

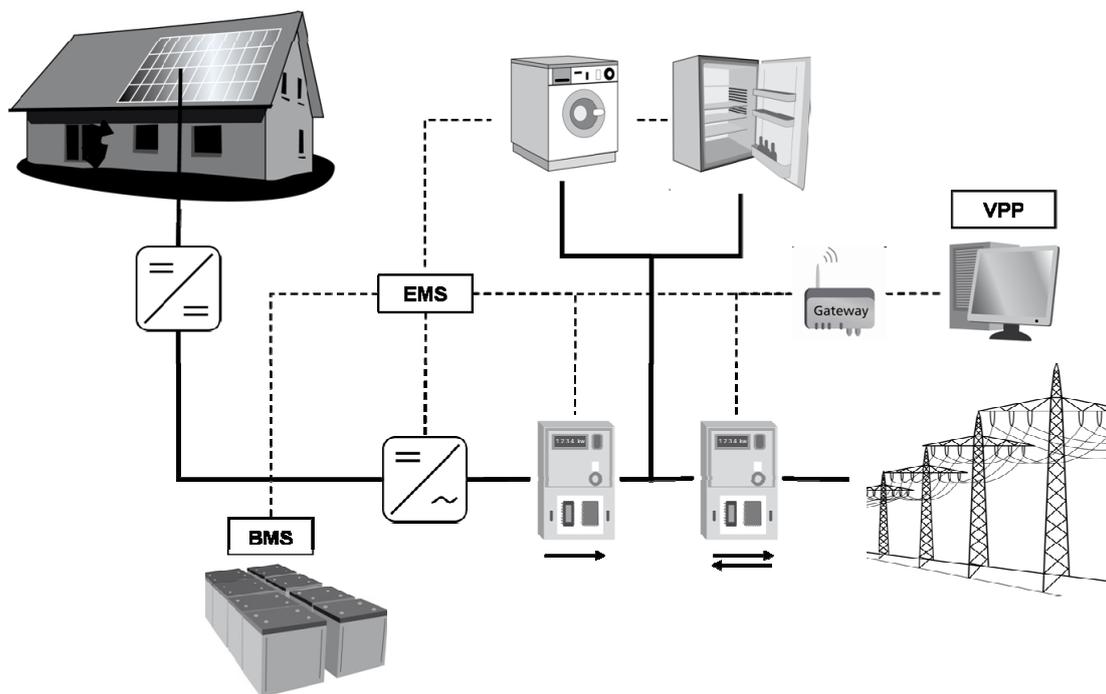
## Speicher im Gebäude

Matthias Vetter, Peter Schossig

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, Heidenhofstr. 2, D-79110 Freiburg  
Tel +49 (0)761/4588-5600, Fax: +49(0)761/4588-9217, matthias.vetter@ise.fraunhofer.de

### 1. Dezentrale elektrische Speicher im Gebäude

Ende 2009 lag die kumulierte Leistung der Photovoltaik in Deutschland bei ca. 9,3 GWp, alleine in diesem Jahr kommen voraussichtlich neue Anlagen mit einer Gesamtleistung von 6 bis 8 GWp dazu. Ein Großteil dieser Anlagen bewegt sich im kleineren und mittleren Leistungsbereich, ist auf Gebäuden installiert und speist direkt in die Niederspannungsnetze ein, welche bereits heute in den Sommermonaten an ihre Aufnahmegrenze stoßen. Die Integration von Batteriespeichern (vgl. Abbildung 1) in diese dezentralen PV-Anlagen ermöglicht eine Entlastung der Netze und sorgt dafür, dass ein Großteil der lokal erzeugten Energie auch lokal verbraucht wird. So kann beispielsweise in Einfamilienhäusern durch die Integration eines Batteriespeichers der Anteil des selbst genutzten PV-Stroms im Jahresdurchschnitt auf bis zu 70 % gesteigert werden. Das aktuelle EEG begünstigt genau diesen Eigenverbrauch gegenüber der direkten Netzeinspeisung. Wenn sein Anteil größer als 30 % ist, ergibt sich bei einem Strompreis von 20 €-Cent/kWh ein Vorteil von 8 €-Cent/kWh. Dieser Vorteil vergrößert sich im Laufe der Jahre mit steigenden Strompreisen.



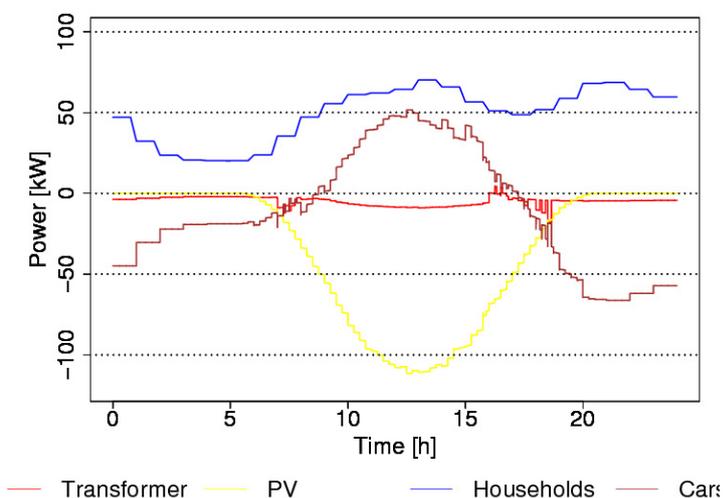
**Abbildung 1: PV-Batteriesystem zur erhöhten Eigennutzung des PV-Stromes.**

PV-Anlagen weisen heutzutage eine Lebensdauer von über 20 Jahren auf. In Frage kommende Batteriespeicher müssen daher ebenfalls eine ähnlich hohe kalendarische Lebensdauer aufweisen, idealerweise ebenfalls mindestens 20 Jahre. Der Batteriespeicher

dient primär zur Zwischenspeicherung des PV-Stromes, er kann aber auch für Netzdienstleistungen eingesetzt werden, entsprechende Geschäftsmodelle vorausgesetzt. In beiden Einsatzfällen wird der Batteriespeicher mit bis zu einem Vollzyklus pro Tag betrieben. Daraus leitet sich die Anforderung einer hohen Zyklenfestigkeit ab. Lithiumbatterien besitzen das Potential, die genannten Anforderungen bezüglich der kalendarischen Lebensdauer und der Zyklenfestigkeit zu erfüllen und stellen daher eine sehr interessante Option für die dezentrale Speicherung von PV-Strom im Gebäude dar. So befinden sich aktuell Lithiumbatteriesysteme in der Entwicklung und teilweise auch schon in der Erprobung, die über 7000 Vollzyklen bei einer kalendarischen Lebensdauer von 20 Jahren aufweisen.

## 2. Die Vision einer hohen Durchdringung von Elektrofahrzeugen im Niederspannungsnetz

Neben der dezentralen stationären Speicherung elektrischer Energie eröffnet die Elektrifizierung der Fahrzeuge die Nutzung der dort eingesetzten Batterien für Netzdienstleistungen. Vor dem Hintergrund, dass die Fahrzeuge durchschnittlich 23 h am Tag stehen, eine durchaus interessante Vision. Mit diesen Elektrofahrzeugen können einerseits neue Potentiale im Bereich des Lastmanagements, sowohl für den Bilanzkreis Gebäude als auch für den Bilanzkreis Niederspannungsnetz, erschlossen werden. Im Gebäude kann das Fahrzeug beispielsweise bei aktuell hoher PV-Leistung und gleichzeitig geringem Verbrauch geladen werden, auf Netzebene kann ein übergeordnetes Energiemanagement dafür sorgen, dass die vom Transformator übertragene Leistung minimiert wird (vgl. Abbildung 2).



**Abbildung 2: Simulation der Energieflüsse im Niederspannungsnetz mit einer installierten PV-Leistung von 200 kWp, 100 Haushalten und 70 Elektrofahrzeugen mit 16 kWh Batteriespeicher (vgl. ELECTRIC MOBILITY AND PHOTOVOLTAICS - THE LOW VOLTAGE GRID ON THE WAY TO ENERGY AUTONOMY?, Vetter et al.; Proceedings 24th EU PVSEC, 2009). Durch gezieltes Laden und teilweiser Rückspeisung gelingt es, die Leistung am Transformator auf nahezu null zu regeln. Dies führt jedoch im betrachteten Fall zu einer vergleichsweise hohen Entladung der Fahrzeugbatterien, was durch die installierte PV-Leistung von 200 kWp begründet ist. Diese reicht noch nicht aus, um den Energiebedarf des Niederspannungsnetzes am untersuchten Tag alleine zu decken.**

### **3. Thermische Speicher**

Ca. 50 % des Endenergiebedarfes innerhalb der EU werden in Form von Wärme benötigt, davon wiederum etwa 80 % bei Temperaturen unterhalb von 250°C. Thermische Speicher spielen dabei eine zentrale Rolle, um diesen Bedarf mit einem höheren Anteil an erneuerbaren Energien aber auch effizienter aus fossilen Energiequellen zu decken.

Die wichtigsten Kenngrößen eines Wärmespeichers sind aus Nutzersicht die Temperatur - im Unterschied zu anderen Energiespeichern - bei der dem Speicher Wärme entnommen werden soll sowie die energetische Speichergröße, die sich entweder durch den Energieinhalt oder in der Nenn-Entladezeit ausdrücken lässt.

Die wichtigsten Anforderungen an einen Wärmespeicher sind:

- Hohe Energiedichte, um ein möglichst geringes Raumvolumen zu beanspruchen
- Ausreichend hohe Lade- und Entladeleistung
- Geringe Stillstandsverluste und somit ein hoher energetischer Wirkungsgrad, insbesondere wenn die Wärme über lange Zeit zwischenspeichert werden soll
- Möglichst gleich hohe Temperatur bei Entladung wie bei Ladung
- Hohe Zyklen- und Langzeitstabilität
- Gute Handhabbarkeit,
- Umweltverträglichkeit
- Niedrige Kosten

Es gibt allerdings nicht nur Wärmespeicher, deren Nutzen in der Wärmeabgabe besteht, sondern bei vielen Anwendungen besteht der Hauptnutzen in der Wärmeaufnahme, z.B. bei Kältespeichern, die gezielt Wärme aus einem Gebäude abführen sollen.

#### Speicherung sensibler Wärme

Die häufigste Form der Wärmespeicherung basiert auf der Wärmeaufnahme durch Temperaturerhöhung des Speichermaterials und entsprechend Wärmeabgabe durch Temperaturabsenkung. Diese Form wird wegen ihrer fühlbaren Zustandsänderung auch sensible Wärmespeicherung genannt. Beispiele für sensible Wärmespeicher aus dem Bereich der Gebäudetechnik sind Brauchwasserspeicher und Heizungspufferspeicher, z.B. in Verbindung mit thermischen Solaranlagen, Biomassekesseln oder kleinen Anlagen der Kraftwärmekopplung. Langzeitspeicher zur saisonalen Wärmespeicherung von Solarenergie werden heute in Pilotvorhaben untersucht. Dabei kommen entweder große Wasserspeicher z.B. in der Form von Erdbeckenspeichern zur Anwendung oder Speicher, die das Erdreich als Speichermaterial verwenden. Bei letzteren wird eine Vielzahl von Erdsonden verwendet, die im Sommer das Erdreich solar beladen und in der Heizperiode entladen. Die Wärme wird entweder direkt oder indirekt unter Nutzung einer Wärmepumpe genutzt.

#### Speicherung latenter Wärme

Im Unterschied zur sensiblen Form der Wärmespeicherung führt bei der latenten Wärmespeicherung die eingespeicherte Energie zur Änderung eines Aggregatzustands eines Speichermediums, ohne die Temperatur zu erhöhen. Die Energien beim

Phasenwechsel sind sehr hoch. der Effekt der nahezu isothermen Speicherung führt des Weiteren zu geringeren Speicherverlusten und hilft bei der Nutzung von Wärmequellen, deren maximales Temperaturniveau in der Nähe der benötigten Nutztemperatur liegt. Dies ermöglicht z.B. die bessere Nutzung von Umweltwärmequellen, bei denen aufgrund der geringen nutzbaren Temperaturspreizung sensible Speicher sehr groß wären. In der Praxis wird vor allem der Phasenübergang fest/flüssig genutzt, da beim Phasenübergang flüssig/gasförmig große Volumen- oder Druckänderungen des Speichermediums auftreten.

#### Thermo-chemische Wärmespeicher

Bei diesem Speichertyp wird mit der zugeführten Wärme eine reversible chemische Reaktion durchgeführt, bei der eine Verbindung in ihre Bestandteile zerlegt wird. Diese Komponenten werden getrennt und bis zur Speicherentladung bevorratet. Diese erfolgt durch die exotherme Rückreaktion. Da bei einer getrennten Lagerung der Bestandteile keine zeitabhängigen Verluste auftreten, ist diese Art von Speichern besonders für Langzeitspeicher interessant.

Beispiele thermo-chemischer Wärmespeicher sind Sorptionsspeicher mit Zeolith oder Silikagel als Sorptionsmittel und Wasser als Arbeitsstoff. Dabei werden die beiden Komponenten Arbeitsstoff und Sorptionsmittel unter Wärmezufuhr getrennt. Reversibel werden bei Speicherentladung dann beide Komponenten zusammengeführt und verbinden sich, wobei Wärme entsteht. Die erreichbaren Temperaturniveaus hängen entscheidend von den beteiligten Sorptionsmitteln ab und können im Bereich von 30°C bis 200°C liegen. Natürlicherweise bedingt eine hohe Entladetemperatur eine entsprechend hohe Ladetemperatur bei der Trennung. Derartige Speicher sind allerdings bislang unter Kostengesichtspunkten im Vergleich zu Wasserspeichern nicht konkurrenzfähig; der Zugewinn an Speicherdichte rechtfertigt in aller Regel nicht den nennenswert höheren apparativen Aufwand. Zukünftige Forschungsarbeiten konzentrieren sich deshalb auf die Entwicklung geeigneter Sorptionsmaterialien mit hoher Effizienz.

In Verbindung mit Stromerzeugern wie z.B. Blockheizkraftwerken und Stromverbrauchern wie Wärmepumpen kommt Wärmespeichern auch eine wesentliche Rolle zu einer effizienteren Primärenergienutzung zu: durch Wärmespeicher kann bei einem hohen Gesamtnutzungsgrad die Erzeugung oder auch der Verbrauch von Strom in günstigere Zeiten verschoben werden. So stellt beispielsweise die Kombination einer Wärmepumpe mit einem Wärmespeicher für das Energiemanagement im Gebäude sowie für das Energiemanagement im Niederspannungsnetz eine ideale steuerbare Last dar und kann so einen wesentlichen Beitrag zur Lösung der eingangs geschilderten Problematik leisten.