

# **Projektarbeit**

## **„Konzeptionierung einer 4 MW großen PV-Anlage an einem Lärmschutzwall in Verbindung mit Windkraftanlagen und Systemkonfiguration eines Großspeichers, zur Teilnahme am Primärregelleistungsmarkt“,**

im Master-Studiengang  
Sustainable Energy Competence

vorgelegt von **Fabian Präger**  
Matr.-Nr.: 3120455

### **Zusammenfassung**

Der Anlass der vorliegenden Arbeit ist die Realisierung eines PV-Kraftwerkes mit einer installierten Leistung von 4 MWp durch die leo-solar GmbH & Co. KG. Entlang der A8 wurde durch das LUBW eine Freifläche auf einem Lärmschutzwall ausgewiesen, welche alle Kriterien des Erneuerbare-Energien-Gesetz und allen Vorgaben des Landeseisenbahn- (LEisenBG) und des Bundesfernstraßengesetzes (FStrG) entsprechen.

Aufgrund der seit Januar 2016 herrschenden Direktvermarktungsflucht für Neu-Anlagen ab 100 kWp und den damit verminderten Einnahmemöglichkeiten wurde ein Konzept entwickelt, um am Primärregelleistungsmarkt teilnehmen und Mehreinnahmen erzielen zu können. Die Strategie basiert auf der Integration eines Batteriespeichers zur Erbringung der PRL und die Verbindung mit einer standortnahen Windkraftanlage. Bis zum heutigen Zeitpunkt ist es für eine PV-Anlage nur möglich über einen Batteriespeicher PRL zu erbringen. Dieser ist aufgrund seiner schnellen Reaktionszeiten und die damit verbundene Flexibilität sowie seiner Möglichkeit, negative PRL durch Ladung bereitzustellen, geradezu prädestiniert für eine Erbringung von PRL.

Um die Umsetzbarkeit dieses Konzeptes zu untersuchen und erste Aussagen über einen wirtschaftlichen Betrieb des Gesamtsystems zu machen können, wurde ein Excel-Berechnungstool erstellt. Dieses stellt die Jahreserträge der Erzeugungsanlagen in 1-h-Schritten sowie die tatsächliche PRL Erbringung anhand des Frequenzverlaufes einer Testwoche gegenüber.

Die Jahreserträge der Erzeugungsanlagen wurden mit den Programmen PV\*SOL und Greenius durchgeführt. Bei der Auslegung und Simulation der PV-Anlage wurde sich dafür entschieden, diese in 500 kWp-Blöcken auszuführen. Dies beruht auf dimensional Einschränkungen des Programmes. Durch Addition dieser Blöcke kann eine beliebig große Anlage dargestellt

werden. Bei der Auslegung der Anlage wurde auch die Problematik bei der Bebauung von Wällen dargestellt. Diese Aussagen beruhen auf einer Begehung der Wälle mit einem Fachkundigen Geo-Ingenieur.

Die Simulation der Windkraftanlage brachte die Schwierigkeit mit sich, die Wetterdaten (mittlere Windgeschwindigkeit) für einen bestimmten Standort zu beziehen. Dies ist praktisch nur durch eine Langzeitmessung vor Ort möglich. Um trotzdem ungefähre jedoch aussagekräftige Windgeschwindigkeiten zu bekommen, wurde sich dafür entschieden mithilfe des Webdienstes „WESTE“ des Deutschen Wetterdienstes auf eine Datenbank einer standortnahen Messstation zuzugreifen. Mit diesen Daten wurde eine durchschnittliche Windgeschwindigkeit, durch die Auswertung der letzten 3 Jahre, ermittelt. Durch die Übertragung dieser Werte und die Eingabe der Betriebsdaten der Windkraftanlage konnte ebenfalls eine Simulation der Erträge über ein Jahr in 1-h-Auflösung erfolgen.

Im nächsten Schritt wurden die Voraussetzungen und Anforderungen an Batteriespeicher zur Erbringung von PRL herausgearbeitet. Dabei wurden die Präqualifizierungsvorgaben der Übertragungsnetzbetreiber analysiert und rechtliche und gesetzliche Vorschriften aufgeführt. Durch die Eckpunkte und Freiheitsgrade, welche ebenfalls von den Übertragungsnetzbetreibern veröffentlicht wurden, konnte Überlegungen zur Nachladestrategie gemacht werden.

Mit allen Vorgaben und Erkenntnissen sowie den Berechnungen des Excel-Tools wurden zum Schluss Untersuchungen der angedachten Strategien durchgeführt. Diese Untersuchungen dienen dabei für erste Einschätzungen, sind jedoch nicht als exakte Ergebnisse anzusehen. Für genauere Ergebnisse wäre eine numerische Simulation unter Einbezug aller relevanten Parameter, sowie genaue Frequenzverläufe und Ladezyklenanalysen notwendig.

Dabei wurde die Erkenntnis erlangt, dass eine Nachladestrategie durch die Erzeugungsanlagen nicht notwendig ist, da sich die Erbringung von positiver und negative PRL sehr gut ausgleicht. In der Testwoche wurde nur durch Ausgleichsgeschäfte, also Aufnahme und Abgabe von PRL, ein Überschuss von 1460,6 kWh errechnet.

Weiter wurde die Erbringung von (positiver) PRL nur aus den Erzeugungsanlagen untersucht. Dabei wurde die PRL Erbringung einer Testwoche auf ein Jahr umgerechnet und die zu erbringende Leistung den Erträgen gegenübergestellt. Dabei kam heraus, dass nur an 94 Stundenabschnitten ein Defizit herrscht, welches durch eine Batterieinterne „Eigenreserve“ oder durch Netzbezug ausgeglichen werden müsste. In Summe ist dieses Defizit mit 2014,19 kWh zu beziffern. Der Höchstwert beträgt hierbei 91,17 kWh. Daraus wird geschlossen, dass der Speicher mit einer „Eigenreserve zum Ausgleich“ von etwa 100 kWh auskommt.

Um weitere Aussagen über die Größe des Speichers machen zu können, wurde das 30-Minuten-Kriterium auf die Erbringung der PRL umgerechnet (500kWh pro Stunde). Diese theoretische Vorgabe mit den Erträgen verglichen ergibt ein Defizit an 45% der Stunden des Jahres. Jedoch ist der Höchstwert mit 496 kWh zu beziffern. Daraus wurde geschlossen, dass der Speicher theoretisch mit einer Kapazität von jeweils 500 kWh für positive und negative PRL auskommt (1MWh für 1 MW PRQ-Leistung).

Anhand dieser gemachten Untersuchungen wurde eine Empfehlung für den Betrieb des Speichers ausgesprochen. Dabei soll die Nachladestrategie primär durch die Erzeuger erfolgen und die Netzanbindung für eine Notfallstrategie genutzt werden. Ein Vorteil aus der Nutzung von selbst erzeugtem Strom ist dabei jedoch nur unter dem Aspekt der Einsparung von Netzentgelten und Stromsteuern anzusehen. Unter den vorherrschenden Bedingungen zur Erbringung von PRL konnte ein großer Nutzen bei einer Nachladestrategie über erneuerbare Erzeuger nicht festgestellt werden. Jedoch ist es empfehlenswert an diesen Konzepten weiterzuarbeiten und auf eine Änderung der Rahmenbedingungen zu hoffen.

Mit dem Wegfall der Atomkraftwerke und dem stetigen Ausbau der erneuerbaren Energien ist es unumgänglich, dass Systemdienstleistungen zukünftig aus erneuerbaren Energien Konzepten erbracht werden müssen. Dabei wird die Batterie aufgrund ihrer extrem schnellen Reaktionszeit die Aufgaben der schnellen, flexiblen Ausgleichs übernehmen müssen. Alle in dieser Arbeit beschriebenen Probleme, die heute aufgrund von einer nicht ausgearbeiteten oder fehlenden Gesetzes Lage sowie technischen und wirtschaftlichen Einschränkungen bestehen, deuten darauf hin, dass ein Einsatz von flexibel steuer- und einsetzbaren Hybrid-Kraftwerken die beste Lösung sein wird. Verschiedene Erzeuger und Speichereinheiten sollen dafür gebündelt werden um so den erzeugten Strom je nach Nachfrage einzuspeisen, zu Speichern oder in andere Formen umzuwandeln. Konzepte wie „Power to Gas“ oder andere in Forschung befindlichen Ansätze werden dabei an Bedeutung gewinnen und so wirtschaftlich in den Energiemarkt integriert. Rein technisch wird dies aus heutiger Sicht relativ problemlos umsetzbar sein. Das größte Problem in der Energiewende werden die gesetzlichen und damit politischen Rahmenbedingungen sein, die über ein Gelingen der Energiewende entscheiden werden.