

## **Speicherauslegung in Zeiten aufkommender Elektromobilität**

*PV-Speichersysteme und Elektromobilität: Kommen Solarstromspeicher in Wohngebäuden mit Elektroautos zum Einsatz, wird häufig automatisch auf großzügig dimensionierte Batteriespeicher zurückgegriffen. Untersuchungen der HTW Berlin zeigen allerdings, dass in vielen Fällen stationäre Batteriespeicher mit einer Leistung von drei bis vier Kilowatt und Speicherkapazitäten um zehn Kilowattstunden ausreichend sind. Die Auswertung basiert auf 40 realen Profilen und Elektroautos.*

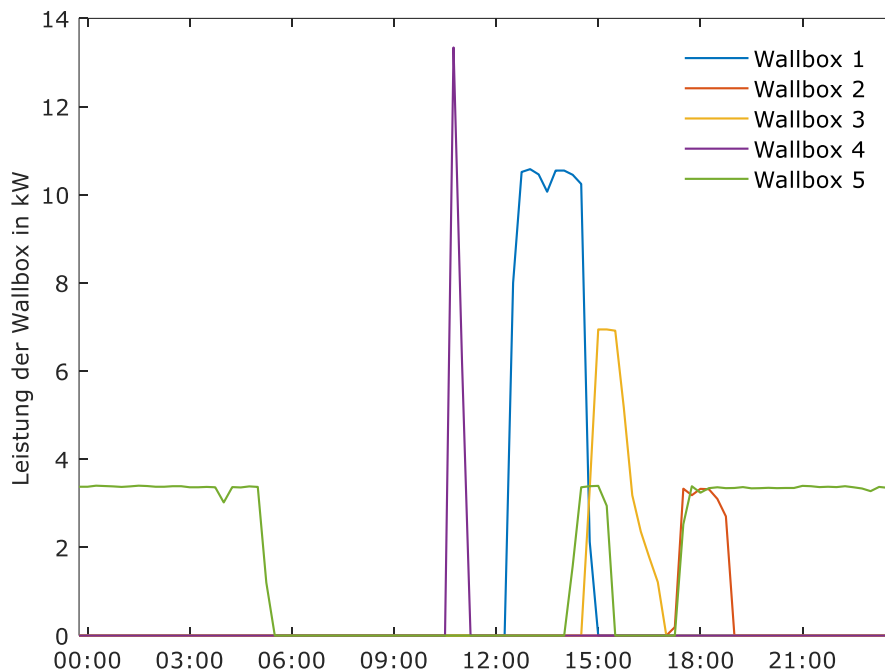
Jüngste Befragungen zeigen, dass Besitzer von Photovoltaikanlagen mit Speichersystem aufgeschlossener gegenüber Elektromobilität sind. Bislang sind zwar insgesamt noch wenig Elektroautos auf deutschen Straßen unterwegs, doch ihre Zahl wird in den kommenden Jahren weiter wachsen. Der Trend zur Kombination von PV-Speichersystemen mit privaten Elektroautos wirft dabei neue Fragen im Hinblick auf die passende Systemdimensionierung auf. Schließlich wird der zeitliche Verlauf des Stromverbrauchs in einem Gebäude nicht unwesentlich vom Ladeverhalten der Elektroautos bestimmt.

Die HTW Berlin hat Elektroauto-Profile von 40 Nutzern, die eine Photovoltaikanlage, einen Batteriespeicher und ein Elektroauto besitzen, ausgewertet, um Aussagen über eine passende Dimensionierung von Photovoltaik-Speichersystemen treffen zu können. Dabei kamen große Unterschiede in der Charakteristik der Profile zutage.

Auf der einen Seite beeinflusst die tägliche Fahrzeugnutzung den Zeitraum des Ladevorgangs (vgl. Abbildung 1). Wann und wie lange ein Elektroauto an der häuslichen Wandladestation geladen wird, fällt bei Pendlerfahrzeugen und Zweitwagen erwartungsgemäß unterschiedlich aus. Die zuvor zurückgelegte Strecke und Speicherkapazität des Fahrzeugs spiegelt sich schließlich in der erforderlichen Ladeenergie wieder.

### **Individuelles Ladeverhalten**

Auf der anderen Seite variiert die maximale Leistungsaufnahme je nach Fahrzeug - oftmals zwischen 3,7 und 22 Kilowatt (kW). Je höher die Ladeleistung ist, desto schneller lässt sich das Auto zwar nachladen. Allerdings sinkt dadurch in der Regel auch die Fähigkeit des PV-Speichersystems, den Strombedarf des Autos zu bedienen.



**Abbildung 1** Verlauf der Leistungsaufnahme von Wandladestationen in fünf unterschiedlichen Gebäuden an einem beispielhaften Tag: Je nach Wallbox variiert der Zeitraum der Ladung der Elektrofahrzeuge sowie die Höhe der Ladeleistung. Das unterschiedliche Ladeverhalten wirkt sich darauf aus, ob und wann ein PV-Speichersystem zur Versorgung der Elektrofahrzeuge beitragen kann.

Zum Zeitpunkt der Anlagenplanung ist es jedoch oftmals schwierig, das zukünftige Ladeverhalten der Elektroautos für die nächsten zwei Jahrzehnte vorherzusagen. Oft ist auch noch gar kein Elektroauto vorhanden. Daher kann es sinnvoll sein, in einem ersten Schritt bei der Dimensionierung des stationären Speichers auf Durchschnittswerte zurückzugreifen.

Um Auslegungsempfehlungen zu entwickeln, wurden unterschiedlich dimensionierte PV-Speichersysteme in einem Wohngebäude mit 40 unterschiedlichen Wallbox-Ladeprofilen simuliert. Je nach Wallbox wurden zwischen 200 und 5700 Kilowattstunden pro Jahr (kWh/a), im Mittel 2700 kWh/a, bezogen. Wird der Verbrauch der Fahrzeuge näherungsweise mit 20 kWh pro 100 Kilometer angesetzt, entspricht dies einer mittleren Fahrleistung von 13500 Kilometern jährlich. Zu erwähnen ist, dass zum Teil unterschiedliche Elektroautos an einer Wallbox betankt wurden. Wie häufig die Fahrzeuge an anderen Standorten betankt wurden ist unbekannt. Da der Haushaltsverbrauch mit 4000 kWh/a angesetzt wurde, ergibt sich ein mittlerer Gesamtverbrauch inklusive Elektroauto von 6700 kWh/a.

## Die Frage nach der Bewertungsgröße

Abbildung 2 zeigt die Berechnungsergebnisse für ein PV-Speichersystem mit einer PV-Nennleistung von 10 kWp. Dargestellt ist der jahresmittlere Autarkiegrad des Gebäudes, der sich im Durchschnitt unter Berücksichtigung der 40 unterschiedlichen Ladeprofile ergibt. Hierzu wurde die gemeinsame Deckung des Haushalts- und Autostrombedarfs durch das jeweilige PV-Speichersystem ermittelt. Den Beitrag des PV-Speichers zur Auto- und Haushaltsstromversorgung separat auszuweisen, ist dagegen fraglich. Denn unter Umständen führt die Beladung des Elektroautos durch den Batteriespeicher am Abend dazu, dass in den Nachtstunden weniger Batterieenergie für die Verbraucher im Haus verfügbar ist. Wird der Autarkiegrad auf den Gesamtverbrauch inklusive der Ladeenergie des Elektroautos bezogen, treten solche erklärungsbedürftigen Effekte nicht auf.

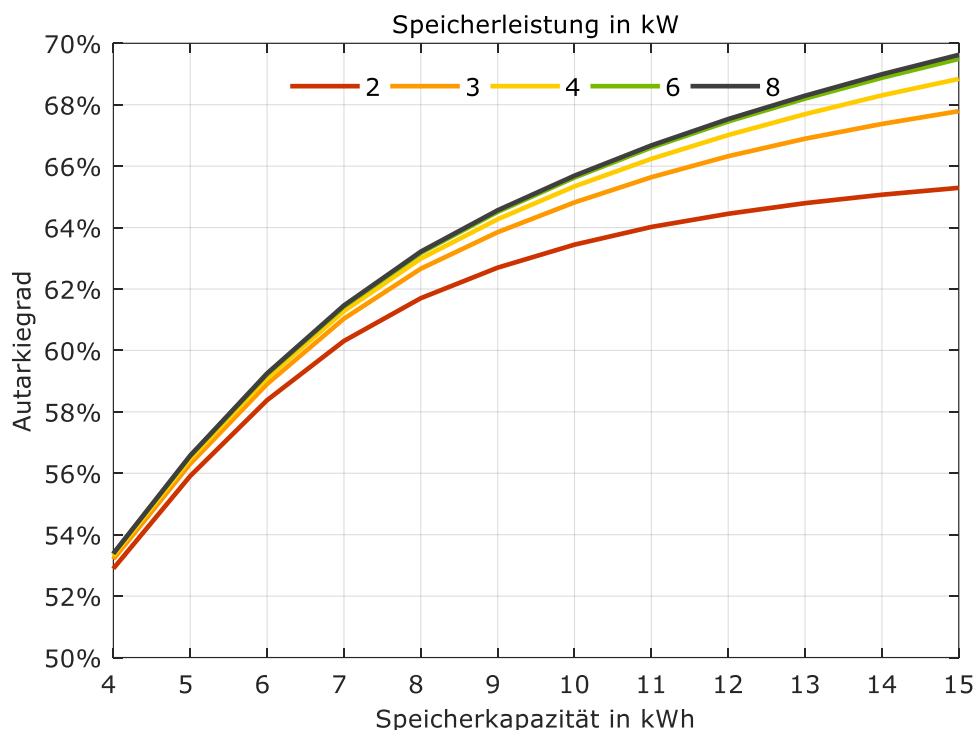
## Erzielbare Eigenversorgung mit Elektroauto

Ohne Batteriespeicher lässt sich durch eine 10-kWp-PV-Anlage durchschnittlich ein Autarkiegrad von 34 Prozent erzielen. Bereits mit einer nutzbaren Speicherkapazität von 4 kWh wird immerhin mehr als die Hälfte des Verbrauchs durch das PV-Speichersystem gedeckt. Wie Abbildung 2 zeigt, spielt mit zunehmender Speicherkapazität auch die Nennleistung des Batteriesystems eine Rolle. Der Grund hierfür ist einfach: Je größer der Batteriespeicher, desto eher ist er in der Lage, einen relevanten Beitrag zur Deckung der Lastspitzen zu leisten. Das geht jedoch nur, wenn die maximale Leistung des Speichers den Vorgang nicht zu sehr beschränkt.

## 3 kW Speicherleistung oft ausreichend

Mit einer Speicherleistung von 3 kW und Kapazitäten um 10 kWh lassen sich durchschnittlich Autarkiegrade von rund 65 Prozent erzielen. Je nach Elektroauto-Profil variiert der Autarkiegrad bei dieser Systemkonfiguration zwischen 42 und 82 Prozent. Eine Verdopplung der Speicherleistung auf 6 kW würde im Mittel den Autarkiegrad nur um gut einen Prozentpunkt steigern. Der Vorteil von sehr großen Speicherleistungen hält sich somit in Grenzen. Gegenüber einem Speichersystem mit 3 kW kann ein System mit 6 kW zwar besser zur Deckung der abendlichen Lastspitzen beitragen. Allerdings ist es dadurch bei gleicher Speicherkapazität auch schneller entladen. Unter Umständen verringert die höhere Speicherleistung dann den Netzbezug nicht mehr als ein System mit geringerer Speicherleistung. Ob es dazu kommt, hängt vom zeitlichen Verlauf der Leistungsflüsse sowie der Systemdimensionierung ab.

Auf die Kapazitätsdimensionierung hat auch die pro Ladevorgang aufgenommene Energie einen Einfluss. Bei dem Großteil der Ladevorgänge werden bei durchschnittlichem Fahrverhalten nur wenige Kilowattstunden in das Fahrzeug geladen. Mit Speicherkapazitäten oberhalb von 10 kWh lässt sich der Autarkiegrad zwar weiter steigern, allerdings wird auch der Nutzen jeder weiteren Kilowattstunde immer geringer.



**Abbildung 2** Einfluss der Dimensionierung des Batteriesystems auf den mittleren Autarkiegrad eines Wohngebäudes mit 40 unterschiedlichen Elektroauto-Ladeprofilen (Simulationsannahmen: PV-Leistung 10 kWp, Haushaltsstromverbrauch ca. 4000 kWh/a, mittlerer Stromverbrauch der 40 Wandladestationen ca. 2700 kWh/a). Bereits mit einer Speicherkapazität von 10 kWh und einer Speicherleistung von 3 kW lassen sich durchschnittlich mehr als 60% des Strombedarfs des Haushalts inkl. der Wallbox durch direkt genutzten oder zwischengespeicherten Solarstrom decken. Eine weitere Vergrößerung des Speichersystems steigert den jahresmittleren Autarkiegrad häufig nur noch in einem geringen Maße.

Ganz außer Acht sollte man die Option, die Ladeleistung des Elektroautos an die verfügbare Solarleistung anzupassen, auch nicht lassen. Oft lässt sich durch Herabsetzung der Ladeleistung des Elektroautos oder durch intelligente Ladestrategien der Autarkiegrad zusätzlich steigern. Der Bedarf nach flexiblen Energiemanagementlösungen, die sich einfach um Elektroautos erweitern lassen und geänderte Nutzungsgewohnheiten in den Verbrauchsprognosen berücksichtigen, wird somit zukünftig weiter steigen.

## **Speicher-Überdimensionierung hinterfragen**

Ist das Elektroauto vollgeladen, wird der Speicher in der Nacht zur Versorgung der Grundlast im Haus häufig nur mit wenigen hundert Watt entladen. Bei der Wahl der Leistungselektronik für das Speichersystem sollte man daher auch die Teillastwirkungsgrade im Blick behalten.

Je höher die Nennleistung eines Wechselrichters ist, desto geringer ist der Umwandlungswirkungsgrad bei einer Entladeleistung von 500 W oder weniger. Was nützt es, wenn zwar Lastspitzen des Elektroautos durch eine hohe Speicherleistung bedient werden, in Zeiten ohne Ladung des Elektroautos jedoch überhöhte Umwandlungsverluste anfallen.

Zudem stellt sich die Frage, ob ein um wenige Prozentpunkte höherer Autarkiegrad den höheren Energie- und Materialaufwand von überdimensionierten Batteriespeichern rechtfertigt. Auf die CO<sub>2</sub>-Bilanz und den Ressourcenverbrauch wirken sich sinnvoll dimensionierte Speichersysteme jedenfalls positiv aus.

## **Autoren**

Johannes Weniger, Nico Orth, Selina Maier, Volker Quaschnig

Forschungsgruppe Solarspeichersysteme

Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Berlin

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

## **Danksagung**

Dieser Beitrag entstand im Forschungsprojekt „Bewertung und Optimierung der Energieeffizienz von Photovoltaik-Batteriesystemen (EffiBat)“. Das Projekt wird gefördert mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt.