



AFCEA/FKIE
Zukunfts- und Technologieforum 2026

Drohnenschwärme

05. November 2026

Fraunhofer FKIE
Fraunhoferstraße 20, 53343 Wachtberg,
Geb. 3, Raum 256

Der Ukraine-Krieg zeigt eindrücklich, dass unbemannte Systeme einen entscheidenden Vorteil auf dem Gefechtsfeld erzielen. Während einzelne Drohnen bereits erfolgreich in verschiedenen Szenarien eingesetzt werden, eröffnet die Kombination einer Vielzahl von Systemen zu einem Schwarm völlig neue Möglichkeiten, etwa zur weiträumigen Aufklärung. Drohnenschwärme ermöglichen eine verteilte Aufgabenerfüllung; durch koordiniertes Verhalten bewältigen sie komplexe Missionen, die für Einzelsysteme nicht realisierbar wären. Durch Redundanz und Verfahren der Selbstheilung verfügen sie dabei über eine erhöhte Resilienz.

Im Zukunfts- und Technologieforum sollen aktuelle Fragestellungen zum Thema »Drohnenschwärme« beleuchtet werden. Dabei sollen Anwendungsfälle, industrielle Lösungsansätze und aktuelle Arbeiten aus Wissenschaft und Forschung vorgestellt und u.a. folgende Aspekte diskutiert werden:

- Welche Möglichkeiten bieten KI-gestützte Drohnenschwärme im Aufklärungs- und Wirkverbund?
- Wie erfolgt die Steuerung und Kontrolle von Drohnenschwärmen? Wie können Drohnenschwärme in bestehende Führungsinformationssysteme und Einsatzstrukturen eingebunden werden?
- Wie können Aufklärungsinformationen im Drohnenschwarm verteilt und fusioniert werden?
- Welche Verfahren ermöglichen eine robuste und dezentrale Koordination/Aufgabenzuteilung innerhalb eines Schwarms?
- Wie können Drohnenschwärme gegen Störungen und Angriffe abgesichert werden? Wie kann eine stabile Kommunikation auch in umkämpften elektromagnetischen Umgebungen gewährleistet werden?

Agenda

09:00	Begrüßung und thematische Einführung Gen Armin Fleischmann, Vorstand AFCEA; Dr. Michael Gerz, Fraunhofer FKIE
09:10	Aufklärungs- und Wirkverbünde des Heeres OTL Robert Dries, AHEntwg
09:40	MOSA – Souveränität als Voraussetzung: Vom Drohnenverbund zum resilienten, skalierbaren Schwarm OTL Jakob Penner, Bundeswehr Innovation Center
10:10	Die Evolution von Drohneneinsätzen - vom Einzel-UAS, über Formationen zu autonomen Schwarmoperationen Prof. Chris Janke, Embry-Riddle Aeronautical University; Lars Ruth, Dr. Germar Schröder, Deloitte
10:40	Kaffeepause
11:00	Vom Konzept zum Einsatz: Skalierbare Loitering-Munition-Schwärme in Multi-Domain Operations Dr. Sebastian Clauß, STARK
11:30	KITU 3 – Dezentrale Schwarm-KI für Aufklärungs- und Wirkverbünde Dr. Emilio Corcione, Daniel Kallfass, Airbus Defense and Space
12:00	KI-gestützte Föderationen für Multi-Domain GEOINT: Was geht, Stand heute? Prof. Peter Baumann, rasdaman
12:30	Mittagspause
13:30	Koordinierte Missionsführung im Schwarm: Erkenntnisse aus der Entwicklung einer Multi-UxS-Plattform Dr. Max Friedrich, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Flugführung
14:00	AUSPEX: Ein modularer Open-Source-Software-Stack für automatisierte Planung und Ausführung mit heterogenen Drohnenschwärmen Prof. Jane Jean Kiam, Universität der Bundeswehr München
14:30	Hybride Intelligenz und Schwarmführung Dr. Sven Fuchs, Fraunhofer FKIE
15:00	Kooperative Autonomie Unbemannter Systeme Florian Segor, Fraunhofer IOSB
15:30	Abschlussbesprechung
15:40	After-Event-Networking bei Kaffee und Gebäck
17:00	Ende des Tages

Abstracts

Aufklärungs- und Wirkverbünde des Heeres

OTL Robert Dries, AHEntwg

Um den NATO-Fähigkeitsanforderungen gerecht zu werden, ist der Einsatz unbemannter Systeme entscheidend. Während Systeme kurzer Reichweite oft manuell gesteuert werden, rücken mittlere und große Reichweiten zukünftig in den Fokus: Der Aufbau von Aufklärungs- und Wirkverbünden (AWV) durch das Deutsche Heer ist ab 2027 für die Ebenen Brigade bis Korps geplant. Die ersten Initialbefähigungen für z.B. die Brigade 45 (Litauen) wurden schon beauftragt. Schwerpunkt bei der Einführung der AWV wird neben neuen Tactics, Techniques, Procedures (TTP) die Fähigkeit sein, mit einer Vielzahl unterschiedlicher unbemannter Systeme (Aufklärungs- und Wirk-Assets) Missionen mit einem hohen Autonomiegrad („Meaningful Human Control“) und mit einer minimalen Anzahl an Bedienern („1:N“), unter Beachtung eines Contested Environment, durchführen zu können.

MOSA – Souveränität als Voraussetzung: Vom Drohnenverbund zum resilienten, skalierbaren Schwarm

OTL Jakob Penner, Bundeswehr Innovation Center

Nicht zuletzt die Kriege in der Ukraine, in Israel und im Iran zeigen in hoher Geschwindigkeit, dass unbemannte Systeme zu einem bestimmenden Element moderner Operationsführung geworden sind. Ihre Wirkung entsteht bislang vor allem aus kostengünstiger Masse, kurzen Innovationszyklen und der engen Verbindung von Aufklärung und Wirkung. Glasfasergeführte FPV-Drohnen wirken über größere Entfernungen unabhängig von Funkstörungen; KI und Computer Vision ermöglichen GNSS-unabhängige Navigation, Zielerkennung und automatische Endphasensteuerung; Abfangdrohnen ergänzen die bodengebundene Luftverteidigung. Datenzentriertes, softwarebasiertes C2 beschleunigt die Operationsführung mit unbemannten Systemen. Mit dem System DELTA beispielsweise führt die Ukraine Drohneneinsätze zugleich in einem gemeinsamen digitalen Lage-, Führungs- und Auswertungssystem zusammen. Das ist eine bedeutende Weiterentwicklung, der massierte Einsatz einer großen Anzahl unbemannter Systeme ist jedoch noch kein Schwarm. Auch in der Ukraine dominieren weitgehend parallel eingesetzte oder zentral koordinierte Einzelsysteme. Ein Schwarm wird dann zur militärischen Fähigkeit, wenn mehrere Systeme unter begrenzter menschlicher Aufsicht kooperieren, Informationen austauschen, Aufgaben verteilen, Ausfälle kompensieren und gemeinsam einen Auftrag ausführen. Der nächste Entwicklungsschritt ist es daher, aus einem zwar gemeinsamen System vieler Bedienern mit jeweils einer Drohne zur missionsbasierten Führung heterogener Verbünde zu kommen. Dies ist kein Mengen-, sondern ein Architektur-, Autonomie- und Souveränitätsproblem, welches gelöst werden muss.

Die zentrale technologische Herausforderung ist die Beherrschung der Systemkomplexität unter Berücksichtigung gegnerischer Anpassung. Mit jeder zusätzlichen Drohne wachsen die zu beherrschenden Faktoren, Wechselwirkungen untereinander sowie der Kommunikationsbedarf. Hohe Bandbreiten und permanente Verbindungen sind keine belastbare Planungsannahme. Zentralisierte Führung skaliert nicht und erzeugt kritische Ausfallpunkte; vollständig dezentrale Verfahren erschweren Kontrolle, Synchronisation und Nachweisführung. Erforderlich ist eine abgestufte Architektur: Der Mensch gibt Auftrag, Grenzen und Freigaben vor, während der Schwarm innerhalb dieses Handlungsraums Routen, Rollen und Teilaufgaben verteilt. Die Architektur muss mit gestörter oder unterbrochener Kommunikation, GNSS-Ausfall, Täuschung und Plattformverlust weiterwirken. Erforderlich sind lokale Sensorfusion, kooperative Navigation,

priorisierte Datenprodukte und eine kontrollierte Degradation bis hin zur zeitweisen autonomen Auftragserfüllung innerhalb vorgegebener Grenzen.

Eine weitere Herausforderung ist Heterogenität. Das ukrainische Innovationsmodell bringt in kurzer Zeit zahlreiche Plattformen, Nutzlasten, Funkgeräte, KI-Module und EW-Lösungen hervor. Diese Vielfalt beschleunigt Innovation, erhöht aber ohne gemeinsame Architekturvorgaben zugleich Integrationsaufwand und Fragmentierung. Streitkräfte benötigen deshalb keinen Schwarm aus identischen Geräten, sondern einen rekonfigurierbaren Verbund aus Aufklärungs-, Relais-, Täusch-, Logistik-, Abfang- und Wirkkomponenten verschiedener Hersteller und Generationen. Proprietäre Führungsstationen, Datenmodelle und Schnittstellen verhindern heute, dass Plattformen kurzfristig ausgetauscht, aktualisiert, Nutzlasten frei kombiniert und neue Algorithmen integriert werden können. Jede technische Verbesserung droht so, eine neue Abhängigkeit und ein weiteres Integrationsproblem zu erzeugen.

Hinzu kommen die Grenzen der Autonomie. In den aktuellen Kriegsschauplätzen sind inzwischen zahlreiche Systeme mit KI und Computer Vision im Einsatz; reale Gefechtsdaten werden in gesicherten Datenräumen für Training, Test und Validierung bereitgestellt. Daraus entsteht ein kontinuierlicher Kreislauf aus Einsatz, Datenerfassung, Modellverbesserung und erneutem Einsatz. Objekterkennung, kooperative Lagebilderzeugung, Aufgabenallokation und Bewegungsplanung müssen unter Zeitdruck, knapper Rechenleistung und begrenzter Energie robust arbeiten. Modelle treffen auf Täuschkörper, unbekannte Objekte, Wetter, Geländeüberdeckung und gegnerische Manipulation. Militärisch brauchbare Autonomie braucht deshalb Unsicherheitsbewertung, nachvollziehbare Entscheidungsgrenzen, Laufzeitüberwachung und sichere Rückfallmodi. Sie muss gegen manipulierte Daten gehärtet, reproduzierbar getestet und nach Softwareänderungen aufwandsarm erneut qualifizierbar sein.

MOSA ist die Antwort auf diese Integrations- und Abhängigkeitsprobleme, sofern es als Modular Open Systems Approach und nicht nur als Sammlung offener Schnittstellen verstanden wird. Offen bedeutet nicht ungeschützt, sondern dokumentiert, durch alle Anbieter implementierbar, versionsfest und unabhängig prüfbar. Modular bedeutet, dass Plattform, Nutzlast, Funk, Autonomiefunktionen, Missionsdienste und Führungssoftware entlang definierter Grenzen standardisiert ersetzt werden können. Souveränität bedeutet, dass die Bundeswehr den Verbund selbst integrieren, konfigurieren, prüfen, freigeben und anpassen kann. Architekturdaten, Schnittstellenspezifikationen, Datenmodelle, Testfälle, kryptografische Hoheit und ausreichende Nutzungsrechte müssen daher staatlich beherrscht werden.

Operativer Kern dieser Architektur ist daher ein bundeswehreigenes, souveränes Unmanned Management System der Bundeswehr, das UMSBw. Die ukrainische Entwicklung von DELTA Mission Control belegt den Wert eines einheitlichen, datengetriebenen Managements von Drohneinsätzen. Das UMS Bw muss darüber hinaus als systemagnostische Führungs-, Integrations- und Orchestrierungsebene ausgelegt werden. Über standardisierte Schnittstellen und Adapter bindet es unbemannte Plattformen aller Dimensionen, Sensoren, Nutzlasten sowie Führungs- und Waffeneinsatzsysteme ein. Es trennt militärische Missionslogik von produktspezifischer Steuerung: Der Bediener führt Auftrag und Wirkung, nicht einzelne Fluggeräte oder Herstelleroberflächen. So wird Führung mit Auftrag für unbemannte Systeme möglich, während Komponenten ausgetauscht werden können, ohne die Führungskette neu zu entwickeln oder neu ausbilden zu müssen. Es soll als systemagnostische Führungs-, Integrations- und Orchestrierungsebene wirken.

Das UMS Bw muss softwaredefiniert um zusätzliche Funktionsschichten erweitert werden können. Layer für Elektronische Kampfführung, Sensorfusion, Kommunikationsmanagement, Missionsplanung, Luftraumkoordination oder kooperative Autonomie werden als modulare Dienste integriert, ohne den Systemkern oder jede Plattformsoftware verändern zu müssen. Erkenntnisse über neue gegnerische Frequenzen, Störverfahren, Signaturen oder Taktiken können

dadurch kurzfristig in Softwarestände, Missionsdaten und Verhaltensmodelle überführt werden. Das UMS Bw wird damit zur Integrationsplattform, zum taktischen Betriebssystem und zum souveränen Kontrollpunkt für Daten, Identitäten, Freigaben und Softwareversionen.

Notwendig sind des Weiteren ein verbindliches Bw-Interoperabilitätsprofil Schwarm, eine kontrollierte Referenzarchitektur sowie eine ausführbare Referenzimplementierung mit Simulationsumgebung und automatisierter Konformitätsprüfung. Ein gemeinsames Missions- und Datenmodell muss festlegen, wie Auftrag, Rollen, Lageinformationen, Zustände, Freigaben und Abbruchbedingungen zwischen Führungssystem, UMS Bw, Schwarm und Einzelsystem ausgetauscht werden.

Die zentrale Lehre aus der Ukraine lautet: Technologische Überlegenheit ist kein dauerhafter Zustand, sondern die Fähigkeit, schneller zu lernen und anzupassen als der Gegner. Souveränität bedeutet daher die Beherrschung von Architektur, Schnittstellen und Datenzugriff, daraus resultiert die so dringend benötigte Adaptionsfähigkeit in kurzer Zeit. MOSA schafft dafür die Grundordnung, das UMS Bw die praktische Umsetzung und verbindliche Vorgaben. Gemeinsam ermöglichen sie, aus wechselnden Einzelsystemen eine resiliente, skalierbare und dauerhaft beherrschbare militärische Schwarmfähigkeit zu formen.

Die Evolution von Drohneneinsätzen - vom Einzel-UAS, über Formationen zu autonomen Schwarmoperationen

Prof. Chris Janke, Embry-Riddle Aeronautical University; Lars Ruth, Deloitte; Dr. Germar Schröder, Deloitte

UAVs sind ein bestimmendes Element auf dem Gefechtsfeld geworden, der Markt zeigt hohe Dynamik und Innovationsdruck. Drohnenschwärme gelten als Schlüsseltechnologie zukünftiger militärischer und ziviler Operationen. Der Vortrag beschreibt aufeinander aufbauende Reifegrade: von parallel eingesetzten Einzeldrohnen über die Steuerung vieler Drohnen durch einen Operator bis hin zu kommunizierenden, kooperativen und schließlich entscheidungsfähigen autonomen Schwärmen. Die jeweilige Marktreife wird ebenfalls verortet. Als logische Weiterentwicklung werden Multi-Domain-Teams betrachtet, in denen fliegende, landgebundene und maritime unbemannte Systeme im Verbund taktische Aufgaben erfüllen. Im Fokus stehen technologische Enabler mit exponentiell steigender Komplexität: Edge-KI, verteilte Entscheidungsfindung, resiliente, sichere und latenzarme Kommunikation. Wir stellen Beispiele dar und zeigen, wo aktuelle Herausforderungen in der Koordination von Situationsverständnis, Entscheidungen und Handlungen liegen.

Vom Konzept zum Einsatz: Skalierbare Loitering-Munition-Schwärme in Multi-Domain Operations

Dr. Sebastian Clauß, STARK

Dieser anwendungsnahe Vortrag von STARK beleuchtet die technologische Realisierung und den operativen Einsatz fortschrittlicher Drohnenschwärme. Im Fokus stehen unsere einsatzerprobten Loitering-Munition-Systeme (LMS). Wir thematisieren den flexiblen, koordinierten Einsatz von One-Way Effekten in ad-hoc Schwarm-Konfigurationen sowie die effiziente Führung mehrerer LMS durch nur einen Operateur.

Technologisch detailliert der Vortrag essenzielle Swarming-Prinzipien für den realen Einsatz. Dazu gehören Leader-Follower-Dynamiken in „Kill-Box“-Szenarien, die kollektive Intelligenz zur netzwerkinternen Zielkommunikation sowie die algorithmische und KI-gestützte Aufgabenverteilung zur Entscheidungsfindung (n Drohnen für m Ziele). Zudem wird die

Netzwerkresilienz in Randfällen analysiert, etwa bei Verlust der Datenverbindung oder dem dynamischen Beitritt zusätzlicher unbemannter Systeme.
Ein weiteres Kernelement ist die Erweiterung auf Multi-Domain Operations, demonstriert an der Schwarm-Interaktion maritimer unbemannter Systeme mit LMS.
Alle präsentierten Konzepte sind keine Zukunftsmusik, sondern bereits erfolgreich praxisbewährt – sei es im scharfen Einsatz in der Ukraine oder durch fortgeschrittene Demonstrationen und Qualifizierungen durch die Bundeswehr.

KITU 3 – Dezentrale Schwarm-KI für Aufklärungs- und Wirkverbünde

Dr. Emilio Corcione, Airbus Defense and Space; Daniel Kallfass, Airbus Defense and Space

Vorgestellt wird die Studie "KI für taktische UAS 3" (KITU 3), in der Airbus im Sinne von Software-Defined-Defense in Kooperation mit Quantum-Systems eine gehärtete Schwarm-KI entwickelt, welche auf die durchgehende Automatisierung von der Aufklärung bis zum gezielten Wirkvorschlag abzielt. Kerninnovation ist das dezentrale Führungssystem, das vollständig auf den Drohnen integriert ist (Edge AI). Dies gewährleistet auch bei Kommunikationsausfällen oder elektromagnetischer Störung die Operationsfähigkeit: Teilschwärme agieren autonom weiter, die gesammelten Daten werden bei Wiederherstellung der Verbindung zu einem einheitlichen Lagebild fusioniert. Der Operateur beschränkt sich auf die Priorisierung der Missionsziele und Validierung als Human-on-the-Loop. Die Systemarchitektur, basierend auf C2 UMS Bw, ist offen, modular und herstellerunabhängig ausgelegt, sodass kommerzielle (COTS) und militärische (MOTS) Systeme nahtlos integriert werden können. Deren dynamische Beauftragung durch die Schwarm-KI erfolgt dabei dank Deep Reinforcement Learning unter Berücksichtigung Plattform-spezifischer Eigenschaften. Validiert wird dieser Ansatz in Real-Flugübungen mit heterogenen Schwärmen anhand von vorgegebenen Vignetten der Heeresaufklärungstruppe. Die Studie liefert somit Erkenntnisse zu Grenzen und Potenzial dezentraler Schwarm-Technologien in bundeswehrspezifischen Einsatzszenarien.

KI-gestützte Föderationen für Multi-Domain GEOINT: Was geht, Stand heute?

Prof. Peter Baumann, rasdaman

Eine durchgängig vernetzte digitale Gefechtsführung ist heute von zentraler Bedeutung, insbesondere mit Einbindung massive agiler Drohnenschwärme. Der Trend "Modular Open Systems Architecture" (MOSA) zielt darauf, selektiv "best of breed" Komponenten statt monolithischen "take it or leave it" Systemen zu beschaffen. Dies gilt auch für KI, um Abhängigkeiten zu reduzieren. In unserem Vortrag beleuchten wir, was - angesichts der engen Zeitschienen - der Technologie-Stand heute insbesondere bei GEOINT und FMN ist. Dazu diskutieren wir, mit Live-Demos, Schlüssel-Fähigkeiten für C2/C4ISR:

- Multi-Domänen FMN Cloud/Edge-Integration (Satellit, Drohne, Schiff, ...);
- orts-transparente Föderation aus autonomen Zero-Trust Datenquellen;
- Zero-Coding "Big Geo Data" Analysen, mit frei wählbaren KI-Diensten;
- volle Interoperabilität durch offene Standards.

Diese Fähigkeiten sind mit rasdaman AI-Cubes in USA, Europa und Asien operativ im praxiserprobten Einsatz (TRL 9).

Koordinierte Missionsführung im Schwarm: Erkenntnisse aus der Entwicklung einer Multi-UxS-Plattform

Dr. Max Friedrich, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Flugführung

Der koordinierte Einsatz von mehreren unbemannten Boden- bzw. Luftfahrzeugen im Verbund (UxS) verspricht eine Vielzahl an Vorteilen in Großkriseneinsätzen. Um einen möglichst effizienten Einsatz von im Verbund agierenden UxS zu gewährleisten, bedarf es einer effizienten Aufgabenverteilung sowie optimierter Missions- und Pfadplanungsverfahren zur Steuerung und Koordinierung der UxS. Diese Fähigkeiten müssen, um die Resilienz des Systems zu stärken, auch unter Situationen, in denen kein GNSS zur Verfügung steht, gesichert werden. Ein wichtiger Aspekt ist zudem die Möglichkeit, bemannte Systeme im Verbund mit unbemannten Systemen zu betreiben. Beispielsweise besteht die Möglichkeit, ein ausgefallenes System durch das Absetzen eines Ersatzsystems aus einem Helikopter heraus schnell zu ersetzen und die ihm zugeteilten Aufgaben übernehmen zu können. Die genannten Fähigkeiten stellen derzeit noch eine Lücke in operativen Systemen im Krisenmanagement dar und werden im DLR Projekt Swarming erforscht und demonstriert. Der Vortrag präsentiert den Projektfortschritt sowie die gewonnenen Erkenntnisse in der Entwicklung der Swarming-Plattform.

AUSPEX: Ein modularer Open-Source-Software-Stack für automatisierte Planung und Ausführung mit heterogenen Drohnenschwärmen

Prof. Jane Jean Kiam, Universität der Bundeswehr München

Heterogene Drohnenschwärme vereinen komplementäre Fähigkeiten unterschiedlicher UAV-Plattformen und Missionsnutzlasten. Automatisierte Missionsplanung und -ausführung ermöglichen eine effektive Koordination dieser Fähigkeiten und steigern so die operative Leistungsfähigkeit auch bei begrenztem Personaleinsatz. Das AI Lab am Institut für Flugsysteme der Universität der Bundeswehr München hat AUSPEX entwickelt – einen modularen Open-Source-Software-Stack für die automatisierte Missionsplanung und -ausführung mit heterogenen Drohnenschwärmen. AUSPEX stellt die zentralen Komponenten für Closed-Loop-Missionsplanung und -ausführung bereit und ermöglicht gleichzeitig Erweiterbarkeit, Interoperabilität und Hardwareunabhängigkeit. Der Vortrag stellt die wichtigsten Missionsmodule von AUSPEX sowie bisherige Meilensteine aus Software- und Hardware-in-the-Loop-Experimenten vor, darunter reale Flugversuche zur Vermisstensuche. Darüber hinaus werden aktuelle Herausforderungen und laufende Arbeiten zur Erweiterung der Missionsfähigkeiten für zunehmend anspruchsvolle Einsatzumgebungen vorgestellt.

Hybride Intelligenz und Schwarmführung

Dr. Sven Fuchs, Fraunhofer FKIE

OOO bis 11.09.2026

Kooperative Autonomie Unbemannter Systeme

Florian Segor, Fraunhofer IOSB

OOO bis 26.08.2026