



System Photovoltaik, Wärmepumpe und Speicher

Steigerung des Eigenverbrauchs

Die über das EEG festgelegte Einspeisevergütung in Deutschland für private Photovoltaikanlagen sinkt immer weiter. Daher ist es zunehmend wirtschaftlicher, den selbst erzeugten Solarstrom durch Eigennutzung zu verbrauchen, anstatt Strom zu höheren Kosten vom Energieversorger zu beziehen. Außerdem steigt die Attraktivität der Eigenversorgung durch fallende Kosten für PV-Anlagen und Batteriespeicher noch stark an. Unter Einbeziehung von Batteriespeichern kann die Selbstversorgungsquote inklusive Betrieb einer Wärmepumpe zur Wärmeversorgung eines Gebäudes auf bis zu 65 % erhöht werden. Diese Entwicklung geht hin zu Prosumern. Für sie lohnt es sich mehr und mehr, den selbst erzeugten Strom (Produzent) auch selbst zu konsumieren (Konsument).

Zusammenspiel der drei Komponenten



Photovoltaiksystem mit Wärmepumpe zur Strom- und Wärmeversorgung mit Batteriespeicher, Warmwasserspeicher.

Eine Photovoltaikanlage (PV), elektrische Wärmepumpe (WP) und ein Batteriespeicher (BS) ergänzen sich ideal zur Steigerung des selbst genutzten Stroms.

- Die PV-Anlage liefert günstigen Strom zum Antrieb der elektrischen Wärmepumpe. Die Kombination aus Wärmepumpe und PV-Anlage steigert die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems. Zudem lässt sich Solarstrom, der nicht zeitgleich durch die Wärmepumpe verbraucht werden kann, zur Ladung des Batteriespeichers nutzen oder umgewandelt in Wärmeenergie in einem thermischen Speicher (Warmwasser-, Puffer- oder Kombispeicher) bevorraten.
- Beim Batteriespeicher kommt neben Blei-Gel-Batterien hauptsächlich die Lithium-Technologie zur Anwendung. Dabei sind Merkmale wie Wirkungsgrad, Lebensdauer und Zyklenzahl entscheidend. Im Batteriespeicher wird ausschließlich der Solarstrom gespeichert und bei Bedarf der Wärmepumpe zugeführt oder anderen Verbrauchern im Haus.
- Die gespeicherte Wärmeenergie kann an den Folgetagen für Heizzwecke oder für die Warmwasserversorgung direkt vom thermischen Speicher genutzt werden. Hier besteht ein größeres Speicherpotenzial als beim Batteriespeicher. Es werden die Temperaturen in dem Pufferspeicher über das normale Niveau angehoben, so dass mehr Wärme produziert als gebraucht wird. In einem 400 L Speicher können so

ca. 5 kWh thermische Energie bei einem Temperaturhub von 10 °C gespeichert werden. Mit einer Wärmepumpe werden dazu ca. 1,5 kWh an elektrischer Energie benötigt.

- Speziell für die Kombination mit einer Photovoltaikanlage bieten moderne Inverter-Wärmepumpen, die mit variabler Drehzahl arbeiten, einen weiteren entscheidenden Vorteil: Mit reduzierter Drehzahl sinkt auch die elektrische Leistungsaufnahme. Je kleiner der Temperaturunterschied zwischen Wärmequelle und Heizungsvorlauftemperatur ist, desto effizienter arbeitet die Wärmepumpe. Speziell für die Kombination mit einer Photovoltaikanlage bedeutet das, dass die Wärmepumpe anteilig mehr durch Solarstrom versorgt werden kann.

Ergänzend dazu kann ein vorhandenes Elektroauto durch die Photovoltaikanlage geladen werden.

Der selbst erzeugte und genutzte Solarstrom ist zu 100 % erneuerbar und wird unabhängig von externen Lieferanten erzeugt.

Autarkiegrad eines Gebäudes

Der Autarkiegrad gibt den Anteil des Stromverbrauchs an, der durch die direkt verbrauchte PV-Energie oder durch Entladung des Batteriespeichers gedeckt wird. Im Wesentlichen ist es die Selbstversorgung mit Haushaltsstrom, Heizenergie und Warmwasser über eine PV-Anlage auf dem Dach. Er hängt von der Effizienz und dem Zusammenspiel der einzelnen Komponenten ab. Der Autarkiegrad fällt i. d. R. umso höher aus, je geringer der Anteil des nächtlichen Strombedarfs und je höher der Anteil des sommerlichen Strombedarfs am Gesamtbedarf ist. Die wichtigsten Begriffe werden am Ende dieses Informationsblattes erklärt.

Für die Planung der PV-Anlage sind entscheidende Größen die Ausrichtung, Neigungswinkel und die verfügbare Dachfläche.

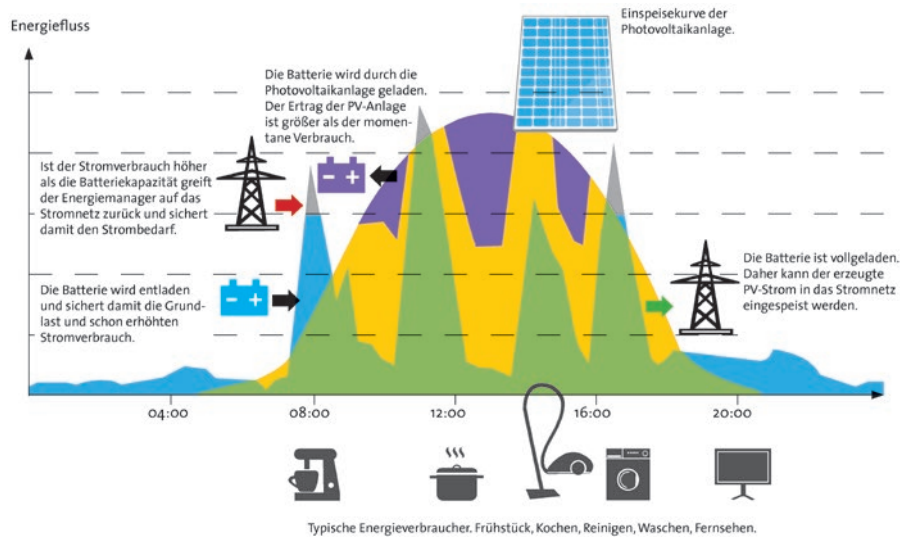
- Dächer mit Ost/West-Ausrichtung bieten den Vorteil, dass Solarstrom früher am Morgen und später am Abend zur Verfügung steht. Außerdem können bei Satteldächern mit Ost/West-Ausrichtung beide Dachhälften belegt und so die Fläche des Photovoltaikgenerators verdoppelt werden. In der Praxis hat sich ein großer PV-Generator für die hier beschriebene Art von Anlagen bewährt.
- Ein höherer sommerlicher Stromverbrauch, z. B. durch den Betrieb einer Klimaanlage, hat zur Folge, dass in diesem Haushalt der höchste Autarkiegrad bei einem eher flachen Neigungswinkel des PV-Generators von ca. 25° erzielt wird. Dagegen begünstigt ein eher steilerer Neigungswinkel (ca. 45°) einen höheren PV-Ertrag im Winter, was den Autarkiegrad im Haushalt mit Wärmepumpe steigen lässt. Allerdings sinkt bei einer Abweichung vom Optimum der Autarkiegrad nur wenig. Speziell für die Kombination mit Wärmepumpen sind alle der am Markt verfügbaren Photovoltaikmodularten gleich gut geeignet.

Gegenwärtig werden Batteriespeichersysteme finanziell gefördert¹. Dafür ist vom Energiemanager die Entlastung des Stromnetzes über den sogenannten Peak Shaving zu gewährleisten. Diese Förderbedingung wird auch eingehalten, indem der Wechselrichter der Solaranlage auf 50 Prozent der Leistung abregelt. Dafür ist es sinnvoll, dass die Geräte Solarstromprognosen berücksichtigen können. Das Speichersystem darf dann unter Umständen morgens nicht laden, sondern muss Platz für eine noch höhere Solarstromleistung mittags lassen.

¹ <http://www.bdh-koeln.de/fachleute/foerderung.html>

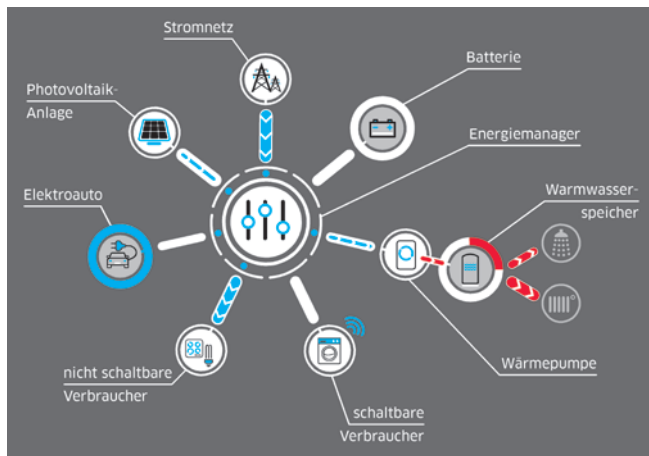


Energiemanager – Ein Beispiel eines typischen Tages

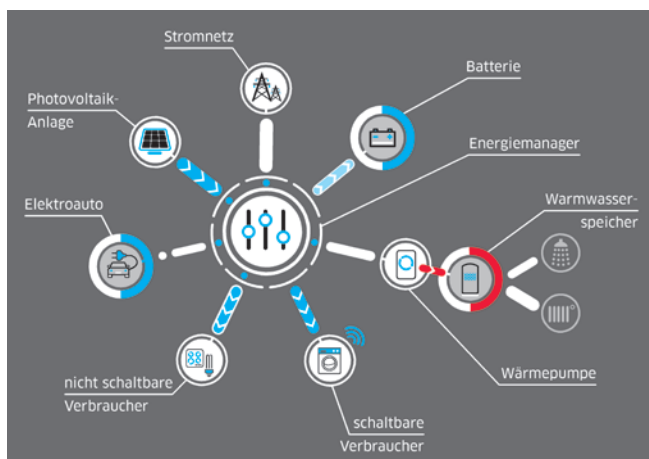


Der Energiemanager steuert die Erzeugung, Speicherung und den Verbrauch des gesamten Systems. Nachfolgend wird ein beispielhaft gemittelter Zyklus (24 h) im Herbst oder Frühling beschrieben. Aufgezeigt werden Stromproduktion, Heizwärmebedarf und Eigenverbrauch eines solchen Systems.

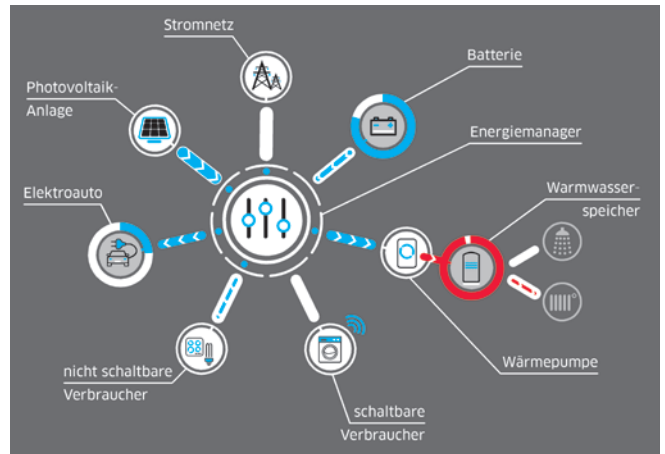
Am frühen Morgen liefert die Photovoltaikanlage mit den ersten Sonnenstrahlen den Strom für die Verbraucher. Der Batteriespeicher unterstützt den Betrieb der Wärmepumpe. Der thermische Speicher wurde in den Nachtstunden zum Betrieb der Heizung genutzt. Nach dem Duschen erkennt der Energiemanager, ob es sich lohnt, mit Nachheizungen des Warmwassers zu warten, bis genügend Strom aus der PV-Anlage zur Verfügung steht.



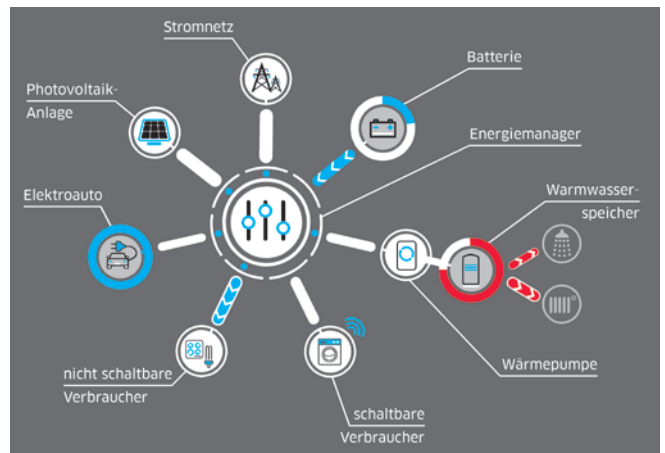
Am Vormittag liefert die PV-Anlage viel Strom für die Ladung des Batteriespeichers, da der Energiemanager für die Raumheizung keinen Bedarf meldet und die Wärmepumpe ausgeschaltet ist. Im Laufe des Vormittags bis in die Mittagsstunden hinein ist der Batteriespeicher voll beladen. Der Energiemanager hat aufgrund der Wettervorhersagen einen erhöhten Bedarf an Heizenergie für die Folgetage festgestellt. Deswegen wird die Wärmepumpe eingeschaltet, um den thermischen Speicher voll zu laden, obwohl die Raumheizung immer noch keinen Bedarf meldet.



Am Nachmittag reicht die PV-Leistung weiterhin aus, um die Wärmepumpe zu betreiben. Zusätzlich kommt das Elektroauto zurück und die Ladestation meldet dem Energiemanager den Bedarf an Strom. Die Ladestation wird durch die PV-Anlage gespeist und kleinere Schwankungen gleicht die Batterie aus.



Am frühen Abend, in der Dämmerung, steigt der Stromkonsum der Bewohner und wird aus dem Batteriespeicher gedeckt. Im Laufe des Abends meldet die Raumheizung Energiebedarf. Dieser wird aus dem überladenen thermischen Speicher gedeckt, die Wärmepumpe bleibt aus und benötigt keinen Strom.



Gehen die Bewohner zu Bett, kann die Wärmepumpe den Betrieb aus den Batteriespeichern bis zum Sonnenaufgang sicherstellen.

Die Wärmepumpe meldet den Bedarf an den Energiemanager und dieser plant dann den Betrieb der Wärmepumpe nach der Ertragsprognose² ein. Werden jedoch bestimmte Mindestwerte (Raumtemperatur, Temperatur im Pufferspeicher) unterschritten, wird die Wärmepumpe eingeschaltet, damit die Bewohner keinen Komfortverlust hinnehmen müssen. Die Hierarchie des Verbrauchs ist klar geregelt: Zuerst fließt der PV-Strom möglichst direkt in den Eigenverbrauch. Der PV-Überschuss wird in den Batteriespeicher und im Pufferspeicher geparkt. Was darüber hinaus nicht verwertet werden kann, fließt ins öffentliche Netz.

Energiemanager – Ausblick

Der Energiemanager wird in der Lage sein, unterschiedliches Verbrauchsverhalten zu erkennen. Warmwasserverbräuche werden analysiert und in die Routinen des Energiemanagers eingebunden. Die Vernetzung³ von z. B. Kalendern und Schulferien fließen zusammen mit Wettervorhersagen in seine Berechnungen ein.

Stets hat der Energiemanager den Komfortwunsch der Bewohner im Blick und optimiert die Energiespeicherung und den Energieverbrauch auf effiziente Weise. Optimaler Energieeinsatz bedeutet auch optimalen Kosteneinsatz und führt bei hohem Komfort zu hohen Einsparungen für den Verbraucher. Die notwendigerweise gespeicherten Daten sind entsprechend verschlüsselt. Persönliche Daten werden nach einem hohen Standard der Vertraulichkeit behandelt.

Offen für neue Technologien ist es denkbar, einen Teil der Batteriekapazität von Elektroautos intelligent zu steuern und so Verbrauchsspitzen im Haushalt zu versorgen.

² standortbezogene Ertragsprognose, um den voraussichtlichen Photovoltaikstromertrag zu berechnen.

³ Persönliche Daten dürfen nur nach Zustimmung des Kunden erhoben werden. Im Nachhinein ist es dem Kunden möglich, diese Daten einzusehen und zu löschen. Vertrauliche Daten müssen durch Verschlüsselung vor fremdem Zugriff geschützt sein.



Fazit

Eine genaue Anlagenplanung der Haustechnik ist Voraussetzung für eine effizient arbeitende Anlage. Bei einem Neubau kann das komplette System als Anlage neu geplant und installiert werden. Bei einem Bestandsgebäude müssen bestehende Komponenten zu einem neuen System kombiniert werden.

Die Steuerung einer Heizung bietet ein erhebliches Einsparpotenzial bei der energieeffizienten Vernetzung und dem Energiemanagement der gesamten Haustechnik.

Weitere Informationen und technisch-kommerzielle Hintergründe und Vorteile der digitalen Heizung entnehmen Sie unserem Infoblatt Nr. 64.

Begriffe

Autarkiegrad

Anteil der Selbstversorgung mit Haushaltsstrom, Heizenergie und Warmwasser über eine PV-Anlage auf dem Dach.

Batteriemanagementsystem (BMS)

Ein Batteriemangementsystem dient primär zur Überwachung und zur Regelung von Akkusystemen. In modernen Batteriesystemen ist ein BMS meist direkt integriert.

Eigenverbrauch

Der erzeugte Strom einer Photovoltaikanlage, der im Haushalt selbst verbraucht wird und somit nicht in das Stromnetz eingespeist wird.

Einspeisevergütung

Die Einspeisevergütung ist das Kernstück des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) – der Betrag, den die Netzbetreiber an die Betreiber von Photovoltaikanlagen zur Erzeugung von Strom aus solarer Energie entrichten, wenn dieser in das öffentliche Netz eingespeist wird.

Entladetiefe (DoD)

In der Regel werden Akkus nicht vollständig entladen, da sie sonst beschädigt werden. Die Entladetiefe (Depth of Discharge, DoD) gibt an, wie viel Prozent der Nennkapazität dem Akku entnommen werden kann, ohne dabei die Lebensdauer stark negativ zu beeinflussen. Die Entladetiefe ist stark vom verwendeten Material abhängig. Lithium-Ionen-Akkus können in der Regel tiefer entladen werden als z. B. Blei-Akkus.

Lebensdauer

Unabhängig von der Anzahl der Zyklen begrenzen unumkehrbare chemische Reaktionen die Nutzungszeit eines Akkus. Diese sogenannte kalendarische Lebensdauer ist unter anderem sehr stark von der Abweichung von der empfohlenen Betriebstemperatur abhängig.

Peak Shaving

Das Senken und damit Glätten von Lastspitzen um die netzkritischen Erzeugungsspitzen der PV-Erzeugung abzufangen.

Persönliche Daten

Persönliche Daten im Netz dürfen nur nach Zustimmung des Kunden erhoben werden. Im Nachhinein ist es dem Kunden möglich, diese Daten einzusehen und zu löschen. Vertrauliche Daten müssen durch Verschlüsselung vor fremdem Zugriff geschützt sein.

Phasen

Das Stromnetz hat drei spannungsführende Phasen, zusätzlich zum Nullleiter. Viele Speichersysteme speisen nur in eine Phase ein – wie auch viele kleine Photovoltaikan-

lagen. Das heißt, bei einphasigen Systemen sollte Verbrauch und Erzeugung (aus dem Speicher) auf derselben Phase liegen. Kleinere Wärmepumpen (bis ca. 10 kW Heizleistung) sind großteils einphasige Geräte, größere meist dreiphasige Batteriespeicher und Wärmepumpe müssen daher aufeinander abgestimmt werden.

Selbstentladung

Generell entlädt sich ein Akku auch bei Nichtnutzung im Laufe der Zeit von selbst. Dieses Phänomen vermindert, neben dem Ladungswirkungsgrad, zusätzlich den Gesamtwirkungsgrad des Akkus. Je niedriger die Lagertemperatur ausfällt, desto geringer ist meist die Selbstentladung des Akkus.

SG Ready-Label

Wärmepumpen, deren Regelungstechnik die Einbindung in ein intelligentes Stromnetz (engl. smart grid = SG) ermöglicht.

Stromspeicherkapazität

Die Kapazität wird im Akku- und Batteriebereich begrifflich als die maximale Ladungsmenge verwendet, die in den Akkus gespeichert werden kann. Sie bezeichnet also die Ladung, die aus einem Akku entnommen werden kann, wird in Amperestunden (Ah) gemessen und ist von der Stromstärke und der Temperatur abhängig.

Verschlüsselung

Verschlüsselung ist die Unkenntlichmachung der Information für nicht autorisierte Nutzer. Dazu gibt es je nach Anwendung verschiedene Verfahren. Speziell, wenn persönliche Daten im Internet versendet werden, gelten die drei Grundsätze:

1. Schutz der Vertraulichkeit: Die Nachricht ist nur für denjenigen lesbar, für den sie bestimmt ist.
2. Schutz der Authentizität: Ist der Absender wirklich die Person, die als Absender angegeben wird?
3. Schutz der Integrität: Es darf keine Veränderung der Daten beim Transport erfolgen.

Diese muss durch die Autorisierung des Empfängers unter anderem durch ein Passwort erfolgen.

Es gibt verschiedene Verfahren der Verschlüsselung: Bei der symmetrischen Verschlüsselung verwenden Absender und Empfänger den gleichen Schlüssel. Bei der asymmetrischen Verschlüsselung gibt es immer zwei sich ergänzende Schlüssel. In der Praxis werden oft beide Verfahren miteinander verbunden.

Verbrauchsverhalten

Unterschiedliches Verhalten der Benutzer schlägt sich auf die energetische Betrachtung des Systems nieder. So braucht man z. B. während des Urlaubs keine Komforttemperatur in der Nacht, oder während einer Party mehr Durchsatz in der Lüftung.

Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad stellt ein Maß für die Effizienz von Energieübertragungen bzw. Energiewandlungen dar.

Dieser Ladewirkungsgrad gibt das Verhältnis von entnommener Ladung bei der Entladung zur zugefügten Ladung bei der Aufladung an.

Zyklenzahl

Die Zyklenzahl gibt Aufschluss über die Lebensdauer des Akkus. Sie gibt an, wie oft ein Akkumulator be- und entladen werden kann, bevor seine nutzbare Kapazität unter eine bestimmte Grenze fällt. Ein Zyklus stellt dabei die vollständige Entladung und anschließende Aufladung des Akkus dar. Die Zyklenzahl ist abhängig von der Entladetiefe, dem Entladestrom sowie der Temperatur, bei der der Akku betrieben wird.

BDH-Informationen dienen der unverbindlichen technischen Unterrichtung. Eine Fehlerfreiheit der enthaltenen Informationen kann trotz sorgfältiger Prüfung nicht garantiert werden.

Weitere Informationen unter:
www.bdh-koeln.de

Herausgeber:
Interessengemeinschaft
Energie Umwelt Feuerungen GmbH
Infoblatt 68 März/2017