

Mein Haus, meine Solaranlage, mein Elektroauto

Den eigenen Strom auf dem Dach erzeugen und damit das Haus versorgen und das Auto laden – auf den ersten Blick klingt das nach einer attraktiven Strategie. Bei der praktischen Umsetzung gibt es allerdings einiges zu bedenken



Die Tesla Powerwall 2 enthält einen PV-Wechselrichter und einen 14-kWh-Stromspeicher für die Versorgung des Hausnetzes und der Wallbox.

In vielen Ländern Europas erhielten Photovoltaik-(PV-)Anlagen früher eine rentable Einspeisevergütung – diese Zeiten sind vorbei. In Deutschland liegt die Vergütung inzwischen nur noch bei knapp der Hälfte des durchschnittlichen Netzstrompreises. Für die Anlagenbetreiber ist es daher ökonomisch sinnvoll, so viel Solarstrom wie möglich selbst zu verbrauchen und so den Strombezug aus dem Netz zu reduzieren. Da die Sonne allerdings nicht immer scheint und die Erzeugungs- und Verbrauchszeiten in einem typischen Haushalt zudem nicht deckungsgleich sind, liegen typische Eigenverbrauchsanteile und Autarkiegrade lediglich um die 30 Prozent, das heißt, jeweils 70 Prozent müssen nach wie vor eingespeist beziehungsweise aus dem Netz bezogen werden (siehe Kasten).

Verbessern lässt sich die heimische Energiebilanz nur, wenn man den Solarstrom in einer Batterie zwischenspeichert. Solche stationären Stromspeicher, meist auf Lithium-Ionen-Basis, werden seit einigen Jahren zunehmend in Kombination mit einer PV-Anlage installiert, obwohl sie sich, trotz kontinuierlich gesunkener Speicherkosten, bisher nur unter günstigen Bedingungen rechnen. Wer außer einer PV-Anlage auch ein Elektrofahrzeug sein Eigen nennt, dem eröffnen sich weitere Optionen: Bei strahlender Mittagssonne lädt man das Auto direkt mit dem eigenen Solarstrom und erhöht so den Eigenverbrauchsanteil; und wenn die Sonne nicht scheint, zum Beispiel abends, übernimmt die geladene Traktionsbatterie die Hausversorgung und senkt den Strombezug aus dem Netz. Eine nähere Betrachtung zeigt: Beide Szenarien sind prinzipiell möglich, treffen aber auf einige praktische Hürden.

Das Elektroauto als Verbraucher ...

Die Auswirkungen eines Elektroautos als zusätzlicher Stromverbraucher im Haushalt wurde im Jahr 2014 in einer Studie des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) untersucht. Betrachtet wurden die Verbräuche in vier Einfamilienhäusern mit PV-Anlage (ohne Speicher), wobei für die Autonutzung der Bewohner statistische Mobilitätsdaten zugrunde gelegt wurden. Es stellte sich heraus, dass sich der Autarkiegrad durch das Laden eines Elektroautos nicht signifikant verändert, nur der Eigenverbrauchsanteil lässt sich deutlich (in den untersuchten Haushalten um etwa ein Drittel) steigern. Voraussetzung war jeweils ein intelligentes Lademanagement, das den überschüssigen PV-Strom optimal für das Laden des Fahrzeugs nutzt.

Während im statistischen Allgemeinfall die Stromrechnung mit einem Elektromobil also kaum geringer ausfallen wird, erscheinen spezielle Nutzungsszenarien deutlich attraktiver. „Bei einem Rentnerhepaar wäre die Kombination aus PV und Elektroauto super“, sagt Volker Quaschnig, der sich als Professor an der Berliner Hochschule für Technik und

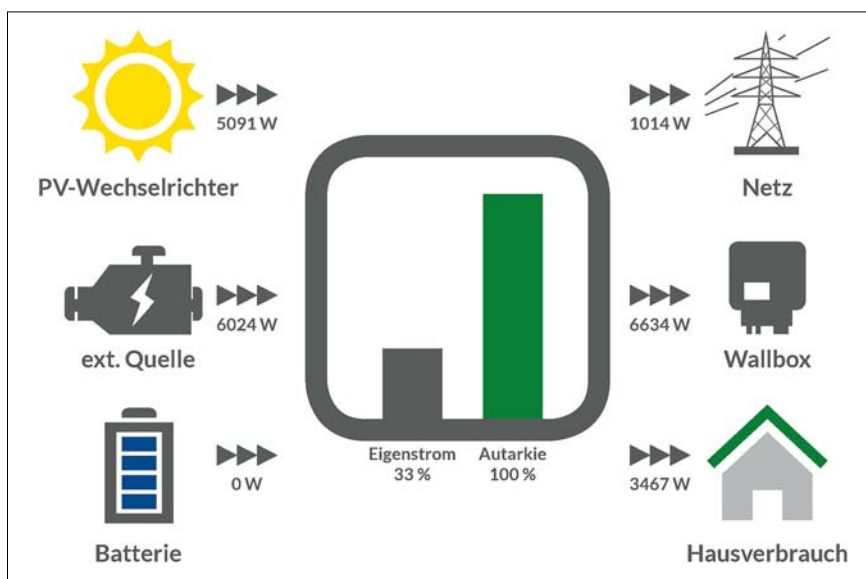
Ökonomisch sinnvoll ist, so viel Solarstrom wie möglich selbst zu verbrauchen und den Strombezug aus dem Netz zu reduzieren.

Wirtschaft (HTW) mit der Rentabilität von PV-Anlagen und Stromspeichern beschäftigt hat. Dasselbe gelte für einen elektrischen Zweitwagen, der auch dann vor dem Haus steht, wenn die Sonne scheint. Schwieriger sei es aber für Pendler, deren Auto tagsüber unterwegs ist. „Dann langweilt sich die PV-Anlage.“ Denn in dieser Zeit kann der erzeugte Solarstrom nicht in die Batterie eingelagert werden, und abends kommt das Elektroauto möglicherweise entladen zurück und muss aus dem Netz betankt werden. Das Laden mit PV-Strom wäre dann wiederum nur über einen zusätzlichen stationären Zwischenspeicher möglich.

Wer die Stromerzeugung aus einer PV-Anlage und das Laden eines Elektroautos in seinem Haushalt oder Betrieb kombinieren will, findet auf dem Markt inzwischen integrierte Systeme aus PV-Wechselrichter, Speicher und passender Wallbox, deren Energiemanagement für eine optimale Ausnutzung des Solarstroms sorgt – z. B. indem es das Auto bevorzugt dann lädt, wenn die Sonne scheint. In Deutschland werden solche Systeme unter anderem von den Herstellern E3/DC („S10 Hauskraftwerk“) und e8energy („DIVA“) angeboten, und auch Tesla ist inzwischen in das PV-Speichergeschäft eingestiegen. Eine Variante seiner „Powerwall 2“ für die hierzulande übliche dreiphasige Hausstromversorgung soll ab Anfang 2017 erhältlich sein.

... und als Stromspeicher

Die teuerste Komponente in einem solchen System bleibt der Speicher. Daher liegt die Frage nahe, ob die Traktionsbatterie des Elektromobils diesen nicht ganz oder teilweise ersetzen könnte. Theoretisch erscheint dies möglich, denn im Vergleich zu den vier bis sechs Kilowattstunden einer typischen stationären Batterie für ein Einfamilienhaus bieten aktuelle Elektrofahrzeuge ein Vielfaches an Kapazität – der Nissan Leaf 30 Kilowattstunden, der BMW i3 33, der Renault Zoe 41 und der Opel Ampera-e sogar 60. Selbst in einem Pendlerfahrzeug könnte also am Abend noch genügend Restkapazität vorhanden sein, um das Haus über Nacht zu versorgen und am nächsten Tag trotzdem noch bequem bis zum Arbeitsplatz zu kommen – wo man dann idealerweise wieder nachladen kann. Noch besser sähe es bei anderen Nutzungsszenarien (z. B. Heimarbeiter, Rentner, Zweitwagen) aus.



Im S10 Hauskraftwerk des Herstellers E3/DC wird die solare Stromerzeugung mit der Hausversorgung und der Ladung eines Elektroautos verknüpft. Grafik: E3/DC GmbH

Diese im Prinzip gute Idee wird zurzeit allerdings noch technisch ausgebremst. Denn die Funktion „Vehicle to Grid“ (V2G), also die Entnahme von Strom aus der Traktionsbatterie zur Einspeisung ins (Haus-)Netz, wird gegenwärtig nur von den japanischen Herstellern Nissan und Mitsubishi unterstützt. „Die meisten Hersteller erlauben keinen unkontrollierten Akku-Zugriff“, erklärt Stefan Büttner von Mitsubishi Motors Deutschland. Seiner Ansicht nach befürchten sie, dass die Fahrzeugbatterien durch die zusätzlichen Lade- und Entladezyklen im Eigenheim leiden, wofür dann die Herstellergarantie in Anspruch genommen würde. Büttner wendet seine Aussage gleich in ein Marketingversprechen für Mitsubishi: „Unsere Batterien sind so gut, dass wir das erlauben.“ Zum Beispiel könne das nächste Modell von Mitsubishi's Plug-in-Hybrid-Outlander nicht nur das Haus, sondern – über eine integrierte 230-Volt-Steckdose – auch gleich noch Elektrogeräte auf einem Wochenendausflug versorgen.

In Japan ist das V2G-Konzept schon seit einigen Jahren in der Praxis angekommen – allerdings vor einem anderen Hintergrund. Seit der Tsunami-Fukushima-Doppelkatastrophe im Jahr 2011 betrachtet man Elektroautos dort nicht nur als Verkehrsmittel, sondern auch als rollende Notstromversorgungen für das stark erdbebengefährdete Land. Schon seit 2012 sind in Japan bidirektionale Ladeboxen auf dem Markt, die diese Funktion ermöglichen. Für Europäer ist die Notstromversorgung kaum ein Thema – jedenfalls bisher: „Irgendwann werden wir auch hier den ersten größeren Blackout haben, dann ist die Nachfrage schlagartig da“, ist sich HTW-Professor Volker Quaschnig sicher.

Bidirektionales Laden ist kein technisches Problem

Auch in Europa gab es schon einige Pilotprojekte mit bidirektionalen Ladestationen, aber das erste kompakte Serienprodukt folgt erst jetzt: Der Hamburger Hersteller e8energy hat



Das neueste Modell des Mitsubishi Outlander erlaubt bidirektionales Laden.

**Vehicle2Grid:
ein Konzept,
das in Japan
schon seit
einigen Jahren
in der Praxis
angekommen
ist**

für das erste Quartal 2017 eine V2G-fähige 6-Kilowatt-Wallbox (CHAdeMO 1.0, AC-Ladung 3-phasig, 380 V/16 A) angekündigt. Laut Maximilian Vetter von e8energy ist die Box als Ergänzung für Nutzer gedacht, die bereits eine PV-Anlage samt Wechselrichter besitzen. Im Vergleich zu dem schon länger erhältlichen DC-Komplettsystem DIVA (das ebenfalls bidirektionales Laden erlaubt) soll sie wesentlich kleiner („Trolleygröße“) und günstiger ausfallen. Auch beim E3/DC-Hauskraftwerk könne die V2G-Funktionalität jederzeit nachgerüstet werden, sagt Stefan Hagedorn von E3/DC. „Rein technisch wäre unser System dazu in der Lage.“ Voraussetzung sei jedoch, dass die Automobilhersteller diese Funktion unterstützen. Tesla scheint hingegen nicht die Absicht zu haben, über seine Powerwall den Zugriff auf die Fahrzeugbatterie zu ermöglichen.

Dass das V2G-Konzept nicht nur für den häuslichen Bereich interessant ist, zeigt ein Forschungsprojekt der Hochschule für angewandte Wissenschaften Würzburg-Schweinfurt (FHWS), das diese gemeinsam mit einem mittelständischen Unternehmen, einem regionalen Energieversorger und Mitsubishi Motors durchgeführt hat. Dabei wurde eine CHAdeMO-„Powerbox“ mit einer Entladeleistung von bis zu 20 Kilowatt zur Versorgung einer betrieblichen Fahrzeugflotte entwickelt. Die Ladung und Entladung von fünf E-Fahrzeugen werden dabei so gesteuert, dass die Spitzenlasten des Strombezugs aus dem Netz gekappt werden.

Ladevorgang eines Nissan Leaf an einer bidirektionalen Ladebox in Japan



Ladesäule mit bis zu 22 kW Leistung





Energiemanagementsystem DIVA mit integriertem Speicher, Wechselrichter und bidirektionaler DC-Schnellladebox. Grafik: e8energy GmbH

Für Industriekunden lohnt sich dieses sogenannte „Peak Shifting“, da die (teure) maximale Last den Jahresstrompreis bestimmt. FHWS-Professor Ansgar Ackva, unter dessen Leitung das Powerbox-Projekt realisiert wurde, sieht daher für die rollenden Solarspeicher mit Netzanbindung noch viel Potenzial, sowohl im privaten als auch im geschäftlichen Bereich.

Auch Stefan Büttner von Mitsubishi Motors erwartet in den nächsten Jahren einen Nachfrageschub nach bidirektiona-

len Ladesystemen, wenn in Deutschland viele private Solaranlagen aus der Förderung herausfallen. „Den Strom will dann keiner mehr haben. Umso besser, wenn man ihn dann wenigstens noch im Auto speichern kann.“ Die rollenden Solarspeicher hätten im Vergleich zu stationären Lösungen auch noch einen weiteren Vorteil: „Mit der Batterie im Keller können Sie nicht mal schnell wohin fahren.“

// Text: Reinhard Huschke //

Eigenverbrauch und Autarkie

Unter dem **Eigenverbrauchsanteil** versteht man denjenigen Anteil der eigenen PV-Stromproduktion, den man selbst nutzen kann und der somit nicht ins öffentliche Netz eingespeist werden muss. Wie viel Strom darüber hinaus aus dem Netz bezogen werden muss, spielt keine Rolle.

Im Unterschied dazu beschreibt der **Autarkiegrad** die Verbrauchsperspektive: Darunter versteht man denjenigen Anteil des eigenen Stromverbrauchs, der mit Solarstrom gedeckt wird. Je höher der Autarkiegrad, umso geringer der Anteil von hinzugekauftem Netzstrom – bei 100 Prozent könnte man theoretisch die Netzverbindung kappen.

Ein (stark vereinfachtes) Rechenbeispiel:

Ein Dreipersonenhaushalt hat einen jährlichen Stromverbrauch von etwa 3000 kWh. Rein rechnerisch würde eine in Süddeutschland oder Österreich installierte PV-Anlage mit einer Leistung von 3 kWp diesen Verbrauch decken. Da die Zeiten von Stromproduktion und -verbrauch jedoch nicht deckungsgleich sind, lässt

sich typischerweise nur circa ein Drittel des Solarstroms, also 1000 kWh, direkt nutzen, der Eigenverbrauchsanteil liegt also bei 33 Prozent. Dasselbe gilt für den Autarkiegrad, denn zwei Drittel des Jahresbedarfs (2000 kWh) müssen hinzugekauft werden.

Kann man nun pro Jahr zusätzlich 500 kWh für die Ladung eines Elektroautos nutzen, steigt der Eigenverbrauchsanteil auf 1500 kWh, entsprechend 50 Prozent der PV-Jahresenergie. Da ein Elektroauto für eine jährliche Fahrleistung von 10.000 km allerdings etwa 2000 kWh benötigt, müssen zusätzliche 1500 kWh aus dem Netz bezogen werden. Insgesamt lassen sich also nur 1500 des Gesamtverbrauchs von dann 5000 kWh aus Eigenproduktion decken, der Autarkiegrad sinkt somit leicht auf 30 Prozent.

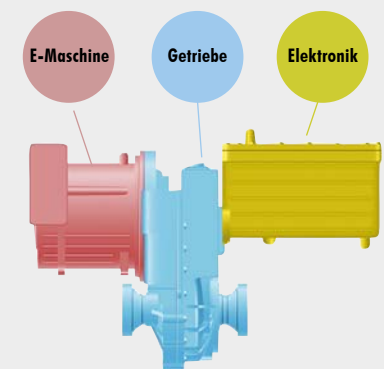
Um einen höheren Autarkiegrad zu erreichen, müsste man in diesem Szenario die Leistung der PV-Anlage erhöhen und/oder einen Stromspeicher ergänzen. Auch das bidirektionale Laden/Entladen der Traktionsbatterie kann bei einem passenden Nutzungsszenario die Autarkie erhöhen.

E-ACHSE VON BOSCH

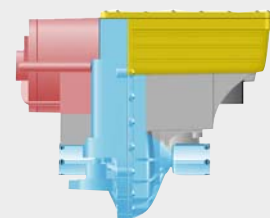
eAxele

Mit eAxele feiert Bosch auf der North American International Auto Show (NAIAS) in Detroit die Weltpremiere eines voll integrierten elektrischen Achsantriebsystems. Es komprimiert Getriebe, E-Motor und Leistungselektronik in einem kompakten Gehäuse. Das reduziert die Komplexität des E-Antriebs und macht ihn deutlich günstiger, kompakter und effizienter. So kann bei der Herstellung beispielsweise auf viele Stecker, Kabel, Dichtungen und Lager verzichtet werden.

Aufbau aktueller Elektrofahrzeugantriebe



Vollintegrierter Antriebsstrang zukünftiger Systeme



Die Thermomanagementstation zeigt außerdem, wie Bosch-Technologie Wärme und Kälte im Elektrofahrzeug effizient regelt und die Reichweite des Fahrzeugs, vor allem bei winterlichen Bedingungen, um bis zu 25 Prozent steigert. Das ganzheitliche Konzept für Elektrofahrzeuge ermöglicht energieeffizientes und kostengünstiges Heizen im Winter und Kühlen im Sommer.

// Text: ampnetfjri | Grafik: Bosch //