

SPEICHERSTUDIE 2013

Kurzgutachten zur

**Abschätzung und Einordnung energiewirtschaftlicher,
ökonomischer und anderer Effekte bei Förderung von
objektgebunden elektrochemischen Speichern**

Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse

Raphael Hollinger, Dr. Bernhard Wille-Hausmann, Dr. Thomas Erge, Jan Sönnichsen, Thies Stillahn, Niklas Kreifels

Abteilung Intelligente Energiesysteme - Dr. Christof Wittwer

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
in Freiburg

Auftraggeber: Bundesverband Solarwirtschaft (BSW-Solar)

Januar 2013

Inhalt

1	Hintergrund	3
2	Zentrale Erkenntnisse.....	4
3	Fazit.....	12

1

Hintergrund

Die technologischen Entwicklungen im Bereich der elektrochemischen Speichersysteme sowie der steigende Bedarf an Ausgleichsmöglichkeiten für die Fluktuation regenerativer Erzeuger machen den Einsatz von direkten Stromspeichern im Energieversorgungssystem zunehmend attraktiv und notwendig. Vor dem Hintergrund der sogenannten Netzparität von Photovoltaik-Strom (in Bezug auf den Haushaltskundenstrompreis) wird zudem der lokale Eigenverbrauch des Photovoltaik-Stromes auch für Betreiber von Kleinanlagen immer interessanter. Durch die Nutzung von Photovoltaik-Batteriesystemen können Anlagenbetreiber den Eigenstromanteil weiter erhöhen. Welche Effekte Photovoltaik-Batteriesysteme auf das Energiesystem sowohl aus technischer als auch ökonomischer Sicht hervorrufen, wurde vom Fraunhofer ISE im Auftrag des Bundesverbandes Solarwirtschaft (BSW-Solar) untersucht.

Im Zuge des Kurzgutachtens wurden die Auswirkungen durch den Einsatz von Photovoltaik-Batteriesystemen bei kleinen objektgebundenen Photovoltaik-Anlagen untersucht. Ein besonderer Fokus lag dabei auf einer potenziellen Netzentlastung durch die Reduktion der Einspeisespitze und des Abendbezugs. Neben der Netzentlastung wurden qualitative Möglichkeiten zur Bereitstellung sonstiger Netzserviceleistungen (insb. Regelleistungsreserve und Unterstützung bei Netzstörungen) und ökonomische Effekte untersucht.

Die wesentlichen Fragestellungen, das Vorgehen sowie die Ergebnisse der Kurzstudie werden im Folgenden vorgestellt:

Netzentlastung durch Reduktion der Einspeisespitze und des Abendbezugs bei netzdienlicher Batteriebetriebsführung

Um die Auswirkungen einer netzdienlichen Betriebsweise von Photovoltaik-Batteriesystemen auf die wechselnden Lastverhältnisse in Verteilnetzen zu analysieren, wurden Optimierungsrechnungen für die Batterie mit der Prämisse netzentlastender Haushaltsprofile entwickelt. Sie verwenden eine kombinierte Zielfunktion und minimieren die jährliche Einspeiseleistung der Photovoltaik-Anlage ins Netz durch entsprechendes Beladen und Entladen der Batterie bei gleichzeitiger Maximierung des Eigenverbrauchs, um die Wirtschaftlichkeit zu erhalten¹. Untersucht wurden auch die zusätzlichen Auswirkungen einer (kleinen) prozentualen Einbuße im Jahresenergieertrag der Photovoltaik-Anlage durch Abregelung auf netzstützende Effekte. Um die volle Batteriekapazität zur Kappung der Einspeisespitze nutzen zu können, wurde des Weiteren eine Entladung der Batterie in das öffentliche Netz betrachtet.

Die Betriebsführung entspricht einer prädiktiven Regelung und beruht daher auf der Annahme einer vollständig perfekten Prognose der solaren Einstrahlung und des Stromverbrauchs. Ziel dieses Optimierungsalgorithmus ist es, die theoretischen Potenziale zur Netzentlastung aufzuzeigen. Die Auswirkungen einer solchen netzdienlichen Betriebsweise werden im Folgenden auf Ebene des Anlagenbetreibers, auf Verteilnetzebene und deutschlandweit betrachtet.

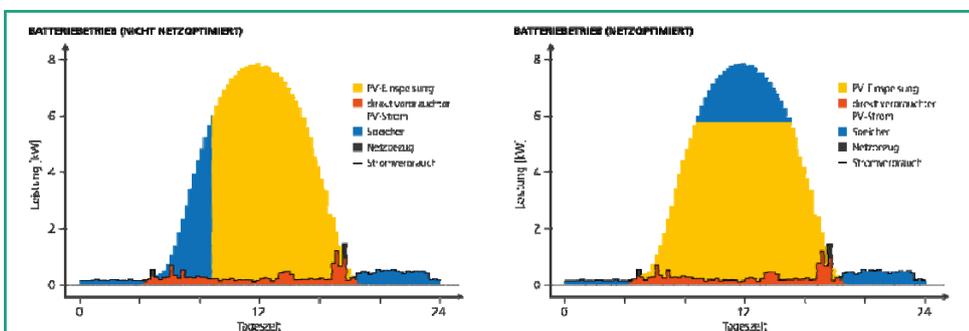


Abb. 1 Gegenüberstellung der konventionellen und der netzdienlichen Betriebsführung

Individuelle Betrachtung eines Photovoltaik-Batteriesystems

Zunächst findet die Betrachtung eines individuellen Photovoltaik-Batteriesystems nach beschriebener netzdienlicher Betriebsführung mit ausschließlicher Netzeinspeisung von momentanen Überschussstrommengen statt. Die maximale Einspeisespitze in die Netze kann hierdurch um 20 bis 40% der Generatorleistung gesenkt werden – je nach Photovoltaik-Anlagengröße und Batteriekapazität. In Ergänzung zu einer netzdienlichen Batteriebetriebsführung besteht die Möglichkeit, die Einspeisespitze weiter zu reduzieren.

¹ Es handelt sich um ein linear-ganzzahliges Optimierungsproblem.

Eine Option ist die zeitweise Abregelung der Photovoltaik-Anlage, welche bei Akzeptanz einer Reduktion der Jahresstromerzeugung um 2% zu einer weiteren Senkung der Einspeisespitze um etwa 5% führt. Eine zweite Möglichkeit ist das Zulassen einer Netzeinspeisung aus der Batterie. Hierfür wurde gezeigt, dass eine etwa doppelt so hohe weitere Reduktion der Einspeisespitze möglich ist. Abbildung 2 stellt diesen letzten Fall dar.

Hierbei wurde als Datengrundlage auf Minuten-Mittelwerte des Jahres 2011 einer Verbrauchs- und einer Erzeugungszeitreihe zurückgegriffen. Der Verbrauch entspricht einer real gemessenen Verbrauchszeitreihe eines Haushalts und beläuft sich auf 2.800 kWh im Jahr². Die Erzeugungszeitreihe entstammt einer Photovoltaik-Anlage in Freiburg mit einer Jahreserzeugung von 1.300 kWh pro Jahr. Betrachtet wurden Photovoltaik-Anlagen zwischen 3 kWp und 10 kWp und Speichersysteme zwischen 0 kWh und 11 kWh Speicherkapazität. Die maximale Batterieleistung ist 0,5 C³.

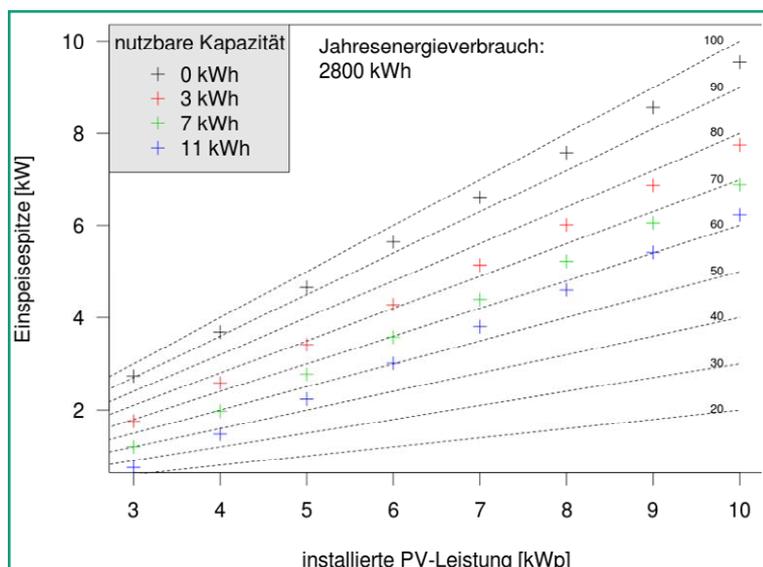


Abb. 2: Reduktion der Einspeisespitze einer PV-Anlage ins Netz durch Batteriemangement und der Möglichkeit zur Netzeinspeisung der Batterie. Die Zahlen am rechten Bildrand entsprechen der Reduktion bezogen auf die Generatorleistung.

Einfluss auf das Verteilnetz

Die Vorgabe einer Reduzierung der Photovoltaik-Generatorleistung durch das Batteriesystem auf einen Wert zwischen 60% und 70% führt zu einer Verringerung der Betriebsmittelauslastung und Verbesserung der Spannungshaltung. Dieser Wert kann durch eine modellprädiktive Betriebsweise der Photovoltaik-Batteriesysteme der am Verteilnetz angeschlossenen Photovoltaik-Anlagen erreicht werden.

Hierzu wurde sowohl ein beispielhaftes ländliches Niederspannungsnetz, ein vorstädtisches Netz modelliert und die Aufnahmefähigkeit für Photovoltaik berechnet. Notwendige Bedingung war die Einhaltung der Spannung nach VDE-AR-4105 und Nennströme aller Betriebsmittel. **Lastflussrechnungen haben gezeigt, dass ein**

² Quelle der Verbrauchszeitreihe: SMA

³ „C“ charakterisiert die Entladerate bezogen auf die nominale Batteriekapazität, 0,5 C bedeutet eine komplette Entladung innerhalb 2 Stunden.

netzdienlicher Photovoltaik-Batteriebetrieb die Einspeisespitze aller Systeme um ca. 40% reduziert. Hieraus ergibt sich, dass 66% mehr Photovoltaik-Batterieanlagen installiert werden könnten, sofern bei diesen ebenfalls ein netzdienliches Einspeisemanagement stattfindet.

Ist nach Ausschöpfung der Batterieoptimierung die Spannungshaltung noch der begrenzende Faktor, kann die Aufnahmefähigkeit bis hin zur maximalen Betriebsmittelauslastung gesteigert werden. Hier bieten sich statische Spannungshaltung mit Blindleistung und/oder regelbare Ortsnetzstationen an. Exemplarische Analysen am vorstädtischen Netz zeigen eine zusätzliche Anschlusskapazität um 15%.

Deutschlandweite Betrachtung

Nach der individuellen und Verteilnetzbetrachtung wurden die deutschlandweiten Auswirkungen in drei Szenarien mit unterschiedlichem Durchdringungsgrad an Photovoltaik-Batteriesystemen (50-/100-/500Tsd.) simuliert. Bei der **netzdienlichen Betriebsführung** konnte die Spitze der Überschusseinspeisung der Photovoltaik-Anlagen am Tag der höchsten Netzeinspeisung auf 54-70% je nach Durchdringung gesenkt werden.

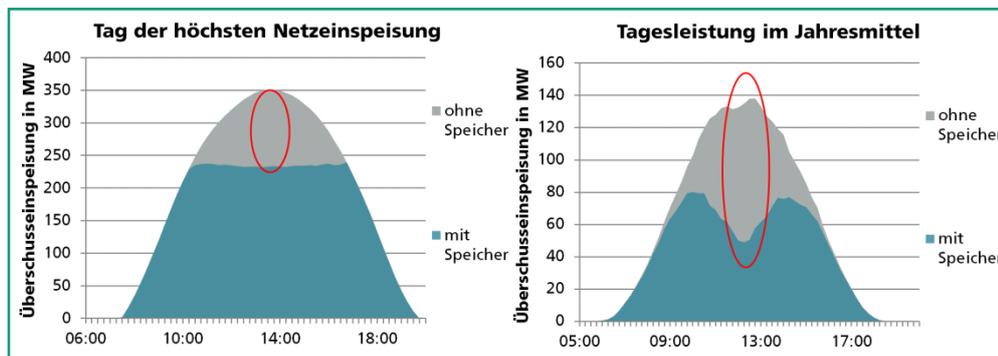


Abb. 3: Netzeinspeisung der Photovoltaik-Anlage mit und ohne Batteriesystem (100.000 Speicher)

Auf der anderen Seite können Photovoltaik-Batteriesysteme die am Abend auftretende Netzbezugsspitze durch die Entladung der Batterie senken. Beide Effekte hätten langfristig zur Folge, dass der Zubau von netzoptimierten Photovoltaik-Batteriesystemen zu einer Verstetigung der residualen Last führt. Der verbleibende Bedarf kann dann einfacher mit anderen Erzeugungstechnologien gedeckt werden. Die Simulation zeigt, dass Photovoltaik-Batteriesysteme mit geeigneter Betriebsführung wesentlich zu einer Entlastung der Stromnetze beitragen können. Hierzu sind Anreizsysteme bzw. regulative Vorgaben notwendig, die den Anlagenbetreiber zu einer netzdienlichen Betriebsführung der Photovoltaik-Batteriesysteme motiviert.

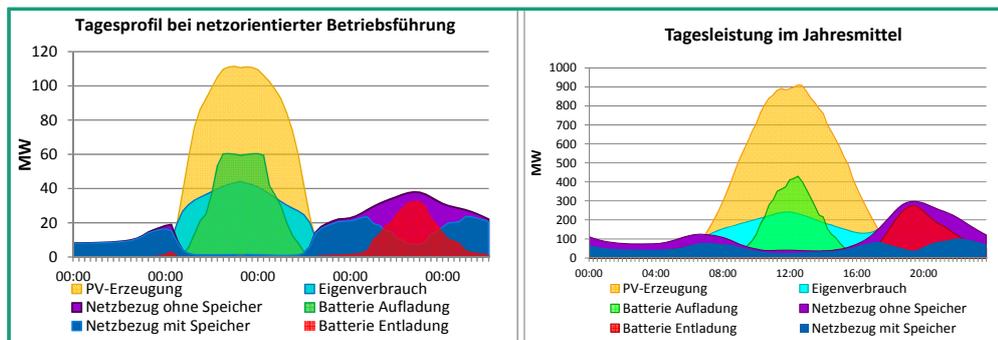


Abb. 4: Reduktion der Netzbezugsspitze für einen Beispieltag und im Jahresmittel

Auswirkungen bei konventioneller Betriebsführung der Batterie

Um die Auswirkungen von heutigen Photovoltaik-Batteriesystemen zu analysieren, wurden auch Simulationen mit konventioneller Betriebsführung (vgl. Abb. 1) von Photovoltaik-Batteriesystemen durchgeführt. Es wird daher davon ausgegangen, dass nach derzeitigen Rahmenbedingungen die Betriebsführung wie folgt definiert wird:

- Beladung der Batterie mit Photovoltaik-Strom wenn
Photovoltaik-Leistung > lokale Last
- Entladung der Batterie zum Eigenverbrauch wenn
Photovoltaik-Leistung < lokale Last

Diese konventionelle Betriebsführung maximiert auf der einen Seite den Eigenverbrauch, entlastet jedoch das angeschlossene Stromnetz nicht. Denn in den meisten Fällen ist der Photovoltaik-Batteriespeicher vor der Erzeugungsspitze der Photovoltaik-Anlage bereits komplett geladen und das Netz muss weiterhin für die maximale Jahresspitze ausgelegt werden. Die naheliegende Überlegung die Speicherkapazität zu erhöhen, stellt bei gleichem Verbraucher nur bedingt eine Lösung dar. Denn der größere Speicher könnte bei gleichem Verbraucher insbesondere im Sommer bis zur nächsten Photovoltaik-Erzeugungsperiode (meist der folgende Tag) nicht entladen werden. Damit stellt sich im Sommer phasenweise ein durchgehend teilgeladener Speicher ein. **Photovoltaik-Batteriesysteme, die lediglich auf die Maximierung des Eigenverbrauchs hin betrieben werden, haben kaum positive Effekte für die Netze oder die Systemintegration der fluktuierenden Erzeugung.**

Bereitstellung zusätzlicher Serviceleistungen durch Batteriesysteme

Photovoltaik-Wechselrichter sind durch geeignete Regler technisch in der Lage, systemrelevante Netzdienstleistungen auszuführen. Dazu gehören sowohl die Lieferung von Blindleistung als Beitrag zur Spannungshaltung und zur Blindleistungsbilanz als auch die Lieferung negativer Regelleistung. Diese kann prinzipiell bis in den schnellen Bereich der Primärregelung erfolgen. In Verbindung mit einem Batteriesystem erweitern sich diese Möglichkeiten um die Lieferung positiver Regelleistung, die Fähigkeit zum Schwarzstart und zur kurzzeitigen Aufrechterhaltung von Inselnetzen bei Netzstörungen. Des Weiteren sind Photovoltaik-Batteriesysteme jederzeit in der Lage, bei Unterfrequenzen (unter 49,8 Hz) das Netz zu stützen. Technisch sind daher die Voraussetzungen erfüllt, systemrelevante Funktionen auszuführen, die heutzutage größtenteils von konventionellen Kraftwerken erfüllt werden. Mit einer zunehmenden Ablösung des konventionellen Kraftwerksparks müssen auch regenerative Erzeuger Aufgaben zur Systemstabilität wahrnehmen.

	PV	PV-Batterie
Lieferung Blindleistung	✓	✓
Negative Regelleistung	✓	✓
Positive Regelleistung	✗	✓
Selbstregelung Verbrauch	✗	✓

Abb. 5: Möglichkeiten zur Netzunterstützung von Photovoltaik-Batteriesystemen

Beiträge zur Reduktion oder Vermeidung von Kaltreserve-Einsätzen

Aufgrund der Stilllegung weiterer konventioneller Kraftwerke wird der Bedarf an Kaltreserve für die Handhabung kritischer Netzsituationen steigen. Photovoltaik-Batteriesysteme könnten einen Beitrag leisten, Kaltreserve-Einsätze zu vermeiden oder zu reduzieren.

Durch die Abschaltung von Atomkraftwerken im Jahr 2011 hat sich das Redispatch-Potenzial insbesondere in Süddeutschland verringert, so dass der Bedarf an Instrumenten zur Behebung von möglichen Problemen der Spannungshaltung oder einzelnen Netzüberlastungen steigt, bis entsprechende Netzausbaumaßnahmen greifen. Mit der Kaltreserve⁴ hat die Bundesnetzagentur größeren Handlungsspielraum durch Identifikation von zumeist großen konventionellen Kraftwerken in Deutschland und im benachbarten Ausland geschaffen. Diese können in außergewöhnlichen Situationen zwar aktiviert werden, sind ansonsten aber aus wirtschaftlichen Gründen oft nicht marktgeführt im Einsatz⁵. Im vergangenen Winter führten meteorologische Faktoren und eingeschränkte Gaslieferverträge zu einzelnen Ausnahmesituationen im elektrischen Versorgungssystem und damit zu einer Aktivierung der Kaltreserve. So wurden beispielsweise von österreichischen Reservekraftwerken am achten und neunten Dezember 2011 ca. 18 Gigawattstunden mit einer maximalen Leistung von 935 Megawatt in das Elektrizitätsnetz einspeist. Es wird erwartet, dass durch die Stilllegung weiterer konventioneller Kraftwerke der Bedarf an der kostenintensiven Kaltreserve für die Handhabung kritischer Netzsituationen zunimmt und ab 2013 bereits vier Gigawatt erreicht⁶. Entsprechend intensiv werden gegenwärtig zukünftige Reservekonzepte diskutiert, zumal die rechtliche Grundlage der Kaltreserve noch nicht abschließend geklärt ist und gleichzeitig neu einzuführende Konzepte für Kapazitätsmärkte erwogen werden⁷.

Eine Verringerung der vorgehaltenen Kaltreserve auf Basis installierter Photovoltaik-Batteriesystemen erscheint aufgrund des laufenden Betriebes der Photovoltaik-Anlagen, ihrer geringen Leistung und Kapazität sowie hoher administrativer Aufwendungen als derzeit noch nicht praktikabel. Im Zuge der Energiewende könnten Batteriespeicher unter Voraussetzung einer hohen Durchdringung einen relevanten Beitrag leisten, um Kaltreserve-Einsätze situationsabhängig zu reduzieren oder zu vermeiden⁸:

⁴ Bei der Kaltreserve handelt es sich um Kraftwerke, die sich in einem Konservierungszustand befinden und mit einer nicht genauer definierten Vorlaufzeit wieder betriebsbereit gemacht werden können (DKE 2012: <https://teamwork.dke.de/specials/7/Wiki-Seiten/Kaltreserve-Leistung.aspx>, Bundesnetzagentur 2012: »Bericht zum Zustand der leitungsgebundenen Energieversorgung im Winter 2011/2012« .

⁵ Als Rechtsgrundlage dient bislang § 13 (1a) EnWG, der die Systemverantwortung der Betreiber von Übertragungsnetzen festlegt, der für die Bundesnetzagentur jedoch keine Ermächtigungsgrundlage ist, um in die Stilllegung von Kraftwerken einzugreifen.

⁶ energate 2012: <http://www.e-world-2013.com/aktuelles/energienachrichten/view/2012/09/27/kaltreserve-wird-zum-streitfall?cHash=b63a92a6493ef13942768866eaf35647>

⁷ Bundesnetzagentur 2012: »Bericht zum Zustand der leitungsgebundenen Energieversorgung im Winter 2011/2012«, consentec 2012: »Praktikable umsetzbare Ausgestaltung einer Strategischen Reserve«, Gutachten im Auftrag des BDEW, 21.09.2012.

⁸ Hypothetisches Beispiel: Ein Abruf von 500.000 vollständig beladenen Batteriesystemen an Tagen hoher Einstrahlung kurz nach Sonnenuntergang kann eine Gesamtkapazität von ca. 3,5 Gigawattstunden bereitstellen. Für zwei Stunden könnte eine Leistung von 1,775 Gigawatt bei 0,5 C eingespeist werden (gemäß Szenarien der aktuellen Studie). Systemisch relevant ist jedoch nur jener Anteil an dem genannten Einspeisevolumen, der den lokalen Hausverbrauch übersteigt. Nach Sonnenuntergang ist damit zu rechnen, dass ein Großteil der Batterien eingesetzt wird, um den Eigenverbrauch zu decken. Als zusätzliche Einspeisung ist somit lediglich die Überschusseinspeisung realisierbar.

- Sofern die erforderlichen Rahmenbedingungen vorliegen und die Geschäftsmodelle funktionieren, könnten Übertragungsnetzbetreiber perspektivisch auch auf die in den Batterien gespeicherten Energiemengen zum Zweck der Netzstabilisierung zugreifen und damit Entscheidungen zur notwendigen Aktivierung von Kaltreservekraftwerken verzögern bzw. revidieren.
- Besteht Bedarf an zusätzlicher Leistung oder schnell regelbaren Anlagen, können Photovoltaik-Batteriesysteme in kurzer Zeit zusätzliche Leistung bereitstellen. Allerdings spielt die geographische Lage/das Einzugsgebiet eine entscheidende Rolle, um lokale Netzprobleme zu lösen.

Besteht zusätzlicher Regelenenergiebedarf können Photovoltaik-Batteriesysteme im Verbund negative und positive Regelleistung bereitstellen. Die Teilnahme am Minutenreservemarkt könnte betriebswirtschaftlich lukrativ sein und gleichzeitig ein Beitrag für eine Aufrechterhaltung der Systemstabilität liefern. Für diesen Fall ist sicherzustellen, dass die Leistung für den vereinbarten Zeitraum vorgehalten wird.

Demand Side Management ergänzt Lastverschiebung durch Photovoltaik-Batteriesysteme

In Haushalten mit einer üblichen Verbraucherausstattung können Batterien den Eigenverbrauch stärker beeinflussen als das Demand Side Management (DSM). Sobald größere flexible elektrische Verbraucher vorhanden sind, wie z. B. Wärmepumpen, erhöht sich das durch DSM erschließbare Eigenverbrauchspotenzial. In Abhängigkeit der Verfügbarkeit von Lade- und Entlademanagement-Konzepten kann DSM grundsätzlich die Photovoltaik-/Batteriebetriebsführung ergänzen.

Das DSM ist ein Instrument für die Beeinflussung der Nachfrage elektrischer Energie bei Verbrauchern. Es unterscheidet die »direkte Steuerung« in Form der Reaktion von Verbrauchseinheiten auf verbindliche Steuersignale sowie die »indirekte Steuerung« in Form einer Definition von variablen Preisanreizsystemen. Perspektivisch ist vorstellbar, dass das DSM auch für die Erbringung von Netz-Systemdienstleistungen genutzt wird.

Studien und Feldtests kommen bisher zu sehr unterschiedlichen Einschätzungen hinsichtlich der anreizbasierten Lastverschiebungspotenziale im Wohnungsbereich⁹. Aus dem Blickwinkel der Energieversorger bieten Tarife mit einem Hochpreis-/Niederpreissystem (HT/NT) nur begrenzt Nutzen und die Abrechnung der Endkunden erfolgt über Standardlastprofile, so dass kaum Anreize für eine differenzierte Beschaffung elektrischer Energie für verschiedene Kundengruppen mit angepasstem Lastverhalten bestehen. Kundenseitig ist der individuelle Aufwand für »bewusste« Verbrauchsanpassungen hoch und der finanzielle Anreiz für Einsparungen niedrig.

Demgegenüber wird ein hoher Anreiz zur Verbrauchsanpassung bei Besitzern von Photovoltaik-Batteriesystemen erwartet. Die Identifikation der Besitzer mit ihren Photovoltaik-Anlagen ist hoch, der Mechanismus der Anreizgenerierung transparent und

⁹ Beispiel: Das Projekt »Intelliekon« untersuchte in einem Feldtest mit mehr als 2.000 Teilnehmern bei welcher Preisspreizung Last in welchem Umfang verlagert wird (Substitutionselastizität). Bei Tarifspreizungen von in der Regel 10 Cent pro Kilowattstunde konnte eine Lastverlagerung von 1,87% und eine Reduktionen der Spitzenlast von im Mittel 61 Watt pro Haushalt typtagunabhängig erzielt werden (www.intelliekon.de).

der Zusammenhang zur Refinanzierung der Investitionen offensichtlich. Weitere Mehrwerte ergeben sich durch Kombination der Batteriesysteme mit DSM, da dies die Flexibilität erhöht, um beispielsweise Bezugsleistungen zu Spitzenlastzeiten zu reduzieren (Nutzen für Netzbetreiber) oder – zukünftig – auch Einkaufskosten elektrischer Energie einzusparen (Nutzen für Elektrizitätshändler und Kunden).

Die erwarteten Anpassungspotenziale sind von Haushalt zu Haushalt sehr unterschiedlich: Bei Vorhandensein von Wärmepumpen, Stromheizungen oder Klimaanlage sind diese hoch, bei Standardhaushalten eher gering. Darüber hinaus ist zu beachten, dass unterschiedliche individuelle Betriebsführungsziele die Generierung von DSM-Anreizsignalen unter Kooperation verschiedener Akteure (Netzbetreiber, Stromlieferant, Anlagenbetreiber) erschweren.

Weitere untersuchte Einflüsse

Einfluss auf den Merit-Order-Effekt

Die Betriebsführung von Photovoltaik-Batteriesystemen beeinflusst das Volumen der zu jedem Zeitpunkt an der Strombörse vermarkteten Photovoltaik-Strommenge. Diese verändert über den Merit-Order-Effekt den resultierenden Strompreis für alle Marktteilnehmer. Sinkt in Folge einer netzdienlichen Betriebsführung die Einspeisung zu Zeiten hoher Photovoltaik-Produktion, wird der strompreissenkende Einfluss des Photovoltaik-Marktvolumens verringert und der Börsenpreis steigt. Sinkt hingegen zu Zeiten des Eigenverbrauchs gespeicherter Strommengen am Markt die Nachfrage, führt dies tendenziell zu sinkenden Marktpreisen.

Zur Untersuchung des Einflusses der Photovoltaik und von Photovoltaik-Batteriesystemen auf die Merit-Order Preisbildung wurde unter Annahme von heutigem Kraftwerkspark und Verbrauchsstruktur ein lineares Strompreismodell entwickelt, das in Abhängigkeit der residualen Last und Außentemperatur einen Strompreis simuliert. Die Anwendung des Preismodells mit der Datengrundlage des Jahres 2011 und einer angenommenen Anzahl von 500 000 Speichersystemen führte zu dem Ergebnis, dass bei Einsatz von Batteriesystemen letztendlich eine Verringerung der durch den Merit-Order-Effekt der Photovoltaik bewirkten Strompreissenkung gegenüber einem Szenario ohne Batterien festzustellen ist. Zukünftige Änderungen in der Verbrauchsstruktur sowie der Zusammensetzung des Kraftwerksparkes können jedoch zu einem gegenteiligen Ergebnis führen.

Einfluss auf die EEG-Umlage

Der Einsatz von Photovoltaik-Batteriesystemen erhöht den Anteil elektrischer Energie, die lokal verbraucht wird. Für seit April 2012 errichtete Photovoltaik-Anlagen gibt es die zeitweise eingeführte reduzierte EEG-Vergütung auf Eigenverbrauch nicht mehr. Der Eigenverbrauch trägt daher komplett zu einer der selbst verbrauchten Strommenge proportionalen Entlastung des EEG-Umlagebetrags bei. Zudem haben die Übertragungsnetzbetreiber, deren Aufgabe der Verkauf des eingespeisten EEG-Stroms an der EPEX Spot (Strombörse) ist, eine entsprechend kleinere Strommenge zu vermarkten. Diese Angebotsverminderung erhöht zwar auf Grund des Merit-Order-Effektes den Börsenpreis für alle Stromhandelsgeschäfte leicht, steigert aber auch gleichzeitig die spezifischen Ertrags Erlöse für die über die Börse gehandelte EEG-Strommenge aller erneuerbaren Erzeuger. In Summe ergibt sich für den EEG-umlagepflichtigen Letztverbraucher daraus eine reduzierte Belastung.

Die Entlastung des EEG-Umlagevolumens durch erhöhten Eigenverbrauch hängt nicht nur von der Energiemenge ab, sondern wird auch vom Zeitraum der Batteriebeladung (und damit reduzierten Einspeisung) bestimmt. Zur Senkung der EEG-Umlage bezogen auf eine bestimmte selbst verbrauchte Energiemenge ist grundsätzlich die Batteriebeladung zu Zeiten niedriger Strompreise an der Strombörse sinnvoll, da dann nur geringe Verkaufserlöse für eingespeisten Strom erzielbar sind. Dies ist aufgrund der Einspeisespitze der Photovoltaik häufig in der Mittagszeit der Fall, so dass eine netzdienliche Betriebsführung (die Einspeisemaxima in der Tagesmitte vermeidet) automatisch die EEG-Umlagereduktion unterstützt.

Einfluss auf Steuern und Abgaben

Eine Untersuchung zu den Auswirkungen des Eigenverbrauchs auf Steuern und Abgaben zeigte, dass der zusätzliche Eigenverbrauch das Steueraufkommen sowie die Abgaben auf Strombezug verringert. Demgegenüber stehen Mehreinnahmen bei der Umsatzsteuer durch Verkauf, Installation und Instandhaltung der Photovoltaik-Batteriesysteme. Zusätzlich spielen weitere Aspekte wie Kosteneinsparungen durch vermiedenen Netzausbau oder die Bezifferung sekundärer Nutzeffekte (insbesondere Umweltaspekte) eine Rolle.

Dezentrale Photovoltaik-Batteriesysteme können wichtige Beiträge liefern zur Integration fluktuierender erneuerbarer Erzeugung in die Stromnetze und zur Umsetzung von Smart-Grid-Konzepten, bei denen durch ein intelligentes Zusammenspiel einer Vielzahl auch kleinerer Akteure die Stabilität des Gesamtsystems gewährleistet wird. Besondere Stärke dezentraler Photovoltaik-Batteriesystemen ist die räumliche Nähe des Speichers zum Erzeuger (und auch zu Verbrauchern), so dass insbesondere das Management überschüssiger Erzeugung ohne Inanspruchnahme von Stromnetzinfrastruktur, sowohl auf Verteilnetz- als auch auf Übertragungsebene erfolgen kann. **Angesichts der Tatsache, dass Netzengpässe derzeit als ein Haupthindernis auf dem Weg zu einer 100% Energieversorgung aus Erneuerbaren Energien gesehen werden, kann dieser Beitrag nicht hoch genug geschätzt werden.** In diesem Zusammenhang weist die Studie nach, dass bei Einsatz von Photovoltaik-Batteriesystemen eine deutliche Senkung von Einspeisespitzen erzielbar ist, was zu einer erheblichen Erhöhung der Aufnahmefähigkeit der Netze für neu zu installierende Erzeuger führen kann. **Lastflussrechnungen haben gezeigt, dass ein netzdienlicher Photovoltaik-Batteriebetrieb die Einspeisespitze aller Systeme um ca. 40% reduziert. Hieraus ergibt sich, dass 66% mehr Photovoltaik-Batterieanlagen installiert werden könnten, sofern bei diesen ebenfalls ein netzdienliches Einspeisemanagement stattfindet.**

Dieser Entlastungseffekt für den Stromnetzbetrieb wird dann wirksam und nachhaltig sein, wenn die konventionelle Batteriebetriebsführung (die in der Regel bisher auf sehr einfachen, lokal orientierte Betriebsführungsvorgaben basiert) schrittweise in ein intelligentes Energiemanagement überführt wird, welche lokale Betreiberinteressen mit systemischen Anforderungen aus dem Stromnetzbetrieb oder der globalen Vermittlung fluktuierender Erzeugung und Lasten kombiniert. Diese Herausforderung bedarf nicht nur technologischer Lösungen sondern auch entsprechender Rahmenbedingungen mit einer angemessenen Honorierung netzunterstützender Akteure.

Aus technologischer Sicht können Photovoltaik-Batteriesysteme auf Basis moderner Entwicklungen der Leistungselektronischen Komponenten ein breites Spektrum an netzbezogenen Systemdienstleistungen bereitstellen, die bisher von konventionellen Kraftwerken geliefert wurden bzw. die erst im Kontext der zunehmenden Dezentralität der Erzeugung benötigt werden. In der Studie wurden hierzu konkret Eigenschaften und Dienstleistungen untersucht wie die Beteiligung an der Regelleistungsreserve (bzw. die Nachbildung des Regelverhaltens von Generatoren mit großen rotierenden Massen), die Erzeugung von Blindleistung zur Versorgung entsprechender Verbraucher und zur lokalen Spannungshaltung, die Beteiligung an einem Netzaufbau nach einem ungeplanten Versorgungsausfall oder auch ggf. der Übergang zu einem kurzzeitigen Inselnetzbetrieb. Die Möglichkeit zu einer verlässlichen und dauerhaften Bereitstellung solcher Dienste resultiert bei einem Photovoltaik-Batteriesystem (im Gegensatz zu einem reinen Photovoltaik-Erzeugersystem) aus dem Umstand, dass eine intelligente Betriebsführung zu jedem Zeitpunkt eine bestimmte Energiemenge in den Batterien vorhalten kann, welche planmäßig bei Bedarf zur Verfügung steht. Erst dadurch werden Dienstleistungen wie die Bereitstellung positiver Regelleistung möglich.

In jedem Fall hängt die erzielbare globale Wirkung von der Gesamtleistung der installierten Photovoltaik-Systeme ab – bei einer eher geringen Durchdringungen sind die positiven Auswirkungen auf Aspekte wie Kraftwerksreserve oder Behandlung von Netzstörungen eher untergeordneter Natur. Gleiches gilt für die ökonomischen und marktbezogenen Auswirkungen wie die Beeinflussung der Preisbildung an der Strombörse oder die Auswirkung auf den EEG-Umlagemechanismus. Eine hohe Gesamtleistung installierter

Photovoltaik-Batteriesysteme lässt diese auf Grund der Flexibilitäten bei der Betriebsführung zu einem wesentlichen Instrument für die Erschließung der Vorteilhaftigkeiten des zukünftigen Smart Grid Betriebes werden.

Fazit

Photovoltaik-Batteriesysteme erlauben den Besitzern, aktiv den Betrieb ihrer Photovoltaik-Anlagen zu beeinflussen und die Auswirkungen einer intelligenten Betriebsführung ihrer Erzeugungsanlage unmittelbar zu erleben, was aus bisher „passiven Einspeisern“ handelnde „Akteure“ werden lässt. Nicht zuletzt die Synergien zwischen lokalem Demand Side Management und Freiheitsgraden der Photovoltaik-Batterieanlage können zu Hebelwirkungen bei der Effizienz von Energiemanagementmaßnahmen führen.