

# Adaptive Prognose der Solarleistung

Projekt Solarpark 2.0

## Motivation

Eine präzise Solarleistungsprognose ist essenziell für die effiziente Betriebsführung, Energievermarktung und Netzintegration von Photovoltaikanlagen. Klassische, rein physikalisch basierte Prognosemodelle stoßen jedoch in der Praxis häufig an Grenzen. Insbesondere bei veränderlichen Umgebungsbedingungen wie durch Verschattung, Verschmutzung oder Degradation sinkt ihre Prognosequalität deutlich. KI-gestützte Prognosen können im Vergleich zu klassischen Modellen eine um ca. 10–15 % höhere Genauigkeit erreichen. Dies liegt unter anderem daran, dass datenbasierte Methoden auch Effekte erkennen und berücksichtigen können, die in physikalischen Modellen nur schwer oder gar nicht erfasst werden — etwa durch unvollständige Informationen zu lokalen Verschattungsquellen.

## Modellbeschreibung

Im Zentrum des im Projekt Solarpark 2.0 entwickelten Prognosemodells steht eine adaptive, modular aufgebaute Methode, die sich dynamisch an reale Betriebsbedingungen von Photovoltaikanlagen anpasst. Dabei werden PV-Systeme nach Ausrichtung, Neigung und Systemtyp abgebildet. Durch die Kombination von Wetterprognosen, und kontinuierlich gemessener PV-Leistung entsteht ein adaptives System, das seine Vorhersagequalität laufend optimiert. Kern dieses adaptiven Verhaltens ist eine fortlaufende Analyse von Prognoseabweichungen. Die Anpassung der Modellergebnisse erfolgt durch Aktualisierung der modellinternen Parameter, z.B. durch Online-Lernverfahren, die das Modell sukzessive mit neuen Messwerten aktualisieren. Diese Verfahren ermöglichen ein kontinuierliches "Re-Training" im Hintergrund - ohne manuelle Eingriffe und ohne die Notwendigkeit einer kompletten Neuparametrisierung.

Die adaptive Struktur verbessert die Robustheit der Prognose insbesondere in realen Einsatzszenarien, wie dynamisch veränderlichen Umweltbedingungen, bei Alterung und steigenden Leistungsverlusten über den Anlagenlebenszyklus. Statt starre Annahmen zu treffen, lernt das Modell auf Basis realer Betriebsdaten. Damit können etwa PV-Erträge realistischer prognostiziert, Speichersteuerungen präziser angesteuert und Direktvermarktungserlöse maximiert werden.

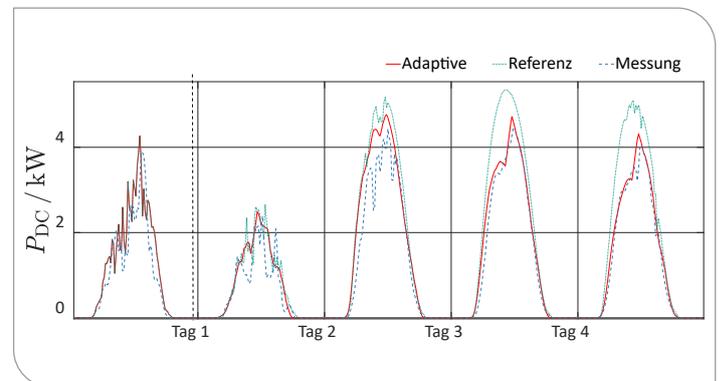


Abbildung 1: Adaptive Prognose (Tim Kappler/KIT)

Die datengetriebene Anpassung schafft ein intelligentes, sich selbst optimierendes Prognosesystem. Die Berücksichtigung der realen Betriebsbedingungen ist entscheidend, da sie die Genauigkeit der Energieprognosen im Tagesverlauf erheblich verbessert - eine zentrale Voraussetzung für effiziente Energiemanagementstrategien (EMS).



(Copyright: KIT)

Das entwickelte Modell liefert darüber hinaus Informationen, die für die Betriebsdiagnose von Bedeutung sind, insbesondere im Hinblick auf Verschattungen. Die systematische Auswertung des Prognosefehlers – definiert als Abweichung zwischen modellierter und gemessener PV-Leistung – ermöglicht die Identifizierung standort- und zeitabhängiger Leistungsverluste.

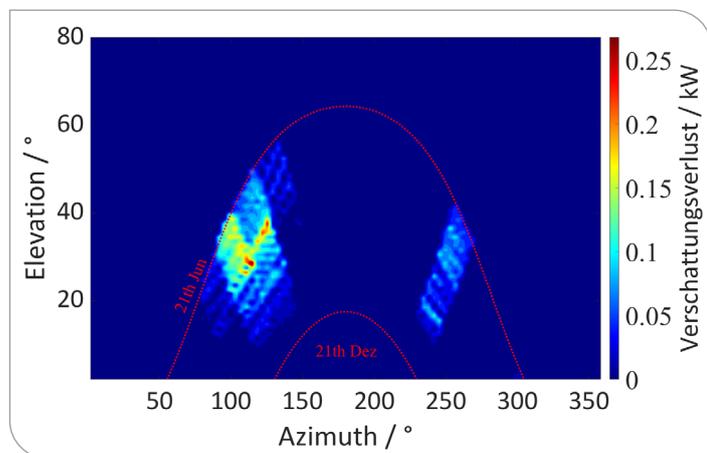


Abbildung 2: Intensität und Zeitpunkt der Erkannten Verschattung über ein Jahr (Tim Kappler/KIT)

Diese sind ein Indikator für externe Störeinflüsse, wie beispielsweise Verschattungen. Wiederkehrende, tageszeitlich oder saisonal auftretende Abweichungsmuster können auf spezifische Schattenquellen zurückgeführt werden, etwa durch Bäume, Masten oder bauliche Strukturen im Umfeld der Anlage. Die Identifizierung solcher Zusammenhänge erfolgt mittels statistischer Verfahren.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die Intensität der Verschattung zu quantifizieren, indem reale Leistungsverluste mit Referenzwerten verglichen werden. Betreiber erhalten dadurch ein Werkzeug zur Detektion, Bewertung und langfristigen Optimierung verschattungsbedingter Mindererträge. In Verbindung mit gemessenen Einstrahlungswerten z.B. durch eine Referenzzelle - kann eine weitere Differenzierung der Verlustursachen vorgenommen werden.

Insbesondere können Verschattungsverluste von solchen durch Oberflächenverschmutzung unterschieden werden, da sich beide in charakteristisch unterschiedlichen Abweichungsmustern zwischen gemessener Einstrahlung und resultierender Modulleistung äußern.

Das Prognosemodell wird derzeit um Erweiterungen ergänzt, um eine quantitative Bewertung des Einsatzes von Modulleistungsoptimierern zu ermöglichen. Grundlage hierfür ist die Erfassung und Analyse von Leistungsverlusten, insbesondere durch Verschattung. Durch die Auflösung von Prognosefehlern und deren Zuordnung zu potenziellen Verschattungsursachen können Szenarien simuliert werden, in denen Leistungsoptimierer lokal zur Ertragssteigerung beitragen können.

Ziel der Erweiterung ist es, den möglichen Mehrertrag durch den Einsatz von Modul-Leistungsoptimierern unter realen Betriebsbedingungen verlässlich abzuschätzen. Dabei werden insbesondere Dauer, Intensität und Verteilung der Verschattung berücksichtigt. Auf dieser Basis soll das Modell eine fundierte Entscheidungshilfe bieten, wann der Einsatz solcher Optimierer wirtschaftlich gerechtfertigt ist. Damit lassen sich Investitionen in zusätzliche Komponenten gezielter planen und anlagenspezifisch bewerten.

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

Tim Kappler  
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen  
Telefon: +49 721 608 -26854  
E-Mail: [Tim.Kappler@kit.edu](mailto:Tim.Kappler@kit.edu)  
Web: [www.batterietechnikum.kit.edu](http://www.batterietechnikum.kit.edu)



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages