

Fachbeitrag aus GEB 08/2021
 > www.geb-info.de <

Ein Monteur installiert in einem energieautarken Einfamilienhaus einen Blei-Gel-Speicher, der auch das familieneigene Elektroauto lädt.



Bild: BSW/Bormann

Platz für die Sonne finden

FAUSTREGELN FÜR PV-SPEICHER Bei der Auslegung eines PV-Speichersystems kommen viele Fragen auf: Wie wähle ich die passende Speicherkapazität? Was ist die optimale Speicherleistung? Welche Dimensionierungsfaktoren spielen eine Rolle? Antworten liefert die Berliner Hochschule für Technik und Wirtschaft in ihrer Stromspeicher-Inspektion 2021. Wie Sie eine sinnvolle Speichergröße finden, erklärt der Beitrag. Isabel Lawaczek, Nico Orth, Johannes Weniger

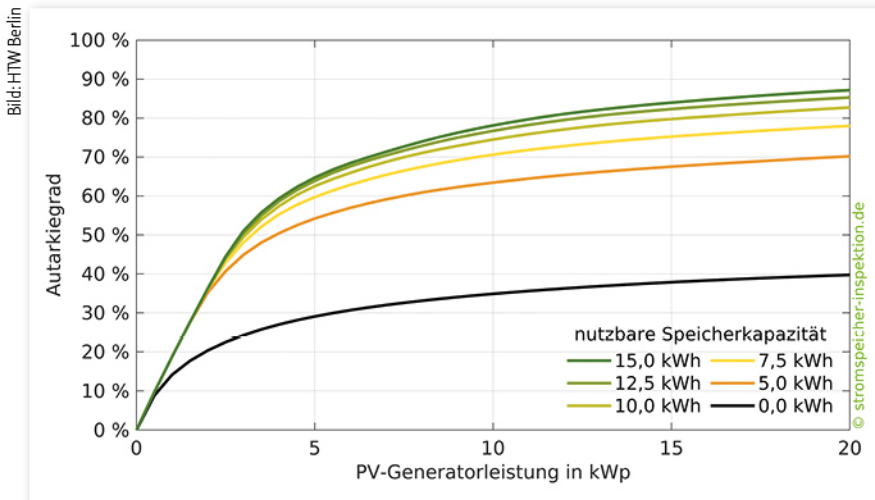
□ So viel ist klar: Ist die eigene PV-Anlage im Verhältnis zum jährlichen Strombedarf zu klein dimensioniert, stehen nur wenige Solarstromüberschüsse für eine mögliche Zwischenspeicherung zur Verfügung. Der Nutzen eines Speichersystems fällt in diesem Fall aufgrund seines geringen Energieumsatzes sehr begrenzt aus. Damit ein Speicher wirken kann, sollte die PV-Leistung mindestens $0,5 \text{ kW}_p$ je 1000 kWh/a Stromverbrauch betragen. In Einfamilienhäusern mit einem Stromverbrauch von 5000 kWh/a sollte ein Speicher erst zum Einsatz kommen, wenn die PV-Leistung $2,5 \text{ kW}_p$ übersteigt.

Speicher sinnvoll dimensionieren

Neben der Größe der PV-Anlage beeinflusst die nutzbare Speicherkapazität den sogenannten Autarkiegrad. Die häufig als Eigenversorgungsanteil bezeichnete Größe setzt den Direktverbrauch zzgl. der Batterieentladung ins Verhältnis zum

jährlichen Stromverbrauch. Der in Abb. 1 beispielhaft betrachtete Haushalt mit einem durchschnittlichen Strombedarf von 5010 kWh/a kann mit einer 10-kW_p -PV-Anlage in Kombination mit einem 5-kWh -Batteriespeicher einen Autarkiegrad von 63% erreichen. Ist der Batteriespeicher doppelt so groß, steigt der Autarkiegrad auf 74%. Eine zusätzliche Vergrößerung des Batteriespeichers auf 15 kWh würde den Autarkiegrad jedoch lediglich um weitere vier Prozentpunkte steigern. Danach nimmt der Autarkiegrad mit jeder zusätzlichen kWh Speicherkapazität nur noch geringfügig zu.

Das lässt sich auf die Tatsache zurückführen, dass Batteriespeicher in Privathaushalten vorrangig die tageszeitlichen Unterschiede zwischen der Solarstromerzeugung und dem Stromverbrauch ausgleichen. In Wohngebäuden fällt im Mittel etwa die Hälfte des Stromverbrauchs in den Abend- und Nachtstunden an: rund $1,5 \text{ kWh}$ je 1000 kWh/a . Übersteigt die nutzbare



1 Einfluss der PV-Leistung und der Speicherkapazität auf die Eigenversorgung eines Haushalts bei einem Stromverbrauch von 5010 kWh/a

Speicherkapazität diesen Wert, erhöht sich der Autarkiegrad nur noch vergleichsweise wenig. In dem dargestellten Beispiel tritt der Fall ab ca. 7,5 kWh Speicherkapazität ein.

Generell gilt: Eine zu große Dimensionierung des Speichers ist weder aus energetischen, ökonomischen noch ökologischen Gesichtspunkten sinnvoll. Ein größerer Speicher bedeutet schließlich höhere Kosten und einen höheren Ressourcenverbrauch.

Welche Speicherleistung es braucht

Mit der Speicherleistung verhält es sich ähnlich wie mit der Kapazität. Abb. 2 stellt den für verschiedene spezifische Speicherleistungen ermittelten Autarkiegrad dar. Lässt sich beispielsweise ein 5-kWh-Batteriespeicher mit maximal 3 kW be- und entladen, beträgt das Verhältnis der Speicherleistung zur nutzbaren Speicherkapazität 0,6 kW/kWh. Aus dieser spezifischen Speicherleistung resultiert je nach Speicherkapazität ein Autarkiegrad von 63,4 % (5 kWh) bzw. 70,6 % (7,5 kWh).

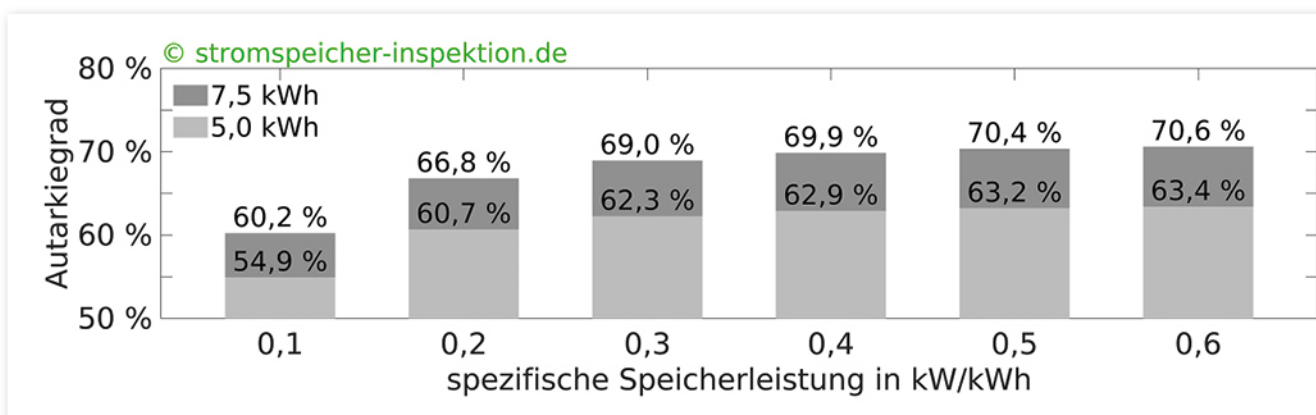
Ist die Lade- und Entladeleistung des Batteriesystems auf 0,4 kW/kWh beschränkt, sinkt der Autarkiegrad um weniger als einen Prozentpunkt. Erst ab Speicherleistungen unter 0,3 kW/kWh wird die Ladung und Entladung des Batteriespeichers stärker beeinträchtigt. In Wohngebäuden reicht daher

in den meisten Fällen eine Speicherleistung von etwa 0,5 kW/kWh Speicherkapazität aus.

Verbraucherverhalten beeinflusst Autarkiegrad

Für eine optimale Speicherauslegung bzw. für eine hohe Eigenversorgung gilt es, eine Reihe weiterer Faktoren zu berücksichtigen. Während die Anwesenheitszeiten und Aktivitäten der BewohnerInnen vornehmlich den tageszeitlichen Verlauf des Lastgangs eines Haushalts bestimmen, definieren Verbrauchsgeräte wie z.B. eine Wärmepumpe oder eine Klimaanlage direkt die jahreszeitlichen Verbrauchsunterschiede.

Abb. 3 dokumentiert die Simulationsergebnisse von 92 Haushalten. Sie zeigen die Auswirkungen des unterschiedlichen Verbraucherverhaltens auf den Autarkiegrad. Jeder Haushalt wurde mit einer 10-kW_p-PV-Anlage und einem Batteriespeicher ausgestattet. Die nutzbare Speicherkapazität ist mit 1,5 kWh je 1000 kWh/a an den Stromverbrauch gekoppelt. Bei einem jährlichen Stromverbrauch von z.B. 3000 kWh/a



2 Autarkiegrad in Abhängigkeit vom Verhältnis der Speicherleistung zur Speicherkapazität bei einer PV-Leistung von 10 kW_p

GEB EDITION und GEB Dossier

Hinweise zu autarken oder nahezu autarken Versorgungskonzepten für elektrischen Strom, die auch die Elektromobilität einschließen, bietet unsere EDITION „Stromspeicher“:

<https://www.geb-info.de/stromspeicher/edition-stromspeicher>

Grundlegende Informationen zum Thema finden Sie auch in unserem Dossier Stromspeicher mit Beiträgen und News aus dem GEB:

<https://www.geb-info.de/themen/stromspeicher>

wurde der Batteriespeicher demnach mit 4,5 kWh dimensioniert. Die solarelektrische Eigenversorgung der Haushalte variiert zwischen 50 % und 86 %. Je geringer der Stromverbrauch ausfällt, desto höher ist in der Regel der erreichbare Autarkiegrad.

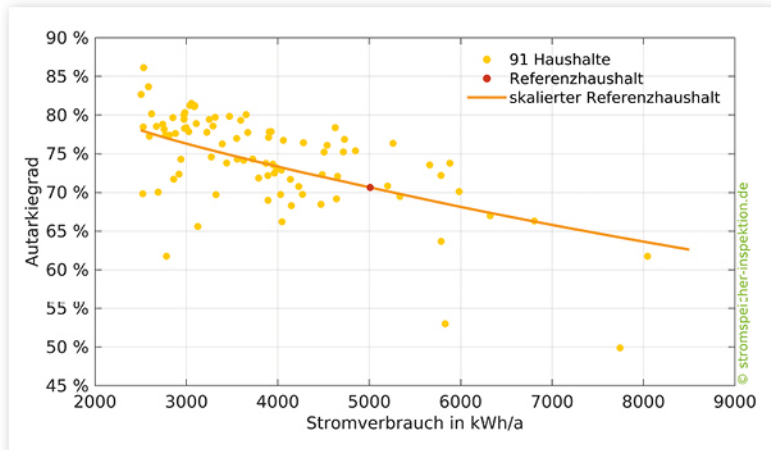
Allerdings sind selbst bei annähernd identischen Stromverbräuchen deutliche Unterschiede zu erkennen. So erzielt beispielsweise ein Haushalt mit einem Stromverbrauch von 2783 kWh/a einen um ca. 25 Prozentpunkte niedrigeren Autarkiegrad (62 %) als ein vergleichbarer Haushalt mit einem Stromverbrauch von 2532 kWh/a. Das Ergebnis lässt sich insbesondere auf die kurzen und hohen Lastspitzen des vorhandenen Durchlauferhitzers in den Morgenstunden zurückführen, die etwa ein Viertel des Jahresstromverbrauchs ausmachen.

Wie sich Wärmepumpen und Elektroautos auf den Autarkiegrad auswirken

Die Kombination eines PV-Batteriesystems mit einer Wärmepumpe gewinnt zunehmend an Bedeutung. Da Wärmepumpen den Stromverbrauch insbesondere im Winterhalbjahr erhöhen, fällt der Autarkiegrad tendenziell geringer aus. Mit steigendem Stromverbrauch der Wärmepumpe sinkt tendenziell auch der Autarkiegrad. Simulationsergebnisse zeigen, dass nutzbare Speicherkapazitäten oberhalb von 1,5 kWh je 1000 kWh/a Stromverbrauch in Haushalten mit Wärmepumpen den Autarkiegrad nur noch wenig steigern. Von einer Überdimensionierung ist daher abzuraten.

Generell gilt: Für eine hohe solare Deckung des Stromverbrauchs der Wärmepumpe sollte sie möglichst in Zeiten mit überschüssiger PV-Energie betrieben werden. Drehzahlgeregelte Inverter-Wärmepumpen können ihre elektrische Leistungsaufnahme an die zur Verfügung stehende überschüssige PV-Leistung anpassen. Sie sind deshalb in der Regel zu bevorzugen.

Vor immer mehr Haushalten parkt zudem ein Elektroauto. Es beeinflusst ebenfalls die solarelektrische Eigenversorgung. Der Beitrag eines PV-Systems zur Deckung des zusätzlichen elektrischen Energiebedarfs des Fahrzeugs ist in der Regel vom individuellen Fahrverhalten abhängig. Je größer die PV-Anlage, desto häufiger steht ausreichend Leistung zur solarelektrischen



3 Einfluss des Stromverbrauchs auf die solarelektrische Eigenversorgung von 92 Haushalten mit einer PV-Leistung von je 10 kW_p und einer Speicherkapazität von je 1,5 kWh je 1000 kWh/a

Versorgung des Elektroautos und des Haushalts zur Verfügung, wobei eine solargeführte Ladung von Vorteil ist.

Genau wie die Größe der PV-Anlage ist auch die Größe des Speichersystems von Bedeutung. Bis zu einer Speicherkapazität von ca. 1 kWh je 1000 kWh/a Stromverbrauch steigt der Autarkiegrad annähernd linear an. Bei Elektroautos mit solargeführter Ladung tritt spätestens ab einer Speicherkapazität von 1,5 kWh je 1000 kWh/a Stromverbrauch ein zunehmender Sättigungseffekt ein. Der Energiedurchsatz des Batteriesystems lässt sich mit größeren Speicherkapazitäten bei unveränderter PV-Generatorleistung kaum erhöhen. Wird das Elektroauto hingegen vornehmlich in den Abendstunden geladen, lässt sich ein größerer Batteriespeicher durchaus rechtfertigen.

PV-Speicher: Faustformeln und Daumenregeln

Folgende Anhaltspunkte helfen bei einer sinnvollen Speicherauslegung und vermeiden eine Überdimensionierung:

- Die PV-Leistung sollte mindestens 0,5 kW_p je 1000 kWh/a Stromverbrauch betragen.
- Die nutzbare Speicherkapazität ist auf maximal 1,5 kWh/kW_p PV-Leistung zu begrenzen.
- Die nutzbare Speicherkapazität ist an den Stromverbrauch anzupassen: maximal 1,5 kWh je 1000 kWh/a Stromverbrauch.

Der jeweils kleinere aus den Faustformeln resultierende Wert wird als Obergrenze für die nutzbare Speicherkapazität angesetzt.

Häufig wird eine nutzbare Speicherkapazität von 1 kWh/kW_p PV-Leistung empfohlen. Eine solche oder noch größere Speicherwahl ist jedoch nicht immer ratsam. Sie führt unter Umständen zu einer deutlichen Überdimensionierung des Batteriespeichers. Vielmehr sollte die zukünftige Änderung des Stromverbrauchs, z.B. aufgrund der Anschaffung von größeren elektrischen Verbrauchern, bei der Speicherauslegung berücksichtigt werden.

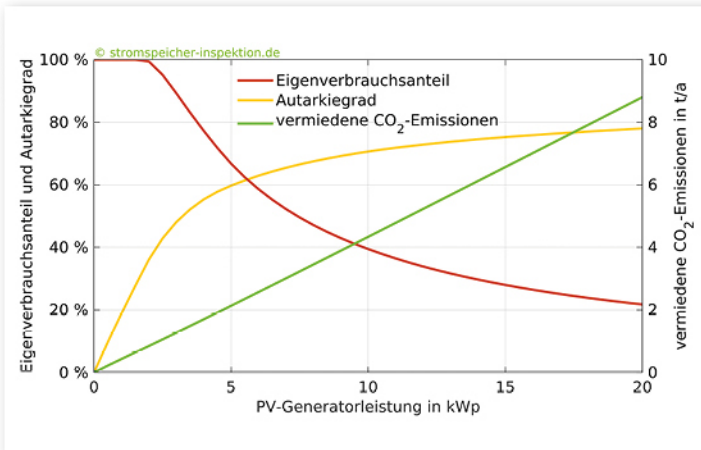
Auslegungsempfehlungen zur kostenoptimalen Speicherauslegung sind generell mit großen Unsicherheiten verbunden, da sich sowohl die Strompreisentwicklung als auch die Nutzungsdauer des Batteriespeichers nicht exakt vorhersagen lassen.

Die Studie der HTW Berlin

Neben weiteren Informationen zur Speicherauslegung bietet die Stromspeicherinspektion 2021 einen Vergleich der Energieeffizienz von 20 PV-Speichersystemen namhafter Hersteller. Zudem stellt sie sechs Technikrends vor. Sie finden die Studie unter: www.stromspeicher-inspektion.de



Bild: HTW Berlin



4 Einfluss der PV-Anlagen-größe auf den Autarkiegrad, den Eigenverbrauchsanteil und die vermiedenen CO₂-Emissionen bei einem Stromverbrauch von 5010 kWh/a und einer nutzbaren Speicherkapazität von 7,5 kWh

Auf die CO₂-Emissionen achten

Auf die Klimawirkung bezogen ist der ausschließliche Fokus auf den Autarkiegrad und den Eigenverbrauchsanteil bei der Dimensionierung von PV-Speichersystemen wenig sinnvoll. Vielmehr sollte der Beitrag zur Vermeidung von CO₂-Emissionen in den Mittelpunkt rücken. Eine PV-Anlage kann die CO₂-Emissionen in Deutschland jährlich um rund 0,4 bis 0,5 t/kW_p installierter Leistung senken.

In dem in **Abb. 4** betrachteten Beispiel mit einer PV-Generatorleistung von 10 kW_p summieren sich die vermiedenen CO₂-Emissionen auf 4,3 t/a. Bei einer PV-Leistung von 20 kW_p verdoppeln sie sich auf fast 9 t/a. Je größer die PV-Anlage, desto mehr Energie speist sie in das Netz, was wiederum die CO₂-Emissionen im deutschen Kraftwerkspark reduziert.

Kurz gesagt: Im Hinblick auf die persönliche CO₂-Bilanz bietet sich die Montage einer möglichst großen PV-Anlage an. Bei der dazugehörigen Speicherauswahl ist nicht nur auf eine sinnvolle Systemauslegung, sondern ebenso auf eine hohe Systemeffizienz zu achten. Sie wirkt sich auf die Netzeinspeisung und den Netzbezug aus und sollte bei der Auswahl nicht vernachlässigt werden. ■

Der Beitrag entstand im Forschungsprojekt „Bewertung der Performance von Stromspeichersystemen (Perform)“. Das Projekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie unter dem Förderkennzeichen 03EI3039A gefördert.

Isabel Lawaczeck, Nico Orth, Johannes Weniger

forschen an der Hochschule für Technik und Wirtschaft HTW Berlin zur effizienten Speicherung von Solarstrom.

<https://pvspeicher.htw-berlin.de>

