Karlsruher Institut für Technologie

Optimierung von Leistung und Ertrag in Photovoltaikanlagen

Solarpark 2.0

Ziel: Erhöhung des Ertrags großer Photovoltaikanlagen

Schatten, Verschmutzung oder Alterung sind Beispiele für ungünstige Bedingungen, die den Ertrag von großen Photovoltaik-Freiflächenanlagen erheblich mindern können. Im Forschungsprojekt Solarpark 2.0 arbeiten das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft an der Reduzierung dieser Verluste. Innovative Schaltungen, neuartige Leistungselektronik und KI-gestützte Optimierung sollen den Ertrag und die Lebensdauer von Anlagen steigern und die Betriebskosten senken.

Optimierung durch Multilevel MPP-Tracking

In faktisch allen Solarparks werden bereits heute sogenannte Maximum Power Point (MPP) Tracker eingesetzt. Diese spezielle Technik stellt den optimalen Arbeitspunkt der Anlage ein, um die maximale Leistung zu generieren. Der MPP eines Moduls ist dabei von der solaren Einstrahlung und der Temperatur abhängig. Diese Faktoren sind von unterschiedlichen Einflüssen abhängig, wie zum Beispiel Standort, Tages- und Jahreszeit, Wetter, Verschattung oder Verschmutzung. Diese Faktoren sind zum Teil durchgängig veränderlich. Daher müssen die Leistungsoptimierer kontinuierlich den MPP suchen und Spannung und Strom so regeln, dass die Anlage die maximale elektrische Leistung abgibt. In Großanlagen wird oft nur ein MPP-Tracker im zentralen Wechselrichter eingesetzt. Gerade in großen Anlagen wirken aber zeitweise unterschiedliche Einflüsse auf die Module.

In diesem Fall könnte beispielsweise nur ein Teil des Parks von einer Wolke verschattet sein. In einem solchen Fall ist das MPP-Tracking über einen einzelnen Leistungsoptimierer nicht optimal, da jedes Solarmodul bzw. jede Solarzelle über einen individuellen MPP verfügt. Im Projekt Solarpark 2.0 wird daher ein Multilevel MPP-Tracking mit Optimierern in den Sub-Strings (Modulen) und den PV-Strings aufgebaut.

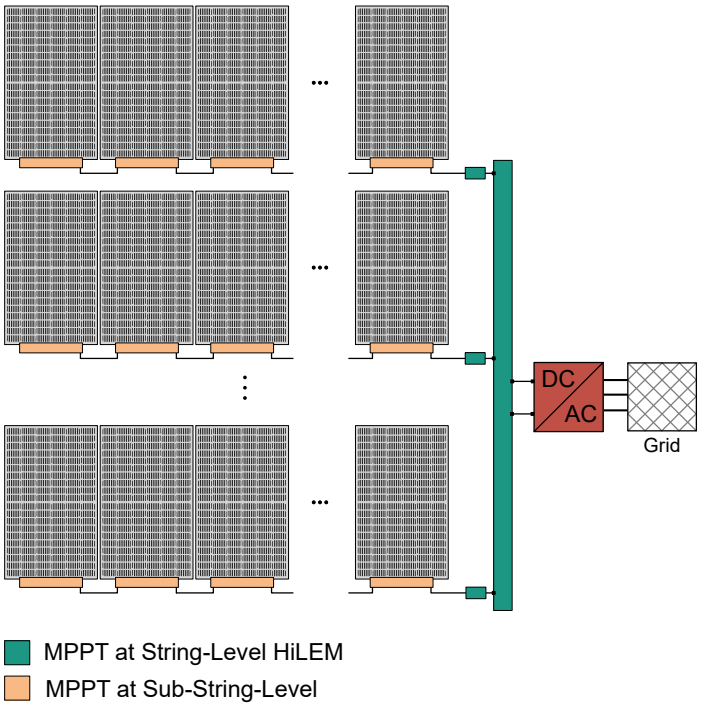

Abbildung 1: Multilevel MPP-Tracking mit HiLEM
(Copyright: KIT/Marcus Becker)

(Copyright: KIT)

String MPPT durch hocheffiziente HiLEM-Schaltung

Für das Projekt wird die HiLEM-Schaltung (High Efficiency Low Effort MPPT) eingesetzt, die am KIT entwickelt wurde. Diese kombiniert die einzelnen PV-Strings mittels mehrerer partieller DC/DC-Wandler zu einem gemeinsamen DC-Ausgang und regelt dabei jeden String in seinem individuellen MPP. Die HiLEM-Schaltung ersetzt dabei die herkömmlichen Combiner-Boxen zur Parallelschaltung der Modul-Strings bei Zentralwechselrichtern beziehungsweise die herkömmlichen DC/DC-Wandler in Stringwechselrichtern. Das volle Potenzial für einen effizienten Betrieb entfaltet die HiLEM-Schaltung vor allem in großen Anlagen mit hoher Stringspannung. Der spezielle Aufbau als partieller DC/DC-Wandler ermöglicht eine effiziente und kostengünstige Ausführung, da die hohen Spannungen der Strings nicht von den Halbleitern geschaltet werden müssen.

Einsatz von KI-Methoden zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit von Photovoltaikanlagen

Ein zentrales Ziel ist die Entwicklung einer KI-gestützten Leistungsprognose für Photovoltaikanlagen, die sich dynamisch an veränderte Umgebungsbedingungen anpassen kann. Durch die kontinuierliche Analyse von Betriebsdaten soll das Modell in der Lage sein, Verluste durch Verschattung und Verschmutzung präzise zu quantifizieren und deren Einfluss auf die Gesamtleistung der Anlage abzuschätzen.

Diese Prognosen bilden die Grundlage für eine wirtschaftliche Bewertung der Nachrüstung mit Leistungsoptimierern. Indem die potenzielle Verlustleistung ermittelt wird, kann gezielt analysiert werden, an welchen Stellen in Solarparks eine Optimierung wirtschaftlich sinnvoll ist. Die dafür benötigten Trainingsdaten werden sowohl aus bestehenden PV-Anlagen als auch aus neu errichteten Versuchsanlagen gewonnen.

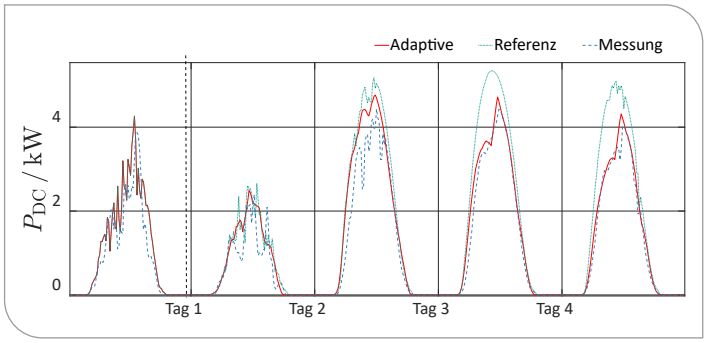

Abbildung 2: Dynamische Anpassung der Leistungsprognose

Das KI-basierte Prognosemodell soll darüber hinaus in der Lage sein, den Energieertrag bis zu einem Tag im Voraus abzuschätzen. Dies ermöglicht eine intelligente Planung von Wartungs-, Reinigungs- und Inspektionsmaßnahmen, um Ausfallzeiten zu reduzieren und die Betriebskosten zu senken. Durch die dynamische Anpassungsfähigkeit der Prognose wird sichergestellt, dass Veränderungen in den Umgebungsbedingungen frühzeitig erkannt und in die Analyse einbezogen werden.

Eigene Versuchsanlage

Um die Vorteile des Multilevel MPPT mit der HiLEM Schaltung validieren zu können, entsteht auf dem Gelände des KIT Campus Nord eine 60 kWp Feldtestanlage. Diese wird in zwei identische Anlagen unterteilt. Ein Teil der Anlage wird mit den neuen Technologien ausgerüstet und gegen den anderen Teil der Anlage mit Standardtechnologien als Referenz validiert.

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Elektrotechnisches Institut (ETI)

Tim Kappler
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
Telefon: +49 721 608-26844
E-Mail: tim.kappler@kit.edu
Web: www.batterietechnikum.kit.edu

Marcus Becker
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
Telefon: +49 721 608-42922
E-Mail: Marcus.Becker@kit.edu
Web: www.eti.kit.edu

BATEC

ETI
Elektrotechnisches Institut

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) · Prof. Dr. Jan S. Hesthaven · Kaiserstraße 12 · 76131 Karlsruhe

Karlsruhe © KIT 2025