

Editorial

Liebe Photovoltaik-Interessierte,

im Jahr 2022 wachte eine ganze Branche aus einem fast zehnjährigen Schlaf auf: Photovoltaikanlagen jeder Größe kamen schlagartig in der breiten Masse an. Nachdem Anfang der 2010er Jahre die Einspeisevergütung drastisch gesenkt worden war, entschieden sich nur noch wenige Unternehmen und private Hausbesitzer dafür. Aufgrund der hohen Preise in der Anfangsphase, während der 2000er- und frühen 2010er-Jahre, hatten sich Solaranlagen als teure Investition mit langer Amortisationszeit in den Köpfen eingebrannt. Kleine Anlagen ohne Abnahme durch Elektriker selbst anzuschließen, war bis 2019 auch nicht erlaubt. Bevor sich der Begriff „Balkonkraftwerk“ durchsetzte, nannte man solche Anlagen deshalb auch „Guerilla-PV“.

Ich muss gestehen, dass ich bis 2022 Hemmungen hatte, über das Thema Balkonkraftwerke zu schreiben. 2013 hatte mein Kollege Christof Windeck das erste Mal ein Balkonkraftwerk getestet – und mir von wütenden Lesermails berichtet. Wie könne man eine Erzeugungsanlage nur an der Steckdose anschließen? Das hat mich abgeschreckt.

Aber es waren auch die erschlagende Masse an Regularien und weitere Steine, die einem bei diesem Thema in den Weg gelegt wurden. Muss der Zählerschrank wirklich getauscht werden? Droht mir die Versorgungsabschaltung, wenn ich das Balkonkraftwerk nicht anmelde oder einen Schutzkontaktstecker verwende? Fragen, auf die ich keine sichere Antwort hatte, weshalb ich auch keinem unserer Leser aktiv zur Installation raten wollte. Kleinere und größere Balkonkraftwerke habe ich natürlich trotzdem gebaut – ohne es an die große Glocke zu hängen.

2022 änderte sich alles: Europa wurde gewaltsam aus dem Traum von günstiger Energie gerissen und musste lernen, dass es keine gute Idee ist, sich von einem Diktator und seinen Rohstoffen abhängig zu machen. Der darauffolgende Sturm auf Photovoltaikanlagen war beispiellos: Die Deutschen rissen sich nicht nur um Termine bei Solarinstallateuren, sondern räumten auch bei den Shops für Balkonkraftwerke die Lager leer. Regularien kümmern seitdem nur noch wenig.

Auch wir sind voll eingestiegen: Insbesondere mein Kollege Jan (jam) und ich haben 2022 so viele Anlagen gebaut wie nie zuvor. Vielen Verwandten, Freunden und Kollegen haben wir zu eigenen Balkonkraftwerken verholfen. Deshalb ist dieses Heft trotz aller Sachlichkeit auch ein sehr persönliches, denn das Thema ist für uns nicht nur irgendeines, das gerade Mode ist, sondern auch ein Hobby,

das viel Spaß macht, anderen eine Freude bereitet und etwas für die Energiewende tut. Wir haben 2022 viel gelernt und unsere Erfahrungen hier aufgeschrieben.

Wenn Sie dieses Heft in Händen halten, denken Sie vermutlich gerade selber über eine Photovoltaikinstallation nach. Gute Idee, denn ob auf dem Einfamilienhaus, am Balkon der Mietwohnung oder auf dem Geräteschuppen: Sonnenlicht gibt es genug, ungenutzte Flächen auch – und langsam entspannt sich auch der Markt für die Anlagen wieder. Insbesondere Balkonkraftwerke – sowohl Komponenten als auch Komplettsätze – sind wieder günstiger geworden.

Natürlich liefern wir keine passgenaue Schritt-für-Schritt-Anleitung für Ihr Projekt; das geht, mangels Einheitsdach, Einheitsbalkon und so weiter, auch gar nicht. Die folgenden Seiten fassen mit Fokus auf kleine Anlagen vielmehr das zusammen, was Sie für den Einstieg und die Planung eines Projekts wissen wollen: Was es mit Modulen und Wechselrichtern auf sich hat. Wie einfach es wirklich ist, ein Balkonkraftwerk mit 600 Watt in Betrieb zu nehmen – und ob sich das lohnt. Ist Ihr Dach größer, hilft das Grundlagenwissen aus diesem Heft bei Gesprächen mit einem Fachbetrieb. Und haben Sie gewusst, dass man große Teile der Arbeit selbst erledigen kann? Zumindest wenn man keine Angst davor hat, auf Dächer zu steigen.

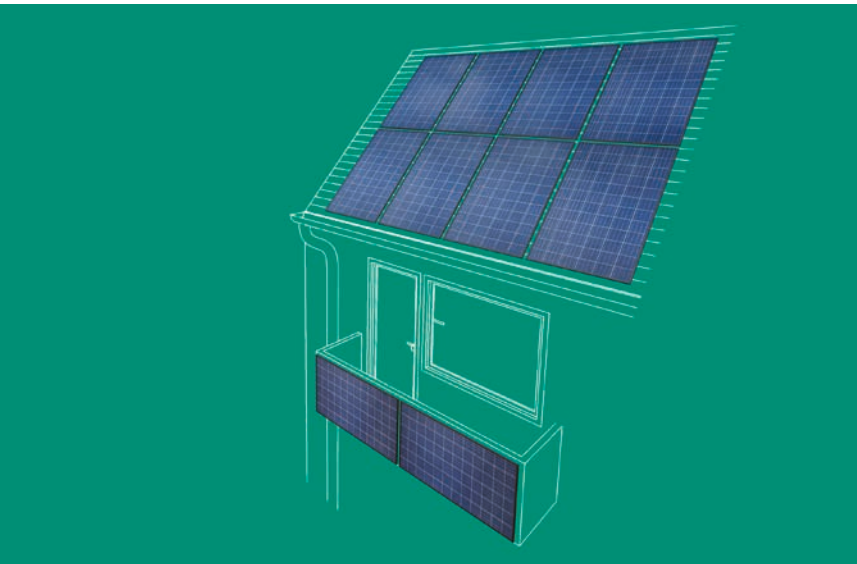
Andrijan Möcker

Andrijan Möcker



Zusammen mit Jan und Pina habe ich im Oktober 2022 dieses Dach mit Solarmodulen eingedeckt. Das Ergebnis finden Sie auf Seite 16.

Inhalt



PHOTOVOLTAIK FÜR ALLE

Etwas Grundwissen zu Solarkraftwerken hilft bei der Planung, auch wenn Ihre PV-Anlage ein Profi bauen soll. Je nach handwerklichem Geschick können Sie ihm dabei nicht nur auf die Finger schauen, sondern auch selbst mit anfassen. Hier fassen wir das Wichtigste zusammen.

- 8** Solarstrom für alle
- 16** PV auf dem Dach mit Eigenleistung
- 24** Solardachziegel: Kosten und Nutzen
- 32** Einfach erklärt: Solarwechselrichter



DAS EIGENE BALKONKRAFTWERK

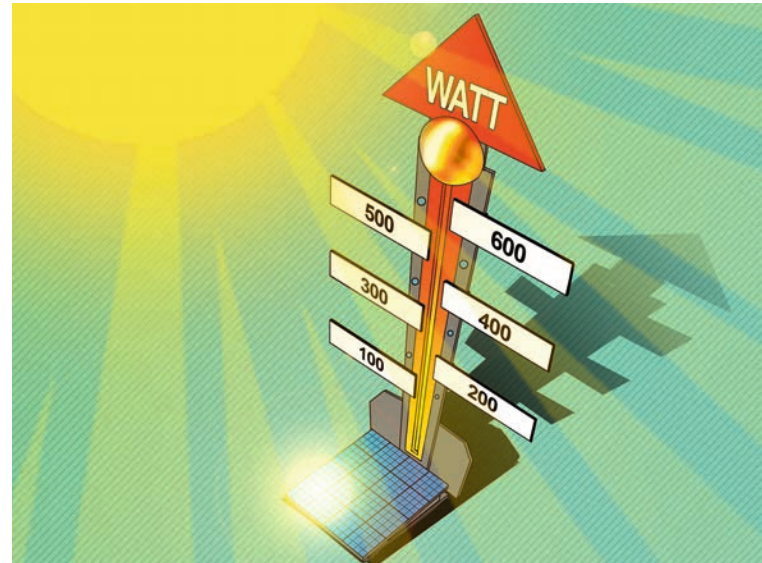
Kleine Photovoltaikanlagen selber zu bauen ist keine Magie. Unsere technischen Infos sind eine gute Basis, um sich selber ein Balkonkraftwerk zusammenzustellen.

- 38** Der Weg zum eigenen Balkonkraftwerk
- 48** Mikrowechselrichter kaufen und einsetzen
- 56** FAQ Balkonkraftwerke
- 62** Kommentar: Balkonkraftwerke bis 3 kWp - das fehlt der Energiewende

VERBRAUCH UND ERZEUGUNG IM BLICK

Wer ein Balkonkraftwerk hat, möchte auch sehen, was es leistet. Wir haben Tipps und Ideen für Ihre einfache Auswertung. Außerdem zeigen wir, wie Sie Ihren Stromzähler auslesen oder Smart Meter nachrüsten können.

- 64 Ertrag und Verbrauch messen und auswerten
- 70 Wechselrichter per OpenDTU überwachen
- 76 PV-Dashboard für OpenDTU
- 80 Grundwissen: Elektrischer Strom
- 90 Batteriespeicher für stabile Netze
- 98 Für wen sich Smart Meter lohnen
- 104 Zwischenzähler zur Verbrauchsmessung
- 114 Strommesser im Vergleichstest



ZUM HEFT

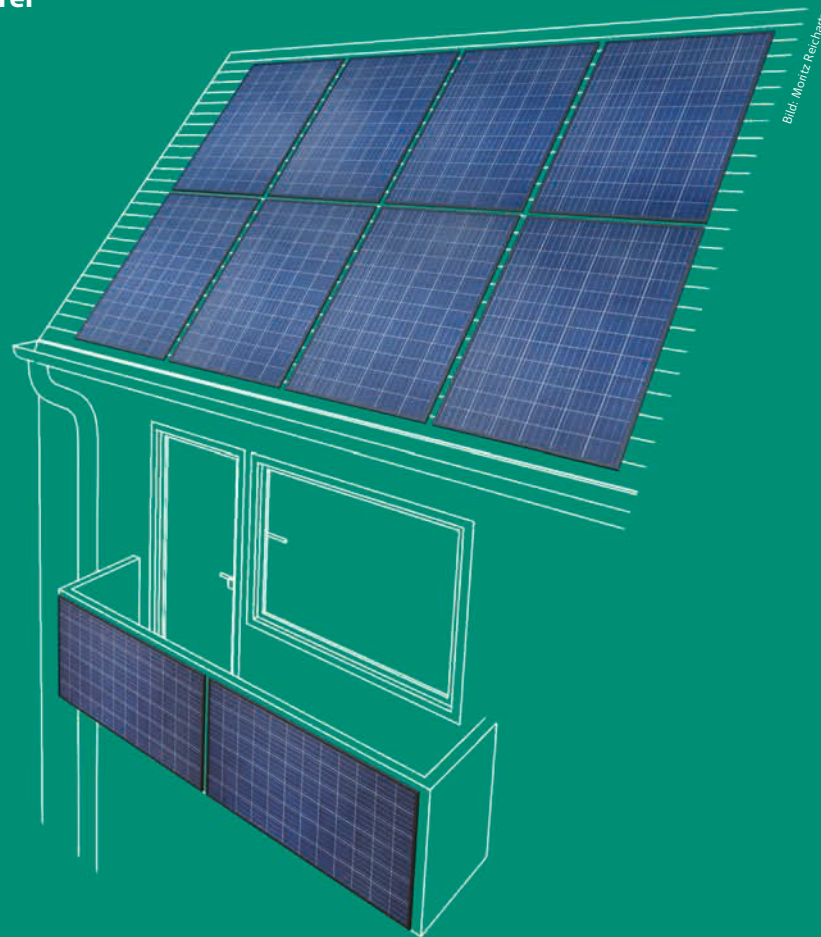
- 3 Editorial
- 103 Impressum
- 122 Vorschau: c't ChatGPT & Co.



Solarstrom für alle

Die Anschaffung einer Photovoltaikanlage lohnt sich immer. Doch aktuell ist es schwer, jemanden zu finden, der sie aufbaut. Warum also nicht selbst zum Installateur werden? Selber bauen ist nicht Ihr Ding? Hier lernen Sie auch alles Wissenswerte, um dem Profi auf die Finger zu schauen oder ihm Arbeit abzunehmen.

Von **Georg Schnurer**



Rahmenbedingungen für die eigene PV-Anlage	8
PV auf dem Dach mit Eigenleistung	16
Solardachziegel: Kosten und Nutzen	24
Einfach erklärt: Solarwechselrichter	32

Jetzt dürfte nahezu jeder Post vom Energieversorger bekommen haben: Der alte Tarif läuft aus und Strom wird teurer. Begründet wird das in der Regel mit gestiegenen Einkaufspreisen an den Strombörsen. Tatsächlich ist der mittlere Strompreis für Privathaushalte seit Oktober 2021 stark gestiegen. Zahlte man im Oktober 2021 noch durchschnittlich 32 Cent pro Kilowattstunde (ct/kWh), waren es im Mai 2022 bereits 39 ct/kWh und im Oktober 2022 folgte dann das Allzeithoch von 54 ct/kWh. Für Sparfüchse lautet das Gebot der Stunde: Preise vergleichen und Strom sparen. Ein Blick auf die Strompreisvergleichsportale gibt erste Orientierung, sollte aber nicht die einzige Basis für die Wahl des Stromlieferanten sein. Mitunter fehlen dort die Tarife der örtlichen Grundversorger, die inzwischen durchaus konkurrenzfähig sein können. Auch wichtig: Vertragslaufzeiten und Preisgarantien im Auge behalten und sich nicht von einmaligen Boni blenden lassen.

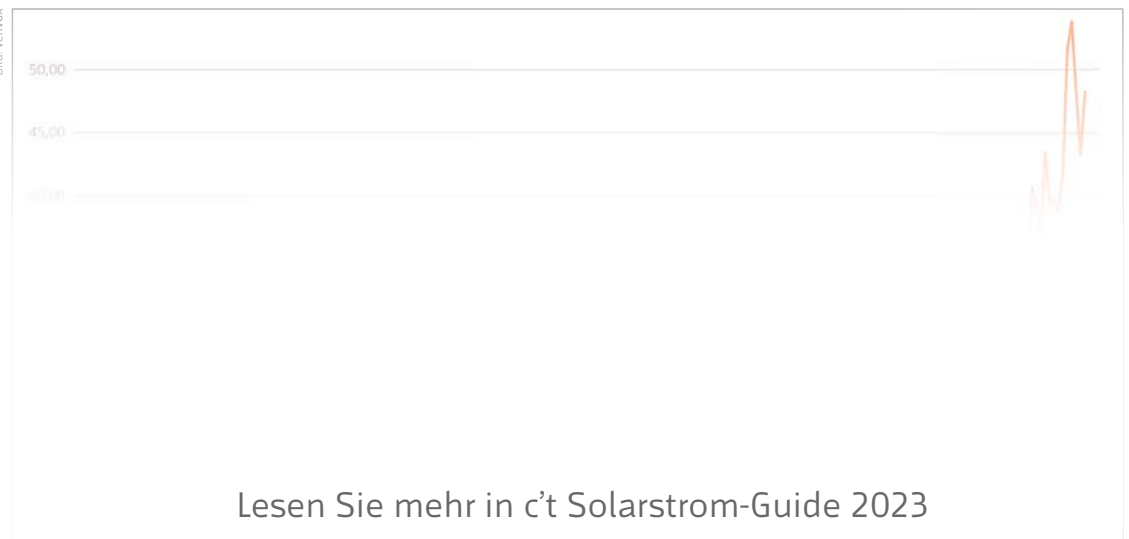
Meine Empfehlung für den Tarifwechsel in turbulenten Zeiten wäre ein Vertrag mit einer einjährigen Preisgarantie und idealerweise der gleichen Laufzeit. Kürzere Preisgarantien schützen nicht vor Kapriolen am Strommarkt. Längere Preisgarantien gibt es nur selten und man bezahlt dafür meist einen erheblichen Aufpreis. Tarife mit Vorkasse oder Kautions sollte man grundsätzlich meiden – die Vergangenheit hat gezeigt, dass das Geld weg ist, wenn der Anbieter plötzlich in die Pleite schlittert.

Eigener Strom

Nach der Tarifoptimierung lohnt es sich, über die Anschaffung einer eigenen Photovoltaikanlage nachzudenken. Das kann ein kleines Balkonkraftwerk, aber natürlich auch eine größere Anlage sein. Überall, wo die Sonne weitgehend ungehindert scheinen kann, lässt sich meist auch ein Solarpanel unterbringen. Ideal sind Flächen mit Südausrichtung, aber auch Dächer und Balkone mit Ost- oder West-Ausrichtung eignen sich fürs eigene Solarkraftwerk.

Sind passende Flächen verfügbar, folgt die Kosten-Nutzen-Analyse. Eine moderne PV-Anlage in Deutschland erzeugt übers Jahr gerechnet zwischen 800 und 1000 kWh pro installierter Nennleistung. Diese wird in der Einheit „kW Peak“ gemessen und in der PV-Szene physikalisch nicht korrekt als kWp abgekürzt. Ein typisches Balkonkraftwerk mit einer Nennleistung von 600 Wp sammelt in einem Jahr zwischen 480 und 600 kWh elektrischer Energie ein. Wird der Strom komplett im Haushalt verbraucht, entspricht das einer Jahresersparnis von 192 bis 240 Euro (Strompreis 40 ct/kWh). Ein Balkonkraftwerk besteht in der Regel aus zwei PV-Modulen für etwa 400 Euro. Hinzu kommt noch ein 600-Watt-Wechselrichter (120 bis 180 Euro) sowie Kabel und Installationsmaterial für etwa 80 Euro. Komplettsysteme werden für knapp 700 Euro angeboten. Die Investition in Höhe von 600 bis 700 Euro hat sich in zwei-

Bild: Verivox



Lesen Sie mehr in c't Solarstrom-Guide 2023

Der Weg zum eigenen Balkonkraftwerk

Kleine Photovoltaikanlagen können die Stromkosten kräftig drücken und die passende Hardware gibts steckerfertig. Doch vor dem Aufbau gilt es, einige Hürden zu überspringen – oder zu ignorieren. Wir liefern Ihnen das Grundwissen zu Technik und Recht.

Von **Jan Mahn und Andrijan Möcker**



Bild: Sebastian Müller

Mit Balkonkraftwerken Stromkosten senken	38
Mikrowechselrichter kaufen und einsetzen	48
FAQ Balkonkraftwerke	56
Kommentar: Das muss sich ändern	62

Kühlschrank, Router, Smart-Home-Steuerung, NAS, Raspis und Heimserver: Im Haushalt gibt es so einiges, das rund um die Uhr nach Strom lechzt. Wer dazu noch viel im Heimbüro arbeitet oder regelmäßig sein Elektrofahrrad lädt, dreht über das Jahr fleißig am Zähler. 2.828 Kilowattstunden (kWh) hat ein deutscher Haushalt laut Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) im Jahr 2021 durchschnittlich aus dem Netz bezogen.

Einen nicht zu unterschätzenden Anteil dessen machen Verbraucher aus, die rund um die Uhr vor sich hinwerkeln. Selbst in einer einfach ausgestatteten Wohnung kommen schnell 100 Watt zusammen, die sie zu jeder Tages- und Nachtzeit aus dem Netz bezieht. Im Jahr sammeln sich dann 875 Kilowattstunden an. Energie, für die man nach der letzten Preiserhöhungsrunde der Versorger bei 45 Cent pro Kilowattstunde knapp 400 Euro bezahlen muss.

Energie aus der Sonne

Dass Strompreise in nächster Zeit sinken, ist angesichts der weltpolitischen Lage eher unrealistisch. Die gute Nachricht: An Energie fehlt es auf dem Planet Erde wahrlich nicht. Von der Sonne kommen im Idealfall etwas über 1000 Watt auf jedem beschienenen Quadratmeter an. Die Photovoltaik – umgangssprachlich auch „Solarstrom“ genannt – erlaubt seit Jahrzehnten, diese Strahlung in elektrische

Energie umzuwandeln; massentaugliche Technik ist mittlerweile bei 23 Prozent Wirkungsgrad angekommen. Das klingt nicht herausragend, ist aber zu verschmerzen, weil der Energieträger Sonnenschein kostenlos und die Technik langlebig ist.

Jahrzehntelang war Photovoltaik nur etwas für Immobilienbesitzer – vorwiegend für solche mit großen, unbeschatteten Dächern, am besten Hallen oder Scheunen. Mieter sowie Besitzer von Eigentumswohnungen oder Häusern mit kleinen oder verwinkelten Dächern sowie Balkonen konnten dagegen nur neidisch zuschauen, wie andere von der solaren Energie profitierten. Eine kleine Anlage vom Fachbetrieb anschließen und anmelden zu lassen sowie ein Gewerbe für den Verkauf des Stroms anzumelden, lohnte nicht.

Im Jahr 2022, das sicher noch lange wegen der rapiden Energiepreissteigerungen in Erinnerung bleiben wird, erlebte deshalb eine Idee ihren Durchbruch, die vorher nur einer an Umweltschutz und Energiethemen interessierten Minderheit ein Begriff war: Das Balkonkraftwerk schaffte den Sprung aus der Nische in den Massenmarkt. Im Amtsdeutsch heißen die Geräte „steckerfertige Erzeugungsanlage“, anderen sind sie als Mini-PV oder Guerilla-PV bekannt.

Gemeint sind Photovoltaikanlagen mit einer maximalen Wechselrichterleistung von 600 Watt. Die Besonderheit: Anders als bei großen Anlagen braucht

Bild: Sebastian Müller



Lesen Sie mehr in c't Solarstrom-Guide 2023

Ertrag und Verbrauch messen und auswerten

Echtzeitauswertung der heimischen Sonnenstromproduktion bereitet nicht nur Freude über den Ertrag, sie hilft auch bei der Eigenverbrauchsmaximierung. Das beschleunigt die Amortisation. Von Messsteckdose bis Zwischenzähler: Diese Optionen haben Sie.

Von **Andrijan Möcker**

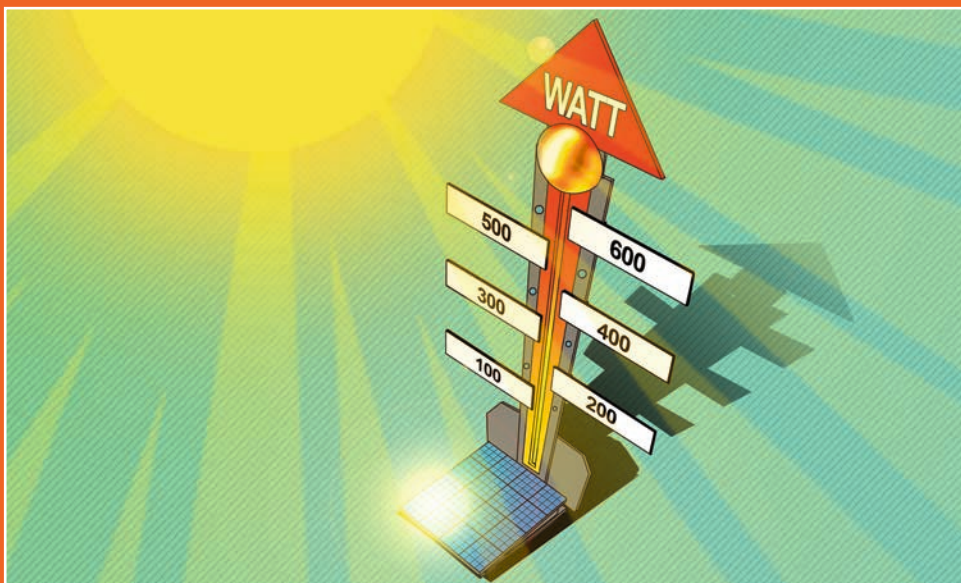


Bild: Thorsten Hübner

Ertrag und Verbrauch messen und auswerten	64
Wechselrichter per OpenDTU überwachen	70
PV-Dashboard für OpenDTU	76
Grundwissen: Elektrischer Strom	80
Batteriespeicher für stabile Netze	90
Für wen sich Smart Meter lohnen	98
Zwischenzähler zur Verbrauchsmessung	104
Strommesser im Vergleichstest	114

Damit sich Ihr Solarkraftwerk schnell bezahlt macht und dem Netzbetreiber nicht zu viel Strom schenkt, den Sie am Ende teuer wieder aus dem Netz einkaufen, sollten Sie Ihren Eigenverbrauch anpassen – also stromdurstige Geräte genau dann betreiben, wenn ihre Photovoltaikanlage am meisten produziert. Das geht am besten, wenn Sie Ihren Verbrauch, die Produktion des Balkonkraftwerks und den daraus resultierenden Überschuss genau kennen. Gleichzeitig erlaubt es Ihnen, den Tag zu feiern, an dem sich die Anlage amortisiert. Ab dann zapfen sie kostenlosen Sonnenstrom. Mit passender Software können Sie Schaltentscheidungen sogar automatisieren.

Zähler auslesen

Um den eigenen Verbrauch und den Überschuss genau zu ermitteln, braucht man eine Messmöglichkeit am Netzübergang, also am Stromzähler. Interessiert Sie ausschließlich die Produktion Ihres Balkonkraftwerks, können Sie im Abschnitt „Integrierte Messeinrichtungen“ weiterlesen.

Besitzen Sie bereits einen digitalen Stromzähler statt eines (mechanischen) Ferrariszählers mit Rücklaufsperrung, besteht die Chance, dass das Auslesen sehr einfach ist: Viele dieser Zähler haben eine DIN-EN-62056-21-Schnittstelle – eine serielle Schnittstelle, die mit Infrarotlicht arbeitet; sie besitzt in der Regel einen Metallring, sodass magnetische Lesköpfe daran haften. Erkennen kann man sie meist an der Beschriftung „Info Dss“ (Info Datenschnittstelle) und zwei nebeneinander sitzenden Öffnungen. Bei vielen Zählern ist sie bereits aktiv und wirft in kurzen Abständen den Zählerstand aus.

Um die aktuelle Wirkleistung zu erhalten, benötigt man bei nahezu allen Zählern eine PIN – diese erhält man vom Netzbetreiber entweder über ein Webformular oder eine formlose E-Mail mit Adresse und Zählernummer. Je nach Zähler muss man dann mit der PIN im Menü die erweiterten Informationen

App für 90 Euro; von Alpha-Omega gibt es den LoRaWAN-Adapter Klax, der in der IoT-Plattform Datacake integriert ist, allerdings nur alle paar Minuten sendet – er kostet 150 Euro.

Große Auswahl haben Sie, wenn Sie zu mehr als zu einer App-Installation bereit sind: Es gibt USB-Adapter, UART-Adapter mit Lötkontakten und WLAN-Lesköpfe. Viele herstellerunabhängige Smart-Home-Zentralen unterstützen gängige Datenformate bereits und nehmen diese an seriellen Schnittstellen entgegen. Los gehts ab etwa 15 Euro für UART-Adapter; die Adapter kommen entweder mit Lötstellen an der Platine oder offenen Kabelenden und arbeiten mit 3,3 oder (seltener) 5 Volt. Solange der Ausgangspegel 3,3 Volt nicht übersteigt, kann man sie direkt an günstige Mini-Rechner beziehungsweise Mikrocontroller wie den Raspberry Pi oder den ESP8266 anschließen. Wer sowieso plant, einen Raspberry Pi im Hutschienengehäuse in den Zählerschrank zu bringen, kann die Zählerschnittstelle kostengünstig direkt über die Pinleiste anklammern.

Fehlt der Lötkolben daheim, besorgt man sich ab etwa 22 Euro eine USB-Variante. Sie simuliert eine serielle Schnittstelle, die mit nahezu jedem Betriebssystem anstandslos zusammenspielt. Das ergibt auch Sinn, wenn bereits ein Server irgendwo im Schrank steht und Smart-Home-Aufgaben erledigt. Über USB-RJ45-Adapter verlängert man die Zuleitung



Lesen Sie mehr in c't Solarstrom-Guide 2023