FrostGuard

AI-driven frost protection in viticulture using autonomous drone technology

Programm / Ausschreibung	AI AUSTRIA Initiative, AI Austria 2023 (Vertrag), AI for Green AIM 2024	**Status**	laufend
Projektstart	01.09.2025	**Projektende**	31.08.2028
Zeitraum	2025 - 2028	**Projektlaufzeit**	36 Monate
Keywords	late frost events; drones; swarm intelligence; machine learning; hydrodynamics		

Projektbeschreibung

Frostschäden stellen ein erhebliches Risiko für die Landwirtschaft dar, insbesondere im zeitigen Frühjahr, wenn Knospen und Blüten durch plötzliche Temperaturstürze gefährdet sind. Dieses Risiko wird durch den Klimawandel noch verschärft, wie sich in Regionen wie Niederösterreich und der Steiermark im Jahr 2024 zeigte, wo Spätfrostereignisse Schäden in Höhe von 56 Millionen Euro verursachten. Die derzeitigen Methoden zur Frostbekämpfung, wie Öllampen, Windräder und Hubschrauber, sind ineffizient, kostspielig und kohlenstoffintensiv. Als Antwort darauf schlägt das Projekt FrostGuard eine emissionsfreie, effiziente und skalierbare Lösung für den Frostschutz vor, bei der bioinspirierte Drohnenschwärme zum Einsatz kommen, die durch Fortschritte in der künstlichen Intelligenz (KI) für die Luftdurchmischung optimiert wurden. FrostGuard stellt einen innovativen Ansatz vor, bei dem kleine Schwärme autonomer Drohnen eingesetzt werden, um Abwinde zu erzeugen, die warme Luft aus höheren Schichten mischen und so die Pflanzen vor Frost schützen. Jede Drohne funktioniert als intelligentes Gerät, das in Echtzeit Entscheidungen für eine effiziente Luftdurchmischung und Navigation trifft. Die Propeller der Drohnen werden mithilfe von CFD-Simulationen (Computational Fluid Dynamics) optimiert, um den Luftstrom zu verbessern, während die KI-gesteuerte Schwarmkoordination die Flugmuster von Tanzfliegen nachahmt. Diese bioinspirierte Strategie nutzt die KI, um den Schwarm in die Lage zu versetzen, autonom zu operieren und sich ohne zentrale Steuerung an Veränderungen in der Umgebung anzupassen. Außerdem werden die Drohnen mit erneuerbarer Energie betrieben und bieten so eine umweltfreundliche Alternative zu herkömmlichen Frostschutzmethoden.
Die Forschung im Rahmen des Projekts konzentriert sich auf mehrere Schlüsselkomponenten, wobei die KI das Rückgrat der Optimierung des Propellerdesigns und der Schwarmkoordination bildet. Zunächst werden CFD-Simulationen die Propellerdesigns optimieren, indem analysiert wird, wie sich verschiedene Formen und Nutzlasten auf den Abwind und die Luftströmung auswirken. In realen Tests werden diese Simulationen dann validiert, um das Design der Drohne für eine maximale Effizienz der Luftdurchmischung zu verfeinern.
KI wird auch die Entwicklung des Algorithmus zur Koordination des Drohnenschwarms vorantreiben, der den komplizierten vertikalen Bewegungen von Tanzfliegen nachempfunden ist. Jede Drohne wird dezentralisierte, intelligente Entscheidungen treffen, um die Verteilung des Luftstroms über den Weinbergen zu optimieren. Dieses selbstorganisierende Verhalten ermöglicht es dem Schwarm, sich in Echtzeit an veränderte Frostbedingungen anzupassen und so eine effiziente Frostprävention zu gewährleisten.

FrostGuard integriert diese Elemente in eine realistische Simulation unter Verwendung eines ROS2-basierten Rahmens, der die Simulationsergebnisse mit der realen Umsetzung verbindet. Durch die iterative Verfeinerung des Propellerdesigns und der Schwarmkoordination wird das Projekt eine optimale Leistung für den Frostschutz gewährleisten.
Ziel ist es, den Nachweis für den Einsatz von KI-gesteuerten Drohnenschwärmen zur Frostprävention zu erbringen, wobei Feldversuche in Weinbergen die Verringerung von Frostschäden belegen sollen. Diese Lösung soll nicht nur technisch fortschrittlich, sondern auch wirtschaftlich tragfähig sein, um eine breite Akzeptanz durch die Betreiber von Weinbergen zu fördern.

Abstract

Frost damage poses a significant risk to agriculture, particularly in early spring when buds and blossoms are vulnerable to sudden temperature drops. This risk has been exacerbated by climate change, as seen in regions like Lower Austria and Styria in 2024, where late frost events caused 56 million euros in damage. Current frost mitigation methods, such as oil lamps, wind turbines, and helicopters, are inefficient, costly, and carbon-intensive. In response, the FrostGuard project proposes a zero-emission, efficient, and scalable solution for frost protection using bio-inspired drone swarms, optimized for air mixing through advancements in artificial intelligence (AI).
FrostGuard introduces an innovative approach by deploying small swarms of autonomous drones to generate downwash, mixing warm air from higher layers to protect crops from frost. Each drone functions as an intelligent device, making real-time decisions for efficient air mixing and navigation. The drones' propellers are optimized using computational fluid dynamics (CFD) simulations to enhance airflow, while the AI-driven swarm coordination mimics the flight patterns of dance flies. This bio-inspired strategy leverages AI to enable the swarm to operate autonomously, adapting to environmental changes without centralized control. Additionally, the drones are powered by renewable energy, offering an eco-friendly alternative to traditional frost protection methods.
The project's research focuses on several key components, with AI as the backbone of both propeller design optimization and swarm coordination. First, CFD simulations will optimize propeller designs by analyzing how various shapes and payloads impact downwash and airflow. Real-world tests will then validate these simulations to refine the drone design for maximum air mixing efficiency.
AI will also drive the development of the drone swarm coordination algorithm, modeled after the intricate vertical movements of dance flies. Each drone will make decentralized, intelligent decisions to optimize airflow distribution over vineyards. This self-organizing behavior allows the swarm to adapt in real time to changing frost conditions, ensuring efficient frost prevention.
FrostGuard integrates these elements into a realistic simulation using a ROS2-based framework, bridging simulation results with real-world implementation. By iteratively refining propeller designs and swarm coordination, the project will ensure optimal performance for frost protection.
The ultimate goal is to demonstrate the proof-of-concept for AI-driven drone swarms in frost prevention, with field trials in vineyards showcasing reduced frost damage. This solution aims to be not only technically advanced but also economically viable, encouraging widespread adoption by vineyard operators.

Projektkoordinator

- Lakeside Labs GmbH

Projektpartner

- FH JOANNEUM Gesellschaft mbH
- twins gmbh
- UBIMET GmbH
- Universität Graz Institut für Biologie
- Weingut Burg Taggenbrunn GmbH