

Ratgeber Photovoltaik

Solarstrom und
Batteriespeicher
für mein Haus

Unser Service für Sie

Wenn neue Gesetze und Verordnungen in Kraft treten oder sich zum Beispiel Förderbedingungen oder Leistungen ändern, finden Sie die wichtigsten Fakten in unserem Aktualisierungsservice zusammengefasst.

Mit dem Klick auf www.ratgeber-verbraucherzentrale.de/aktuell sind Sie dann ergänzend zu dieser Auflage des Buches auf dem neuesten Stand (QR-Code → Seite 226). Diesen Service bieten wir so lange, bis eine Neuauflage des Ratgebers erscheint, in der die Aktualisierungen bereits eingearbeitet sind. Wir empfehlen, Entscheidungen stets auf Grundlage der aktuellen Auflage zu treffen.

Die lieferbaren aktuellen Titel finden Sie in unserem Shop:

www.ratgeber-verbraucherzentrale.de

Ratgeber Photovoltaik

Solarstrom und
Batteriespeicher für mein Haus

THOMAS SELTMANN, JÖRG SUTTER

verbraucherzentrale



Inhalt

6 Über dieses Buch

8 Die wichtigsten Fragen
und Antworten

15 So geht Photovoltaik

15 Licht als Energiequelle

18 Sonne speichern

19 Technik mit Zukunft

25 Nutzungsmöglichkeiten
ausloten

33 Welche Möglichkeiten bietet mein Haus?

33 Standort und Strahlung

36 Gebäudeorientierung

39 Dächer von Dritten
nutzen

41 Energieverbrauch

45 Was kann Photovoltaik –
und was nicht?

48 Wie viel Energie kann ich
ernten?

49 Systematisch vorgehen

50 Neubau oder Nach-
rüstung im Bestand

55 Baurecht und Netz-
anschluss

59 Nützliches Technik- wissen

61 Solarzellen und Module

63 Wechselrichter und
Systemtechnik

68 Batteriespeicher

80 Platzierung und
Montagetechnik

88 Kabel und Zubehör

90 Schutz vor Blitz und
Überspannung

94 Netzanschluss und
Einspeisung

97 Elektroauto zu Hause
tanken

104 Wärme aus Solarstrom

107 Smarte Funktions-
kontrolle

110 Stromzähler und Smart
Meter

115 Wie sich Photovoltaik rechnet

115 Angebote und Preise

118 Finanzierung

120 Das Erneuerbare-Ener-
gien-Gesetz (EEG) und
Einspeisevergütung

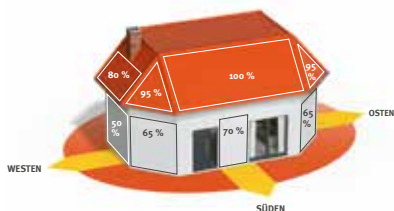
125 Zuschüsse und Förder-
kredite

130 Kosten im laufenden
Betrieb

135 Keine Angst vor dem
Finanzamt

142 Online-Tools zum
Kalkulieren

144 Mieten statt kaufen



33

Welche Möglichkeiten bietet mein Haus?



153

Die Anlage planen, kaufen und anschließen



183

Die Anlage im laufenden Betrieb

147 Photovoltaik ohne Vergütung

148 Umlagen und Stromsteuer

149 Ü20-Anlagen

153 Die Anlage planen, kaufen und anschließen

153 Ziele der Photovoltaik-Installation

155 Planung und Beratung

157 Einen geeigneten Anbieter finden

159 Angebote einholen

166 Steuerfuchse sparen Geld

167 Montage und Installation

171 Inbetriebnahme und Qualitätssicherung

172 Die Anlage anmelden

174 Erweitern und nachrüsten

176 Solarpflicht in der Praxis

183 Die Anlage im laufenden Betrieb

183 Die Anlage versichern

187 Kontrolle im Betrieb

189 Wartung, Reparatur, Sicherheit

191 Typische Probleme im Betrieb

195 Garantie und Gewährleistung

197 Strom zu Hause managen

198 Eigenverbrauch und Stromlieferung an andere

200 Stromtarife für Solarbetreiber

200 Weitere Rechtsfragen

202 Anlagen- und Hausverkauf

205 Solarmodule für die Steckdose

205 Was ist ein Steckersolargerät?

209 Kosten und Nutzen

217 Umweltschutz und Nachhaltigkeit

217 Photovoltaik als Säule der Energieversorgung

219 Der Beitrag von Photovoltaik zum Umweltschutz und Klimaschutz

222 Entsorgung und Recycling

225 Anhang



Über dieses Buch

Sie möchten auf Ihrem Haus eine Photovoltaikanlage zur Stromerzeugung installieren oder tragen sich mit dem Gedanken, ein Steckersolargerät anzuschaffen? Dann haben Sie sicherlich viele Fragen, wie Sie das anpacken sollen und was dabei alles berücksichtigt werden muss. Eine Photovoltaikanlage ist kein Produkt „von der Stange“, sondern sollte immer individuell auf Ihre konkreten Wünsche und Bedürfnisse hin geplant werden. Vielleicht möchten Sie Ihr Dach möglichst voll belegen, um mit der Anlage auch eine Wärmepumpe mitzuversorgen oder später ein Elektroauto aufzuladen. Doch geht das überhaupt? Welcher Unabhängigkeitsgrad, auch Autarkie genannt, kann bei der eigenen Energieversorgung erreicht werden? Wie groß soll die Photovoltaikanlage werden, damit sie sich auch wirtschaftlich rechnet?

Familie Fuchs plant

Die vielen Fragen, die zu Beginn eines Solarstromprojekts entstehen, möchten wir mit diesem Buch beantworten. Dabei begleitet Sie Familie Fuchs durch diesen Ratgeber, die ähnliche Überlegungen anstellt wie Sie gerade: Sie will eine Photovoltaikanlage realisieren, möchte aber eine maßgeschneiderte Anlage und beschäftigt sich daher nicht nur mit der direkten Stromnutzung im eigenen Haushalt, sondern auch mit einer zukünftigen Wärmepumpe und dem Einsatz von Solarstrom für ein Elektroauto. Und auch ein passender Batteriespeicher wird für die Familie ausgewählt, um den erzeugten Sonnenstrom nicht nur tagsüber, sondern auch in der Nacht nutzen zu können.

Wir zeigen Ihnen in diesem Buch, wie die Nutzung der Sonne zur Stromerzeugung funktioniert (→ Seite 15), und machen deutlich, wo die Grenzen der solaren Stromerzeugung sind. Sie bekommen konkrete Checklisten an die Hand, die Sie bei der Vorbereitung und Umsetzung Ihres Projekts nutzen können. Was muss ein Handwerker machen? Wie sieht eine Dokumentation aus (→ Seite 172) und wo muss ich meine Photovoltaikanlage anmelden (→ Seite 173)? Viele solcher Fragen kennen wir aus der Praxis durch unsere Tätigkeit bei der Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen, wo wir und unsere Energieberater und Energieberaterinnen jeden Tag Interessierte beraten und wertvolle Tipps geben.

Rahmenbedingungen beachten

Die Rahmenbedingungen für die Nutzung von Sonnenenergie haben sich in den vergangenen Monaten stark geändert, sowohl im politischen als auch im technischen Bereich. In diesem Ratgeber finden Sie die aktuellen Rahmenbedingungen und Vergütungssätze des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG 2023) (→ Seite 120), Hinweise zum Solareinsatz auf Gebäuden unter Denkmalschutz (→ Seite 56) und Anforderungen zu gesetzlichen Solarpflichten (→ Seite 176). Auch die seit Jahresbeginn 2023 gültigen neuen steuerlichen Regelungen sind ausführlich erläutert (→ Seite 136), genauso wie die unterschiedlichen Fördermöglichkeiten, die es seitens Kommunen, Bundesländern und des Bundes für die Nutzung von Solarstrom gibt (→ Seite 125).

Solarstrom vom Balkon

Ein eigenes, ausführliches Kapitel beschäftigt sich mit der „kleinen“ Solarnutzung, dem Einsatz von Steckersolargeräten (→ Seite 205). Dabei werden ein oder zwei Solarmodule an den Balkon geschraubt oder auf dem Garagendach installiert. Der erzeugte Strom wird direkt in die eigene Wohnung eingespeist und reduziert so die Stromrechnung. Das klingt überzeugend – und ist es auch. Doch auch hier sind vor und bei der Installation einige Regeln einzuhalten. Bei Mietsgebäuden muss der Vermieter seine

Zustimmung geben, kommunale Fördergeber formulieren technische Anforderungen und auch die Sicherheit muss selbstverständlich gewährleistet sein. Auch dazu finden Sie aktuelle Tipps, Umsetzungshinweise und Fotos von beispielhaften Anwendungen in diesem Buch.

Mit den vielen Antworten, Hinweisen und Checklisten in diesem Ratgeber sind Sie gut vorbereitet, um Ihr eigenes Photovoltaikprojekt anzugehen und mit einem Installateur auf Augenhöhe sprechen zu können. Sie werden ein gutes von einem weniger guten Angebot unterscheiden können und sind mithilfe einiger genannter Links in der Lage, Eckdaten selbst nachzuprüfen.

Dieses Buch kann sicherlich nicht alle Ihre Fragen beantworten. Gerne helfen Ihnen dann die Energieberater und -beraterinnen der Verbraucherzentralen weiter. Sei es durch kurze telefonische Auskünfte, durch Beratungsgespräche in einer unserer Beratungsstellen in Ihrer Nähe oder auch durch Onlinevorträge zu aktuellen Themen. Weitere Informationen zu unserem ausführlichen Informationsangebot erhalten Sie hier: www.verbraucherzentrale-energieberatung.de

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg bei der Realisierung Ihrer Solaranlage.



Die wichtigsten Fragen und Antworten

➔ Jährlich beantworten wir in unseren bundesweit rund 200 Beratungsstellen Tausende von Fragen und helfen bei Schwierigkeiten und Problemen, die Verbraucherinnen und Verbraucher an uns herantragen. In Online-Veranstaltungen und auch vor Ort informieren wir zum Beispiel zu Photovoltaikanlagen und Steckersolargeräten. Aus dieser täglichen Praxis wissen wir, wie konkrete Unterstützung aussehen muss, wenn es um die Planung, Anschaffung, Installation und den Betrieb einer Photovoltaikanlage oder die Nutzung von Steckersolargeräten geht. All diese Erfahrungen sind Grundlagen des Ratgebers, der Ihnen vorliegt: Praxistipps und nützliche Hintergrundinformationen, damit Ihr Vorhaben erfolgreich gelingt.

Nutzen Sie darüber hinaus auch das stets aktuelle Online-Angebot der Verbraucherzentrale mit vielen Informationstexten, kostenlosen Onlineseminaren und vielem mehr. Und profitieren Sie von der Beratungskompetenz unserer Energieberater und -beraterinnen. Weitere Informationen und Kontaktmöglichkeiten:

www.verbraucherzentrale-energieberatung.de

Wie spare ich Stromkosten mit einer Photovoltaikanlage?

Die Preise für Haushaltsstrom sind in den vergangenen Monaten deutlich angestiegen – ein Ärgernis für die Familienkasse. Die Lösung: eine Solarstromanlage, die als Anlage zur Eigenversorgung installiert wird. Der Solarstrom vom Dach wird im Haus genutzt, sobald die Sonne scheint, und überschüssiger Solarstrom, der nicht im Haus verbraucht wird, fließt ins Stromnetz. Jede Kilowattstunde vom Dach spart den Kauf von Strom beim Stromversorger und reduziert Ihre Stromrechnung. Zum Vergleich: Während der Haushaltsstrom inzwischen etwa 30 bis 50 Cent pro Kilowattstunde kostet, erzeugt Ihre Solarstromanlage schon zu Kosten ab 10 bis 15 Cent den Strom.

Für verschiedene Anlagengrößen stellen wir dar, mit welchen Erlösen durch die Einspeisevergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2023) kalkuliert werden kann → [Seite 123](#) und wie viel Unabhängigkeit mit einer Photovoltaikanlage erreichbar ist. (→ [Seite 43](#))

Eignet sich mein Haus für eine Solaranlage?

Die meisten Gebäude eignen sich gut für eine Photovoltaikanlage, und das nicht nur bei reiner Südausrichtung des Dachs mit optimaler Neigung. Entscheidend ist oft die richtige Planung, um eine wirtschaftlich lukrative Anlage zu bekommen. Der Standort und die dort vorherrschende Strahlung, die Ausrichtung und Neigung der Dachfläche, aber auch mögliche Verschattungen und die Tragfähigkeit des Dachs sind hierfür wichtige Faktoren.

Wir erläutern, wie Solarerträge abgeschätzt werden können → [Seite 155](#) und welche Onlinewerkzeuge sich anbieten, um die Erträge Ihrer geplanten Anlage zu optimieren. Wir nennen wichtige Faktoren vom Dachzustand bis zur unterschiedlichen Ausrichtung von Modulflächen → [Seite 36](#) – und wir zeigen auch Möglichkeiten wie die Ost-West-Ausrichtung von Modulflächen oder die Errichtung eines Carports mit einer Photovoltaikanlage als Dachfläche auf. (→ [Seite 86](#))

Lohnt sich der Einbau eines Batteriespeichers?

Wird eine netzgekoppelte Photovoltaikanlage mit einem Batteriespeicher ausgestattet, kann Strom aus der Photovoltaikanlage nicht nur tagsüber, sondern auch am Abend und in der Nacht genutzt werden. Deshalb wird bei neuen Anlagen ein Batteriespeicher meistens gleich miteingebaut. Die Stromrechnung kann damit weiter gesenkt werden, die Unabhängigkeit steigt. Entscheidend ist die richtige Größe des Stromspeichers: Richtig dimensioniert ist eine Batterie, wenn sie den durchschnittlichen Stromverbrauch von abends bis morgens abdeckt. Zusätzlich können entsprechend ausgestattete Systeme auch bei Ausfall des Stromnetzes den gespeicherten Strom im Haus zur Verfügung stellen und damit Not- oder Ersatzstrom liefern.

Viele Fragen tauchen im Zusammenhang mit einem Batteriespeicher auf: Was kostet ein Batteriespeicher? Wie lange hält er? Was ist der Unterschied zwischen einem AC- und einem DC-Speicher und welche Vorteile bieten diese Systeme? (→ [Seite 68](#))

Welche Steuertipps sollte ich kennen?

Zum Jahresende 2022 wurden die steuerlichen Regelungen zu Photovoltaikanlagen grundlegend geändert und vereinfacht. Zwei Bereiche des Steuerrechts müssen separat betrachtet werden: die Einkommensteuer und die Umsatzsteuer.

Neu ist der Steuersatz null beim Kauf einer Photovoltaikanlage. Sie bezahlen künftig nur noch den Nettopreis ohne die sonst üblichen 19 Prozent Umsatzsteuer. Die bisher häufig gegebene Empfehlung, sich mit dem Betrieb einer Photovoltaikanlage beim Finanzamt umsatzsteuerpflichtig zu melden, entfällt damit ab 2023.

In der Einkommensteuer sind Photovoltaikanlagen auf Wohngebäuden künftig befreit. In der Steuererklärung müssen also keine Angaben zur Solaranlage mehr gemacht werden und auch keine Einkünfte daraus versteuert werden.

Mehr Details und Voraussetzungen, die erfüllt sein müssen: → [Seite 135](#)

Kann ich mein E-Auto zu Hause mit Solarstrom laden?

Ja, das ist möglich und sinnvoll. Der beste Strom fürs Elektroauto ist der Solarstrom direkt vom Dach. Wenn das Fahrzeug tagsüber oder am Wochenende geladen wird, kann der umweltfreundliche Strom einen besonders hohen Anteil erreichen. Viele Faktoren spielen eine Rolle, damit eine hohe Solarstromquote im Elektroauto erreicht wird: eine möglichst große Photovoltaikanlage, die richtige Wallbox und wann und wie das Fahrzeug genutzt wird.

Noch nicht marktreif ist das „bidirektionale Laden“, also das Rückspeisen von Strom aus der Autobatterie zurück ins Hausstromnetz → [Seite 103](#). Wir geben einen Ausblick, was hier in den nächsten Jahren zu erwarten ist. Und wir zeigen, was heute bei der Planung der Photovoltaikanlage und der Anschaffung einer Wallbox berücksichtigt werden muss, um mit dem Elektroauto möglichst viel Solarstrom nutzen zu können. (→ [Seite 97](#))

Heizen mit Solarstrom – geht das?

Ja, das ist möglich. Strom aus Photovoltaik kann auch zur Wärmenutzung, also für Heizung und warmes Wasser, verwendet werden. Wird ein neues Haus gebaut, wird heute oftmals eine elektrische Wärmepumpe eingebaut, und auch bei der Sanierung wird immer häufiger auf eine solche Lösung gesetzt. Zwar erzeugt die Photovoltaikanlage den meisten Strom in den Sommermonaten, den höchsten Stromverbrauch hat die Wärmepumpe hingegen im Winter – doch vor allem in den Übergangszeiten kann umweltfreundlich erzeugter Solarstrom einen wesentlichen Beitrag leisten.

Auch Familie Fuchs, deren Photovoltaikprojekt uns in diesem Ratgeber immer wieder begegnet, möchte in einigen Jahren die alte Heizung durch eine moderne Wärmepumpe ersetzen. Welche Aspekte dabei wichtig sind und ob auch ein einfacher Heizstab genutzt werden kann. (→ [Seite 105](#))

Liefert die Anlage auch Strom, wenn das Netz ausfällt?

Durch die Energiekrise wurde in den vergangenen Monaten intensiv das Thema Stromausfälle diskutiert. Mit einer Photovoltaikanlage hat man da doch vorgesorgt, oder? Leider ist das nicht so einfach: Denn eine Photovoltaikanlage ohne Batteriespeicher muss aus Sicherheitsgründen bei Stromausfall automatisch abschalten. Für einen Not- oder Ersatzstrombetrieb ist ein Batteriespeicher notwendig, doch nicht alle Speichersysteme am Markt bieten auch diese Funktionen an.

Was genau ist Notstrom und Ersatzstrom, was ist der Unterschied? (→ [Seite 78](#))

Kann ich mit einem Balkonmodul Strom für meine Wohnung erzeugen?

Ja, auch wer kein Hausdach für eine Photovoltaikanlage besitzt, aber ein sonniges Plätzchen am Balkon oder auf der Terrasse, kann mit einem Steckersolargerät zu den Solarstromgewinnern gehören. Für wenige Hundert Euro Anschaffungskosten können auch Sie Ihre Stromrechnung dauerhaft reduzieren. Im Prinzip funktioniert das ganz einfach, aber manche Tücken stecken im Detail. Wie kann man so ein Gerät sicher befestigen und wo muss man es anmelden?

Ein eigenes Kapitel in diesem Ratgeber beschreibt, was ein Steckersolargerät ist, was es kostet und was es bringt. Auch Aspekte der Wirtschaftlichkeit und rechtliche Hinweise werden gegeben, zum Beispiel, wenn das Steckersolargerät bei einer Mietwohnung eingesetzt werden soll. (→ [Seite 205](#))

Sind Solarmodule und Batterien umweltfreundlich?

Photovoltaikanlagen und Steckersolargeräte erzeugen jahrzehntelang sauberen Strom, produzieren im Betrieb keine Schadstoffe oder Müll und tragen so aktiv zu Umwelt- und Klimaschutz bei. Doch um wirklich „grün“ zu sein, muss diese Technik auch umweltfreundlich produziert werden, außerdem ist das Thema Recycling am Lebensende wichtig. Hier ist schon viel gelungen, aber auch noch einiges zu tun.

Das Recycling von Solarmodulen und Batterien ist heute Standard. Bei der Herstellung wird der Einsatz problematischer Stoffe zusehends reduziert und der Rohstoff- und Energieaufwand zur Herstellung wurde immer kleiner, sodass eine Solaranlage heute in kürzester Zeit eine positive Energiebilanz erreicht. (→ Seite 219)

Wie kann ich mit Solarenergie das Klima schützen?

Photovoltaik ist eine zentrale Säule beim Umbau der weltweiten fossilen Energieversorgung auf erneuerbare Energien. Gemeinsam mit der Windenergie ist die Photovoltaik entscheidend auch für die Energiewende in Deutschland. Die Technik wurde in den vergangenen Jahren konsequent weiterentwickelt, die Kosten sind deutlich gesunken, sodass eine Photovoltaikanlage inzwischen für viele Haushalte und Hausbesitzer und Hausbesitzerinnen eine attraktive Option ist. Solarstrom ist unter den neuen Kraftwerken inzwischen die billigste Art, Strom zu gewinnen.

Auch Ihre neu installierte Solaranlage kann ein Baustein der Energiewende werden. Sie können damit Ihren Beitrag zum Klimaschutz leisten und etwas Gutes für sich und kommende Generationen tun. (→ Seite 217)



So geht Photovoltaik

Die Sonnenstrahlung als Energiequelle lässt sich auf vielfältige Weise nutzen: Schon der klassische Wintergarten ist eine passive Form der solaren Energiegewinnung. Aber erst mithilfe von Sonnenkollektoren und Solarzellen lassen sich gezielt Wärme und Strom erzeugen. Hier erfahren Sie Grundlegendes zur Stromerzeugung aus Sonnenlicht, also zur Photovoltaik.

Licht als Energiequelle

Ohne Sonne kein Solarstrom: Solarmodule erzeugen aus dem einfallenden Licht elektrische Energie, die direkt ins Haus- und Stromnetz gespeist wird. Solarmodule sind Elemente, die auf das Dach montiert werden und in denen Solarzellen arbeiten. Jede Solarzelle erzeugt ein wenig Strom. Im Solarmodul sind die Solarzellen in Reihen elektrisch miteinander verbunden und der Strom wird auf der Modulrückseite in einer Anschlussdose gesammelt. An der Anschlussdose befinden sich zwei Anschlussleitungen, eine als Plus-, eine als Minuspol. Über diese Leitungen kann der Strom, der

auf dem Dach produziert wird, ins Gebäude gebracht werden. Solarmodule erkennen Sie auf Dächern an den oft bläulichen größeren Flächen bis hin zum voll belegten Dach – zusammengesetzt aus vielen knapp ein bis zwei Quadratmeter großen Solarmodulen. Innerhalb der Module ist oftmals eine schachbrettartige Anordnung der Solarzellen zu sehen.

Wie funktioniert die Stromerzeugung?

Bestimmte Materialien (Halbleiter) haben die Eigenschaft, aus Sonnenlicht direkt Elektrizität zu erzeugen, wenn sie dafür bei der Herstellung speziell präpariert werden. Diese Eigenschaft beruht auf dem photovol-

taischen Effekt. Daher wird diese Technik Photovoltaik genannt (von „Photon“ für Licht und „Volt“ für elektrische Spannung). Ein solcher Halbleiterbaustein ist die Solarzelle. Die heute meistens verwendeten Solarzellen sind dunkelblaue bis schwarze dünne Scheiben aus dem Halbleitermaterial Silizium.

i GUT ZU WISSEN

Sonnenwärme

Bei der Sonnenwärme, auch Solarthermie genannt, wandelt ein Solarkollektor Sonnenlicht direkt in Wärme und erhitzt Wasser, gemischt mit einem Frostschutzmittel. Eine elektrische Umwälzpumpe transportiert die Energie zu einem Warmwasserspeicher im Gebäude. Von dort wird die Warmwasserversorgung oder Heizung mit der gesammelten Sonnenwärme gespeist. Ausführliche Informationen über Anlagen zur Solarwärmenutzung liefert der „Ratgeber Heizung“ der Verbraucherzentrale (→ Seite 225).

Wenn Licht auf eine solche Silizium-Solarzelle trifft, entsteht sofort eine elektrische Spannung. Elektrische Ladungsträger werden durch die Lichtenergie getrennt – die positiven sammeln sich am Pluspol und die

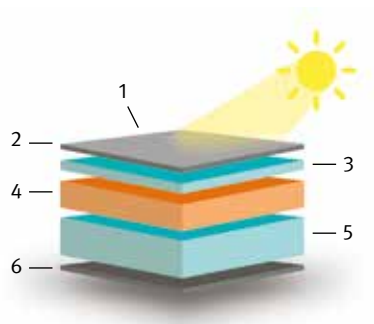


Abb. 1: Aufbau einer Solarzelle.

1: Antireflexschicht, 2: negative Elektrode, 3: n-dotiertes Silizium, 4: Grenzschicht (p-n-Übergang), 5: p-dotiertes Silizium, 6: positive Elektrode

negativen am Minuspol. Es entsteht ein Energiepotenzial in Form einer elektrischen Spannung. Wird nun ein elektrischer Verbraucher angeschlossen, fließt Strom, solange Sonneneinstrahlung vorhanden ist.

Die natürliche Sonneneinstrahlung schwankt je nach Jahreszeit und Wetter. Eine Photovoltaikanlage produziert daher bei sonnigem Wetter mehr Strom, bei wolkigem Himmel weniger. Und auch die Jahreszeiten spiegeln sich in der Stromerzeugung wider: Drei Viertel der jährlichen Sonnenenergie kommen im Sommerhalbjahr bei uns an, nur ein Viertel in den Monaten Oktober bis März. Deshalb kann im Sommer viel, im Winter weniger Solarstrom erzeugt werden. Der auf dem Dach erzeugte Strom wird anschließend mit Leitungen ins Gebäude ge-

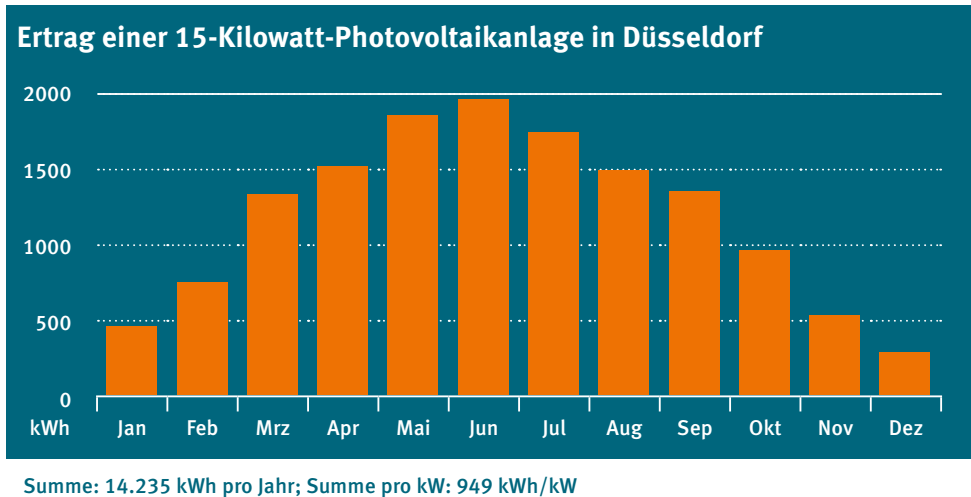


Abb. 2: Stromerzeugung einer 15-Kilowatt-Photovoltaikanlage (15 kW) im Jahresverlauf in Düsseldorf.

bracht und dort von einem Wechselrichter umgeformt, damit er direkt genutzt werden kann. Dieses Gerät formt den Gleichstrom in Wechselstrom um, stellt die Spannung auf die haushaltsüblichen 230 Volt ein und enthält zudem zahlreiche Sicherheitselemente, die die korrekte Stromerzeugung überwachen.

Bedingung für die Nutzung der Photovoltaik auf einem Hausdach mit der im Folgenden dargestellten Technik ist immer ein Stromanschluss des Gebäudes, an den die Anlage angeschlossen wird und in den sie gegebenenfalls überschüssigen Strom abgibt. Hauptsächlich wird der Strom jedoch im Haus selbst genutzt. Photovoltaik lässt

sich aber auch ohne Stromanschluss verwenden: Neben vielen Kleingeräten wie Solar-Taschenrechner oder Parkscheinautomat können Sie zum Beispiel auch auf einem Gartenhaus oder einem abgelegenen Geräteschuppen Photovoltaikstrom nutzen. Gibt es dort keinen Stromanschluss, spricht man von einer „Photovoltaik-Inselanlage“. Allerdings benötigt eine Photovoltaik-Inselanlage eine etwas andere Technik als die im Folgenden dargestellten netzgekoppelten Photovoltaikanlagen. Bei einer netzgekoppelten Anlage muss immer ein Stromanschluss vorhanden und intakt sein, sonst schaltet die Anlage aus Sicherheitsgründen vollständig ab. Wird eine netzgekoppelte

Photovoltaikanlage mit einem Batteriespeicher ausgestattet, kann teilweise auch bei Stromausfall Solarstrom und gespeicherter Strom aus der Batterie genutzt werden (→ Seite 77).

Sonne speichern

Wird eine netzgekoppelte Solarstromanlage um einen Batteriespeicher (Akkumulator) ergänzt, kann Strom aus der Photovoltaikanlage nicht nur tagsüber, sondern auch am Abend und in der Nacht genutzt werden. Erzeugt die Photovoltaikanlage tagsüber mehr Strom, als aktuell verbraucht wird, lädt der Speicher, anstatt dass der überschüssige Strom ins öffentliche Netz eingespeist wird. Besteht mehr Strombedarf, als die Photovoltaikanlage liefern kann – wie abends oder nachts –, kann durch das Entladen des Speichers zeitversetzt der selbst auf dem Dach erzeugte Strom genutzt werden.

Für Stromspeicher im Haus werden heute nahezu ausschließlich Akkus mit Lithium-Ionen-Technologie eingesetzt, die weltweit inzwischen in großen Mengen produziert werden und mit der gleichen Technik auch im Elektroauto ihren Einsatz finden.

GUT ZU WISSEN

Kann ein Batteriespeicher Strom vom Sommer für den Winter speichern?

Nein, ein Batteriespeicher ist immer so ausgelegt, dass er Strom bis zum nächsten Tag bereitstellen kann. Für die Speicherung über mehrere Monate müssen andere Techniken genutzt werden, zum Beispiel mit Wasserstoff als Speichermedium. Wasserstoff lässt sich aus Solar- oder Windstrom erzeugen und in großen Speichern oder Kavernen über Monate speichern. Beim Ausspeichern kann dann wieder Strom oder auch direkt Wärme erzeugt werden. Von einem Anbieter ist derzeit eine solche Lösung für das Eigenheim verfügbar, diese ist jedoch sehr teuer.

Anbieter von Stromspeichern

Das Angebot an Stromspeichern ist vielfältig: Zahlreiche Batteriespeicher mit unterschiedlichen technischen Eigenschaften, Preisen und Lieferzeiten sind am Markt erhältlich. Grundsätzlich macht es Sinn, sich von einem Fachbetrieb beraten zu lassen, um ein System auszuwählen, das die eigenen Wünsche erfüllen kann und zur bestehenden Technik (zum Beispiel zu einer schon vorhandenen Photovoltaikanlage

oder anderer Haustechnik) technisch kompatibel ist. Auch haben Fachbetriebe mit den Produkten oft schon Erfahrung gesammelt und kennen eventuelle technische Probleme, die Zuverlässigkeit sowie die Qualität des Herstellerservice.

Die Stromspeicher am Markt unterscheiden sich in der Art des Anschlusses (AC- oder DC-Speicher) und durch die verwendete Chemie in den Batteriezellen. Beides wird im Kapitel „AC/DC-Speicher“ (→ Seite 74) näher erläutert. Auch die Gehäuse und die Optik der Batteriespeicher sind je nach Anbieter sehr unterschiedlich. Es gibt sowohl Standgeräte als auch Batteriespeicher zur Wandmontage.

Zusatzfunktionen des Speichers

Bei Stromausfall des öffentlichen Netzes muss eine Photovoltaikanlage aus Sicherheitsgründen abschalten, das erfolgt völlig automatisch. Auch wenn die Photovoltaikanlage mit einem einfachen Batteriespeicher ausgestattet ist, bleibt bei Stromausfall alles dunkel. Nur wenn beim Kauf des Speichers auf eine Not- oder Ersatzstromfunktion geachtet wurde, die manche Speicherhersteller anbieten, kann im Haus weiter Strom genutzt werden, wenn das öffentliche Netz einmal ausfallen sollte. Auch hierzu finden Sie nähere Erläuterungen im Kapitel „Notstrom, Ersatzstrom und unterbrechungsfreie Stromversorgung“ (→ Seite 78)

Solarstrom nutzen

Der erzeugte Solarstrom kann im Haushalt direkt genutzt werden, also über elektrische Hausgeräte, die an der Steckdose angeschlossen sind. Wenn Sie bei Sonnenschein die Kaffeemaschine einschalten, wird der nötige Strom dann nicht aus dem Stromnetz, sondern direkt vom Dach bereitgestellt. Doch es gibt noch weitere Möglichkeiten, die in diesem Ratgeber aufgezeigt werden: Strom aus Photovoltaik kann zur Wärmenutzung, also für Heizung und warmes Wasser, verwendet werden oder auch zur Ladung eines Elektroautos, das damit besonders umweltfreundlich betrieben wird.

Technik mit Zukunft

Dass durch Licht Elektronen aus einem Körper austreten, hat der französische Physiker Alexandre Edmond Becquerel im Jahr 1839 erstmals beobachtet. Seither wurden Materialien und Wirkungsgrad verbessert, sodass Solarzellen heute in großem Maßstab zur Stromerzeugung genutzt werden können.

In den 1960er-Jahren wurden erstmals Satelliten mit Photovoltaikmodulen betrieben, 20 Jahre später begann der Einsatz auf Dächern. In den 1990er-Jahren ermöglichten erste Förderprogramme den Aufbau einiger Tausend Anlagen; seit dem Jahr 2000 verhalten vor allem die Vorgaben des Erneuerba-



Abb. 3: Solarmodul mit halbierten Solarzellen.

re-Energien-Gesetzes (EEG) der Solartechnik in Deutschland zum Durchbruch.

Anzahl der Anlagen

Heute boomt die Photovoltaik weltweit, riesige Anlagen werden auf Freiflächen bei uns, noch größere in südlicheren Ländern installiert. Diese Stromerzeugung ist nicht nur umweltfreundlich, sondern bei derart großen Anlagen heute schon günstiger als die Stromerzeugung aus Kohle, Gas oder Atomkraft.

In Deutschland erzeugen inzwischen über drei Millionen Photovoltaikanlagen Strom aus Sonnenlicht, allein im Jahr 2022 sind 383.000 Anlagen neu hinzugekommen. Viele Familien installieren Photovoltaikanlagen auf ihren Ein- und Zweifamilienhäusern, auch die Dächer von Mehrfamilienhäusern und Mietsgebäuden werden mit Solarmodulen versehen. Unternehmen nutzen Dachflächen von Produktionshallen und Bürgerenergie-Genossenschaften errichten Frei-

flächenanlagen am Stadtrand oder neben einer Eisenbahntrasse.

Auch Speicherbatterien werden inzwischen breit genutzt: Rund 627.000 Speicherbatterien waren bei kleinen Haus-Photovoltaikanlagen Ende des Jahres 2022 im Einsatz, allein 214.000 kamen im Verlauf des Jahres 2022 neu dazu.

Heute gibt es langjährige Erfahrung mit Photovoltaikanlagen. Ein Großteil dieser Anlagen ist technisch voll in Funktion und erbringt auch Jahre nach ihrer Inbetriebnahme noch immer gute Erträge. Ertragsminderungen über die Zeit, die teilweise angesetzt werden, sind in der Praxis bei den meisten Anlagen nicht messbar. Aus heutiger Sicht kann bei einer guten technischen Qualität der Photovoltaikanlage von einer Lebensdauer von rund 30 Jahren – das gilt zumindest für die Solarmodule auf dem Dach – ausgegangen werden.

Die Bundesregierung, die seit Dezember 2021 im Amt ist, hat mit dem neuen EEG („EEG 2023“) einen Plan beschlossen, wie der Ausbau in den kommenden Jahren vorangehen soll. Nachdem in Deutschland im Jahr 2021 Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von rund 5,7 Gigawatt neu installiert wurden, soll in den folgenden Jahren deutlich mehr gebaut werden:

Für 2022 lag der Zielwert bei 7 Gigawatt. Dieses Ziel wurde mit 7,4 Gigawatt sogar übertroffen.

Für 2023 ist ein Ausbau von

9 Gigawatt
geplant.

Ab 2026 sollen jedes Jahr

22 Gigawatt

Solarleistung neu installiert werden. Das ist mehr als viermal so viel als im Jahr 2021.

In der Solarbranche wird diskutiert, woher das benötigte Material kommen soll. Außerdem werden deutlich mehr Fachkräfte benötigt, die heute noch nicht zur Verfügung stehen. Hier sind große Aktivitäten im Bereich der Aus- und Weiterbildung notwendig.

Das Potenzial ist riesig: Von hundert Wohngebäuden in Deutschland war bis zum Jahresende 2020 nur auf elf Gebäuden schon eine Photovoltaikanlage montiert. Es gibt noch viele freie geeignete Dachflächen, die für die Solarstromerzeugung genutzt werden können.

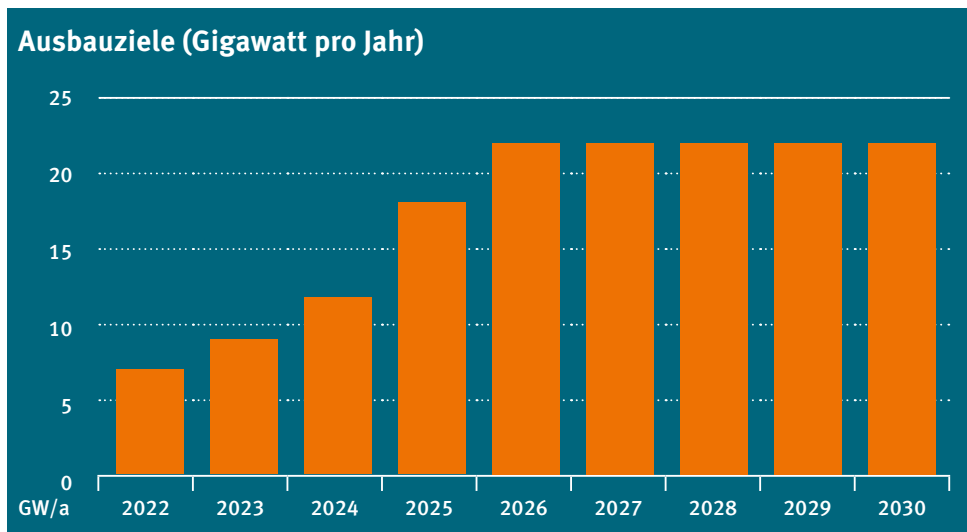


Abb. 4: In den kommenden Jahren soll der Zubau von Photovoltaikanlagen in Deutschland bis auf 22 Gigawatt pro Jahr gesteigert werden – so der Plan der Bundesregierung.

Verschiedene Motive lassen Menschen zu Solarstromerzeugern werden: Neben dem Klimaschutz und der wirtschaftlichen Attraktivität ist es oft auch der Wunsch nach mehr Unabhängigkeit, der das Interesse an Photovoltaik weckt. Auch die steigenden Stromkosten spielen eine Rolle. Solarstrom wird deshalb zukünftig ein selbstverständlicher Bestandteil eines Neubaus oder einer Dachsanierung sein.

Familie Fuchs will Solarstrom

Sonja und Peter Fuchs sind verheiratet und haben zwei Kinder im Alter von 11 und 14 Jahren. Sie wohnen in einem 30 Jahre alten, eigenen Einfamilienhaus mit ebenso alter Gasheizung irgendwo in einem Wohngebiet in Düsseldorf. Familie Fuchs möchte eine Photovoltaikanlage auf ihrem Haus installieren.



GUT ZU WISSEN

Kilowatt, Kilowatt peak oder Kilowattstunden?

Die **Anlagenleistung** einer Photovoltaikanlage wird üblicherweise in Kilowatt (kW) angegeben, 1 Kilowatt entspricht dabei 1.000 Watt. Bei Photovoltaikanlagen wird oft auf die Leistung der Solarmodule Bezug genommen. Für diese „installierte Leistung“ der Solarmodule wird gern der Zusatz „peak“ verwendet, abgekürzt mit einem „p“. Die Einheit lautet Kilowatt peak (kWp). Im folgenden Text wird zur besseren Lesbarkeit durchgängig auf den Zusatz „peak“ oder „p“ verzichtet.

Handelt es sich um eine **Energiemenge**, ist die gebräuchliche Einheit Kilowattstunden (kWh).

Besonders wichtig ist diese Unterscheidung bei **Batteriespeichern**. Diese haben sowohl eine Ausgangsleistung in Ki-

lowatt (kW) als auch eine Energiespeicherkapazität in Kilowattstunden (kWh). Eine Photovoltaikanlage erzeugt einen **Jahresertrag** in Kilowattstunden (kWh). Auf 1 Kilowatt Anlagenleistung bezogen wird dieser als **spezifischer Jahresertrag** in Kilowattstunden pro Kilowatt peak (kWh/kWp) angegeben. Mit dieser Größe können unterschiedlich große Anlagen verglichen werden.

Zur Einordnung: Photovoltaikanlagen auf Einfamilienhäusern haben Leistungen zwischen 3 und 20 Kilowatt, Batteriespeicher haben in der Regel eine Speicherkapazität zwischen 5 und 20 Kilowattstunden.

Spezifische Jahreserträge können bei rund 1.000 Kilowattstunden pro Kilowatt (kWh/kW) liegen.

Dürfen wir vorstellen: Familie Fuchs

Familie Fuchs wird uns in diesem Ratgeber mit ihrem Haus begleiten. An ihrem Beispiel werden wir viele Details rund um den Einsatz der Solarmodule erläutern.

Familie Fuchs fährt ein zwölf Jahre altes Auto, einen Kombi mit Dieselmotor, der in den kommenden Jahren durch ein kleineres Elektroauto ersetzt werden soll. Früher war

der große Kombi wichtig, doch nachdem die Kinder inzwischen größer sind, reicht der Familie zukünftig auch ein kleinerer Wagen. Peter Fuchs fährt mit dem Bus zur Arbeit, sodass das Auto hauptsächlich von Sonja Fuchs für ihren Weg zur Arbeit, für Einkäufe und für den Transport der Kinder zu ihren Freizeitaktivitäten genutzt wird. Sonja Fuchs

arbeitet halbtags rund 15 Kilometer von ihrem Haus entfernt.

Familie Fuchs hat ein wenig Geld gespart und möchte ihr Haus mit einer Photovoltaikanlage ausstatten. Sonja Fuchs denkt dabei an ihre Kinder, sie möchte ihnen eine gute Zukunft ermöglichen. Peter Fuchs denkt eher an die Familienkasse. Er ärgert sich über die hohen Stromkosten in der letzten Zeit. Sein Ziel: Er möchte mindestens die Hälfte seines Strombedarfs auf dem Dach selbst erzeugen, besser wäre aus seiner Sicht ein noch größerer Anteil. Er ist technikbegeistert und möchte die Stromerzeugungsdaten betrachten und auswerten. Auch ist er motiviert, einige kleine Gewohnheiten beim Stromverbrauch umzustellen, wenn er dadurch mehr Solarstrom selbst nutzen kann. Peter Fuchs überlegt außerdem, in zwei oder drei Jahren die alte Gasheizung des Hauses gegen eine moderne und umweltfreundliche Wärmepumpe auszutauschen.

Übersetzen wir das eben Beschriebene in konkrete technische Anforderungen an die neue Photovoltaikanlage von Familie Fuchs:

- Um möglichst viel Klimaschutz zu erreichen und möglichst viel Strom aus der Photovoltaikanlage zu gewinnen, sollte die Anlage möglichst groß sein. Das Dach soll also weitmöglichst mit Photovoltaikmodulen belegt werden.
- Um die Stromrechnung der Familie Fuchs zu reduzieren, muss es eine Eigenverbrauchsanlage sein. Dabei wird

der gewonnene Strom vom Dach zuerst weitgehend selbst verbraucht, nur die Überschüsse werden in das öffentliche Stromnetz eingespeist.

- Die Photovoltaikanlage kann mit einem Stromspeicher ausgestattet werden. Dieser kann Solarstrom auch abends und in der Nacht bereitstellen.
- Die Anlage soll darauf ausgelegt sein, auch eine spätere Wärmepumpenheizung zu steuern.
- Die Photovoltaikanlage soll in der Lage sein, eine Ladestation zum Laden eines Elektroautos zu unterstützen.
- Die Anlage muss mit einem Energiemanagement ausgestattet sein, um Geräte wie Wärmepumpe oder Ladestation steuern zu können. Auch die Erzeugungsdaten werden hier erfasst und können dann ausgewertet werden.

Randbedingungen des Verbrauchs

Für die Planung und Auslegung der Photovoltaikanlage ist wichtig zu analysieren, welchen Energieverbrauch Familie Fuchs derzeit hat. Dafür sollten die Planenden auf diese Werte schauen:

- den jährlichen Stromverbrauch in Kilowattstunden gemäß Stromrechnung,
- den Verbrauch der Gasheizung für Heizwärme und Warmwasser pro Jahr,
- den Dieserverbrauch des Autos pro Jahr.