

SATELLITENDATEN BASIERTE HOCHAUFLÖSENDE PV-LEISTUNGSKARTIERUNG FÜR ÖSTERREICH UND IHRE GEMEINDEN

Stefan ÜBERMASSER¹, Mufaddal KAPASI²

Fabian Leimgruber¹, Robert HÖLLER²

Hintergrund und Motivation

Die rasche Ausweitung der globalen Photovoltaik(PV)-Kapazität – von unter 200 GW im Jahr 2014 auf über 2.200 GW im Jahr 2024 – verdeutlicht den wachsenden Bedarf an präzisen Prognosewerkzeugen. Die durch Wolkenabdeckung verursachte Intermittenz der Solarenergie stellt eine zentrale Herausforderung für die Stabilität moderner Stromnetze dar.

Während Energiemarkte vor allem genaue Prognosen im Zeithorizont von 24 bis 48 Stunden benötigen, erfordert der Netzbetrieb aufgrund der zunehmenden Dezentralisierung und des wachsenden Einsatzes von Speichern insbesondere kurzfristige Vorhersagen (Intra-Day und Intra-Hour) der PV-Einspeisung.

Für lokale Prognosen, etwa für jede der 2.125 Gemeinden in Österreich, sind Methoden auf Basis bodengestützter Messungen nicht ausreichend. Ein satellitengestützter Ansatz zur Schätzung der Global Horizontal Irradiance (GHI) und zur weiteren Berechnung der PV-Leistung bietet hier eine skalierbare und hochgranulare Lösung.

Methodik

Es wurde ein automatisierter Workflow zur Berechnung des Wolkenindex (CI) und zur Schätzung der GHI für alle 2.115 österreichischen Gemeinden entwickelt und validiert. Die Methode basiert auf einem Heliosat-Klasse-Modell und verwendet EUMETSAT Meteosat-11 SEVIRI HRV Satellitenbilder (1 km Auflösung). Die Daten wurden über die EUMETSAT Data Tailor REST API abgerufen, um eine kontinuierliche, landesweite Abdeckung zu gewährleisten.

Der Prozess umfasste folgende Schritte: Erfassung der Satellitenbilder, Extrahierung der Pixel für jede Gemeinde anhand von Shape Files, Anwendung der Kosinius-Winkel-Korrektur und SZA-Filterung (Solar Zenith Angle $\leq 75^\circ$), Berechnung monatlicher Referenzwerte (N_{min} und N_{max}), Ableitung des Wolkenindex (CI) und schließlich die Berechnung der GHI unter Verwendung des Simplified Solis Modells. Die GHI-Schätzungen wurden anschließend unter Einbeziehung der installierten PV-Kapazität jeder Gemeinde auf Basis des Anlagenregisters der E-Control in Solarleistungskurven umgewandelt.

Ergebnisse und Validierung

Abbildung 1 und Abbildung 2 zeigen jeweils das Satellitenausgangsbild und die errechneten GHI Werte als Heatmap in der Auflösung der politischen Gemeinden in Österreich für einen sehr sonnigen und einen bewölkten Tag.

¹ AIT Austrian Institute of Technology, 1210 Wien Gieffinggasse 4, stefan.uebermasser@ait.ac.at, ait.ac.at

² FH Oberösterreich Campus Wels, 4600 Wels Stelzhamerstraße 23, <https://fh-ooe.at/campus-wels>

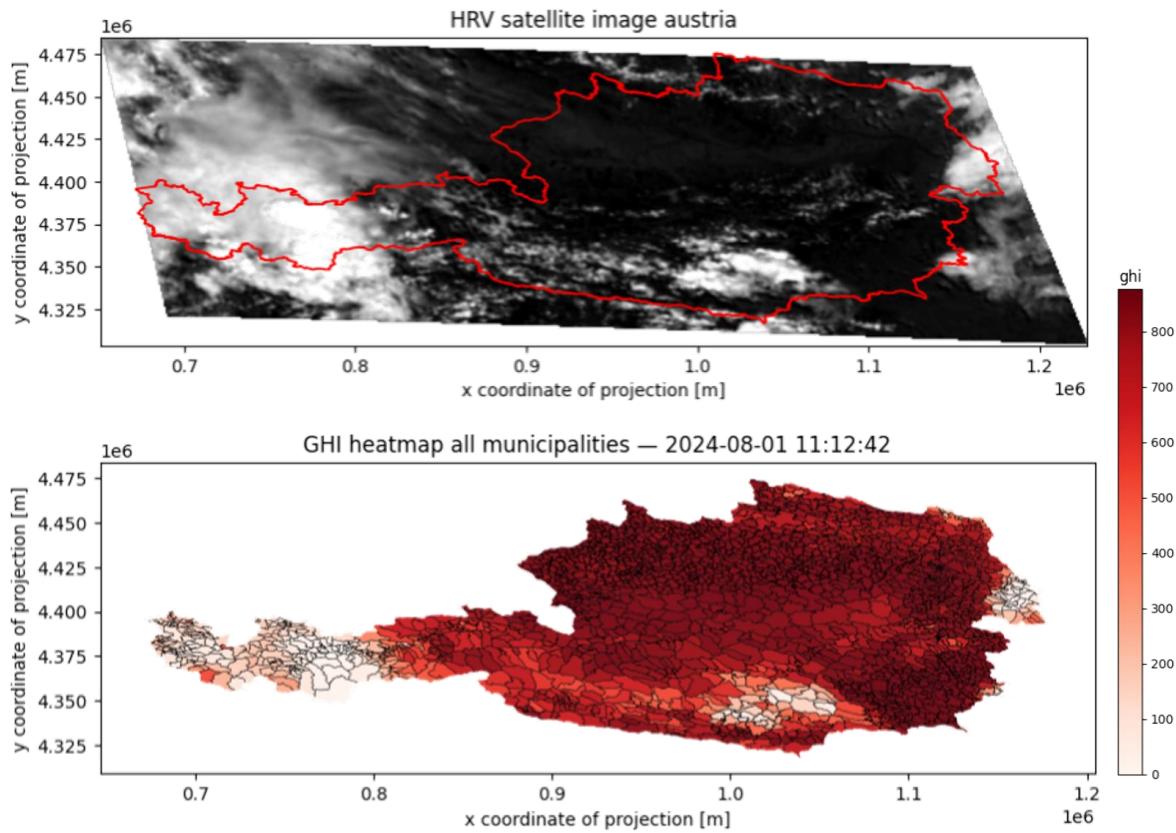


Abbildung 1 - Satellitenbild und GHI Heatmap der österreichischen Gemeinden eines sonnigen Tages

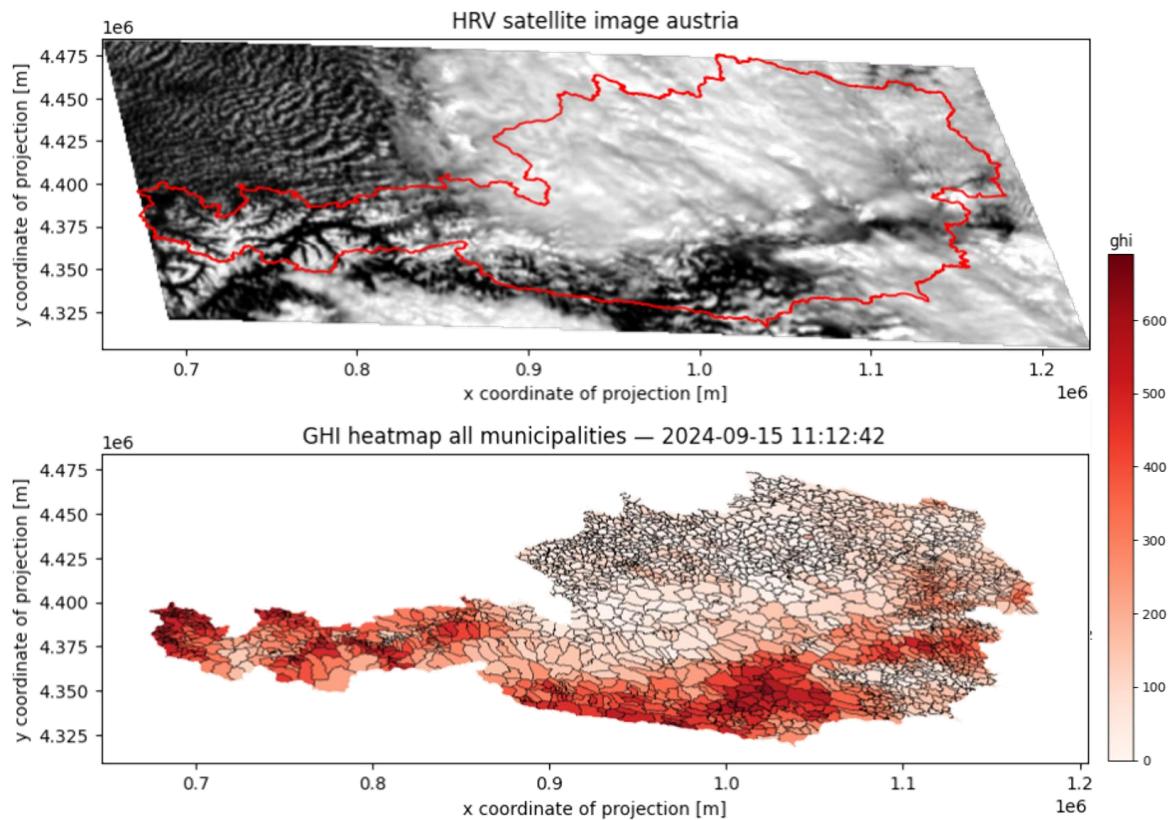


Abbildung 2 - Satellitenbild und GHI Heatmap der österreichischen Gemeinden eines bewölkten Tages

Die Validierung der Ergebnisse erfolgte auf zwei Ebenen für das Jahr 2024 (Januar bis Dezember, wobei die Bodenvalidierung bis August beschränkt war):

1. Bodenvalidierung der GHI: Der satellitengestützte GHI wurde mit Messungen von 214 aktiven TAWES-Wetterstationen (Geosphere Austria) verglichen. Der durchschnittliche Korrelationskoeffizient (r) lag über 0,8, wobei die mittlere absolute Fehlerquote (MAE) für die meisten Standorte zwischen 8 % und 12 % lag. Die Genauigkeit variierte geografisch: Die niedrigsten Fehler wurden in Flachlandregionen (MAE ca. 9,4 %) verzeichnet, während in alpinen und schneebedeckten Regionen höhere Fehler auftraten (MAE bis zu 12,9 %).
2. Nationale Validierung der Leistung: Die aggregierten Modell-Schätzungen der nationalen Solarenergieerzeugung wurden mit den offiziellen Daten der APG Transparency Platform verglichen. Hierbei wurde eine hohe zeitliche Übereinstimmung erzielt, mit Pearson-Korrelationskoeffizienten zwischen 0,90 und 0,97 über das gesamte Jahr. Insbesondere der September 2024 zeigte eine exzellente Übereinstimmung ($r = 0,96$).

Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse bestätigen, dass die Satellitendaten des MSG HRV in Kombination mit offenen Geodaten und PV-Kapazitätsdaten **zuverlässige, hochauflösende und zeitlich konsistente Schätzungen** der solaren Einstrahlung und Leistung erzeugen können. Der entwickelte, automatisierte Rahmen bietet eine skalierbare Lösung zur Erfassung der Solarenergie-Dynamik auf lokaler und nationaler Ebene und unterstützt somit die Netzintegration der PV-Erzeugung in Österreich. Zukünftige Arbeiten werden die Integration topografischer Korrekturen und verbesserter Schneebedeckungserkennung in alpinen Regionen in Betracht ziehen und weitere Optimierungen zur Reduzierung des Fehlers für Now- und Forecasting beinhalten.