

## ROBINE

Regionsspezifische Impactuntersuchung von Klimawandel für eine robuste und integrale Energieinfrastruktur in Österreich

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Energieforschung (e!MISSION), Energieforschung, Energieforschung Ausschreibung 2022	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.11.2023	<b>Projektende</b>	30.04.2025
<b>Zeitraum</b>	2023 - 2025	<b>Projektlaufzeit</b>	18 Monate
<b>Keywords</b>	Standortspezifische Klimadaten, Klimafolgen, Klimaanpassung, resiliente integrale Energieinfrastrukturplanung		

### Projektbeschreibung

#### Motivation

Energiesysteme weltweit und ebenso in Österreich sind aktuell mit zweierlei Herausforderungen konfrontiert: Während sie einerseits als Hauptverantwortliche des Klimawandels dekarbonisiert und transformiert werden müssen, müssen sie andererseits als kritische Infrastruktur die Versorgung weiterhin garantieren und gleichzeitig mit den Unsicherheiten und Risiken des Klimawandels umgehen.

Zur Bekämpfung des Klimawandels befinden sich Energiesysteme national als auch international in Transformation der Dekarbonisierung (Sektorkopplung von Elektrizität mit Wärme/Kälte, erneuerbare Gase sowie Transport). Hierbei ist ein hoher Anteil der Stromerzeugung aus Wasserkraft, Windkraft und Photovoltaik der Schlüssel, wobei mit erheblichen, wetterbedingten Schwankungen in der Stromversorgung zu rechnen ist.

Neben der notwendigen Beschleunigung des Ausbaus dieser Technologien, ist auch ein steigender Flexibilitätsbedarf des Systems erforderlich, um kurz- bis langfristige (saisonale) Unterschiede zwischen Erzeugung und Verbrauch auszugleichen. Andererseits muss die entsprechende Energieinfrastruktur geschaffen werden, um die Sektorkopplung und ihre unterschiedlichen Anforderungen und Möglichkeiten der Kopplung von Elektrizität, Wärme/Kälte und erneuerbare Gase sicherzustellen.

Um eine sichere Entwicklung des zukünftigen Energiesystems zu gewährleisten, sind bei der Planung folgende klimawandelbedingte Aspekte für die drei Säulen des Energiesystems zu berücksichtigen:

- **Erzeugungseitig:** Die Energie-Verfügbarkeit muss systematisch für alle in Österreich zukünftig relevanten Energieträger (Wasserkraft, Wind, Photovoltaik, Biomasse) und für verschiedene Klimaszenarien und extreme Wetterereignissen geprüft werden.
- **Nachfrageseitig:** Bedingt durch zukünftige Änderungen der Nachfrage auf Grund des Klimawandels ist das Auftreten verschiedener Klimaszenarien und extreme Wetterereignisse zu untersuchen.
- **Infrastrukturseitig:** Die Häufigkeit und Dauer der extremen Wetterereignisse (Schneelast, Hochwasser, Sturm, Dunkelflaute, Hitzewelle etc.) ist abzuschätzen, um eine resiliente Gestaltung der Infrastruktur für die Erzeugung, Übertragung und Verteilung bis zu den Verbrauchern zu gewährleisten. Als Energieträger müssen in diesem Bereich Elektrizität, Wärme /Kälte und erneuerbaren Gase integriert analysiert werden.

Unter diesen Aspekten nimmt die Relevanz langfristiger Klimaprojektionen als Planungsgrundlage für den Bau der Energiesysteme und den vorausschauenden Betrieb (z.B. Vermeidung von Ausfällen) von Energieinfrastruktur stetig zu. Es ist jedenfalls eine intensivere Zusammenarbeit zwischen Klimatologie und Energieinfrastrukturplanung erforderlich, um die Auswirkungen des Klimawandels auf künftige Energiesysteme genau darstellen zu können.

Dies erfordert i) eine kontinuierliche Interaktion in Form eines sequenziellen Datenaustauschs, ii) die Anpassung potenzieller Klimadaten an die Energiesystemplanung anhand verschiedener methodischer Schritte und iii) Methodische Entwicklungen zur realistischen Darstellung der verschiedenen kritischen Systemzustände (z.B. Dunkelflaute oder Hitzeperiode) und Betriebsverfahren unter Extrembedingungen (z.B. Begrenzung der Leistungsabgabe bei Starkwind oder Abregelung bei Sturm von Windturbinen oder Versorgungsunterbrechungen im Falle von Sturm, Hagel und Blitz, die auf die Energieinfrastruktur einwirken können) in allen Bereichen der Energieinfrastruktur in der Energiesystemplanung. Diese müssen in den Planungstools (i.e. Energiesystem und -infrastruktur-Modelle) realistisch abgebildet werden können. Da sich die Auswirkungen des Klimawandels auf die Energieversorgung regional unterscheiden, sind regionale Klimaprojektionen nötig, um die regionalen Risiken und Chancen künftiger Klimawandelfolgen für Energieversorgung sowie entsprechende Anpassungsmaßnahmen zu erarbeiten.

### Projektziele

Das übergeordnete Ziel dieses Projektes ist es, die Sondierung des wesentlichen Basiswissens und der Datenbasis für Entwicklung einer standortspezifischen und integralen Energieplanung in Österreich zu schaffen.

Abgeleitet hiervon werden die Risiken und Chancen für eine zukünftige sektorgekoppelte Energieinfrastruktur, die in enger Abstimmung mit Stakeholdergruppen in praxisorientierter und systematischer Art und Weise untersucht werden. Die methodischen Wege zur realistischen Abbildung der Risiken (z.B. Betriebsausfälle) und Chancen in den langfristigen-Energieinfrastrukturplanungen werden identifiziert.

### Erwartete Ergebnisse

Es werden Erkenntnisse darüber geliefert, wie der österreichische Energieinfrastruktur resilienter werden kann, um widerstandsfähiger und robuster gegenüber dem Klimawandel und extremen Wetterereignissen zu werden. Es wird eine Wissens- und Datenbasis für regionale Klima- und Energiedaten geschaffen. Des Weiteren wird eine Methodik entwickelt, um verschiedene Risiken und Chancen durch Indikatoren in den Energieinfrastrukturplanungen realistisch abzubilden. Anhand der Klima -und Energiedatenanalyse werden Klimarisikokarten für die Standorte mit hohen Risiken und Gefahren im GIS aufgezeigt. Dieses Sondierungsprojekt wird zur Vorbereitung eines weiteren Forschungs- und Entwicklungsprojekts mit interessierten Industriepartnern dienen. Es wird darin die Erstellung eines Simulationstools für die integrale Energieinfrastrukturplanung angestrebt.

## **Abstract**

### Motivation

Energy systems worldwide as well as in Austria are currently confronted with two challenges: While on the one hand they have to be decarbonized and transformed as the main contributors to climate change, on the other hand they have to continue to guarantee supply as critical infrastructure while dealing with the uncertainties and risks of climate change. To combat climate change, energy systems are undergoing decarbonization transformation both nationally and internationally (sector coupling of electricity with heating/cooling, renewable gases, and transportation). Here, a high share of electricity generation from hydropower, wind power and photovoltaics is the key, although significant, weather-related

fluctuations in electricity supply are to be expected.

In addition to the need to accelerate the expansion of these technologies, there is also a need for increasing flexibility in the system to compensate for short- to long-term (seasonal) differences between generation and consumption. The appropriate energy infrastructure must be created to ensure sector coupling and its different requirements and possibilities for coupling electricity, heating/cooling and renewable gases.

To ensure a safe development of the future energy system, the following climate change-related aspects for the three pillars of the energy system have to be considered in the planning process:

- Generation side: energy availability has to be systematically assessed for all energy sources relevant in Austria in the future (hydropower, wind, photovoltaics, biomass) and for different climate scenarios and extreme weather events.
- Demand side: Due to future changes in demand caused by climate change, the occurrence of different climate scenarios and extreme weather events must be investigated.
- Infrastructure side: The frequency and duration of extreme weather events (snow load, floods, storms, dark doldrums, heat waves, etc.) must be estimated to ensure a resilient design of the infrastructure for generation, transmission and distribution up to the consumers. As energy carriers, electricity, heating/cooling and renewable gases have to be analyzed in an integrated way in this field.

Under these aspects, the relevance of long-term climate projections as a planning basis for the construction of energy systems and the anticipatory operation (e.g., avoidance of outages) of energy infrastructure is steadily increasing. In any case, more intensive collaboration between climatology and energy infrastructure planning is needed to accurately represent the impacts of climate change on future energy systems.

This requires i) continuous interaction in the form of sequential data exchange, ii) adaptation of potential climate data to power system planning using different methodological steps, and iii) methodological developments to realistically represent different critical system states (e.g. dark doldrums or hot spells) and operating procedures under extreme conditions (e.g., limiting power output during high winds or curtailment during storms of wind turbines or supply interruptions in the event of storms, hail, and lightning that may impact the energy infrastructure) in all areas of energy infrastructure in energy system planning. These must be able to be realistically represented in planning tools (i.e., energy system and infrastructure models).

Since the impacts of climate change on energy supply differ regionally, regional climate projections are needed to elaborate the regional risks and opportunities of future climate change impacts on energy supply as well as corresponding adaptation measures.

## Project Goals

The overall objective of this project is to establish the essential basic knowledge and data base for the development of a site-specific and integral energy planning in Austria.

Derived from this, the risks and opportunities for a future sector-coupled energy infrastructure will be investigated in a practice-oriented and systematic way in close coordination with stakeholder groups. The methodological ways to realistically map the risks (e.g., operational outages) and opportunities in long-term energy infrastructure planning will be identified.

## Expected results

Insights will be provided on how the Austrian energy infrastructure can become more resilient and robust to climate change and extreme weather events. A knowledge and data base for regional climate and energy data will be created. Furthermore, a methodology will be developed to realistically map various risks and opportunities through indicators in energy

infrastructure planning. Based on the climate and energy data analysis, climate risk maps for the locations with high risks and threats will be shown in the GIS. This exploratory project will serve to prepare another research and development project with interested industry partners. It will aim to create a simulation tool for integral energy infrastructure planning.

## **Endberichtkurzfassung**

Die wichtigsten Projektergebnisse sind:

Energiesektors (Nachfrage, Erzeugung, Infrastruktur) zugeordnet.

Berechnung von 41 Klimagefahrenindikatoren: Diese Indikatoren quantifizieren klimabedingte Gefahren für die Energieinfrastruktur. Die zugrunde liegenden Daten und regionalisierten Gefahrenkarten wurden als Open-Source bereitgestellt. Data-Link: <https://zenodo.org/records/14697703>

Entwicklung von Klima -Impact-Karten: Für die Fallstudien Übertragungsnetz-Freileitungen und Windkraftanlagen wurden Klima-Impact-Karten erstellt, wobei für beide Infrastrukturbereiche unterschiedliche methodische Ansätze angewendet wurden. Data-Link: <https://zenodo.org/records/17063332>

Datenbank zur wetterabhängigen Energienachfrage-und erzeugung auf NUTS- 3 : Eine Datensatz wurde erstellt, die Zeitreihen zu Heiz- und Kühlbedarf sowie Betriebsindikatoren wie Kapazitätsfaktoren und Erzeugungsprofile für Laufwasserkraft, Windkraft und Photovoltaik unter verschiedenen GWLs umfasst. Data-Link: <https://zenodo.org/records/15681180>

Erweiterte Analysen: Die Analysen zur Residuallast in Regionen verknüpften Wetterdaten mit Prognosen für den zukünftigen Ausbau des Energiesystems, um die Anforderungen eines dekarbonisierten Energiesystems bis 2040 zu adressieren.

Ableitung von Anforderungen und Empfehlungen: Es wurden die spezifischen Anforderungen verschiedener Stakeholdergruppen identifiziert, sowie Empfehlungen abgeleitet. Ein Ausblick auf weiterführende Fragestellungen und Themen wurde ebenfalls erstellt.

## **Projektkoordinator**

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH

## **Projektpartner**

- Universität für Bodenkultur Wien