

## HectoRenew

Advancing the understanding of hectoscale forecasts for Renewable Energy Systems

|                                 |   |                        |            |
|---------------------------------|---|------------------------|------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b> | Themenübergreifend, Themenübergreifend,<br>Common Pot : Digitaler Zwilling Österreich | <b>Status</b>          | laufend    |
| <b>Projektstart</b>             | 01.01.2025  | <b>Projektende</b>     | 31.12.2026 |
| <b>Zeitraum</b>                 | 2025 - 2026   | <b>Projektlaufzeit</b> | 24 Monate  |
| <b>Keywords</b>                 | renewable energy production, DT Climate, DT Extremes, hectoscale simulations          |                        |            |

### Projektbeschreibung

Zwei digitale Zwillinge unterstützen die Entscheidungsfindung und Planungsaktivitäten im Zusammenhang mit extremen Wetterereignissen und dem Klimawandel im Rahmen der Initiative Destination Earth. Der digitale Zwilling (DT) für wetterbedingte Extreme konzentriert sich auf die Entwicklung eines DT für Extrem-Wetter Informationen auf Abruf, der DT Climate für Klima-Anwendungen erstellt mehrdekadische Projektionen (Vergangenheit, Zukunft) auf km-Skala (ca. 5 km). Obwohl beide DTs in ihren jeweiligen Bereichen herausragend sind, würde eine Kombination von beiden eine große Wissensbereicherung darstellen, da DT Climate langfristige Simulationen liefert, während DT Extremes Aspekte wie die Mustererkennung von Ereignissen mit großen Auswirkungen umfasst. Die Kopplung dieser beiden Ansätze bietet somit neue Möglichkeiten, den Informationsbedarf der Anbieter erneuerbarer Energien zu decken.

Die Umstellung auf erneuerbare Energien muss schnell erfolgen, jedoch gibt es noch Unsicherheiten in Bezug auf eine gesicherte Stromversorgung ausschließlich auf erneuerbaren Energien basierend. Diese Unsicherheiten ergeben sich auch aus der Tatsache, dass erneuerbare Energien, insbesondere PV und Wind, anfällig für Veränderungen mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung sind.

Daher planen wir im Rahmen von HectoRenew, den Mehrwert hektometrischer (200 - 800 m) herunterskalierter DT-Klimadaten für Anwendungen im Bereich der erneuerbaren Energien zu untersuchen. Da die DT-Klimadaten auf 5 km bereitgestellt werden, ist es möglich, sie mit Hilfe von Klimamodellen direkt auf die hektometrische Auflösung herabzuskalieren, um künftige lokale Klimabedingungen mit einer räumlichen Auflösung von 200 bis 800 m, wodurch lokale Merkmale besser dargestellt werden, zu bewerten.

Das übergeordnete Ziel von HectoRenew ist es, die Verwendbarkeit der Ergebnisse von Climate DT für den Sektor der erneuerbaren Energien zu analysieren, entweder direkt oder als Input für die Erstellung dynamischer Klimasimulationen auf der Hektoskala. Wir haben daher die Ziele: (i) Bewertung der Fähigkeiten der globalen Climate DT-Szenarien im Hinblick auf die Repräsentativität extremer (meteorologischer) Ereignisse, synoptischer Muster und deren Auswirkungen auf erneuerbare Energien; (ii) Abschätzung des Mehrwerts hoch aufgelöster Klimaszenarien, die dynamisch auf hektometrische räumliche Auflösung (und höhere vertikale Auflösung) herunterskaliert wurden, im Hinblick auf ausgewählte Extremereignisse (mit negativen Auswirkungen auf die Versorgung oder die Infrastruktur selbst) im Bereich der erneuerbaren Energien; und (iii) Bewertung von nachbearbeiteten Leistungskurven für Wind-, PV- und Wasserkraftwerke, die entweder auf (umgewandelten)

Climate DT- oder hektometrischen Simulationen basieren.

Um die Nachhaltigkeit über die Projektlaufzeit hinaus zu gewährleisten, ist Folgendes vorgesehen

- Bereitstellung der entwickelten Jupyter-Frameworks, um die Reproduzierbarkeit der etablierten Prozesse und die nachhaltige Nutzung der Projektergebnisse durch das ECMWF und andere Forschungseinrichtungen zu gewährleisten.
- Bereitstellung der synthetisch erzeugten stündlichen Daten zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien für die Community entweder über den GeoSphere Austria Data Hub oder GitHub/Zenodo.
- Ständiger Austausch mit Stakeholdern des ECMWF und Energieversorgern, um sicherzustellen, dass die gesammelten Informationen über das Konsortium hinaus kommuniziert werden.

## **Abstract**

Two high-priority digital twins support decision making and planning activities linked to extreme weather and climate change within the Destination Earth initiative. The Digital Twin (DT) for Weather-Induced Extremes focuses on developing an extreme weather on-demand DT, which is provided by ECMWF on the global scale and by the ACCORD consortium (21 European institution) on the sub-km scale for certain regions. The DT Climate for Climate Application produces multi-decadal projections (past, future) at km scale (approx. 5 km) to understand climate change and support adaptation strategies and policymakers across the impact sectors most affected.

While both DTs are outstanding in their respective fields, combining these two ideas would leverage knowledge even more as DT Climate provides long-term simulations, while DT Extremes includes aspects such as pattern detection of high impact events. The DT Climate covers aspects of wind energy, yet on an overall perspective not specifically focusing on extreme events. Thus, coupling these two approaches provides new possibilities to meet the information demand of renewable energy providers. The transformation to renewable energy is needed quickly and even though there are many initiatives that drive this transition, there are still uncertainties with respect to secured power supply solely based on renewables under current and future climate conditions. These uncertainties also stem from the fact that renewables, especially PV and wind, are susceptible towards changes on the short time scale and very high resolution.

Therefore, within HectoRenew we plan to investigate the added value of hectometric (200 - 800 m) downscaled DT Climate data for applications in the renewable energy sector. Since Climate DT is provided on <math>5\text{ km}</math>, it is feasible to directly downscale down to hecto-scale using climate models to assess future local climate conditions on 200 to 800 m spatial resolution, better representing local characteristics.

The overall aim of HectoRenew is to analyse the usability of Climate DT output for the renewable energy sector, either directly or as input for setting up dynamical climate simulations at the hecto-scale. We therefore have the following objectives: (i) to assess the skill of the Global Climate DT scenarios with respect to representativeness of extreme (meteorological) events, synoptic patterns, and their impact on renewables; (ii) estimate the added value of highly resolved climate scenarios dynamically downscaled to hectometric spatial resolution (and higher vertical resolution) with respect to selected renewables extreme events (negatively affecting either the supply or the infrastructure itself); and (iii) to assess for wind, PV, and hydropower post-processed performance curves based on either (converted) Climate DT or the hectometric simulations.

To ensure sustainability beyond project time, we envision to

- Provide the developed Jupyter frameworks to ensure reproducibility of established processes and sustainable use of project outputs by ECMWF and other research institutions.
- Provide the synthetic generated hourly renewable power production data to the community via either the GeoSphere

Austria Data Hub or GitHub/Zenodo.

- Engage constantly with stakeholders from ECMWF and energy providers to ensure that the information gathered is communicated beyond the consortium.

### **Projektkoordinator**

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH

### **Projektpartner**

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