

# Pflichtenheft Entwurf

## Pflichtenheft-Entwurf: PV-geführte Batterieoptimierung für Volleinspeiseanlage mit Grünstromspeicher

### 1. Ziel der Funktion

Ziel ist die Entwicklung einer EMS-Logik zur wirtschaftlich sinnvollen Steuerung eines Batteriespeichers in einer PV-Volleinspeiseanlage.

Der Batteriespeicher darf ausschließlich mit PV-Energie geladen werden. Eine Ladung aus dem öffentlichen Netz ist nicht vorgesehen und muss systemseitig verhindert werden.

Die Batterie soll bevorzugt dann geladen werden, wenn PV-Leistung aufgrund einer externen Wirkleistungsbegrenzung, z. B. durch Direktvermarkter, EZA-Regler oder PAV-E-Vorgabe, nicht vollständig ins Netz eingespeist werden darf. Dadurch soll ansonsten abgeregelte PV-Energie möglichst in den Speicher verschoben werden.

Die Entladung soll anschließend in wirtschaftlich sinnvollen Hochpreisenfenstern erfolgen, sofern die netzseitigen und technischen Grenzen eingehalten werden.

## 2. Grundlegende Rahmenbedingungen

Die Anlage besteht aus PV-Wechselrichtern, Batteriespeicher, zertifiziertem EZA-Regler und einer Begrenzung der maximal zulässigen Wirkleistung am Netzverknüpfungspunkt.

Für die Logik gelten folgende Grundsätze:

- Die Batterie darf nur aus PV-Erzeugung geladen werden.
- Netzladung ist nicht erlaubt.
- Die Einspeisegrenze am Netzverknüpfungspunkt muss jederzeit eingehalten werden.
- EZA-Regler-Vorgaben, Direktvermarkter-Vorgaben und PAV-E-Grenzen haben Vorrang vor der wirtschaftlichen Optimierung.
- Die Batterie darf nur entladen, wenn am Netzverknüpfungspunkt freie Einspeiseleistung vorhanden ist.
- Eine Batterieentladung darf keine aktuell mögliche PV-Einspeisung verdrängen.
- SOC-Grenzen, Lade-/Entladeleistung und Batterievorgaben des Herstellers/BMS müssen jederzeit berücksichtigt werden.

# 3. Prioritäten der Regelung

## Priorität 1: Einhaltung der Netz- und Anlagenvorgaben

Die EMS-Logik muss sicherstellen, dass die maximal zulässige Einspeiseleistung am Netzverknüpfungspunkt nie überschritten wird.

Dabei gilt sinngemäß:

PV-Einspeisung + Batterieentladung  $\leq$  erlaubte Einspeiseleistung am Netzverknüpfungspunkt

Die erlaubte Einspeiseleistung kann sich aus folgenden Quellen ergeben:

- feste Netzanschlussgrenze, z. B. 220 kVA
- PAV-E-Vorgabe
- EZA-Regler-Sollwert
- Direktvermarkter-Signal
- sonstige netzbetreiberseitige Vorgaben

Die jeweils restriktivste Vorgabe ist maßgeblich.

## Priorität 2: Verwertung abgeregelter PV-Energie

Wenn PV-Leistung vorhanden ist, die aufgrund einer Wirkleistungsbegrenzung nicht ins Netz eingespeist werden darf, soll diese Leistung bevorzugt in den Batteriespeicher geladen werden.

Die Ladeleistung ergibt sich aus dem Minimum folgender Werte:

- aktuell abgeregelte bzw. nicht einspeisbare PV-Leistung
- maximale Ladeleistung des Speichers
- freie Speicherkapazität abhängig vom SOC
- zulässige Ladeleistung gemäß BMS/Herstellervorgabe
- parametrisierte maximale EMS-Ladeleistung

Wenn der Speicher voll ist oder die maximal mögliche Ladeleistung nicht ausreicht, wird die verbleibende PV-Leistung wie bisher über die EZA-/Wechselrichterregelung reduziert.

## Priorität 3: Preisbasierte Entladung

Die Entladung der Batterie soll in Hochpreisfenstern erfolgen, sofern die vorherigen Prioritäten nicht dagegen sprechen.

Eine Entladung ist nur zulässig, wenn:

- der Speicher ausreichend geladen ist,
- der aktuelle oder prognostizierte Börsenpreis ein definiertes Entladekriterium erfüllt,
- am Netzverknüpfungspunkt freie Einspeiseleistung vorhanden ist,
- durch die Entladung keine PV-Einspeisung verdrängt wird,
- die maximale Entladeleistung des Speichers eingehalten wird,
- die Tagesgrenze für Zyklen bzw. Energieumsatz nicht überschritten wird.

Die maximal zulässige Entladeleistung ergibt sich aus:

freie Einspeiseleistung am NVP = erlaubte Einspeiseleistung - aktuelle PV-Einspeisung

Die Batterie darf maximal mit dieser freien Leistung entladen, zusätzlich begrenzt durch Speicherleistung, SOC und BMS-Grenzen.

# 4. Preislogik / Wirtschaftlichkeitslogik

Da der Speicher ausschließlich mit PV-Energie geladen wird, ist die aktuelle PV-Einspeisevergütung bzw. der aktuelle Marktwert als Opportunitätskosten zu betrachten.

Die Batterie soll nicht automatisch bei jeder PV-Erzeugung laden. Eine Ladung aus PV ist nur dann wirtschaftlich sinnvoll, wenn entweder:

1. die PV-Energie ansonsten aufgrund einer Begrenzung abgeregelt würde, oder
2. der erwartete spätere Entladepreis ausreichend höher ist als der aktuelle Einspeisewert.

Dafür soll ein einstellbarer Mindest-Spread vorgesehen werden.

Beispielhafte Logik:

Späterer Entladepreis  $\geq$  aktueller Einspeisepreis + Mindest-Spread

Der Mindest-Spread dient zur Berücksichtigung von:

- Lade-/Entladeverlusten,
- Batteriealterung,
- Sicherheitsmarge,
- wirtschaftlichem Mindestnutzen.

# 5. Parametrierbare Einstellungen

Für die erste Entwicklungsstufe sollten mindestens folgende Parameter vorgesehen werden:

- Betriebsmodus:
  - Aus
  - nur abgeregelter PV-Energie speichern
  - PV-Speicherung mit preisbasierter Entladung
  - erweiterte Preisoptimierung
- Netzladung erlaubt:
  - in diesem Anwendungsfall fest auf Nein
- maximale Ladeleistung Batterie
- maximale Entladeleistung Batterie
- minimale SOC-Grenze
- maximale SOC-Grenze
- Mindest-Spread für wirtschaftliche Verschiebung
- Mindestpreis für Entladung
- optional: Maximalpreis, ab dem PV nicht mehr in die Batterie geladen werden soll, sofern keine Abregelung vorliegt
- maximale Vollzyklen pro Tag
- alternativ oder zusätzlich: maximale Energieumschlagmenge pro Tag in kWh
- Priorität PV-Direkteinspeisung vor Batterieentladung:
  - immer aktiv
- Entladung nur bei freier Einspeiseleistung am NVP:
  - immer aktiv

# 6. Tagesfahrplan / Optimierungsansatz

Das EMS soll auf Basis von Börsenpreisen und optionaler PV-Prognose einen Tagesfahrplan berechnen.

Der Fahrplan soll folgende Punkte berücksichtigen:

- verfügbare PV-Erzeugung,
- erwartete Abregelzeiten,
- Strompreisfenster,
- Speicherkapazität,
- Lade-/Entladeleistung,
- SOC zum Tagesbeginn,
- zulässige Einspeiseleistung am NVP,
- maximale Tageszyklen bzw. Energieumsatz.

Für die erste Ausbaustufe kann ein vereinfachter Modus umgesetzt werden:

- abgeregelte PV-Energie wird immer bevorzugt gespeichert,
- anschließend wird ein wirtschaftlich sinnvolles Hochpreisfenster zur Entladung gewählt,
- die Entladung erfolgt nur, wenn freie Einspeiseleistung vorhanden ist,
- maximal ein Vollzyklus pro Tag als Standardwert.

Spätere Erweiterung:

- mehrere Lade-/Entladefenster pro Tag,
- dynamische Optimierung über 24/48 Stunden,
- Berücksichtigung von PV-Prognosen,
- automatische Auswahl der wirtschaftlich besten Preispaaare,
- Begrenzung über Mindest-Spread und maximale Energieumschlagmenge.

# 7. Echtzeitübersteuerung

Der berechnete Tagesfahrplan darf nicht starr abgefahren werden. Im laufenden Betrieb müssen Echtzeitwerte die Fahrplanlogik jederzeit übersteuern können.

Relevante Echtzeitwerte:

- aktuelle PV-Leistung,
- aktuelle Einspeiseleistung am Netzverknüpfungspunkt,
- aktuelle EZA-/PAV-E-Vorgabe,
- aktuelles Direktvermarkter-Signal,
- aktueller Batterieladezustand,
- aktuelle Lade-/Entladefreigabe des BMS,
- aktuelle maximale Lade-/Entladeleistung des Speichers.

Wenn eine Netz- oder Anlagenvorgabe verletzt werden könnte, muss die Batterieentladung sofort reduziert oder gestoppt werden.

# 8. Beispiel für diesen Anwendungsfall

Gegebene Anlage:

- PV-Wechselrichter: 2 × 100 kW
- Batteriespeicher: 215 kWh nutzbare Kapazität
- Batterie-PCS: 108 kW
- Netzanschlussgrenze: 220 kVA
- Betriebsart: Volleinspeisung mit Grünstromspeicher
- Netzladung: nicht erlaubt

Daraus ergibt sich:

- Vollladung bei voller Ladeleistung dauert ungefähr 2 Stunden.
- Vollentladung bei voller Entladeleistung dauert ungefähr 2 Stunden.
- Batterieentladung ist nur sinnvoll, wenn die PV-Leistung unterhalb der zulässigen Einspeisegrenze liegt.
- Bei voller PV-Einspeisung nahe 220 kVA darf die Batterie nicht zusätzlich entladen.
- Bei externer Abregelung soll PV-Leistung bevorzugt in den Speicher geladen werden, bevor sie ungenutzt reduziert wird.

# 9. Ziel für erste Entwicklungsstufe

Für die erste Version sollte folgende Kernfunktion umgesetzt werden:

PV-Abregelung erkennen → abgeregelte PV-Energie in Batterie laden → später in definiertem Hochpreisfenster entladen → dabei PAV-E/NVP-Grenze jederzeit einhalten.

Die Logik soll bewusst robust und nachvollziehbar starten. Eine komplexere Optimierung mit mehreren Preisfenstern pro Tag kann anschließend als Erweiterung entwickelt werden.

Revision #1

Created 2 July 2026 15:43:05 by Philipp Kreutzer

Updated 2 July 2026 15:43:20 by Philipp Kreutzer