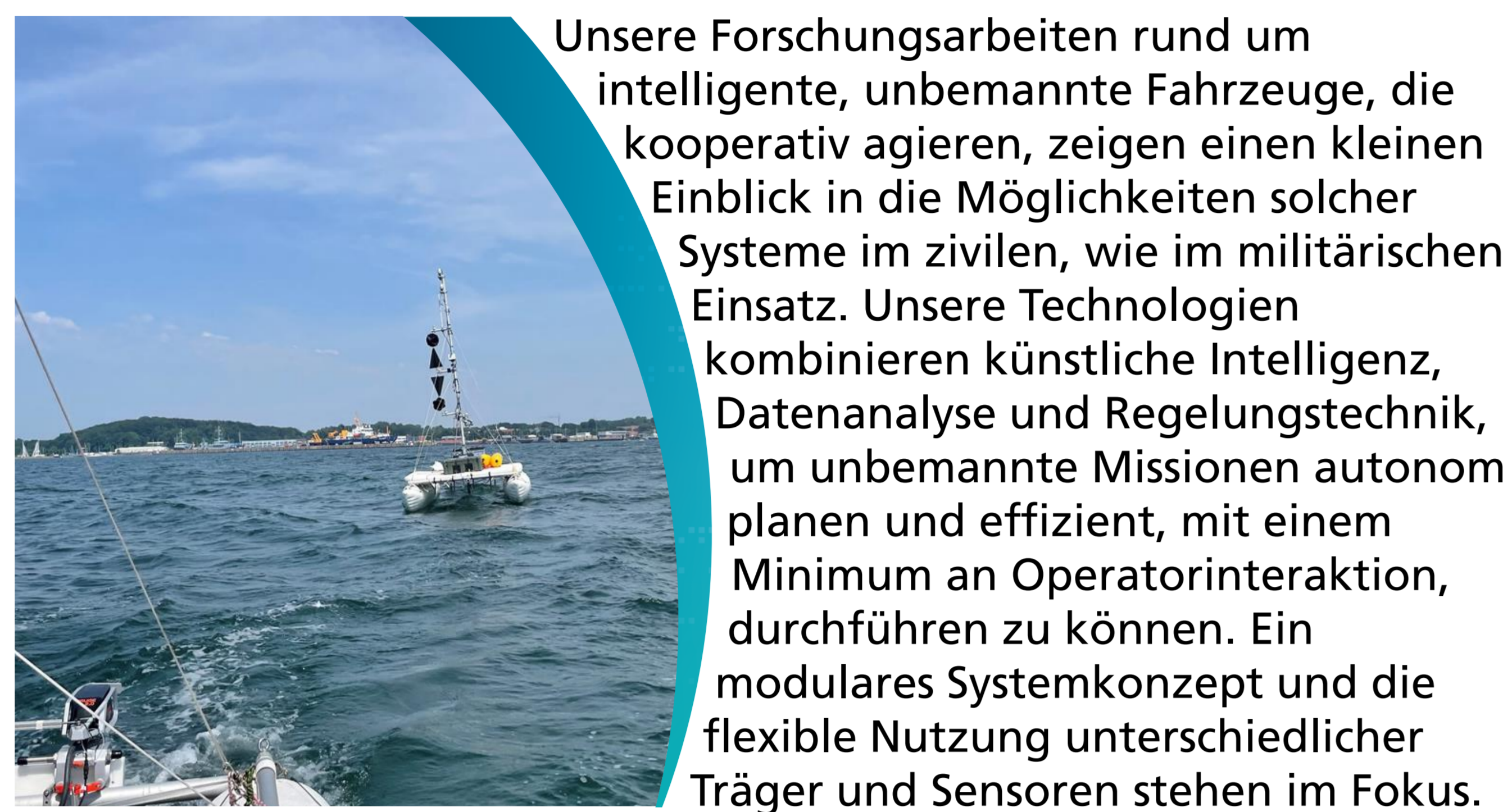
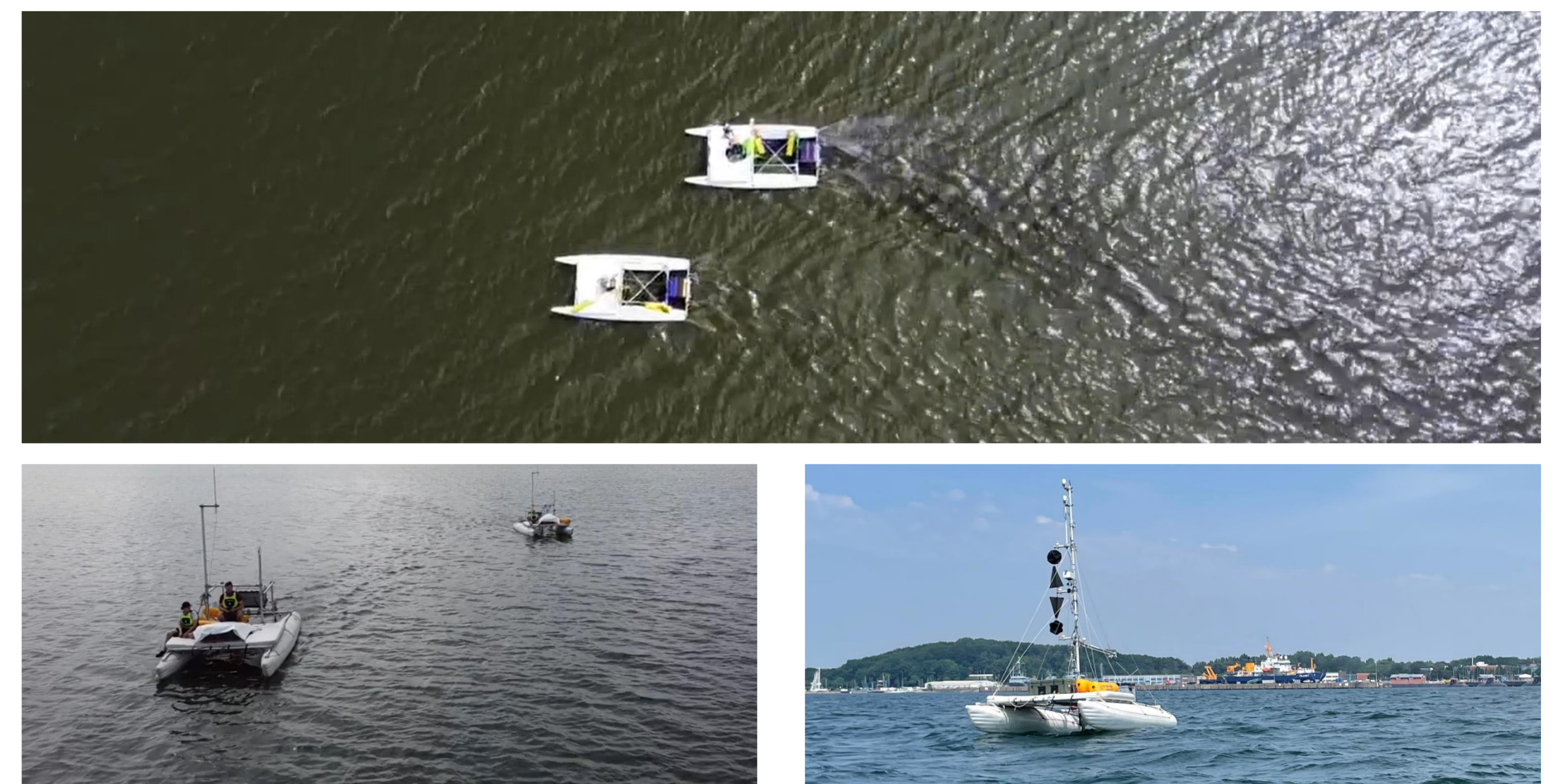


# Heterogene Gruppen unbemannter intelligenter Wasserfahrzeuge

F. Segor, F. Reinert, W. Müller



Unsere Forschungsarbeiten rund um intelligente, unbemannte Fahrzeuge, die kooperativ agieren, zeigen einen kleinen Einblick in die Möglichkeiten solcher Systeme im zivilen, wie im militärischen Einsatz. Unsere Technologien kombinieren künstliche Intelligenz, Datenanalyse und Regelungstechnik, um unbemannte Missionen autonom planen und effizient, mit einem Minimum an Operatorinteraktion, durchführen zu können. Ein modulares Systemkonzept und die flexible Nutzung unterschiedlicher Träger und Sensoren stehen im Fokus.

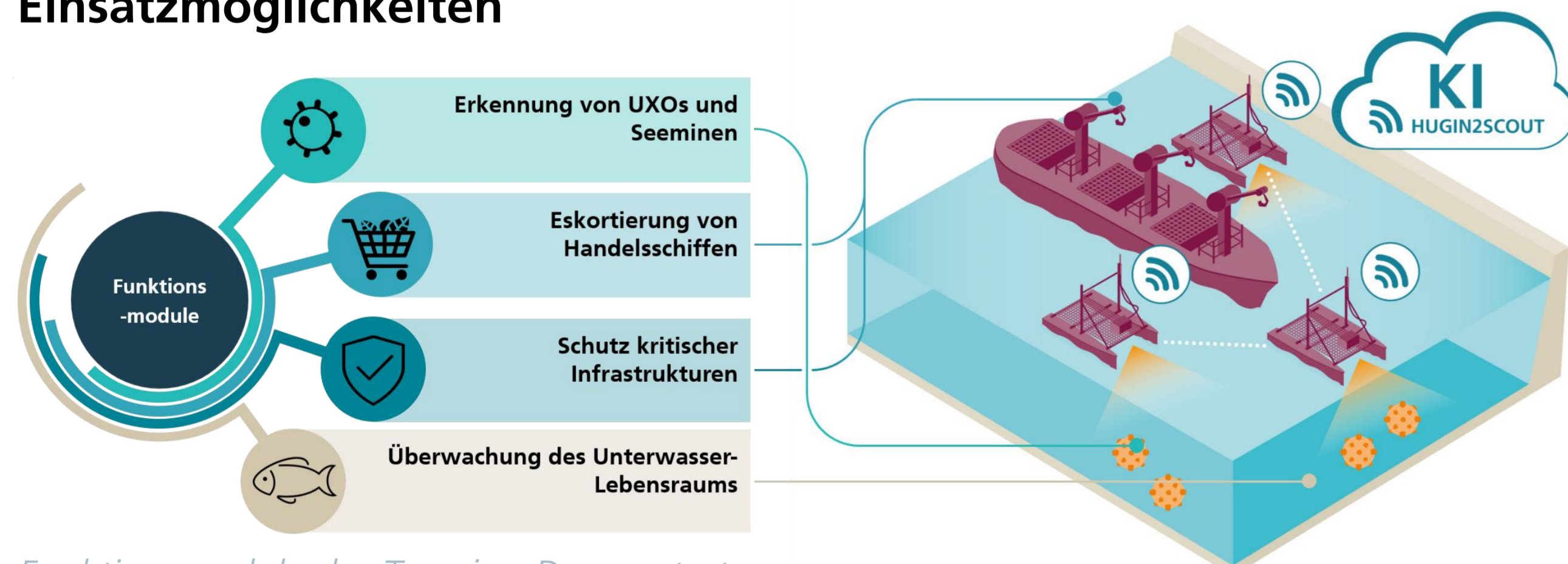


## Konzept und Einsatzmöglichkeiten

Unser MBO<sup>1</sup> Ansatz kombiniert die Steigerung der Autonomie einzelner kooperativer Sensorträger mit der Verlagerung der Aufgaben des Operators von der Plattformkontrolle hin zur Produkterzeugung und Überwachung des Schwarms / der Produktqualität. Organisationsfähigkeit und Entscheidungsfreiheit der im Verbund operierenden Fahrzeuge basiert auf den Fähigkeiten, Situationen eigenständig zu analysieren und selbstständig Entscheidungen zu treffen. Der Operator wird durch die Kontrolle der Ergebnisse zum überwachenden Element. Der flexible Einsatz von Funktionsmodulen erlaubt die dynamische Anpassung an spezifische Missionsvorgaben und eine sukzessive Erweiterung bei neuen Anforderungen.



## Einsatzmöglichkeiten

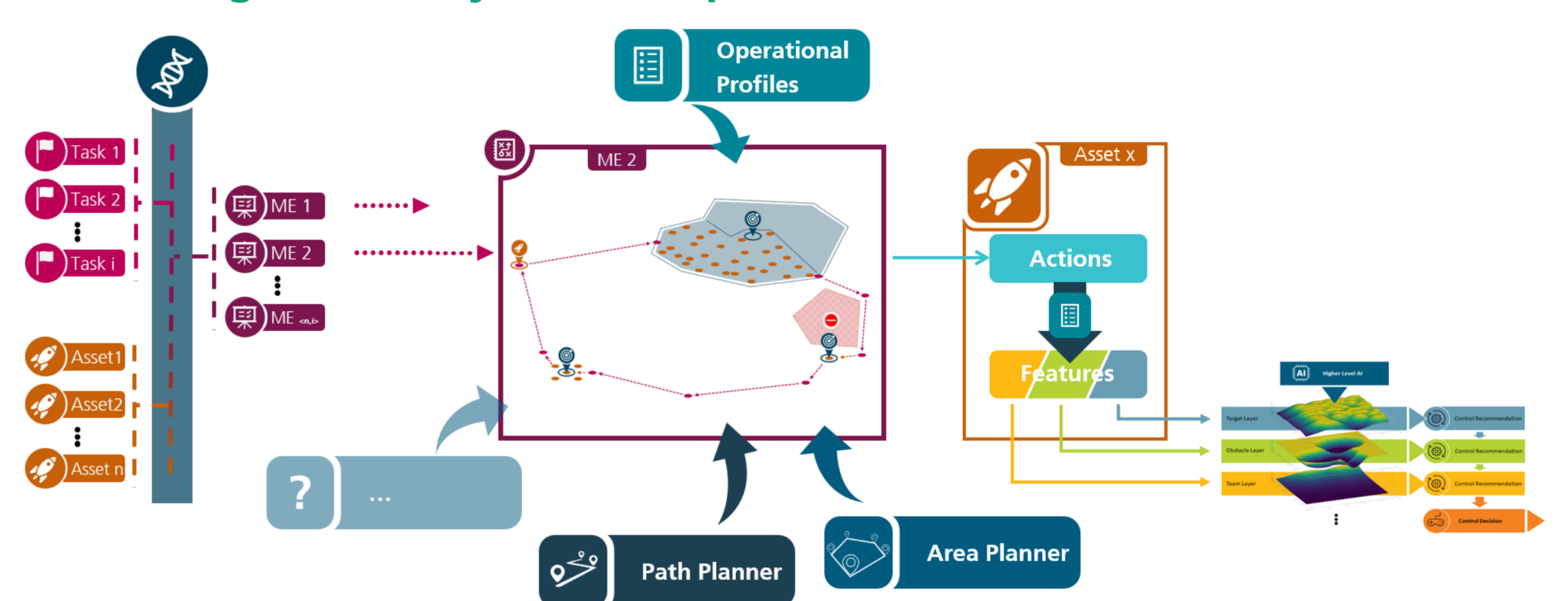


Funktionsmodule des Teaming-Demonstrators

Die Technologie ist unabhängig von spezifischen Szenarien entwickelt und erlaubt eine Anpassung und Erweiterung für ein breites Spektrum an Anwendungen, bei denen der unbemannte, kooperative Sensorträgereinsatz einen Mehrwert bietet. Erprobte (reale und simulierte) Einsatzszenarien sind:

- Aufklärung
- Patrouille
- Sicherung für HVA oder Konvois
- Inspektion
- Schutz kritischer Infrastrukturen (z.B. Windparks etc.)
- MCM und UXO Suche
- Umweltschutz

## Technologien und Systemkomponenten<sup>2</sup>



Funktionskette der Planungs-KI

### Planende KI

- Situationsbezogene, näherungsoptimierte Ressourcen-Zuordnung
- Flexible Planung von Teilaufgaben unter Verwendung spezifischer Anforderungsprofile (Operational Profiles)
- Nutzung von Services zur Pfadplanung, Aktionsplanung, Verhaltensplanung
- Übersetzung der Planungs- und Realdaten in abstrahierte, geolokalisierte Feature Maps (virtuelles Weltmodell) für Plattform- und Sensoroperationen
- Systemanalyse und Neuplanung bei Erkennen von Abweichungen oder Situationsänderungen
- Sensordatenfusion und Auswertung zur Produkterzeugung und Missionssteuerung

### Reaktive KI

- Reaktive Steuerung der Plattform auf Basis lokaler Feature Maps
- Echtzeit-Manipulation der Feature Maps zur dynamischen Aktionsanpassung
- Plattformagnostische, lokale Entscheidungsfindung

### Sensorik und Auswertung

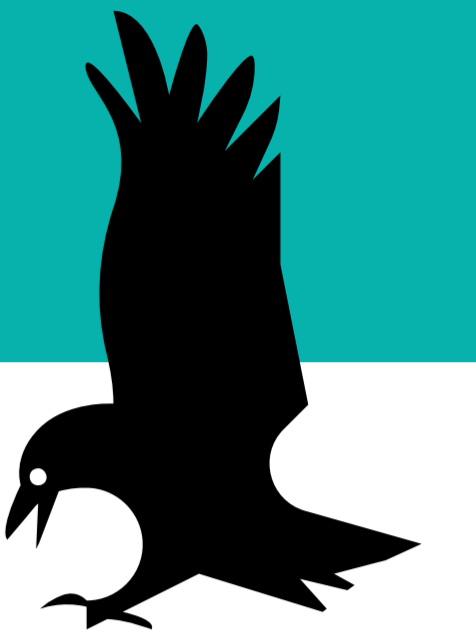
- Intelligente Steuerung der integrierten Sensorsysteme (insbesondere optische Sensoren)
- Automatische Auswertung und Sensordatenfusion (z.B. Erkennung und Klassifizierung von Verkehrsschiffen, Korrelation von klassifizierten Verkehrsschiffen und AIS-Daten, ...)

<sup>1</sup> Segor, F., Tchouchenkov, I., Buller, A., Kollmann, M., and Müller, W., "Controlling swarm complexity: a management by objective approach," in [Open Architecture/Open Business Model Net-Centric Systems and Defense Transformation 2019], 11015, 211–220, SPIE (2019)um

<sup>2</sup> Segor, F., Müller, J., Buller, A., Müller, W., & Tchouchenkov, I. (2025, May). Flexible mission planning and dynamic reactive autonomy for heterogeneous unmanned vehicles operating in teams. In Unmanned Systems Technology XXVII (Vol. 13477, pp. 68-80). SPIE. (2025)

# Heterogene Gruppen unbemannter intelligenter Wasserfahrzeuge

F. Segor, F. Reinert, W. Müller



## HUGIN

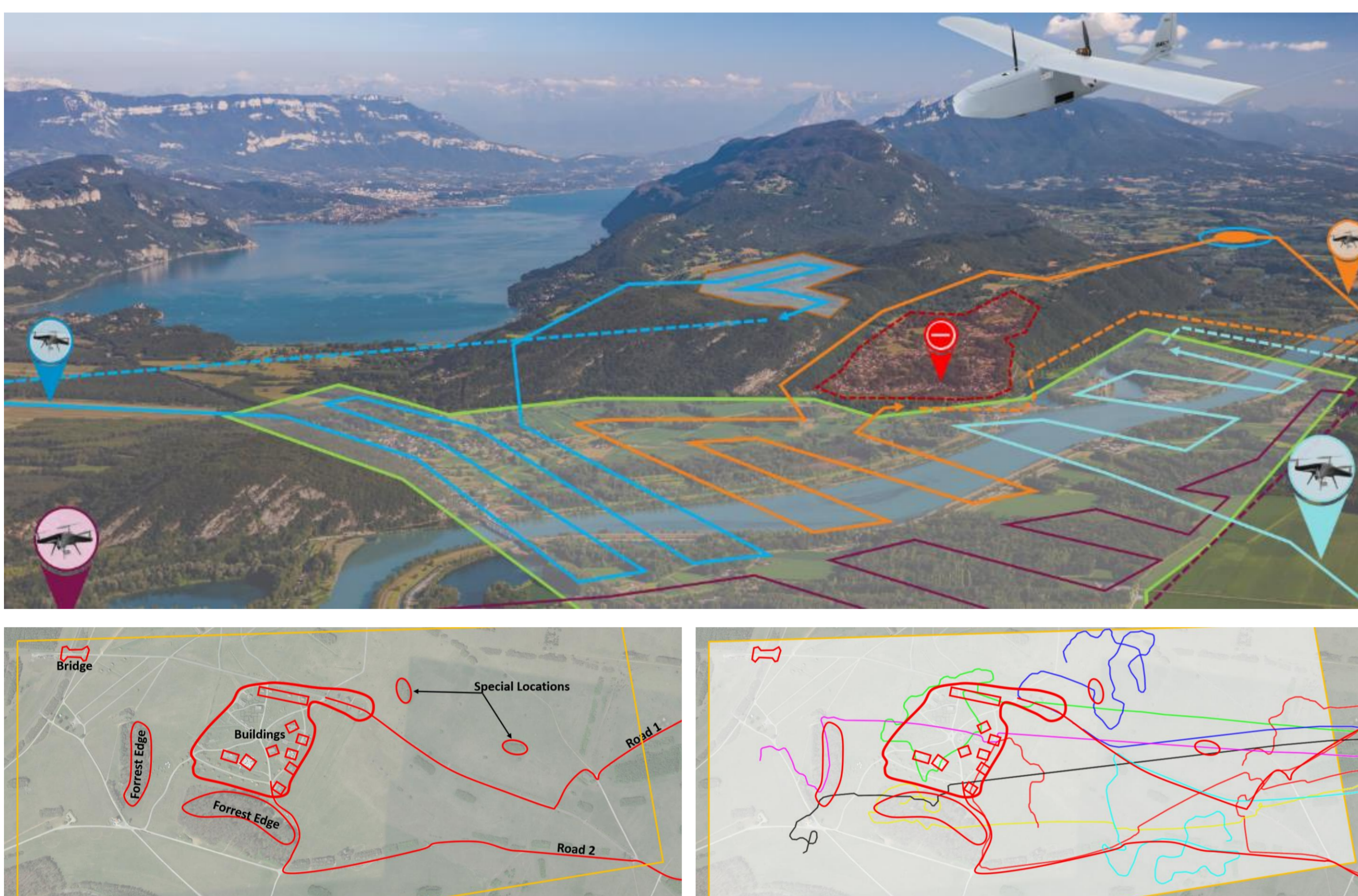
### Systemfähigkeiten

Kernfähigkeiten unserer heterogenen, kollaborativen Plattformen auf Multiagenten-Basis:

#### Autonomie in Planung und Aktion

- Autonome Plan- und Taskgenerierung (Missionsplanung)
- In-Mission Adaption der Missionsplanung
- In-Mission Kompensation von Systemausfällen
- Optimierung des Ressourceneinsatzes

#### Anpassbare Verhaltensweisen im Operationsgebiet<sup>1,2</sup>



Beispiele für missionsspezifisches Verhalten, basierend auf genutzten Services (oben: Planungsergebnis deterministischer Pfadplanung, unten: nicht-deterministisches Bewegungsverhalten)

#### Adaption des Systemverbundes an neue Anforderungen

- „Plug'n Play“ / Kombination von bestehenden Funktionsmodulen
- Erweiterungsfähigkeit durch Entwicklung weiterer Module
- Nahtlose Integration von heterogenen Plattformen und Sensoren

#### MDO Ready

- Generische Verfahren, ausgestaltet unter Berücksichtigung der ganzheitlichen Fragestellung des Einsatzes unbemannter Fahrzeuge im kooperierenden Team
- Berücksichtigung der Interaktion mit Operateuren bzw. bemannten Systemen
- Anwendung zu Lande, zu Wasser und in der Luft möglich

#### Deployment

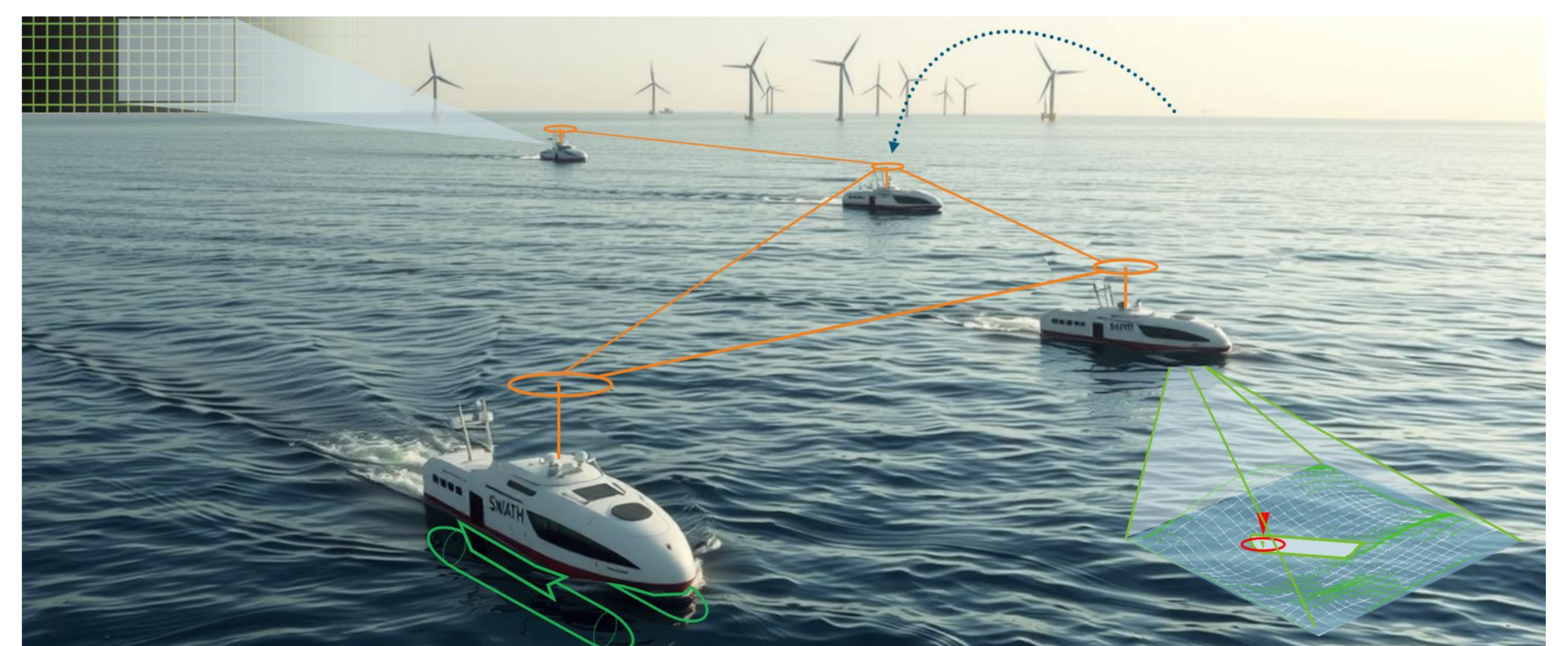
- Plattformagnostischer Technologieträger -> nutzbar auf praktisch jeder „Control by Wire“ – fähigen Plattform
- Integrierbar als Black Box mit eigenständiger Hardware und Standardschnittstellen
- Hardware skalierbar in Abhängigkeit von Trägergröße und Nutzlast

### Erprobung und Weiterentwicklung

Entwickelt als Labordemonstrator für die kooperative Steuerung von unbemannten Luftfahrzeugen, wurde die Technologie erstmalig im Projekte OCEAN 2020 vor der schwedischen Küste im Realeinsatz erprobt. Hierbei wurden drei baugleiche, unbemannte Wasserfahrzeuge von einem Mutterschiff ausgesetzt und hatten dann die Aufgabe, autonom ein HVA zu schützen, indem potenzielle Gefährdungen von den Fahrzeugen erkannt und dem Operator gemeldet wurden.

Im Projekt HUGIN<sup>3</sup> (Heterogene Unbemannte Gruppe Intelligenter Wasserfahrzeuge) wurde diese Technologie in enger Kooperation mit dem Fraunhofer CML in Hamburg weiterentwickelt und mit heterogenen Überwasserfahrzeugen erprobt. Hierbei wurde der Fokus auf den Schutz kritischer, maritimer Infrastrukturen wie Häfen, LNG-Terminals, Pipelines und Kommunikationsinfrastruktur gelegt.

Basierend auf der erfolgreichen Erprobung der Technologie wurden im Projekt HUGIN2SCOUT neue Funktionsmodule für die UXO-Suche (Unexploded Ordnance), sowie die Detektion von Seeminen ergänzt. Ziel ist die Schaffung von Technologien zur Wiederherstellung von sicheren Seewegen und Lösungen zur Beseitigung von Munitionsresten – beispielsweise in Nord- und Ostsee. Im „Digitalen Testfeld Schlei“ wurden die Funktionsmodule, eingebettet in den Systemdemonstrator mit heterogenen Fahrzeugen, in Realerprobung evaluiert.



Konzept für den kooperativen Schutz von Off-Shore Anlagen mit unbemannten Fahrzeugen

#### Weitere Konzepte und neue Einsatzszenarien

- Kooperativer Schutz von Off-Shore Anlagen mit dem Fokus auf unterschiedliche Rollen und Aufgaben bei den USVs.
- Koordinierter Einsatz von UAVs zur Kommunikationsunterstützung
- 24/7 Einsatzfähigkeit
- Erweiterte Einsatzbedingungen

#### Kontakt

Florian Segor  
Intelligente Systemverbünde  
Tel. +49 172 1422536  
florian.segor@iosb.fraunhofer.de  
Fraunhofer IOSB  
Fraunhoferstr. 1  
76131 Karlsruhe  
www.fraunhofer.de

<sup>1</sup> Tchouchenkov, I., Segor, F., Buller, A., and Kollmann, M., "Area reconnaissance with heterogeneous groups of autonomous systems," in [Emerging Imaging and Sensing Technologies for Security and Defence VIII], 12740, 11–21, SPIE (2023)

<sup>2</sup> Santamaria, E., Segor, F., and Tchouchenkov, I., "Rapid aerial mapping with multiple heterogeneous unmanned vehicles," in [ISCRAM], Citeseer (2013)

<sup>3</sup> Müller, W., Segor, F., Müller, J., Delea, C., Buller, A., M'uhlenberg, D., Zantopp, N., and Oeffner, J., "Project HUGIN: heterogeneous unmanned group of intelligent usvs," in [Autonomous Systems for Security and Defence], 13207, 15–28, SPIE (2024)