AUTOSKY

Autonomous All-Sky Imaging Systems for Advanced Solar Energy Meteorology

Programm / Ausschreibung	AI AUSTRIA Initiative, AI Austria 2023 (Vertrag), Industrienahe Dissertationen 2024 - AI for Green	**Status**	laufend
Projektstart	01.01.2025	**Projektende**	31.12.2027
Zeitraum	2025 - 2027	**Projektlaufzeit**	36 Monate
Keywords	Solar Energy, All-Sky Imager, Computer Vision, Calibration, Automation		

Projektbeschreibung

Angesichts der Herausforderungen des globalen Klimawandels beschleunigt die Europäische Union (EU) den Übergang zu erneuerbaren Energien, mit einem besonderen Schwerpunkt auf Solarenergie. Die EU-Solarstrategie strebt eine Erhöhung der kumulierten Photovoltaik-Leistung (PV) von 263 GW im Jahr 2023 auf über 600 GW bis 2030 an. Mit dem steigenden Anteil der Solarenergie am Energiemix wird das Management ihrer Schwankungen zunehmend entscheidend für die Netzstabilität. Regionale Prognosen gewinnen dabei besonders unter wechselhaften Wetterbedingungen an Bedeutung, da sie es Netzbetreibern ermöglichen, Angebot und Nachfrage besser auszugleichen und die Stabilität des Stromnetzes zu sichern.

Aktuelle Vorhersagemethoden, die auf Satellitenbildern basieren, stoßen aufgrund ihrer räumlichen und zeitlichen Auflösung an Grenzen. Das PyranoCam-System, eine innovative Kombination aus Pyranometer und All-Sky-Kamera, bietet hier eine Lösung, indem es Strahlungsmessungen mit hemisphärischen Himmelsbildern vereint. Diese Kombination ermöglicht eine genaue Analyse von Wolken und deren Auswirkungen auf die Solarstrahlung. Damit bildet es die Grundlage für lokale PV-Leistungsprognosen.

Die Einführung von PyranoCam-Netzwerken in europäischen PV-Parks birgt jedoch erhebliche Herausforderungen, insbesondere hinsichtlich der Wartungs- und Kalibrierungskosten. Im Rahmen des Projekts AUTOSKY wird das erste autonome PyranoCam-System entwickelt, das moderne Verfahren des maschinellen Sehens nutzt, um die Kameraparameter dynamisch anzupassen, Selbstkalibrierungen durchzuführen, Anomalien autonom zu erkennen und eine Selbstreinigung zu ermöglichen. Dies soll den Bedarf an Ressourcen für den Einsatz an PV-Parks erheblich reduzieren.

Während der AUTOSKY-Pilotinitiative wird ein PyranoCam-Netzwerk in einem PV-Kraftwerk mit einer Leistung von 8,5 MWp sowie einem angeschlossenen Batteriespeichersystem installiert. Dieses Setup unterstützt die Forschung zu stereoskopischen Ansätzen und zur Kalibrierung mehrerer Kamerasysteme, um eine präzise Fusion von Himmelsbildern zu ermöglichen. Ergänzend werden Satellitendaten von Sentinel-2 und Landsat genutzt, um hochauflösende, dreidimensionale Wolkenfelder zu rekonstruieren und präzise Modelle der Solarstrahlung zu erstellen.

Im Kern zielt das Dissertationsprojekt darauf ab, PyranoCam-Netzwerke KI-gesteuert zu automatisieren, um die PV-Leistung in Echtzeit zu schätzen. Die Innovationen von AUTOSKY werden die Skalierung dieser Technologie erleichtern und die Betriebseffizienz sowie die Netzintegration von europäischen PV-Parks nachhaltig verbessern.

Abstract

Given the challenges posed by global climate change, the European Union (EU) is accelerating its transition to renewable energy, with a particular focus on solar power. The EU's solar strategy aims to increase cumulative photovoltaic (PV) capacity from 263 GW in 2023 to over 600 GW by 2030. As the share of solar power in the energy mix grows, managing its variability becomes increasingly crucial for maintaining grid stability. Regional forecasts, especially under variable weather conditions, are becoming more important as they allow grid operators to better balance supply and demand, thereby ensuring the stability of the electricity grid.

Current forecasting methods based on satellite imagery are limited by their spatial and temporal resolution. The PyranoCam system, an innovative combination of a pyranometer and an all-sky camera, addresses this challenge by integrating irradiance measurements with hemispherical sky images. This approach enables detailed local analysis of cloud movements and solar radiation fluctuations, providing a foundation for more accurate PV performance forecasts.

However, deploying PyranoCam networks in European PV parks presents significant challenges, particularly in terms of maintenance and calibration costs. The AUTOSKY project aims to develop the first autonomous PyranoCam system that will use advanced computer vision techniques to dynamically adjust camera parameters, perform self-calibration, autonomously detect anomalies and enable self-cleaning, significantly reducing the need for human intervention.

During the AUTOSKY pilot initiative, PyranoCam systems will be installed as a network at a PV power plant with a capacity of 8.5 MWp and a connected battery energy storage system. This experimental setup supports research on stereoscopic approaches and multi-view camera calibration, aiming to achieve accurate fusion of all-sky images, thereby increasing spatial coverage. Additionally, satellite data (e.g., Sentinel-2, Landsat) will be integrated to reconstruct high-resolution three-dimensional cloud fields, enabling accurate prediction of shadows on surface solar irradiance and precise estimation of PV power output.

In essence, this dissertation project centers on AI-driven automation of PyranoCam networks to estimate real-time PV power output. The innovations developed in AUTOSKY will facilitate the scaling of this technology across European PV parks, enhancing operational efficiency and improving the grid integration of PV systems.

Projektpartner

- Wematics FlexCo