HAILCHANGE

High resolution future projections of hailfall changes in Austria and the Alpine Region

Programm / Ausschreibung	Austrian Climate Research Programme 2024	**Status**	laufend
Projektstart	01.09.2025	**Projektende**	31.08.2028
Zeitraum	2025 - 2028	**Projektlaufzeit**	36 Monate
Keywords	hail projection, extreme events, climate modelling, statistical post-processing		

Projektbeschreibung

Die letzten Jahre waren geprägt von beispiellosen Extremwetterereignissen, die sowohl an Intensität als auch Häufigkeit zugenommen haben und erhebliche Schäden verursachten. Im Jahr 2023 stellten Hagelstürme einen zentralen Schadensfaktor dar, die in Europa wirtschaftliche Verluste in Höhe von 9,1 Millionen Euro verursachten. Besonders die damit verbundenen Superzellengewitter führten zu Hagelkörnern mit einem Durchmesser von bis zu 19 cm, die nicht nur schwere Sachschäden anrichteten, sondern auch eine erhebliche Gefahr für die menschliche Sicherheit darstellten. Die Bedeutung des Hagelrisikos wird auch in EU-weiten Regularien wie der EU-Taxonomie und der Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen (CSRD) unterstrichen, die Hagel als relevante Gefahr für die Bewertung aktueller und künftiger Risiken wirtschaftlicher Aktivitäten aufführen. Angesichts des raschen Ausbaus von Photovoltaik (PV) und anderen erneuerbaren Energien zur Erreichung der Klimaziele gewinnt eine fundierte Hagelgefahrabschätzung weiter an Bedeutung.

Hagelstürme stellen jedoch eine besondere Herausforderung dar, da sie (1) als stark lokale Phänomene in bestehenden Beobachtungsnetzwerken schwer zu erfassen sind und (2) aufgrund ihrer komplexen physikalischen Prozesse in numerischen Klimamodellen schwer darstellbar sind. Diese Herausforderungen erschweren sowohl die Beobachtung als auch die Modellierung von Hagelstürmen erheblich.

Um den ersten Aspekt zu adressieren, hat das Europäische Labor für Unwetterforschung (ESSL) eine umfassende Datenbank für Hagelbeobachtungen aufgebaut, in der Forschende und Freiwillige hagelbezogene Daten sammeln. Zur Bewältigung des zweiten Aspekts – der Modellierung – wurden verschiedene Ansätze verfolgt. Einerseits gewinnen Klimasimulationen auf konvektionserlaubender (CP) Skala (räumliche Auflösung < 4 km) zunehmend an Bedeutung, da sie eine explizite Darstellung konvektiver Prozesse ermöglichen. Der Nachteil dieser Modelle liegt jedoch in ihrem enormen Rechenaufwand. Andererseits wurden gröbere Modelldaten (räumliche Auflösung ~30 km) verwendet, um statistische Modelle wie AR-CHaMo zu trainieren und auf numerische Modellausgaben anzuwenden, wodurch Wahrscheinlichkeiten für Hagelereignisse auf derselben Skala wie die Eingabedaten generiert werden können.

Das Ziel des Projekts HAILCHANGE ist es, diese Ansätze zu kombinieren, um verbesserte und lokalisierte Vorhersagen der

Hagelwahrscheinlichkeit für vergangene (Validierung) und zukünftige Ereignisse zu ermöglichen. Dies soll durch folgende Maßnahmen erreicht werden:
(i) Anwendung zweier state-of-the-art Klimamodelle (ICON und WRF) zur Simulation vergangener Ereignisse auf konvektionserlaubender Skala;
(ii) Untersuchung der Auswirkungen ausgewählter Parametrisierungsschemata innerhalb von WRF auf die Fähigkeit des Modells, konvektive Ereignisse zu simulieren;
(iii) Implementierung zusätzlicher sturmbezogener Ausgabeparameter in WRF;
(iv) Nutzung von CP-Modellausgaben zum Training der AR-CHaMo-Modelle und deren Anwendung auf hochaufgelöste numerische Modellausgaben;
(v) Prüfung der zusätzlichen sturmbezogenen Ausgabeparameter von WRF auf ihre Eignung als explizite Prädiktoren für das Training von AR-CHaMo;
(vi) Anwendung des entwickelten Frameworks auf repräsentative Jahre zukünftiger globaler Erwärmungsniveaus (GWLs), um potenzielle zukünftige Hagelwahrscheinlichkeiten für den österreichischen und alpinen Raum zu bewerten.

Am Ende von HAILCHANGE streben wir folgende Ergebnisse an:
- hochaufgelöste Gefährdungskarten für große Hagelwahrscheinlichkeiten in Österreich und im Alpenraum für vergangene Ereignisse,
- hochaufgelöste Gefährdungskarten für große Hagelwahrscheinlichkeiten in Österreich und im Alpenraum für spezifische zukünftige Jahre unter verschiedenen global warmin levels (GWLs),
- ein verbessertes Verständnis des Mehrwerts von CP-Simulationen, Parametrisierungsschemata und expliziten Sturmparametern für die AR-CHaMo-Vorhersage großer Hagelwahrscheinlichkeiten,
- eine Liste der wichtigsten Modellparameter, die für die Anwendung des stochastischen AR-CHaMo-Algorithmus benötigt werden und im Rahmen des Klimaszenarien.AT-Prozesses bei der Auswahl der aus regionalen Klimamodellen abzuleitenden Parameter soweit möglich berücksichtigt werden.

Abstract

Recent years have been characterized by unprecedented extreme weather events, both in intensity and frequency, as well as related damage. One important damaging factor in 2023 were hailstorms which caused economic losses of € 9.1 Mio. in Europe. Related supercell storms resulted in hailstone sizes of up to 19cm, not only inflicting substantial damage but also posing a threat to humans. The relevance of hail risk has also been acknowledged in EU wide regulations such as the EU taxonomy or Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD), listing hail as hazard to be investigated with respect to posing a current and/or future risk to economic activities. Further, as the implementation of PV, and in general renewable energy, is strongly increasing to meet the climate goals, hail hazard prediction also becoming more important,

However, as convective events often occur as very localized phenomena and complex physical processes, which are difficult (1) to grasp within existing observation networks and (2) to represent within numerical climate models, observations and modelling of hailstorms are prone to various difficulties and limitations.

To overcome the first aspect, an extensive database for hail observations has been set up by ESSL, where researchers and volunteers gather all data related to hailstorms. The second aspect, modelling of hailstorms, has been approached in different ways. On the one hand, climate simulations of convection permitting (CP) scale (spatial resolution <4km) have

gained increasing attention as the high spatial scale allows the explicit representation of convective processes. The downside of CP model simulations are the high computational resources needed. On the other hand, coarse model data (spatial scale ~30km) has been used for training statistical models (AR-CHaMo) and applied to coarse model output, resulting in hail probabilities at the same grid resolution as the input data.

Within the project HAILCHANGE the goal is to combine these approaches to allow for localized and improved hail probability predictions for past (validation) and future events, by (i) application of two state of the art climate models (ICON, WRF) to simulate past events on convection permitting scale; (ii) testing the impact of selected parameterization schemes within WRF on the model's skill to simulate convective events; (iii) implementing additional storm related output parameters within WRF ; (iv) using CP model output to train the AR-CHaMo models, and applying them to high-resolution numerical model output; (v) testing additional storm related output parameters of WRF to study their effects as explicit predictors for training AR-CHaMo; and (vi) applying the developed framework to representative years of future global warming levels (GWLs) to assess potential future hail probabilities for the Austrian and Alpine Region.

At the end of HAILCHANGE we plan on having:

- high resolution large hail hazard probability maps for Austria and Alpine Region for past events,

- high resolution large hail hazard probability maps for Austria and Alpine Region for specific future years under different GWLs,

- improved understanding of added value to AR-CHaMo large hail probability prediction by CP simulations, involved parameterization schemes and explicit storm parameters, and

- list of the most relevant model parameters needed for the application of the stochastic algorithm for hail prediction to be considered within Klimaszenarien.AT process when defining the parameters from the regional climate models to be downscaled.

Projektkoordinator

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Projektpartner

- European Severe Storms Laboratory - Science and Training , kurz "ESSL"