

## SOCCLENOW-AI

Ensemble nowcasting of irradiance/clouds for solar energy using novel machine learning tools - can AI beat physics?

<b>Programm / Ausschreibung</b>	ASAP, ASAP, ASAP 17. Ausschreibung (2020)	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.09.2021	<b>Projektende</b>	30.06.2023
<b>Zeitraum</b>	2021 - 2023	<b>Projektlaufzeit</b>	22 Monate
<b>Keywords</b>	global irradiance and cloud cover;nowcasting;solar energy; machine learning - graph neural networks; ensemble		

### Projektbeschreibung

Der Umstieg auf vermehrte Nutzung erneuerbarer Energiequellen ist eine logische Konsequenz angesichts der limitierten Menge an fossiler Brennstoffe und anderer umweltschädlicher Brennstoffe. Vor allem vor dem Hintergedanken der Reduktion des Anthropogenen Klimawandels. Allerdings haben fossile Brennstoffe einen großen Vorteil: ihr Einsatz ist leicht zu planen da sie nicht von externen Bedingungen wie dem Wetter oder standortbezogener Charakteristika abhängig sind. Erneuerbare Energien sind allerdings stark abhängig von den vorherrschenden Wetter- und Klimabedingungen welche die Stromproduktion auf vielen verschiedenen Skalen beeinflussen, von Kurzfrist- bis Langfristskalen. Vor allem in der Solarenergieproduktion sind die meteorologischen Einflüsse wie Bewölkungsverlagerung nahezu unmittelbar in der Leistung erkennbar. Diese Fluktuationen in der Leistung haben direkten Einfluss auf die Einspeisungsleistung und die Netzstabilität. Um also die Netzstabilität zu gewährleisten werden genaue und verlässliche Kurzfristvorhersagen inklusive einer Unsicherheitsbandbreite benötigt. Diese Vorhersagen müssen folgende Vorgaben erfüllen: 1) in Nahe-Echtzeit verfügbar, 2) mit einer hohen zeitlichen Vorhersagefrequenz, 3) mit einer hohen räumlichen Ausdehnung und Auflösung, sowie 4) so genau wie möglich inklusive der Unsicherheitsbandbreite.

In der Solarenergieproduktion sind vor allem folgende Parameter essentiell um die Produktion abschätzen zu können: Bewölkung, Bewölkungsverlagerung, und Globalstrahlung. Um Ensemble Kurzfristvorhersagen zu erzeugen werden vor allem Beobachtungen benötigt (Satelliten-, Meteorologische, Leistungsdaten). Existierende Ansätze nutzen oft NWP Daten welche meist veraltet sind wenn ein Event passiert oder kombinieren nur eine kleine Auswahl an verfügbaren Daten. In Anbetracht der Heterogenität und Nicht-Konformität der Zeitreihendaten sind neue und schnelle Ansätze gefragt. Im Rahmen des Sondierungsprojekts sollen neue Machine Learning Methoden untersucht werden in Hinsicht ihrer Eignung in zeitlich und räumlich hochaufgelöstem (sub-km, sub-stündlich) Nowcasting und ob sie besser als traditionelle Methoden sind. Hierzu sollen Graph (convolutional) neural networks, neural ordinary differential equations und nLASSO implementiert werden. Als Datenquellen dienen Satellitenprodukte (Copernicus, Nowcasting SAF, CAMS, und weitere), meteorologische Beobachtungen, topographische Daten und Kovariablen sowie PV Data. Weiters wird untersucht ob ein Ensemble Post-Processing Algorithmus für Nowcasting adaptiert werden kann basierend auf nur Beobachtungen und ob er ebenfalls besser als die traditionellen Methoden ist.

## Abstract

The transition towards an increased use of renewable energy systems is a logical consequence giving the limited amount of fossil fuel and in respect to the need of reducing the anthropogenic climate forcing. Fossil fuels and other environmental non-friendly solutions, however, have one big advantage: their usage is easy to schedule as they are not dependent on external drivers such as current and seasonal/annual weather conditions and site specific characteristics. Renewable energy in contrast heavily depends on the prevailing weather and climate conditions. These influences affect the power production on multiple time scales, in short and medium range production of energy. Especially in PV power production the power production reacts nearly instantaneous on changing conditions such as cloud motion. This fact is important as fluctuations in the feed-in rates of renewable energy affect in turn the grid stability and feed-in scheduling of PV production. Given the fluctuations in PV productions the integration of it into the power grid needs accurate and reliable uncertainty estimations in the nowcasting range to secure power grid stability and reduce costs. These predictions need to fulfil certain requirements: 1) available in near-realtime, 2) with a high temporal forecasting frequency, 3) a high spatial (gridded) resolution and large spatial extent, and 4) as accurate as possible including an uncertainty estimation.

In PV production the essential needed parameters used for the production estimation are cloud cover, cloud motion, and global horizontal irradiance. To provide ensemble nowcasts and cover these requirements observations (satellite data, meteorological observations, PV production) are essential for every forecasting method. Existing approaches are often based on NWP information which is often outdated when the event takes place or combine only a few possible data sources. Given the heterogeneous, non-conformal kind of time-series data forecasting methods need a new and fast approach. In the proposed exploratory project we aim at investigating the applicability of novel machine learning methods in high spatio-temporal (sub-km, sub-hourly) nowcasting of the essential parameter and if they are able to outperform physical and statistical-dynamical models. Namely, we aim at implementing graph (convolutional) neural networks, neural ordinary differential equations, and nLASSO. As data sources serve satellite data and products (Copernicus, Nowcasting SAF, CAMS, and others), meteorological observations, topographical data and co-variates, and PV production data. Furthermore, we aim at investigating if an ensemble post-processing method can be adapted to nowcasting purposes using observations only delivers sufficient results when moving to sub-km and sub-hourly scale.

## Projektkoordinator

- GeoSphere Austria - Bundesanstalt für Geologie, Geophysik, Klimatologie und Meteorologie

## Projektpartner

- VERBUND Energy4Business GmbH
- Aalto University - Department of Computer Science