

# Wohin mit dem Solarstrom?

## Die Bedeutung von Speicher- und Batteriesystemen für die Energiewende

Prof. Dr. Eicke R. Weber, Direktor des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE

Die Stromerzeugung aus Photovoltaik hat in den letzten Jahren immer wieder die Erwartungen übertroffen, so dass es heute Situationen gibt, in denen Solarkraftwerke knapp die Hälfte des deutschen Strombedarfs decken, wie am Sonntag, dem 21. Juli 2013, mit 24 Gigawatt (GW) Einspeisung durch Photovoltaik (PV) bei einer Gesamtleistung von 50 GW. Je höher der Anteil fluktuierender erneuerbarer Energien wird, desto lauter wird

die Frage, wie das Stromnetz ertüchtigt werden muss, um weiter eine stabile Stromversorgung zu garantieren. Nicht immer muss gleich das Stromnetz ausgebaut werden, eine wichtige Rolle werden Speicher spielen, wie z.B. PV-Speicher. Nachfolgend wird ein kurzer Überblick über mögliche Techniken und ihren Einsatz in einem erneuerbaren Energiesystem dargestellt.

### PV-SPEICHER ENTLASTEN DIE NETZE

Ein erster Schritt, die Schwankungen der Stromerzeugung bei fluktuierenden erneuerbaren Energien zu glätten, sind dezentrale PV-Speicher von 1-10 kWh Kapazität.

Mit 50 Millionen € fördert die Bundesregierung seit Mai 2013 PV-Batteriesysteme. Schon letztes Jahr hat das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE im Rahmen einer Studie für den Bundesverband Solarwirtschaft BSW die Möglichkeiten dieser Technik und mögliche Kriterien für die Förderung untersucht.

Eine finanzielle Förderung ist sehr sinnvoll, da die Kosten heute mit rund 1000 € pro installierter kWh an Speicherkapazität noch sehr hoch sind. Denkt man an die Kostenreduktion um den Faktor 5 in zehn Jahren bei der Photovoltaik, so scheint es dennoch sinnvoll und realistisch, Batteriesysteme in großem Maßstab einzusetzen. Die Technik ist heute schon sicher und marktfähig. Rund 75 % der Photovoltaik speisen in das Niederspannungsnetz ein. Sie werden meist vor Ort verbraucht, denn Erzeugung und Verbrauch decken sich weitgehend. Die Verteilnetze arbeiten bidirektional und können dabei bis zu 50 GW Photovoltaik ohne nennenswerte Engpässe

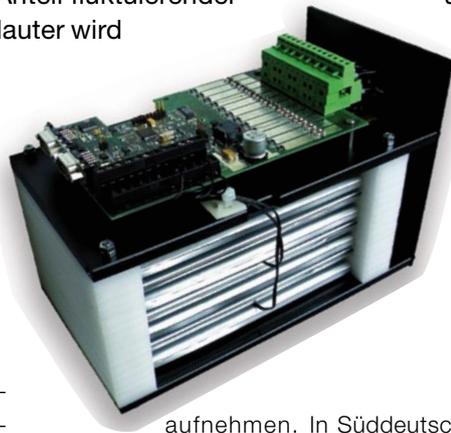


Abb. 1: 2,5 kWh Lithium-Ionen-Batteriemodul als 19" Einschub mit elektronischem Batteriemangement

aufnehmen. In Süddeutschland gibt es allerdings in Gebieten mit hoher PV-Anschlussdichte Bedarf an Netzertüchtigung, der mit PV-Speichern und anderen Maßnahmen vermieden werden könnte.

Dabei ist die Betriebsweise der Speicher entscheidend, damit das Netz tatsächlich entlastet wird. Heute werden wegen der Eigenverbrauchsregelung des Erneuerbaren-Energiesgesetzes die über Nacht entleerten Speicher meist sofort am Vormittag geladen. Kommt die Mittagsspitze der Photovoltaik, sind sie schon voll und entlasten das Netz kaum. Bei der netzdienlichen Betriebsweise wird der Speicher erst mittags geladen und klappt so die Einspeisespitze. Der Betreiber hat dadurch in der Regel keine Nachteile, das Netz kann aber für eine deutlich geringere Spitzenbelastung ausgelegt werden.

Diese Zusammenhänge zeigen, wie wichtig bei der Energiewende die Betrachtung des Gesamtsystems PV-Speicher-Netz ist. Die Speicher-Förderrichtlinie der KfW

(Merkblatt Erneuerbare Energien "Speicher") greift die Netzdienlichkeit auf. Sie schreibt eine Begrenzung der Anschlussleistung des PV-Batteriesystems auf 60 % der Nominalleistung des Generators vor. Mit dieser netzoptimierten Betriebsweise könnten 100.000 PV-Speicher die installierbare PV-Kapazität ohne Netzausbau um 66 % erhöhen.

Neben der Kappung der Spitzeneinspeisung am Mittag können PV-Batteriesysteme die am Abend auftretende Netzbezugsspitze durch Entladung der Speicher senken. Beide Effekte hätten langfristig zur Folge, dass der Zubau von netzoptimierten PV-Batteriesystemen zu einer Verstetigung der residualen Last führt. Abb.2 zeigt unsere Simulationsergebnisse für 50.000 kleine PV-Speicher. Man sieht, wie die Spitze der PV-Erzeugung durch Speicheraufladung reduziert wird und in den Abendstunden das Tal füllt. Die Netzspitze an einem regionalen Knoten wird damit von gut 110 MW auf 60 MW reduziert.

### ÜBERBLICK SPEICHERTECHNIKEN

Zwar sind kleine dezentrale Batteriespeicher bei entsprechenden Stückzahlen durchaus auch energiewirtschaftlich relevant, doch brauchen wir für ein

# Steigende Strompreise? **Ohne mich.**

Andreas S., Kinderarzt

Der Staat fördert Speichersysteme!  
Mehr Informationen unter  
[www.solarstrom-tag-und-nacht.de](http://www.solarstrom-tag-und-nacht.de)



**Mit dem BPT-S 5 Hybrid Sonnenstrom auch abends nutzen:** Die intelligente Speicherlösung ist mit fünf unterschiedlichen Speicherkapazitäten von 4,4 kWh bis 13,2 kWh erhältlich und bietet damit für jeden Bedarf die richtige Größe. Als DC-System zeichnet es sich durch sehr geringe Wandlungsverluste aus und ist problemlos an das Hausnetz anzuschließen. Informieren Sie sich noch heute:  
[www.solarstrom-tag-und-nacht.de](http://www.solarstrom-tag-und-nacht.de)



**BOSCH**  
Technik fürs Leben

technisch und wirtschaftlich optimales System viele Arten und Größen von Speichern.

Abb.3 zeigt in einem doppelt logarithmischen Maßstab, das ganze Portfolio an Technologien, das es für die verschiedenen Anforderungen an Stromspeicher gibt. So gibt es für die Speicherung kleiner Strommengen im Sekundenbereich hocheffiziente Kondensatoren oder supraleitende Spulen. Am anderen Ende stehen saisonale Speicher wie Wasserstoff, die über Monate Hunderte von GWh speichern können. Die klassischen Bleibatterien sind über 100 Jahre alt und noch am preiswertesten. Nachteile sind der Einsatz von Blei und Säure, außerdem ist ihre Lebensdauer limitiert. Moderne Lithium-Ionen-Akkus sind effizienter und besser für den mobilen Einsatz geeignet, sie kommen für große Speicherkapazitäten aber nicht infrage (Abb.1). Dafür gibt es Pumpspeicherwerke oder Talsperren mit variablem Abfluss, aber auch Druckluft- oder Schwungradspeicher eignen sich für sehr kurzfristige

der gespeicherten Menge kennen. Darüber hinaus gibt es noch weitere Techniken, etwa thermische Speicher im Haus wie ein Warmwassertank oder auch Salzspeicher, die die Wärme solarthermischer Großkraftwerke aufnehmen. Große zen-

vielfältigen Energiedienstleistungen einer modernen Gesellschaft universell einsetzen lässt. Gleichzeitig werden die Grenzen zwischen Strom und Wärme fließend. Hervorstechendes Merkmal eines erneuerbaren Energiesystems wird Effizienz

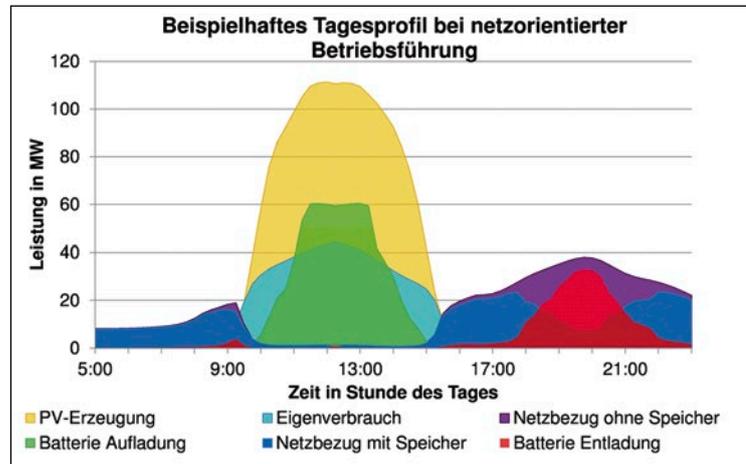


Abb.2: Reduktion der Spitze und Vergleichmäßigung des Netzbezugs bei Einsatz von 50.000 PV-Speichern (dunkelblau) gegenüber dem Betrieb ohne Speicher (violett) für einen Beispieltag

trale Wärmespeicher auf Wasserbasis, wie sie in Dänemark seit vielen Jahren in der Fernwärmeversorgung im Einsatz

sowohl bei Herstellung, Speicherung und Transport, als auch bei der Nutzung sein. Ein Beispiel soll verdeutlichen, wie ein effizientes Zusammenspiel von Strom und Wärme aussieht (Abb.4): Wir benötigen immer noch rund 58 % unseres Energiebedarfs für Wärme, davon ist der Löwenanteil Raumwärme. Im Sinne der Effizienz sollte ein großer Anteil des Wärmebedarfs direkt solarthermisch erzeugt werden, da ein Sonnenkollektor etwa dreimal so effizient wie eine Solarzelle ist. Gleichzeitig brauchen wir saisonale thermische Speicher, die den Sommerüberschuss an Wärme in großen zentralen Wasserspeichern in den Winter bringen.

Diese Speicher können auch sehr gut Überschussstrom aufnehmen. Da zur Entladung der Speicher bei Bedarf wieder elektrische Wärmepumpen eingesetzt werden, vermindert die Temperaturerhöhung durch den Überschuss den nötigen Stromaufwand für die Wärmepumpe. So können thermische Speicher indirekt Strom speichern und gleichzeitig als Pufferelement die Fluktuationen der erneuerbaren Stromerzeugung ausgleichen. Monovalente Nur-Strom-Heizungen sind dagegen nicht systemdienlich, da diese

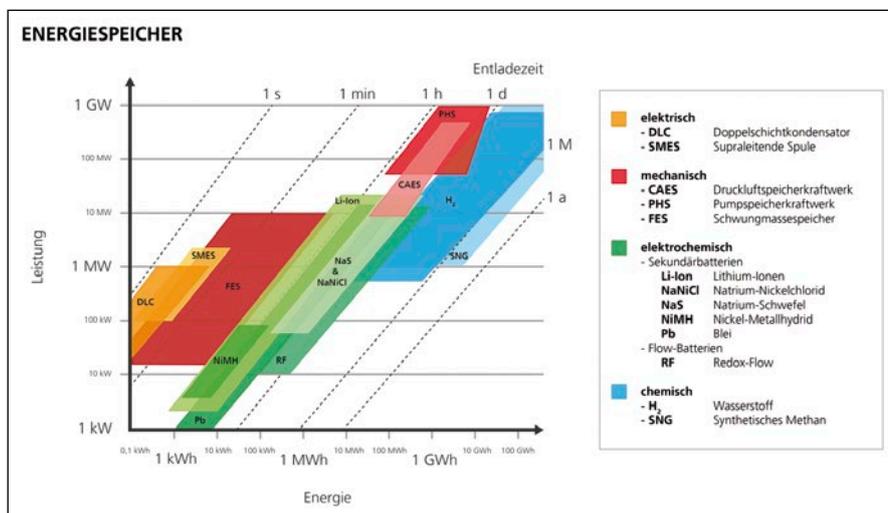


Abb.3: Stromspeicher für verschiedene Einsatzzwecke

Überbrückungen von Schwankungen im Stromnetz – in diesem Bereich besteht noch viel Forschungsbedarf. Sehr interessant sind chemische Speicher, die große Strommengen aufnehmen. Hier ist vor allem das Herstellen von Wasserstoff durch Elektrolyse zu nennen, aber auch die Redox-Flow-Batterien, die ebenfalls keine prinzipielle Begrenzung

sind, können Überschusswärme und auch Überschussstrom auch saisonal speichern.

**AUF LANGE SICHT – GESAMTSYSTEM AUF BASIS ERNEUERBARER ENERGIEN**

Mit der Energiewende wird Strom zum zentralen Energieträger, da er sich für die

auch dann Strom benötigen, wenn keine direkte Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien gegeben ist. Im Fraunhofer ISE haben wir das Regenerative Energien Modell – Deutschland REMod-D entwickelt. Es umfasst konventionelle und erneuerbare Erzeuger und alle Komponenten für Speicherung und Verbrauch des gesamten Energiebedarfs. In diesem Modell wird das Energiesystem so berechnet, dass in jeder Stunde eines Jahres Erzeugung und Verbrauch ausgeglichen sind. In vielen Millionen Simulationsläufen wurde die jeweils kostengünstigste Konstellation von verschiedenen Varianten berechnet. So konnten wir zeigen, dass 95% Reduktion der Treibhausgase, wie sie die Bundesregierung als ein Klimaschutzziel fordert, zu vergleichbaren

Kosten wie heute möglich ist. Die konventionellen Szenarien kommen dagegen zu sehr viel höheren Energiekosten in der Zukunft. An diesem Beispiel lässt sich das Zusammenspiel von Erzeugung, Verbrauchern und Speichern gut demonstrieren. Elektrolyse- und Power-to-Gas-Anlagen wandeln Strom in synthetisches Gas zur Langzeitspeicherung. Die Rückverstromung besorgen Gas- und Dampf (GuD)-Kombikraftwerke und Anlagen der Kraftwärmekopplung. Wärme liefern unter anderem elektrische Wärmepumpen, Wärmenetze, Gas-Wärmepumpen und Blockheizkraftwerke.

Elektrische Wärmepumpen spielen sowohl in Einzelgebäuden als auch als Großanlagen in Wärmenetzen eine wichtige Rolle. Im Beispielsystem für 2050 sind insgesamt rund 1,5 TWh Wärmespeicher in Verbindung mit Wärmenetzen installiert – das entspricht rund 320 Speichern mit jeweils 100.000 m<sup>3</sup> Wasservolumen, die jährlich rund 40 bis 50 äquivalente Vollzyklen pro Jahr durchlaufen. Dazu kommen rund 600 GWh an Wärme-Pufferspeichern in Einzelgebäuden. Knapp 40 GWh an PV-Bat-

terien wären installiert – das entspricht rund 10 Millionen Speichern mit je 4 kWh. Eine ähnliche Speicherkapazität würden Pumpspeicherkraftwerke liefern. In welchem Umfang regenerativ erzeugte Gase zum Ausgleich saisonaler Effekte benötigt werden, hängt entscheidend von der Menge fossiler Brennstoffe ab, die

Energiekosten spart, sondern unserer Volkswirtschaft auch neue Einnahmen durch den Verkauf von Energieeffizienztechnologien verschafft.

Insbesondere müssen wir den Speichern die Möglichkeit geben, sich als fester Bestandteil der Energiewende zu etablieren. Das derzeitige Design des Strommarktes verhindert ein tragfähiges Geschäftsmodell für Speicher. In der bisherigen linearen Betrachtungsweise gibt es entweder Erzeuger oder Verbraucher, Speicher fallen zwischen diese „Stühle“. Was wir brauchen ist ein Marktdesign, das dem Systemgedanken Rechnung trägt. Speicher sind darin Netzverbraucher, die Systemdienstleistungen bereitstellen und vergüt-

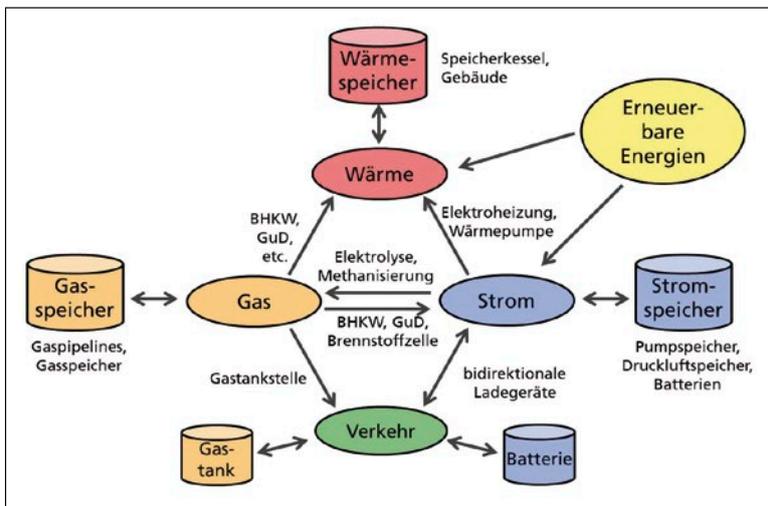


Abb.4: Schematisches Zusammenspiel zwischen den Komponenten eines Energiesystems auf Basis Erneuerbarer Energien

dem System noch zur Verfügung stehen. Sind noch 300 TWh oder mehr an Erdgas verfügbar, braucht man keine Elektrolyse-Anlagen. Bei 150 TWh Erdgas sind rund 23 GW Elektrolyseure erforderlich. Der Wärmebedarf in Gebäuden ist durch Effizienzmaßnahmen um 50% reduziert, rund 30% aller Gebäude sind an Wärmenetze angeschlossen. Die elektrische Wärmepumpe ist die dominante Heiztechnik.

**AUSBLICK**

Es gibt vielfältige technische Möglichkeiten für Speicherung, die sich auf unterschiedlichem Stand der Technik oder Markteinführung befinden. Worauf es jetzt ankommt, ist, die Effizienz der Techniken zu erhöhen und die Kosten zu senken. Wir verfügen in Deutschland über sehr viel Know-how und haben mit der Energiewende die Chance diesen Vorsprung auch in Produkte und Arbeitsplätze umzuwandeln. Dazu müssen wir jetzt etwas mehr in Forschung, Entwicklung und den Marktaufbau investieren. Doch das ist eine nachhaltige Zukunftsinvestition, die schon bald nicht nur

tet bekommen. Dieser Ansatz ist weit besser, als einzelne Technologien zu fördern. In Kalifornien sind Speicher seit kurzem in den Energiemarkt integriert und erhalten eine Vergütung. Das könnte uns ein Beispiel sein.

Die Energiewende ist keine Alternative, sondern die einzige Möglichkeit für eine langfristige, nachhaltige Energieversorgung, die auch der Verantwortung gegenüber unseren Nachkommen gerecht wird. Nachdem klar ist, dass erneuerbare Energien die Menge an Energie liefern können, die wir für ein gesundes und komfortables Leben brauchen, müssen wir uns jetzt vorrangig mit der Optimierung des Gesamtsystems befassen. Speicher spielen dabei eine zentrale Rolle, doch gehören auch regenerative Reservekraftwerke dazu und jede Menge „Intelligenz“ wie Smart Grids und Smart Metering.

Autor: Prof. Dr. Eicke R. Weber,  
 Direktor des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE  
 Fotos / Grafiken: Fraunhofer-Institut ISE  
 79110 Freiburg, [www.ise-fraunhofer.de](http://www.ise-fraunhofer.de)