

Bild: Rudolf A. Blaha

Sonnenspeicher

Photovoltaik-Batteriespeicher für private Haushalte

Solarstrom lohnt sich, wenn man ihn selbst produziert und verbraucht. Photovoltaik-Module sind vergleichsweise günstig und Akkus speichern tagsüber erzeugten Strom, damit ihn die Hausbewohner auch abends verbrauchen können: So sinkt die Stromrechnung um bis zu 80 Prozent.

Von Johannes Weniger

Die Kombination von Photovoltaik-Anlagen mit Batteriesystemen zur Stromversorgung von Wohngebäuden hat sich etabliert. In Deutschland wurden 2017 mehr als 30.000 Solarstromspeicher in privaten Haushalten installiert. Mittlerweile dominieren Lithiumakkus den Heimspeichermarkt. Zum Siegeszug der Solarstromspeicher hat die rasante Preisreduktion in den vergangenen Jahren beigetragen; eine Kilowattstunde Speicherkapazität kostet mittlerweile weniger als 1000 Euro.

Vergleichsweise billige Speicher und hohe Strompreise haben Markt und Technik bei Photovoltaik-(PV-)Anlagen komplett gewandelt. Noch vor wenigen Jahren

wurden PV-Dachanlagen aufgrund der attraktiven Einspeisevergütung fast ausschließlich zur Netzeinspeisung errichtet – also nicht, um den Strom gleich vor Ort selbst zu verbrauchen. Heute jedoch ist eine schlüsselfertige PV-Anlage fürs Eigenheim bereits für 1500 Euro pro Kilowatt peak (kWp) Spitzenleistung zu haben. Damit lässt sich Solarstrom vom eigenen Dach für unter 12 Cent pro Kilowattstunde (kWh) produzieren – und das über die nächsten 20 bis 30 Jahre. Für Strom aus dem öffentlichen Netz zahlen Privatsleute hingegen derzeit durchschnittlich 28 ct/kWh, Tendenz weiter steigend. Der Kostenvorteil von etwa 16 ct/kWh macht die „Solarisierung“ der häuslichen

Stromversorgung finanziell attraktiv; mancher sieht darin angesichts niedriger Kapitalmarktzinsen eine attraktive Geldanlage. Viele Menschen investieren aber auch aus ökologischer Überzeugung in hausgemachten Sonnenstrom.

Die direkte Versorgung elektrischer Verbraucher im gleichen Haushalt mit Solarstrom ist jedoch nur eingeschränkt möglich, weil sich die Zeitverläufe von Stromproduktion und -verbrauch unterscheiden: Die Sonne scheint mittags am stärksten, aber da sind die Hausbewohner bei der Arbeit oder in der Schule. In einem typischen Einfamilienhaushalt kann eine PV-Anlage üblicherweise nicht viel mehr als 30 Prozent des jährlichen Strombedarfs genau dann decken, wenn er anfällt. Eine Batterie als Energiepuffer löst diese Abhängigkeit teilweise und steigert so den Grad der Selbstversorgung (Autarkie). Das Batteriesystem speichert tagsüber anfallende Stromüberschüsse und gibt sie in den Abend- und Nachtstunden über die elektrische Installation im Haus an Verbraucher ab.

Nimmt man einen Vier-Personen-Haushalt mit dem üblichen Stromverbrauch von 4000 kWh im Jahr an, dann kann eine PV-Anlage mit 4 kWp rund 30 Prozent davon decken und ein 4-kWh-Solarspeicher weitere 26 Prozent. Damit deckt Strom vom eigenen Dach mehr als die Hälfte des Verbrauchs (56 Prozent). Diese Zahlen stammen aus Modellrech-

nungen der Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Berlin.

Grenzen der Eigenversorgung

Wer einen höheren Grad an Autarkie wünscht, muss genau kalkulieren: Ein überdimensionierter Speicher steigert den mittleren Strompreis und lohnt sich nicht mehr. Im Extremfall kippt die Ökobilanz ins Minus, denn die Produktion von Batterien benötigt Rohstoffe und Energie.

Den Einfluss der Spitzenleistung der PV-Anlage und der Batteriekapazität auf den Autarkiegrad zeigen Simulationsrechnungen. Bleibt die PV-Leistung unverändert bei 4 kWp, erhöht die Verdopplung der Speicherkapazität auf 8 kWh demnach den Autarkiegrad auf 66 Prozent – also lediglich um 10 Prozentpunkte. Der Grad der Autarkie wächst folglich nicht etwa linear mit der Speicherkapazität. Auch bei der Auslegung von PV-Batteriesystemen gilt folglich das Gesetz vom abnehmenden Grenznutzen: Mit zunehmender Speichergröße sinkt der zusätzlich erzielte Vorteil pro Kilowattstunde Speicherkapazität rapide.

Der Nutzen des Batteriespeichers hängt aber auch von der installierten PV-Spitzenleistung ab. Denn die Solarzellen können den Akku nur dann ordentlich füllen, wenn es genügend Stromüberschüsse gibt. Mit einer PV-Anlage kleiner als 3 kWp fallen im Modellhaushalt mit 4000 kWh/Jahr zu wenig Überschüsse an. Die Installation eines Batteriespeichers lohnt sich daher bei kleinen PV-Anlagen nicht.

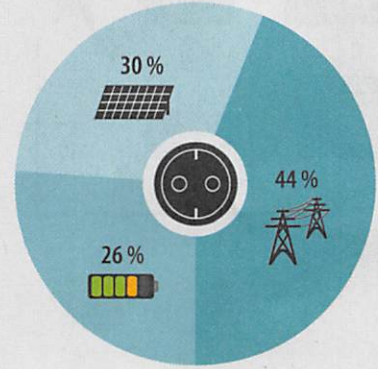
Wer möglichst unabhängig vom Energieversorger werden möchte, ohne seine alltäglichen Gewohnheiten deutlich zu verändern, muss zunächst die PV-Anlage möglichst groß auslegen. Bei einem jährlichen Strombedarf von 4000 kWh lässt sich mit 10 kWp von den Solarmodulen und 8 kWh aus dem Speicher der Autarkiegrad auf knapp 80 Prozent erhöhen. Mehr geht hierzulande kaum beziehungsweise erfordert unverhältnismäßig großen technischen Aufwand – aus einem einfachen Grund: In den Wintermonaten scheint die Sonne zu wenig. Will man im Winter nicht im Dunkeln sitzen, muss man sich von der vollständig autarken Stromversorgung mit einem PV-Batteriesystem verabschieden.

Systemkonzepte

Die Reise eines Elektrons von der Solarzelle über den Batteriespeicher bis zur

Selbstversorger

Ein PV-Batteriesystem mit 4 kWh Kapazität deckt im Verbund mit Solarmodulen mit 4 kWp Spitzenleistung mehr als die Hälfte des jährlichen Strombedarfs eines typischen Haushalts (4000 kWh).



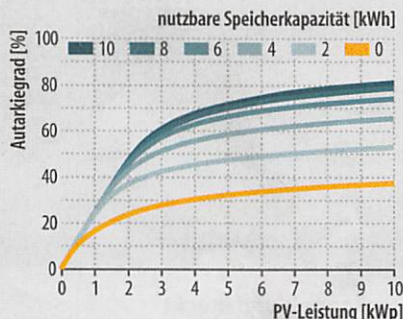
Steckdose fällt je nach Systemtopologie unterschiedlich aus. Namensgeber für die verschiedenen Konzepte sind die jeweiligen Verknüpfungspunkte, an denen der Batteriespeicher eingebunden ist. Am weitesten verbreitet sind PV-Batteriesysteme mit der sogenannten Wechselstrom-Kopplung (englisch Alternating Current, AC) und mit Gleichstrom-Kopplung (Direct Current, DC).

Bei AC-Systemen erfolgt die Batteriespeicherung über die Wechselstromseite. Die Solarmodule auf dem Dach sind dabei über einen konventionellen PV-Wechselrichter an das Wechselstromnetz des Gebäudes angeschlossen. Die Ladung und Entladung des Batteriespeichers erfolgt über einen separaten Batterieumrichter. Der entscheidende Vorteil dieser AC-Anbindung ist Flexibilität. Einerseits muss der Batteriespeicher nicht in unmittelbarer Nähe zum PV-Wechselrichter stehen. Andererseits kann man eine bestehende PV-Anlage mit AC-gekoppelten Systemen einfach um einen Batteriespeicher erweitern.

Bei DC-gekoppelten Systemen lässt sich hingegen die doppelte Umwandlung des Solarstroms zunächst in Wechselstrom und anschließend wieder in Gleichstrom umgehen. Hierzu ist der Batteriespeicher über einen bidirektionalen Laderegler am sogenannten DC-Zwischenkreis des Wechselrichters eingebunden. Man braucht also Kombigeräte, welche die komplette Leistungselektronik vereinen.

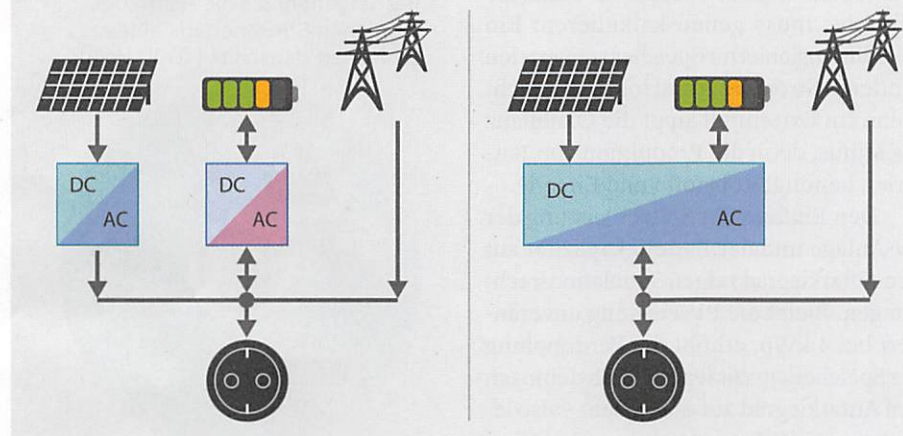
Autarkie und Batterie

Der Grad der Autarkie bei der Versorgung eines Wohngebäudes mit einem Jahresstrombedarf von 4000 kWh hängt von der Leistung der PV-Module und der Batteriekapazität ab; um mehr als 70 Prozent zu erreichen, ist viel Aufwand nötig.



Systemkonzepte für Solarspeicher

Bei AC-gekoppelten Speichersystemen (links) hat die Solarbatterie einen eigenen Wechselrichter. DC-gekoppelte Systeme haben eine kombinierte Elektronik, die in bestimmten Fällen effizienter sein kann.



DC-gekoppelte Systeme arbeiten im Idealfall effizienter als AC-gekoppelte – aber längst nicht immer. Je größer der Spannungsunterschied zwischen dem Batteriespeicher und dem DC-Zwischenkreis ist, desto stärker sinkt die Umwandlungseffizienz. DC-Systeme mit Hochvoltbatterien (Spannung größer 100 Volt) sind daher meist effizienter als DC-Systemlösungen mit Niedervoltbatterien (Spannung kleiner 60 Volt).

Wie effizient die DC-Kopplung in der Praxis ist, hängt auch stark von der Dimensionierung des Wechselrichters und den örtlichen Gegebenheiten ab. Die Umwandlungseffizienz während der Batterieentladung ist umso geringer, je größer der Wechselrichter ausgelegt ist. Besonders sollte man auf die Wirkungsgrade beim Entladen mit Teillast achten, weil der Batteriespeicher den Großteil der Energie am Abend und in der Nacht bei einem Leistungsbedarf von unter 600 Watt liefert. In Wohngebäuden mit einem sehr geringen Jahresstrombedarf von unter 2000 kWh und einer großen PV-Anlage von mehr als 8 kWp arbeiten DC-gekoppelte Systeme oft ineffizient.

Alternativ zur AC- und DC-Kopplung lässt sich der Batteriespeicher auch auf der Eingangsseite des PV-Wechselrichters einbinden. Der Speicher ist somit direkt über einen bidirektionalen Laderegler an den PV-Generator angeschlossen, wodurch im Ladebetrieb weniger Umwandlungsverluste anfallen. Des Weiteren lassen sich mit diesem Konzept sowohl der Solar- als auch der Batteriestrom über den

PV-Wechselrichter AC-seitig abgeben. Wie bei DC-gekoppelten Systemen kommen die Ladeeffizienzvorteile der PV-Generatorkopplung nur zum Tragen, wenn die Wechselrichter auch bei Schwachlast mit hohem Wirkungsgrad arbeiten. Welches das individuell optimale Systemkonzept ist, lässt sich nicht pauschal beantworten, sondern nur unter Berücksichtigung der Gegebenheiten vor Ort.

Große Kisten

Beim Speicherkauf sollte man sich die Angaben der Hersteller zur Speicherkapazität

näher anschauen. Entscheidend ist die Nettokapazität (nutzbare Kapazität), die oft unter der Bruttokapazität liegt. Für Einfamilienhäuser reichen Solarbatterien mit nutzbaren Speicherkapazitäten bis 10 kWh meist aus. Im Vergleich dazu speichert beispielsweise die Batterie im neuen Nissan Leaf 30 kWh, beim Tesla Model S sind es bis zu 100 kWh.

Manche Solarbatterien sind flach gebaut und lassen sich an eine stabile Wand hängen, andere haben die Abmessungen kleiner Kühlschränke. Bei 4 kWh muss man mit einem Gewicht von 50 bis 100 Kilogramm rechnen. Anders als Bleiakkus müssen moderne Lithiumbatterien nicht in speziell belüfteten Räumen stehen, empfehlenswert ist ein frostfreier und nicht zu warmer Keller- oder Nebenraum. Manche Solarbatterien haben Lüfter, bei anderen stecken welche in der Wandlerelektronik.

Installation und Anschluss einer Solarbatterie muss ein Fachmann erledigen. Dank ausgefeilter Überwachungselektronik gelten Solarbatterien als sicher. Man sollte aber die Bedingungen der Brand- und Gebäudeversicherungen genau klären. Einige Hersteller bewerben Zusatzfunktionen wie eine Notstromfunktion: Der Akku kann einen Ausfall des Stromnetzes überbrücken. Je nach Ladezustand der Solarbatterie und der aktuell abgeforderten Leistung ist die Überbrückungszeit aber kurz. Systeme mit sogenannter Inselnetzfähigkeit können in der Zeit aber auch



Die Solarbatterie Sonnen eco 8.0 arbeitet AC-gekoppelt und steckt in einem ansprechenden Gehäuse.

Hersteller von PV-Batteriesystemen (Auswahl)

AC-Kopplung	DC-Kopplung	PV-Generatorkopplung
IBC Solar	E3/DC	Solarwatt
SMA Solar (auch DC)	Fronius	
Sonnen	Kostal Solar	
Varta	LG Electronics	
	SolarEdge	

mit Strom von der Solaranlage nachgeladen werden.

Prinzipiell lässt sich auch ein Elektroauto aus der Solarbatterie laden, doch wie schon erwähnt, fassen die Akkus vieler E-Autos viel mehr Energie, als eine typische Solarbatterie liefern kann. Außerdem ist die Maximalleistung der AC-Wandler der Solarbatterie begrenzt, beispielsweise auf 2 bis 10 kW – zu wenig für eine Schnelllade-Wallbox.

Der Aufwand an Ressourcen und Energie zur Herstellung, zum Transport und zur Entsorgung einer Solarbatterie belastet die Umwelt. Durch die Verbesserung der Nutzung von Sonnenenergie wird die Umwelt aber wieder entlastet. Moderne

Lithium-Solarbatterien können daher ihren Herstellungsaufwand schon nach rund einem Jahr Nutzung wieder einspielen. Recycling kann das noch optimieren, etwa die Weiternutzung älterer Akkus aus Elektroautos in Großspeicheranwendungen.

Kosten sparen, Umwelt schonen

Solarstromspeicher können mehr, als nur den Kühlschrank oder die Waschmaschine versorgen. In Kombination mit einer Wärmepumpe und einem Elektrofahrzeug lässt sich durch das PV-Batteriesystem auch die eigene Wärmeversorgung und Mobilität klimaneutraler gestalten. Mit der Investition in diese Technologien kann man also auch einen persönlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten. (ciw@ct.de) **ct**

Johannes Weniger ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe Solarspeichersysteme an der Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Berlin.

**Unabhängigkeitsrechner
der HTW Berlin: ct.de/yy1b**

In fünf Schritten zum passenden Solar-Batteriesystem

Wer noch keine PV-Anlage hat, lässt sie vom Fachbetrieb unter Berücksichtigung der Gegebenheiten vor Ort planen. Pro kWp Spitzenleistung sind im Durchschnitt 5 bis 7 m² Dachfläche nötig. Die relativen Installationskosten in Euro pro Kilowattstunde sind umso geringer, je größer die Spitzenleistung der Anlage ist. Eine nachträgliche Erweiterung ist meist aufwendig und teuer. Außerdem bekommt man für ins Netz eingespeiste Überschüsse, die man selbst weder verbrauchen noch speichern kann, eine kostendeckende Vergütung. Daher sollte man alle geeigneten Dachflächen möglichst vollständig mit Solarmodulen belegen. Im zweiten Schritt nehmen Sie den Stromverbrauch Ihres Hauses unter die Lupe. Aus den Stromrechnungen der vergangenen Jahre lässt sich der mittlere jährliche Strombedarf bestimmen. Hinzu kommen geplante Änderungen, die man grob abschätzt: Wollen Sie eine Wärmepumpe oder ein Elektrofahrzeug kaufen? Wird sich die Anzahl der Bewohner ändern?

Nun lässt sich die nutzbare Kapazität des Batteriespeichers auslegen. Hilfreich

ist dabei der Unabhängigkeitsrechner der HTW Berlin unter ct.de/yy1b. Es gibt aber auch Faustformeln: Ein Batteriespeicher lohnt sich nur, falls die Nennleistung des PV-Systems den Wert von 0,75 kWp pro 1000 kWh Jahresstrombedarf überschreitet – sonst fallen zu wenige Überschüsse an, die sich speichern ließen. Ist das gegeben, sollte die Speicherkapazität aus energetischer Sicht 1 kWh pro 1 kWp betragen, jedenfalls nicht mehr als 1,5 kWh pro 1 kWp. Um bis zu 70 Prozent Autarkie zu erreichen, genügen 1,5 kWh Speicher pro 1000 kWh Jahresverbrauch.

Steht die gewünschte Speichergröße fest, sucht man einen geeigneten Anbieter – falls man sich mit den technischen Details auseinandersetzen möchte. Sonst empfiehlt sich wieder ein Fachberater. Allgemein sollten Sie Beratung und Angebote von mindestens zwei bis drei Fachbetrieben einholen. Vergleichen Sie außer dem Preis/Leistungsverhältnis auch die Effizienz, die zugesicherte Lebensdauer, Gewährleistung und Erhaltung.

Starte neu durch!

Nutze deine Chance und
finde die besten IT-Jobs.



www.heise-jobs.de

**heise
jobs**