

## AMASS

Language Model coordinated versatile and Scalable fixed wing Swarm

|                                 |                                                                                                                                                 |                        |            |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b> | Mobilitätssystem, Mobilitätssystem, FTI-Lösungen für die Transformation des Luftfahrtsystems, Sustainable Aviation Fuels inkl. Wasserstoff 2023 | <b>Status</b>          | laufend    |
| <b>Projektstart</b>             | 01.03.2025                                                                                                                                      | <b>Projektende</b>     | 30.06.2026 |
| <b>Zeitraum</b>                 | 2025 - 2026                                                                                                                                     | <b>Projektlaufzeit</b> | 16 Monate  |
| <b>Keywords</b>                 | LLM, fixed wing, UAV swarm, swarm intelligence                                                                                                  |                        |            |

### Projektbeschreibung

Herausforderungen und Bedarf

In zahlreichen Branchen (Landwirtschaft, Infrastrukturinspektion, Katastrophenmanagement) wächst der Bedarf an autonomen Lösungen zum Monitoring von weitläufigen Gebieten bzw. entlang langer Strecken, der über die Visual Line of Sight hinausgeht. Künstliche Intelligenz kommt zunehmend zum Einsatz, um wichtige Funktionen wie Detect and Avoid, adaptive Conflict Resolution und autonome Sicherheitsmaßnahmen wie Navigation und Lokalisierung zu ermöglichen. Die gesetzliche Regulierung von KI-Systemen, die regelbasierte Logik mit maschinellem Lernen kombinieren, stellt Luftfahrtregulierungsbehörden vor Herausforderungen, da sie spezialisierte KI-Expertise erfordern. Hierzu implementiert z.B. die Europäische Agentur für Flugsicherheit Sicherheitsmaßnahmen und verlängert Zertifizierungsfristen, um die Einsatzbereitschaft für autonome Operationen sicherzustellen, die unvorhergesehene Umstände bewältigen können. In Bereichen, die einen hohen Grad an Autonomie erfordern, ist die Fähigkeit, schnell auf unvorhergesehene Ereignisse zu reagieren, von entscheidender Bedeutung. Ebenso das Bewältigen komplexer Szenarien für verschiedene Missionen, da UAVs durch wechselnde Umgebungen mit Anpassungsfähigkeit und Präzision navigieren müssen, um ihre Missionen zu erfüllen.

Lösung und Ansatz

AMASS untersucht KI-basierte UAV-Schwarmssysteme mit erweiterten Autonomiefähigkeiten. Die Anforderungen sind:

- Die Fähigkeit, große Gebiete über einen längeren Zeitraum ständig zu überwachen.
- Schnelle Reaktion auf unvorhergesehene Ereignisse.
- Fähigkeiten, die Komplexität solcher Situationen zu bewältigen.
- Einsetzbarkeit in verschiedenen Szenarien (Versatility).

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, werden Fixed Wing UAVs aufgrund ihrer Ausdauer, Nutzlastkapazität und Abdeckungsfähigkeiten betrachtet. Die Größe des Schwarms muss anpassbar sein, um ihn auf das überwachte Gebiet zu optimieren, was einen Schwerpunkt auf die Skalierbarkeit im Systemdesign mit sich bringt. Hierzu bedarf es eines Kompromisses zwischen zentralisierten und dezentralisierten Ansätzen. Die UAV-Autonomie ist entscheidend für schnelle Reaktionen und Skalierbarkeit, aber zentralisierte Ansätze sind für ein umfassendes Verständnis der Situation in komplexen Szenarien erforderlich. Das Ausbalancieren dieser Aspekte ist entscheidend, damit ein UAV-Schwarmssystem tatsächlich

einen Mehrwert in beschriebenen Situationen bringt.

#### Projektziele und Ergebnisse

Das zentrale Ziel von AMASS liegt in der technischen Bewertung des Potenzials und der Grenzen von LLM-kooordinierten Fixed Wing Schwarm Systemen anhand von drei Beispielanwendungsfällen: Waldbrände, Überschwemmungen und Infrastrukturüberwachung.

Hieraus leiten sich wissenschaftlichen Projektziele ab:

- Ziel 1 - Bewertung der Anwendung von LLM zur Missionsplanung von Fixed-Wing-UAV-Missionen, um vielseitige Einsatzfähigkeit zu ermöglichen – auch für komplexe Situationen.
- Ziel 2 - Robustheit der Schwarmflugführung, um schnelle Reaktionen auf unvorhergesehene Ereignisse und Skalierbarkeit zu ermöglichen.

Aus diesen Projektzielen ergeben sich zu Projektende folgende Ergebnisse:

- Projektergebnis 1: Schwarmprimitive (Aufgabenorientierte Schwarmführungsalgorithmen).
- Projektergebnis 2: Bewertete LLM-Leistung in der Missionsplanung (Anwendbarkeitsstudie von LLM-Methoden für die Missionsplanung von UAV-Schwärmen).

## Abstract

### Challenge and Needs

In numerous industries like agriculture, infrastructure inspection, and disaster management, there's a growing need for operational autonomy over vast areas or long distances, surpassing traditional line-of-sight limitations. Artificial Intelligence (AI) is pivotal for enabling crucial functions such as detect and avoid, adaptive deconfliction, and autonomous safety measures like navigation and localization. However, regulating AI systems that merge rules-based logic with machine learning poses challenges for aviation regulators, necessitating specialized AI expertise. To address this, organizations like the European Aviation Safety Agency (EASA) are implementing safety measures, extending certification timelines to ensure readiness for autonomous operations capable of handling unforeseen circumstances.

Ultimately, the integration of automation and AI will lead to an optimization of drone operations over time. In the field of operations that require a high degree of autonomy, the ability to react quickly to unforeseen events is paramount. Coping with complex scenarios is crucial for different missions, as UAVs must navigate through different environments with adaptability and precision to accomplish their missions.

### Solution and Approach

AMASS investigates into UAV swarm systems with enhanced autonomy capabilities, leveraging AI, and emphasizing the following requirements:

1. Ability to constant surveying large areas for a considerable amount of time.
2. Fast reaction to unforeseen events.
3. Capability of tackling the complexity of such situations.
4. Deployability in different types of scenarios, i.e., versatility

To meet these requirements, Fixed Wing UAVs are proposed for their endurance, payload capacity, and coverage capabilities. Furthermore, the swarm's size needs to be adjustable to match the monitored area, necessitating a focus on scalability in system design. A trade-off between centralized and decentralized approaches is required. UAV autonomy is crucial for quick responses and scalability, but centralized approaches are needed for comprehensive situation

understanding in complex scenarios. Balancing these aspects is vital for a UAV swarm system to effectively provide added value in these situations.

### Project Objectives and Results

With this motivation, the main purpose of AMASS is the technical evaluation of potential and limits of LLM-coordinated Fixed Wing Swarm systems in three example use cases: wildfire, floods and infrastructure monitoring.

To this purpose, the project has the following scientific objectives:

- Objective 1 - Evaluating the use of LLM for mission planning of fixed wing UAV missions to allow versatility and for addressing the complexity of the situation.
- Objective 2 - Enabling Robustness of swarm guidance to allow fast reaction to unforeseen events and scalability.

By setting these objectives, the project results are the following:

- Project Result 1: Swarm Primitives: task-oriented swarm guidance algorithms.
- Project Result 2: Evaluated LLM performance in Mission Planning: applicability study of LLM methods for UAV swarm mission planning.

### **Projektpartner**

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH