MELT.AI

MELT.AI – Measuring Glacier Ice Loss Through AI-enhanced UAV-borne GPR

Programm / Ausschreibung	Menschen in FTI, INDU Dissertationen 2024, Industrienahe Dissertationen 2024 - AI for Green	**Status**	laufend
Projektstart	01.04.2025	**Projektende**	31.03.2028
Zeitraum	2025 - 2028	**Projektlaufzeit**	36 Monate
Keywords	Monitoring, Glacier, Climate Change, Modelling, AI, Geoscience, UAV, GPR, Cryosphere		

Projektbeschreibung

Das Forschungsprojekt widmet sich der Entwicklung innovativer Monitoringansätze zur Untersuchung der Dynamiken alpiner Gletscher im Kontext des Klimawandels. Alpenregionen sind besonders stark von klimatischen Veränderungen betroffen, wobei Gletscher nicht nur zentrale Wasserspeicher, sondern auch Indikatoren für die Klimaentwicklung darstellen. Der gegenwärtige Stand der Wissenschaft zeigt jedoch erhebliche Defizite in der umfassenden Erfassung von Eismächtigkeit und subglazialen Strukturen, da traditionelle, bodengebundene Messmethoden zeitaufwendig und risikobehaftet sind. Drohnentechnologie kombiniert mit geophysikalischen Verfahren und KI-gestützten Analysen bietet hier einen vielversprechenden Ansatz zur Effizienzsteigerung und präziseren Datenerhebung.
Das Dissertationsvorhaben verfolgt das Ziel, ein KI-gestütztes Modell zu entwickeln, das die detaillierte und flächendeckende Erfassung der Eismächtigkeit und des subglazialen Reliefs ermöglicht. Hierbei kommen drohnenbasierte Georadarmessungen (GPR), Photogrammetrie sowie Webcam- und Satellitendaten zum Einsatz. KI-Methoden wie Machine Learning und Computer Vision erlauben eine strukturierte Analyse umfangreicher und heterogener Datensätze. Diese Kombination ermöglicht die detaillierte Untersuchung intraglazialer Schmelzkanäle sowie die Modellierung vergangener und zukünftiger Gletscherstände. Das Projekt adressiert zentrale Forschungsfragen zu Volumen-, Flächen- und Morphologieveränderungen von Gletschern und den Zusammenhängen zwischen oberflächlicher und subglazialer Schmelze.
Ein zentrales Innovationspotenzial des Vorhabens liegt in der erstmaligen flächendeckenden und hochauflösenden Anwendung drohnenbasierter GPR-Technologien. Bisherige Ansätze beschränkten sich auf punktuelle Messungen, während das Projekt tausende hochpräzise Messpunkte pro Gletscher erhebt und damit ein neues Qualitätsniveau im Gletschermonitoring erreicht. Ergänzend werden KI-Methoden zur Datenfusion und Mustererkennung eingesetzt, um bislang unbekannte Dynamiken und Prozesse besser zu verstehen. Die Integration dieser modernen Technologien in die Modellierung von Gletscherprozessen ermöglicht fundierte Prognosen über zukünftige Entwicklungen und liefert wertvolle Erkenntnisse für die Wissenschaft sowie praxisrelevante Informationen für politische Entscheidungsträger:innen, Infrastrukturbetreiber und die Energieerzeugung.
Das Projekt trägt zudem durch ressourcenschonende Drohneneinsätze zur ökologischen Nachhaltigkeit bei und spart im Vergleich zu konventionellen Helikoptereinsätzen signifikante Ressourcen ein. Es bietet skalierbare Lösungen für das Monitoring alpiner Regionen und unterstützt langfristige Klimaanpassungsstrategien. Die Förderung ermöglicht

umfangreiche Datenerhebungen, das Training komplexer KI-Algorithmen sowie die Präsentation der Ergebnisse auf internationalen Konferenzen. Durch seinen interdisziplinären und technologiegetriebenen Ansatz bietet das Projekt einen wesentlichen Beitrag zur Weiterentwicklung des Gletschermonitorings und der Anpassung alpiner Regionen an den Klimawandel.

Abstract

The research project focuses on developing innovative monitoring approaches to investigate the dynamics of alpine glaciers in the context of climate change. Alpine regions are particularly affected by climatic changes, with glaciers serving as essential water reservoirs and indicators of climate development. However, the current state of research shows significant deficits in the comprehensive assessment of ice thickness and subglacial structures, as traditional ground-based measurement methods are time-consuming and hazardous. Drone technology, combined with geophysical methods and AI-driven analyses, offers a promising approach to improving efficiency and precision in data collection.
The dissertation project aims to develop an AI-based model that enables detailed and comprehensive mapping of glacier ice thickness and subglacial relief. UAV-based ground-penetrating radar (GPR), photogrammetry, as well as webcam and satellite data, will be employed. AI methods such as machine learning and computer vision allow for the structured analysis of extensive and heterogeneous datasets. This combination facilitates a detailed investigation of intraglacial melt channels and the modeling of past and future glacier states. The project addresses key research questions regarding changes in the volume, area, and morphology of glaciers, as well as the relationships between surface melt and subglacial dynamics.
A key innovation of the project lies in the first-ever comprehensive and high-resolution application of drone-based GPR technology. Previous approaches were limited to point-based measurements, while this project will capture thousands of highly accurate data points per glacier, setting a new standard for glacier monitoring. Additionally, AI methods for data fusion and pattern recognition will be applied to gain new insights into previously unknown dynamics and processes. The integration of these modern technologies into glacier process modeling enables reliable forecasts of future developments and provides valuable insights for the scientific community as well as practical information for policymakers, infrastructure operators, and energy production authorities.
The project also contributes to ecological sustainability by reducing resource consumption through drone deployments compared to conventional helicopter operations. It offers scalable solutions for monitoring alpine regions and supports long-term climate adaptation strategies. The funding will enable extensive data collection, the training of complex AI algorithms, and the presentation of findings at international conferences. Through its interdisciplinary and technology-driven approach, the project provides a significant contribution to advancing glacier monitoring and facilitating the adaptation of alpine regions to climate change.

Projektpartner

- GEORESEARCH Forschungsgesellschaft mbH