

TEILNAHME VON PHOTOVOLTAIKANLAGEN AN DER PRIMÄRREGELLEISTUNG

Daniel UNGER^{1*}, Stefan LAUDAHN^{1*}, Bernd ENGEL¹

Einleitung

In Deutschland und vielen weiteren Ländern schreitet der Zubau von erneuerbaren Energien stark voran. An sonnigen Tagen trägt die Photovoltaik (PV) bereits heute einen großen Teil zur Stromproduktion bei. Gleichzeitig sinkt damit auch der Anteil an laufenden konventionellen Kraftwerken, welche bisher für das Netz wichtige Systemdienstleistungen erbracht haben. Eine Systemdienstleistung davon ist die Vorhaltung von Primärregelleistung (PRL). Sinkt der Anteil an konventionellen Kraftwerken, müssen mehr und mehr dezentrale Anlagen auch die Vorhaltung der PRL übernehmen.

In Zukunft könnten so auch PV-Anlagen freiwillig oder verpflichtend einen Beitrag zur PRL leisten. Um jeweils positive und negative Regelleistung zu erbringen, müssen die Anlagen abgeregelt betrieben werden. Das heißt die Anlage nutzt nicht den optimalen Arbeitspunkt, es geht Energie verloren. Die Alternativen können deshalb elektrische Energiespeicher sein, welche die PRL statt der PV-Anlage vorhalten. Als dritte Möglichkeit ist noch ein Hybridsystem denkbar, wobei die PRL teilweise durch die PV-Anlage und teilweise durch den Speicher erbracht wird.

Sowohl Speicher als auch PV-Anlagen können ihre Leistung der Frequenz sehr schnell anpassen. Die von ihnen gelieferte PRL hat somit eine hohe Wertigkeit. Dem Ungleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch wird präziser entgegengewirkt als mit konventionellen, thermischen Kraftwerken.

In Abbildung 1 ist der Verlauf der Netzfrequenz für den 05. September 2012 in sekundlicher Auflösung dargestellt. Es sind deutlich die stochastischen und deterministischen Abweichungen (zu den Stundenwechseln) zu sehen [1]. Die Netzfrequenz wird von den Übertragungsnetzbetreibern gemessen und auf ihren Internetseiten veröffentlicht.

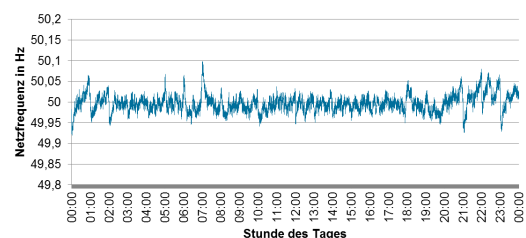


Abbildung 1 – Netzfrequenz

Die PRL wird in dem Bereich zwischen 49,8 Hz und 50,2 Hz linear von den an der Bereitstellung teilnehmenden Anlagen erbracht [2].

Bereitstellung durch das Abregeln von PV-Anlagen

Während die Primärregelung bei einer Frequenz über 50 Hz einfach durch das Abregeln der PV-Anlage umzusetzen ist, kann eine Erhöhung der Einspeiseleistung bei Unterfrequenz nur durch ein dauerhaftes Abregeln der Anlagen erreicht werden. In Abbildung 2 illustriert die blaue Linie die beispielhafte Einspeiseleistung einer PV-Anlage über einen Tag. Bei einer durchgängigen Beteiligung der Anlage an der PRL mit 5 % der Anlagennennleistung muss die Anlage auch um diesen Wert abgeregelt betrieben werden (rote Linie). Somit geht kontinuierlich eine Energie von etwa 5 % der Anlagennennleistung über die Betriebszeit verloren. Im Beispiel beträgt der Verlust 10 %. Eine alternative Möglichkeit ist die Beteiligung an der PRL in Abhängigkeit der aktuellen Leistung (grüne Linie). Im Vergleich zum unregelmäßigen Betrieb geht hier die Energie von 5 % verloren. Gerade bei einem geringen Tagesertrag durch bewölkten Himmel geht beim Fall 5 % von P_{nenn} verhältnismäßig viel Energie durch die Abregelung verloren.

Die Leistungsreduktion bei Überfrequenz wird nach der VDE-AR-N 4105 [3] bereits heute ab einer Frequenz von 50,2 Hz gefordert und ist somit technisch kein Problem.

¹ TU Braunschweig, Institut für Hochspannungstechnik und Elektrische Energieanlagen - elenia, Deutschland, d.unger@tu-braunschweig.de, +49 531 391 7704

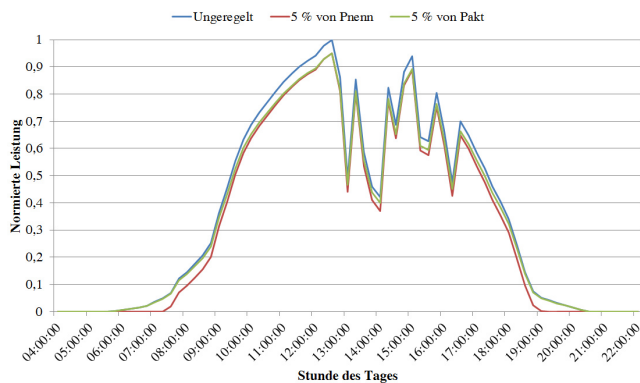


Abbildung 2 – Beispielverlauf der PV-Leistung über einen Tag

Die monetäre Bewertung erfolgt zum einen mit verschiedenen Vergütungssätzen, zum anderen mit beispielhaften Börsenpreisen (siehe Langfassung). Gerade die Börsenpreise sinken durch den Merit-Order-Effekt bei einer hohen PV-Einspeisung. Zu diesen Zeiten sind die Opportunitätskosten einer Vermarktung an der Börse somit geringer. Hinsichtlich der Effizienz des Energieversorgungssystems in der Zukunft lohnt es sich, PV-Anlagen gerade zu diesen Zeiten für die PRL zu nutzen.

Bereitstellung durch elektrische Energiespeicher

In Abbildung 3 ist der Verlauf des Speicherstandes für den Frequenzverlauf aus Abbildung 1 dargestellt. Die Berechnungen wurden mit der Software Matlab von MathWorks ebenfalls in sekundlicher Auflösung durchgeführt. Dabei wurde nach [4] ein Lithium-Ionen-Speicher mit einer Selbstentladung von 0,2 % pro Tag und einem Wirkungsgrad von 90 % berechnet. Aus den Berechnungen können die Alterung und die Energieverluste hergeleitet und monetär bewertet werden.

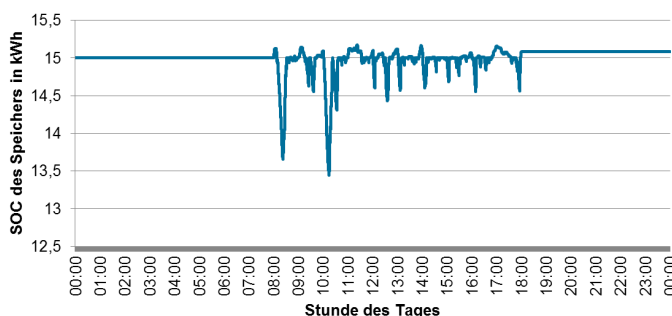


Abbildung 3 – Verlauf des Speicherstandes während der Teilnahme an der PRL

Es gibt zwei Möglichkeiten der Teilnahme von Speichern an der PRL. Zum einen ist das der Betrieb nur während der Betriebszeiten der PV-Anlage (wie in Abbildung 3) bei einem verpflichtenden Betrieb. Zum anderen ist auch ein Betrieb während eines längeren Zeitraums, zum Beispiel für eine Woche und 24 Stunden am Tag, möglich.

Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Untersuchung wird anhand von Modellierungen und Messungen von PV-Anlagen und Speichern die Teilnahme an der PRL untersucht (siehe Langfassung). Dabei wird hinsichtlich der Effektivität und Effizienz der Teilnahme die Bereitstellung durch PV-Anlagen, durch Speicher und durch ein Hybridsystem betrachtet. Die Energieverluste werden mit der Kapitalwertmethode über den Betriebszeitraum monetär bewertet und verglichen. Die Kosten werden den Erlösen durch die Teilnahme am PRL-Markt in Deutschland gegenübergestellt.

Literatur

- [1] Weißbach, T.: Verbesserung des Kraftwerks- und Netzregelverhaltens bezüglich handelsseitiger Fahrplanänderungen. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 6 Nr. 586. Düsseldorf, VDI-Verlag, 2009.
- [2] Anhang D 1, Transmission Code 2003 des VDN.
- [3] VDE FNN: Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz, Technische Mindestanforderungen für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz, VDE-AR-N 4105, Berlin, 2011.
- [4] Evans, A., Strezov, V., & Evans, T. J.: Assessment of utility energy storage options for increased renewable energy penetration. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 2012.