



BINE
Informationsdienst

projektinfo 10/10

Multifunktionale Wechselrichter und Speicher für Solarstrom

Abb. 1



- ▶ Bei Netzausfall Inselbetrieb möglich
- ▶ Steigerung des Eigenverbrauchs von Solarstrom
- ▶ Batteriekosten entscheiden über System-Rentabilität
- ▶ Neue PV-Systeme kappen Lastspitzen und ermöglichen Energiemanagement

Eigenen Solarstrom auch nachts nutzen

Photovoltaik-Strom auch dann nutzen, wenn keine Sonne scheint – mit einem Batteriesystem als Zwischenspeicher funktioniert es: Am Abend beleuchtet der tagsüber nicht verbrauchte Strom das Haus. Oder das Energieunternehmen ruft ihn ab, wenn die Nachfrage hoch ist.

Für Besitzer von Photovoltaik-Anlagen wird die Option attraktiver, den erzeugten Stroms selbst zu verbrauchen, seitdem zum 1. Juli 2010 die Vergütung für selbst genutzten Solarstrom aktualisiert wurde.

PV-Anlagen mit intelligenten Wechselrichtern und Batterien helfen, den Eigenverbrauch zu steigern sowie die eigene Versorgung abzusichern. Darüber hinaus entwickeln sie sich zu einem wichtigen Baustein von intelligenten Stromnetzen (Smart Grids): Sie lassen sich dafür einsetzen, Energie zeit- und bedarfsgerecht bereitzustellen sowie Stromnetze zu regeln und zu entlasten.

Das Bundesumweltministerium (BMU) fördert innerhalb des Förderschwerpunkts „Optimierung der Energieversorgungssysteme“ Forschung und Entwicklung von Anlagen zur unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV), zu Zwischenspeicherung und Eigenver-

brauch von PV-Strom; erste Lösungen sind bereits verfügbar, an langlebigen, günstigen Speicherlösungen wird weiter geforscht.

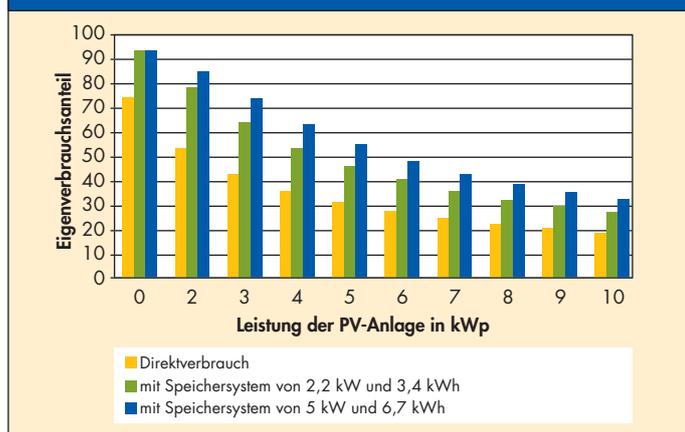
Der Eigenverbrauch von Solarstrom lässt sich mit den neuen Kombi-Systemen deutlich steigern, die Entwickler halten eine Erhöhung der Eigenverbrauchsquote auf über 70 Prozent für möglich. Das bedeutet zugleich eine Netzentlastung, speziell im Niederspannungsbereich.

Die neuen Kombinationen von Wechselrichtern und Energiespeichern markieren das Ende der unidirektionalen Einspeisung von Solarstrom: Die neue, dezentrale Schalteinheit steuert die Energieflüsse und entscheidet über Lieferung, Speicherung, Eigenverbrauch oder Bezug von elektrischer Energie.

Wenn das Stromnetz ausfällt, koppeln sich die neuen Kombi-Anlagen blitzschnell vom Netz ab. Dank der integrierten USV bleiben dann im Inselbetrieb die wichtigsten Verbraucher im Haus online und bilden ein solar- und batteriegestütztes Inselstromnetz. Sensible Systeme können mit den integrierten kleineren Speichern (2 – 5 kWh) weiter betrieben werden, energieintensive Geräte wie Elektroherd oder Waschmaschine zeigen der Anlage ihre Grenzen.

► Netzgekoppelte Selbstversorger

Abb. 2: Speichersysteme erhöhen den Eigenverbrauch von PV-Strom



Ziel der Entwickler ist es, mit neuen Kombinationen von „intelligenten“ Wechselrichtern und Speichersystemen den Eigenverbrauch von Solarstrom deutlich zu steigern sowie die Versorgung abzusichern, insbesondere in Gebieten mit schwankender Netzqualität. Solche Anlagen werden mit Unterstützung des BMU entwickelt und erprobt. Eine ergänzt den Solarwechselrichter um einen speziellen Batterie-Wechselrichter mit einer AGM-Bleibatterie (Absorbent Glass Mat); sie ist als Backup-System bereits auf dem Markt. Die AGM-Zellen haben den Vorteil einer höheren Zyklenfestigkeit und sind wartungsfrei. Ein anderes System, das gerade in Deutschland und Frankreich erprobt wird, verbindet einen Solar- und Batterie-Wechselrichter mit einem Li-Ionen-Speicher.

Ein energiebewusster Vier-Personen-Haushalt in Deutschland kann seinen Jahresenergiebedarf annähernd mit einer 5-kWp-PV-Anlage decken. Mit einem Batterie-Pufferspeicher kann er seinen Eigenverbrauch maximieren (Abb. 2). Die Leistungsspitze der PV-Anlage am Mittag wird aufgefangen und die Energie kann dann abgerufen werden, wenn sie gebraucht wird.

Die Fließrichtung der Energie wechselt nach Bedarf und Angebot: Überschüssiger Strom wird gespeichert oder ins Netz eingespeist – Strom wird bezogen, wenn die Batterie leer ist und die Anlage nicht genug liefert (Abb. 3).

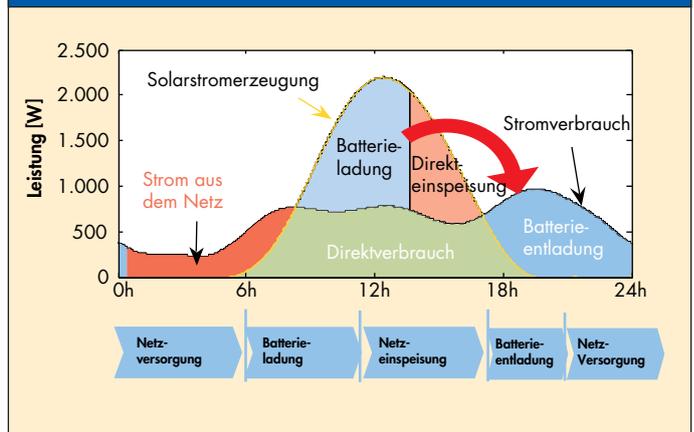
Backup-System mit AGM-Batterien

Das eine System ergänzt eine handelsübliche Solar-Anlage um einen bidirektionalen Batteriewechselrichter, eine Umschalteinrichtung sowie die gewünschte Zahl AGM-Zellen. Bei einem Ausfall des öffentlichen Stromnetzes trennt die Umschalteinrichtung das Hausnetz vom öffentlichen Stromnetz, so dass der Solar-Wechselrichter in dieses Netz einspeisen kann. Der Batterie-wechselrichter fungiert dabei als Netzbildner und hält Spannung, Frequenz und Phasenverschiebung auf dem jeweiligen Sollwert. Reicht die momentan verfügbare PV-Leistung zur Versorgung der Verbraucher nicht aus, stellt er die Differenz aus der Batterie zur Verfügung. Er speichert überschüssige PV-Energie in der Batterie und regelt auch den PV-Wechselrichter automatisch ab, wenn die Batterie vollgeladen ist. Das Systemkonzept mit separatem PV- und Batterie-Wechselrichter ermöglicht die Nachrüstung bestehender Anlagen.

Abb. 4: Backup-System mit Batteriespeicher



Abb. 3: Energiespeicherung im Smart Grid: Simulierter Tagesverlauf eines 4 Personen-Haushaltes



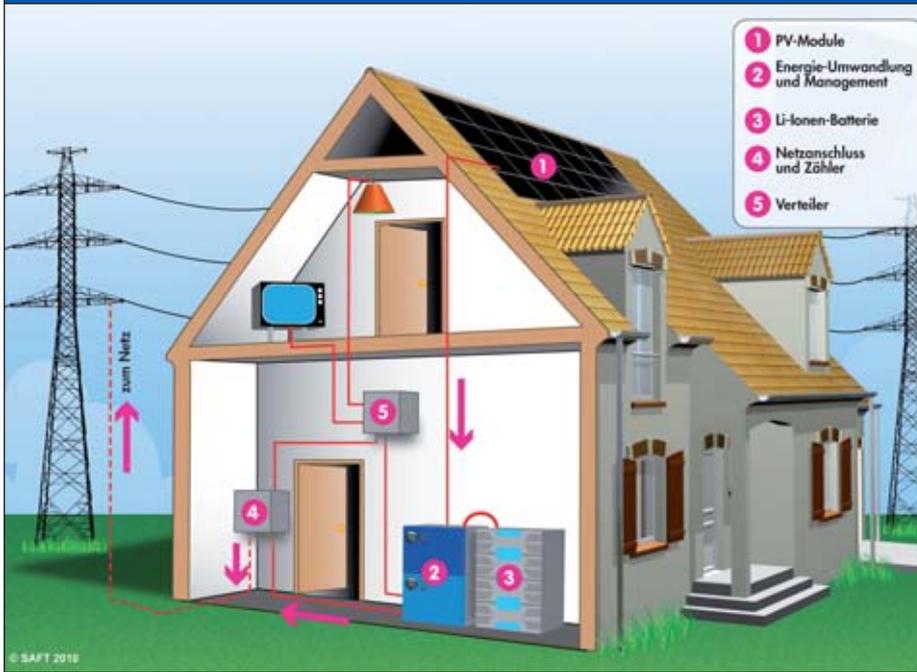
Multifunktionale Wechselrichter

Multifunktionale Wechselrichter verbinden nicht nur PV-Anlagen mit dem Netz. Sie können – kombiniert mit modernen Speichern – sowohl ins Netz einspeisen als auch bei einem Netzausfall ein Inselnetz aufbauen. Diese Anlagen wurden auf Basis einer bestehenden Technikplattform entwickelt: typische dezentrale Wechselrichter im Bereich einiger Kilowatt Leistung wurden durch Speicherelemente, neue Regelverfahren, zusätzliche Schalt- und Messeinrichtungen sowie Kommunikationsstrukturen erweitert. Dem Anlagenbetreiber bietet das neue Gerät zusätzlich zur Netzeinspeisung eine unterbrechungsfreie Stromversorgung, gleichzeitig ermöglicht es einen höheren Eigenverbrauch. Der Netzbetreiber muss weniger in die Netze investieren, um sie an das wachsende regenerative Stromangebot anzupassen.

USV: Die Insel im Netz

Mit dem neuen System autark bei Netzausfall: Der Wechselrichter baut ein Inselnetz auf, wichtige elektrische Verbraucher wie z. B. Kommunikation, Beleuchtung, Heizungssteuerungen oder Kühlschränke werden weiter versorgt. Ein Wechselrichter mit USV-Eigenschaften muss zwei grundsätzlich verschiedene Regelungsarten beherrschen und möglichst unterbrechungsfrei zwischen beiden hin- und herschalten können. Normalfall ist der Netzparallelbetrieb; dann arbeitet der Wechselrichter als Stromquelle und speist die vom Solargenerator gelieferte Energie ins Stromnetz ein. Zusätzlich wird der Energiespeicher überwacht und bei Bedarf geladen. Das Gerät erfasst ständig die Netzparameter: bei Netzausfall trennt es die angeschlossenen Verbraucher verzögerungsfrei vom Netz und versorgt sie dann im Inselbetrieb. Im Inselbetrieb bilden Wechselrichter, Energiespeicher und angeschlossene Verbraucher ein eigenes Netz. Das System regelt Spannung und Frequenz; nicht benötigte PV-Energie wird in die Batterie mit einer Kapazität bis zu mehreren zehn kWh geladen. Ist das öffentliche Netz wieder verfügbar, wechselt es nach einer Synchronisationsphase wieder in den Netzparallelbetrieb.

Abb. 5: Energiespeicherung bei erneuerbaren Energiesystemen



Kombi-System im Praxistest

Insgesamt 60 netzgekoppelte PV-Systeme mit Lithium-Ionen Speichern werden in einem von Deutschland und Frankreich geförderten Projekt erprobt. Die Anlagen in Frankreich werden – insbesondere auch in Übersee – netzautark betrieben, die in Deutschland netzgekoppelt. Das bedeutet, die Hälfte arbeitet in einem starken, die an-

dere Hälfte in einem schwachen Netzbereich, zu 80% in Haushalten, zu 20% in Gewerbebetrieben. Wichtige Betriebsdaten der installierten Systeme – insbesondere der Batterien – werden erfasst und ausgewertet. Ziel der Tests ist es, den Eigenverbrauch von PV-Energie zu optimieren und erneuerbare Energieträger besser in das Versorgungsnetz zu integrieren. Untersucht wird,

wie leistungsfähig und wirtschaftlich die Anlagen arbeiten, welchen Effekt sie auf das Netz haben und wie sie zu einer effizienteren und zuverlässigeren Stromversorgung beitragen können.

Auf Grundlage verschiedener Untersuchungen erwarten die Entwickler, dass ein wirtschaftlicher Betrieb möglich ist, dank der hohen Lebensdauer von Lithium-Ionen Akkus, verbunden mit einem angepassten, intelligenten Batterielademanagementsystem. In der Hausanlage sorgt ein Energiemanagementsystem für den optimalen Leistungsfluss zwischen Speicher, PV-Anlage und Haushaltslasten. Sie ist darauf ausgelegt, mit einem 5 kWp PV-Generator und einer Batterie mit 5–15 kWh Kapazität und 170–350 V Nennspannung einen bedeutenden Anteil des erzeugten Stroms selbst zu verbrauchen. Die Li-Ionen-Batterie soll eine Lebensdauer von 20 Jahren erreichen. Die im Praxistest eingesetzte Anlage (Abb. 5) kombiniert einen einphasigen String-Wechselrichter mit Steuersystem, Batterieladegerät und Batterie. Ein Laderegler gewährleistet bestmögliche Nutzung und Lebensdauer der Batterie. Neben dem Anschluss für die Einspeisung sichert ein zweiter Anschluss als „Backup-Line“ die Notversorgung im Inselbetrieb.

Batteriesysteme

Durch die Einführung von Speichersystemen lässt sich der Eigenverbrauch von PV-Strom annähernd verdoppeln. Doch auch hier ist die Wirtschaftlichkeit der zentrale Faktor. Sie wird stark von der Lebensdauer sowie Zyklfestigkeit der Batterie bestimmt. Entsprechend wichtig ist es, durch eine geeignete Batteriebetriebsführung die Zahl der erforderlichen Batteriewechsel möglichst niedrig zu halten.

Um einen rentablen Betrieb zu erreichen, arbeiten die Forscher daran, dauerhafte und kostengünstige Speichertechnologien zu entwickeln. Wegen der relativ großen Verluste bei den derzeit üblichen Bleibatterien und der hohen Kosten von Li-Ionen-Batterien ist es noch nicht wirtschaftlich, Speichersysteme ausschließlich zur weiteren Erhöhung des Eigenverbrauchs einzusetzen. Werden Blei-Akkus eingesetzt, bleiben gegenüber der direkten Nutzung oder Einspeisung noch knapp 3/4 des erzeugten Solarstroms verfügbar.

Werden die teureren Lithium-Batterien mit einem intelligenten Batterielademanage-

ment kombiniert, wird ein wirtschaftlicher Betrieb möglich. So erreichen sie einen deutlich besseren Wirkungsgrad und höhere Zyklfestigkeit: Während Blei-Akkus auf einen Wirkungsgrad von ca. 85 Prozent kommen, ergab ein zweijähriger Praxistest in Hausanlagen bei Li-Ionen-Akkus einen Wirkungsgrad von 95 Prozent bei einer voraussichtlichen Lebensdauer von 20 Jahren und 60 Prozent Entladetiefe pro Tag.

Für die USV-Funktionalität allein sind Systeme mit modernen Bleibatterien bereits heute wirtschaftlich interessant – gerade auch im Vergleich zu USV-Systemen ohne PV-Unterstützung.

Ob sich der Eigenverbrauch von selbst erzeugtem Solarstrom mehr lohnt als die Einspeisung ins Netz, hängt von vielen Variablen ab: Hier müssen Investitions- und Betriebskosten sowie Strompreise und Einspeisevergütung individuell berücksichtigt werden. Individuelle Berechnungen sind auch deshalb erforderlich, weil sich die Vergütung für den Eigenverbrauch mit der

Abb. 6: Akkuspeicher



Höhe des Eigenverbrauchsanteils ändert. Bislang fressen Speicherkosten und Speicherverluste den Mehrerlös aus der Förderung des Eigenverbrauchs leicht wieder auf und verlangen dann doch vom Investor eine ökologisch geprägte Motivation.

Für Privatanlagen wird eine Batteriegröße von 5–10 kWh vorgesehen – das entspricht zahlenmäßig etwa der zweifachen Leistung des PV-Generators. Das Batterieangebot entwickelt sich – bei den angepeilten Endkundenpreisen ist in wenigen Jahren eine Rendite zu erwarten.

► Fazit, Ausblick

Die Ergänzung netzgekoppelter PV-Anlagen durch einen Batteriespeicher ermöglicht es, den lokalen Verbrauch zu maximieren: Stromangebot und -nutzung können damit bedarfsgerecht gesteuert und von den Spitzenproduktionszeiten entkoppelt werden. Entwickler erwarten, dass mit der neuen Speichertechnologie der Eigenverbrauch von PV-Strom auf 60 bis 70% gesteigert sowie das kontinuierliche Wachstum der Photovoltaik als Teil des Gesamtenergiemix unterstützt werden kann.

Die neuen multifunktionalen Wechselrichter werden als Element im PV-System immer vielseitiger: Sie tragen dazu bei, erneuerbare Energien verstärkt in die Energieversorgung einzubinden, da sie mit neuen Regel- und Einspeise-Funktionen auch Netze entlasten und synchronisieren können. Netzüberlastungen lassen sich dadurch vermeiden, dass überschüssiger Strom zu Spitzenproduktionszeiten und bei schwacher Nachfrage nicht abgenommen, sondern zwischengespeichert wird; bei hoher Nachfrage steht die gespeicherte Energie zur Verfügung.

Die USV-Systeme bauen auf bewährter Wechselrichter-Technologie auf, entsprechend einfach sind sie einzurichten oder auch nachzurüsten. Ein besonderes Marktpotenzial für USV-Systeme liegt in Ländern mit unsicherer Netzqualität und häufigeren Stromausfällen.

Während bei den Wechselrichtern schon sehr hohe Wirkungsgrade erreicht sind, wird bei der Speicherung noch an langlebigen, kostengünstigen Lösungen mit besserem Wirkungsgrad gearbeitet. Hier erscheint eine Abkehr von herkömmlichen Blei-Akkus hin zu länger haltbaren aber teureren Li-Ionen-Akkus möglich.

Dem Anlagenbetreiber verspricht das System höhere Eigenverbrauchsquoten und Versorgungssicherheit; dem Energieversorger reduzierte Lastspitzen sowie die Möglichkeit, bei Bedarf dezentrale Regelernergie abrufen zu können.

Noch ist wegen der hohen Batteriekosten und Speicherverluste allein zur Steigerung der Eigenverbrauchsquote kein wirtschaftlicher Betrieb von Batteriespeichersystemen möglich. Es ist zu erwarten, dass PV-Speicheranlagen einen Boom erleben werden, wenn im Rahmen des Aufbaus von sogenannten Smart Grids auch Regel-Energie angemessen vergütet wird – und sie dann wirtschaftlich betrieben werden können.

► PROJEKTADRESSEN

- Saft Batterien GmbH
Holger Schuh
Löffelholzstraße 20
90441 Nürnberg
- SMA Solar Technology AG
Jürgen Reekers
Sonnenallee 1
34266 Niestetal
- voltwerk electronics GmbH
Dr. Armin Schmiegel
Anckelmannsplatz 1
20537 Hamburg

► ERGÄNZENDE INFORMATIONEN

Literatur und Forschungsprojekte

- Trinkaus, M.; Drexler, N.: QUPS. Netzersatz-funktionalität für Sunny Boys. Abschlussbericht. SMA Solar Technology AG, Niestetal (Hrsg.). 2008. FKZ 0327571
- Verbundprojekt: Netzgekoppelte PV-Systeme mit Lithium-Ionen basierten Speichern zur Verbesserung der Integration von Erneuerbaren Energien in das öffentliche Stromnetz. FKZ 0325044A, B
- Forschungszentrum Jülich GmbH. Projektträger Jülich. Forschungsjahrbuch Erneuerbare Energien 2009. www.forschungsjahrbuch.de

Internet

- www.SMA.de
- www.voltwerk.de
- www.saftbatteries.de
- www.conergy.de
- www.e-energy.de

Abbildungsnachweis

- Abb. 1: BMU
- Abb. 2, 4, Hintergrundbild S. 4: SMA
- Abb. 3, 5: SAFT
- Abb. 6, Hintergrundbild S. 1: Voltwerk

Service

- Dieses Projektinfo gibt es auch als online-Dokument unter www.bine.info im Bereich Publikationen/Projektinfos. In der Rubrik „Service“ finden Sie ergänzende Informationen wie weitere Projektadressen und Links.

PROJEKTORGANISATION

■ Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
11055 Berlin

Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH
Jochen Viehweg
52425 Jülich

■ Förderkennzeichen
0327571; 0325044A, B

IMPRESSUM

■ ISSN
0937 – 8367

■ Version in Englisch
Das Dokument finden Sie unter www.bine.info.

■ Herausgeber
FIZ Karlsruhe
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

■ Urheberrecht
Eine Verwendung von Text und Abbildungen aus dieser Publikation ist nur mit Zustimmung der BINE-Redaktion gestattet. Sprechen Sie uns an.

■ Autor
Gerhard Hirn

BINE Informationsdienst Energieforschung für die Praxis

BINE Informationsdienst berichtet zu Energieeffizienztechnologien und Erneuerbaren Energien.

In kostenfreien Broschüren, unter www.bine.info und per Newsletter zeigt die BINE-Redaktion, wie sich gute Forschungsideen in der Praxis bewähren.

Kontakt

Haben Sie Fragen zu diesem **projektinfo**?
Wir helfen Ihnen weiter:

Tel. 0228 92379-44



FIZ Karlsruhe, Büro Bonn
Kaiserstraße 185 – 197
53113 Bonn

kontakt@bine.info
www.bine.info

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages