mit amorphem Silizium ummantelt. Darüber liegen abschließend transparente, leitfähige Oxidschichten (TCO).

HJT-Zellen haben höhere Wirkungsgrade als Topcon und ihre Leistung ist bei höheren Temperaturen stabiler. Sie erlauben höhere Spannungen und liefern bessere Stromerträge bei Schwachlicht, etwa bei Bewölkung. Zudem lassen sich HJT-Zellen theoretisch aus sehr dünnen Wafern mit nur hundert Mikrometern fertigen.

Seit vergangenem Jahr werden zunehmend **IBC-Zellen** in Modulen verbaut. Das Kürzel steht für Interdigitated Back Contact. Bei ihnen liegen beide Diffusionskontakte auf der Rückseite der Zelle. Die Frontseite bleibt unverschattet, wird weder durch Kontaktfinger (Busbars) noch durch hauchfeine Drähte (Smart Wire) gestört. Weil beide Kontakte (plus und minus) auf der Rückseite liegen, kann man die Anschlüsse niederohmig ausführen. Das minimiert Übergangsverluste. Aufgrund der anderen Kontaktierung lässt sich das Layout der Halbzellen verdichten.

Taufrisch sind **Topcore-Zellen**, die 2021 am Fraunhofer-Institut in Freiburg im Breisgau den Rekordwirkungsgrad von 26 Prozent erreichten. Das entspricht der Effizienz von IBC-Zellen. Grundlage ist die Topcon-Technologie. Bei der Rekordzelle wurde der P-N-Übergang auf der Rückseite als vollflächiger Topcon-Kontakt ausgebildet. Die vollflächige Bordotierung auf der Vorderseite wurde nicht mehr benötigt, sondern ausschließlich lokal direkt unter den Frontkontakten ausgeführt.

Bei modernen Hochleistungszellen sind die früher deutlich sichtbaren Busbars zu einem hauchfeinen, kaum erkennbaren Gitter aus feinsten Drähten reduziert, ähnlich den Nadelstreifen eines Anzugs. Das hat zudem den Vorteil, dass die Vorderseite der Zellen und somit des Moduls homogener wirkt, bei monokristallinen Zellen tiefschwarz.

### Halbe oder Drittelzellen

Die eng gemaschten Nadelstreifen erhöhen den Wirkungsgrad der Zellen, weil die Elektronen kürzere Wege haben, um sich zu sammeln. Technisch gesehen, sinkt der elektrische Innenwiderstand der Solarzellen, ihre Effizienz steigt.

Denkt man diese Idee konsequent weiter, kommt man auf halbe oder sogar Drittelzellen, die schindelartig übereinandergelegt werden. Diese Verschaltung bestimmt derzeit die Modultechnik, weil sich dadurch weitere Prozente beim Wirkungsgrad herauskitzeln lassen. Zwischen den Halbzellen existiert überhaupt kein Zwischenraum mehr, zudem sind die Wege für die Elektronen (und die positiv geladenen Störstellen) extrem verkürzt.

### Größere Vielfalt bei den Modulformaten

Deshalb zeigen moderne Solarmodule nicht mehr das früher bekannte Schachbrettmuster, sondern wirken optisch gleichmäßig und ausgeglichen. Neben wachsenden Zellformaten bietet der Markt eine wachsende Vielfalt von Modulformaten, von zwölf Zellen bis 96 Zellen oder 192 Halbzellen mit Leistungen von über 450 Watt.

Natürlich wächst mit größeren Formaten das Gewicht des einzelnen Moduls. Für die Installation ergeben sich daraus erhöhte Anforderungen, denn ein 450-Watt-Modul wiegt durchaus 30 Kilogramm. Das ergibt sich aus der größeren Glasfläche, und das Glas macht 90 Prozent des Modulgewichts aus.

### Höhere Lasten durch größere Module

Auf die Flächenlast berechnet, sind solche Module unter Umständen etwas günstiger als die bekannten Standardmodule mit 60 Zellen. Selbstverständlich erfordern größere Module bei der Aufständigung auf dem Flachdach ein deutlich stärkeres Montagesystem, weil höhere Lasten aus Wind und Schnee auftreten.

Deshalb setzt man sehr große Modulformate vornehmlich bei kommerziellen Anlagen oder in der Industrie ein. Für Einfamilienhäuser gelten Standardformate mit 120 Halbzellen als geeignet, die sehr hohe Leistungen anbieten.

Weiterhin dominiert die klassische Bauart als Glas-Folie-Modul, also mit Deckglas und Rückseitenfolie. Gerade im Segment der privaten Solarkunden erfreuen sich Glas-Glas-Module wachsender Beliebtheit, die zwar schwerer sind, aber deutlich beständiger und vielseitiger in der Anwendung (siehe nächste Seite). Statt der rückseitigen Folie haben sie eine zweite Glasplatte, die das Modul erheblich versteift.

### Sonnenstrom von beiden Seiten

Die Glas-Glas-Module gibt es seit einigen Jahren mit speziellen Solarzellen, die sowohl auf der Vorderseite als auch auf der Rückseite solar aktiv sind, also Strom von beiden Seiten erzeugen. Bei normalen Solarzellen ist die Rückseite in der Regel passiviert und dient der Kontaktierung.

Zweiseitige Zellen werden als bifaziale Zellen bezeichnet. Die Hersteller versprechen unter Umständen erhebliche Solarerträge von der Rückseite. Dabei hängt der Anteil, wie viel Strom die Solarzelle oder das bifaziale Modul durch die aktive Rückseite erzeugen, vor allem vom Lichteinfall ab. Ein parallel zur Ziegeleindeckung eines Schrägdachs montiertes bifaziales Modul macht keinen Sinn, weil die Dachfläche unterm Modul vollkommen verschattet ist.

## Überdachungen und Zäune

Dagegen können bifaziale Überdachungen im Freien oder Solarzäune durch- aus erhebliche Erträge von der Rückseite generieren. Ein von Nord nach Süd verlaufender Solarzaun fängt auf einer Seite die Morgensonne ein, auf der anderen den Sonnenstand am Nachmittag oder Abend.

Bei bifazialen Modulen wird im Datenblatt in der Regel nur die Solarleistung der aktiven Frontseite ausgewiesen. Überschlägig kann man kalkulieren, dass eine frei stehende, gut beleuchtete Rückseite bis zu 30 Prozent Mehrertrag bringt.

## Gestapelte Zellen im Verbund

Neu sind sogenannte Stapelzellen, die eine kristalline Siliziumzelle mit einer hauchdünnen Deckzelle aus amorphem oder mikromorphem Silizium kombinieren. Solche Module kitzeln einige Prozent mehr elektrische Leistung aus dem Sonnenlicht.

Moderne Solarmodule finden Sie hier:

► <https://www.photovoltaikeu/produkte/solarmodule>

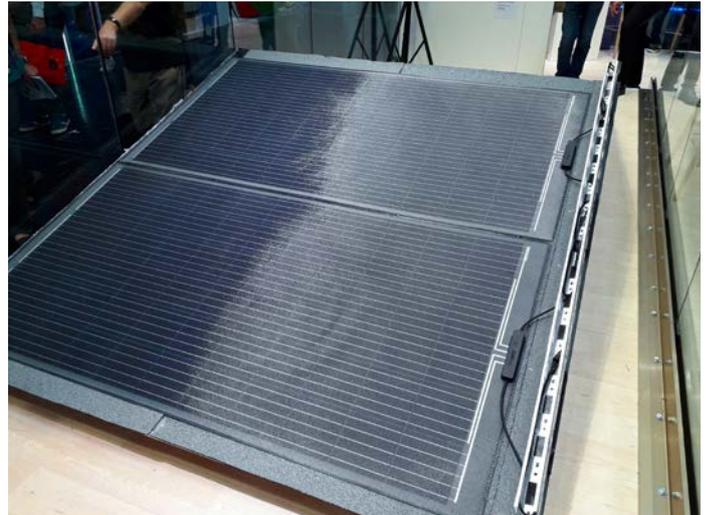


Foto: Heiko Schwarzbünger

Sehr leichtes Modul für Flachdächer.

## MADE IN EUROPE

### Kurze Wege zu den Kunden

Die desaströse Energiepolitik der vergangenen Jahrzehnte vertrieb die Solarindustrie aus Europa. China wurde zur Modulfabrik der ganzen Welt. Jetzt kehrt sich der Trend um: Industrie 4.0, hohe Transportkosten und andere Faktoren sind die Gründe.

Die Solarindustrie kehrt nach Europa zurück. Meyer Burger zeigt im sächsischen Freiberg, dass inländische Produzenten sehr wohl große Brötchen backen können. Und der Ausbau bei Solarwatt in Dresden hat mit der neuen Modullinie F8 zu tun, die in kürzester Zeit an den Start ging, trotz vieler Widrigkeiten wie Corona und trotz des Lieferstaus von Komponenten. Seine Fertigung ausgebaut hat auch Heckert Solar aus Chemnitz. In Langenwetzendorf in Thüringen entstand ein neues Werk für Solarmodule. Die Sonnenstromfabrik in Wismar hat ihre Kapazitäten gleichfalls aufgestockt und modernisiert.

Verstärkt durch Corona und geostrategische Lehren aus Russlands Invasion in der Ukraine, steht der Aufbau mächtiger Kapazitäten für Solartechnik, Speicherbatterien und Mikrochips in Europa auf der Tagesordnung. Der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) hat im Herbst 2022 erstmals mehr Bestellungen für Maschinenteknik aus Europa ermittelt. Die Dominanz der Asiaten bei der Fabrikation von Solarmodulen schwindet.

Dabei geht es zunächst nicht um die Frage, wie gesund Chinas Vorherrschaft bei den Solarfabriken für die deutsche Energiewende ist. Vielmehr wirken sich die steigenden Kosten für den Transport aus. Durch die CO<sub>2</sub>-Steuer ist der Lieferweg von Ware per Schiffsfracht teurer geworden und wird sich weiter verteuern. Das ist ökonomisch und ökologisch sinnvoll.



Foto: Solarwatt



Foto: Heiko Schwarzbünger

Außerdem fällt der Vorteil bei den Lohnkosten weg. Vor zehn oder zwölf Jahren war ihr Anteil an der Produktion von Zellen und Modulen viel höher als heute. In der neuen F8 von Solarwatt in Dresden tanzen Roboter, da wird kaum noch Hand angelegt. Ähnlich sieht es in modernen Werken für Mikrochips und Lithiumzellen aus. Industrie 4.0 macht es möglich: Wirtschaftlich entscheidend sind nicht mehr die Lohnkosten, sondern die Energiekosten und die nachgeordneten Kosten für die Auslieferung der Ware an die Kunden. Wie schnell wird die Ware ausgeliefert, bezahlt und somit als Cashflow für den Hersteller wirksam?

Kurze Wege sind ein ökonomischer Vorteil, wie geringe Energiekosten auch. Wer seine Fertigung mit erneuerbaren Energien versorgt, ist auf der sicheren Seite. Dagegen erleben wir in China, dass Modulwerke und Batteriewerke wegen Strommangels und Corona schließen müssen.

Die Wiege der Solartechnik stand in Deutschland, hier wurde die Technologie entwickelt. Der massive Ausbau der Photovoltaik, der Ausstieg von RWE aus der Kohle bis 2030 und der massive Eintritt von privaten und institutionellen Investoren bringt die Solarwirtschaft nach Deutschland zurück. Jährliches Wachstum von mindestens 20 Prozent beim solaren Zubau schafft mächtige Anreize, Zellen, Module, Wechselrichter und Speicherbatterien in Europa zu fertigen – hautnah an den Kunden.

► <https://www.photovoltaikeu>

## PEROWSKITE

### Zellen mit bis zu 33 Prozent Wirkungsgrad

Die neuen Solarzellen sind in aller Munde. Die ersten Module sind frühestens Ende 2023 zu erwarten. Die Perowskite sind eine Materialklasse aus der Mineralogie, die eine ganz typische Kristallstruktur aufweist. Ein deutscher Forscher hat sie um 1840 aus Fundstücken aus dem Ural klassifiziert und nach seinem russischen Kollegen Lew Perowski benannt.

Die Perowskite in der Photovoltaik gehören zu den Verbindungshalbleitern, wie beispielsweise CIGS oder Cadmiumtellurid. Etwa 2009 wurden die Perowskite erstmals als Solar-material untersucht, seinerzeit in Japan. Mittlerweile beschäftigen sich weltweit sehr viele Forschergruppen mit diesem Thema.

#### Sehr komplexes Material

Es ist ein sehr komplexes Material. In der ursprünglichen Form war es ein Methylammoniumbleijodid, also ein Hybrid aus organischem Methylammonium und Bleijodid, das anorganisch ist. Weil sie Hybride sind, unterscheiden sie sich von CIGS, das rein anorganisch ist.

Mittlerweile gibt es eine ganz große Familie von Perowskiten, die zum Beispiel mit Cäsiumbleijodid sogar auch rein anorganische Materialien umfasst.

#### Breitere Bandlücke, um Licht einzufangen

Der Vorteil für Solarzellen: Perowskite haben eine recht große Bandlücke, die man obendrein sehr gut einstellen oder anpassen kann. Die Bandlücke der Perowskite fängt vor allem sichtbares und ultraviolettes Licht ein, also den Anteil im Sonnenspektrum, der höhere Frequenzen und geringere Wellenlängen zeigt.

Silizium dagegen hat eine feste, eher kleine Bandlücke. Obendrein nutzen Siliziumzellen auch rotes und infrarotes Licht, um elektrischen Strom zu generieren. Bei ihnen geht vom sichtbaren Licht relativ viel Energie verloren.



Foto: William Vöscatz

Daraus folgt, dass die elektrischen Spannungen aus Perowskitzellen höher sind als aus den Siliziumzellen. Allerdings sind die elektrischen Ströme geringer. Zum Zweiten erscheint es sinnvoll, hauchdünne Perowskitzellen mit Siliziumzellen in Tandems zu kombinieren, um das Sonnenspektrum möglichst breit auszunutzen.

#### Mehrere Zellen im Stapel

Forscher arbeiten aber auch daran, die Bottomzelle aus CIGS herzustellen. Silizium und CIGS haben eine ähnliche Bandlücke, die gut zu den Perowskiten passt. Die Topzelle, die aus Perowskit besteht, liefert rund zwei Drittel der Leistung.

Die Bottomzelle aus Silizium, CIGS oder aus einem Perowskit mit kleiner Bandlücke etwa ein Drittel. In beiden Zellen ist die Stromstärke gleich, da sie ja elektrisch gekoppelt sind.

Perowskite lassen sich grundsätzlich relativ leicht im Labor herstellen, allerdings gibt es noch eine ganze Reihe Fragen zu klären. So müssen sie beständiger gegen höhere Temperaturen werden. Sonst überste-

hen sie den Laminierprozess bei der Verkapselung mit der Polymerfolie nicht, der bei 150 Grad Celsius abläuft.

#### Zellen müssen stabiler werden

Generell müssen diese Solarzellen stabiler werden, etwa durch Beimischungen bestimmter Substanzen wie Brom oder hydrophober Moleküle. Und natürlich gilt es, den Anteil von Blei im Halbleiter zu verringern oder zu ersetzen. Auch wenn aufgrund der sehr dünnen Perowskitzelle nur sehr wenig Blei in den Solarzellen enthalten ist.

Der Wirkungsgrad der Tandemzellen könnte theoretisch bis 33 Prozent erreichen. Rechnet man die Verluste in der Modulfertigung ein, dürften Solarmodule mit Perowskit-Silizium-Tandemzellen trotz allem leistungsfähiger sein als Module mit Siliziumzellen.



Foto: William Vöscatz

Überkopfverglasung mit Doppelglasmodulen für Gartenbaubetriebe und Carports.

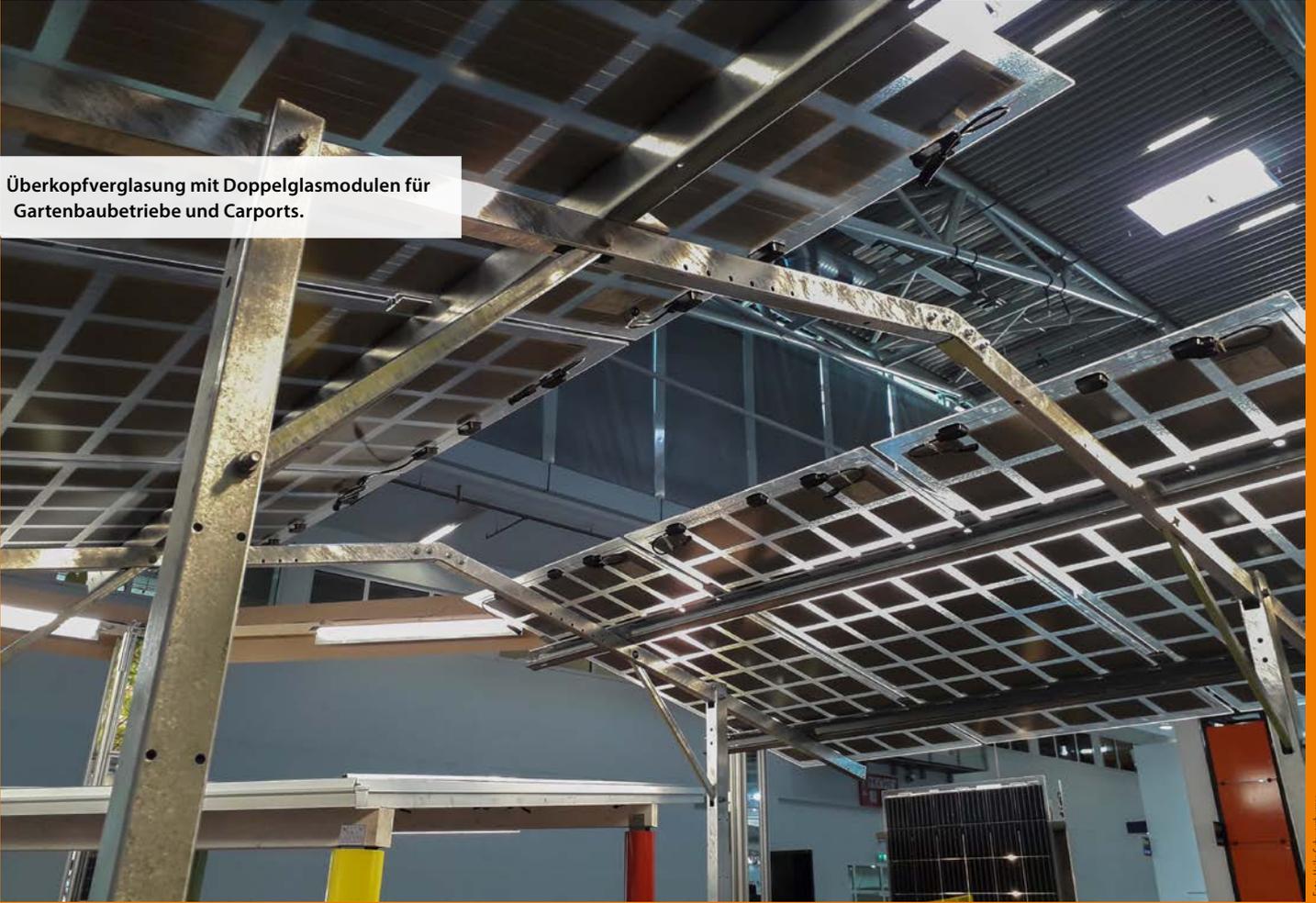


Foto: Heiko Schwarzinger

# Mit Glas-Glas-Modulen stets auf der sichereren Seite

**5 Techniktipps** ■ Glas-Glas-Module sind besonders belastbar und widerstandsfähig. Deshalb geben die Hersteller längere Garantien, bis zu 30 Jahre. Und sie erlauben besondere Anwendungen wie semitransparente Flächen oder Überkopfverglasungen.

**G**las-Glas-Module bestehen aus zwei Gläsern, einem auf der Front- und einem auf der Rückseite. Dazwischen liegt das Laminat der Solarzellen, in Folie eingeschweißt. Glas-Glas-Module sind schwer, dafür aber sehr stabil. Für Regionen mit starken Hagelschlägen sind sie erste Wahl, vor allem für kleine, private Anlagen.

## Ungerahmt oder mit Rahmen

Glas-Glas-Module sind in sich so stabil, dass man unter Umständen auf den Aluminiumrahmen verzichten kann. Die bekannten Glas-Folie-Module, die auf der Rückseite eine stabile und UV-beständige Folie haben, kommen ohne Rahmen nicht aus.

Ungerahmte Glas-Glas-Module ergeben eine sehr homogene Solarfläche, wenn man das Spaltmaß zwischen den Modulen sehr eng wählt. Dann wirken die Solarmodule wie Verbundsicherheitsglas. So werden sie bei der Planung von Solarfassaden übrigens auch behandelt, gemäß DIN 18008.

Weil Glas-Glas-Module sehr stabil und biegefest sind, kommen sie mit sehr schmalen Rahmen aus. Auch dadurch sind interessante optische Effekte möglich, etwa bei der Linienführung an der Fassade.

## Semitransparent oder vollflächig

Einen großen Vorteil haben Glas-Glas-Module gegenüber den Glas-Folie-Modulen: Man kann den Abstand zwischen den Solarzellen frei wählen. Auf



Foto: Heiko Schwarzung

Glas-Glas-Modul als Solarzaun.

diese Weise sind semitransparente Solarmodule möglich, die das Tageslicht teilweise durchlassen.

Je größer der Abstand zwischen den Zellen im Laminat, desto höher ist der sogenannte Transparenzgrad, desto geringer aber auch die Solarleistung aus dem Modul. Doch zur Überdachung von Terrassen, für solare Carports oder Solarzäune bieten semitransparente Glas-Glas-Module spannende Optionen, um Optik und Solarstrom miteinander in Einklang zu bringen.

Will man Treppenhäuser oder Kommunikationsflächen im Innern eines Gebäudes mit Tageslicht beleuchten, vielleicht gegen zu intensive Sonneneinstrahlung abschatten und zugleich sauberen Strom gewinnen, bieten sich vertikal montierte semitransparente Glas-Glas-Module an.

### Bauaufsichtliche Zulassung

Die Hersteller von Glas-Glas-Modulen können – wie für Elemente aus Verbundsicherheitsglas (VSG) – eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung beantragen. Dann wird das Modul sehr strengen Tests zur Bruchmechanik und zur Brandbeständigkeit unterworfen. Im Ergebnis wird es als zugelassenes, zertifiziertes Bauprodukt bestätigt, das beispielsweise in Fassaden oder bei Überkopfverglasungen wie Sicherheitsglas verbaut werden darf. Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) ist für Architektinnen und Architekten wichtig und wird vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) in Berlin vergeben. Die Bauordnungen der Länder und des Bundes stützen sich auf die abZ, um die Sicherheit und Langlebigkeit von Bauprodukten zu gewährleisten.

Befindet sich eine Solaranlage im öffentlichen Raum, etwa auf solaren Carports oder als Solarfassade an Gebäuden mit Publikumsverkehr, ist die bauaufsichtliche Zulassung für den Versicherungsschutz unverzichtbar. Namhafte deutsche und österreichische Hersteller bieten solche zertifizierten Glas-Glas-Module bereits an, sodass der solaren Architektur keine Grenzen mehr gesetzt sind.

### Bruchfeste, stabile Solarzäune

Eine recht junge Anwendung sind solare Einfriedungen und Zäune aus Glas-Glas-Modulen mit Standardzellen oder mit bifazialen Solarzellen. Diese Module werden im Montagerahmen vertikal und frei stehend installiert, faktisch eine Solarfassade ohne Gebäude.

Die Solarzäune sind nicht nur für umweltbewusste Privateigentümer interessant, sondern vor allem für Landwirte, als Weidezaun oder als Einfrie-

dung von Agrarflächen und Betriebsgelände. Die senkrechten Module nehmen kaum Platz weg, nicht mehr als ein ohnehin erforderlicher Zaun, sind stabil und sicher. Und sie liefern Sonnenstrom. Weil sich Zäune sehr schnell zu vielen Metern summieren, lassen sich damit beachtliche Solarleistungen aufbauen.

### Glas-Glas-Module made in Europe

Weltweit drei Viertel aller Solarmodule stammen gegenwärtig aus China, wobei die Glas-Folie-Module mehr als 90 Prozent dieses Anteils ausmachen. Bei Glas-Glas-Modulen haben europäische Anbieter die Nase vorn, denn die schweren Doppelglaspaneele sind sehr teuer, was den Transport per Schiff aus Asien betrifft.

Deshalb bauen europäische Anbieter zurzeit ihre Werke für Glas-Glas-Module aus, um die kurzen Wege zu ihren Kunden zu nutzen. Wer sich für Glas-Glas entscheidet, sollte unbedingt deutsche, österreichische oder anderweitig aus Europa stammende Ware installieren. Zumal die Hersteller bis zu 30 Jahre Leistungsgarantie auf diese Module geben.

### AKTUELLES VIDEO

#### CEO-Talk mit Dr. Erich Merkle

Das Interview mit Dr. Erich Merkle können Sie sich auch als Video anschauen. Es erschien in unserer Youtube-Reihe CEO-Talk 2023. Dr. Merkle ist Geschäftsführer des Modulanzbieters Gridparity AG aus Karlsfeld. Er sagt: Mit neuen Produkten können sich europäische Hersteller von Solarmodulen gegen die Konkurrenz aus Asien gut behaupten. Wenn sie spezielle Marktsegmente und Kundengruppen ansprechen, die nicht nur Massenware wünschen.



Foto: Vorratz/Media

► <https://www.photovoltaikeu/videos/pv-guided-tours-2023>



# Sehr leichte Module für besondere Zwecke

**4 Techniktipps** ■ Besonders leichte Solarmodule verzichten auf das Deckglas. Die Solarzellen werden auf stabile Kunststoffträger laminiert, manche Leichtbaumodule lassen sich sogar verbiegen. Dadurch kann man Dächer belegen, die nur geringe statische Reserven haben.

Die neue Solarfassade der Firma Group 24 in Gescher im Münsterland kommt leicht und luftig daher. Kein Wunder, denn die Solarfläche besteht aus glasfreien Leichtbaumodulen und kommt ohne spezielle Unterkonstruktion aus. Denn 140 leichte Module wurden direkt auf die Wand geklebt.

## Geringes Gewicht der Module

Glasmodule hätten aufgrund ihres Gewichts an diese Fassade nicht installiert werden können oder nur mit hohem Aufwand, um sie statisch abzusichern. Die Leichtbaumodule bestehen aus zwei Kunststoffplatten, zwischen denen die Solarzellen liegen. Die Oberfläche der Module ist so strukturiert, dass sie das Sonnenlicht optimal einfangen.

Mittlerweile wurden diese Module so weit entwickelt, dass sie vergleichbare Wirkungsgrade und Solarerträge wie Glasmodule erzielen – mit acht Kilogramm Gewicht statt mit 22 Kilogramm. Einzelne Module leisten bis zu 360 Watt. 140 Module ergeben gut 50 Kilowatt.

## Flächen auf Schiffen oder kleinen Gebäuden

Mit den leistungsstarken Leichtbaumodulen lassen sich beispielsweise auch die Dächer von Schuppen oder Garagen belegen, die meist nur leicht gebaut sind und wenig Tragreserven haben. Ein spannendes Projekt war das Solardach des bekannten Theaterkahns, der am Ufer der Elbe in Dresden ankert und jedes Jahr Tausende Besucher anzieht.

Dort wurden 66 der ultraleichten Solarmodule installiert, die nunmehr ein Viertel des Strombedarfs decken. Die sehr einfache Installation und das geringe Gewicht ermöglichen die Versorgung mit Sonnenstrom auch für ein 111 Jahre altes Schiff.

## Energiekosten senken

Bereits vor sechs Jahren hatte der Intendant die Idee, Photovoltaikmodule zu nutzen. Denn die steigenden Energiekosten setzen dem ohnehin durch Corona und Besucherschwund gebeutelten Theaterbetrieb zu. Im Sommer 2022 ging dieser Wunsch in Erfüllung: Rechtzeitig zum Neustart nach



Installation von ultraleichten Modulen auf dem Theaterkahn in Dresden.

Foto: ConarTech

der Coronapause rückten die Handwerker an. Sie installierten insgesamt 24,75 Kilowatt.

Geschätzt wird die Anlage rund 22.750 Kilowattstunden pro Jahr erzeugen. Etwa 70 Prozent des Sonnenstroms werden im Theaterbetrieb und von der Gastronomie an Bord genutzt.

## Zweite Haut fürs Dach

Schwere Glasmodule kamen aufgrund ihres Gewichts für das 111 Jahre alte Schiff nicht infrage. Die glasfaserverstärkten Module haben nur ein Drittel des Gewichts herkömmlicher Module, sind dennoch robust und flexibel. Sie werden auf die Dachhaut geklebt, so gibt es keine Zwischenräume zwischen der Solaranlage und dem Dach, in die der Wind hineingreifen kann.

## AKTUELLES VIDEO

### Matthias Schoft von Sunman Power: Neue Federgewichte fürs Gewerbedach

PV Guided Tours: Für Gewerbedächer mit geringer Lastreserve hat Sunman innovative Leichtbaumodule ohne Deckglas entwickelt. Jetzt kommt die neue Serie auf den Markt – auch aus europäischer Fertigung. Matthias Schoft, Vertriebsleiter für Europa, stellt die neuen Module vor und erläutert die Kooperationen mit Systemanbietern.

► <https://www.photovoltaikeu/videos/pv-guided-tours-2022>

## WERKZEUGHERSTELLER TRUMPF

### 10.000 Solarmodule für die Fabrikhalle

Der österreichische Anbieter DAS Energy baut sehr leichte Module. Dazu wird eine Technologie aus dem Flugzeugbau genutzt. DAS Energy steht für Diamond Aircraft Solar Energy. Denn klassische Standardmodule mit einem Deckglas oder gar zwei Gläsern haben einen großen Nachteil: Sie sind schwer und unhandlich.

DAS Energy nutzt Komposite aus Glasfaser (GFK) als Substrate, auf denen die Zellen auflaminiert werden. Dazu hat die Firma ein Kunstharz-pulver entwickelt, um besonders langlebige Solarmodule zu fertigen. Solche Module bieten eine sehr große Breite von optischen Möglichkeiten, die weit über Standardmodule mit Standardzellen hinausgehen. Deshalb sind sie beispielsweise sehr gut für Gebäude geeignet, die Auflagen des Denkmalschutzes erfüllen müssen.

Eines der bisher größten Projekte von DAS Energy wurde im Frühjahr 2022 nach mehreren Monaten fertiggestellt und liefert seitdem sauberen Solarstrom. Auf den Dachflächen der Produktionshallen von Trumpf in Ditzingen wurden solche Leichtbaumodule installiert. Für das architektonisch integrierte Solardach wurden die Module in gewünschter Größe angepasst. Die Herausforderung dieses Projekts bestand darin, die besonderen Bedachelemente auf den Hallen ästhetisch zu gestalten und dennoch höchsten Solarertrag zu erreichen.

Die Dachlandschaft besteht aus einem leicht geneigten Satteldach und einem Schmetterlingsdach mit einem Gefälle von jeweils fünf Grad. Über 10.000 Leichtbaumodule wurden auf einer Gesamtfläche von 15.200 Quadratmetern flächendeckend installiert. Die Leistung der Anlage erreicht 1,14 Megawatt.

Die semiflexiblen Solarmodule bestehen aus monokristallinen Siliziumzellen und patentierten Glasfaser-Composite-Materialien. Das Format des Projektmoduls 12x2 von DAS Energy mit den Maßen 2035 x 357 x zwei Millimeter bringt eine Leistung von 120 Watt. Die nur zwei Millimeter dünnen Module sind flexibel, äußerst stabil und witterungsbeständig.

Dank der transparenten Beschichtung mit Ethylen-Tetrafluorethylen sind die Solarmodule nicht nur schmutzabweisend und kratzfest, sondern machen sich auch den sogenannten Lotuseffekt zur Selbstreinigung zunutze.

► <https://das-energy.com/de/news/10000-pv-module-fur-deutschen-werkzeughersteller-trumpf>



Foto: DAS Energy

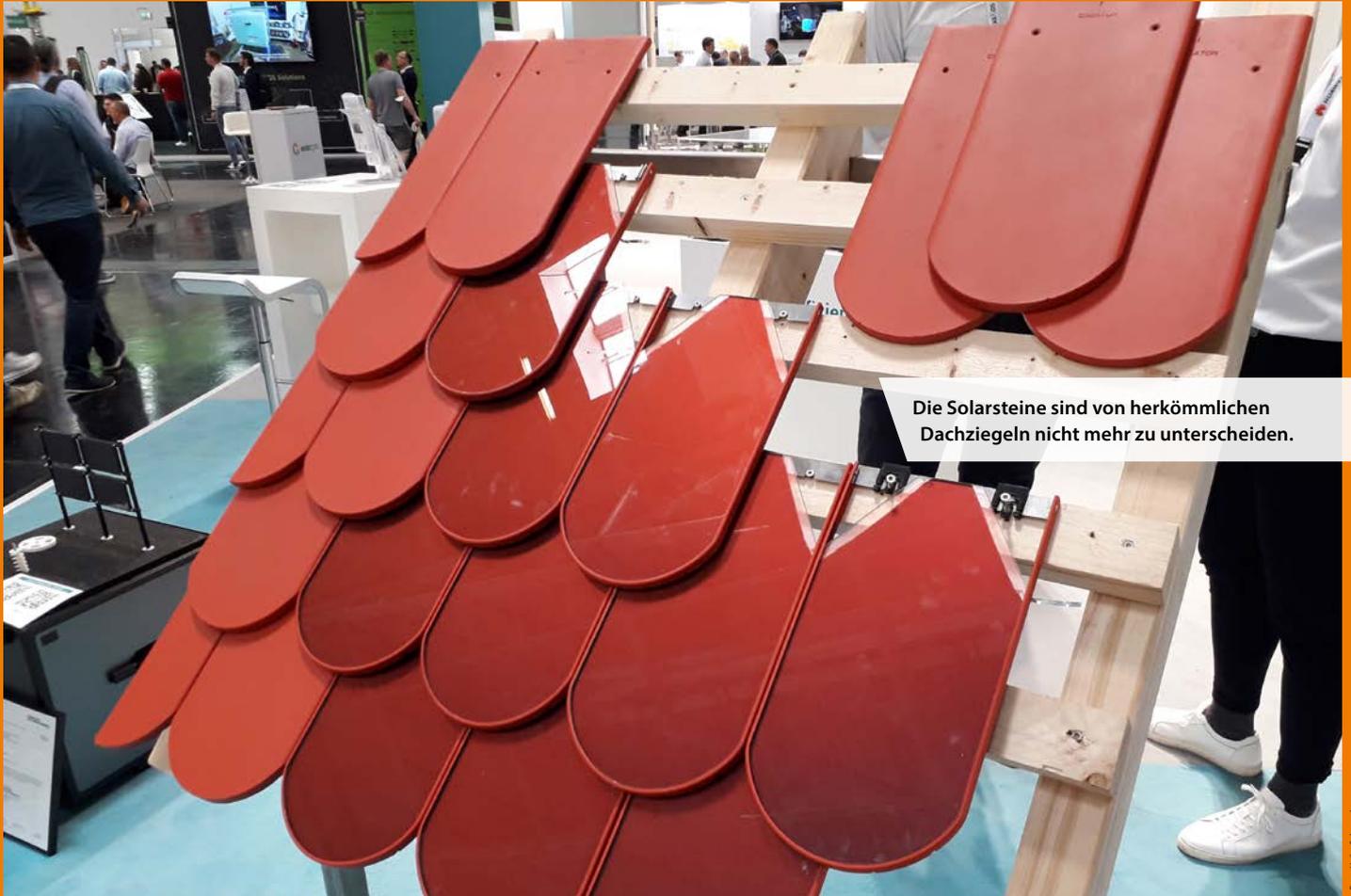


Foto: Heiko Schwarzburger

# Solare Ziegel für schräge Dächer

**8 Techniktipps** ■ Solare Dachelemente bringen Eindeckung und Solarzellen zusammen. Eine Idee, die Denkmalschützer lieben. Denn mittlerweile gibt es Solarziegel in nahezu allen Größen und Einfärbungen.

**C**reaton, Braas, Nelskamp & Co.: Die bekannten Anbieter von Ziegeln, Schindeln und Steinen zur Dacheindeckung entdecken zunehmend die Solartechnik. Seit einiger Zeit haben sie Solarprodukte im Angebot, um das Dach mit Sonnenstrom nutzbar zu machen.

War das Dach bisher vor allem Kostenträger, wird es nun zum Energiedach. Dabei spielt kaum noch eine Rolle, um welchen Dachtyp es sich handelt. Denn für alle gängigen Dachkonstruktion in unseren Breiten sind solare Produkte verfügbar.

## Separate Eindeckung sparen

Der wesentliche Vorteil: Solare Dachziegel ersetzen die klassische Eindeckung, auch ist kein separater Solargenerator nötig. Sie bilden die bekannten Produktemaßhaltig nach, sind ihnen millimetergenau nachempfunden.

Deshalb ist der Austausch kein Problem, von der Verkabelung der Solarziegel abgesehen. Der Dachaufbau ist der gleiche wie beim bisherigen Dach: tragfähiger Dachstuhl mit Balken, Lattung und Konterlattung sowie Unterspannbahn zum Regenschutz und Wärmedämmung.

## Verkabelung wie bei Aufdachanlagen

Wie bei normalen Solarmodulen werden auch die Solarziegel rückseitig verkabelt. Es werden sogenannte Solarstrings gebildet, die in eine Hauptleitung des Solargenerators münden. Diese wiederum führt zum Wechselrichter.

Solare Dachziegel lassen sich problemlos zu jeder beliebigen Dachgröße installieren, wie übliche Dachsteine auch. Das ungeübte Auge kann nicht erkennen, ob das Schrägdach Sonnenstrom liefert oder nicht.

## In allen üblichen Farbtönen

Die Solarprodukte gibt es in allen bekannten Ziegelfarben, auch als modulare Elemente, die mehrere Solarziegel (zum Beispiel acht Stück) in einem Bauteil vereinen. Das spart viel Zeit und Verkabelungsaufwand.

Die solaren Dachelemente werden wie normale Dachziegel verlegt und dabei einzeln durch geprüfte Steckverbindungen an ein vorher verlegtes Netz auf dem Dach untereinander verbunden. Alle Verbindungskabel und Steckkontakte bleiben unter den Ziegeln verborgen und sind gegen Witterungseinflüsse geschützt.

## Dachdecker baut auf, Elektriker schließt an

Die Anlagen werden dem Dachdecker von den Herstellern meist als Komplettsystem inklusive Planung und Beratung geliefert. Der Elektriker kann sie mit allen gängigen Wechselrichtern kombinieren.

Die zum Anschluss verwendeten Kabel sind UV- und witterungsbeständig, ungiftig und recyclingfähig. Der Anschluss an Wechselrichter und Stromnetz kann durch den Elektriker zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen, dafür muss niemand mehr das Dach öffnen.

## Keine zusätzliche Tragreserve erforderlich

Die solaren Ziegel haben den großen Vorteil, dass das Dach keine zusätzlichen statischen Reserven braucht, um die Solartechnik aufzunehmen. Denn das Gewicht der Solarziegel entspricht ungefähr dem Gewicht üblicher Dachsteine, die Anlage wird also nicht schwerer.

## Optik steht im Vordergrund

Großes Augenmerk gilt der Optik solcher solaren Dachprodukte. Denn wenn beispielsweise der Denkmalschutz ein Wörtchen mitredet, kann es mit klassischen Standardmodulen schwierig werden.

Hier bietet der Markt mittlerweile für alle Anforderungen die geeigneten Produkte an. Schwieriger ist eher die Frage zu beantworten, welcher Dachde-

cker sich traut. Obwohl die Solarziegel an sich keine besonderen Anforderungen an die Dachinstallation stellen (vom Solarstecker abgesehen), haben die meisten Dachdecker einen Heidenrespekt vorm elektrischen Strom.

## Dieselben Vorschriften gelten

Deshalb sind die Systeme in der Regel so ausgelegt, dass sie mit geringen Solarspannungen arbeiten, also unempfindlich gegen unvorsichtige Berührung sind. Im Übrigen gelten dieselben Vorschriften zur technischen Sicherheit, zum Blitzschutz und zur Inspektion sowie Prüfung wie für die bekannten Aufdachanlagen mit Glasmodulen.

Auch der Netzanschluss unterliegt den gleichen Spielregeln: Anfrage für den Netzanschlusspunkt beim regionalen Netzbetreiber, Zwei-Richtungs-Zähler am Hausanschluss und Absicherung des Wechselrichters auf der DC- und der AC-Seite.

## Mehr Spielraum für die Dachdecker

Manche Solarziegel bieten variable Decklängen an. Bei ihnen ist der Dachdecker nicht an ein festes Maß bei der Unterkonstruktion gebunden. Dies ist vor allem für Sanierungen von geflickten Dächern interessant, bei denen die Unterkonstruktion variiert.

Fazit: Mit modernen Solarziegeln lassen sich Schrägdächer mittlerweile effizient und optisch ansprechend für Solarstrom nutzen, auch in Gemeinden und Städten, die historische Bausubstanz mit speziellen Vorschriften belegen.

Denkmalschützer dürfen sich nicht länger diesen Möglichkeiten verschließen. Sie sind zur Zusammenarbeit aufgefordert, wie es das neue EEG 2023 bestimmt. Die technische Entwicklung der Solarbranche bietet geeignete Produkte. Jedes Dach ist ein potenzielles Solardach.

Hier finden Sie aktuelle Produkte und Anwendungen:

► <https://www.photovoltaik.eu/bipw>



Neuartige Solarschindeln finden zunehmend Beachtung.

Der erste Teil der solaren Überdachung des Parkplatzes in Disneyland Paris ist fertiggestellt.



Foto: Disney/Sylvain Cambon

# Solare Carports für E-Autos

**9 Techniktipps** ■ Ob für private Solarkunden, für Firmen oder Kommunen: Wer Parkflächen mit Solarmodulen überdacht, nutzt ohnehin versiegelte Flächen zweifach. Dann rückt die Tankstelle ans Gebäude, und die E-Autos können rollen.

**D**as Disneyland bei Paris ist ein Publikumsmagnet. Jedes Jahr kommen zwölf bis 15 Millionen Menschen hierher, um die Attraktionen im Vergnügungspark zu bewundern. Viele kommen mit dem Auto und staunen: Der riesige Parkplatz ist seit Kurzem mit Solarmodulen überdacht – ein modernes Sonnenkraftwerk.

## Jede Größe machbar

So was geht im großen Stil wie in Paris, so was funktioniert aber auch mit einem kleinen Solarcarport vorm Einfamilienhaus. Für Disneyland wurden spezielle Stahlkonstruktionen entwickelt, um die Solarmodule zu tragen. Für kleinere Systeme gibt es vorgefertigte Carports und Bausätze, die sich modular kombinieren lassen.

In Paris besteht die Unterkonstruktion aus T-Trägern, die um 15 Grad seitlich geneigt sind. Sie werden in Betonfundamenten im Boden verankert. Auf den Trägern sind über die gesamte Länge der Parkreihen Montageschienen befestigt, auf denen ein Trapezblech montiert ist. Auf diesem Trapezblech werden die Module befestigt. Also handelt es sich um ein Trapezblechdach mit aufgelegten Solarmodulen.

## Aufdachsystem oder Überkopfverglasung

Diese Lösung ist für große Anlagen geeignet, die mehrere Hundert oder gar Tausend Parkplätze überspannen. Die Trapezbleche erlauben es, sehr preiswerte Massenmodule aufzulegen, zu relativ geringen Montagekosten.

Ebenso möglich ist es, auf das Blechdach zu verzichten und Glas-Glas-Module zur solaren Überdachung zu nutzen. Dafür brauchen die Solarmodule eine bauaufsichtliche Zulassung, auch gibt es einige Vorschriften bei den Abmessungen zu beachten.

Der Vorteil: Solche Solardächer wirken sehr luftig. Semitransparente Solarmodule lassen teilweise das Tageslicht durch, sodass es im Carport hell ist – auch ohne Beleuchtung. Das wirkt optisch einfach besser als die Blechhütten von Disneyland in Paris. Doch klar, die Solarfläche am Vergnügungspark umfasst 30 Hektar, macht rund 30 Megawatt Solarleistung.

## Amortisierung in wenigen Jahren

Für einen normalen Carport mit einem Stellplatz kann man sechs oder acht Quadratmeter veranschlagen, für den Doppelcarport mit zwei Stellplätzen bis

zu 20 Quadratmeter. Fünf Quadratmeter entsprechen einem Kilowatt Solarleistung, so die Faustregel.

Daran erkennt man, dass großzügig ausgelegte Carports eine erhebliche Solarleistung bereitstellen, ausreichend Bauplatz auf dem Grundstück vorausgesetzt. Das gilt auch für die Überdachung von Terrassen oder die mit Solarmodulen veredelte Pergola im Garten.

Vier Kilowatt vom Doppelcarport bedeuten in unseren Breiten rund 4.000 Kilowattstunden. Bei 40 Cent pro Kilowattstunde für den Netzstrom summiert sich diese Energiemenge auf 1.600 Euro. Diese Einsparung zeigt, wie schnell sich ein solarer Carport amortisieren kann – innerhalb weniger Jahre.

## Montagesysteme zum Selbstbau

Hinzu kommt, dass der Bau eines Carports unter drei Meter Höhe in vielen Bundesländern genehmigungsfrei ist. Als Material für die Träger und die Balken werden Holz, Aluminium oder Stahl verwendet.

Es gibt vorgefertigte Bausätze, die man mit einigem handwerklichem Geschick selber hinstellen und im Boden verankern kann. Der Anschluss der Solarmodule an den Wechselrichter und ans Stromnetz ist freilich der kundigen Elektrofachkraft vorbehalten. Auch der Anschluss einer E-Ladebox ist Sache des Fachinstallateurs.

## Lasten aus Wind und Schnee beachten

Wie bei jedem Gebäude ist natürlich auch beim Carport zu beachten, dass er stabil ist und die regional auftretenden Lasten aus Wind, Starkregen und Schnee aufnehmen kann. Sie hängen im Wesentlichen vom Fundament, dem Material sowie Höhe und Breite der Konstruktion ab. Die Pfosten sind so zu platzieren, dass die Autos ungehindert ein- und ausfahren können. Entsprechend robust werden das Fundament und die Unterkonstruktion ausgelegt.

## Pflicht zur solaren Überdachung

In Deutschland haben 2022 erste Bundesländer wie Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen eine Pflicht zur solaren Überdachung von neuen Parkplätzen eingeführt. Rheinland-Pfalz folgt ab 2023. In Sachsen denkt die Regierung ebenfalls darüber nach.

Für die Kosten von solaren Carports gibt es keine Richtpreise, sie hängen von zu vielen Faktoren ab. Gute Vorplanung kann die Kosten jedoch minimieren und den Solarertrag maximieren. In einigen Bundesländern sind sie von der Baugenehmigung befreit, wenn ihre Höhe unter drei Metern bleibt.

## Verschiedene Bautypen

Die erste Frage ist: Stehen unter den Carports nur einzelne Fahrzeuge oder sollen diese zwei Reihen von parkenden Autos überspannen? Dafür kommen sogenannte Schmetterlingsdächer oder Pultdächer infrage. Das Schmetterlingsdach ist eine Y-Konstruktion auf Mittelpfeilern, die nach beiden Seiten über die Parkreihen auskragt. Der Vorteil ist, dass auf beiden Seiten der Pfeiler Fahrzeuge parken können.



Hier schafft der solare Carport eine erhebliche Fläche für Eigenstrom.



Foto: Carportwerk

Formschöner Carport mit Solarmodulen für private Nutzer.

Das ist zwar auch mit der T-Variante möglich. Hier ist die Modulfläche auf T-Trägern montiert. Doch mit der Y-Konstruktion lässt sich die Entwässerung zum Mittelpfeiler hin einfacher bewerkstelligen.

## Entwässerung beachten

Der Regen oder das Schmelzwasser fließen zur Mitte der Überdachung und zu den Pfeilern und wird dann über Fallrohre abgeleitet. Bei der T-Variante ist die gesamte Modulfläche zu einer Richtung geneigt, es entsteht eine schiefe Ebene. Das gesamte Wasser läuft zur Traufe, wird dort gesammelt und durch ein Rohr abgeführt.

Die dritte Variante ist das L, das Pultdach, das auf der Traufseite auf Pfeilern ruht. Diese Lösung ist nur für eine Parkreihe gedacht, etwa für Parkplätze, die an eine Gebäudewand anschließen.

## EEG-Vergütung für Netzeinspeisung

Baurechtlich gilt der Carport als Gebäude und sollte die Einspeisevergütung gemäß EEG bekommen. Sie wird gezahlt, wenn eine Solaranlage „auf, an oder in einem Gebäude oder einer sonstigen baulichen Anlage angebracht ist und das Gebäude oder die sonstige bauliche Anlage vorrangig zu anderen Zwecken als der Erzeugung von Strom aus solarer Strahlungsenergie errichtet worden ist“, wie es der Gesetzgeber in Paragraph 48 Absatz 1 formuliert hat.

Zudem nennt das EEG in Paragraph 1 Absatz 1 Nummer 5d explizit Solaranlagen auf Parkplatzflächen als förderwürdig. Für private und gewerbliche Solarkunden wird es immer darum gehen, so viel Sonnenstrom wie möglich im Gebäude oder in der Firma zu nutzen. Das spart mehr Geld, als die Kilowattstunde bei der Einspeisung verdient.

Und eines ist sicher: Solare Carports sind eine clevere Lösung, um die E-Tankstelle ans Haus oder in die Firma zu holen. Mit der steigenden Zahl von Elektroautos wächst auch die Nachfrage nach Ladepunkten.



Foto: Solarwatt

Gewerblicher Carport mit Solarstromerzeugung auf dem Kundenparkplatz.

# Montagetechnik für solare Dächer

**8 Techniktipps** ■ Mittlerweile sind die Unterkonstruktionen für Solarmodule so ausgefeilt, dass sich faktisch jedes Dach nutzen lässt. Entscheidend ist, dass es dem Gewicht der Solarmodule und zusätzlichen Windlasten standhält. Nicht zu unterschätzen: der Arbeitsschutz bei Arbeiten in der Höhe sowie der Schutz vor Blitzen und Tierfraß.

Dieser Stempel in der Eindeckung nimmt die Modulschienen auf.



Foto: Heiko Schwarzbinger

**D**ächer sind die erste Wahl, wenn man sich für Sonnenstrom als kostengünstige Energieform entscheidet. Warum? Weil sie ohnehin vorhanden sind. Solarmodule auf Dächer zu montieren, nutzt das Dach zweifach: als Schutz vor Regen und Hagel sowie als Energiespender.

## Dachstatik prüfen

Zuerst ist zu prüfen, ob der Dachstuhl (bei Schrägdächern) oder die Dachkonstruktion (bei Flachdächern) ausreichend Tragreserven aufweist. Ein Glas-Folie-Modul wiegt um die 20 bis 22 Kilogramm, ein Glas-Glas-Modul durchaus 30 Kilogramm.

Für einen Solargenerator von sieben Kilowatt muss man ungefähr 20 Solarmodule rechnen, das wären 400 bis 600 Kilogramm zusätzliche Dachlast. Zudem greift der Wind in den Zwischenraum zwischen Modul und Dacheindeckung, das bringt dynamische Lasten ein.

Werden die Solarmodule auf dem Flachdach aufgeständert, wirken sie wie Segel, sind also erheblichen Windkräften ausgesetzt. Auch diese Kräfte müssen von der Dachkonstruktion aufgenommen und abgestützt werden.

## Dachparallel oder aufgeständert?

Solarmodule mit Siliziumzellen haben die besten Erträge, wenn sie zwischen 25 und 35 Grad gegen die Sonne ausgerichtet sind. Die meisten Schrägdächer weisen eine solche Neigung auf. Bei ihnen kann man die Module parallel zur Dachhaut montieren, über spezielle Montagesysteme, in der Regel aus Aluminium (weil es sehr leicht ist).

Die Module werden in Schienen eingehängt und mit Klemmen arretiert. Die Schienen wiederum werden von Dachhaken gehalten, die sich an der Latung und Konterlattung abstützen, dort festgeschraubt werden.

Sind die Dächer flach, ständert man die Module auf. Dann greift der Wind hinein wie in ein Segel; er kann unter Umständen – je nach Windgeschwindigkeit – erheblichen Druck ausüben. Aufgeständerte Anlagen sind besonders gut zu sichern, gegen Verschiebung auf dem Dach und gegen Abheben. Denn der Wind kann nicht nur drücken, er kann die Anlage auch vom Dach saugen.

## Leichtmodule oder Glasmodule

Um zu vermeiden, dass die Dachhaut durchbohrt werden muss, ballastiert man Solaranlagen auf Flachdächern, beschwert sie mit Formsteinen oder an-

derweitigen Gewichten. Die Montagesysteme sehen dafür spezielle Aufnahmen vor, damit die Ballastierung nicht auf der Dachhaut scheuert.

Ein solide gebautes Schrägdach vermag eine dachparallele Anlage problemlos aufzunehmen. Dennoch gibt es in Europa viele Gebäude, die noch Kriegsschäden aufweisen und nur notdürftig ausgebessert wurden. Dann sollte der Dachstuhl zunächst saniert werden.

Oder man wählt sehr leichte Folienmodule, die ohne Glas auskommen. Sie eignen sich auch gut für sehr kleine Dächer wie Schuppen oder Garagen. Allerdings lassen sie sich in der Regel nicht gut aufständern, sondern nur mit der Dachhaut verschweißen. Sie sind außerdem zweite Wahl, weil sie nicht so hohe Solarerträge bringen.

## Schrägdächer: Aufdach oder Indach?

Die einfachste Technik, Solarmodule aufs Dach zu bringen, ist die dachparallele Aufdachmontage, ein Solardach überm Regendach. Wer ohnehin die Eindeckung erneuern möchte oder semitransparente Solarmodule nutzen will, um das Dachgeschoss tageshell auszubauen, sollte eine Indachanlage bauen. Bei ihr bilden die Solarmodule auch den Regenschutz.

Dafür gibt es spezielle Montagesysteme, die sich tausendfach bewährt haben und von Fachbetrieben des Dachdeckerhandwerks getestet wurden. Von den Kosten her sind sie nur wenig teurer als Aufdachanlagen, allerdings traut sich nicht jeder Installationsbetrieb an diese Aufgabe.

## Flachdächer: Aufständigung und Ballastierung

Werden die Solarmodule auf flachen Dächern aufgeständert, kann man sie nach Süden ausrichten oder eine Ost-West-Anlage bauen. Ein Teil der Solarmodule nutzt vor allem die Morgensonne aus und den Vormittag, ein Teil bevorzugt den Nachmittag und den Abend.

Solche Ost-West-Systeme ständert man nicht so steil auf, damit sich die gegenüberliegenden Module nicht gegenseitig verschatten. Zehn Grad reichen aus, dann fließt der Regen gut ab und wäscht gleichzeitig das Frontglas vom Staub frei.

Bei Flachdächern ist in jedem Fall darauf zu achten, dass stehende Pfützen vermieden werden. Sie können im Winter frieren, Eis hat mitunter erhebliche Sprengkraft. Im Sommer siedeln sich Flechten und Mikroben in den Pfützen an, die wiederum die Dachfolie angreifen können.

Wenn eine Photovoltaikanlage auf dem Dach strahlt, sind die Solargeneratoren auf oder im Dach durch geeignete Maßnahmen abzusichern. Fangstangen, Erder und Überspannungsschutzschalter gehören ebenso zur Anlagentechnik wie die Solarmodule, Wechselrichter oder Verkabelung – auch wenn sie der Gesetzgeber bei privaten Wohngebäuden nicht zwingend vorschreibt.

## Schutz vor Blitzen und Tieren

Die Kosten für fachgerechten Blitzschutz belaufen sich auf einige Hundert Euro; unbedeutend gegenüber der Investition in die Anlage, die es zu schützen gilt. Für gewerbliche und kommunale Gebäude ist Blitzschutz vorgeschrieben.

Oft vernachlässigt wird die lebendige Umwelt von Photovoltaikanlagen. Denn die Verkabelung und vor allem die Weichmacher in der Isolierung von Anlagen locken beispielsweise Ratten oder andere Nager an, welche die Verkabelung anknabbern können.

Auch Marder oder Waschbären nisten gerne unter dem Schutz von Solarmodulen. Deshalb sind gefährdete Anlagen durch Modulgitter oder andere geeignete Maßnahmen (schützende Kabelführungssysteme beispielsweise aus Metall, hoch gebundene Modulstecker) vor Tierverschädigung zu schützen.

Unter den Solarmodulen nisten zudem sehr gern Tauben und andere Vögel. Sie finden kleine Spalte, oft nur zwei oder drei Zentimeter, um sich unter die Module zu drängen, Eier zu legen und zu brüten. Die Nester sind gefährliche Brandherde, zudem sammeln sich unter den Modulen tote Vögel und aggressiver Kot an, der die Steckverbinder der Solarmodule schädigt.

## Wartungsstege und Reinigung

Vogelkot kann auch zum Problem werden, wenn er die Frontgläser der Solarmodule großflächig verunreinigt und somit die Zellen verschattet. Dann sinkt der Energieertrag aus der Photovoltaikanlage, sie bedarf dringend der Reinigung.

Deshalb sind bei der Planung und Montage einer Dachanlage stets eventuelle Wartungsarbeiten und Inspektionen zu berücksichtigen. Große Anlagen brauchen Wartungsstege, damit man an schadhafte Module gelangt. Einige Montagesysteme bieten Sicherungsschienen an, in denen sich die mit der Wartung und Reinigung beauftragten Mitarbeiter einhängen können, zum Zwecke der Eigensicherung.

## Arbeitsschutz ohne Kompromisse

Der Wunsch, eine Photovoltaikanlage zu bekommen, drängt, das ist verständlich. Bei aller Eile darf der Arbeitsschutz für die Monteure auf dem Dach oder für die Servicekräfte nicht vernachlässigt werden. Verantwortlich für Hebebühnen, Gerüste, persönliche Schutzausrüstungen, Seilschaft und Fangnetze ist der Bauherr.

Natürlich muss der installierende Fachbetrieb die erforderlichen Schutzmittel stellen und planen. Aber der Bauherr darf die Verantwortung nicht abgeben, das ist klar geregelt. Die Haftung liegt zuerst beim Auftraggeber, nur teilweise beim ausführenden Handwerksbetrieb.

## Neuheiten aus der Montagetechnik, Projekte und Tipps:

► <https://www.photovoltaik.eu/montage>

## GEWERBEDÄCHER

### 400 Trägerpfannen für kommerzielle Photovoltaikanlage installiert

Im Sommer 2022 installierte die Dachdeckerei Böttcher aus Melle auf einer Gewerbeimmobilie in Bohmte bei Osnabrück 400 Solar-Trägerpfannen. Auf der rund 1.800 Quadratmeter großen Dachfläche wurden 550 Quadratmeter Solarfläche geschaffen, um Strom für den Eigenbedarf zu produzieren.

Bei dem Gewerbeobjekt handelt es sich um eine vermietete Immobilie. Der Eigentümer hatte bereits andere Gebäude mit Photovoltaikanlagen ausgestattet. Jetzt wollte er auch das vermietete Gebäude nutzen.

#### Ein gering geneigtes Dach

Da das Dach eine geringe Neigung von weniger als 20 Grad aufweist, sollten keine Dachhaken verwendet werden. Die Wahl fiel deshalb auf Solar-Trägerpfannen, da diese bei einem regelkonformen Unterdach bereits ab zehn Grad Dachneigung verwendet werden können.

Die solaren Trägerpfannen sind TÜV-geprüft und werden mit vormontierter sowie in der Neigung verstellbarer Montageaufnahme für viele handelsübliche Unterkonstruktionen der Solarbranche geliefert. Dank der großen Vielfalt der Formen und Farben lassen sie sich perfekt in bestehende Dachflächen integrieren.

Zudem sind sie aufgrund der speziellen Konstruktion für die sichere Lastabtragung über die Dachlattung unabhängig von den Sparrenabständen einsetzbar. Die formstabilen Solar-Trägerpfannen bestehen aus witterungsbeständigem Hart-PVC mit UV-beständiger Farbbeschichtung – passend zur gewählten Dacheindeckung.

Die abgewinkelte, rückseitig angebrachte und lastabtragende Trägerplatte ist eine stabile, verzinkte Stahlplatte und wird durch ein massives Z-Profil zur Windsogsicherung ergänzt. Die außenliegende Solar-Montagehalterung besteht aus hochfestem VA-Edelstahl.

Die Solar-Trägerpfannen erlauben den horizontalen sowie vertikalen Einbau der Solarmodule gleichermaßen. Damit hat der Installateur volle Freiheit bei der Auslegung der Modulfelder auf dem Dach.

In diesem speziellen Fall wurden monokristalline Module auf einer horizontalen Schienenkonstruktion montiert. Insgesamt wurden 550 Quadratmeter Solarmodule eingebaut. Die Photovoltaikanlage leistet bis zu 88,5 Kilowatt.

Der produzierte Strom wird zum Teil verwendet, um den Eigenbedarf für die Immobilie zu decken. Überschüssiger Strom wird ins Stromnetz eingespeist.

#### Für nahezu 300 Typen von Dachpfannen verfügbar

Die Solar-Trägerpfanne wird passend für nahezu 300 Typen von Dachpfannen produziert und immer in der Farbe der jeweiligen Eindeckung lackiert. In diesem Fall wurden die Pfannen für das Modell Nelskamp (Nibra) DS 5 in der Farbe altfarben engobiert hergestellt.

Als Alternative zum pfannenspezifischen Modell bietet der Hersteller die Solarflex-Universalträgerpfanne an. Sie verfügt über dieselben Eigenschaften wie die Solar-Trägerpfanne. Dank der flexiblen Manschette aus Bleiersatz lässt sie sich an sämtliche Dächer regensicher anschließen. Zudem ist sie auch bei großformatigen Dachpfannen einsetzbar.

#### Trägerpfannen sind vormontiert, um die Montagezeit zu senken

Dank der komplett vormontierten und perfekt in die Dachfläche integrierbaren Solar-Trägerpfannen konnten alle beteiligten Gewerke ihre Arbeiten zügig und sicher ausführen. Das Beispiel zeigt: Auch ungewöhnliche Dächer lassen sich in der Regel für Photovoltaik nutzen. Ihre Konstruktion und die verfügbare Tragreserve sind bei der Planung und Installation unbedingt zu beachten.

Luftige, verspielte Solarverglasung: Einer ansprechenden Gestaltung sind kaum Grenzen gesetzt.



Foto: Vekla Boticka

# Fassaden für mehr Sonnenstrom nutzen

**11 Techniktipps** ■ Vertikale Solargeneratoren an Fassaden sind optisch wirkungsvoll und liefern kostbare Energie. Es gibt farbige und bedruckte Module, organische Folienmodule, beliebige Formen und Größen. Der Gestaltungsfreiheit für Architektinnen und Architekten sind keine Grenzen gesetzt.

Meist werden solare Fassadensysteme dem bestehenden Baukörper vorgehängt, sind also nicht Teil der thermischen Hülle. Man kann sie aber auch zum Teil der thermischen Hülle machen, sie beispielsweise in die Dämmung einbeziehen oder Glasfassaden mit semitransparenten Solarmodulen gestalten.

## Kalte oder warme Fassade?

Bei Gewerbebauten sollte der Baukörper ausreichend Tragreserven aufweisen, sowohl für das Dach als auch eine oder mehrere Solarfassaden. In der Regel werden die Solarmodule in dafür geeignete Montagesysteme als Kaltfassade vor die thermische Hülle gehängt. Bei Neubauten ist es aber auch möglich, die Solarelemente in die Warmfassade zu integrieren. Das spart den Mehraufwand einer Vorhangfassade.

## Analyse der Verschattung

Vertikale Solarflächen verschatten anders als Dächer. Es ist zu beachten, dass die Sonne im Sommer sehr hoch über den Himmel wandert, also steil in die Fassade feuert. Im Winter ist die Sonnenkurve kürzer und flacher. Das ist insofern günstig, weil der flache Sonnenstand von senkrechten Solarmodulen besser ausgenutzt wird. Solarfassaden können im Winter also unter Umständen

den erhebliche Solarerträge bringen. Sie werden nicht eingeschnitten, weil der Schnee abrutscht. Und sie nutzen Reflexionen der Wintersonne in der weißen Schneelandschaft sehr gut aus. Man kann aber davon ausgehen, dass Solarfassaden meist teilweise verschattet sind – je nach Jahreszeit und Sonnenlauf.

## Bäume pflanzen, Bäume wachsen

Zu beachten sind Bäume, vor allem beim Neubau. Werden sie auf dem Grundstück eingepflanzt, sind sie anfangs kurz und unscheinbar. Innerhalb weniger Jahre können sie jedoch eine erhebliche Höhe erreichen und unter Umständen die Solarelemente in der Fassade verschatten.

Zudem sollte die weitere Stadtplanung beachtet werden. Wenn gegenüber ein weiteres Gebäude geplant ist, verändert sich die Verschattung unter Umständen grundsätzlich.

## Verschattung durch Modulelektronik eliminieren

Verschattung ist ein geringeres Problem, wenn zur Verschattung der Solarelemente die DC-Optimierer oder Mikrowechselrichter verwendet werden. Da sie negative Effekte wie die teilweise Verschattung direkt am einzelnen Solarelement minimieren, sind die Ertragsverluste deutlich geringer als bei der Verschattung von langen DC-Strings mit zentralen Stringwechselrichtern.

Bei Stringverschaltung sollten die Strings möglichst kurz und an Wechselrichter mit kleiner Eingangsleistung angeschlossen werden. Das verringert nicht nur die elektrische Spannung in der Fassade, sondern ermöglicht eine bessere Auslegung hinsichtlich der Verschattung.

## Analyse der Blendeffekte

Bei sehr großen Solarfassaden kann ein ähnliches Problem auftreten wie bei Glasfassaden: Das reflektierte Sonnenlicht wirft unter Umständen einen grellen Blendfleck in die Nachbarschaft. Moderne Fassadenmodule weisen eine spezielle Oberfläche auf, um Blendung zu vermeiden.

Denn dieser Effekt kann sehr störend sein, weil dadurch zum Beispiel der Autoverkehr in der Stadt oder auf der Autobahn behindert wird. Gefährlich sind solche Effekte in der Nähe von Flughäfen. Es kann passieren (und ist schon vorgekommen), dass die Behörden für solche blendenden Fassaden aus Gründen der Verkehrssicherheit oder der Flugsicherheit nachträglich einen Umbau fordern. Das kostet natürlich viel Geld.

## Vorzugsweise Glas-Glas-Module

Glas-Glas-Module eignen sich besonders für Solarfassaden, weil sie semi-transparente Systeme erlauben, die Tageslicht ins Innere des Gebäudes lassen. Zudem haben einige Anbieter die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) erwirkt, sodass diese Module wie Verbundsicherheitsglas (VSG) installiert werden können.

Die Planung entspricht einer Glasfassade nach DIN 18008, die auch bei Überkopfverglasungen angewendet wird. Natürlich ist es auch möglich, Glas-Folie-Module einzubauen. Wenn diese den Brandschutz erfüllen und eventuell herabfallende Teile durch stabile Vordächer abgefangen werden.

## Farbige Module

Früher bestanden die Solarmodule meist aus blauen oder schwarzen Zellen, gerastert im Zellformat mit schmalen Lücken oder vollflächig und lückenlos im Modul. Das kristalline Blau (polykristalline Solarmodule) oder das Anthrazitschwarz (monokristalline Solarmodule oder CIGS-Dünnschichtmodule) schränken die Optik ein.

Mittlerweile sind Solarmodule in allen Farben verfügbar – wie Verbundsicherheitsglas (VSG). Das erweitert die gestalterischen Möglichkeiten an der Fassade enorm. Faktisch gibt es keine Beschränkungen mehr. Sogar individuell bedruckte Solarelemente sind möglich.

## Einfärbung durch Farbfolien

Ein Weg, die Module einzufärben, sind Farbfolien. Sie werden auf die Deckgläser der Module aufgebracht oder als Deckfolie ins Laminat eingeschweißt. Besonders herausfordernd sind weiße Solarmodule.

Denn die dunklen Solarzellen dürfen nicht durchschimmern, auch nicht nach vielen Jahren der Nutzung an der Fassade. Seit Kurzem sind solche Module verfügbar, die neben Weiß auch viele andere Farben erlauben. Bei den ersten Gebäuden wurden solche weißen Module bereits installiert.

Ein zweiter Weg, die Solarmodule zu färben, ist die zusätzliche Beschichtung auf dem Deckglas. Dieses Verfahren wird beispielsweise für Dünnschichtmodule angewandt. Sie erhalten auf dem Glas eine Beschichtung, die den optischen Farbeffekt erzeugt.

Solche Module schimmern meist metallisch, was sehr interessante gestalterische Effekte erlaubt. Als solaraktive Halbleiter kommen Kupfer-Indium-Verbundschichten (CIGS) zum Einsatz. Diese Module sind vollflächig mit kleinen Solarzellen belegt, was die homogene Optik betont. Ohne Rahmung der einzelnen Module entsteht eine volle Farbfläche an der Fassade, die oben drein Strom erzeugt.

## Bedruckte Solarmodule

Der dritte Weg, Solarmodule optisch aufzuwerten, besteht in farbigen oder bedruckten Frontgläsern. Dabei wird das Deckglas des Moduls eingefärbt bzw. ein farbiges oder Milchglas verwendet.

Auch vorher bedruckte Gläser lassen sich in den Aufbau des Solarmoduls integrieren. Der Vorteil: Diese Variante ist im Vergleich zu nachträglich aufgetragenen Folien oder Beschichtungen langlebiger. Denn das Frontglas selbst gibt die Farbe vor.

Hier gibt es keinerlei Grenzen: Prinzipiell sind alle Modulfarben möglich, die sich mit vierfarbigem Siebdruck oder mit Digitaldruck realisieren lassen. Selbst Bilder, Logos oder andere Formen werden auf die Moduloberflächen aufgedruckt. Für den Druck werden transluzente Farben verwendet. Diese sind leicht lichtdurchlässig und kaschieren oder verdecken die darunterliegende Struktur.

## Freiheit in Form und Größe

Eine Hürde für die Photovoltaik auf dem Weg in die Fassade war die Begrenzung der Solarmodule auf vorgegebene Standardgrößen und die typische rechteckige Form. Auch hier hat sich in den vergangenen Jahren viel getan.

Inzwischen ist die Fertigung von Solarmodulen in allen erdenklichen Größen und Formen möglich. Bei kristallinen Solarmodulen ist die kleinste Baugröße durch die Dimensionen der Solarzelle begrenzt. Dagegen sind der Größe nach oben kaum Grenzen gesetzt – bis sechs Quadratmeter und mehr kann ein Solarelement erreichen. Allerdings wiegt es dann einige Hundert Kilogramm und muss per Kran bewegt werden – wie große Glaselemente auch.

Selbst bei den Formen gibt es keine Grenzen. Ob rund, dreieckig, quadratisch oder rechteckig – alles ist möglich. Bei Dünnschichttechnologien ist dies einfacher. Denn sie sind nicht durch die vorgegebenen Maße der quadratischen Solarzellen begrenzt. Dünnschichtmodule bestehen aus Hunderten sehr kleinen Zellen, die per Nadeln oder Laser aus der Beschichtung geschnitten werden. Das erlaubt mehr Spielraum bei der Geometrie.

## Organische Polymerfolien

Ganz neu sind folienartige, organische Solarelemente, die sich faktisch jeder Geometrie des Baukörpers anpassen. Ihr Wirkungsgrad ist vergleichsweise gering, dafür sind sie leicht und sehr einfach anzubringen.

Das geringe Gewicht erfordert meist keine statisch anspruchsvollen Montagegestelle, zudem bringen sie keine zusätzlichen Lasten in die Gebäudekonstruktion ein. Allerdings gibt es bislang keine Produkte für kleinere Wohngebäude wie Einfamilienhäuser.

Die organischen Solarelemente lassen erstaunliche optische Effekte zu, bieten alle denkbaren Farben und Muster bis hin zu frei gestaltbaren Flächen. Es ist aber zu beachten, dass bislang nur wenig Erfahrungen mit ihrer Langlebigkeit vorliegen. Deshalb sind die Datenblätter bezüglich Garantien und Gewährleistung genau zu studieren. Der elektrische Anschluss solcher Solarfolien ist mit der üblichen Leistungselektronik für Solarmodule nicht zu machen, auch das ist im Vorfeld abzuklären.

Viele Neuheiten und interessante Projekte aus aller Welt finden Sie hier:

► <https://www.photovoltaik.eu/bipv>



Semitransparente Solarfassade, die Innenräume vor zu viel Sonne schützt.



Immer häufiger zu sehen: Balkonmodule in den Städten, hier im Prenzlauer Berg in Berlin.

# Strom von Balkonen oder Brüstungen

**5 Techniktipps** ■ Mit Mieterstrom nicht zu verwechseln sind die Balkonmodule, die man immer häufiger sehen kann, vor allem in städtischen Ballungsräumen. Man bezeichnet sie auch als Stecker-PV, Balkon-PV oder Guerilla-PV.

**T**echnisch kann man sie wie kleine Solarfassaden betrachten, die man an die Steckdose des Balkons oder den Stromkreis der Wohnung anschließt. Sie sollen den Mietern oder Eigentümern der Wohnungen erlauben, sauberen Strom selbst zu erzeugen und zu nutzen.

## Elektrischer Anschluss

Um die Systeme über die normale Steckdose, Schuko-Stecker oder sogenannte Wieland-Stecker an den einphasigen elektrischen Versorgungskreis einer Wohnung anschließen zu können, brauchen sie einen eigenen Wechselrichter. Er befindet sich auf der Rückseite der Module und setzt den Gleichstrom aus dem Solarmodul in 220-Volt-Wechselstrom um.

Meist werden die Balkonmodule von den Anbietern mit Montagetechnik geliefert: mit einem Fuß zur Aufstellung und einer Halterung für die senkrechte Modulmontage.

## Bis 800 Watt erlaubt

Diese Systeme sind ab 2024 bis 800 Watt Nennleistung erlaubt, sofern sie die entsprechenden technischen Normen erfüllen. Das sind ungefähr zwei Solarmodule. Allerdings sind die Preise für solche Systeme meist sehr hoch, verglichen mit den Kosten für Solarstrom beispielsweise von Dachanlagen.

Umgerechnet auf die tatsächlich mögliche Solarstrommenge können diese Balkonsysteme schnell Kosten erreichen, die eine Kilowattstunde deutlich



teurer machen als vom Ökostromversorger. Denn: Senkrecht am Balkon angebrachte Solarmodule nutzen im besten Fall nur rund 70 bis 80 Prozent ihrer elektrischen Nennleistung, weil sie nicht optimal zur Sonne stehen. Das gilt für alle vertikalen Installationen an Fassaden oder Balkonen.

### Vereinfachungen bei der Bürokratie

Ab 2024 müssen die Kleinanlagen nicht mehr beim Netzbetreiber angemeldet werden. Allerdings sind sie weiterhin im Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur zu registrieren. Es ist sinnvoll, eine Balkonanlage bei der Hausverwaltung anzuzeigen und sich gegebenenfalls die Genehmigung einzuholen. Vor dem Anschluss empfiehlt es sich, das Wohnungsnetz von einer Elektrofachkraft auf die Eignung überprüfen zu lassen.

### Standsicherheit wird meist unterschätzt

Ein Hinweis zur Standsicherheit: Für Balkonmodule gilt – wie für alle Gegenstände auf einem Balkon – die Pflicht, sie verkehrssicher anzubringen. Das heißt, auch bei starken Böen dürfen sie nicht vom Balkon geweht werden. Fallen sie vom Gebäude und wird jemand verletzt, ist der Eigentümer der Balkonmodule voll haftbar. Oft sind die mitgelieferten Montagesysteme zu schwach, um die Balkonmodule bei einem Sturm zu halten.

Es ist zu empfehlen, die Module besonders fest an der Brüstung zu montieren, mit geeigneten Rahmen und Klemmen. Dann ist es einfacher, sich Standardmodule zu kaufen und sie mit Modulwechselrichtern zu kombinieren. Nach einer Empfehlung des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBT) in Berlin gelten Balkonmodule nicht mehr als Bauprodukte.

Es wird erwartet, dass diese Empfehlung im Laufe des Jahres 2024 in die Bauordnungen der Länder übernommen wird. Wir empfehlen Glas-Glas-Module. Zwar sind sie etwas schwerer als Glas-Folie-Module. Aber sie sind robust und halten sogar Hagelschlag aus.

### Sinnvoll für Kühlung oder Warmwasser

Sinnvoll sind Balkonmodule nur, wenn der Strombedarf einer Wohneinheit im Tagesverlauf sehr hoch ist, vor allem im Sommer. Tiefkühltruhen oder Warmwasserspeicher bieten sich idealerweise an, um den Sonnenstrom aufzunehmen und thermisch vorzuhalten. Sehr kleine Stromspeicher (Solarbatterien) mit Balkonmodulen zu kombinieren, um den Sonnenstrom am Abend oder nachts nutzen zu können, ergeben aus Gründen der Kosten keinen Sinn (siehe unten stehenden Kasten). Im Gegenteil: Viele Kleinspeicher aus Asien sind gefährlich und können Brände verursachen.

Eine Alternative ist, alle Balkone eines Mehrfamilienhauses mit Solarmodulen auszustatten und den gewonnenen Sonnenstrom für die Hausversorgung oder den elektrischen Aufzug zu nutzen. Auch die zentrale Warmwasserbereitung im Keller kann den Sonnenstrom nutzen, um den Legionellenschutz zu sichern und warmes Trinkwasser für den Abend und den kommenden Morgen zu bereiten.

## SOLARENERGIE-FÖRDERVEREIN (SFV)

### Balkonspeicher sind nicht wirtschaftlich

Der Solarenergie-Förderverein Deutschland (SFV) hat beobachtet, dass vermehrt Batteriespeicher auch für Balkonkraftwerke auf den Markt kommen. Werbefotos der Shops und Hersteller suggerieren einen problemlosen Einsatz der Speicher auf dem Balkon.

Das ist aber nicht der Fall. „Wir sehen manche Produkte und deren Versprechungen mit Skepsis“, sagt Tobias Otto, Berater für Betreiberfragen beim SFV. „Aktuell rechnen sich die Speicher finanziell selten über die Lebensdauer einer Balkonsolaranlage.“ Die Minispeicher kosten zwischen 1.000 bis über 2000 Euro. Amortisationszeiten jenseits von 20 Jahren sind üblich, wohingegen der Speicher in der Regel nur zehn Jahre Garantie bekommt – wenn überhaupt.

Im Winter reicht der Strom eines Balkonkraftwerks oftmals nicht für eine ausreichende Versorgung des Haushalts, geschweige denn für ausreichende Batterieaufladung. Weil die Lithiumspeicher eine gewisse Ladung benötigen, zieht der Speicher dann Strom aus dem Netz.

Zudem lässt sich die Entladeleistung des Speichers bei vielen Geräten nicht an den tatsächlichen Verbrauch im Haushalt anpassen. Zusätzliches Problem: Beim Laden und Entladen entstehen erhebliche Verluste, je nach Hersteller 20 bis 40 Prozent.

Balkonspeicher machen Solaranlagen deutlich teurer und sind unter Umständen gefährlich, denn Lithiumzellen können in Brand geraten – oder ein Brand kann auf sie übergreifen. Deshalb ist die Installation solcher Systeme dem Fachmann vorbehalten. Außerdem gelten für Batteriespeicher mit Lithiumzellen strenge Vorschriften, weil diese Geräte als Gefahrgut gelten.

Und: Der Balkon ist ein denkbar ungeeigneter Aufstellort für eine Lithiumbatterie. Minusgrade im Winter sowie Hitze im Sommer lassen die Batteriezellen schnell altern. Auch Inselbetrieb ist damit nicht möglich. Bei Stromausfall kann der Speicher den Haushalt nicht versorgen. Dafür wären ein separater Netztrennschalter sowie inselfähige Wechselrichter nötig.

► <https://www.sfv.de>



Blick in einen Stringwechselrichter für gewerbliche Anlagen.

Foto: Heiko Schwarzbücher

# Wechselrichter werden immer schlauer

**6 Technikrends** ■ Wechselrichter bringen die Eigenversorgung und Anforderungen aus dem Stromnetz zusammen. Die Geräte sind vernetzte Energiezentralen und verfügen über zahlreiche Optionen. Höhere Effizienz bedeutet mehr Solarerträge.

Der Wechselrichter wandelt den Gleichstrom der Module in Wechselstrom. Nur so lässt sich der Solarstrom ins Stromnetz einspeisen. Photovoltaikmodule liefern jedoch je nach Temperatur, Einstrahlung und Verschattung unterschiedlich viel Leistung. Dafür nutzt der Wechselrichter einen sogenannten MPP-Tracker, der den Maximum Power Point ermittelt. In dieser optimalen Kennlinie von Strom und Spannung liefert das Modul die höchste Leistung.

## Module in Reihe verschalten

Um die Verluste so gering wie möglich zu halten, werden die Solarpaneele in Reihe angeschlossen, also in einem sogenannten Strang oder englisch String. Bei den meisten Anlagen auf privaten Hausdächern und im Gewerbe werden Stringwechselrichter installiert.

Dabei gibt es ein- und dreiphasige Geräte. Bei einem einphasigen Wechselrichter ist eine Ausgangsleistung bis 4,6 Kilowatt zulässig. Höhere Leistungen müssen also dreiphasig ins Stromnetz eingespeist werden. Moderne Wechselrichter verfügen auch über zwei und mehr MPP-Tracker, je nachdem wie viel Leistung das Gerät bringt. Das hat unter anderem Vorteile, wenn

es unterschiedliche Dachausrichtungen gibt, beispielsweise bei Ost-West-Anlagen.

Der Wirkungsgrad des Wechselrichters verbessert also den Ertrag und erhöht damit auch die Wirtschaftlichkeit des Systems. Er beschreibt die Eingangsleistung auf der Gleichstromseite. In der Praxis hat sich der sogenannte europäische Wirkungsgrad durchgesetzt. Modelle ohne Trafo erreichen eine sehr hohe Effizienz um 98 Prozent, mit Trafo sind es rund 96 Prozent.

## Hybride Wechselrichter können mehr

Wechselrichter sind im Prinzip das Gehirn des Solarsystems. Das bleibt so, auch wenn ein Batteriespeicher mit von der Partie ist. Einige neue dreiphasige Wechselrichter verfügen über eine integrierte Schnittstelle für DC-gekoppelte Batteriespeicher. Man spricht dann von einem hybriden Wechselrichter. Überschüssiger Solarstrom kann so direkt ohne größere Umwandlungsverluste in der Batterie gespeichert und bei Bedarf wieder genutzt werden. Gleichzeitig steuert, optimiert und überwacht der Wechselrichter die solare Stromerzeugung. Eine externe Schnittstelle erlaubt eine einfache Plug-and-play-Installation und es sind keine speziellen Kabel erforderlich. Eine

Fernzugriffsfunktion auf die Wechselrichter- und Batteriesoftware ist immer mehr Standard und erleichtert die Wartung.

## Die Batterie AC- oder DC-seitig montieren

Wie das Speichersystem eingebunden ist, spielt eine wichtige Rolle. Dabei wird zwischen einer Batteriekopplung auf der Wechselstrom- und einer auf der Gleichstromseite unterschieden. Bei der AC-Kopplung ist der Batteriespeicher über das Wechselstromnetz des Hauses verbunden. Sie ist besonders für die Nachrüstung von bestehenden Solaranlagen geeignet. Die Be- und Entladung des Batteriespeichers erfolgt also über einen separaten Batterie-wechselrichter. Auch dieser kann ein- oder dreiphasig angeschlossen werden, je nach Leistung.

Bei der Batterieladung wird somit die Gleichspannung aus den Modulen zunächst durch den Photovoltaikwechselrichter in Wechselspannung und anschließend durch den Batteriewechselrichter wieder in Gleichspannung umgewandelt. Da das Solarsystem und der Batteriespeicher AC-seitig gekoppelt sind, können beide Komponenten unabhängig voneinander errichtet und dimensioniert werden.

## Höhere Spannungen am Wechselrichter

Immer mehr Wechselrichter ermöglichen die Einbindung von Hochvoltbatterien. Denn durch das hohe Spannungsniveau von mehr als 350 Volt (DC) kann die Batterie direkt an einen Zwischenkreis des Wechselrichters angeschlossen werden. Mit einem weiten Eingangsspannungsbereich von 150 bis 1.000 Volt und entsprechenden MPP-Trackern sind nahezu alle Kombinationen von Reihenschaltungen und Ausrichtungen von Solarmodulen zu bedienen.

Von der neuen Freiheit bei der Verschaltung der Module in unterschiedlichen Strings könnten insbesondere Ost-West-Solaranlagen sowie teilverschattete Dächer profitieren. Durch das hohe Spannungsniveau werden hohe Wirkungsgrade bei der Ladung und Entnahme aus der Batterie erzielt. Und das steigert die Effizienz.

Ein Grund für den wachsenden Einsatz der Hybridwechselrichter ist, dass der Trend hin zu mehr Spannung geht. Denn die leistungselektronische Einbindung von solchen Hochvoltbatterien in DC-gekoppelte Systeme ist deutlich einfacher als die von Niedervoltbatterien, die meist nur eine Spannung von 48 oder 60 Volt haben.

## Freischaltcode für die Batterie

Ein weiterer Trend geht zu DC-gekoppelten Systemlösungen mit Hybridwechselrichtern. Einige Hersteller bieten einen Freischaltcode für die Batterie gleich mit an. Das bedeutet, dass der Anschluss für die Batterie erst gezahlt werden muss, wenn er benötigt wird. Man kauft also erst mal nur einen Stringwechselrichter und hat später die Option auf ein Upgrade für einen hybriden Wechselrichter. Dafür berechnet der Hersteller natürlich noch mal eine Gebühr.

## Systemeffizienz steigt mit der Spannung

Ein Hybridwechselrichter als alleiniges Bindeglied zwischen der Photovoltaikanlage und dem Batteriespeicher reduziert den Verkabelungsaufwand und die Montagezeiten. Hochvoltsysteme sind im Vergleich zu Niedervoltbatterien mit Blick auf die Effizienz der Hybridwechselrichter vorteilhaft. Sie haben deutlich geringere Umwandlungsverluste im Wechselrichter. Je kleiner der Unterschied zwischen der Batteriespannung und der internen Zwischenkreisspannung im Wechselrichter, desto höher sind die Wirkungsgrade des Wechselrichters.

Generell werden Wechselrichter immer schlauer. Sie schalten bei Netzausfall automatisch auf Inselbetrieb um oder verfügen über eine Blindleistungskompensation im Nachtbetrieb. Bei Wechselrichtern der neuesten Generation wird zudem immer häufiger Siliziumkarbid statt des reinen Siliziums als Halbleitermaterial verwendet.

**Moderne Wechselrichter finden Sie hier:**

► <https://www.photovoltaik.eu/produkte/wechselrichter>



Verschiedene Modelle von Batterie- oder Hybridwechselrichtern auf der Messe in München.



Foto: N. Pörsgen

# Solarstromspeicher sind später erweiterbar

**7 Techniktipps** ■ Immer mehr private Besitzer von Photovoltaikanlagen installieren Akkus, um Solarstrom zu puffern. Aufgrund der stark steigenden Energiepreise setzen Firmen zunehmend auf Gewerbespeicher. Man sollte jedoch seinen Verbrauch kennen und die möglichen Anwendungen unterscheiden. Im Trend liegen höhere Leistung, wachsende Speicherkapazität und intelligente Steuerung.

**M**it einem Heimspeicher kann ein großer Teil des solar erzeugten Stroms selbst genutzt werden. Das schont gerade in diesen Zeiten die Umwelt und den Geldbeutel. Wie viel Strom der Speicher bei Bedarf zur Verfügung stellen kann, hängt von seinem Ladezustand und der Kapazität ab.

Lange Zeit konkurrierten Lithium- und Bleibatterien um die Vorrangstellung. Mittlerweile haben sich die Lithiumakkus aufgrund ihrer technischen Überlegenheit am Markt durchgesetzt, gerade wenn die Puffer mehrere An-

wendungen bedienen sollen. Sie überzeugen mit Wartungsfreiheit, längerer Lebensdauer und einem höheren Systemwirkungsgrad.

## Kompaktspeicher für Haushalte

In einem Einfamilienhaus ist der Platz beschränkt. Auch deshalb möchten viele private Kunden ein schlankes Gerät im Keller haben. Die Heimspeicher sind in den vergangenen Jahren sehr kompakt geworden. Beispielsweise benötigt das Alugehäuse eines Herstellers mit nur zehn Zentimeter Tiefe extrem

wenig Platz. Auch viele andere Modelle sind eher flach wie ein moderner Heizkörper, einige andere sehen noch eher aus wie ein Kühlschrank. Hier sind natürlich auch die Geschmäcker verschieden.

## Gewerbliche Speicherschränke

Größere Puffer verfügen über 30 Kilowattstunden und mehr Kapazität. Sie sind eher so groß wie ein Kleiderschrank. Der lässt sich nicht verstecken, aber das ist wohl in einer Gewerbehalle gar nicht nötig oder gewollt.

In diesem Segment muss sich der Speicher evolutionär mit den Bedürfnissen der Kunden verändern und entwickeln können. Das bedeutet häufig die Erweiterung der Kapazität oder im Cluster mit weiteren Einheiten. Das Energiemanagementsystem betreibt dann das Cluster als einen gemeinsamen Speicher. Häufig steigt im Laufe der Zeit auch der Bedarf an Leistung, wie bei Erweiterungen von Ladeparkspeichern.

## Puffer erhöhen den Eigenverbrauch

Die Größe eines Strompuffers wird nicht in Kilowatt angegeben, sondern in Kilowattstunden. Diese Speicherkapazität zeigt, wie viel Energie in einem bestimmten Zeitraum aufgenommen oder abgegeben werden kann. Das hängt natürlich auch mit der Lade- und Entladegeschwindigkeit (C-Rate) zusammen.

Mit einem Speicher lassen sich rund 60 Prozent des Sonnenstroms eines Eigenheims selbst nutzen. Gerade der Eigenverbrauch macht die Speicher wirtschaftlich interessant, weil kein teurer Strom aus dem Netz verbraucht werden muss. Für die effiziente Steuerung der Energieflüsse ist ein intelligenter Energiemanager zuständig.

## Anwendungen für Speicher im Gewerbe

Für Gewerbekunden stehen neben dem Eigenverbrauch auch andere Anwendungen im Fokus, die sogar noch interessanter sein können. Denn die Puffer sollten auch Notstrom- und USV-Funktionen beherrschen, Lastspitzen abfangen und die Anschlussleistung, wie für eine Ladeinfrastruktur, erhöhen können. Das kann sich schnell rechnen und für eine stabile Versorgung in allen Bereichen sorgen.

Ein gewerbetauglicher Speicher sollte mindestens 6.000 Speicherzyklen fahren können und eine Lade- und Entladerate von deutlich über 1C bereitstellen. Firmen, die einen elektrischen Fuhrpark haben, setzen dann auf einen sogenannten Booster. Das ist ein Leistungsspeicher, der schnell Energie zur Verfügung stellt.

## Kapazität und Leistung unterscheiden

Eine wichtige Frage ist, welche Größe beziehungsweise wie viel Kapazität ein Puffer haben sollte. Zum einen soll durch einen zu kleinen Speicher kein selbst erzeugter Strom verschenkt werden, zum anderen kostet jedes Mehr an Kapazität zusätzliches Geld. Mit unnötigen Mehrausgaben verlängert sich die Zeit bis zur Amortisation des Speichers.

Daraus folgt, dass aus wirtschaftlicher Sicht die Größe des Heimspeichers optimal an die Bedürfnisse der Nutzer angepasst sein sollte: Steht ein hoher Eigenverbrauch im Vordergrund, benötigt man pro Kilowatt der Photovoltaikanlage etwa 1.000 Kilowattstunden Speicherkapazität. Die exakte Dimensionierung sollte von einem erfahrenen Installateur vorgenommen werden. Dabei ist zu bedenken, dass sich der Bedarf an Strom mit der Zeit ändern kann. Es ist deshalb sinnvoll, wenn auch der Heimspeicher jederzeit erweitert werden kann.

## Kaskadierung von Speichern

Im Trend liegen installationsfreundliche, effiziente und vielseitig nutzbare Speicherlösungen. Besonders wichtig sind aber auch skalierbare Speichereinheiten. In der Praxis haben sich modulare Systeme bewährt. Auch eine schnelle Entladung kann gewünscht sein, wenn jemand das Elektroauto schnell laden möchte. Dann geht es um einen Leistungsspeicher. Hier sind durchaus 1C-Raten und mehr gewünscht.

Bei mehreren Speichern in einer Kaskade ist es dann effizienter, einen Teil der Einheiten im optimalen Wirkungsgradbereich zu fahren als alle Einheiten in Teillast. Hier sind ein professionelles Batterie- und Energiemanagement Voraussetzung. Viele der Hersteller arbeiten mit eigenen Softwarelösungen und entwickeln diese ständig weiter.

## Vergleich durch SPI möglich

Die Energieeffizienz eines Speichersystems ist nicht von außen erkennbar. Auch deshalb haben Forscher der HTW Berlin den sogenannten System Performance Index, kurz SPI, entwickelt. Der SPI ist eine Effizienzkennzahl, die Speichersysteme in zwei Leistungsklassen vergleichbar macht. Er liefert auch eine Hilfestellung beim Kauf der Speichersysteme und beschreibt, wie sehr Energieverluste die finanziellen Erlöse verringern. Die Forschergruppe liefert damit eine wertvolle Orientierung.

Und die Testergebnisse der HTW liefern einen positiven Trend über die vergangenen Jahre: Viele Hersteller haben wichtige Schrauben zur Effizienzsteigerung erkannt und ihre Geräte in den vergangenen Jahren optimiert. Von geringen Gesamtverlusten profitieren insbesondere Privathaushalte mit Wärmepumpe und Elektroauto, weil sie mehr Solarenergie direkt nutzen können. Das ist gut für den Geldbeutel und gut fürs Klima.

Aktuelle Speicher finden Sie hier:

► <https://www.photovoltalk.eu/produkte/solarspeicher>



Der Heimspeicher von RCT lieferte sehr gute Werte im Test der HTW Berlin, auch 2023.



Foto: Bosch

# Stromer effizient laden

**8 Techniktipps** ■ Zahlreiche Hersteller stellen neue Modelle für Ladesysteme vor. Die Wallboxen und Ladestationen werden dabei smarter und verfügen über mehr Funktionen – gerade zum Laden von Solarstrom. Wichtig ist die Anbindung an ein intelligentes Energiemanagement.

In den letzten Jahren hat eine wachsende Zahl an Herstellern Wallboxen auf den Markt gebracht. Mittlerweile gibt es fast 300 Modelle von fast 100 Herstellern, wie eine aktuelle Marktstudie feststellt. Neben AC- und DC-Systemen gibt es Wallboxen und Ladestationen mit mehreren Ladepunkten. Dabei werden die Geräte intelligenter und sind mit einem Energiemanager vernetzt.

## Zwischen ein- und dreiphasiger Ladung wechseln

Um mehr eigenen Solarstrom zu tanken, sollte die Wallbox automatisch zwischen der ein- und dreiphasigen Ladung umschalten können. So wird das E-Auto bei wenig Solarstrom vom Dach einphasig laden und bei viel Solarstrom wieder über drei Phasen. Bei einer Unter- oder Überschreitung eines vorgegebenen Grenzwertes wechselt die Ladestation in den ein- oder dreiphasigen Betrieb. Für Besitzer einer Solaranlage ist dieses Feature ein Muss.

## AC- und DC-Ladesysteme

Man unterscheidet AC- und DC-Systeme. Da der Akku eines E-Autos nur Gleichstrom (DC) aufnehmen kann, wird der Wechselstrom (AC) aus dem Netz zuvor umgewandelt. Geschieht das über das On-Board-Ladegerät im Auto, wird vom AC-Laden gesprochen. Wird dieser Prozess von einem Gleichrichter in der Ladestation übernommen, wird DC geladen.

Beim Laden gibt es zwei limitierende Faktoren: die maximale Ladeleistung der Ladestation sowie die Aufnahmeleistung des internen Ladegeräts im E-Auto. Beim Wechselstrom bestimmt die vorhandene Netzspannung, die Stromstärke sowie ob ein- oder dreiphasig geladen wird, die Ladeleistung. Tendenziell will man natürlich schneller laden, ohne die Komponenten oder das Netz zu überlasten.

## Mit elf oder 22 Kilowatt laden, Schiefast begrenzen

Für die meisten Akkus in E-Autos ist eine Wallbox mit elf Kilowatt ausreichend. Autos mit größeren Akkus wie 60 Kilowattstunden oder mehr benötigen dann entsprechend Zeit, bis sie aufgeladen sind. Wallboxen mit 22 Kilowatt Power würden die Ladezeiten halbieren.

Modelle wie der Renault Zoe, Tesla S und X sowie BMW i3 können alle mehr als elf Kilowatt an einer AC-Ladestation laden. Die E-Autos der nächsten Generation werden sicher eher über höhere Ladeleistungen verfügen. Eine 22-Kilowatt-Wallbox arbeitet mit einer Stromstärke von bis zu 32 Ampere pro Phase. Die Netzanschlussrichtlinie (VDE-AR-N 4100) schreibt jedoch eine Phasenschiefastbegrenzung bei 20 Ampere vor, um die Netzstabilität zu sichern. Beim einfachen Laden mit 16 Ampere Stromstärke ist das nicht nötig.

## FI-Schutzschalter zwingend nötig

Eine Wallbox verfügt über deutlich mehr Funktionen als eine CEE-Steckdose für Starkstrom. Und sie erfüllt zusätzlich mehrere Sicherheitsfunktionen wie eine integrierte DC-Fehlerstromerkennung, die den Ladevorgang rechtzeitig abschaltet. Ein sogenannter FI-Schutzschalter verhindert somit mögliche Gefahrensituationen. Er sorgt dafür, dass diese potenziell gefährlichen Fehlerströme nicht auftreten, und stellt somit ein Muss für alle Ladestationen dar.

Generell gibt es zwei Arten der Schutzschalter: Typ A und Typ B. Verfügt die Ladestation über eine integrierte DC-Fehlerstromerkennung, reicht die Installation eines FI-Schalters Typ A. Ist das nicht der Fall, so ist ein Schutzschalter Typ B erforderlich. Bei manchen Ladestationen ist der Schutzschalter bereits integriert, bei anderen muss er dazugekauft werden.

## Bidirektionales Laden im Trend

Immer mehr Wallboxen können bidirektional laden, technisch ist das kein Problem. Es ermöglicht den Energieaustausch in zwei Richtungen, vom Gebäude in die Autobatterie, aber auch wieder zurück. Um bidirektionales Laden zu ermöglichen, müssen das E-Autos und die Wallbox oder die Ladestation über ein Energiemanagementsystem miteinander kommunizieren. Auch die Hardware wird für das bidirektionale Laden teils angepasst.

Zudem ist natürlich ein rückspeisefähiges Auto erforderlich. Der Ende 2022 vorgestellte neue Volvo EX90 wird beispielsweise bidirektional laden können. Der Nissan Leaf oder der Mitsubishi i-Miev können das schon seit Jahren. Eine zudem entsprechend ausgerüstete Wallbox oder Ladesäule sowie eine einheitliche Software ermöglichen dann erst das bidirektionale Laden. Das CCS-Protokoll erlaubt das bidirektionale Laden aktuell noch nicht, daran wird aber gearbeitet.

## Noch eine rechtliche Grauzone

Obwohl die Zahl der Fahrzeuge, die diese Technik beherrschen, schnell zunehmen wird, erschwert der aktuelle gesetzliche Rahmen die Umsetzung von bidirektionalem Laden. Batterien sind regulatorisch noch nicht dafür freigegeben, Energie ins Netz zu speisen. Das betrifft im Moment die meisten E-Autos.

Zudem verhindert auch die Doppelbelastung mobiler Speicher durch Abgaben, Umlagen und Steuern den wirtschaftlichen Einsatz. Die fehlende

Klarheit bei der Definition von mobilen Energiespeichern schafft jedoch Unsicherheit bei der Planung von bidirektionaler Ladeinfrastruktur.

Fest steht: Das Entladen ins eigene Hausnetz ist regulatorisch weitaus einfacher als die Entladung ins Stromnetz. Dennoch gibt es bereits mehrere Pilotprojekte für bidirektionales Laden. Viele Experten sehen hier ein großes Potenzial. Die Technologie wird also kommen.

## Ein Lademodus bevorzugt Solarstrom

Verschiedene Lademodi sind inzwischen der Standard bei den Herstellern. Hier geht es darum, wie schnell und mit wie viel Solarstrom geladen wird. In der Regel gibt es drei Modi:

Erstens das Laden ausschließlich mit Solar- und komplett ohne Netzstrom, wenn viel Zeit ist. Zweitens, Netz- und Solarstrom werden kombiniert. Dann wird das Auto morgens zunächst mit Netzstrom geladen. Wenn die Solaranlage anfängt, Strom zu produzieren, fließt dieser aber bevorzugt in die Akkus.

Der dritte Modus ist das Laden mit maximaler Leistung. Dann nehmen die Ladestationen so viel Solarstrom, wie sie bekommen können, doch in der Regel fließt dann größtenteils Energie aus dem Stromnetz in die Akkus.

## Trend: Laden nur mit Kabel ohne Wallbox

Innovative Ladekabel kommen beim Laden an der 230-Volt-Steckdose ohne Wallbox aus. Dank Adapter für Typ-2- und Haushaltsstecker braucht es kein zweites Kabel mehr, um flexibel zu Hause oder unterwegs an einer Ladestation Strom zu zapfen. Das Laden von Elektroautos wird also immer einfacher. Das dreiphasige Kabel ermöglicht sogenanntes Mode-2- und Mode-3-Laden von Wechselstrom mit bis zu 22 Kilowatt.

Für einen zuverlässigen und sicheren Ladevorgang sorgt die jeweils in den Steckern integrierte Technik. Im fahrerseitigen Typ-2-Stecker befinden sich die Komponenten zum Steuern und Überwachen der Ladeleistung.

Am anderen Ende ist im Haushaltsstecker ein Adapter mit Temperaturkontrolle und FI-Schutzschalter untergebracht. Damit ist sichergestellt, dass es auch beim regulären Laden an der Haushaltssteckdose mit bis zu 2,3 Kilowatt Ladeleistung nicht zu Überlastung oder Überhitzung kommt. Ein Trend, der sicher vielen privaten Fahrern entgegenkommt.

Aktuelle AC- und DC-Wallboxen finden Sie hier:

► <https://www.photovoltaikeu/e-mobilitaet>



Baywa präsentierte eine Auswahl an verschiedenen Wallboxen auf der Intersolar in München.



Die schlanke Wallbox von SMA.

Das Laden von E-Autos ist keine Einwegtechnik aus der Steckdose ins Fahrzeug.



Foto: Ingrid Pomme/Agoda

## Das Mehrwegauto kommt!

**Bidirektionales Laden** ■ E-Autos können mehr als Verbrenner, viel mehr als nur fahren. Sie können Notstrom für Gebäude bereitstellen, das Netz stützen oder Strom für elektrische Geräte liefern. Die Normung steht, nun gerät die Sache richtig ins Rollen.

Solange E-Autos ihre Vorteile nicht voll ausspielen, kommt auch die Energiewende im Autoverkehr nicht voran. Es geht ja nicht nur darum, Verbrennungsmotoren gegen E-Motoren auszutauschen, um Emissionen zu senken. Es geht um mobile Speicher, die viel mehr können – mehr, als nur blöd im Kreis zu fahren. Zwar brachte Niki Lauda dieses berühmte Zitat in anderem Zusammenhang. Aber wir wollen hier an ihn erinnern, Frieden seiner Seele.

### Mehr als nur fahren

Mehr als nur im Kreis fahren: Bidirektionale Fahrzeuge können nicht nur Energie tanken (wie Verbrenner auch). Sie können sie gezielt wieder abgeben: als elektrischen Strom für Gebäude, für das Stromnetz, für elektrische Werkzeuge und Schweißgeräte, für Beleuchtungstechnik oder temporäre In-

formationsnetze. Kurz: Sie können Strom überallhin tragen – denn sie sind mobile Batterien.

Die Firma Wallbox Chargers hat beispielsweise demonstriert, welche Chancen sich daraus ergeben. An ihrem Firmensitz in Barcelona installierten die Spanier ihr Energiemanagementsystem Sirius als umweltfreundliche und kostengünstige Alternative zur Modernisierung der Netzinfrastruktur. Mithilfe von Datenanalysen, künstlicher Intelligenz und Internettechnologie integriert Sirius das Firmennetz mit seinen verteilten Energiereisourcen.

Der Clou: Das Arealnetz beinhaltet eine Flotte von 23 vollelektrischen Nissan Leaf mit bidirektionaler Aufladung, dazu 400 Kilowatt Photovoltaik und 560 Kilowattstunden stationärer Batteriespeicher vor Ort. Die E-Autos speisen bei Bedarf zurück, unterstützen die stationären Speicher wie mobile Satelliten.

## Award der Fachmesse The smarter E

Das Ergebnis kann sich sehen lassen: Im Jahr 2022 konnte Wallbox Chargers seinen Ausstoß an Kohlendioxid um 73 Tonnen und seine Energiekosten um über 40 Prozent senken. Darüber hinaus sparte Sirius eine halbe Million Euro gegenüber dem Netzausbau. Dafür gab es den Award der The smarter E 2023 in München. Das Projekt dokumentiert, worum es bei der E-Mobilität eigentlich geht: um völlig neue Funktionalitäten und neue Geschäftsmodelle, die nur mit bidirektionalen Fahrzeugen und bidirektionaler Ladetechnik möglich werden.

Zur Messe brachte die Firma auch ihr neues Ladegerät Quasar 2 mit, CCS-kompatibel und bidirektional für alle V2X-Anwendungen. Nutzer können per App die Ladevorgänge automatisiert so planen, dass geladen wird, wenn der Strompreis günstig oder ausreichend Solarenergie verfügbar ist. Steigt der tagesaktuelle Strompreis, kann der günstige Strom aus dem E-Auto entladen werden.

## Das E-Auto als Energiezentrale

Im Rahmen flexibler und dynamischer Stromtarife ist das insbesondere dann der Fall, wenn die Stromnachfrage hoch oder wenig Ökostrom verfügbar ist. Quasar 2 verwandelt E-Autos in leistungsstarke Energiemanagementgeräte und mobile Stromspeicher im besten Sinne. Im Durchschnitt kann ein Elektroauto einen Haushalt über drei Tage lang mit Strom versorgen.

Nutzer, die Solarmodule installiert haben, können außerdem solaren Überschussstrom im E-Auto speichern und ihn dann später, beispielsweise bei hoher Netzauslastung, nutzen. Das verringert die Abhängigkeit vom Stromnetz und erhöht den Anteil des eigenproduzierten Sonnenstroms am Stromverbrauch des Gebäudes.

## Bidirektional wird neuer Standard

Die Sache kommt voran, das war auf der Power2Drive klar zu erkennen. 2022 waren ganze drei Ladeboxen auf der Messe zu sehen, die Ströme in zwei Richtungen verarbeiten konnten. Ein Jahr später war es allgegenwärtiger Trend, faktisch ein neuer Standard. Zwar werden die meisten bidirektionalen Ladeboxen erst 2024 wirklich zur Verfügung stehen. Aber sie werden kommen, und die Kunden scharren schon mit den Hufen. Denn bidirektionale E-Mobilität erfüllt einen uralten Traum: Unabhängigkeit.

Theoretisch ist es möglich, sich mit dieser Technik komplett vom Netz abzunabeln. Was, sich vom Stromnetz verabschieden? Ei gewiss, weil das E-Auto als Notstromaggregat wirken kann. Wer viel Sonnenstrom von Dach und Fassade erntet, kann künftig den Reststrom aus dem Auto holen – Dunkelflaute ade!

## Massenflucht aus dem Stromnetz?

Natürlich versuchen die Netzbetreiber, solche Szenarien zu verzögern. In der deutschen Öffentlichkeit wird die Flucht aus dem Stromnetz meist als Sakrileg behandelt. Ist es aber nicht, sondern eine Folge der neuen technischen Möglichkeiten.

So wird ein Schuh draus: Am Netzanschluss auf dem Grundstück hängt nur noch eine monodirektionale Netzbox. Daraus wird das E-Auto geladen, wenn der Sonnenstrom nicht ausreicht. Das Haus wird als netzunabhängige Insel betrieben, am besten alles auf DC.

## All electric society

„All electric society“ heißt das Schlagwort. Das Haus hat freilich eine bidirektionale DC-Ladebox, um das Auto mit Sonnenstrom zu speisen oder Defizite aus der Autobatterie zu decken. Der große Vorteil: Wenn er den Hausanschluss kauft, ist der Solarkunde ziemlich aus dem Schneider.

Dann muss er sich nämlich nicht mehr mit Netzbetreibern, Bundesnetzagentur oder Finanzbeamten streiten, nur weil er seinen Sonnenstrom selbst produziert. Und die DC-Versorgung, sie passt gut zur Photovoltaik, zu den stationären Speicherbatterien und zum E-Auto. Haben wir etwas vergessen? Elektrische Heiztechnik lässt sich mit DC problemlos betreiben. Auch die



Mit dem Energiemanagementsystem Sirius gewann Wallbox Chargers den Award der Fachmesse The smarter E 2023.

Brennstoffzellen – mit Wasserstoff aus sommerlichem Überschuss an Solarstrom erzeugt – passen in dieses Gedankenexperiment.

Die Ladebox am Netzanschluss – das werden die Netzbetreiber selber früher oder später fördern, weil die Stromkunden ihnen andernfalls komplett von der Angel gehen. Solche Szenarien sind keine Fantasie mehr, das wird kommen. Wie viele andere Veränderungen, die sich aus bidirektionaler E-Mobilität ergeben.

## Normung ist abgeschlossen

Die gute Nachricht: Die Normung ist abgeschlossen. Im April 2023 wurde die ISO 15118-20 veröffentlicht. Sie regelt die Kommunikation zwischen E-Auto und Ladetechnik zum bidirektionalen Laden.

Nun sind die Hersteller der E-Autos und der Ladeboxen aufgerufen, die entsprechende Funktionalität in ihre Produkte zu integrieren. Einen Grund, länger zu warten, gibt es eigentlich nicht.

## Wer hat Angst vor Anarchie?

Mancher schlägt sich erschrocken die Hand vor den Mund: Flucht vom Stromnetz? Das ist Anarchie! Dafür brauchen wir doch Regelungen, Gesetze! Sonst bricht Chaos aus! Massenflucht vom Stromnetz! Und das Finanzamt, jawoll! Es muss doch regeln, wie der ins Gebäude rückgespeiste Strom versteuert wird! Oder wie Sonnenstrom, den der Bürger bei seinem Chef in der Firma tanken darf, bei Einspeisung ins Wohnhaus steuerlich zu behandeln ist!

Nein, mehr Gesetze und bürokratische Hürden braucht es dafür nicht. Im oben erwähnten Szenario bleibt das Finanzamt ohnehin außen vor. Dann wird nur der Strom versteuert, den das E-Auto aus dem Netz kauft – wie bislang auch.

## Echte Unabhängigkeit winkt

Bidirektionales Laden ist technisch durch die Normung ausreichend standardisiert. Es wird subversiv und disruptiv wirken und die Strommärkte ordentlich umkremeln. Die Energiewende wird sich beschleunigen, vor allem im Individualverkehr.

Der Durchbruch für die E-Mobilität kommt nicht, weil die Leute Emissionen sparen wollen. Er kommt, weil echte Unabhängigkeit winkt. Weil sich darin die wirkliche Überlegenheit der E-Autos gegenüber fossil betriebenen Fahrzeugen zeigt. Das Mehrwegauto verspricht Mehrwert, den wir heute noch gar nicht absehen.

Möglicherweise wird es noch einige Zeit brauchen, bis sich die neuen Möglichkeiten herumsprechen. Der Sprung, den das Thema auf der Power2Drive in München innerhalb eines Jahres gemacht hat, lässt vermuten: Es wird vielleicht schneller gehen, als die meisten Leute denken. Und die Energiewende enorm beschleunigen.

► <https://www.photovoltaik.eu/e-mobilitaet>



Foto: Carportwerk



Foto: DHP Technology



Foto: Heiko Schwarzbügel

# Galerie



Foto: My-PV



Foto: Nordic Solar



Foto: Gerhard Popp

Familie Popp erzeugt mit einer Photovoltaikanlage und einer Wärmepumpe saubere Energie für den Haushalt, Heizung sowie Warmwasser und das Elektroauto. Das KfW-Effizienzhaus 40 plus hat rund 300 Quadratmeter Wohnfläche. Auf dem Dach arbeitet eine Photovoltaikanlage mit knapp zehn Kilowatt. Das Dach hat eine Neigung von 35 Grad und ist nach Süden ausgerichtet.



Foto: Gerhard Popp



Foto: EternitSchweiz AG

Schöne Aussichten: eine dachintegrierte Photovoltaikanlage in Meggen im Schweizer Kanton Luzern. Das solare Eternitdach vom Hersteller Eternit Schweiz mit den rahmenlosen Indachmodulen fügt sich nahtlos in die Dachoberfläche ein. Gleichzeitig ist das System eine wasserdichte Dachhaut – die Farbe kann variieren.



Foto: Ernst Schweizer AG

Gut genutzt: Das Indachsystem Solrif auf einem Wohnhaus in Glattfelden in der Schweiz füllt die ganze Dachfläche aus.



Die Indachanlage eignet sich auch für größere Dachflächen auf Ein- und Zweifamilienhäusern. Die schwarzen Solarmodule von der Sonnenstromfabrik in Wismar lassen sich ins Ziegeldach integrieren und sorgen für eine einheitliche Oberfläche. Mit der ins Dach integrierbaren Anlage bietet Creaton eine optisch reizvolle Möglichkeit, Photovoltaik zu nutzen.



Eine Augenweide: Von der Seite betrachtet sieht man schön, wie der Generator in die Dachfläche integriert wurde.



Foto: Schweizer Solarpreis 2021

Das 1953 erbaute Einfamilienhaus der Familie Erni in Thun wurde 2020 energetisch beispielhaft saniert. Vor der Sanierung konsumierte es 48.500 Kilowattstunden pro Jahr, nun sank der Gesamtenergiebedarf um 85 Prozent.



Die integrierte Solardachanlage verfügt über 18,6 Kilowatt Leistung. Sie erzeugt 238 Prozent des gesamten Energiebedarfs und eliminiert die Gebäude-Emissionen auf null.

Foto: Schweizer Solarpreis 2021



Foto: Sonnenhaus-Institut, Ina Röpcke



Foto: Sonnenhaus-Institut, Ina Röpcke

Das Strohballenhaus von Familie Klotzbach nutzt Photovoltaik und Solarthermie vom eigenen Dach. Was man nicht sieht: Rund 1.100 Strohballen hat die Familie eigenhändig in die Elemente für die Wände, das Dach und die Bodenplatte gepresst. Auf der Nordseite bilden herkömmliche Dachziegel die Dachhaut, auf der Südseite sind es Photovoltaikmodule mit rund elf Kilowatt Leistung. Ein Speichersystem mit 8,3 Kilowattstunden dient als Puffer.

Bauherr Kai Klotzbach wollte so regional und ökologisch wie möglich bauen – ohne Öl- und Gasversorgung.



Foto: Frank Rogner

**Zehn Jahre ohne Schornstein:** Die Wärmeenergie für das Einfamilienhaus in Hagen liefert eine Photovoltaikanlage mit 7,2 Kilowatt. Die Familie profitiert von einer besonderen EEG-Regelung, die den Eigenverbrauch für einen kurzen Zeitraum separat gefördert hat. Im vergangenen Jahr produzierte die Solaranlage 6.600 Kilowattstunden, davon wurden 2.000 Kilowattstunden ins Netz eingespeist und 4.600 selbst verbraucht.



Foto: Frank Rogner

**Die Wärmeversorgung des Einfamilienhauses kommt komplett ohne fossile Brennstoffe aus.**



Foto: Carportwerk

Ingenieure, Designer und Architekten vom Premium Carportwerk haben eine neue Generation der Design-Solarcarports entwickelt: Langlebige Glas-Glas-Module aus Deutschland sowie Leimholz in Sichtholzqualität für höchste Ansprüche sprechen für sich – und können sich sehen lassen.



Integrierte Solarmodule im Neubau sind lichtdurchlässig und bieten Sichtschutz.

Foto: Carportwerk



Foto: Lippes-Beckhungen

Trotz des strengen Denkmalschutzes in der historischen Altstadt von Kalkar wurde diese Solaranlage installiert – als Ersatz für die Dachsteine



Foto: Lippes-Beckhungen

Das Haus steht in der historischen Altstadt von Kalkar, wo Photovoltaikanlagen nicht ohne Weiteres installiert werden dürfen. Statt der geplanten Aufdachanlage müssen die Module ins Dach integriert werden. Außerdem muss die Anlage symmetrisch installiert und in einem bestimmten Abstand zum Dachrand angebracht werden. Aufgrund der Gegebenheiten des Daches ließen sich nur 16 Module aufbringen, verteilt auf zwei Dachseiten.

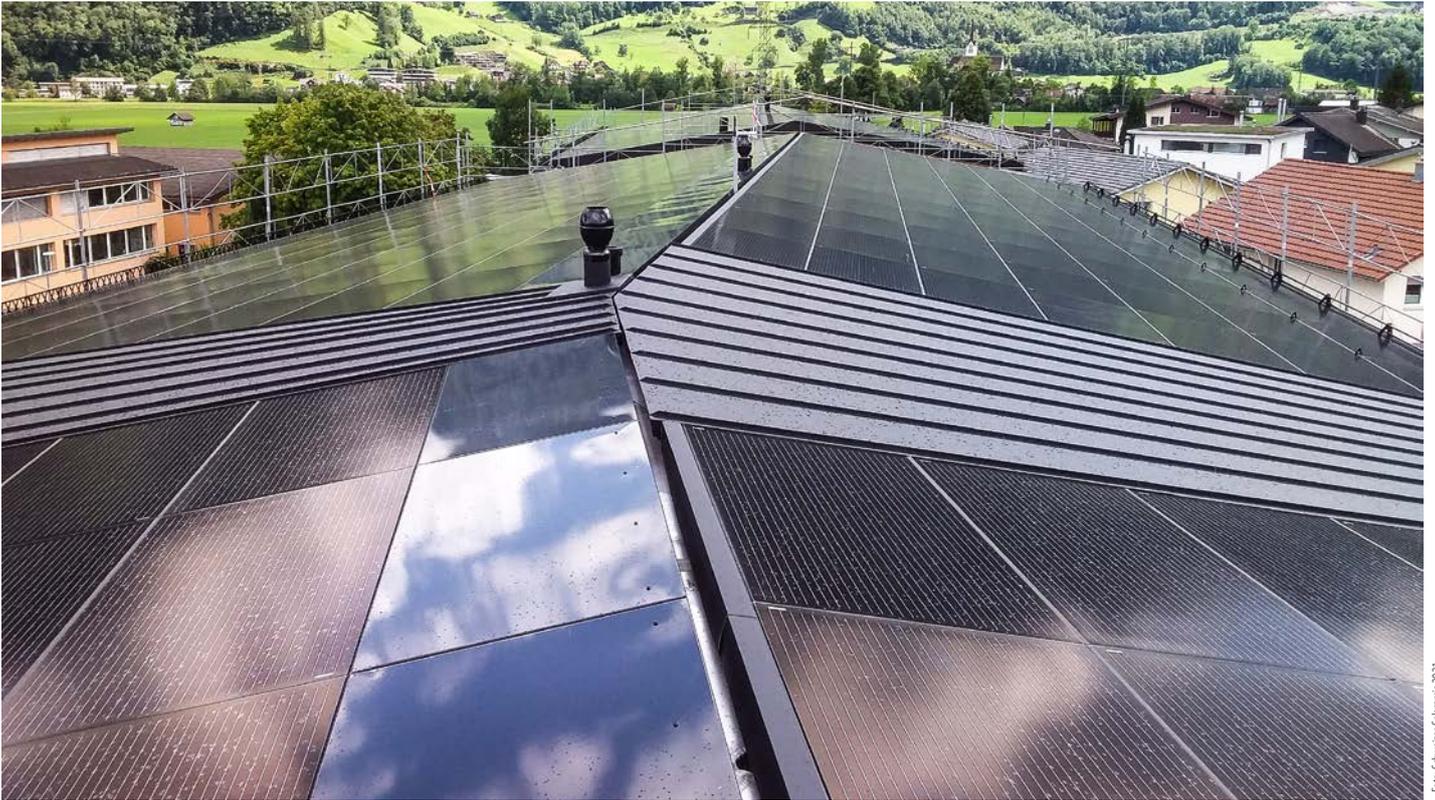


Foto: Schweizer Soläpries 2021

Die Solarsiedlung Giswil: Die beiden Mehrfamilienhäuser Sunnäplätzli in der Schweiz verfügen über insgesamt 15 Wohnungen.



Foto: Schweizer Soläpries 2021

Was man auf den Fotos nicht sieht: Dank guter Dachdämmung benötigen diese Mehrfamilienhäuser nur 126.200 Kilowattstunden pro Jahr. Die Photovoltaikanlage leistet 138 Kilowatt und erzeugt jährlich 142.800 Kilowattstunden. Die Eigenenergieversorgung der Siedlung beträgt 113 Prozent.

Eigenenergieversorgung von 62 Prozent: Das 2020 gebaute Mehrfamilienhaus Sakura in Sion umfasst neun Wohnungen. Es wurde in Holzelementbauweise konzipiert. Die Richtung Ost und West integrierte Solarstromanlage verfügt über 27,3 Kilowatt, eine südseitig integrierte solarthermische Fassadenanlage liefert Energie zur Heizungsunterstützung.



Foto: Schweizer Solarpriis 2021

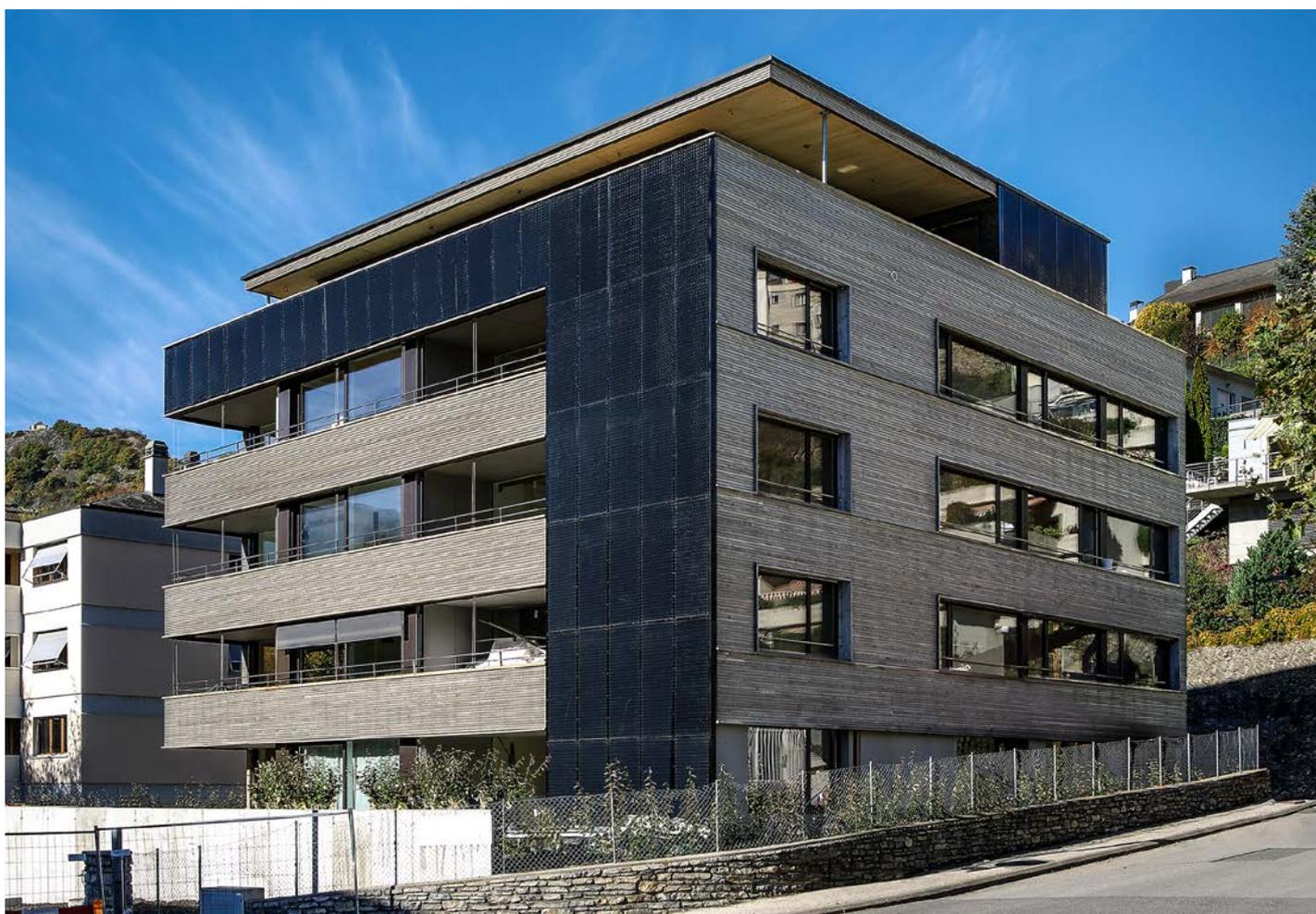


Foto: Schweizer Solarpriis 2021

Dank der guten Dämmung, energiesparender Haushaltsgeräte und LED-Lampen beträgt der Gesamtenergiebedarf nur 75.400 Kilowattstunden pro Jahr.



Foto: BMI Braas/Zeig

Auf dem Dach wurden insgesamt 230 Photovoltaikmodule BMI Braas PV Indax 280 eingebaut. Die Generatorfläche misst 392 Quadratmeter und verfügt über 64,4 Kilowatt Leistung. Die Module werden anstelle der Dachpfannen eingesetzt und ermöglichen so ein gut gestaltetes und harmonisches Deckbild.



Foto: BMI Braas/Zeig

Die perfekte Integration einer Anlage in ein Ziegeldach.



Foto: Solarimo

**Diese Mieterstromanlage in Herford produziert knapp 60 Megawattstunden pro Jahr für die Mieter.**



Foto: Solarimo

**Knapp 260 Module wurden von der kommunalen Wohnungsbaugesellschaft WWS Herford errichtet. Der Sonnenstrom der 66-Kilowatt-Anlage fließt direkt vom Dach ins Hausnetz der Immobilie.**



Foto: Greenrock

Der Gebäudekomplex ist ein Effizienzhaus gemäß KfW 40 plus. Es steht im bayrischen Traunstein und spart auf diese Weise 50 Prozent der Betriebskosten und 40 Prozent der Stromkosten. Der Grund: Alle Sektoren wurden klug miteinander verbunden. Die Immobilienentwicklung Greenrock Management hat die 30 Wohneinheiten in vier Wohnhäuser gebaut. Insgesamt wurden 47,5 Kilowatt Solarleistung installiert.



Foto: Max Solar

Jedes Modul zählt: Zusätzliche Flächen wie Vordächer wurden ebenfalls klug mit ausgenutzt.



Foto: Schweizer Solarpreis, 2019

Die solare Überbauung in Tobel überdeckt drei Mehrfamilienhäuser mit 32 Wohnungen. Im März 2019 wurden sie durch eine Fassadenanlage mit 51,5 Kilowatt ergänzt. Zusammen mit der Dachanlage werden so 236.200 Kilowattstunden pro Jahr erzeugt.



Foto: Fent Solar Architektur

Erfüllt heute schon die Klimaziele von Paris: Das Zentrum in Tobel am Bodensee ist ein gelungenes Beispiel einer Architektur, die auf die Herausforderungen des Klimawandels reagiert. Das Gebäude wurde mehrfach ausgezeichnet, unter anderem mit dem Europäischen Solarpreis 2018.



Foto: Eynway

Der Tennis- und Hockeyclub Münster e. V. (THC Münster) ist der erste gemeinnützige Sportverein in Deutschland und nun auch offiziell Ökostromversorger. Der Strom für die Mitglieder und weitere Kunden wird beim THC Münster auf der Tennishalle selbst produziert.



Foto: Eynway

Im Zuge der Dachsanierung der Tennishalle, die bereits große Energieeinsparung mit sich brachte, wurde auch eine 500 Kilowatt große Solaranlage installiert. Sie versorgt nicht nur die Tennishalle selbst, sondern auch rund 375 Stromkunden.

Veilchen setzen auf Solarstrom: Der Traditionsverein FC Erzgebirge Aue befindet sich inmitten einer ehemaligen Bergbauregion. Nun bedecken Solarpaneele 3.856 Quadratmeter Fläche des Stadionsdachs, die aus der Luft sehr gut neben dem Schriftzug „Kumpelverein“ zu erkennen sind. Bei Heimspielen der Zweiten Liga finden hier 16.485 Zuschauer Platz.



**Milchproduktion mit Sonnenkraft:** Bei der Erzeugung von Milch, Käse, Butter, Joghurt oder anderen Molkereiprodukten setzt Schwarzwaldmilch in Freiburg immer stärker auf Nachhaltigkeit. Jetzt ist ein neuer Baustein dieser Strategie hinzugekommen: 1.474 Module auf dem Dach erzeugen 471 Kilowatt Leistung und liefern jedes Jahr etwa 412.000 Kilowattstunden. Der Strom fließt zu rund 95 Prozent in die Milchproduktion von MHB Süd.



Foto: MHB Süd



Foto: Schwaiger Group

Die Schwaiger Group hat diese Bürogebäude aufwendig gedämmt sowie eine neue Heizanlage mit Gasbrennern installiert. Auf den Flachdächern wurden 428 Kilowatt Photovoltaik installiert, in Kooperation mit den Stadtwerken München. Der Sonnenstrom wird an die Gewerbemeter abgegeben, die dadurch erhebliche Stromkosten sparen. Überschüsse fließen ins Stromnetz.



Foto: Schwaiger Group

Das Centro Tesoro in München hat bundesweit als erstes Sanierungsobjekt ein sogenanntes LEED-Platin-Zertifikat erhalten. Das Kürzel steht für neudeutsch „Leadership in Energy and Environmental Design“, es handelt sich um ein Bewertungssystem für nachhaltige Gebäude.



Rund 50 Kilowatt auf dem Ost-West-Dach: Die Firma Sol Aid aus der Oberpfalz erzielt mit Photovoltaik eine hohe Autarkie. Was man nicht sieht: Geschäftsführer Stefan Findeiß hat sich für die Kombination von Solarstrom, Speichersystem und Infrarotheizung entschieden, weil er mit seinem neuen Gebäude bei Wärme, Strom und Mobilität möglichst autark sein will. Zwei Elektroautos werden so gleich mitversorgt.



Foto: WI Energy

Unter der Regie des Energieunternehmens WI Energy aus Trier werden auf den sanierten Dächern einer Reithalle Photovoltaikmodule aufgebaut. Die seit Ende März 2021 ans Netz angeschlossene Anlage verfügt über eine Leistung von 115 Kilowatt.



Foto: WI Energy

Fertiger Reitstall in Winterpracht: Eine Pferdeliebhaberin nutzt das Gewerbedach auf ihrem Hof bei Trier für Solarstrom. Die ehemalige Kfz-Werkstatt wurde zu einer Reithalle und Stallungen umgebaut.

Die CIGS-Module schimmern blau: Das Helmholtz-Zentrum Berlin zählt zu den wichtigsten deutschen Forschungsinstituten in der Photovoltaik. Nun wurde der Neubau mit Dünnschichtmodulen ausgestattet. An der West-, Süd- und sogar an der Nordseite der Außenhülle wurden 360 Solarmodule montiert. Der Clou: Über ein Schienensystem werden die Module vor die Fassade gehängt, sodass ein kleiner Luftraum zur Dämmung entsteht.





Foto: Iao

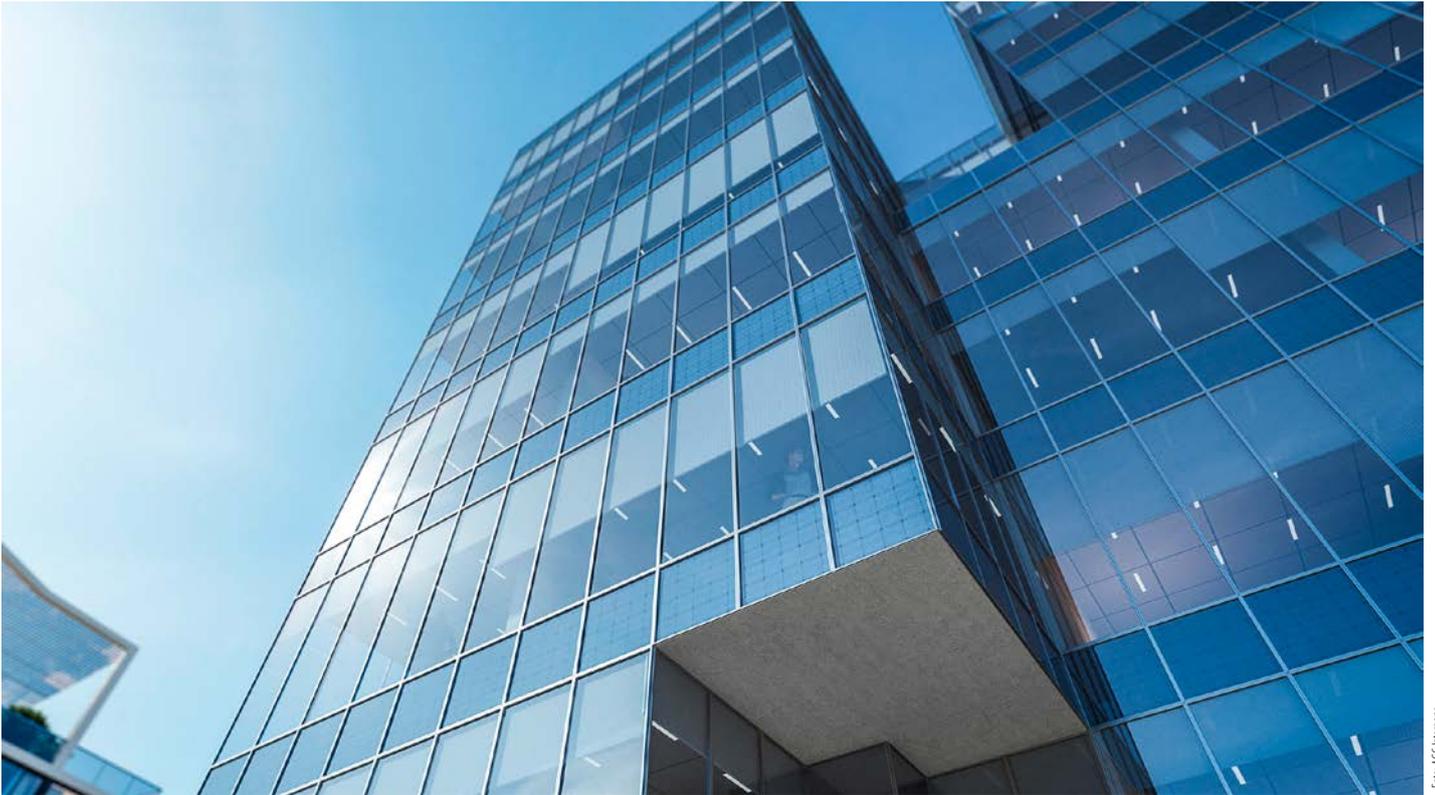


Foto: AGC Interpane

AGC Interpane schafft für Architekten und Fassadenbauer neue Möglichkeiten, Strom mit der Gebäudehülle zu erzeugen. Was man nicht sieht: Die Zellen verbergen sich hinter Beschichtungen, Lackierungen und Designs und können so ästhetisch in eine moderne Architektur integriert werden. Diese Fassade kombiniert Solarzellen mit einer Magnetronbeschichtung.



Die Stärke des Schweizer Herstellers Solaxess sind weiße Module. Eines der jüngsten Projekte wurde in Quzhou im Osten Chinas realisiert. Eine spezielle Folie wird zwischen Solarzellen und Frontglas gelegt und so ins Modul einlaminiert. Diese Folie sorgt dafür, dass ausschließlich der Teil des sichtbaren Lichts von der Oberfläche des Moduls reflektiert wird, der für die Farbgebung entscheidend ist.

Foto: Solaxess

Augenweide unter Strom: Bei der neuen Dependence von My-PV ist der Name Programm. Auf dem Falzblechdach sind 200 Solarmodule verlegt, an der Fassade ziehen sich Bänder aus schwarzen monokristallinen Modulen von der Traufe bis fast zum Boden. Was man nicht sieht: Das Gebäude ist auch mit einem innovativen Heiz- und Kühlkonzept ausgestattet, das komplett mit Strom betrieben wird.



Foto: My-PV



Foto: ZSW/BW

Büro- und Verwaltungsgebäude brauchen viel Strom. Das liegt vor allem an der Beleuchtung, Lüftung und Klimatisierung, aber auch an den verwendeten Elektrogeräten. Am Beispiel der Photovoltaikfassade des ZSW-Institutsgebäudes in Stuttgart ermittelten Forscher, dass der Solarstrom von Dach und Fassade fast 40 Prozent des Gesamtbedarfs decken kann – und das sogar ohne Solarstromspeicher.



Foto: Heckert Solar

Dieses neue Werk im thüringischen Langenwetzendorf stellt künftig Solarmodule her. Es wurde 2021 von Heckert Solar in Betrieb genommen. Dach und Fassaden werden maximal für solaren Eigenstrom genutzt.



Die Leichtbaumodule aus der eigenen Produktion hat DAS Energy auch am eigenen Firmengebäude angebracht. Der Vorteil: Die Module sind flexibel und müssen nicht den strengen Bauproduktnormen für Glaselemente in der Fassade entsprechen wie die herkömmlichen Module.

Foto: DAS Energy



Foto: Meyer Burger

Der schweizerische Holzveredler Swiss Krono hat ein neues Bürogebäude errichtet. Die Pfosten-Riegel-Fassade ist komplett mit Solarmodulen eingekleidet – sogar die Brüstung der Kantinenterrasse. Meyer Burger musste für das Gebäude insgesamt 406 Paneele in 23 verschiedenen Größen herstellen. Die Module liefern 103 Kilowatt über die 30 Meter lange und 18 Meter breite Solarfassade.



Schulungs- und Eventzentrum mit Solarfassade: Auf dem Gelände des Flughafens in München ist das Audi Brand Experience Center entstanden. Architekt Peter Zauner hat ihm nicht nur ein einzigartiges Erscheinungsbild gegeben. Insgesamt 118 maßgeschneiderte Module hat Ertex Solar gefertigt. Damit diese sich in den Glasrahmen gut einfügen, musste der Modulhersteller 32 verschiedene Größen herstellen.

Foto: Audi AG

Foto: KSE



Das innovative Konzept des Installationsbetriebs Klaus Schleicher Energietechnik, kurz KSE, in Eichenzell bei Fulda verbindet Solarkraft mit einem starken Gewerbespeicher, etlichen Ladepunkten sowie Infrarotheizung. Was man nicht sieht: Ein multifunktionales Speichersystem übernimmt das Lademanagement der E-Fahrzeugflotte und die Verbrauchsoptimierung.



Das Lademanagement optimiert zeitgleich die E-Flotte und die Stromheizung.

Foto: KSE



Foto: IBC Solar

Knapp 100 Kilowatt über dem Campus Birkenfeld: Drei große Carports am Umweltcampus der Hochschule Trier liefern Solarstrom. Besonders smart ist das Energiemanagement: Es verhindert eine Überlastung des Systems und kapt die Lastspitzen im Netz, zusammen mit einem integrierten Gewerbestromspeicher. Erst wenn der Speicherstrom nicht mehr ausreicht, werden die Ladepunkte abgeregelt.



Foto: Kioto Photovoltaics

Der Carport steht vor dem Hauptgebäude von Kioto Solar in St. Veit, im österreichischen Kärnten. Aber das ist nicht alles: Zusammen mit der großen Anlage auf dem Firmendach kommen 500 Kilowatt Sonnenpower vom Dach, um die Produktion am Standort an der Glan zu drei Viertel mit eigenem, vor Ort produziertem Solarstrom abdecken.

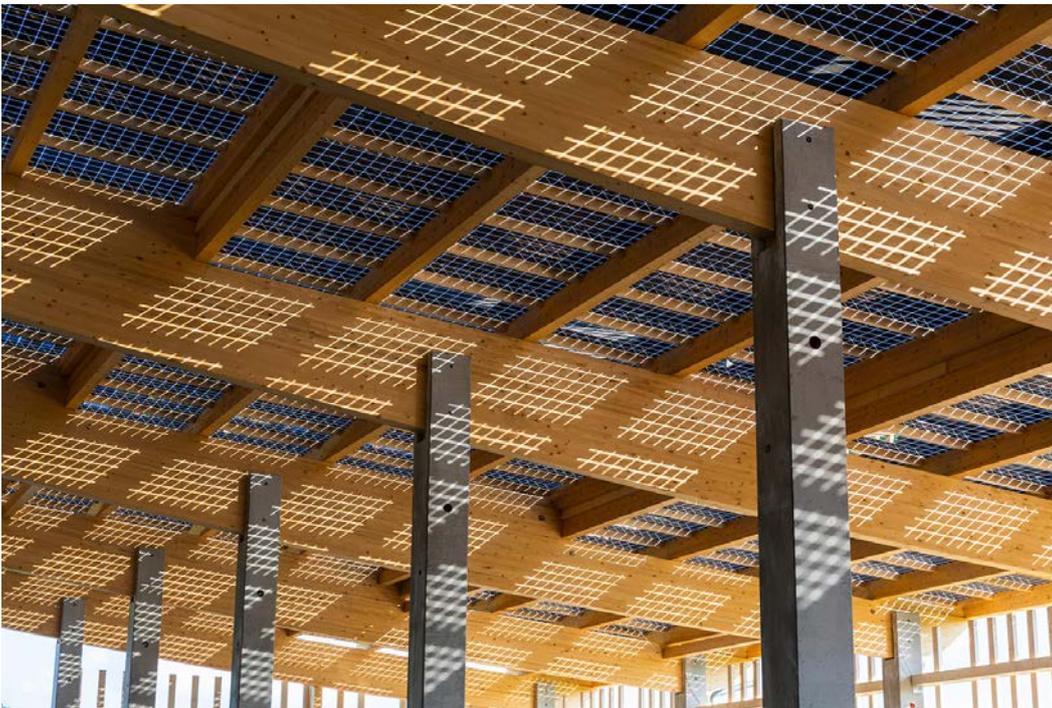


Foto: Sonnenkraft

Das Solarflugdach von Kioto Solar besteht aus 800 Doppelglasmodulen und soll sich durch den Stromertrag in acht Jahren amortisieren.



Foto: SAK

Faltdach fährt aus, wenn die Sonne scheint: Die St. Gallisch-Appenzeller Kraftwerke, kurz SAK, haben auf dem Parkplatz der Luftseilbahn Jakobsbad-Kronberg im Osten der Schweiz ein solares Faltdach gebaut. Die Anlage spendet Schatten, wenn die Sonne scheint, und sichert sich selbst, wenn es stürmt. Sie produziert im Jahr rund 350.000 Kilowattstunden.



Foto: SAK

Blick auf das faltbare Solardach an der Seilbahn in Jakobsbad-Kronberg.



**Solare Wärme mitgedacht:** Der neu errichtete Hellweg-Baumarkt im österreichischen Fürstenfeld hat einen solar überdachten Parkplatz. Die 644 semitransparenten Module auf 2.300 Quadratmetern Fläche erreichen 270 Kilowatt Leistung. Was man nicht sieht: Eine Luft-Wasser-Wärmepumpenanlage übernimmt dank des Solarstroms mehr als 80 Prozent der Wärmeversorgung.

Foto: Deier/Moov/Enrex Solar



Foto: J. Konrad Schmid/Dräxlmaier

**Solardach liefert 1,28 Megawatt:** Der Automobilzulieferer Dräxlmaier aus Niederbayern hat ein Parkdeck auf dem Firmengelände mit semi-transparenten Solarmodulen überdacht. Zusätzlich wurden 350 Ladepunkte installiert, die überschüssigen Solarstrom tanken.

**Spendet viel Licht und Schatten:** Der bayerische Automobilzulieferer hat die Module Vision 60M Construct von Solarwatt verwendet. Dazu wurden 4.200 bauaufsichtlich zugelassene Module in eine Unterkonstruktion eingesetzt.



Foto: Solarwatt

**AMORTISATION**

Generell bezeichnet Amortisation den Zeitraum, in dem sich eine Investition bezahlt macht. Im Falle einer Photovoltaikanlage wird die Amortisationszeit durch die Einsparung beim Kauf von Netzstrom (Eigenverbrauch) ermittelt. Je mehr Eigenstrom die Solaranlage liefert, umso mehr Strom spart man beim Netzbezug.

Die Einsparung gegen die Investition gerechnet ergibt die Amortisationszeit. Da die Netzstrompreise für private Endkunden sehr hoch sind, bringt die Einsparung von Netzstrom dem Anlagenbetreiber einen höheren wirtschaftlichen Vorteil als die Einspeisevergütung. Je höher der Eigenverbrauch, desto kürzer die Amortisationszeit.

Wer eine Speicherbatterie einsetzt, um Sonnenstrom beispielsweise für den Abend und die Nacht vorzuhalten, muss die Investition für die Solarakku mit in die Berechnung der Wirtschaftlichkeit aufnehmen. Aber: Nicht in Geld aufzuwiegen sind die weitgehende Unabhängigkeit von Netzversorger und der Notstrom, der mit photovoltaischen Speichersystemen möglich ist. Bei Netzausfall springt die Batterie ein und deckt die Hausversorgung ab.

Besonders wirtschaftlich ist die Investition, wenn der Sonnenstrom für ein Elektroauto genutzt wird. Dann spart der Haushalt nämlich auch die Spritkosten für das Fahrzeug ein. Auch elektrische Rasenmäher, Pedelecs oder Roller lassen sich mit Sonnenstrom vom eigenen Dach betreiben (Elektromobilität).

**Energetische Amortisation (Energy Payback Time):**

Darunter versteht man den Zeitraum, den eine Solaranlage benötigt, um die zu ihrer Erzeugung notwendige Energie durch Sonnenstrom zu erzeugen, also mit sauberer Solarenergie auszugleichen. Bei Photovoltaikanlagen sind es je nach Modultechnik zwischen neun und zwölf Monaten. Danach liefert die Anlage mehr sauberen Strom, als zur Fertigung verbraucht wurde.

Dieser Begriff macht nur bei Generortechniken Sinn, die keinen Brennstoff verbrauchen. Ein Generator, der Öl, Gas, Wasserstoff oder Uran als Brennstoff braucht, kann sich rein physikalisch niemals energetisch amortisieren. Denn es wird immer wieder Energie in Form des Brennstoffs (der auch technisch hergestellt wurde) zugeführt.

Nur bei Windkraft und Solargeneratoren ist dieser Begriff nützlich, um die zur Herstellung benötigte Energie gegenzurechnen. Solarenergie und Windkraft stehen ohne technische Unterstützung zur Verfügung. Bei Wasserkraft müsste man die notwendigen Bauwerke (Becken, Sperrwerke, Dämme) zuzüglich zur Generortechnik einbeziehen.

**ANLAGENBETREIBER**

Der Betreiber einer Photovoltaikanlage ist mit seinen Rechten und Pflichten durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) definiert. Bei Ein- und Zweifamilienhäusern ist es in der Regel der Eigentümer, ebenso bei Mehrfamilienhäusern. Entweder verbraucht der Betreiber den Sonnenstrom selbst (Eigenverbrauch) oder er stellt ihn dem Stromnetz zur Verfügung. Abnehmer sind die Übertragungsnetzbetreiber, die ihm dafür eine staatlich garantierte Einspeisevergütung zahlen. Anlagenbetreiber können private Betreiber oder Firmen sein.

Stellt der Anlagenbetreiber den Sonnenstrom vom Dach bzw. den Fassaden seinen Mietern (Wohnungsmieter oder Gewerbemietern) zur Verfügung, spricht man von Mieterstrom. Bei Anlagen mit mehr als 100 Kilowatt Peakleistung muss der Überschussstrom ins Netz über Direktvermarktung an dritte Abnehmer verkauft werden. Dann spricht man von Marktprämie, nicht von Einspeisevergütung.

Große Solarparks auf dem Freiland oder großen Gewerbedächern nehmen an Ausschreibungen der Bundesnetzagentur teil. Dort sind die Anlagenbetreiber unter anderem Konsortien aus Investoren oder Energieversorger.

**ANLAGENREGISTER**

Alle Photovoltaikanlagen und Stromspeicher sind im elektronischen Anlagenregister (auch: Marktstammdatenregister) der Bundesnetzagentur zu registrieren. Es umfasst alle elektrischen Generatoren und Gaserzeugungsanlagen in Deutschland. Die Verantwortung für die Meldung obliegt dem Anlagenbetreiber.

Das Register existiert seit Frühjahr 2019. Vorher installierte Photovoltaikanlagen wurden in Papierform beim Übertragungsnetzbetreiber angemeldet. Sie sind nun unbedingt erneut und nachträglich auch im elektronischen Register einzutragen! Es gelten entsprechende Übergangsfristen.

Nur korrekt im Marktstammdatenregister angemeldete Solargeneratoren erhalten die Einspeisevergütung. Das Marktstammdatenregister ist hier zu finden:

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

**ASBEST**

Asbest bezeichnet verschiedene Mineralien der Silikat-Gruppe. Das sind faserförmige, natürliche Substanzen, die früher oft in der Wärmedämmung oder als Baustoff (Asbestzement) Verwendung fanden.

Asbest war bis in die 80er-Jahre des vorigen Jahrhunderts sehr beliebt, bis die davon ausgehenden Gefahren für die Gesundheit wissenschaftlich belegt wurden. Asbest gilt als stark krebserregend. Deshalb ist es heute in vielen Ländern verboten, beispielsweise in Europa, der Schweiz und den USA.

In älteren Gebäuden findet es sich noch häufig. Die Asbestsanierung ist sehr teuer, weil diese Aufgabe nur mit sehr hohem Aufwand von spezialisierten Unternehmen ausgeführt werden darf. Asbestbelastete Dächer kann man wirtschaftlich sanieren, indem man sie nach der Sanierung mit Photovoltaikmodulen belegt.



Foto: Solarwert

Diese Doppelglasmodule eines Anbieters aus Dresden wurden auf Herz und Nieren getestet – in einem Brandlabor in Freiberg.

## ANLAGENSCHUTZ

### Schutz gegen Brände:

Photovoltaikanlagen und solarthermische Systeme verursachen nur sehr, sehr selten Brände. Viel häufiger kommt es vor, dass ein Gebäude mit einer solchen Anlage aus anderen Gründen brennt. Dann rücken die Löschkkräfte an, um das Feuer möglichst schnell zu bändigen.

Die Feuerwehr trennt zuerst die Hausstromversorgung vom Stromnetz, damit die Löschkkräfte nicht durch elektrischen Schlag gefährdet werden. Bei Sonnenschein schieben die Solarmodule auf dem Dach dessen ungeachtet weiterhin elektrische Energie (Strom) in die Verkabelung des Hauses. Auch Speicherbatterien können elektrische Spannungen und Ströme abgeben.

Deshalb brauchen die Solarstrings auf dem Dach und die Speicherbatterien automatische Freischalter, die bei Ausfall des Netzanschlusses auch diese Systeme stilllegen. Das erfolgt über spezielle Freischalter oder Kurzschlussysteme. Letztere sind seit Herbst 2018 erlaubt. Intelligente Leistungselektronik an den einzelnen Modulen kann sogar die Solarmodule innerhalb der Solarstrings auf dem Dach auf null oder ein Volt abregeln. Dann besteht keine Gefahr für die Löschkkräfte mehr.

Vorbeugend ist es sinnvoll, eine Photovoltaikanlage mit Detektoren für potenzielle Kabelfehler oder defekte Stecker zu versehen. An solchen Schwachstellen können sich aus verschiedenen Gründen im Lauf der Zeit hohe Übergangswiderstände ausbilden, die sich bei Stromfluss stark aufheizen. Das kann so weit gehen, dass sich Lichtbogen ausbilden. Kurzschlussysteme und Detektoren können die Anlage abregeln, bis die Lichtbogen verlöschen. In jedem Falle muss der Fehler gefunden werden, um die Anlage wieder betriebsbereit zu machen.

### Schutz gegen Blitze und Überspannungen:

Wenn eine Photovoltaikanlage auf den Dächern strahlt, sind die Generatoren auf oder im Dach durch geeignete Maßnahmen abzusichern. Fangstangen, Erder und Überspannungsschutzschalter gehören ebenso zur

Anlagentechnik wie Solarmodule, Wechselrichter oder Verkabelung – auch wenn sie der Gesetzgeber nicht zwingend vorschreibt. Die Kosten für fachgerechten Blitzschutz belaufen sich auf einige Hundert Euro, unbedeutend gegenüber der Investition in die Anlage, die es zu schützen gilt.

Doch der Schutz eines Gebäudes gegen Blitze und Überspannungen ist keine Angelegenheit, die nur das Dach betrifft. Im Gegenteil: Viele Überspannungen (Blitze) treten von unten durch den Keller ins Gebäude ein. Etwa, wenn der Blitz in der Nachbarschaft in den Mast einer Stromleitung oder in einen Transformator rauscht. Deshalb sind Eigenverbrauchssysteme und die Hauselektrik mit ausreichend dimensionierten Sicherungen auszustatten. Ihre Funktion ist regelmäßig im Rahmen der Anlagenwartung zu überprüfen.

### Schutz gegen Tierfraß und Vögel:

Oft vernachlässigt wird der zoologische Aspekt der Photovoltaik. Denn die Verkabelung lockt beispielsweise Ratten oder andere Nager an. Marder machen es sich unter den Solarmodulen bequem. Waschbären knabbern gleichfalls mit Vorliebe an den Kabeln und Steckern, vom Weichmacher in der Isolation angezogen.

Deshalb sind die Anlagen durch Modulgitter oder andere geeignete Maßnahmen (verblechte Kabelführung, hochgebundene Modulstecker) vor Tierverschädigung zu schützen.

Unter den Solarmodulen nisten zudem sehr gern Tauben und andere Vögel, selbst auf Dächern, die sie vorher gemieden haben. Denn unter den Solarmodulen auf Schrägdächern befinden sich kleine Spalte, die von den Vögeln für den Nestbau bevorzugt werden.

Vogelkot kann zum Problem werden, wenn er die Frontgläser der Solarmodule teilweise verunreinigt und somit die Zellen lokal verschattet. Dann sinkt der Energieertrag aus der Photovoltaikanlage, sie bedarf der Reinigung.

## AUSSCHREIBUNG

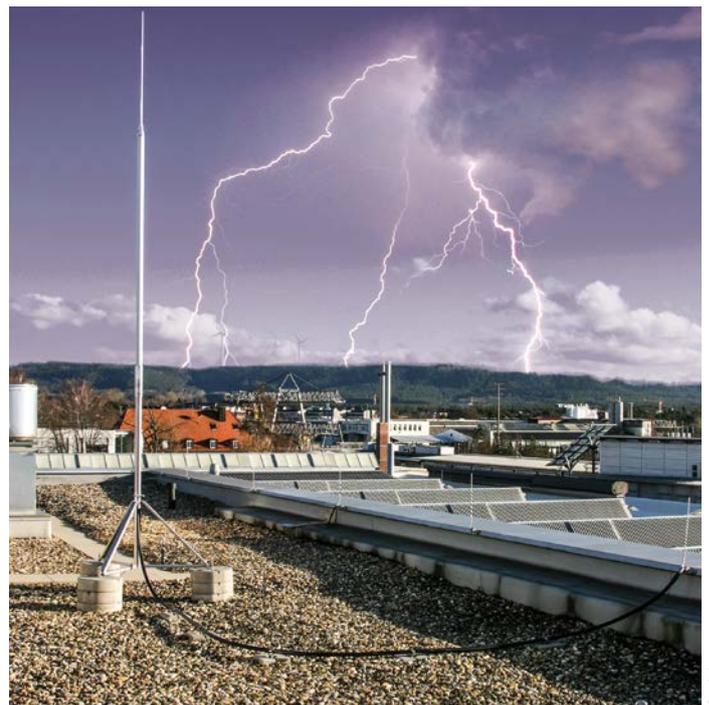
Die Bundesnetzagentur schreibt in regelmäßigen Abständen größere Kraftwerksleistungen (mehrere Hundert Megawatt) aus, die mit Solarparks auf freien Flächen oder großen Dächern realisiert werden sollen. Dabei handelt es sich um Solarkraftwerke, die den gesamten Sonnenstrom ins Netz einspeisen. Teilweiser Eigenverbrauch ist bislang nicht vorgesehen.

Dafür erhalten sie eine Marktprämie, die durch die Ausschreibung ermittelt wird. Die Gebote werden gesichtet, gewichtet und nach dem Angebotspreis vergeben. Innerhalb einer bestimmten Frist müssen die Bieter die Anlagen bauen und ans Netz bringen, um die ausgelobte Marktprämie zu bekommen.

Wer an einer Ausschreibung der Bundesnetzagentur teilnehmen möchte, muss das aufwendige Verfahren genau kennen und ordnungsgemäß durchlaufen. Das betrifft die anbietenden Unternehmen und ihre finanzielle Solidität.

Auch gelten bestimmte Auflagen für die Dächer und die Grundstücke, auf denen die Anlagen errichtet werden sollen. Der Betrieb der Anlagen über 20 Jahre ist Bestandteil der Ausschreibung.

Die Ausschreibungen erfolgen gemäß einer Verordnung der Bundesnetzagentur und werden öffentlich bekannt gegeben. Bürgersolar genossenschaften können sich gleichfalls unter bestimmten Voraussetzungen beteiligen. Für private Bauherren oder gewerbliche Anlagenbetreiber spielen die Ausschreibungen keine Rolle.



Bei gewerblichen Gebäuden ist Blitzschutz vorgeschrieben, bei privaten Wohnhäusern nicht. Wer eine Solaranlage auf dem Dach installiert, sollte stets den Blitzschutz aufrüsten.

## BUNDESAMT FÜR WIRTSCHAFT UND AUSFUHRKONTROLLE (BAFA)

Die in Eschborn bei Frankfurt am Main sitzende Bundesbehörde koordiniert zahlreiche Aktivitäten zur Energieeffizienz und zur Förderung erneuerbarer Energien im Wärmesektor sowie in der Stromversorgung und Gebäudetechnik. Auch Energieberatungen werden vom Bafa gefördert und unterstützt, ebenso die Elektromobilität. Für die Energiewende reicht das Bafa beispielsweise die Fördermittel für solarthermische Kollektoren, Holzheizungen (Biomasse) und Wärmepumpen aus.

Die aktuellen Förderbedingungen der verschiedenen Programme sind auf der Website des Bafa zu finden. Die Antragstellung ist bei Photovoltaikanlagen, Stromspeichern und E-Mobilität meist an die Unterschrift eines fachkundigen Installateurs oder Planers gebunden, damit die Zuschüsse ausgereicht werden:

► <https://www.bafa.de/>

## BÜRGERSOLARANLAGE

Diese Form der Photovoltaikanlage beschreibt ihre Finanzierung: Mehrere Menschen (Privatpersonen) sind an der Finanzierung über Anteile beteiligt. In der Regel werden solche Anlagen mit größerer Leistung gebaut, um aus den Erlösen der Einspeisevergütung oder der Marktprämie eine bestimmte Rendite zu erzielen. Diese Rendite wiederum wird unter den Anteilseignern als Gewinn aufgeteilt.

Bürgersolaranlagen sind beispielsweise sinnvoll, wenn eine Kommune in die saubere Stromversorgung ihrer Bewohner investieren will. Man kann damit sehr gut kombinierte Versorgungssysteme aus Sonnenstrom und Windkraft refinanzieren. Der Erlös kommt den beteiligten Bürgern zugute, das erhöht die Akzeptanz für die Energiewende.

Viele Bürger engagieren sich in regionalen oder kommunalen Energiegenossenschaften, auch Bürgerenergiegenossenschaften genannt. Die Genossenschaft plant und realisiert die Projekte und reicht die Anteile an ihre Mitglieder aus. Die Anteile werden gemäß dem Genossenschaftsrecht verwaltet.

Auch Banken gehen zunehmend dazu über, größere Solarparks mit speziellen Vorzugsanteilen für Bürger der Region zu finanzieren, in der der Solarpark errichtet werden soll. Auch dadurch wird die regionale Wertschöpfung gestärkt.

## BLOCKHEIZKRAFTWERKE (BHKW)

Mit dem Eigenverbrauch von Sonnenstrom rückt die Frage in den Mittelpunkt, wie man sauberen Eigenstrom in der Nacht oder in den sonnenschwachen Wochen des Jahres bereitstellen kann. Zunächst einmal kann der Hausbesitzer auf das Stromnetz zurückgreifen, das wie eine Superbatterie fungiert. Dort kann er Ökostrom einkaufen, wenn der Sonnenstrom vom eigenen Dach nicht mehr ausreicht, den Bedarf im Gebäude oder Unternehmen zu decken.

Mithilfe von Blockheizkraftwerken (BHKW, auch stromerzeugende Heizung genannt) kann er im Winter elektrischen Strom erzeugen, wenn Gas oder ein flüssiger Brennstoff verbrannt wird. BHKW laufen mit konventionellen Gasmotoren oder Dieselgeneratoren, auf deren Achse ein Generator sitzt. Es gibt auch BHKW, die mit Holzpellets arbeiten.

Der Generator erzeugt über das Dynamoprinzip einen Wechselstrom, der in der Regel mit dem Netz synchronisiert werden muss. Solche Generatoren kommen auch bei der unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) zum Einsatz, die in vielen Unternehmen für den Netzausfall vorgehalten wird.

Der Motor im BHKW liefert in der Regel viel Abwärme mit hoher Temperatur. Damit lässt sich im Winter die Raumheizung versorgen – über hydraulische Wärmetauscher. Das passt meist gut mit dem Temperaturbedarf der Heizkörper bei der Modernisierung von Wohngebäuden zusammen. Für Fußbodenheizungen sind die Temperaturen aus dem Motor in dem BHKW zu hoch.



Foto: Shutterstock

Diese Brennstoffzelle verschwindet optisch unter der Treppe.

## BRUTTOSTROMVERBRAUCH

Der Bruttostromverbrauch bezeichnet die Strommenge, die in Deutschland im Jahr verbraucht wird. Er wird in Terawattstunden (TWh) angegeben, also in Millionen Megawattstunden (MWh). Darin enthalten sind alle Verluste in Stromleitungen (Netzverluste), Umspannwerken und Transformatoren. Auch der Eigenstrombedarf der Kraftwerke und Generatoren ist darin enthalten.

Zieht man diese Verluste und den Eigenstrombedarf der Stromerzeuger ab, spricht man von Nettostromverbrauch oder Endenergieverbrauch, gleichfalls in TWh angegeben. Es leuchtet ein, dass dezentrale Stromerzeuger wie Photovoltaikanlagen viel geringere Leitungsverluste haben, weil die Energie faktisch am Ort ihrer Erzeugung genutzt werden kann.

## BUNDESNETZAGENTUR (BNA)

Sie ist die oberste Bundesbehörde im Sinne des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG). Die BNA legt die Einspeisevergütung gemäß EEG 2023 fest und führt das elektronische Anlagenregister (sogenanntes Marktstammdatenregister), an das alle Photovoltaikanlagen und Stromspeicher gemeldet werden müssen.

Daneben hat die Behörde zahlreiche Aufsichtspflichten für das Stromnetz, für das Gasnetz sowie bei der Preisbildung für Strom und Gas. Auch erfasst die BNA alle relevanten Daten der Energiemärkte und gibt regelmäßige Berichte zum Stand der Energiewende heraus. Ebenso obliegt es der Agentur, die Netzgebühren zu analysieren und festzulegen.

► <https://www.bundesnetzagentur.de>

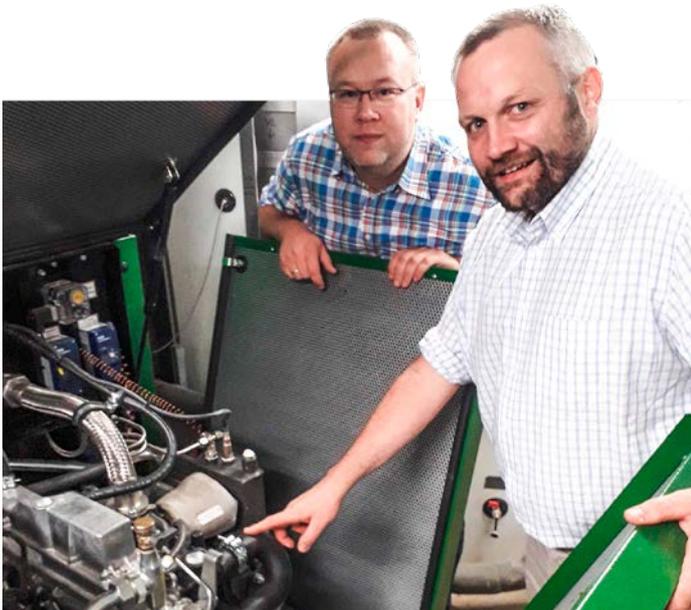


Foto: Helge Schwarzburger

**Dieses größere BHKW wird mit Erdgas betrieben. Es versorgt eine Kirchengemeinde mit Kindergarten in Marmagen in NRW.**

### BYPASS-DIODE

Die Bypass-Diode, auch als Schutz-Diode oder Freilauf-Diode bezeichnet, leitet den Sonnenstrom eines Zellstrings im Solarmodul ab, wenn eine oder mehrere Solarzellen keinen Strom erzeugen. Ursachen können Verschattung oder Verschmutzung sein oder technische Defekte an den Zellen bzw. Zellverbindern.

In der Folge können sogenannte Hotspots entstehen, örtliche Überhitzungen mit sehr hohen Temperaturen. Die Bypass-Diode überbrückt die defekten oder blockierten Zellen, sichert also den ordnungsgemäßen Betrieb des Solarmoduls.

Dioden lassen den elektrischen Strom nur in einer Richtung fließen, die andere Richtung wird gesperrt. Die Bypass-Dioden sind im Normalbetrieb in Sperrrichtung gepolt. Ihre Sperrspannung entspricht ungefähr der Leerlaufspannung des Moduls.

Die Bypass-Dioden sind keine separaten Bauteile, sondern sie stecken vorgefertigt in den Anschlussdosen der Solarmodule.

### BAUPFLICHT

Mehrere Bundesländer in Deutschland haben bereits eine solare Baupflicht erlassen, ebenso Kantone in der Schweiz und einzelne Städte und Gemeinden in Österreich.

Darunter versteht man gesetzliche Vorschriften für Neubauten und Bestandsgebäude, die Photovoltaikanlagen und Ladetechnik für die Elektromobilität verpflichtend vorschreiben. Auf diese Weise wird der Netzstrombedarf der Gebäude gesenkt und ihre Umweltbilanz verbessert.

### BESONDERE AUSGLEICHSREGELUNG

Die Besondere Ausgleichsregelung war eine Regelung aus dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) aus dem Jahr 2017 (Paragraf 63 ff.). Sie erlaubte es stromkostenintensiven Unternehmen beziehungsweise Unternehmen der Schienenbahnen, die EEG-Umlage zu begrenzen oder zu reduzieren. Die Anträge wurden beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (Bafa) gestellt und von diesem beschieden. Zum Juli 2022 wurde die EEG-Umlage abgeschafft.

### BRENNSTOFFZELLEN (STATIONÄR)

Eine Sonderform der Blockheizkraftwerke (BHKW) sind die neuartigen Brennstoffzellen. Seit vier Jahren etwa bietet der Haustechnikmarkt die kleinen Kraftpakete an. Sie geben zwischen 800 Watt und fünf Kilowatt elektrischer Nennleistung ab. Die thermische Abwärme liegt zwischen einigen Kilowatt bis mehr als 25 Kilowatt. Einige Brennstoffzellen wurden mit Gasthermen in Kompaktgeräten kombiniert, um sie speziell für die Bestandssanierung auszurüsten. Dann spricht man vom Brennstoffzellen-Heizgerät.

Geht man davon aus, dass elektrischer Strom künftig auch die Wärme im Haus bereitstellt und das E-Auto tankt, haben rein stromgeführte Brennstoffzellen mit möglichst wenig Abwärme die besten Aussichten auf einen Massenmarkt. Diese stationären Brennstoffzellen sind viel einfacher und kompakter aufgebaut als die klassischen BHKW, zudem kommen sie ohne rotierende oder heiße Teile aus.

Die Technik der Brennstoffzellen ist ausgereift und hat sich in Millionen Betriebsstunden bewährt. Stationäre Brennstoffzellen nutzen Katalysatoren, um Wasserstoff und Sauerstoff auf kaltem Wege (ohne Verbrennung von Knallgas) zu verheiraten. Dabei werden Elektronen freigesetzt, die man als Gleichstrom nutzen kann. Das Herz eines solchen Aggregats besteht aus Zellen, in denen die katalytische Reaktion abläuft. Die Summe mehrerer Zellen ist ein Stack, so wie man mehrere Solarzellen oder Lithiumzellen in einer Speicherbatterie als Solarmodul oder Batteriemodul bezeichnet.

Solche Generatoren lassen sich perfekt mit Photovoltaik kombinieren. Als Brennstoff im Stack nutzt man Erdgas oder Wasserstoff. Erdgas ist vielerorts über die Gasnetze vorhanden. In einem Reformier wird das Methan in Kohlenstoff und Wasserstoff zerlegt. Andere Brennstoffzellen arbeiten direkt mit Wasserstoff, ohne Vorstufe über Erdgas. Solche Systeme für die Haustechnik sind seit 2018 auf dem Markt.

Der Wasserstoff wird im Sommer erzeugt, indem überschüssiger Sonnenstrom Wasser in seine Bestandteile zerlegt. In einem Gastank ähnlich dem Flüssiggas wird er für die Nacht oder den Winter vorgehalten.

Sinnvoll ist es, Photovoltaikanlage und Brennstoffzellen über eine Speicherbatterie zu verschalten. Sie übernimmt den Nachtstrom des Gebäudes. Die Brennstoffzelle springt erst ein, wenn der Sonnenstrom vom Dach nicht mehr ausreicht, um die Batterie am Tag neu zu füllen.

Zwei Technologien dominieren den Markt: Bei der Festoxid-Brennstoffzelle (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC) besteht der Elektrolyt im Stack aus einer hauchfeinen Keramikschiicht, die Sauerstoffionen leiten kann, aber Elektronen sperrt. Die SOFC brauchen Betriebstemperaturen von 650 bis 1.000 Grad Celsius.

Das bedeutet, sie geben relativ hohe Temperaturen ab. Und sie brauchen eine gewisse Zeit, um auf Betriebstemperatur zu kommen. Also sollten sie möglichst durchgängig laufen.

Dagegen arbeiten die Brennstoffzellen mit Protonenaustauschmembran (Proton Exchange Membrane, PEM) mit Kunststoffmembranen (Ionomeren), die für Protonen (Wasserstoffionen) durchlässig, für Gase (Sauerstoff) jedoch gesperrt sind. Sie brauchen nur rund 80 Grad Celsius als Betriebstemperatur, sind demnach besser für Start-Stopp-Betrieb geeignet.

Die Brennstoffzelle unterliegt den Anschlussvorschriften von elektrischer Betriebstechnik in der Niederspannung, wie motorbetriebene BHKW, Photovoltaikanlagen und Stromspeicher. Ihre Installation ist speziell geschulten Elektrohandwerkern und Solarteuren vorbehalten, die damit ihren Kunden die komplette Vollversorgung durch die Haustechnik ermöglichen.

## CIGS-PV-MODUL

Dieses Dünnschicht-Solarmodul nutzt Kupfer-Indium-Komposite (CIS/CIGS, sogenannte Chalkopyrite) als solaraktiven Halbleiter. Die Schichten werden sehr dünn auf das Metallsubstrat aufgesputtert. Enthalten sind Kupfer, Indium, Gallium und Diselenid. Ihre Wirkungsgrade reichen an polykristalline Solarmodule heran. Diese Dünnschichtmodule werden vorzugsweise für Solarfassaden eingesetzt, denn sie erlauben vollflächige Farben und wirken wie homogenes Verbundglas.

## CLOUDSPEICHER

Diese Kategorie der Stromspeicher bezeichnet die Verschaltung vieler dezentraler Speicherbatterien und anderer Stromspeichern zu einem Schwarm. Dann wirken sie wie eine Speicherwolke (englisch: Cloud). Solche Cloudspeicher lassen sich für virtuelle Kraftwerke in einer Region nutzen. Oder sie stützen das Stromnetz, indem sie Überschüsse aus dem Netz aufnehmen und bei Engpässen wieder ins Verteilnetz einspeisen (sogenannte Regelleistung).

## CLEARINGSTELLE EEG/KWKG

Die Clearingstelle EEG/KWKG klärt Streitigkeiten und Anwendungsfragen im Bereich des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG), Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes (KWKG) und Messstellenbetriebsgesetzes (MsbG). Sie ist dem Bundeswirtschaftsministerium zugeordnet und hat ihren Sitz in Berlin.

Die Clearingstelle vermittelt meist zwischen Anlagenbetreibern und Netzbetreibern. Ihre Aufgabe ist es, die sehr komplizierten und bürokratischen Regelungen der verschiedenen Gesetze und Verordnungen in der Praxis auszulegen. Dazu führt sie sachliche Anhörungen und Verfahren durch, um beispielhafte Empfehlungen abzugeben.

Ihre Vorschläge und Empfehlungen haben jedoch unverbindlichen Charakter, weil bei Streitigkeiten letztlich die Gerichte zuständig sind. Allerdings werden die Empfehlungen der Clearingstelle in der Regel als sachlich gut begründet angenommen.

► <https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de>

## DEGRADATION

Unter Degradation (auch: altersbedingter Leistungsverlust) versteht man die schleichende Verringerung der elektrischen Leistung einer Solarzelle, eines Solarmoduls, einer Photovoltaikanlage oder eines Batteriespeichers.

Diese Verringerung der Leistung wird in der Regel durch die Garantieerklärung der Hersteller abgedeckt. Denn sie ist eine Folge der Alterung der Technik. Leistungsverluste durch Fehler bei der Herstellung oder Installation oder durch Sturmschäden beziehungsweise Blitze bezeichnet man nicht als Degradation.

Die Degradation von Solarmodulen kann in 20 Jahren einige Prozent der ursprünglichen Nennleistung erreichen. Das hängt von der Modultechnik (kristallin, Dünnschicht) und den Einsatzbedingungen ab. Auch Batteriespeicher verlieren im Lauf der Zeit an Speicherkapazität und Leistung. Die konkreten und zulässigen Werte finden sich in den Datenblättern und den Garantieerklärungen der Hersteller.

## DENKMALSCHUTZ

Manche Gebäude stehen unter Denkmalschutz, um Bausubstanz mit historischem Wert zu erhalten. Bauliche Veränderungen sind deshalb nicht nur mit dem Bauamt, sondern auch mit der Unteren Denkmalschutzbehörde abzustimmen.

Das gilt auch für eine eventuell geplante Solaranlage auf dem Dach oder an der Fassade. Speziell für denkmalgeschützte Gebäude bietet der Solarmarkt zunehmend Produkte an, um die Solarmodule oder thermischen Kollektoren möglichst unauffällig in die historische Gebäudehülle zu integrieren.

So gibt es Dachsteine mit integrierten Solarzellen, bei denen man von der Straße nicht erkennt, dass die Eindeckung zugleich Strom erzeugt. Bei denkmalgeschützten Gebäuden sind Indachsysteme erste Wahl, um die Solarpaneele optisch unauffällig ins Dach zu integrieren.

Es gibt bereits farbige Module in Schwarz, Weiß (für Fassaden) oder Terrakotta. Zu beachten ist zudem die unauffällige Kabelführung vom Solardach ins Gebäude. Dafür eignen sich stillgelegte Kamine und Abzüge besonders gut. Auch der Blitzschutz sollte möglichst unauffällig integriert werden, zumal er auf denkmalgeschützten Wohngebäuden meist fehlt.



Foto: Heiko Schwarzinger

**Diese Photovoltaikanlage auf dem Dach einer katholischen Kirche in Berlin wurde nur leicht aufgeständert, damit man sie von unten nicht sehen kann. Das war eine Forderung der zuständigen Behörde für den Denkmalschutz.**

## DIREKTVERMARKTUNG

Seit 2014 sind Betreiber von neuen Photovoltaikanlagen mit mehr als 500 Kilowatt Peakleistung verpflichtet, ihren Solarstrom selbst über das Stromnetz zu verkaufen (zu vermarkten). Seit Anfang 2016 wurde diese Pflicht auf alle Photovoltaikanlagen ab 100 Kilowatt ausgedehnt. Direktvermarktung gilt nur für neue

Photovoltaikanlagen, die seit dem Jahresbeginn 2016 in Betrieb genommen wurden beziehungsweise in Zukunft in Betrieb gehen.

Bei der Direktvermarktung verkaufen die Anlagenbetreiber ihren Sonnenstrom an der Börse selbst. Oder sie beauftragen damit spezialisierte Dienstleister, die Direktvermarkter. Eine

Marktprämie gleicht Differenzen zwischen niedrigen Verkaufspreisen für Strom an der Börse und der Einspeisevergütung aus.

Besser und wirtschaftlicher ist es in jedem Fall, den erzeugten Sonnenstrom direkt im Gebäude oder Unternehmen selbst zu nutzen. Dann spricht man von Eigenverbrauch.

## DÜNNSCHICHTMODUL

Neben den Photovoltaikmodulen aus kristallinen Siliziumzellen (monokristallin oder polykristallin) gibt es die sogenannten Dünnschichtmodule. Bei ihnen bestehen die solaraktiven Halbleiter nicht aus einzelnen Waferzellen, die zu einem Solarmodul mit Kupferbahnen verbunden werden. Sondern man bringt sehr dünne Halbleiterschichten vollflächig auf die Glasplatten auf. Erst danach werden die Zellen durch Nadeln oder Lasertechnik strukturiert und mikroskopisch verschaltet. Deshalb haben Dünnschichtmodule meist mehrere Hundert mit bloßem Auge kaum unterscheidbare Zellen.

Weil die Halbleiterschicht nur sehr dünn ist und weil die gesamte Glasfläche durch viele kleine Zellen ausgenutzt wird, sind Dünnschichtmodule robuster bei Teilverschattung, höheren Temperaturen und bei Sonnenlicht, das nicht senkrecht auf das Modul fällt.

Es gibt im Wesentlichen drei Arten von Dünnschichtmodulen:

**Amorphes oder mikromorphes Silizium:** Hier werden dünne Siliziumschichten auf dem Glas abgeschieden, durch Gasepitaxie und geeignete chemische Prozesse. Die Wirkungsgrade solcher Solarmodule sind relativ beschränkt, sodass sie gegenwärtig im Markt keine Rolle mehr spielen. Es gibt jedoch noch einige ältere Anlagen mit solchen Dünnschichtmodulen, mit teilweise sehr großen Gläsern. Man erkennt sie an einer vollflächigen rötlichen Sand- oder Ockerfärbung.

**Kupfer-Indium-Komposite (CIS/CIGS):** Ein aussichtsreicher Halbleiter sind sehr dünne, aufgesputterte Schichten aus Kupfer, Indium, Gallium

und Diselenid, die sogenannten Chalkopyrite. Man bezeichnet sie auch als CIS- oder CIGS-Module. Ihre Wirkungsgrade reichen an polykristalline Solarmodule heran. Diese Dünnschichtmodule werden vorzugsweise für Solarfassaden eingesetzt, denn sie sind vollflächig schwarz und wirken wie homogenes Verbundglas.

**Cadmiumtellurid (CdTe):** Für den Kraftwerksbau werden Dünnschichtmodule aus Cadmiumtellurid verwendet, einem besonderen Halbleiter mit dem Schwermetall Cadmium. Deshalb sollte man solche Solarmodule nicht auf dem eigenen Wohnhaus installieren. Diese Module eignen sich gut für sehr große Solarkraftwerke, weil die Herstellungskosten deutlich niedriger sind als für CIGS-Module oder kristalline Siliziummodule.



Foto: Heiko Schwarzbünger

Solche Dünnschichtmodule aus Cadmiumtellurid benutzt man eigentlich nur bei großen Solarparks.



Foto: Heiko Schwarzbünger

Dünnschichtmodule aus amorphem Silizium haben einen Ockerton. Die Zellen sind sehr klein, deshalb wirkt die Farbfläche homogen.

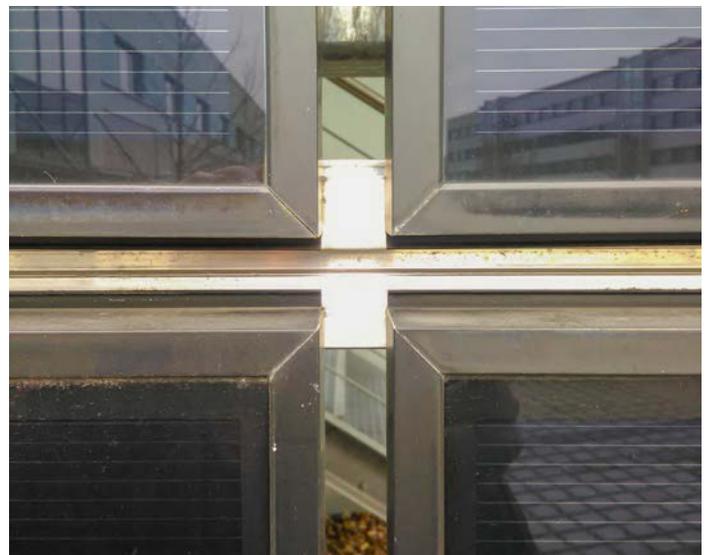


Foto: Heiko Schwarzbünger

Fassadenmodule aus CIGS, als Kassetten installiert. Man erkennt sehr gut die nadelstreifenartige Zellstruktur.

## EEG – ERNEUERBARE-ENERGIEN-GESETZ

Der Ausbau der erneuerbaren Energien wird in Deutschland im Wesentlichen durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) geregelt. Die aktuelle Fassung stammt aus dem Jahr 2022.

Im EEG werden wichtige Grundlagen für Photovoltaik und andere Stromerzeuger definiert. Für Wärmetechnik oder Elektromobilität ist dieses Gesetz nicht zuständig.

So legt das EEG beispielsweise fest, was technisch und juristisch unter einer Photovoltaikanlage zu verstehen ist. Es legt den Mechanismus der Einspeisevergütung fest, die der Betreiber der Photovoltaikanlage vom Übertragungsnetzbetreiber für 20 Jahre bekommt. Auch ist der Eigenverbrauch darin geregelt. Zudem definiert es die wichtigsten Rechte und Pflichten der Anlagenbetreiber, Netzbetreiber und Selbstversorger mit Sonnenstrom.

## EINSPEISEVERGÜTUNG

Das EEG regelt, dass jeder Betreiber einer Photovoltaikanlage in Deutschland für ins Stromnetz eingespeisten Sonnenstrom eine Einspeisevergütung (in Cent pro Kilowattstunde) bekommt. Die Höhe dieser Vergütung wird von der Bundesnetzagentur gemäß EEG 2023 festgelegt.

Die Einspeisevergütung wird vom Übertragungsnetzbetreiber an den Anlagenbetreiber gezahlt. Dafür muss die Anlage gemäß EEG bei der Bundesnetzagentur angemeldet und mit einem PV-Zähler ausgestattet sein.

Die aktuelle Einspeisevergütung in Deutschland liegt nur wenig höher als die Investitionskosten für Sonnenstrom. Deshalb lohnt es sich nicht, mit der Einspeisevergütung zu rechnen (Renditemodell). Sondern der Eigenverbrauch von Sonnenstrom ist viel lukrativer, dadurch amortisiert sich die Investition viel schneller.

## EIGENVERBRAUCH VON SONNENSTROM

Unter Eigenverbrauch versteht man Sonnenstrom, den der Erzeuger unmittelbar im eigenen Gebäude bzw. auf dem eigenen Grundstück verbraucht.

Der Produzent (englisch: producer) und der Verbraucher (consumer) des Sonnenstroms sind juristisch ein und dieselbe Person, weshalb man sie auch als Prosumer bezeichnet. Der Verkauf an Nachbarn oder Mieter im gleichen Gebäude gilt in Deutschland bislang nicht als Eigenverbrauch.

Die eigen- oder selbst verbrauchte Strommenge wird nicht an das Stromnetz abgegeben. Demzufolge gibt es für eigenverbrauchten Strom keine Einspeisevergütung gemäß EEG. Vergütet wird nur der Anteil des Sonnenstroms, der ins Netz gespeist wird.

Gegenüber der Einspeisung ist selbst verbrauchter Strom ungleich wertvoller. Aufgrund der hohen Preise für Netzstrom spart der Nutzer viel Geld ein, das er nicht für den Stromkauf aufwenden muss. Mit einem Stromspeicher kann man Sonnenstrom sogar nachts verbrauchen. Durch die E-Mobilität wächst der wirtschaftliche Vorteil: Dann wird das Gebäude zur Tankstelle für günstigen Eigenstrom.

## ENERGIEWENDE

Unter Energiewende versteht man alle Maßnahmen, um klimaschädliche Emissionen zu senken. Dabei geht es vor allem um die Emissionen, die die menschliche Zivilisation durch ihre technischen Systeme verursacht. Denn die Emissionen aus fossil-nuklearen Kraftwerken, Heizkesseln und Verbrennungsmotoren erhöhen den Anteil von Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Schwefeloxiden, Methan und Stickoxiden in der Atmosphäre. Dadurch steigt die Temperatur in der Erdatmosphäre an, das Klima erwärmt sich global.

Oft unterschätzt wird der Anteil der Emissionen durch den Bergbau. Je mehr Bergbau beispielsweise für Rohstoffe und Brennstoffe notwendig ist, desto mehr klimaschädliche Emissionen entstehen. Was für Kohle, Öl oder Erdgas gilt, gilt auch für Uran, dessen Gewinnung, Anreicherung und Nutzung im Kernreaktor besonders aufwendig an Technik und Energie ist – abgesehen von der tödlichen Strahlung.

Wirklich sauber sind nur Windkraft, Sonnenenergie und kleinere Wasserkraftwerke, die nur wenig in den natürlichen Flusslauf eingreifen. Denn sie benötigen keine Brennstoffe.

Die Energiewende ist in drei Sektoren notwendig: in der Versorgung von Gebäuden mit elektrischem Strom, mit Heiz- und Prozesswärme sowie im Verkehr. Am weitesten fortgeschritten ist die Energiewende in der Stromerzeugung. Werden fossile Energieträger in der Wärmeversorgung oder im Verkehr durch sauberen Strom aus Windkraft oder Sonnenkraft ersetzt, spricht man von Sektorkopplung.

## ELEKTRISCHE SCHALTUNG

Elektrische Bauteile wie Batterien, Solarzellen oder Solarmodule werden miteinander verschaltet, um die Leistungsfähigkeit der elektrischen Systeme für die verschiedenen Anwendungen zu optimieren. Man unterscheidet im Wesentlichen zwei Arten: Parallelschaltung und Reihenschaltung, auch Serienschaltung genannt.

**Parallelschaltung:** Bei Parallelschaltung sind die elektrischen Elemente gleichberechtigt, also nicht in einer festgelegten Reihenfolge in den Schaltkreis eingebunden. Die Spannung im Parallelstromkreis ist überall gleich. Aber die Stromstärken beispielsweise der parallel geschalteten Solarmodule addieren sich. Parallelschaltung von Solarmodulen nutzt man, um die Spannungen möglichst niedrig zu halten, etwa in Fassaden oder bei Photovoltaikanlagen, bei denen der Berührungsschutz eine wichtige Rolle spielt.

**Reihenschaltung:** Bei der Reihenschaltung sind die elektrischen Elemente eines Stromkreises in einer Kette hintereinander geschaltet. Üblicherweise sind viele Zellen in einem Solarmodul in Reihe geschaltet, damit sich die Zellspannungen addieren. Die Stromstärken addieren sich jedoch nicht, sondern sind innerhalb der Reihenschaltung, auch Strang genannt (englisch: String), gleich. Auch Solarmodule schaltet man in DC-Strings zusammen, um hohe Systemspannungen bis 1.000 Volt Gleichspannung zu erhalten. Multipliziert mit der Stromstärke im String ergibt sich die elektrische Leistung des Modulstrings. In größeren Anlagen werden die Solarmodule bis 1.500 Volt DC verschaltet.

Der Vorteil: Hohe Spannungen und niedrige Ströme erlauben geringere Kabelquerschnitte, sparen also Kupfer. Allerdings wachsen die Anforderungen an die Isolierung der Kabel und Stecker sowie an die Sicherungen und Schutzschalter.

## ELEKTRISCHER STROM

Elektrischer Strom kann fließen, wenn eine elektrische Spannung zwischen zwei Polen anliegt und mit einem leitfähigen Kabel verbunden wird. Die Spannung wird in Volt gemessen, die Stromstärke in Ampere.

Von Gleichspannung und Gleichstrom (DC: direct current) spricht man, wenn Minuspol und Pluspol fest sind, sich nicht verändern, beispielsweise bei Autobatterien oder Solarakkus. Photovoltaikanlagen und Brennstoffzellen geben Gleichstrom ab. Die nutzbare Leistung eines DC-Generators (Wirkleistung) berechnet sich aus dem Produkt aus Gleichspannung und Gleichstrom. Zwischen beiden gibt es keine Phasenverschiebung. Batteriegetriebene E-Autos, Computer, Laptops und Smartphones funktionieren mit Gleichstrom. Werden sie von Stromnetzen geladen, brauchen sie einen AC/DC-Inverter, um den Netzwechselstrom auf Gleichstrom umzusetzen. Im Volksmund wird der Inverter auch als Netzteil bezeichnet.

Photovoltaikanlagen und Brennstoffzellen erzeugen Gleichstrom. Speicherbatterien nehmen Gleichstrom auf und geben ihn wieder ab.

Um Gleichstrom ins Stromnetz einzuspeisen oder für übliche Stromverbraucher zu nutzen, braucht man Wechselstrom (AC: alternate current) mit der Netzfrequenz 50 Hertz (in Europa). Beim Wechselstrom des Stromnetzes wechseln sich Minuspol und Pluspol innerhalb von einer Sekunde 50-mal ab. In den USA beträgt die Netzfrequenz 60 Hertz. Stromstärke und Spannung sind gegeneinander in ihrer Phasenlage verschoben. Die Verschiebung wird als Wirkleistungsfaktor Cosinus Phi bezeichnet (meist 0,95 in deutschen Stromnetzen). Die nutzbare Wirkleistung wird aus Stromstärke mal Spannung mal Cosinus Phi berechnet.

Mit Spulen und Trafos (Induktivitäten) ausgestattete elektrische Verbraucher entnehmen dem Stromnetz eine gewisse Energiemenge, um ihre Magnetfelder aufzubauen. Diese nicht nutzbare Leistung wird beim Abbau der Magnetfelder ans Netz zurückgegeben und als Blindleistung bezeichnet. Sie belastet die Generatoren und Transformatoren im Stromnetz.

Wirkleistung und Blindleistung stehen senkrecht aufeinander und ergeben nach dem Satz des Pythagoras die Scheinleistung in Wechselstromsystemen.

Rotierende Generatoren wie auf den Wellen der Turbinen in fossil-nuklearen Kraftwerken, dezentralen Dieselgeneratoren, motorgetriebenen BHKW und Windrädern erzeugen Wechselstrom.

## ERTRAG

Der Ertrag einer Solaranlage bezieht sich entweder auf die erzeugte Energiemenge (Energieertrag) oder die damit erwirtschaftete Geldmenge.

**Energieertrag:** Photovoltaikanlagen erzeugen elektrischen Strom, der als Strom oder als Wärme im Gebäude genutzt werden kann. Denn elektrischer Strom lässt sich problemlos in alle anderen Nutzenergien wandeln, etwa Wärme oder mechanische Arbeit (durch E-Motoren).

Der Ertrag einer Photovoltaikanlage ergibt sich aus der Peakleistung multipliziert mit der Sonnenscheindauer im Jahr. Überschlägig kann man diese Faustformeln nutzen:

### Süddeutschland und Mitteldeutschland:

Peakleistung (kW) x 900–950 kWh/kW = jährlicher Ertrag (Schätzung) in kWh

### Norddeutschland:

Peakleistung (kW) x 750–850 kWh/kW = jährlicher Ertrag (Schätzung) in kWh

Gemessen wird die jährliche Energiemenge am Ertragszähler, auch PV-Zähler der Photovoltaikanlage. Über ein Monitoringsystem kann man die Erträge laufend kontrollieren. Sinkt der Ertrag einer Anlage in ungewöhnlicher Weise ab, deutet dies auf einen Fehler hin.

Ertragsmindernd wirken die nicht optimale Ausrichtung der Solarmodule, sehr hohe Temperaturen im Sommer und eine (Teil-)Verschattung der Solarmodule.

Bei solarthermischen Anlagen wird der Energieertrag in kWh angegeben, die in Form von Wärme im Gebäude genutzt werden kann.

Auch dabei wird der überschlägige Energieertrag aus thermischer Nennleistung und Sonnenscheindauer ermittelt. Die Solarstrahlung liegt in Deutschland je nach Region zwischen 900 und 1.200 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr. Ein solarthermisches System verursacht konstruktionsbedingt bis zu 50 Prozent Energieverluste im Kollektor und in der Hydraulik. Deshalb liegt der Ertrag durchschnittlich bei 450 bis 600 Kilowattstunden je Quadratmeter Kollektorfläche. Der präzise Ertrag im Jahr wird am Solarzähler (Wärmemengenzähler) der Solarstation (Hydraulikeinheit) erfasst.

**Monetärer Ertrag:** Bei Photovoltaikanlagen gibt es zwei Wege, den Energieertrag in Gelderlös auszudrücken: durch die Einspeisevergütung je Kilowattstunde des ins Stromnetz eingespeisten Solarstroms und durch eingesparten Stromkauf, wenn der Solarstrom vor Ort selbst verbraucht wird.

Als die Einspeisevergütungen noch sehr hoch waren und Eigenverbrauch aufgrund hoher Systempreise wenig lukrativ, rechnete man die Einspeisevergütung über 20 Jahre gegen die Kosten für die Investition und die Finanzierung, etwa über einen Bankkredit.

Der in 20 Jahren erwirtschaftete Überschuss war die Rendite, weil es sich faktisch um ein wirtschaftliches Geschäft durch Stromverkauf ans Stromnetz gegen Einspeisevergütung handelte.



Foto: Heiko Schwarzbücher

**Notschalter für ein Bleispeichersystem in der elektrischen Anlage einer Kfz-Werkstatt.**

## ERTRAGSZÄHLER

Der Energieertrag einer Photovoltaikanlage wird über den Ertragszähler (auch: PV-Zähler) in Kilowattstunden ermittelt. Direkt am Hauszähler wird der Einspeisezähler installiert. Er misst nur den Sonnenstrom, der ins Stromnetz eingespeist wird. Dafür nutzt man heute verstärkt sogenannte Zweirichtungszähler, die Netzstrom und Einspeisestrom zugleich messen.

Für Photovoltaikanlagen ab sieben Kilowatt Peakleistung sind sogenannte Smart Meter vorgeschrieben. Diese elektronischen Zähler verfügen über ein intelligentes Gateway zur Fernauslesung der Einspeisemenge.

Allerdings hat das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) die Sicherheitsprofile der Smart Meter sehr spät veröffentlicht, sodass noch nicht ausreichende Smart Meter für den deutschen Netzbetrieb zertifiziert sind (Stand Sommer 2021). Dadurch verzögert sich das Rollout der Smart Meter.

Für bestimmte Anwendungen erhalten auch die Speicherbatterien eigene Zähler, etwa um sie mit Regelleistung aus dem Netz zu beladen oder die eingespeicherte Energiemenge zu protokollieren.

Alle Zähler unterliegen dem deutschen Eichrecht und bestimmten Austauschfristen.

## ENERGIEMANAGER

Der Energiemanager oder das Energiemanagementsystem (EMS) ist ein kleines Gerät, bestehend aus Steuerhardware und Software, das komplexe Energieströme im Gebäude (Erzeuger, Speicher und Verbraucher von Strom und Wärme) möglichst optimiert. Sein Ziel ist es, dass so wenig wie möglich Sonnenstrom ans Stromnetz abgegeben wird.

Der einfachste Energiemanager kann der Solarwechselrichter sein, der den Sonnenstrom zunächst ins Versorgungsnetz des Gebäudes oder in die Speicherbatterie schickt. Erst wenn danach Überschüsse anfallen, schaltet er den Sonnenstrom zum Netz frei.

Spezielle Energiemanagementsysteme sind je nach Komplexität der Gebäudeversorgung für Einfamilienhäuser bis hin zu industriellen Anwendungen für Unternehmen erhältlich. Intelligente Systeme für Wohnhäuser bezeichnet man als Smart Home.

Sie beinhalten jedoch mehr als das Energiemanagement, zum Beispiel Sicherheitsfunktionen oder die Verbesserung des Wohnkomforts durch die Steuerung von Beleuchtung oder Hintergrundmusik – gesteuert über eine App vom Smartphone.

Der Begriff Gebäudeautomation gilt eher für betriebliche, kommunale und gewerbliche Anwendungen, beispielsweise in Bürogebäuden, Schulen oder anderen Anwendungen.

## ERTRAGSVERLUSTE

Eine ordnungsgemäß geplante und installierte Photovoltaikanlage oder solarthermische Anlage liefert in der Regel zuverlässig die prognostizierten Energieerträge. Dennoch sollte man der Technik und dem Installateur nicht blind vertrauen. Die Anlage braucht ein Monitoringsystem, um die Energieerträge laufend zu überwachen.

Denn sinkende Erträge, auch als Ertragsverluste bezeichnet, deuten auf Fehler und Defekte im Photovoltaik- oder solarthermischen System hin.

Das können Produktionsfehler sein, die sich erst nach einer Weile bemerkbar machen. Das kann alterungsbedingter Verschleiß sein, wobei diese Gefahr bei solarthermischen Kollektoren und deren Hydrauliksystem ungleich größer ist als bei der Photovoltaik, die keine bewegten Teile hat.

Schäden zeigen sich gleichfalls in Ertragsverlusten. Auch Verschattung, Tierverbiss oder Verunreinigungen verursachen Verluste, die man im Monitoringsystem gut und frühzeitig erkennen kann.

## ELEKTROMOBILITÄT

Darunter versteht man Fahrzeuge, die keinen Verbrennungsmotor als Antrieb verwenden, sondern Elektromotoren. Zwitter mit teilweise elektrischem und Verbrennungsantrieb bezeichnet man als Hybride.

Elektromobil können alle Fahrzeuge sein, vom Rollstuhl für ältere Menschen und Kranke über Rasenmäher, elektrisch unterstützte Fahrräder (Pedelects) bis hin zu Booten, Gabelstaplern, elektrischen Pkw oder Nutzfahrzeugen. Auch wurden bereits die ersten Flugzeuge entwickelt, die Elektromotoren für ihre Propeller nutzen.

Gespeist werden die Motoren aus chemischen Antriebsbatterien (Traktionsbatterien) oder Brennstoffzellen (Erdgas oder Wasserstoff als Brennstoff).

Eine Sonderkategorie sind Solarfahrzeuge, Solarboote oder Solarflugzeuge. Sie erzeugen ihren Antriebsstrom zumindest teilweise aus Solarzellen auf ihrer Außenhaut.

Die Elektromobilität ist ein wichtiger Pfeiler der Energiewende, weil sie den Verkehrssektor auf emissionsfreie Antriebe umstellt und damit wesentlich die Emissionen von Treibhausgasen senkt. Derzeit wird der Umstieg auf Elektromobilität in Deutschland staatlich gefördert. Es gibt Förderprogramme für E-Autos und für Ladetechnik.

## EINSPEISUNG

Unter Einspeisung versteht man die Lieferung von Sonnenstrom ins Stromnetz. Die Solarenergie wird meist in der Niederspannungsebene der Verteilnetze eingespeist.

Die Einspeisung erfolgt über einen Wechselrichter mit netzkonformem Wechselstrom (synchronisierte Netzfrequenz von 50 Hertz) und den Einspeisezähler.

Bei kritischen Netzlagen darf der Netzbetreiber die Wirkleistung der Photovoltaikanlage am Netz abregeln – gegen Entschädigung. Solche Vorfälle sind zu dokumentieren und zu begründen. Die Abregelung erfolgt über einen speziellen Signalempfänger am Wechselrichter.

Für jede Kilowattstunde, die der Anlagenbetreiber ins Stromnetz einspeist, bekommt er eine Einspeisevergütung. Sie gilt für 20 Jahre ab der Inbetriebnahme der Photovoltaikanlage, plus die Zeit bis zum Ablauf des ersten Kalenderjahres der Inbetriebnahme. Die Höhe der Einspeisevergütung wird von der Bundesnetzagentur bestimmt. Maßgeblich ist der Zeitpunkt der Inbetriebnahme.

Wird eine Photovoltaikanlage zum Eigenverbrauch technisch über den Stromspeicher und den Wechselrichter so eingestellt, dass sie keinen Strom ins Netz abgeben kann, spricht man von Nulleinspeisung.

## GESETZE UND VERORDNUNGEN

Für Photovoltaikanlagen gelten zahlreiche Gesetze und Verordnungen, die der Laie kaum überschauen kann. Wichtig für Anlagenbetreiber sind vor allem diese Gesetze:

**Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG):** Es ist das wichtigste Gesetz, die Erzeugung und Nutzung von Sonnenstrom betreffend. Es definiert den Rahmen der Eigenstromversorgung und das Verhältnis von Anlagenbetreiber und Netzbetreiber. Seit das EEG im Jahr 2000 erstmals in Kraft trat, wurde es mehrfach novelliert und überarbeitet, zuletzt für 2023.

**Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende:** Dieses Gesetz schreibt die Einführung digitaler Zähler für Photovoltaikanlagen ab sieben Kilowatt Nennleistung vor. Die Einführung wird vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) gestartet, wenn ausreichend zertifizierte Zähler mit dem vorgeschriebenen Sicherheitsprofil des BSI auf dem Markt sind.

**Mieterstromgesetz:** Es regelt die Besonderheiten für selbst erzeugten und selbst genutzten Solarstrom für Mehrparteienwohngebäude. Es trat 2017 in Kraft und wurde 2020 novelliert.

**Messstellenbetriebsgesetz:** Es regelt alle Pflichten, die sich aus dem Betrieb von Stromzählern und dem Eichrecht ergeben. Es regelt auch, wer Zähler einbauen und auslesen bzw. abrechnen darf.

Kommen Blockheizkraftwerke oder Brennstoffzellen zum Einsatz, gilt das KWKG-Gesetz. Es ist das Pendant zum EEG für die Photovoltaik.

Weitere geltende Rechte, die die Photovoltaik und Sonnenstrom betreffen, sind das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) und das Gesetz zur Einführung von Ausschreibungen für Strom aus erneuerbaren Energien.

Hinzu kommen Verordnungen der Bundesnetzagentur, beispielsweise die Stromnetzentgeltverordnung oder die Stromnetzzugangsverordnung.

Ein sehr guter Überblick und der aktuelle Stand der Gesetzgebung finden sich auf den Webseiten der Clearingstelle EEG:

► <https://www.clearingstelle-eeg-kwkg.de/gesetze>

Zudem gelten bestimmte Regelungen aus dem Steuerrecht (Gewerbesteuer, Einkommenssteuer, Umsatzsteuer) und aus dem Baurecht der Bundesländer.



Foto: Achim Meyer/Dt. Bundestag

**Das wichtigste Gesetz der Energiewende ist das EEG, das der Deutsche Bundestag im Jahr 2000 auf den Weg brachte.**

Hinzu kommen zahlreiche technische Normen und Vorschriften. Für die Einhaltung sind die Hersteller der Komponenten und die Fachinstallateure zuständig. Dass die Photovoltaikanlage jederzeit im betriebsbereiten Zustand ist, ist Sache des Anlagenbetreibers. Hier ein Überblick über die geltenden Normen:

- technische Produktnormen für die Photovoltaiksysteme und die Stromspeicher,
- Anschlussvorschriften der Netzbetreiber (sogenannte TAB),
- Normen der Elektrotechnik, vor allem Anwendungsregeln für Generatoren in der Niederspannung und der Mittelspannung,
- Normen zum Blitzschutz und Überspannungsschutz,
- technische Vorschriften zum Brandschutz,
- technische Vorschriften zur statischen Auslegung von Dächern und Überkopfverglasungen.

Die Summe der geltenden technischen Vorschriften bezeichnet man als „Stand der Technik“. Darauf beziehen sich die Solarversicherer in ihrem Kleingedruckten, beispielsweise bei einer Allgefahrenversicherung für Photovoltaikanlagen oder einer Elektronikversicherung für Stromspeicher. Dass eine Anlage gemäß dem Stand der Technik installiert wurde, garantiert der ausführende Fachhandwerker.

## GESTEHUNGSKOSTEN

Unter Gestehungskosten (auch: Levelized Cost of Energy, LCOE) versteht man alle Kosten, die bei der Erzeugung von elektrischem Strom entstehen. Um die verschiedenen Generortechniken zu vergleichen, bezieht man die Gestehungskosten in der Regel auf eine Kilowattstunde (Ct/kWh) oder Megawattstunde (Euro/MWh).

Die Stromgestehungskosten ergeben sich aus den Kapitalkosten (auch zur Finanzierung von Fremdkapital), der Verzinsung des Kapitals, den Betriebskosten (inklusive Abschreibung der Errichtung, Wartung, Anlagenbetrieb, Reserven für Notfälle usw.) und den Kosten für Brennstoffe, gerechnet über den Betriebszeitraum des Generators.

Es ist leicht ersichtlich, dass Photovoltaiksysteme und Windkraft (an Land, nicht im Meer) die geringsten Gestehungskosten aufweisen. Denn sie brauchen keine Brennstoffe und lassen sich mit vergleichsweise geringem Kapitalaufwand errichten.

Man kann einen Solarpark in mehreren Abschnitten in Betrieb nehmen, um die Finanzierungskosten zu minimieren.

Auch hat die Photovoltaik im Unterschied zu allen anderen Systemen keine bewegten Teile oder Prozesse mit hohen Temperaturen. Dadurch ist der Aufwand für Wartung und Reparaturen sehr gering, bezogen auf die Betriebsdauer.

Mittlerweile hat Sonnenstrom aus neuen, großen Freilandanlagen in Deutschland geringere Gestehungskosten als der Strom aus abgeschriebenen Kohlekraftwerken. Dabei steht die Solartechnik noch ganz am Anfang ihrer technologischen Entwicklung, während die Technik der fossilen und nuklearen Kraftwerke faktisch ausgereizt ist.

Das sind die Gründe, warum die weltweit meisten neuen Kraftwerke im Jahr mittlerweile mit Photovoltaik errichtet werden (2020: ca. 127 Gigawatt). Photovoltaische Systeme sind bereits heute die wichtigste Generortechnik im Neubau von Kraftwerken.

**GRÜNDACH**

Gründächer sind in der Regel Flachdächer, die über der Eindeckung mit einem Bewuchs aus Moosen, Flechten und niedrigen Pflanzen ausgestattet sind. Sie sollen das Mikroklima in städtischen Ballungsräumen verbessern.

Gründächer lassen sich meist gut für Photovoltaikanlagen nutzen. Dazu sind besondere Anforderungen zu beachten, um die Solarmodule stabil auf dem Dach zu verankern. Dieser Aufwand wird durch den preiswerten Sonnenstrom wettgemacht, der letztlich die Stromkosten des Gebäudes senken kann.

Die Schüttung des Gründachs mit Kies eignet sich beispielsweise gut, um die Aufständerung der Solarmodule zu ballastieren. Dadurch werden sie gegen die Windlasten abgesichert. Auch haben Pflanzen einen kühlenden Effekt, was sich positiv auf den Ertrag einer Photovoltaikanlage auswirkt, der bei kristallinen Solarzellen mit zunehmender Temperatur abnimmt. Allerdings ist dieser Effekt meist nur gering. Viel wichtiger ist die kühlende Hinterlüftung der Solarmodule durch den Wind.

Manche Flachdächer haben lediglich eine Dachbegrünung in Form von Topfpflanzen oder Ähnlichem. Sie werden nicht als Gründach bezeichnet. Gründächer erfordern einen speziellen Dachaufbau, um Erde und Kies flächig und regensicher aufzunehmen und um die Feuchtigkeit in diesen Schichten zu halten. Meist sind sie mit einer Dachwanne unterlegt.

Viele Gebäudeeigentümer und Bauherren kennen das Potenzial der doppelten Nutzung als Gründach und Solardach nicht. Beides schließt sich nicht aus, im Gegenteil. In vielen Metropolen werden Gründächer sogar vorgeschrieben. Dann liegt die gemeinsame Nutzung als Dachanlage für Sonnenstrom förmlich auf der Hand.



Foto: Jörg Schwarzhuber

**Installation von Solarmodulen auf dem Gründach einer Garage. Technisch ist das kein Problem.**



Foto: Zinco

**Diese Solaranlage auf einem Gründach dient gewerblichen Zwecken. Durch die recht hohe Aufständerung ist die Anlage gut zu ballastieren, damit sie dem Winddruck standhält.**

**HYBRIDMODUL**

Unter einem Hybridmodul versteht man die Verbindung eines photovoltaischen Solarmoduls mit einem Wärmetauscher, der solare Wärmeenergie sammelt und nutzbar macht. Man spricht auch von solarer Kraft-Wärme-Kopplung.

Das Photovoltaikmodul befindet sich oben, ist der Sonne zugewandt. Da es sich aufgrund der Sonneneinstrahlung und der inneren Umwandlung des Lichts in elektrischen Strom aufheizt, liegt es nahe, die Wärme abzuführen und beispielsweise für Warmwasser zu nutzen. Dadurch wird das Photovoltaikmodul gekühlt, was seine Energieerträge erhöht.

Hybridmodule haben also zweierlei Anschlüsse: Der Sonnenstrom wird über die üblichen DC-Kabel und DC-Stecker abgeführt.

Mehrere Hybridmodule werden in Reihe zu einem Modulstrang verschaltet.

Der Wärmetauscher wird über hydraulische Leitungen (Vorlauf und Rücklauf) angeschlossen. Als Wärmeträgermedium werden Sole, Wasser oder Luft genutzt. Aufgrund des elektrischen und hydraulischen Anschlusses ist die Montage der Hybridmodule aufwendiger, als wenn man nur Photovoltaikmodule oder nur solarthermische Kollektoren installiert.

Der Vorteil: Mit einem Bauteil auf dem Dach erzeugt man Sonnenstrom und Sonnenwärme zugleich. Zu beachten ist, dass das Dach ausreichend Traglast für die recht schweren Hybridsysteme aufweist.

**INBETRIEBNAHME**

Unter der Inbetriebnahme einer Photovoltaikanlage versteht man den ersten Stromfluss zwischen dem Wechselrichter der Anlage und dem Hauszähler zum Stromnetz. Der elektrische Anschluss der Verkabelung ohne Stromfluss ist noch keine Inbetriebnahme im technischen oder juristischen Sinne. Wichtig jedoch: Die Solarmodule und der Wechselrichter müssen für den dauerhaften Betrieb fest montiert sein, am vorgesehenen Ort.

Der Zeitpunkt der Inbetriebnahme definiert den Start der Einspeisevergütung, die der Anlagenbetreiber vom Übertragungsnetzbetreiber einfordern kann. Die Inbetriebnahme ist vom Installateur der Anlage fachgerecht durchführen und zu dokumentieren.

Der Zeitpunkt der Inbetriebnahme ist einer der zentralen Begriffe im EEG, weil der Anlagenbetreiber damit in den Geltungsbereich

des Erneuerbare-Energien-Gesetzes eintritt, mit allen daraus folgenden Rechten und Pflichten. Auch weitere Gesetze und technische Normen – etwa für die Netzregelung – werden dann wirksam.

Ist die Photovoltaikanlage als sogenannte Inselanlage nicht an das Verteilnetz angeschlossen, bleibt sie in wesentlichen Zügen vom EEG und den Netznormen unberührt.

## INSTALLATEUR

Photovoltaikanlagen, Stromspeicher, BHKW und Brennstoffzellen dürfen nur ausgebildete Elektrofachkräfte installieren, ans Stromnetz anschließen und in Betrieb setzen. Die Installation erfolgt in Übereinstimmung mit der Anlagenplanung, den gesetzlichen Vorschriften und technischen Normen.

Auch Dachdecker (Installation der Solartechnik auf dem Dach) und Heizungsbauer (solarthermische Kollektoren) dürfen bestimmte Systeme installieren.

Auch die Wartung, Instandhaltung, Instandsetzung sowie Reparaturen oder der Austausch von Komponenten obliegen dem Fachmann. Des-

halb ist es ratsam, mit der Installation einen langfristigen Wartungsvertrag abzuschließen und das Anlagenmonitoring zu beauftragen.

Zudem ist der Betrieb von dezentralen Generatoren mit Prüfpflichten verbunden, für die der Anlagenbetreiber zuständig ist. Dazu sollte er unbedingt einen Fachmann beauftragen.

Die Planung, Installation, Inbetriebnahme, regelmäßige Durchsicht, Reparaturen und dergleichen sind zu dokumentieren und mit den technischen Unterlagen der Anlage aufzubewahren. Bewährt hat sich der Anlagenpass des Bundesverbands der Solarwirtschaft. Für Speicherbatterien gilt das Gleiche (sogenannter Speicherpass).

## INSELANLAGE

Eine Inselanlage oder Insellösung speist keinen Sonnenstrom ins Stromnetz ein. Es gibt Inselanlagen, die nur kurzzeitig oder zeitweise im Inselbetrieb laufen, etwa Notstrom oder USV. Oder es gibt netzferne Inselssysteme, die fernab von Stromnetzen oder ohne physische Verbindung zu einer Netzversorgung laufen. Netzgekoppelte Anlagen bezeichnet man als On-Grid-Systeme, Inselösungen als Off-Grid-Systeme.

Inselösungen benötigen stets Stromspeicher, um Stromerzeugung und Stromverbrauch zu entkoppeln und Differenzen auszugleichen.

In Deutschland dominieren die netzgekoppelten Systeme, weil es bislang keine wirtschaftliche Lösung für die dezentrale Eigenstromerzeugung im Winter gibt. Mit motorgetriebenen Blockheizkraftwerken (BHKW mit Holzpellets, Heizöl, Erdgas, Flüssiggas oder Wasserstoff als Brennstoff) oder Brennstoffzellen (mit Erdgas, Wasserstoff oder Flüssiggas) sind Alternativen zum Stromnetz bereits in Sicht. Vor allem die stationären Brennstoffzellen stehen an der Schwelle zum Massenmarkt in der Gebäudeversorgung.

## KFW-BANKENGRUPPE (KREDITANSTALT FÜR WIEDERAUFBAU)

Die KfW-Bankengruppe hat ihren Sitz in Bonn. Im Auftrag des Bundes verwaltet sie zahlreiche Förderprogramme für die Energiewende, beispielsweise für E-Autos.

Die KfW ist zudem sehr engagiert in der Förderung energieeffizienter Wohngebäude. Die Förderprogramme richten sich an Privatpersonen, Unternehmen oder Kommunen.

Die Förderung erfolgt meist über Zuschüsse zu den Investitionen oder Tilgungshilfen für Darlehen, die Bauherren bei ihrer Hausbank in Anspruch nehmen. Die KfW gibt in der Regel keine eigenen Darlehen oder Kredite aus.

Es lohnt sich bei Vorhaben zum Neubau oder zur Sanierung beziehungsweise Modernisierung von Gebäuden, rechtzeitig die Fördertöpfe der KfW zu sondieren und sich genau über die Möglichkeiten zu informieren – und zwar vor Beginn der geplanten Maßnahmen.

► <https://www.kfw.de/>

## KLIMAWANDEL

Unter diesem Begriff versteht man die von der menschlichen Zivilisation verursachte Erwärmung der Erdatmosphäre mit ihren Auswirkungen auf das Klima, die Biosphäre und den Menschen selbst.

Der Klimawandel ist eine Folge der fortgesetzten Emission von schädlichen Treibhausgasen wie Kohlendioxid, Methan und Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW). Methan entsteht vorzugsweise durch die Ausdünstungen der Viehhaltung in der Landwirtschaft. Kohlendioxid entsteht durch alle technischen Systeme, in denen Kohle, Erdgas, Öl, Holz oder Müll verbrannt wird. Das sind vor allem Kraftwerke zur Stromerzeugung, Heizwerke zur Erzeugung von Wärme, kleinere Feuerungen und der Verkehrssektor (Verbrennungsmotoren). FCKW wurde jahrzehntelang als Kühlmittel verwendet. Mittlerweile ist es in Europa verboten.

Man spricht von Treibhausgasen, weil Methan, FCKW und Kohlendioxid die Wärmekapazität der Erdatmosphäre erhöhen. Sie nimmt mehr Sonnenwärme auf, was sich in steigenden Temperaturen niederschlägt.

Den Klimawandel beschleunigen auch solche Gase, die nicht direkt als Treibhausgase wirken. Dazu gehören Gase, die die schützende Ozonschicht zerstören, etwa Stickoxide aus Kraftwerken und Verbrennungsmotoren. Die Ozonschicht hat die Aufgabe, ultraviolette Strahlen von der Erde fernzuhalten. Wird sie zerrissen (sogenanntes Ozonloch), trifft die energiereiche UV-Strahlung ungeschützt auf die Atmosphäre und die Erdoberfläche und heizt diese zusätzlich auf.

Zu den klimaschädlichen Emissionen zählt man weiterhin Kohlenmonoxid und Schwefeloxide, die mit den Niederschlägen als saurer Regen auf die Erdoberfläche zurückkehren.

**MIETERSTROM**

Dieser Begriff bezeichnet Photovoltaikanlagen, die auf vermieteten Wohngebäuden errichtet werden und deren Sonnenstrom an die Mieter im Gebäude abgegeben (verkauft) wird. Für Mieterstrom gelten alle Gesetze und Vorschriften wie für Photovoltaikanlagen allgemein und zusätzlich das Mieterstromgesetz, das 2017 vom Deutschen Bundestag verabschiedet wurde.

Der Solarstrom wird im Wohngebäude an die Mieter abgegeben, ohne das Stromnetz in Anspruch zu nehmen. Nur solare Überschüsse werden ins Stromnetz eingespeist und vergütet. Mieterstromprojekte werden auch mit Speicherbatterien gebaut und in Verbindung mit Ladetechnik für E-Autos. In der Regel ist der Vermieter beziehungsweise der Eigentümer des Gebäudes der Betreiber der Photovoltaikanlage.

Beim Mieterstrom entfallen Netzentgelte, netzseitige Umlagen, Stromsteuer und Konzessionsabgaben. Zudem gibt es eine kleine Förderung je Kilowattstunde Mieterstrom, den sogenannten Mieterstromzuschlag.

Allerdings hat der Gesetzgeber für die Zählerkonzepte und die Abrechnung des Sonnenstroms mit den einzelnen Mietparteien hohe Anforderungen formuliert. Denn generell sind Mieter bei der Wahl ihres Stromversorgers gemäß EU-Verbraucherschutz frei. Auch hat der Gesetzgeber Vorgaben gemacht, wie hoch der Preis pro Kilowattstunde Sonnenstrom im Vergleich zu Netzstrom vom lokalen Versorger sein darf.

Die Erfahrungen aus den ersten Jahren seit der Einführung des Mieterstromgesetzes haben gezeigt, dass der rechtliche Rahmen sehr bürokratisch ist und die Installation von dezentralen Photovoltaikanlagen auf Mehrgeschosswohngebäuden eher behindert. Es bleibt zu hoffen und Gegenstand der politischen Diskussion, dass die Vorschriften einfacher werden. Denn Sonnenstrom für Mieter birgt die Chance, die Stromkosten von Millionen Privathaushalten in Deutschland deutlich zu entlasten.

Wird auf einem Mietshaus eine Photovoltaikanlage installiert und der Sonnenstrom für den Hausstrom und die Heizung des Gebäudes genutzt (ohne Verkauf an die Mieter), handelt es sich um Eigenverbrauch. Im Unterschied zum Mieterstrom kann der Vermieter oder Eigentümer des Gebäudes auf diese Weise recht einfach die Stromkosten des Gebäudes senken.

Foto: LG Electronics



**In diesem kommunalen Ensemble wurden die Dächer konsequent für solaren Mieterstrom genutzt.**

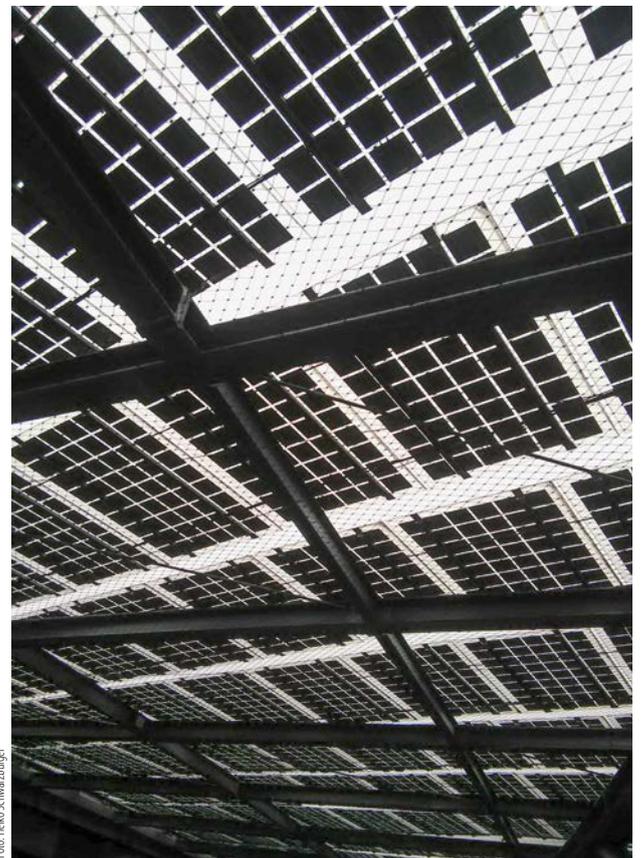
**MONOKRISTALLINES PHOTOVOLTAIKMODUL**

Solarmodule aus kristallinen Siliziumzellen sind besonders leistungsfähig, wenn das Silizium für die Wafer (Zellen) sehr rein ist. Das bedeutet, dass der Halbleiter in einer möglichst ungestörten, einheitlichen Kristallstruktur vorliegt. Man spricht von monokristallinem Silizium.

Monokristallines Silizium gewinnt man, indem man langsam einen Einkristall (Ingot) aus der Siliziumschmelze zieht. Dieser Prozess erfordert Temperaturen von rund 1.500 Grad Celsius und dauert eine gewisse Zeit. Die Reinheit des Halbleiters schlägt sich jedoch in höheren Wirkungsgraden der Solarzellen nieder. Sie setzen mehr Sonnenlicht in elektrischen Strom um. Einzelne monokristalline Solarzellen schaffen Wirkungsgrade von mehr als 23 Prozent. Solarmodule aus 60 solcher Zellen (oder 120 Halbzellen) erzielen Wirkungsgrade von 21 Prozent und mehr.

Bei Wohngebäuden verwendet man in der Regel monokristalline Solarmodule, die eine möglichst hohe Solarleistung von der begrenzten Dachfläche bieten. Monokristalline Solarzellen haben eine einheitliche tiefblaue oder schwarze Färbung.

Foto: Heiko Schwarzbünger



**Monokristalline Module, die das Tageslicht teilweise passieren lassen. Der Zellenabstand definiert die Transparenz.**

**MARKTPRÄMIE**

Das EEG 2012 hat diesen Begriff eingeführt, er gilt seit Anfang 2012. Die Marktprämie wird an die Betreiber von Photovoltaikanlagen ausgezahlt, die keine Einspeisevergütung erhalten. Sie übernehmen den Verkauf des ins Stromnetz eingespeisten Sonnenstroms an Dritte selbst oder beauftragen damit sogenannte Direktvermarkter.

Der Direktvermarkter bietet den Sonnenstrom an der Strombörse zu den aktuell gültigen Preisen an. Die Marktprämie gleicht den Unterschied zwischen den in der Regel niedrigen Preisen an der Börse und der meist höheren Einspeisevergütung aus. Ab einer bestimmten Peakleistung ist die Direktvermarktung für größere Photovoltaikanlagen vorgeschrieben.

## MONITORINGSYSTEM

Monitoringsysteme sind Software, mit deren Hilfe der Energiemanager, der Solarwechselrichter oder das Batteriespeichersystem wichtige Betriebsdaten der Photovoltaikanlage per Internet an eine Betriebsüberwachung meldet.

Für private Photovoltaikanlagen ist diese Fernüberwachung in der Regel kostenfrei. Der Betreiber der Anlage bekommt einen Zugang zum Monitoringportal des Anbieters, dort kann er jederzeit online die Betriebsdaten seiner Anlage einsehen. Bei kleineren Anlagen ist das Monitoring bereits in der Systemtechnik (Wechselrichter, Batteriespeicher) enthalten, muss also nicht gesondert installiert werden.

Zu beachten ist, dass eine Photovoltaikanlage mit Stromspeicher möglichst nur in einem Monitoringportal verwaltet wird. Sonst kann es passieren, dass die Solaranlage mit dem Wechselrichter und der Batterie-

speicher zwei separate Überwachungssysteme brauchen. Das wird leicht sehr unübersichtlich.

Für Photovoltaikanlagen sind solche Monitoringsysteme sehr sinnvoll, im Idealfall im Rahmen eines Wartungspakets überwacht und ausgewertet durch den Installationsbetrieb. Denn Abweichungen in den Solarerträgen weisen frühzeitig auf technische Defekte oder Verschleiß in der Photovoltaikanlage hin. Das senkt die Kosten für Instandhaltung oder Reparaturen. Und es senkt die Risiken für Anlagenschäden, beispielsweise Ertragsverluste oder gar Brände.

Der Wartungsvertrag umfasst alle Prüfungen und Durchsichten. Zudem behält der Fachmann die Betriebsdaten der Anlage im Blick, um Unstimmigkeiten rechtzeitig zu erkennen. Ein Wartungsvertrag wird je nach Umfang der Aufgaben aufgesetzt und eingepreist. Viele Installateure bieten das Monitoring der Anlage kostenfrei an, wenn es einen Wartungsvertrag gibt.

## MASSEPEICHER

Massespeicher sind Stromspeicher, die elektrische Energie in mechanischen Massen speichern, beispielsweise in Schwungrädern. Mittlerweile existieren neue, teils experimentelle Konzepte, beispielsweise stapelbare Betonzylinder oder hohle Betonkugeln, die durch Befüllung und Entleerung von Wasser Energie aufnehmen und wieder abgeben.

Solche Massespeicher brauchen – wie der Name sagt – große Massen, um viel Energie zu speichern. Je größer die bewegte Masse (Beton, Wasser, rotierende Massen), desto mehr Energie wird gespeichert. Ökonomisch sind solche Speicher nur für das Großgewerbe oder die Industrie verfügbar.

Große Kraftwerksturbinen speichern elektrische Energie in ihrer rotierenden Bewegung. Dadurch wirken sie bei Schwankungen der Netzfrequenz stabilisierend, weil ihre Schwungmassen mit der eigenen Massenträgheit ausgleichend wirken.

Diese Stabilisierung müssen bei Energieerzeugern ohne rotierende Generatoren – wie Photovoltaikanlagen – beispielsweise die Wechselrichter übernehmen. Solarwechselrichter erfüllen deshalb auch netzstützende Aufgaben, um die Sicherheit vor Netzausfall zu erhöhen.

## NENNLEISTUNG

Unter Nennleistung versteht man die Fähigkeit eines technischen Systems, Arbeit zu verrichten oder Energie zu erzeugen. Denn Arbeit und Energie sind gleichwertig. Im Falle der Solartechnik benutzt man den Begriff zweifach:

In der Photovoltaik entspricht die Nennleistung der Peakleistung, wenn Solarmodule mit kristallinen Siliziumzellen (Waferzellen) zum Einsatz kommen. Bei den sogenannten Dünnschichtmodulen wird als Nennleistung nicht die Peakleistung aus der Fertigung der Solarmodule angegeben, sondern ein bereinigter Wert.

Denn bei ihnen fällt die Leistung innerhalb der ersten 1.000 Betriebsstunden etwas ab, aufgrund der Sättigung der hauchdünnen Halbleiterschichten durch das Sonnenlicht. Maßgeblich für die Preise und die elektrische Charakterisierung der Solarmodule ist stets ihre Nennleistung.

## NACHFÜHRSYSTEME (MODULTRACKER)

Die Sonne wandert im Verlaufe eines Jahres nicht in gleichmäßigen Bahnen über den Himmel, da die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne durchs Weltall „taumelt“. Im Winter ist die Sonnenbahn flacher und weit nach Süden verlagert. Im Sommer steht die Sonne steiler am Himmel, geht mehr gen Osten auf und gen Westen unter. Zudem wandert die Sonne im Verlauf eines Tages über den Himmel. Damit überlagern sich zwei Bewegungen: die tägliche Wanderung und jahreszeitliche Veränderungen.

Solarmodule aus kristallinen Solarzellen brauchen möglichst senkrechte Sonneneinstrahlung, um ihren Wirkungsgrad maximal nutzen zu können. Sind sie fest installiert, trifft die Sonne allerdings nur in bestimmten Zeiten des Tages wirklich optimal auf die Module. Soll der Energieertrag der Photovoltaikmodule voll ausgereizt werden, müssen diese also dem Sonnenlauf möglichst exakt nachgeführt werden. Sonnenblumen machen es vor: Auf diese Weise lässt sich der Solarertrag gegenüber fest installierten Solarmodulen um 15 bis 35 Prozent erhöhen.

Die Nachführung erfolgt in einer oder zwei Achsen: horizontal (von Ost nach West) und vertikal (Höhe der Sonne am Himmel). Manche Systeme kombinieren beide Verfahren. Um die Modultische zu steuern, kann man die astronomischen Daten des Sonnenlaufs nutzen. Oder man richtet die Module mit geeigneten Sensoren nach dem hellsten Punkt am Himmel aus (MLD: Maximum Light Detection).

Aber: Die Nachführung (einachsige oder zweiachsige Modultracker) erfordert einen erheblichen technischen Aufwand. Die Kosten dafür sind bei Wohngebäuden oder Dachanlagen generell meist nicht gerechtfertigt, zumal der Betrieb solcher motorgesteuerten Systeme mit erheblichem Wartungsaufwand verbunden sein kann. Diese Technik spielt also eher bei großen Solarkraftwerken eine Rolle.



Solarmodule in Spanien mit einachsiger nachgeführtem Untergestell.

**NETZBETREIBER**

Der Netzbetreiber ist der Partner des Anlagenbetreibers auf der Seite des Stromnetzes. Er legt den Netzanschlusspunkt der Photovoltaikanlage fest, in der Regel der Hausanschluss in der Niederspannung. Auch rechnet er die eingespeiste Solarstrommenge ab, für die Einspeisevergütung. Sie wird vom Übertragungsnetzbetreiber verwaltet und durch die EEG-Umlage auf alle stromverbrauchenden Haushalte in Deutschland refinanziert.

Die Ebenen der Niederspannung und der Mittelspannung (bis 20 Kilovolt) werden den regionalen Verteilnetzen zugeordnet. Sie bringen den elektrischen Strom zu privaten, kommunalen, öffentlichen und gewerblichen Verbrauchern. Deshalb werden ihre Betreiber auch als Verteilnetzbetreiber bezeichnet.

Übertragungsnetzbetreiber sind die Betreiber der Hochspannungs- und Höchstspannungsnetze in Deutschland (100 Kilovolt bis 380 Kilovolt). Sie sind im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) damit beauftragt, die EEG-Umlage zu kassieren und die Einspeisevergütung aus-zuzahlen.

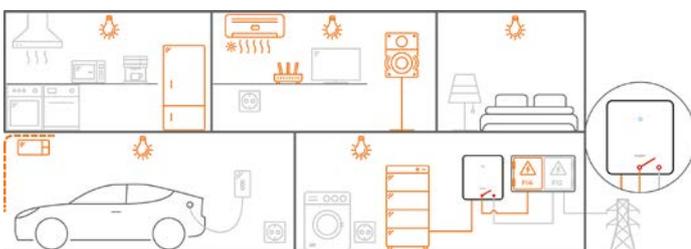
**NOTSTROM/UNTERBRECHUNGS-FREIE STROMVERSORGUNG (USV)**

Unter Notstrom versteht man die Stromversorgung eines Gebäudes, obwohl das Stromnetz ausgefallen ist. Dazu benötigt das Gebäude eine Photovoltaikanlage, einen inselfähigen Solarwechselrichter und eine Speicherbatterie. Gekennzeichnet ist Notstrom durch den Umfang der Stromerzeugung, die aufrechterhalten wird.

Notstrom ist in der Regel einphasig und dient nur zur Aufrechterhaltung lebenswichtiger Versorgungssysteme (Kliniken, PC-Netze, Rechenzentren) oder einer 220-Volt-Leitung im Einfamilienhaus, etwa für die Heizung im Winter. Denn die meisten Heizsysteme verfügen über eine elektrische Steuerung, die bei Netzausfall abschaltet.

Wichtig ist die Umschaltzeit, die der Wechselrichter braucht, um vom Netz auf die Eigenversorgung umzuschalten. Manche Solarwechselrichter haben dafür einen manuellen Schalter, den der Betreiber betätigen muss.

Unterbrechungsfreie Stromversorgung bedeutet, dass das Solarsystem mit seiner (größeren) Speicherbatterie unmerklich auf Inselbetrieb umschaltet. Dafür braucht man sehr schnell schaltende Inselwechselrichter und relativ große Energiereserven (Batterien), da die USV die komplette Stromversorgung eines Gebäudes auf allen drei Phasen weiterführt, als wäre das Stromnetz nicht ausgefallen. USV wird meist in Unternehmen oder Institutionen installiert, die auch bei Netzausfall betriebsfähig sein müssen, etwa Kliniken, Feuerwehren oder Firmen mit großen Kühltürmen.



Prinzip des Notstroms durch eine Umschaltung im Wechselrichter.

**NETZANSCHLUSS**

Photovoltaikanlagen werden meist an das Stromnetz angeschlossen, um Überschüsse aus der Solaranlage ins Netz einzuspeisen. Die Wechselrichter synchronisieren den solaren Strom mit der Netzfrequenz.

Der Anschluss erfolgt bei Wohngebäuden in der Regel am Hauszähler, also im Keller oder im Haustechnikraum. Er braucht Sicherungen gegen Überspannungen sowie den NA-Schutz, der seit 2012 für alle dezentralen Stromerzeuger vorgeschrieben ist, auch für Brennstoffzellen oder BHKW (VDE-AR-N 4105, zuletzt überarbeitet im Herbst 2018).

Der NA-Schutz stabilisiert das Netz, indem er bei unzulässigen Schwankungen von Netzspannung oder Netzfrequenz den dezentralen Generator abschaltet. Auch Speicherbatterien am Netz müssen in den NA-Schutz eingebunden werden.

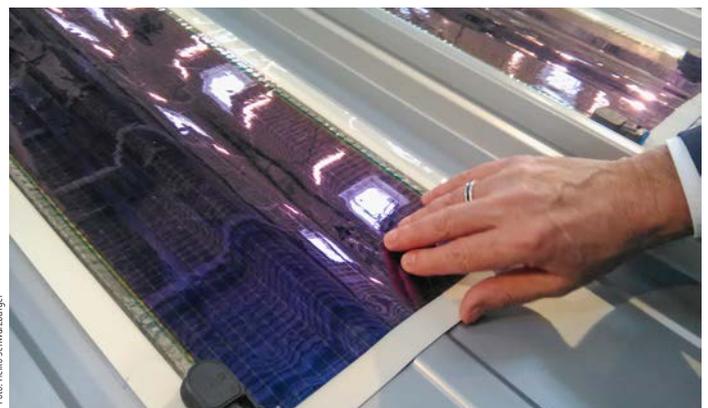
Bei Systemen unter 30 Kilowatt ist der NA-Schutz bzw. die Netzstabilisierung gemäß VDE-AR-N 4105 in die Wechselrichter integriert. Nur bei größeren Solargeneratoren kann es sein, dass der Netzbetreiber den Netzanschlusspunkt beispielsweise einem Transformator zuweist. Dann sind zusätzliche Kabelstrecken erforderlich. Der Netzanschluss erfolgt stets über einen Einspeisezähler für den Sonnenstrom.

Der Netzanschluss dezentraler Generatoren ist dem Fachinstallateur aus dem Elektrohandwerk vorbehalten. Das gilt auch für Speicherbatterien oder Ladetechnik für E-Autos. Schließen Laien eine Photovoltaikanlage an, machen sie sich strafbar und haften für alle Folgekosten.

Versicherungen setzen die fachgerechte Installation und Inbetriebnahme durch einen Fachhandwerker voraus, um bei Schäden in die Haftung einzutreten. Auch die Gewährleistungen und Garantien der Hersteller von Photovoltaikkomponenten werden nur bei fachlich korrekter Installation und Inbetriebnahme wirksam.

**ORGANISCHE PHOTOVOLTAIK (OPV)**

Darunter versteht man solaraktive Folien oder andere Komponenten, bei denen der Halbleiter aus Kunststoff besteht. Das können Polymere oder sogenannte Fullerene sein. Die organische Photovoltaik erlaubt eine große Freiheit in der Gestaltung von Flächen, Farben und Strukturen, ohne dass man die Solarzellen erkennt. In der jüngsten Forschung erzielt die OPV Wirkungsgrade ähnlich wie die kristallinen Solarmodule.



Organische Solarfolien auf Aluminiumträgern. Links ist der Kontakt für den String zu erkennen.

## PEAKLEISTUNG

Peakleistung oder auch Spitzenleistung (englisch peak = Spitze) bezeichnet die elektrische Höchstleistung (siehe auch Nennleistung) einer Solaranlage bei optimaler Einstrahlung der Sonne. Dieser Wert wird in der Regel in „Kilowatt peak“ (Kilowatt) angegeben und macht die elektrische Leistung von Modulen und Anlagen vergleichbar. Je höher die Peakleistung einer Anlage, desto höher ist ihr Energieertrag übers Jahr.

Der Energieertrag in „Kilowattstunden“ (Kilowatt) entsteht aus der Leistung der Anlage (je nach Intensität der Sonne) und der Zeitdauer der Sonneneinstrahlung. Überschlägig kann man den Energieertrag mit Peakleistung mal 900 Kilowattstunden je Kilowatt abschätzen. Zur genauen Berechnung des jährlichen Energieertrags der Anlage reicht diese grobe Schätzung allerdings nicht aus.

Zum Vergleich unterschiedlicher Modularten kann auch der Wert Kilowatt pro Quadratmeter ( $\text{kWp}/\text{m}^2$ ) genutzt werden. So lässt sich schnell die mögliche Gesamtleistung einer Dachfläche oder Fassade zumindest grob überschlagen und vergleichen.

Um die Kosten zu vergleichen, nutzt man den Wert Euro pro Kilowatt. Dann spricht man von spezifischen Systemkosten. Eine kleine Anlage (bis zehn Kilowatt) für private Einfamilienhäuser ist derzeit für 1.100 bis 1.400 Euro pro Kilowatt Solarleistung erhältlich (inklusive Planung und Montage, ohne Stromspeicher). Sehr große Solarparks auf freien Flächen kosten deutlich weniger.

Wichtig ist, dass die Peakleistung von Solarmodulen mit bestimmten Tests nach festgelegten Standards im Labor ermittelt wird. Im realen Betrieb auf dem Dach weicht die aktuelle (momentane) Leistung in der Regel nach unten ab, weil die Sonne meist nicht optimal scheint oder andere Faktoren die Leistung verringern. Dazu gehören die nicht optimale Ausrichtung der Module zur Sonne, (Teil-)Verschattung durch Bäume oder Wolken, Verschmutzungen der Anlage oder sehr hohe Temperaturen, bei denen sich die Module stark aufheizen, etwa im Sommer.

## PHOTOVOLTAIKANLAGE

Eine Photovoltaikanlage bezeichnet einen Generator, der mithilfe des Sonnenlichts einen elektrischen Strom erzeugt. Dazu nutzt sie den sogenannten photoelektrischen Effekt aus: Sonnenlicht erzeugt in Metallen und bestimmten Halbleitern eine elektrische Spannung, die sich zumindest teilweise in Form von elektrischem Strom nutzen lässt. Im Begriff „Photovoltaik“ stecken „photo“ für Licht und „volta“ für Volt, die physikalische Einheit der elektrischen Spannung.

Jede Photovoltaikanlage besteht im Wesentlichen aus vier Komponenten: Das sind die Halbleiterzellen beispielsweise aus Silizium-Wafern, die das Sonnenlicht einfangen und in Strom wandeln. Viele Zellen werden zu einem Solarmodul vereint, um die Spannung zu erhöhen. Mehrere Solarmodule ergeben eine Anlage mit ihrer Peakleistung. Da die Photovoltaik nur Gleichstrom erzeugt, braucht die Anlage mindestens einen Wechselrichter, der daraus Wechselstrom mit 50 Hertz Netzfrequenz macht.

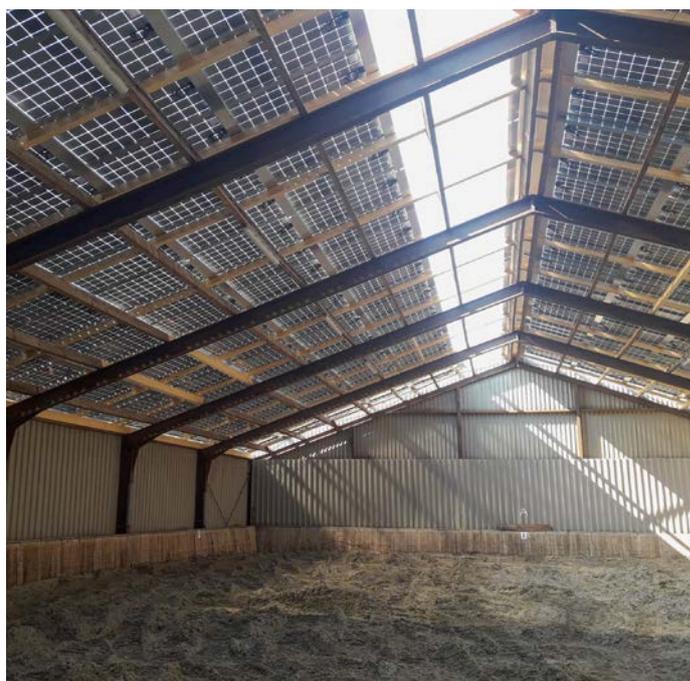
In manchen Photovoltaikmodulen werden die Halbleiter großflächig auf Glasflächen abgeschieden und erst hinterher in Hunderte Einzelzellen zerlegt, die man zu einem Modul verschalten kann. Dann spricht man von Dünnschichtphotovoltaik, weil es sich um dünne Schichten aus Cadmiumtellurid oder Kupfer-Indium-Kompositen (CIS/CIQS) handelt. Ganz neu sind organische Solarmodule, die aus solaraktivem Kunststoff bestehen.

Neben den Solarmodulen braucht die Anlage einen oder mehrere Wechselrichter. Zudem muss sie auf das Dach montiert werden, benötigt also ein metallisches Untergestell, um die Module windfest und standsicher zu halten.

Eine Photovoltaikanlage wird beschrieben durch ihre DC-Leistung (ergibt sich aus der Anzahl der Solarmodule) und aus ihrer AC-Anschlussleistung ans Stromnetz beziehungsweise das Elektronetz des Gebäudes. Sie kann aus mehreren Teilgeneratoren bestehen.



Addiert man Peakleistung (Nennleistung) der Solarmodule auf dem Dach, erhält man die Leistung der gesamten Anlage.



Photovoltaikanlage mit semitransparenten kristallinen Solarmodulen auf einer Reithalle in den Niederlanden.

**POWER-TO-X (POWER2X)**

Mit dieser Wortkombination bezeichnet man verschiedene Prozesse der Sektorkopplung. Dabei geht es um die Nutzung von sauberem und preiswerterem Strom aus Sonnenkraft und Windrädern in verschiedenen Anwendungen:

**Power-to-Gas:** Sauberer Sonnenstrom oder Windstrom wird bei Überschüssen im Stromnetz zur Elektrolyse von Wasserstoff genutzt, um ihn zu speichern. Wenn das Stromnetz aufgrund von Unterdeckung Strom anfordert, wird der Wasserstoff in Brennstoffzellen oder Gasmotoren mit Generatoren (BHKW) auf der Welle erneut verstromt. Den Wasserstoff kann man aber auch dem Erdgas beimischen, um ihn für die Wärmeerzeugung zu nutzen. Wasserstoff verbrennt emissionsfrei.

**Power-to-Heat:** Hier wird sauberer Strom aus der Solaranlage oder aus dem Stromnetz über Heizstäbe (Tauchsieder) in Wärme umgewandelt, etwa für die sommerliche Fernwärmeversorgung

von Kliniken und städtischen Arealen oder für die Warmwasserbereitung. Das ist preiswerter, als große Heizkessel zu starten, die vielleicht nur kurzzeitig brennen und deshalb in ungünstiger Teillast laufen – mit hohen Emissionen und hohen Kosten für die Brennstoffe. Elektrischer Wärme aus Ökostrom gehört die Zukunft.

**Power-to-Liquid:** Nutzung von Ökostrom aus Überschüssen im Stromnetz, um synthetische Kraftstoffe oder flüssigen Wasserstoff zu erzeugen. Im weiteren Sinne kann man auch die elektrische Tiefkühlung von Erdgas darunter zählen, das als flüssiges Kryogas verwendet wird.

**Power-to-Drive:** Nutzung von sauberem elektrischem Strom für die Elektromobilität. Der saubere Strom wird über Steckdosen, Wallboxen, Ladesäulen oder Supercharger (Schnellladesysteme) beziehungsweise andere geeignete Systeme (zum Beispiel Induktion) an die Traktionsbatterie der E-Autos übergeben.



Foto: Heiko Schwarzbünger

Photovoltaikmodule werden auf Paletten zur Baustelle geliefert.

**POLYKRISTALLINES PHOTOVOLTAIKMODUL**

Die Kristallstruktur des Siliziums ist heterogen, es liegt also nicht als reiner Einkristall vor. Dazu schneidet man die erkaltete Siliziumschmelze in Blöcke (Bricks). Der frühere Vorteil der polykristallinen Solarzellen, dass sie preiswerter als monokristalline Zellen sind, spielt kaum mehr eine Rolle.

Denn sie haben einen Nachteil: Sie erreichen nicht so hohe Wirkungsgrade, nur etwa 18 Prozent im Solarmodul. Wenn die verfügbare Fläche für eine Photovoltaikanlage sehr groß ist, kann man diesen Abschlag in Kauf nehmen. Denn man kann mit polykristallinen Solarmodulen sehr große Anlagen auf Industriedächern oder Solarparks auf freiem Gelände sehr preiswert bauen.

Polykristalline Solarzellen schimmern in verschiedenen Blautönen, ähnlich Eisblumen am Fenster in sehr kalten Wintern. Polykristalline Solarmodule bieten demnach keine einheitliche Optik. Man verwendet sie, wenn optische und ästhetische Aspekte nur eine untergeordnete Rolle spielen.

**PHOTOVOLTAIKMODUL (SOLARMODUL)**

Diese Bauteile einer Solaranlage bestehen aus solaraktiven Halbleitern, die Sonnenlicht in nutzbaren elektrischen Strom wandeln. Kristalline Solarmodule bestehen aus Siliziumzellen, die miteinander verlötet werden. Je nach Zahl der Zellen bestimmen sich die Spannungen, Ströme, Leistung und Ertrag des Solarmoduls.

Man unterscheidet monokristalline, polykristalline und Hetero-Junction-Solarmodule. Letztere bilden eine Mischform aus monokristallinen Zellen, die mit dünnen Deckzellen aus Silizium veredelt sind. Neben dem Silizium gibt es andere Halbleiter, die in Solarmodulen zum Einsatz kommen, beispielsweise CIS, CIGS oder Cadmiumtellurid. Dann spricht man von sogenannten Dünnschichtmodulen.

Ein Sonderfall sind organische Solarmodule (OPV), die aus solaraktiven Kunststoffen (Polymeren) bestehen. In jüngster Zeit haben solche sehr leichten und vielfältig einsetzbaren Solarfolien deutliche Fortschritte erzielt. Ihr Wirkungsgrad reicht mittlerweile an die monokristallinen und Hetero-Junction-Module heran.



Foto: Heiko Schwarzbünger

Polykristalline Solarmodule fallen durch ihre bläulich-metallische Färbung auf. Zudem sind die einzelnen Zellen deutlich erkennbar.

## SEKTORKOPPLUNG

Dieser Begriff bezeichnet die vermehrte Nutzung von elektrischem Strom für die Wärmeversorgung von Gebäuden und die Mobilität. Fossile und nukleare Energieträger werden aufgrund ihrer klima- und gesundheitsschädlichen Risiken künftig durch sauberen Strom aus Photovoltaik, Windkraft oder der Verbrennung von Wasserstoff (Power-to-Gas) ersetzt.

Denn elektrischer Strom lässt sich leicht und verlustarm in Wärme und mechanische Arbeit (Fahrzeugantriebe, Maschinen) wandeln. Umgekehrt funktioniert diese Energiewandlung nicht oder nur teilweise, mit hohem technischen und finanziellen Aufwand. Zudem lässt sich elektrischer Strom gut und schnell regeln oder speichern. Er lässt sich deutlich einfacher und verlustärmer verteilen als beispielsweise Wärme, die in der Regel ein Wärmeträgermedium (Luft, Wasser, Öle, Feststoffe) und somit Rohre und Pumpen benötigt.

Die Sektorkopplung wird den Bedarf an Ökostrom deutlich erhöhen, weil Wärme und E-Mobilität mitversorgt werden müssen. Deshalb ist der Ausbau von Windkraft und Photovoltaiksystemen der Schlüssel zu einer erfolgreichen Energiewende, um die Klimaerwärmung zu begrenzen.



Foto: Silke Köger-Stemach/Wesnetz

**Die Sektorkopplung verlangt vom Stromnetz viel mehr Energie und sehr schnelle Reaktionszeit bei wechselnder Nachfrage und Einspeisung.**

## SILIZIUM

Silizium (chemisches Symbol: Si) ist ein chemisches Element und Halbmetall der Ordnungszahl 14. Es steht in der vierten Hauptgruppe, in der sogenannten Kohlenstoffgruppe, und bildet ganz ähnliche chemische Verbindungen wie Kohlenstoff aus. In der Erdhülle ist es nach Sauerstoff das zweithäufigste Element.

Das Halbmetall hat metallische und nichtmetallische Eigenschaften. Unter Einstrahlung von Sonnenlicht setzt es aufgrund des photoelektrischen Effekts Elektronen (negativ geladen) und Störstellen (positive Ladung) frei, die man als Sonnenstrom nutzen kann. Reines Silizium ist schwarzgrau und metallisch glänzend, eine monokristalline Solarzelle wirkt schwarz.

Gewonnen wird Silizium aus Siliziumoxiden (Sand) mit hoher optischer Reinheit (Quarzsand). Er wird chemisch gereinigt und aufgeschmolzen, um Monokristalle aus der Schmelze zu ziehen. Dieser Kristall wird anschließend in hauchfeine Scheiben (Wafer) zersägt.



Foto: Heiko Schwarzhünger

**Diese Einkristalle aus Silizium bilden das Grundmaterial für monokristalline Solarzellen.**

Um die Ladungstrennung in der Solarzelle zu verbessern, wird der Siliziumwafer chemisch in mehreren Stufen prozessiert. So wird er zur solaraktiven Zelle.

## SMART HOME

Dieser englische Begriff kennzeichnet ein Wohngebäude, das durch Energiemanagementsysteme und intelligente Steuerungen alle Erzeuger und Verbraucher von elektrischem Strom und Wärme optimal vernetzt. Auch Sicherheitstechnik, Lüftung, Beleuchtung, Musik oder Klimatisierung werden vom Smart-Home-System gesteuert, ebenso die Ladetechnik für das E-Auto am Haus.

Um ein Gebäude vollständig mit sauberem Ökostrom zu versorgen, ist Smart Home nicht notwendig. Dazu genügt es, die Dachflächen gut für Photovoltaik auszunutzen oder Ökostrom aus dem Stromnetz zu kaufen. Holzheizungen oder elektrisch betriebene Wärmepumpen machen die Wärmeversorgung ebenfalls sauber.

Smart Home erhöht jedoch den Wohnkomfort und optimiert komplexe Versorgungssysteme.



Foto: Heiko Schwarzhünger

**Überprüfung der korrekten Installation einer gewerblichen Anlage auf einem flachen Gewerbedach in Köln.**

## SOLARAKTIVE GEBÄUDEHÜLLE

Darunter versteht man alle Teile der Außenhaut eines Gebäudes, die durch Solartechnik (Photovoltaik, Solarthermie) genutzt werden. Das können Dächer, Fassaden, Vordächer und Balkonbrüstungen sein.

Genau genommen spricht man von einer solaraktiven Gebäudehülle, wenn die Solarsysteme integrierter Bestandteil der Gebäudehülle sind, beispielsweise Solarziegel oder Indachsysteme oder vorgehängte Kaltfassaden mit Photovoltaikmodulen. Auf das Dach und seine klassische Eindeckung montierte Solargeneratoren oder thermische Kollektoren (sogenannte Aufdachsysteme) werden nicht zur solaraktiven Gebäudehülle gerechnet.

Unter passiver Solarnutzung versteht man Sonnenwärme, die ohne technische Hilfsmittel durch transparente Flächen wie Fenster, Türen oder Wintergärten ins Gebäude gelangt. So kann eine tief stehende Sonne im Winter eine erhebliche Wärmemenge eintragen, um die Raumheizung zu entlasten.

Im Sommer führt die starke Sonne schnell zur Überhitzung der Räume. Deshalb empfiehlt es sich, passive und aktive Solarnutzung zu koppeln. Ein Beispiel: Die Terrasse zur Südfront erhält ein flaches, weit vorgezogenes Solardach. Im Sommer spendet es kühlen Schatten und viel Sonnenstrom. Im Winter steht die Sonne tief genug, um ihre Wärme direkt ins Haus zu senden. Fachleute benutzen für solaraktive Gebäude auch die Begriffe „bauwerkintegrierte Photovoltaik“ (BIPV) oder „gebäudeintegrierte Photovoltaik“ (GIPV).



Foto: Heiko Schwarzburger

**Bei diesem Gebäude in Berlin wurden schwarze CIGS-Dünnschichtmodule an die Fassaden montiert.**

## SOLARTHERMIE

Unter Solarthermie versteht man technische Systeme, die nutzbare Wärme mithilfe der Sonnenenergie erzeugen. Man spricht auch von Solar Kollektoren. Zwei wesentliche Bauarten gibt es: Flachkollektoren und Röhrenkollektoren. Bei den Flachkollektoren liegt ein Kupfermänder als Wärmetauscher hinter einer Glasplatte.

Die Sonne erwärmt das Wärmeträgermedium in den Kupferrohren (Solarflüssigkeit), das über eine Solarpumpe (meist im Rücklauf positioniert) in den thermischen Speicher der Wärmeversorgung des Hauses geleitet wird. Das kann der Warmwasserspeicher (Brauchwasser) oder der Heizungspufferspeicher sein. Dort gibt das Solarmedium seine Wärme ab und wird wieder zum Flachkollektor gepumpt.

Röhrenkollektoren funktionieren ähnlich, nur dass die Kupferrohre einzelne Glasröhren durchströmen, in denen meist ein Vakuum herrscht. Dadurch sind die erzielbaren Temperaturen höher. Allerdings sind solche Kollektoren konstruktionsbedingt teurer als Flachkollektoren.

Solarthermie und Photovoltaik (Erzeugung von elektrischem Strom durch Solarenergie) haben beide das gleiche Problem: Die meiste Energie wird während der Monate mit viel Sonneneinstrahlung erzeugt. Solarthermische Kollektoren stellen das Gros ihrer Wärme also in den Jahreszeiten bereit, in denen in der Regel keine Heizwärme benötigt wird.

Sie nur für Brauchwasser (Warmwasser) einzusetzen, ist nicht wirtschaftlich und vom Materialaufwand (Kupfer!) her auch nicht ökologisch. Denn Warmwasser lässt sich ebenso gut aus Sonnenstrom erzeugen, über einen Heizstab im Warmwasserspeicher. Effizient sind auch Wärmepumpen, die mit Sonnenstrom laufen, im Winter mit Ökostrom aus dem Netz.

Zudem können solarthermische Systeme im Sommer so heiß werden, dass der Wärmeträger in den Rohren verdampft. Man spricht vom Stillstand der Anlage. Der Druck im System steigt und sprengt die Dichtungen. Aus diesem Grunde braucht man für solarthermische Anlagen sehr große Speichervolumina. Man legt sie nach dem Überhitzungsschutz für die Solarkollektoren, nicht nach dem eigentlichen Wärmebedarf im Gebäude aus. Das macht die Sache schnell ineffizient.

Deshalb nutzt man solarthermische Systeme in der Wärmeversorgung von kleineren und mittleren Wohngebäuden kaum noch. Lediglich bei Anwendungen, wo im Sommer viel Warmwasser benötigt wird (Hotels, Krankenhäuser usw.), lohnt sich der Aufwand.

Die Sonneneinstrahlung in Deutschland beträgt je nach Region zwischen 900 und 1.200 Kilowattstunden pro Quadratmeter. Die Wärmeverluste in einer solarthermischen Anlage können sich auf bis zu 50 Prozent summieren. Demnach ergeben sich Wärmeerträge von 450 bis 600 Kilowattstunden je Quadratmeter Kollektorfläche.

## STECKER-PV

Stecker-PV (auch „Balkon-PV“, „Mini-PV“ oder „Guerilla-PV“) sind sehr kleine Photovoltaiksysteme (ohne oder mit Stromspeicher), die zunehmend Verbreitung finden und angeboten werden. Sie können einfach an die Steckdose des Balkons oder des Stromkreises der Wohnung angeschlossen werden und sollen so dafür sorgen, dass sich die Betreibenden auch beispielsweise in ihrer Mietwohnung an der Energiewende direkt beteiligen können und Stromkosten sparen.

Grundsätzlich sind diese Systeme mittlerweile erlaubt, sofern sie die entsprechenden technischen Normen erfüllen. Allerdings sind die Preise für solche Systeme pro Watt meist sehr

hoch, verglichen mit den Kosten für Solarstrom beispielsweise von Dachanlagen. Umgerechnet auf die tatsächlich mögliche Solarstrommenge liegen diese Module schnell bei 40 bis 60 Cent je Kilowattstunde.

Denn: Senkrecht am Balkon angebrachte Solarmodule nutzen im besten Fall nur rund 70 bis 80 Prozent ihrer Peakleistung, weil sie nicht optimal zur Sonne stehen. Das gilt für alle vertikalen Installationen an Fassaden oder Balkonen.

Wer Balkonmodule installiert, muss gemäß den technischen Normen darauf achten, dass sein Stromzähler über eine sogenannte Rücklaufspere verfügt. Das verhindert, dass überschüssiger

Sonnenstrom ins Hausnetz fließen kann. Ab 2024 darf jeder Bürger bis 800 Watt Anlagenleistung ohne Anmeldung beim EVU direkt anschließen. Bis 600 Watt ist seit Frühjahr 2019 erlaubt.

Für Balkonanlagen gelten alle Vorschriften wie für sämtliche Generatoren im Niederspannungsnetz, was Wartung, Durchsicht und Meldepflichten (Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur) betrifft. Es ist sinnvoll, eine Balkonanlage beim Vermieter anzuzeigen und sich gegebenenfalls die Genehmigung einzuholen. Vor dem Anschluss empfiehlt es sich, das Wohnungsnetz von einer Elektrofachkraft auf seine Eignung überprüfen zu lassen.

## STEUERN

Unter Steuern versteht man staatliche Abgaben, die per Gesetzen (Steuerrecht) und Verordnungen der Finanzbehörden geregelt sind. Für Photovoltaikanlagen sind die Gewerbesteuer, die Einkommenssteuer, die Umsatzsteuer und steuerliche Abschreibungen relevant. Gewerbesteuer ist fällig, weil Sonnenstrom ins Netz eingespeist und vergütet wird.

Einkommenssteuer wird fällig, wenn Anlagen während ihrer Laufzeit Gewinne erzielen. Umsatzsteuer kann bei gewerblichen Anlagen als Vorsteuer geltend gemacht und abgezogen werden. Gewerbliche Anlagen von Unternehmen, beispielsweise auf Firmengebäuden zur Erzeugung

von betrieblichem Strom, werden wie andere Betriebsmittel steuerlich abgeschrieben.

Ob und in welchem Umfang Photovoltaikanlagen steuerlich behandelt werden, hängt von ihrer Größe (Peakleistung) und der Art der Stromnutzung ab. Anlagen bis 30 Kilowatt werden in der Regel als private Anlagen betrachtet. Sie sind nicht einkommenssteuerpflichtig.

Dann kann der Betreiber beziehungsweise Investor jedoch auch keine Vorsteuer abziehen. Allerdings entfällt die Veranschlagung der Anlage beim Finanzamt. Besonders vorteilhaft ist diese Regelung für Anlagen mit hohem Eigenverbrauchsanteil.

## STROMSPEICHER

Sie können elektrische Energie aufnehmen und ins Stromnetz eines Gebäudes abgeben, beispielsweise aus einer Photovoltaikanlage. Handelt es sich um elektrochemische Speicher, spricht man landläufig von Batterien oder exakter: Akkumulatoren (Akkus). Sie speichern Gleichstrom (DC).

Beschrieben werden sie durch ihre Bruttospeicherkapazität (in Kilowattstunden). Je nachdem, wie tief eine Speicherbatterie entladen werden kann (Entladetiefe), ergibt sich die nutzbare oder Nettospeicherkapazität (in Kilowattstunden). Bleibatterien nutzen nur die Hälfte ihrer Bruttospeicherkapazität tatsächlich aus, aufgrund ihrer Chemie.

Seit einigen Jahren spielen Lithiumbatterien eine wachsende Rolle, vor allem als Speicher für Sonnenstrom. Sie können bis zu 90 oder 95 Prozent ihrer Bruttokapazität wirklich ausnutzen. Manche Hersteller werben damit, dass die Lithiumbatterien vollständig entladbar seien. Das stimmt nicht ganz. Sie werden lediglich mit einer Entladereserve ausgeliefert, der Kunde bekommt einen größeren Speicher, als er bezahlt.

Batterien werden mit definierten Strömen be- und entladen. Die Entladerate C markiert das Verhältnis von Ladeleistung zur Nettospeicherkapazität. Erlaubt eine Lithiumbatterie mit zehn Kilowattstunden Nutzkapazität eine Entladerate von 1C, kann sie eine Stunde lang zehn Kilowatt elektrische Leistung abgeben, etwa an die Ladestation eines E-Fahrzeuges.



**Größerer Stromspeicher für den Einsatz in Unternehmen, Kliniken oder Mehrgeschosswohngebäuden.**

Foto: Heiko Schwarzburger



**Inbetriebnahme eines Heimspeichers bei einer Familie in Südhessen. Der Installateur schließt den Laptop an und stellt die Parameter ein.**



**Offener Heimspeicher in einem Einfamilienhaus in Hessen. Das Gerät ist sehr kompakt und findet überall Platz.**

Foto: Heiko Schwarzburger

## TRAGLAST

Unter Traglast oder Tragreserve versteht man die Fähigkeit der Unterkonstruktion eines Daches, zusätzliche Lasten kurzzeitig oder dauerhaft aufzunehmen. Kurzzeitig wirken Druck oder Sog durch den Wind (Sturm), starke Regengüsse oder Hagelschläge. Dauerhaft wirken beispielsweise Schneemassen und die Eindeckung auf die Dachkonstruktion ein.

Wird eine Photovoltaikanlage auf das Dach gebaut, wirkt zusätzlich das Gewicht der Solarmodule und der Unterkonstruktion (Montagegestell). Bei Schrägdächern schmiegen sich die Solarmodule meist eng an die Dachhaut (Eindeckung), lediglich hinter den Solarmodulen bleibt ein enger Spalt für die Hinterlüftung. Al-

so wirkt vor allem das statische Gewicht der Module zusätzlich auf das Dach ein, das dafür ausreichend Tragreserven haben muss.

Bei Flachdächern werden die Solarmodule in der Regel zur Sonne aufgeständert. Neben dem Gewicht der Photovoltaikkomponenten bietet sich dem Wind unter Umständen eine erheblich größere Angriffsfläche.

Deshalb muss man die statischen und dynamischen Tragreserven des Daches genau kennen und nachrechnen, bevor die Photovoltaikanlage installiert werden darf. Der rechtzeitige und sachkundige Blick eines Dachexperten verhindert, dass es während der Anlagenmontage oder später ein böses Erwachen gibt.



Foto: Alex

**Diese Dachanlage im Westen von Stuttgart wurde vor der Installation statisch durchgerechnet.**

Ein Statiker sollte die Anlage durchrechnen und prüfen, um sicherzugehen.

## VERSCHATTUNG

Photovoltaikanlagen und solarthermische Anlagen brauchen möglichst direkte Sonneneinstrahlung, um effizient Sonnenstrom oder Sonnenwärme zu erzeugen. Besonders Solarmodule mit kristallinen Solarzellen sind anfällig gegen (Teil-)Verschattung einzelner Zellen, Zellstrings oder des gesamten Moduls. Dünnschichtmodule und thermische Solarkollektoren sind gegen Verschattung robuster.

Verschattung kann dauerhaft sein, etwa durch benachbarte Gebäude oder Bäume. Da die Sonne im Winter tiefer steht, wirken sich hoch stehende Hindernisse im Winter mehr aus als im Sommer, wenn die Sonne steil am Himmel läuft. Verschattung entsteht auch durch Verunreinigungen wie Vogelkot. Wolken verursachen temporäre Verschattung, mehr oder weniger kurzfristig.

Photovoltaikanlagen sollten möglichst verschattungsfrei geplant und installiert werden. Seltene und sehr kleinteilige Verschattung kann man durch intelligente Elektronik am oder im Solarmodul minimieren.

## VERSCHLEISS

Unter Verschleiß versteht man die Abnutzung von technischen Systemen während ihres Betriebs. Je mehr bewegte Teile ein System hat und je höher die Temperaturen im System sind, desto anfälliger ist die Technik für Verschleiß und alterungsbedingte Abnutzung der Teile. Je höher der Verschleiß, desto höher wiederum ist der Aufwand für Wartung, Reparaturen und den Austausch verschlissener Komponenten.

Photovoltaikanlagen laufen ohne bewegte Teile, die Temperaturen betragen selten über 120 Grad Celsius. Das ist die zulässige Betriebstemperatur der Leistungselektronik im Solarwechselrichter, die sich während des Betriebs aufgrund der Energieumsätze an den Leistungstransistoren erwärmt.

Das heißt nicht, dass Photovoltaikanlagen verschleißfrei laufen. Das heißt lediglich, dass sie verschleißarm sind. Dennoch brauchen sie einmal im Jahr eine Durchsicht (Wartung) und alle vier Jahre eine umfangreiche Systemprüfung. Das beugt Ausfällen vor und minimiert die Risiken für Folgeschäden, zum Beispiel Ertragsverluste.

## WASSERSTOFF

Wasserstoff (chemisches Symbol: H) gilt als neuer Hoffnungsträger der Energiewende. Er lässt sich aus Überschussstrom aus Windkraft, Sonnengeneratoren oder anderen Kraftwerken erzeugen und speichern. Wenn die erneuerbaren Energien nicht ausreichend Strom liefern (etwa bei Dunkelflaute), könnte man den gespeicherten Wasserstoff verstromen und damit die Verbraucher versorgen – sowohl innerhalb eines Gebäudes über Brennstoffzellen als auch über das Stromnetz.

Allerdings sind die Rohrleitungen und Speicher für Wasserstoff sehr aufwendig und teuer, weil die kleinen Gasmoleküle sehr beweglich und flüchtig sind. Zudem bergen Leckagen die Gefahr, dass austretender Wasserstoff mit der Luft ein Knallgasgemisch bildet.

Das bedeutet: Je länger die Rohrleitungen für den Transport von Wasserstoff, umso unwirtschaftlicher wird diese Anwendung. Deshalb macht es eigentlich nur Sinn, den Wasserstoff möglichst nahe an den Verbrauchern zu erzeugen, vorzuhalten und wieder zu verstromen.

Der Import von Wasserstoff beispielsweise aus Russland oder Saudi-Arabien verteuert das Speichergas (wie Erdöl oder Erdgas). Denn Energie und Aufwand zum Transport müssten in die Wirtschaftlichkeit und die Ökobilanz einfließen, ebenso wie die Unabhängigkeit der Energieversorgung des Westens von Staaten mit totalitären Machtstrukturen.

Je nach Art der Stroms für die Elektrolyse ordnet man dem Wasserstoff verschiedene Farben zu:



**Der erste mit Wasserstoff betriebene Bus in Österreich verlässt die Tankstelle. Sie befindet sich auf dem Firmengelände von Fronius in Sattledt bei Wels.**

**Grüner Wasserstoff:** Der elektrische Strom für den Elektrolyseur stammt nur aus Windkraft oder Solarenergie. Allein diese Form der Erzeugung des Speichergases ist wirtschaftlich und nachhaltig.

**Blauer Wasserstoff:** Er resultiert aus der Dampfreduzierung von Erdgas. Das Erdgas wird dabei in Wasserstoff und Kohlendioxid gespalten. Der Prozess ist energetisch und anlagentechnisch sehr aufwendig. Zudem entsteht Kohlendioxid, wie bei der Verbrennung von Erdgas bei der Stromerzeugung in Gasturbinen.

**Grauer Wasserstoff:** Er entsteht durch die Dampfreformierung fossiler Brennstoffe wie Erdgas oder Kohle, bei der als Abfallprodukt

Kohlendioxid entsteht – wie bei der Verbrennung dieser Energieträger. Das ergibt weder ökonomisch noch ökologisch Sinn.

**Gelber Wasserstoff:** Hier wird Atomstrom verwendet, um Wasserstoff zu erzeugen. Kritiker behaupten, dieses Verfahren sei der letzte Rettungsanker für abgeschriebene Atomkraftwerke, die allein als Kraftwerke am Stromnetz ökonomisch keine Zukunft haben.

**Weißer Wasserstoff:** Er bezeichnet das Nebenprodukt von Prozessen der chemischen Industrie, unabhängig von der Energiequelle für seine Erzeugung.

## WECHSELRICHTER

Photovoltaikanlagen bestehen aus Solarzellen und Solarmodulen. Sie erzeugen Gleichspannung und Gleichstrom (DC). Um den Gleichstrom in netzkonformen Wechselstrom mit 50 Hertz Netzfrequenz zu wandeln, brauchen sie einen oder mehrere Solarwechselrichter, auch Stringwechselrichter, Umrichter oder Inverter genannt.

Der Wechselrichter kann einen oder mehrere Stränge aus Solarmodulen aufnehmen. Sehr kleine Wechselrichter bis 4,6 Kilowatt Nennleistung (AC) werden einphasig angeschlossen, mit 240 Volt AC, meist auch nur mit einem Solarmodulstrang.

Größere Leistungen sind dreiphasig anzuschließen (400 Volt AC). Bei Eigenheimen und Mehrfamilienhäusern in Deutschland erfolgt der Anschluss in der Regel dreiphasig (auch als Drehstrom oder Kraftstrom bezeichnet).

Der Wechselrichter wandelt nicht nur den Gleichstrom aus den Solarmodulen. Er kann den Solarstrom auch an einen Energiemanager abgeben, der ihn je nach Bedarf an die elektrischen Verbraucher im Haus verteilt. Manche Wechselrichter haben freie Relaiskontakte, um große elektrische Verbraucher direkt anzusteuern (E-Ladestation, Waschmaschine, Trockner, Heizstab für Warmwasser).

Der Wechselrichter übergibt überschüssigen Sonnenstrom entweder an eine Speicherbatterie, die DC-seitig oder AC-seitig angebunden werden kann. Oder er schickt ihn ins Stromnetz, dafür bekommt der Anlagenbetreiber eine Vergütung.

Gemäß den elektrischen Normen und Vorgaben ist der Wechselrichter gegen Überspannungen und Blitze abzusichern.

Foto: Helio Schwarzbunger



**Kaskade von Solarumrichtern in einem Unternehmen in Stuttgart. Der rechte Umrichter ist zu Prüfzwecken geöffnet.**

Alle Anbieter von Wechselrichtern bieten Monitoringsysteme an. Sie erlauben es, die Photovoltaikanlagen über das Internet aus der Ferne zu überwachen. Dann fallen Fehler und Verschleiß frühzeitig auf, das mindert Schäden und Ertragsverluste.

Der Wechselrichter steuert auch die Umschaltung des Anlagenbetriebs auf ein Inselssystem, falls das Stromnetz ausfällt. Man spricht von Notstrom. Dazu braucht er jedoch eine Energiereserve in Form einer ausreichend großen Speicherbatterie. Solarwechselrichter ohne Batterie schalten die Photovoltaikanlage ab, wenn das Stromnetz ausfällt oder die Netzfrequenz einen zulässigen Korridor verlässt.



Foto: Helio Schwarzbunger

**Diese Wechselrichter schließen eine größere Solaranlage mit mehreren Solardächern an das Netz und die Firmenversorgung an.**

## WIRKUNGSGRAD

Unter Wirkungsgrad versteht man die Effizienz technischer Systeme. Er ergibt sich aus dem Verhältnis von Eingangsenergie zur Ausgangsenergie. Bei Motoren ist es die aufgewendete Energie (Heizwert des Kraftstoffs beim Verbrennungsmotor oder der elektrische Strom aus der Traktionsbatterie) nebst Steuerenergien gegenüber der mechanischen Antriebsenergie, die der Motor bei einer bestimmten Drehzahl an die Getriebe oder direkt an die Räder abgeben kann (Diesel/Benzin: 35 bis 40 Prozent, E-Motoren: bis 95 Prozent).

Bei Photovoltaikanlagen bezeichnet der Wirkungsgrad die Effizienz bei der Umwandlung von Sonnenlicht in elektrisch nutzbaren Strom. Dabei unterscheidet man den Zellwirkungsgrad (Umwandlung je Solarzelle), den Modulwirkungsgrad (auf ein Solarmodul mit beispielsweise 60 Zellen bezogen), den DC-String-Wirkungsgrad und den DC-AC-Wirkungsgrad (inklusive aller Verluste im Wechselrichter).

Auch bei Speicherbatterien wird der Wirkungsgrad angegeben, als reiner DC-DC-Wirkungsgrad der Speicherzellen und der Speichermodule oder als AC-AC-Wirkungsgrad (Roundtrip) für AC-seitig eingebundene Batteriesysteme.

Der Wirkungsgrad findet seinen Niederschlag in den spezifischen Systemkosten (Euro je Kilowatt oder Euro je Quadratmeter) oder in der spezifischen Flächenleistung (Kilowatt je Quadratmeter). Je höher der Wirkungsgrad des Photovoltaiksystems, desto mehr Leistung kann man auf einer bestimmten Fläche installieren, desto höher ist der Energieertrag. Desto geringer sind auch die Kosten je erzeugter Kilowattstunde Sonnenstrom.

Bei solarthermischen Systemen gilt dies sinngemäß für die erzeugte Sonnenwärme.

## WÄRMEPUMPE

Zur Wärmeversorgung von Wohngebäuden bieten sich Wärmepumpen an. Sie können die Wärme für Warmwasser und Raumheizung bereitstellen. Durch die Außenluft, das Erdreich oder Grundwasser wird ein Arbeitsmittel (Sole oder Luft) auf eine bestimmte Temperatur gebracht. Sie reicht aus, um im Arbeitskreis der Wärmepumpe ein flüssiges und sehr flüchtiges Kältemittel zu verdampfen. Das funktioniert wie im Kühlschrank, der auf diese Weise dem Gefriergerät die Wärme entzieht.

Das Arbeitsgas wird in der Wärmepumpe nun von einem elektrischen Verdichter komprimiert. Das Prinzip ist von der Luftpumpe (daher der Begriff Wärmepumpe) bekannt: Beim Druckanstieg erhöht sich auch die Temperatur im Inneren der Luftpumpe. Ein Wärmetauscher gibt diese nutzbare Wärme an die Gebäudeversorgung ab, beispielsweise an einen Heizungs-

ferspeicher oder einen Warmwasserspeicher. Gute Wärmepumpen können problemlos 55 oder 60 Grad Celsius bereitstellen. Da sie keine Brenner und Flammen haben, brauchen sie mehr Zeit und unbedingt einen thermischen Speicher, um ausreichend Wärme zu erzeugen. Heizungs-Wärmepumpen, die das Erdreich als Wärmequelle nutzen, bezeichnet man als Erdwärmepumpen. Wärmepumpen, die ihre Umweltwärme aus der Außenluft oder der Abluft gewinnen, sind Luftwärmepumpen. Wärmepumpen, die das Grundwasser als thermische Quelle nutzen, sind Wasserwärmepumpen. Spezielle Kleinwärmepumpen erzeugen durch die Umgebungsluft ausreichend Warmwasser für eine Familie im Einfamilienhaus.

Weil die Wärmepumpe mit einem elektrischen Verdichter arbeitet, kann man sie gut mit Sonnenstrom vom eigenen Dach versorgen. Das



**Splitgerät zur Dachaufstellung: Es versorgt eine kleine Luftwärmepumpe für ein Einfamilienhaus.**

erhöht den Eigenverbrauch und die Wirtschaftlichkeit, weil man keinen Netzstrom braucht, auch keine Brennstoffe für die Wärmeerzeugung. Die Wärmepumpe verursacht keine Asche und keine Abgase, braucht keinen Kamin und ist sehr leise im Betrieb.



**Diese große Wärmepumpe hilft, eine Wohnsiedlung zu versorgen.**

## WÄRMESPEICHER

Im Unterschied zu Stromspeichern nehmen sie Wärmeenergie auf und geben sie bei Bedarf wieder ab. In der Regel nutzen sie Wasser oder Öle, um darin eine bestimmte Wärmemenge zu speichern. Zur Gebäudeversorgung gibt es zwei wesentliche Anwendungen: Warmwasserspeicher (warmes Trinkwasser oder Brauchwasser) und Heizungsspeicher, auch als Pufferspeicher bezeichnet.

Heizungswasser und Trinkwasser müssen stets getrennt sein, sie dürfen nicht vermischt werden. Sogenannte Kombispeicher bestehen aus einem Pufferspeicher, in dessen Inneren ein kleinerer Warmwasserspeicher eingebaut ist.

Bei solarthermischen Systemen braucht man einen größeren Wärmespeicher, um die Kollektoren im Sommer vor Überhitzung zu schützen. Das kann der Heizungspufferspeicher sein oder ein spezieller Solarspeicher.

Äquivalent zur Wärme gibt es Kältespeicher, denn Wärme und Kälte sind physikalisch gesehen das Gleiche. Kältespeicher sind zum Beispiel elektrische Tiefkühltruhen. Sie nutzen den Sonnenstrom thermisch aus, indem die Temperatur so weit wie möglich abgesenkt wird. Das verlängert den Kühleffekt über die Zeiten, in denen kein Sonnenstrom zur Verfügung steht.

Sonnenstrom lässt sich zudem über Heizstäbe (E-Stäbe) in Warmwasserspeichern oder Heizungspuffern einlagern. Das erhöht gleichfalls den Eigenverbrauch und spart Stromeinkauf aus dem Netz. In diesem Falle kann die Wärmepumpe im Sommer ausgeschaltet bleiben.

## ZERTIFIKATE

Darunter versteht man den Nachweis, dass ein bestimmtes Produkt den geltenden Anforderungen aus technischer Sicht entspricht. Im weiteren Sinne versteht man darunter alle Prüfsiegel und Prüflabel wie beispielsweise das CE-Zeichen. Für Finanzprodukte, wozu auch Solaranlagen (Bürgersolaranlagen) zählen können, gibt es Zertifikate der zuständigen Bundesfinanzaufsicht (Bafin).

In der Photovoltaik und in der Solarthermie gibt es spezielle Normen für die Produkte (Solarmodule, Verkabelung, Wechselrichter, Stromspeicherbatterien, solarthermische Kollektoren, Solarpumpen, Solarstationen), die der Hersteller und der Anbieter einhalten und nachweisen muss. Das erfolgt durch die Zertifikate der Hersteller.

Zudem müssen die Hersteller oder Importeure (bei Produkten aus Nicht-EU-Staaten) von Leistungselektronik für die Photovoltaik (Wechselrichter, AC-Batteriesysteme) per Zertifikat nachweisen, dass ihre Geräte den Anschlussnormen für Niederspannung oder Mittelspannung entsprechen.

Photovoltaikanlagen, die an die Mittelspannung angeschlossen werden, brauchen zudem ein gesondertes Anlagenzertifikat. Es wird von einem Gutachter oder einem berechtigten Institut erteilt.

Batteriespeicher mit Lithiumzellen stellen ein Gefahrgut dar. Deshalb brauchen sie ein Zertifikat, das die Unbedenklichkeit entsprechend UN 38.3 (Transportvorschriften der Vereinten Nationen) nachweist. Dieses Zertifikat ist gleichfalls vom Hersteller oder Importeur der Speichersysteme nachzuweisen.

Seit 2018 gelten die neuen VDE-AR-N 4100, 4105, 4110 und 4120. Sie schreiben bestimmte Zertifikate für Photovoltaikkomponenten (Geräte-zertifikate) und installierte Systeme (Anlagenzertifikate) in der Nieder-, Mittel- und Hochspannung vor, ebenso für Stromspeicher und E-Ladetechnik.

Dass ein Produkt die erforderlichen Zertifikate mitbringt, überprüft der Installateur im Auftrag seiner Kunden. Er darf nur korrekt ausgezeichnete, geprüfte und zertifizierte Komponenten und Systeme in Umlauf bringen und einbauen. Die Verantwortung liegt letztlich bei ihm.

## IMPRESSUM

**Veröffentlichung:**  
Dezember 2023

**Herausgeber und Verlag**  
Alfons W. Gentner Verlag GmbH & Co. KG  
Forststr. 131, 70193 Stuttgart

Postanschrift:  
Postfach 10 17 42, 70015 Stuttgart

**Redaktion**  
Dipl.-Ing. Heiko Schwarzburger MA  
(Chefredakteur)  
Wörther Str. 1, 10435 Berlin  
Tel. +49 (0) 30 / 24 53 65 49  
E-Mail: schwarzburger@photovoltaik.eu

**Schlussredaktion**  
Andrea Mayer

**Gesamtleitung Media Sales**  
Tom Duley (verantwortlich)  
Tel. +49 (0) 7 11 / 6 36 72-825  
Fax +49 (0) 7 11 / 6 36 72-760  
E-Mail: duley@gentner.de

**Anzeigenleitung**  
Bettina Mayer  
Tel. +49 (0) 7 11 / 6 36 72-836  
Fax +49 (0) 7 11 / 6 36 72-760  
E-Mail: mayer@photovoltaik.eu

**Urheberrechte**

Die systematische Ordnung der Zeitschrift sowie alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit der Annahme eines Beitrages zur Veröffentlichung erwirbt der Verlag vom Autor umfassende Nutzungsrechte in inhaltlich unbeschränkter und ausschließlicher Form, insbesondere Rechte zur weiteren Vervielfältigung und Verbreitung zu gewerblichen Zwecken mithilfe mechanischer, digitaler oder anderer Verfahren. Bis auf Widerruf (socialmedia@gentner.de) gilt dies auch für die Verwendung von Bildern, Graphiken sowie audiovisueller Werke in den Social Media-Kanälen Facebook, Twitter, Google+ und YouTube. Kein Teil dieser Zeitschrift darf außerhalb der engen Grenzen urheberrechtlicher Ausnahmeregelungen ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen verwendbare Sprache übertragen werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen und dgl. in dieser Zeitschrift berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Namen ohne Weiteres von jedermann benutzt werden dürfen. Oft handelt es sich um gesetzlich geschützte eingetragene Warenzeichen, auch wenn sie nicht als solche gekennzeichnet sind.

**Der Gentner Verlag engagiert sich als Mitglied in folgenden Verbänden:**



**Auftrags-Management**  
Melanie Schweigler (Leitung)  
Rudolf Beck  
Forststr. 131, 70193 Stuttgart  
Tel. +49 (0) 7 11 / 6 36 72-861  
Fax +49 (0) 7 11 / 6 36 72-760  
E-Mail: beck@photovoltaik.eu

**Herstellung und Satz**  
GreenTomato GmbH, Stuttgart

**Inserentenverzeichnis**

Alfons W. Gentner Verlag GmbH Co. KG	177	Mounting Systems GmbH	49
ASKOMA AG	45	RCT Power GmbH	25
EWS GmbH & Co. KG	15	Rennsteig Werkzeuge GmbH	43
Fronius Deutschland GmbH	3	Sifatec GmbH & Co. KG	19
GridParity AG	65	Slenergy Technology (A.H.) Co., Ltd.	73
Hager Vertriebsgesellschaft	31	SL Rack GmbH	13
HagerEnergy GmbH	57	SMA Solar Technology AG	21, 35
Handwerkskammer Potsdam	53	Solar Promotion GmbH	9
Hoymiles Power Electronics Inc.	29	Solarnative GmbH	7
Huawei Technologies Deutschland GmbH	23	Suntastic.Solar Handels GmbH	39
Jinko Solar GmbH	5	TESVOLT AG	61
MENNEKES Elektrotechnik GmbH & Co. KG	59	Van der Valk Solar Systems	63

Jetzt zugreifen!  
**EXPERTEN-  
WISSEN  
AUS 1. HAND**

z. B. die FOKUS  
Themensammlungen

Exklusiv für unsere Abonnenten  
– gebündeltes Fachwissen,  
umfangreich recherchiert und  
schnell zur Hand.

**DIE PREMIUM-  
MITGLIEDSCHAFT**

Jetzt anmelden!

Exklusiv für unsere PREMIUM-Abonnenten.  
Fachübergreifende Angebote aus den Bereichen Haus-,  
Gebäude- und Fassadentechnik.

- Print
- E-Paper
- Online-Archiv
- Weiterbildungsdatenbank
- vergünstigte Webinare
- FOKUS Themensammlungen

Profitieren Sie vom Know-how unserer Redaktionen.  
Mehr erfahren unter: [www.photovoltaik.eu/premium](http://www.photovoltaik.eu/premium)



Ihr Experte in der Gebäude- und  
Fassadentechnikbranche

**Gentner**

**photovoltaik**  
SOLARTECHNIK FÜR INSTALLATEURE | PLANER | ARCHITECTEN

**ERNEUERBARE  
ENERGIEN**

Gebäude  
**Energieberater**

**GW**

**KK** DIE KÄLTE  
Klimatechnik

**SBZ**  
DAS SHK-MAGAZIN

**TGA+E** FACHPLANER



© Sybac/Soiir

## Architekt | Energieberater

### PLZ 0

#### **Büroservice Baumann / Energieberatung**

Querweg 5b  
01471 Radeburg  
i.baumann-bs@web.de

#### **Leipziger Institut für Energie GmbH**

Lessingstraße 2  
04109 Leipzig  
<https://ie-leipzig.com/>  
mail@ie-leipzig.com

#### **Ing Büro Thees**

Tschirchstraße, 59  
07546 Gera  
planung.haustechnik@web.de

#### **Planungsbüro Graupner GmbH**

An der Markthalle 6  
09111 Chemnitz  
[www.architekt-graupner.de](http://www.architekt-graupner.de)  
sg@architekt-graupner.de

#### **Ingenieurbüro für energetische & Denkmalsanierung**

Petersstr. 20  
09599 Freiberg  
[www.energetischeDenkmalsanierung.de](http://www.energetischeDenkmalsanierung.de)  
konrad.Nickel@energetischeDenkmalsanierung.de

#### **Energieberatung-Oppelt**

Gabelsbergerstraße 27  
09648 Mittweida  
energieberatung-oppelt@t-online.de

#### **SVB**

Wusterhausener Straße 30  
15732 Eichwalde  
haraldgebauer@gmx.de

### PLZ 1

#### **Energie- und Bautechnikbüro Hochwald GmbH**

Seestraße 9  
16230 Chorin  
[www.ebb-barnim.de](http://www.ebb-barnim.de)  
mail@ebb-barnim.de

#### **Ingenieurbüro**

Bischofstraße 15  
17033 Neubrandenburg  
harald\_klenz@gmx.de

### PLZ 2

#### **rund ums bauen ...**

Bebelstraße 31  
21614 Buxtehude  
[www.bauenSiesicher.de](http://www.bauenSiesicher.de)  
info@bauensiesicher.de

#### **Ingenieurbüro Klaus Waldvogel**

Salinenweg 35  
21680 Stade  
<https://klaus-waldvogel.de/>  
info@klaus-waldvogel.de

#### **Schornsteinfegerbetrieb Plöhn**

Lüttwisch 7  
22523 Hamburg  
[www.schornsteinfeger-ploehn.de](http://www.schornsteinfeger-ploehn.de)  
info@schornsteinfeger-ploehn.de

#### **Evert-Bau**

Bökenbarg 11  
23623 Ahrensböök  
evert-bau@t-online.de

#### **Energieberatung Flensburg**

**Uwe Bierkandt**  
Süderlücke 2  
24944 Flensburg  
[www.energieberatung-flensburg.de](http://www.energieberatung-flensburg.de)  
info@energieberatung-flensburg.de

#### **Architekturbüro Müller**

Hamburger Str. 54  
27283 Verden  
info@jmueller-architektur.de

### PLZ 3

#### **Klimaschutzagentur Mittelweser e.V.**

Marienstr. 15  
31582 Nienburg/Weser  
[www.klimaschutzagentur-mittelweser.de](http://www.klimaschutzagentur-mittelweser.de)  
info@klimaschutzagentur-mittelweser.de

#### **Architekturbüro van Elten**

Bathildisstr 6  
31812 Bad Pyrmont  
kontakt@architekturbuero-van-elten.de



© GalaxEnergy

**EffizienzPlus GmbH**

Sander-Bruch-Straße 61 b  
33106 Paderborn  
www.effizienzplus.de  
mail@effizienzplus.de

**Ingenieurbüro & Energieberatung Herpel**

Winchester Str. 2  
35394 Gießen  
www.energieberatung-herpel.de  
office@energieberatung-herpel.de

**Enerfact GmbH & Co. KG**

Frohnhäuser Str. 16  
35683 Dillenburg  
www.enerfact.de  
info@enerfact.de

**Guth**

Langenberg 2  
36145 Hofbieber  
DanielGuth@gmx.de

**Mihm Planungsbüro**

Karl-Winter-Straße 19  
36419 Buttlar  
www.mihm-planungsbuero.de  
hartmut.mihm@mihm-planungsbuero.de

**ESZTERMANN HAUSTECHNIK**

Kirchstr. 1  
37345 Am Ohmberg  
www.energieberatung.esztermann.de  
energieberatung@esztermann.de

**PLZ 4**

**Tholl Consulting GmbH**

Tiefenbroicher Weg 16  
40472 Düsseldorf  
www.tholl-gruppe.de  
info@tholl-gruppe.de

**GECON-Energie GmbH**

Am Merxhof 1a  
40764 Langenfeld  
www.gecon-energie.de  
w.schenning@gecon-energie.de

**Holtz Architekten Christiani Kolbe Part GmbH**

Max-Eyth-Straße 31  
44141 Dortmund  
https://holtz-architekten.de/  
info@holtz-architekten.de

**EffizienzPlus GmbH**

Eulenstraße 2  
44319 Dortmund  
www.effizienzplus.de  
mail@effizienzplus.de

**Helmus&Geurtz Bau GmbH**

Hubert-Houben-Str. 22  
47574 Goch  
www.Helmus-geurtz.de  
helmus-geurtz@t-online.de

**Krombholz & Hülshoff PartGmbH**

Enschedeeweg 40  
48149 Münster  
www.energieexperte.immo  
info@energieexperte.immo

**Prause & de Wagt GmbH**

Borgwardstr. 7  
48599 Gronau  
dewagt@gmx.de

**Dipl. Ing. J.H. Schmidt VDI**

Martinistr. 13  
48683 Ahaus  
www.schmidtahaus.de  
info@schmidtahaus.de

**3B Architecture**

Lohstr. 63  
49074 Osnabrück  
www.3barchitecture.com  
info@3barchitecture.com

**Bauplanungsbüro Brandt**

Bether Straße 25b  
49661 Cloppenburg  
www.bauplanung-brandt.de  
info@bauplanung-brandt.de

**PLZ 5**

**Canis Lupus – MKCO GmbH**

Ehreshoven 23  
51766 Engelskirchen  
www.cl-autark.de  
k.rudolph@cl-autark.de

**experimentelle WOHNBAUFORSCHUNG aachen**

Lousberg 24  
52072 Aachen  
wohnbauforschung-ac@web.de

**Ingenieurbüro Gerhardt**

Am Kaltenborn 7  
52224 Stolberg  
www.ibgerhardt.de  
Gerhardt@ibgerhardt.de

**Ökologische Bau- und Energieberatung Martin Lang**

Gartenstr. 4  
53562 St. Katharinen  
www.oekologisch-bau-en.de  
info@oekologisch-bau-en.de

**GebäudeEnergieBeratung Reinert – DieBerater Sarl-s**

Brunnenstrasse 16  
54439 Saarburg  
www.energie-berater.lu  
info@energie-berater.lu

**Energie- und Sachverständigenbüro Meuter**

Petrus-Borne-Weg 5  
54668 Prümzurlay  
www.dirk-meuter.de  
sachverstaendiger@dirk-meuter.de

**Andreas Eickelmann Architekturbüro GmbH**

Timmerbruch 29  
Deutschland  
57368  
Lennestadt  
www.architekt-eickelmann.de  
kontakt@architekt-eickelmann.de

**PLZ 6**

**TauGeSa Ingenieurbüro Michael Beck**

Triebberger Straße 3  
61273 Wehrheim  
www.TauGeSa.de  
info@taugesa.de

**Energieberatung im Hochtaunus**

Daimlerstr. 6  
61449 Steinbach  
www.energieberatung-im-hochtaunus.de  
info@energieberatung-im-hochtaunus.de

**ESC-Energie Spar Konzepte**

Schubertstraße 34  
66822 Lebach  
https://esc-energie.teamgermany.de  
esc-alloys@web.de

**OekoHtec Energieberatung Wohn und Objektbau**

Korn  
68649 Groß Rohrheim  
www.energiepass-bergstrasse.de  
energie.pass@mail.de

**MHS Energieberatung**

Klostergasse 1  
69123 Heidelberg  
Margitta.Heidrich@web.de

**Energie-Ideen e.K.**

Bahnhofstrasse 57a  
69181 Leimen  
www.energie-ideen.com  
energie-idee@web.de

## PLZ 7

### Ingenieurbüro

#### PLANEN und BAUEN

Rudolf-Diesel-Straße 17  
72250 Freudenstadt  
info@ing.rau.de

### Bialon ADKE

Staufenstr.14  
73230 Kirchheim unter Teck  
https://bialon.eu/  
architekt@bialon.eu

### Architekturbüro

Paulinenstr. 17  
73614 Schorndorf  
wum.schaffroth@t-online.de

### Willhauk Energieberatung GmbH

Badgasse 8  
74388 Talheim  
www.ebtec.de  
info@ebtec.de

### C. Ehrhard - Energieberatung

Pfaffstr. 7  
76227 Karlsruhe  
c-ehrh@rd@c-ehrh@rd.de

### Infozentrum Energie Bruchsal – Architekturbüro

Werner-von-Siemens-Strasse 49  
76646 Bruchsal  
www.infozentrum-energie.de  
info@infozentrum-energie.de

### Welub-Ex-Maurer

Dinglinger Hauptstraße 38  
77933 Lahr  
www.welub.de  
esb.maurer@gmail.com

## PLZ 8

### Solar4

Briener Str. 11  
80333 München  
www.solarvier.de  
mail@solarvier.de

### Lichtblau Architekten BDA

Söhlstr. 14  
81545 München  
info@lichtblau-architekten.de

### Energieberatung Schuller

Kaltmühlweg 30  
83026 Rosenheim  
www.energie-planen.de  
info@energie-planen.de

### Energieberatung Zimmerei

Stockach 17  
83278 Traunstein / Kammer  
holz-plan.markuswimmer@t-online.de

### Ingenieurbüro für Bauwesen / Energieberatung Dipl.-Ing.(FH)

Helmut Kaiser  
Dorfstr. 27  
85461 Bockhorn  
www.ingenieur-kaiser.de  
info@ingenieur-kaiser.de

### SVB Schaub

Vorderer Anger 229  
86899 Landsberg am Lech  
www.sv-schaub.com  
schaub@sv-schaub.com

### Architekt + Energieberater

Herrenstettener Weg 13  
89257 Illertissen  
www.architekt-ries.de  
architekt.ries@t-online.de

## PLZ 9

### Büro für Energieberatung

Hauptstraße 8  
94127 Neuburg am Inn  
zoels-itd.de  
info@zoels-itd.de

### M. ENG Küfner

Lessau 20  
95466 Weidenberg  
t.kuefner@gmx.de

### engelhardtplan energie + architektur

Brunntalstraße 2  
97267 Himmelstadt  
www.engelhardtplan.de  
engelhardt@engelhardtplan.de

### IEM - Sand (Intelligentes Energiemanagement)

Zellerstr. 16  
97522 Sand a/Main  
www.iem-sand.de  
office@iem-sand.de

### Ingenieurbüro Miller

Ignaz-Bals-Straße 11  
97702 Münnerstadt  
www.miller-ib.de  
service@miller-ib.de

### Ingenieurteam Jouaux PartGmbH

Waltersberg 2  
97947 Grünsfeld  
www.jxnet.de  
info@jxnet.de

### Cornelius Ober GmbH

Markt 18  
99817 Eisenach  
www.c-ober.de  
kontakt@c-ober.de

### ms bauplanung-Michael Schüler

An der Burg 16  
99974 Mühlhausen  
michaelschueler@t-online.de

## Österreich

### P-O-M / Projekt - Organisation -Management / BM Ing. Roland Pomajbik

Steinböckengasse 6/1/11  
1140 Wien  
roland.pomajnik@gmail.com

### Moon Power GmbH

Louise Piech Strasse 2  
5020 Salzburg  
josef.hochradl@moon-power.com

## Schweiz

### Sundesign photovoltaic engineering

Gamlikon 14  
8143 Stallikon  
www.sundesign.ch  
pv@sundesign.ch



Tragen Sie sich jetzt  
schon für 2025 ein!  
[www.photovoltaik.eu/  
ratgeber](http://www.photovoltaik.eu/ratgeber)

# Installateur | Anlagenplaner

## PLZ 0

### **elماك Elektroanlagenbau Heizung und Sanitär GmbH**

Dammzollstraße 65  
03185 Peitz  
www.elماك-peitz.de  
info@elماك-gmbh.de

### **ErzSolar GmbH**

Schneeberger Str. 75 Deutschland  
08107 Kirchberg  
Sandmann08297@t-online.de

## PLZ 1

### **DUETT Solarsysteme UG (haftungsbeschränkt)**

Straße 78  
13158 Berlin  
www.duett.solar  
info@duett.solar

### **Spreesun.de**

Lindenstraße 68 Deutschland  
15517 Fürstenwalde  
www.spreesun.de  
post@spreesun.de

### **Gexx aeroSol GmbH**

Schmiedestraße 2a  
15745 Wildau  
www.gexx-aerosol.com  
info@gexx-aerosol.com

### **solarwerkstatt berlin GmbH**

Mahlower Dorfstr. 20  
15831 Blankenfelde-Mahlow  
www.richtung-sonne.de  
info@richtung-sonne.de

### **Energie- & Umwelttechnik**

Kastanienweg 8  
17335 Strasburg  
eigenstrom@online.de

### **SCHATTENWERK Rostock**

Rövershäger Chaussee 3c  
18146 Rostock  
www.schattenwerk.de  
rostock@schattenwerk.de

### **Sonnenenergie Rügen GmbH**

Rügener Ring 21 A  
18546 Sassnitz  
www.sonnenenergie-ruegen.de  
info@sonnenenergie-ruegen.de

## PLZ 2

### **Space-Computer GmbH**

Mercatorstraße 97  
21502 Geesthacht  
info@space-computer.net

### **Entratek GmbH**

Liliencronstr. 65  
21629 Neu Wulmstorf  
www.entratek.de  
info@entratek.de

### **Zimmerei-Holzbau Kim Hagenah**

Werkstrasse 23  
21706 Drochtersen  
www.zimmerei-hagenah.de  
kim@zimmerei-hagenah.de

### **Dipl.-Ing. Detlef Stoffers, Innovative Gebäudetechnik**

Plaggen 15  
23866 Nahe  
desto967@aol.com

### **E-Technik Schreiber**

Esmarchstr. 29  
24105 Kiel  
www.e-technik-schreiber.de  
info@e-technik-schreiber.de

### **pm-energy GmbH**

Dorfstraße 2a  
24241 Reesdorf  
www.pm-energy.de  
info@pm-energy.de

### **Elektro-Bollmann GmbH**

Steindamm 1-3  
25479 Ellerau  
www.elektro-bollmann.de  
info@elektro-bollmann.de

### **Phosotec AM GmbH**

Kanalweg 7  
26683 Saterland  
www.phosotec.de  
info@phosotec.de

### **Rewotec Energietechnik GmbH**

Württembergstr. 6  
26723 Emden  
https://rewotec-energietechnik.de/  
info@rewotec-energietechnik.de

### **E + K GmbH**

Hauptstrasse 15  
27449 Kutenholz  
www.ek-sicherheit.de  
thomas.kaiser@ek-sicherheit.de

### **Powertrust GmbH**

Am Speicher XI 3  
28217 Bremen  
www.powertrust.de  
info@powertrust.de

## PLZ 3

### **SOL Energietechnik GmbH**

Roscherstr. 10  
30161 Hannover  
https://solenergie.de/  
os@solenergie.de

### **SCHATTENWERK Hannover**

Bergstr. 3  
30539 Hannover  
www.schattenwerk.de  
hannover@schattenwerk.de

### **Innartek GmbH**

Bathildisstraße 6  
31812 Bad Pyrmont  
kontakt@innartek.de

### **Planet in Green Construction GmbH**

Biemser Str. 140A  
32107 Bad Salzuflen  
www.planetingreen.de  
info@planetingreen.de

### **GT-Solar GmbH**

Nikolaus-Otto-Straße 18  
33335 Gütersloh  
www.gt-solar.de  
postfach@gt-solar.de

### **Sames Solar GmbH**

Auf der Kupferschmiede 1  
35091 Cölbe  
www.sames-solar.de  
info@sames-solar.de

### **Mihm Thermobau GmbH**

Karl-Winter-Str. 19  
36419 Buttlar  
www.mihm-thermobau.de  
info@mihm-thermobau.de

### **SCHATTENWERK Göttingen**

Industriestr. 24  
37120 Bovenden  
www.schattenwerk.de  
goettingen@schattenwerk.de

### **SCHATTENWERK Braunschweig**

Pillmannstr. 7a  
38112 Braunschweig  
www.schattenwerk.de  
braunschweig@schattenwerk.de

## PLZ 4

### **Hoffmann Metallbau GmbH & Co KG**

Rudolf-Diesel-Str.  
40670 Meerbusch  
u.hoffmann@hofmet.de

### **PVsmart Dominik Becker**

Jörissenstr. 2  
40822 Mettmann  
www.PVsmart.de  
mail@PVsmart.de

### **impuls Gebäude-Management UG**

Kuhstraße 36  
42555 Velbert  
www.impuls.nrw  
info@impuls.nrw

### **Kompetenzbüro Photovoltaik**

Kuhstraße 36  
42555 Velbert  
www.kompetenzbüro-photovoltaik.de  
team@xn--kompetenzbro-photovol-  
taik-owc.de

## ökologo.Solar

Kuhstraße 36  
42555 Velbert  
www.ökologo.solar  
info@xn--kologo-vxa.solar

## Wohnen mit Energie

Düsseldorfer Straße 97 /  
Ohligser Straße 82a  
42781 Haan  
www.wohnen-mit-Energie.de  
mail@wohnen-mit-Energie.de

## exopv GmbH

Flugplatz 9  
44319 Dortmund  
www.exopv.de  
info@exopv.de

## ITS Vest GmbH

Carl-Still-Straße 15  
45659 Recklinghausen  
www.itsvest.de  
angebot@itsvest.de

## Bernd Hoß Photovoltaik & Stromspeicher

Koxheidestr. 114  
47623 Kevelaer  
www.pv-fuer-alle.de  
b.hoss@pv-fuer-alle.de

## LK Consulting GmbH

Hubertusstr. 23  
48429 Rheine  
www.lk-consulting.nrw  
info@lk-consulting.nrw

## Heuser & Wankum Elektrotechnik GmbH

Krefelder Str. 292  
47877 Willich  
www.heuser-wankum.de  
info@heuser-wankum.de

## Pennysolar

Industriestr.28  
48734 Reken  
www.pennysolar.de  
post@pennysolar.de



© ZukunftAltbau

## PLZ 5

### KölnSolar FUTUR

Merlinweg 18  
50997 Köln  
info@koelnsolar.de

### Smart Solar Services GmbH

Sandbergstr. 113A  
51143 Köln  
https://smart-solarserv.de/  
info@smart-solarserv.de

### Nielsen Elektrotechnik

Bankerfeldstr. 68  
52134 Herzogenrath  
https://nielsen.nrw/  
elektrotechnik@nielsen.nrw

### Trisola GmbH

Kölner Str. 92  
53902 Euskirchen  
www.trisola.de  
hello@trisola.de

### DEBUS ENERGY

Geeser Strasse 29  
54568 Gerolstein  
debus@mail.de

### Winkelhof Sachverständige

Geeser Strasse 29  
54568 Gerolstein  
winkelhof-gutachten@mail.de

### Solarzentrum Rhein-Mosel GmbH

Bubenheimer Weg 39  
56072 Koblenz  
www.solarzentrum-rhein-mosel.de  
info@sz-rm.de

### Lehmann GmbH Meisterbetrieb für Bedachung und Klempnerei

Brohltalstr., 89  
56651 Niederzissen  
www.lehmann-dachdecker.de  
lehmann-gmbh@lehmann-dachdecker.de

### HERING Bau GmbH&Co.KG

Neuländer 1  
57299 Burbach  
www.heringinternational.com  
gruppe@hering-bau.de

### Domus Bau GmbH

Hauptstraße 13  
57482 Wenden  
www.domusbau.de  
info@domusbau.de

### Kober lightning GmbH

Koblenz Olper Str.  
57548 Kirchen  
www.pv-kober.de  
info@kober-lightning.de

### Stolfig Power

Dr. Heinrich Stein Str. 3  
57612 Eichelhardt  
info@stolfig-power.de

### Ingenieurbüro/ Handelsvertretung S. Heinrich

In der Hälver 20  
58553 Halver  
www.idh20.de  
pv@idh20.de

### ENTEGRO Photovoltaik-Systeme GmbH

In den Telgen 44  
58730 Fröndenberg  
www.entegro.eu  
info@entegro.eu

## PLZ 6

### Taunus Solarenergie GmbH

Industriestr. 8a  
61449 Steinbach  
www.taunus-solarenergie.de  
info@taunus-solarenergie.de

### my Greenfactory GmbH

Breslauer Str. 11  
63843 Niedernberg  
www.my-greenfactory.de  
info@my-greenfactory.de

### MSN Solar Service

Ringstraße 5  
65623 Hahnstätten  
msnsolarservice@gmail.com

### KeWa AG

Mergenthalerallee 77  
65760 Eschborn  
max.guo@mykewa.de

### Mons Solartechnik

Walpershofer Str. 9  
66292 Riegelsberg  
www.MONS.solar  
Info@Jetzt-Photovoltaik.de

### Connect Solar

#### Photovoltaiksysteme GmbH

Straßburger Ring 1  
66482 Zweibrücken  
www.connect-solar.de  
stephan.neuner@connect-solar.de

### Solar Eppelborn GmbH

Koßmannstr. 7  
66571 Eppelborn  
www.solar-eppelborn.de  
info@solar-eppelborn.de

### Netzwerk Solar GmbH & Co. KG

Am Kapellengraben 11  
66802 Überherrn  
www.Netzwerk-Solar.de  
info@Netzwerk-Solar.de

### Saar Dach & Solar GmbH

Erlenweg 17  
66839 Schmelz  
saar.dach.solar@gmail.com

### GreenEra Energiesysteme

Im Breitspiel 6  
69126 Heidelberg  
szyska@green-era.info

### area+ GmbH Photovoltaik für Nutzflächen

Heidelberger Straße 41  
69198 Schriesheim  
www.area-plus.org  
info@area-plus.org

### PLZ 7

#### AET Beck GmbH & Co. KG

Schulstraße 10  
71720 Oberstenfeld  
www.aet-beck.de  
info@aet-beck.de

#### Mesatec Solarsysteme

Dorfstrasse 29/1  
72138 Kirchentellinsfurt  
www.mesatec-solar.de  
mesatec@online.de

#### DIE ZIMMEREI Andreas Weit

Enge Gasse 5  
73337 Gingen/Fils  
www.zimmerei-weit.de  
pv@zimmerei-weit.de

#### GEOBAU GmbH

Turmstrasse 12  
74523 Schwäbisch Hall  
www.bauen-energietechnik.de  
info@bauen-energietechnik.de

#### GEOBAU GmbH

Mühlstrasse 3  
74545 Michelfeld  
www.bauen-energietechnik.de  
info@bauen-energietechnik.de

#### Helmut Kampmann GmbH

Jagstheimer Hauptstraße 123  
74564 Crailsheim  
www.helmutkampmann.de  
helmutkampmann@t-online.de

### Preis Berger Solar GbR

Jahnstraße 26  
74626 Bretzfeld  
www.preis-berger-solar.de  
kontakt@preis-berger-solar.de

### GreenSolar365 GmbH

Industriestr. 40  
75382 Althengstett  
www.greensolar365.de  
kontakt@greensolar365.de

### enerix Rottweil

Hindenburgstr. 16  
78652 Deißlingen  
Rottweil@enerix.de

### PLZ 8

#### Taubenschutz & Consulting / Fa. Ökologische Solarreinigung

Krautgartenweg 14  
82239 Alling  
https://solarreinigung.com  
info@solarreinigung.com

#### Elektro Höhensteiger

Edelweißstr. 18  
83109 Großkarolinenfeld  
www.elektro-hoehensteiger.de  
anton.hoehensteiger@t-online.de

#### Olafsolar

Ludwig-Thoma-Str. 12  
83236 Übersee  
olafsolar@hotmail.de

### SPS-Dienste & Photovoltaik

Regenerative Energien Spiel Josef  
Hoferstr.  
83301 Traunreut  
josef.spiel@freenet.de

### BEWO Energietechnik e.K.

Gewerbegebiet Steinbach 20  
83646 Wackersberg  
www.bewo-energietechnik.de  
info@bewo-energietechnik.de

### Zentralverband deutscher

#### Solarstromerzeuger e.V.

Siebangadern 35  
84140 Gangkofen  
https://z-ds.de/  
info@z-ds.de

### Zeo Solar GmbH & Co. KG

Robert-Bosch-Str. 3  
84539 Ampfing  
www.zeo-solar.de  
marketing@zeo-solar.de

### Bauer Energietechnik e.K.

Marie-Curie-Str. 3  
85055 Ingolstadt  
www.bauer-energietechnik.de  
info@bauer-energietechnik.de

### Haus & Technik GmbH

Erdingerstrasse 9  
85464 Bayern – Finsing  
www.haus-und-technik.com  
info@haus-und-technik.com

### Steidl Elektro GmbH

Schwaigerstr, 65  
85646 Anzing  
www.steidl-elektro.de  
servus@steidl-elektro.de

### solectra gmbh

Zusamstraße 17  
86165 Augsburg  
https://solectra.de/  
info@solectra.de

### Rudolf Hörmann GmbH & Co. KG

Rudolf-Hörmann-Str. 1  
86807 Buchloe  
www.hoermann-info.de  
info@hoermann-info.com

### eniosol 5-Seen-Land GmbH

Niederhofener Str. 6-8  
86972 Altenstadt  
www.eniosol.de  
info@eniosol.de



## **eniosol GmbH**

Hauptstr. 42  
88167 Grünenbach  
www.eniosol.de  
info@eniosol.de

## **De Martin Haus- und Energietechnik**

Eschbachweg 6  
88260 Argenbühl  
www.demartin-haustechnik.de  
demartin\_haustechnik@t-online.de

## **Christoph Müller Elektrotechnik**

Hauptstraße 123  
89558 Böhmenkirch  
info@elektro-mueller.net

## **PLZ 9**

## **SonnStrom GmbH**

Erlanger Str. 17  
91083 Baiersdorf  
https://sonnstrom.de/  
office@sonnstrom.de

## **Soley Solar GmbH**

Hirschlach 30b  
91732 Merkendorf-Hirschlach  
www.soley-solar.de  
info@soley-solar.de

## **Eisenreich, Pirkel + Weigl Planungsgesellschaft mbH**

Georg-Grammer-Str. 2  
92224 Amberg  
www.epw-planung.de  
info@epw-planung.de

## **Ingenieurbüro Clever**

Schafberg 18  
93437 Furth im Wald  
info@clever-energieberatung.de

## **Feneco GmbH**

Hochfeldstr. 12  
94538 Fürstenstein  
www.feneco.de  
info@feneco.de

## **Grillmeierhof GmbH**

Konnersreuth 2  
95703 Plößberg  
Jomo.Grillmeier@t-online.de

## **Elektro Stütz**

Liebfrauengasse 65  
97215 Uffenheim  
elektro-stuetz@t-online

## **Energietechnik Link GmbH**

Gnötzheim 68  
97340 Martinsheim  
www.energietechnik-link.de  
service@energietechnik-link.de

## **Elektrotechnik Straßburg GmbH**

Lindenweg 3  
97464 Niederwern  
https://elektrotechnik-strassburg.de  
moin@elektrotechnik-strassburg.de

## **Madei Elektro**

Raiffeisenstraße 11  
97508 Grettstadt  
www.madei-elektro.de  
info@madei-elektro.de

## **Herzig+Marschall KG**

Talstraße 2  
97616 Salz  
michael.leipold@gut-gruppe.de

## **Energieberatung Weyrich**

Am Waldrain 12  
98617 Meiningen  
energieberater.weyrich@freenet.de

## **Österreich**

### **Energiebig GmbH**

Bachlechnerstr. 21-23  
Österreich  
6020 Innsbruck  
www.energiebig.com  
mail@energiebig.com

### **thinksolar – eco consulting & engineering**

Hungerburgweg 24  
Österreich  
6020 Innsbruck  
www.thinksolar.eco  
mail@thinksolar.eco

### **Solar-Ernte Photovoltaik GmbH**

Lendplatz 40  
Österreich  
8020 Graz  
www.solar-ernte.at  
office@solar-ernte.at

## **Schweiz**

### **Die SolarExperten**

Obertor 8  
Schweiz  
4915 St. Urban  
www.die-solarexperten.ch  
info@die-solarexperten.ch

## **Installateursuche.de – Solarstrom vom Fachmann**

**www.installateursuche.de**

Telefon: 0 4608 / 6075 - 333