

Bewertung und Vergleich von Photovoltaik-Batteriesystemen zur Netzentlastung und Eigenverbrauchserhöhung

Einleitung

Im Hinblick auf die Energiewende stellt Photovoltaik eine geeignete Technologie dar, konventionelle Kraftwerke zu einem erheblichen Teil bei der Energieerzeugung abzulösen. Allerdings führt die dezentrale Einspeisung von Solarenergie in Regionen mit hoher PV-Dichte – und somit insbesondere in Süddeutschland – zu Netzengpässen. Angesichts des Bedarfs an Netzausbaumaßnahmen und den damit verbundenen hohen Kosten wird der weitere Ausbau von fluktuierenden erneuerbaren Energieerzeugern durch Gegenregulierung seitens der Regierung und der Netzbetreiber ausgebremst¹.

In der DENA-Verteilnetzstudie 2012 wurden die Auswirkungen verschiedener Maßnahmen auf die notwendigen Gesamtinvestitionen für den Netzausbau untersucht. Die Einsparungen wurden verglichen mit dem Leitszenario des Netzentwicklungsplans 2012 (NEP B 2012). Eine Möglichkeit, die sich dabei zur Vermeidung des konventionellen Netzausbaus als effektiv erwies, ist der Einsatz von netzdienlich betriebenen Batteriespeichern, die die hohen Einspeisespitzen der PV-Anlagen abfangen können. Da der Großteil der PV-Anlagen an das Niederspannungsnetz angeschlossen ist, werden besonders dort Potenziale für die Speicher gesehen.

Wie stark Photovoltaik-Batteriesysteme Niederspannungsnetze in unterschiedlichen PV-Ausbau-Szenarien entlasten können und welche wirtschaftlichen Anreize sich durch die Erhöhung des Eigenverbrauchs ergeben, wird im Rahmen dieser Arbeit genauer untersucht.

Grundlagen

Zwei Möglichkeiten zur Integration von Batteriespeichern in Niederspannungsnetzen stehen hier besonders in dieser Arbeit besonders im Fokus: der Einsatz von Heimspeichern und von Quartierspeichern.

Unter einem Heimspeicher soll ein kleiner Speicher mit einigen wenigen kWh Kapazität verstanden werden. Dieser wird von einem Privathaushalt mit einer PV-Kleinanlage betrieben. Ein Kellerraum



Abbildung 1: Funktionsweise des Heimspeichers

oder sonstiger überdachter Platz auf dem Grundstück des Hauses dient dem Speicher als Stellplatz. Der Speicher dient der Einspeicherung von überschüssiger PV-Energie, die später wieder an den Verbraucher abgegeben wird. Ein mögliches Geschäftsmodell zur netzdienlichen Betriebsweise wäre ein Vertrag zwischen Speicherbetreiber und Netzbetreiber, der zu einer Begrenzung der PV-Einspeiseleistung durch den Speicher verpflichtet. Im Gegenzug dazu beteiligt sich der Netzbetreiber an den Investitionskosten für den Speicher. Für den netzdienlichen Betrieb des Speichers sind die Installation von Kommunikationshardware zur Datenübermittlung sowie eines Smart Meters erforderlich. Die Funktionsweise des Speichersystems wird in Abbildung 1 dargestellt. Wetterprognosedaten und aktuelle Daten zur Netzauslastung werden vom Netzbetreiber bereitgestellt

und beispielsweise über das Internet an den Regler übergeben. Über das Smart Meter erhält das Steuerungssystem Informationen über den Verbrauch des Haushalts. Je nach Höhe von

¹ Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): dena-Verteilnetzstudie – Ausbau- und Innovationsbedarf der Stromverteilnetze in Deutschland bis 2030, 2012

Stromerzeugung und Strombezug, wird entweder Energie in das Netz eingespeist oder aus dem Netz bezogen.

Der Quartierspeicher verfügt im Vergleich zum Heimspeicher eine um ein Vielfaches größere Kapazität. Betreiber wäre beispielsweise eine Genossenschaft von mehreren PV-Kleinanlagen-Betreibern, die ihre PV-Anlagen am selben Ortsnetz angeschlossen haben. Auch hier wäre der Speicher vertraglich an eine netzdienliche Betriebsweise gebunden. Die Funktionsweise des Speichersystems entspricht größten Teils der des Heimspeichers, allerdings wird der Quartierspeicher statt über die Smart-Meter der einzelnen Haushalte über die Transformatorlast geregelt und es wird Energie an das Netz und nicht direkt an die Genossenschaftsmitglieder abgegeben. Angeschlossen wird der Speicher an einen für das Netz vorteilhaften Anschlusspunkt.

Vorgehensweise

Um abschätzen zu können, inwieweit die zwei Speichersysteme zur Netzentlastung beitragen können, wurden Lastflusssimulationen mit Hilfe einer Netzsimulations-Software durchgeführt und die dabei auftretenden Spannungen, Leitungs- und Transformatorbelastungen untersucht. Als Berechnungsgrundlage wurden sogenannte Referenznetze verwendet, die verschiedene typische Netzstrukturen von Dorf-, Land- und Vorstadtnetzen abbilden². Da das Netz so ausgelegt werden soll, dass auch bei besonders ungünstiger Netzausgangssituation die Grenzwerte eingehalten werden, werden Lastflusssimulationen für den Fall der höchst möglichen Netzbelastung durchgeführt.

Für jedes der Referenznetze sind viele verschiedene Netzkonfigurationen denkbar. Variiert werden die Durchdringung und Verteilung der PV-Anlagen, die Durchdringung und Verteilung der Heimspeicher sowie die Anzahl, Größe und Standorte der Quartierspeicher. Aus der Vielzahl an möglichen Varianten wird eine repräsentative Vorauswahl für die Lastflusssimulationen getroffen. In Abbildung 2 wird eine mögliche PV-Konfiguration (grüne Umrahmung) mit einem Quartierspeicher am Strangende (blaue Umrahmung) im Landnetz gezeigt. Abbildung 3 zeigt die gleiche PV-Konfiguration mit einer möglichen Heimspeicherverteilung (blaue Umrahmung) bei einer Speicherdurchdringung von 50%.

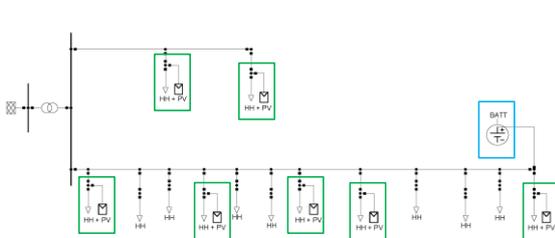


Abbildung 2: mögliche Konfiguration des Landnetzes mit Quartierspeicher

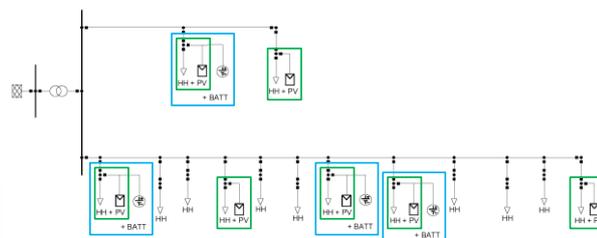


Abbildung 3: mögliche Konfiguration des Landnetzes mit Heimspeichern

Zur Berechnung des Eigenverbrauchs wird ein bestehendes Batteriemodell³ verwendet, das in SIMULINK umgesetzt wurde. Das Speichermodell wurde so angewendet, dass es sowohl die Heimspeicher als auch die Quartierspeicher für alle Referenznetze und alle Speicherdurchdringungen simuliert. Da die Speicher nicht real existieren, müssen fiktive Prognosewerte und Smart-Meter-Daten verwendet werden. Es standen 50 PV-Profile zur Verfügung, die durch ein probabilistisches Verfahren synthetisch in Minutenaufösung erzeugt wurden⁴. Um verschiedene Speichergößen

² Kerber, G.: *Aufnahmefähigkeit von Niederspannungsverteilnetzen für die Einspeisung aus Photovoltaikkleinanlagen*, Dissertation am Fachgebiet Elektrische Energieversorgungsnetze der TUM, München, 2013

³ Zeh, A.; Witzmann, R.: *Operational Strategies for Battery Storage Systems in Low-Voltage Distribution Grids to limit the Feed-In Power of Roof-Mounted Solar Power Systems*, IRES, Berlin, 2013

⁴ Esslinger, P.; Witzmann, R.: *Entwicklung und Verifikation eines stochastischen Verbraucherlastmodells für Haushalte*, 12. Symposium Energieinnovation, Graz, 2012

untersuchen zu können, wird die Speicherkapazität angepasst. Der Eigenverbrauch für beide Varianten sowie für den Fall, dass kein Speicher zum Einsatz kommt, wurde dann über ein Jahr berechnet.

Ergebnisse

Niederspannungsverteilnetze können unter ungünstigen Bedingungen bei hoher Einspeisung aus PV-Anlagen überlastet werden. Die Überlastung kann sowohl den Transformator, die Leitungen als auch die Spannung betreffen. Die Simulationen zeigten, dass Photovoltaik-Batteriesysteme geeignet sind, um zu hohe Einspeisespitzen abzufangen und die etwaige Schädigung von Betriebsmitteln zu vermeiden. Es kann somit auf einen gewissen Teil des notwendigen Netzausbaus zur sicheren Integration von erneuerbaren Energien verzichtet werden, wenn entsprechende Maßnahmen zum Einsatz von netzdienlichen Batteriespeichern ergriffen werden.

Bei Verwendung von Quartierspeichern kann das Netz durch die Möglichkeit, einen optimalen Anschlusspunkt zu wählen, gezielter entlastet werden. Im Schnitt wird eine höhere Senkung der Spannung und Leitungsbelastung erreicht. Für eine PV-Durchdringung von 50% kann durch den Quartierspeichereinsatz eine Senkung der Spannungsüberhöhung von durchschnittlich 14,8% erreicht werden. Die Spannungsverteilung für die Konfigurationen aus Abbildung 2 und 3 wird in Abbildung 4 und 5 gezeigt, wobei die rote Farbe anzeigt, wo die Spannung unzulässig hoch wird. Es wird ersichtlich, dass in diesem Fall der Quartierspeicher (Abbildung 4) bei gleicher Gesamtkapazität wie mit Heimspeichern zu einer besseren Spannungshaltung beiträgt. Der Nachteil des Quartierspeichers, dass seine Kapazität schlechter im Netz verteilt ist, kann gegebenenfalls durch eine Erhöhung der Speicheranzahl bis zum Erreichen der gewünschten Netzbedingungen ausgeglichen werden.

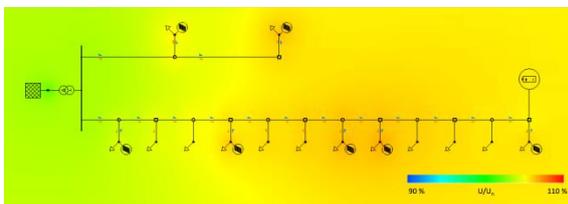


Abbildung 4: Spannungsverteilung bei Einsatz eines Quartierspeichers

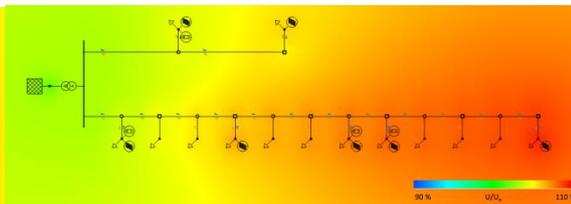


Abbildung 5: Spannungsverteilung bei Einsatz von Heimspeichern

Je nachdem welche Speicherkapazität angenommen wird, kann der Eigenverbrauch durch einen Heimspeicher um 70 - 160% erhöht werden. Bei einem Quartierspeicher kann die verfügbare Kapazität effizienter genutzt werden, was zu geringeren Abregelungsverlusten führt. Durch Auswahl eines geeigneten Geschäftsmodells für den Quartierspeicher, kann der Eigenverbrauch noch weiter erhöht werden.

Ausblick

Ein heute anwendbares Geschäftsmodell für Photovoltaik-Batteriesysteme lässt sich noch nicht ableiten, da der Netzbetreiber den Ausbau von PV-Anlagen in seinem Netz sowie deren Einspeiseleistung einschränken und die Kosten für einen Netzausbau auf die Verbraucher umlegen kann. Angesichts der Ziele, die von der Politik zum Ausbau von erneuerbaren Energien gesteckt wurden, kann allerdings davon ausgegangen werden, dass in Zukunft neue rechtliche Rahmenbedingungen geschaffen werden, die der Integration der Speicher förderlich sind. Es sind auch Tendenzen hin zu höheren Stromkosten, geringeren Subventionen für die Einspeisung von dezentral erzeugter Energie und niedrigeren Batteriekosten erkennbar, die neue wirtschaftliche Anreize setzen.