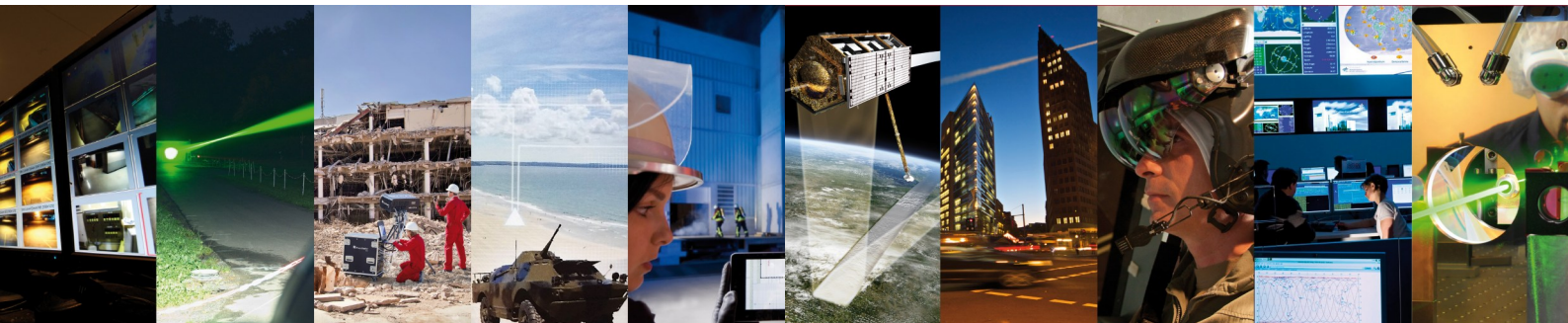


Angewandte Forschung für Verteidigung und Sicherheit in Deutschland VII

Zukunftstechnologie für die Bundeswehr



Stand: 17. Februar 2026

Maritim Hotel Bonn | 03.-05. März 2026

Über die Veranstaltung

What ever it takes! Neben der real gewordenen Notwendigkeit bereits 2029 (oder davor!) einen Angriff auf die NATO abwehren zu können, gilt es im gesamten Spektrum hybrider und konventioneller Kriegsführung verteidigungs- und siegfähig zu werden ... und dies zu bleiben. Das kurzfristig erforderliche Hochfahren der Bestände an Waffensystemen und sonstigen für unsere Sicherheit und Verteidigung erforderlichen Materials erfolgt - der großen Dringlichkeit geschuldet - in erster Linie marktverfügbar „von der Stange“.

Zugleich (also jetzt und heute!) gilt es die Innovationsfähigkeit und die hierfür relevante Forschung zu stärken und konsequent auf den künftigen Bedarf der Bundeswehr auszurichten. Nur so werden wir in der Lage sein, die Bundeswehr auch nach der Phase des starken Aufwuchses mit der dann bestmöglichen Technologie auszustatten!

Die neuen Innovationsaktivitäten des BMVg sind sichtbare Zeichen einer konsequenter Umsetzung. Die bundeswehrinterne, die grund- wie auch die projektfinanzierte Sicherheits- und Verteidigungsforschung dienen einem Ziel: Bei strategisch wichtigen Technologiethemen die erforderliche Souveränität längerfristig zu erlangen, zu erhalten und auszubauen, derer es Bedarf um in Deutschland, der EU und NATO auch zukünftig in Frieden und Freiheit leben zu können.

In diesem Sinne wollen wir die Herausforderungen der Streitkräfte in den Fokus stellen:
Womit werden Streitkräfte zukünftig konfrontiert?

Welche technologischen Trends zeichnen sich ab und welche Fähigkeiten lassen sich daraus entwickeln? Nehmen wir genau diese Fragen in den Fokus!

Die inhaltliche Gestaltung dieser Veranstaltung haben für Sie übernommen:

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Beyerer (Fraunhofer VVS)
Dr. Olaf Heintze (DLR)
Dirk Krogmann (BDSV Ausschuss F&T und Innovation)
MinR Maik Kammermann (BMVg) und
Oberst a.D. Andreas Hornik (SGW)



Inhaltsverzeichnis

Über die Veranstaltung	Seite 2
Das Hauptprogramm	Seite 5
Chronologische (und verlinkte) Übersicht über die 40 Fach-Sessions	Seite 9
Zu den 2x 30 parallelen Poster-Sessions	Seite 42
Hallenplan / Standbelegung 2026	Seite 51
Teilnahmebedingungen und Anmeldelink für Besucher	Seite 52
Teilnahmebedingungen und Anmeldelink für Aussteller	Seite 53

Das Hauptprogramm



Es erwarten Sie 30 Fachsessions mit insgesamt 180 Vorträgen und je einer Podiumsdiskussion, 2 x 30 parallele Poster-Sessions und ein spannendes Hauptprogramm mit Keynotes und themenübergreifenden Impulsen. Das Programm haben wir Ihnen aus über 350 Vortragsvorschlägen gestaltet. Das Hauptprogramm wird vom Saal Beethoven (360 Plätze) live in die Säle Schumann (200), Reger (150) und in den Saal 3 (200) gestreamt. Bei der 2024er Ausgabe der Konferenz konnten wir 690 Gäste und 25 Aussteller begrüßen. Für 2026 können wir maximal 1.000 Teilnehmern und 40 Ausstellern Platz bieten. Wir bitten um Verständnis, dass wir nur den ersten 360 angemeldeten Teilnehmern einen Platz im Saal Beethoven (Live-Plenum) zur Verfügung stellen können.



Das Programm am 03. März 2026 (I)

- 08:00 **Check-In Counter öffnen**
Begrüßungskaffee, Eröffnung der Ausstellung
- 09:00 **Begrüßung zur Tagung**
Oberst a.D. Andreas Hornik, Geschäftsführer SGW
- 09:10 **Keynote BMVg**
Maik Kammermann, Ministerialrat, BMVg IC II 3
- 09:30 **Keynote BDSV**
Dirk Krogmann, Ausschuss F&T und Innovation BDSV
- 09:50 **Keynote DLR**
Dr. Olaf Heintze, Leiter Programmdirektion Sicherheit und Verteidigung
- 10:10 **Keynote Fraunhofer**
Prof. Dr. Daniel O'Hagan, Fraunhofer FHR
- 10:30 Podiumsdiskussion mit den Keynote-Speakern
- 11:00 Kaffeepause | Besuch der Ausstellung



Das Programm am 03. März 2026 (II)

11:40 Vorstellung der Poster Sessions A1-A30 im Plenum (Elevator-Pitches)

12:20 Mittagspause | Besuch der Ausstellung

14:00 **30 Parallele Poster-Sessions A1-A30**
Bitte suchen Sie sich Ihre Top-4-Poster aus, die Sie besuchen möchten.

15:20 Kaffeepause | Besuch der Ausstellung | Find-Your-Poster

16:00 **Parallele Sessions A1 - E1**

18:00 Beer Call, Besuch der Ausstellung

18:30 Walking Dinner Buffet

22:30 Akkus aufladen für den zweiten Tag

Das Programm am 04. März 2026

- 07:30 Tagungsbüro öffnet
Welcome-Coffee
- 08:00 **Wakeup Call 1: Vom Duct Tape zum Internet? Omni Use fördert eine breite Forschungslandschaft**
Marieke Petersen, Universität Passau
- 08:25 **Wakeup Call 2: Kombinatorische Optimierung mit dem Quantencomputer**
Dr. Thomas Wellens, Fraunhofer IAF
- 08:50 Vorstellung der Poster Sessions B1-B30 im Plenum (Elevator-Pitches)
- 09:30 [Kaffeepause](#) | [Besuch der Ausstellung](#) | [Find-Your-Poster](#)
- 10:15 **30 Parallele Poster-Sessions B1-B30**
Bitte suchen Sie sich Ihre Top-4-Poster aus, die Sie besuchen möchten.
- 12:00 [Mittagspause](#) | [Besuch der Ausstellung](#)
- 13:30 **Parallele Sessions A2 - E2**
- 15:30 [Kaffeepause](#) | [Besuch der Ausstellung](#)
- 16:00 **Parallele Sessions A3 - E3**
- 18:00 [Beer Call in der Ausstellung](#)
- 18:30 [Walking Dinner Buffet](#)
- 21:30 [Letzte Runde](#)



Das Programm am 05. März 2026

- 07:30 Tagungsbüro öffnet
Welcome-Coffee
- 08:00 **Parallele Sessions A4 - E4**
- 10:00 Kaffeepause | Besuch der Ausstellung | Find-Your-Poster
- 10:45 **Parallele Sessions A5 - E5**
- 12:45 Mittagspause | Besuch der Ausstellung
- 14:00 **Parallele Sessions A6 - E6**
- 16:00 End-of-Conference-Coffee im Foyer
- 16:30 Beginn der Vorfreude auf die Veranstaltung 2028

Die Blöcke / Sessions in chronologischer Reihung

Sessions am Dienstag, 03. März

A1 bis E1:	16:00 - 18:00 Uhr
Session A1:	KI als Treiber für Innovationen
Session B1:	KI als „Fähigkeitsbooster“ für Wirkungsüberlegenheit
Session C1:	Hyperschall I: Technologien (1)
Session D1:	Weltraum (I): Plattformen und Missionen
Session E1:	Innovation managen

Sessions am Mittwoch, 04. März

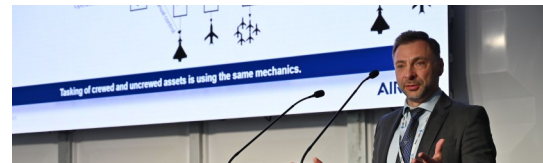
A2 bis E2:	13:30 - 15:30 Uhr
Session A2:	KI - Risikomanagement und Verlässlichkeit
Session B2:	Loitering Munition
Session C2:	Hyperschall II: Technologien (2)
Session D2:	Weltraum (II): Detektion und Kommunikation
Session E2:	Forschung für maritime Herausforderungen (I)
A3 bis E3:	16:00 - 18:00 Uhr
Session A3:	KI im OODA-Loop
Session B3:	Sensoren zur Detektion von UxV
Session C3:	Hyperschall III: Abwehr von Hyperschallflugkörpern
Session D3:	Weltraum (III): Grundsatzforschung und Raketentechnologie
Session E3:	Forschung für maritime Herausforderungen (II): Detektion unter Wasser

Sessions am Donnerstag, 05. März

A4 bis E4:	08:00 - 10:00 Uhr
Session A4:	Grundlagen Sensoren
Session B4:	Laser (I)
Session C4:	Radartechnologie (I)
Session D4:	SDD - Von Anfang an mitdenken
Session E4:	CBRN - Detektion und Prognosefähigkeit
A5 bis E5:	10:45 - 12:45 Uhr
Session A5:	KI für Sensoren
Session B5:	Laser (II)
Session C5:	Radar (II)
Session D5:	Quantentechnologie
Session E5:	Energieversorgung
A6 bis E6:	14:00 - 16:00 Uhr
Session A6:	Schnittstelle Mensch
Session B6:	Design und Systemauslegung fliegende Plattformen
Session C6:	Luftverteidigung
Session D6:	Werkstoffe
Session E6:	Vertiefung und Weiterentwicklung für Wirkmittel

Bitte klicken, um direkt zur Session zu gelangen. Zurück geht's von dort mit .

Die parallelen Sessions



Auf dieser Veranstaltung bieten wir sechs sequenzielle Sessions (A-E) in jeweils fünf parallelen Blöcken (A1-E1, [...], A6-E6) an. Jede Session bildet inhaltlich ein Oberthema ab, zu dem bis zu sechs Vorträge angeboten werden. Die Sessions werden mit einer Diskussion abgerundet, in die Teilnehmer der Session integriert werden. Die Teilnehmer entscheiden frei vor Ort, an welchen Sessions die Teilnahme gewünscht ist.

Session A1: KI als Treiber für Innovationen

- 16:00 **Einleitung durch den Session-Leiter**
Dr. Patricie Merkert, Fraunhofer IAF
- 16:10 **Verbesserung von Orbitdaten und Manöverdetektion anhand historischen Messungen mit Hilfe von maschinellem Lernen**
Maurice Uteg, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 16:25 **Anwendungspotenzial großer Sprachmodelle in der wehrtechnischen Forschung**
Dr. Robbert Rietkerk, Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI
- 16:40 **Wirtschaftliche KI für Mixed Realities (MR): Synthetische Trainingsdatensynthese, Event-basierte Drohnenerkennung und AR/MR-Workflows**
Fabian Rücker, Fraunhofer Institut für Graphische Datenverarbeitung
- 16:55 **Technologische Souveränität durch nationale Edge-AI-Kompetenz (tentative)**
Prof. Dr.-Ing. Christopher Mutschler und **Dr. George Yammine**, Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen
- 17:10 **Dialog statt Datenflut: Der intelligente Chatbot als Assistent in der Sensordatenanalyse**
Dr. Michael Teutsch, HENSOLDT
- 17:25 **Mikro Doppler Klassifikation und Simulation für Radar basierte Zielklassifikation**
Dr. Felix Bock, HENSOLDT Sensors
- 17:40 Diskussion und Aussprache
- 18:00 Beer Call / Besuch der Ausstellung

Session B1: KI als „Fähigkeitsbooster“ für Wirkungsüberlegenheit

- 16:00 **Einleitung durch den Session-Leiter**
Andreas Schreiber, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 16:10 [Von der autonomen Wirkeinheit zum vernetzten Wirksystem: Dezentrale Sicherheitslogiken für kooperative Effektoren](#)
Johannes Autenrieb, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 16:25 [Das DLR-Projekt Swarming - Coordination and Guidance of Unmanned Swarms](#)
Dr. Max Friedrich, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 16:40 [MAIMP3 - Multi-Agent Interaction Model Predictive Path Planning](#)
Dr. Christian Kallies, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 16:55 [STEALTH: Swarm Technology for Enhanced Autonomous Flight and Tactical Handling](#)
Dr. Dmitry Shutin, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 17:10 [Das zukünftige Gefechtsfeld: Weiterentwicklung von militärischen Anwendungen von FPV-Drohntechnologien](#)
Christian Janke, Embry-Riddle Aeronautical University Worldwide Campus
- 17:25 [Simulationsbasiertes Testen eines autonomen UAV/UGV Teams mittels Digital Twins](#)
Dr. Thimo Oehlschläger, IAV
- 17:40 Diskussion und Aussprache
- 18:00 Beer Call / Besuch der Ausstellung

Session C1: Hyperschall I: Technologien (1)

- 16:00 Einleitung durch den Session-Leiter
Christoph Müller, MBDA
- 16:10 Status Hyperschalltechnologien national
Jörg Müller, MBDA und **Christoph Zeumer**, Diehl Defence
- 16:25 Konzipierung eines skalierten Flugexperiments zur Technologiereifmachung im Bereich des Hyperschallflugs über große Entfernungen
Dr. Benjamin Wilkosz, MBDA
- 16:40 Die XL-Kanone des Fraunhofer EMI als europaweit einzigartige Versuchsanlage für hypersonische Projektile
Dr. Peter Müller, Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI
- 16:55 Hyperschallforschung am DLR-Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie – Ein Überblick über derzeitige Aktivitäten
Jonas Peichl, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 17:10 Flugdynamische und regelungstechnische Herausforderungen hypersonischer Gleitflugkörper: Eine Fallstudie zum GHGV-2
Johannes Autenrieb, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 17:25 Entwurf und Analyse von Gitterflügeln für einen Hyperschall-Abfangflugkörper
Christian Schnepf, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 17:40 Diskussion und Aussprache
- 18:00 Beer Call / Besuch der Ausstellung

Session D1: Weltraum (I): Plattformen und Missionen

- 16:00 Einleitung durch den Session-Leiter
Prof. Dr. Frank Schäfer, Fraunhofer EMI
- 16:10 Umsetzung der Weltraumsicherheitsstrategie? Betrachtung der cyber-physikalischen Verwundbarkeit von SDA-Systemen
Prof. Dr.-Ing. Guido Bartsch, Technische Hochschule Mittelhessen (THM)
- 16:25 REACTS - ein widerstandsfähiges Netzwerk von Responsive Space Fähigkeiten für die europäische Verteidigung
Dr. Christopher Glaser, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 16:40 ERNST im Orbit - Erste Erfolge des ersten Kleinsatelliten der Bundeswehr
Dr. Martin Schimmerohn, Fraunhofer Ernst Mach Institut
- 16:55 Satellitenmissionsbetrieb mit H3C anhand der OTTER Satellitenmission als Beitrag zur Erstellung eines maritimen Lagebildes
Sasha Tholl, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 17:10 Inspektor Mission: Autonome Annäherung und optische Satelliteninspektion im LEO
Dr. Christopher Glaser, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 17:25 VLEO Scout - Eine 16U Cubesat-Mission zum Erkunden des VLEO für agile und resiliente Erdfernerkundung
Patrick Bambach, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 17:40 Diskussion und Aussprache
- 18:00 Beer Call / Besuch der Ausstellung

Session E1: Innovation managen

- 16:00 Einleitung durch den Session-Leiter
Dr. Richard Arning, ISL
- 16:10 Sicherheit und Innovation
Dr. Hans-Joachim Kolb, DITS.center
- 16:25 Rapid Capability Deployment für Beschleunigung der Innovationszyklen für militärisch genutzte Drohnen
Simon Schopferer, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 16:40 Stabilität in unsicheren Zeiten: Qualität und Technologie als Rückgrat der Verteidigungsindustrie
Frank König, fem Forschungsinstitut
- 16:55 Von der Forschung zur Einsatzreife: Innovationsmanagement in Unternehmen als Schlüssel für schnelle und agile Technologieentwicklung
Dr. Stefanie Schrader, HENSOLDT
- 17:10 Next Generation Defence
Leonard Wessendorff, Project Q
- 17:25 Vom Projektgeschäft zum Integrationsgeschäft: Wie Software Defined Defence die Beschaffung beeinflusst
Max Ernst Hamscher, UniBw München
- 17:40 Diskussion und Aussprache
- 18:00 Beer Call / Besuch der Ausstellung

Session A2: KI - Risikomanagement und Verlässlichkeit

- 13:30 Einleitung durch den Session-Leiter
Prof. Dr. Frank Flemisch, Fraunhofer FKIE
- 13:40 [KITE: Secure AI Testing & Engineering Platform for Mission-Critical Systems and Defence Innovation](#)
Dr. Axel Koldewey, adesso SE
- 13:55 [Modellbasierte Safety-Ansätze als Enabler für beschleunigte Zulassungsprozesse und effektivere Safety-Onboarding Prozesse](#)
Dr. Tobias Braun, Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering
- 14:10 [Risikobasiertes Testen von KI-Systemen: Vom Risk Storming zum Metamorphen Testen](#)
Nils Röttger, imbus
- 14:25 [Bewertung der Qualität synthetischer Daten im Kontext von Anwendungen im militärischen Bereich](#)
Oliver Salzmann, Resaro Europe
- 14:40 [Getestet und trotzdem gefährdet - die neue Realität komplexer Systeme?](#)
[Warum nur automatisierte, KI-gestützte und intelligente Teststrategien sicherheitskritische Systeme retten.](#)
Martin Kugelmann, Sphera und **Dr. Stefan Mück**, IBM
- 14:55 [Learning from battlefield – AI based processes and concept of a Defense Intelligence Platform](#)
Dr. Peyman Merat und **Malte Stimming**, UNITY
- 15:10 Diskussion und Aussprache
- 15:30 Kaffeepause / Besuch der Ausstellung

Session B2: Loitering Munition

- 13:30 Einleitung durch den Session-Leiter
Manfred Gerweler, Wehrtechnische Dienststelle für Waffen und Munition (WTD91)
- 13:40 [Loitering Munition Systems - 5 Jahre Forschung, die befähigt](#)
Matthias Laubert, AMDC
- 13:55 [XWing – Demonstrator für Loitering Munition Technologien der nächsten Generation](#)
Philip Ziegler, AMDC
- 14:10 [Loitering Munition - Die Herausforderungen für die Architektur und die Qualifikation des Zünders](#)
Dr. Siegfried Nau, Fraunhofer Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut
- 14:25 [Vereinheitlichung einer Bodenkontrollstation für Loitering Munition](#)
Laurenz Burlage, Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie
- 14:40 [GNSS-freie Navigation und bildgestützte Zielauffassung für Loitering Munitions](#)
Dr. Michael Arens, Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB
- 14:55 [Mastering Safe & Compliant Testing - Herausforderungen und Lösungen für das Testen und Qualifizieren von LMS](#)
Jan Schüürmann, AMDC
- 15:10 Diskussion und Aussprache
- 15:30 Kaffeepause / Besuch der Ausstellung

Session C2: Hyperschall II: Technologien (2)

- 13:30 Einleitung durch den Session-Leiter
Sinikka Salchow, Diehl Defence
- 13:40 [Overview and Application of CoNF²aS² – Coupled Numerical Fluid, Flight Mechanics and Structure Simulation](#)
Dr. Viola Wartemann, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 13:55 [Erforschung von Hyperschalltests am Hochenthalpiekanal Göttingen \(HEG\)](#)
Dr. Giannino Ponchio Camillo, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 14:10 [Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Einfluss von Plasma auf Radarsignaturen im Hyperschallflug am Hochenthalpiekanal Göttingen \(HEG\)](#)
René Petervari, Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik
- 14:25 [Dynamische Kraftmessungen an einem Windkanalmodell eines Hyperschallgleitflugkörpers](#)
Dr. Thomas Gawehn, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 14:40 [Hoch-Enthalpie-Windkanaltests von Ultra-High Temperature Ceramic Matrix Composite \(UHTCMC\) Materialien für Hyperschallanwendungen](#)
Luis Baier, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 14:55 [Injektionsuntersuchungen für Staustrahlanwendungen](#)
Friedolin Strauss, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 15:10 Diskussion und Aussprache
- 15:30 Kaffeepause / Besuch der Ausstellung

Session D2: Weltraum (II): Detektion und Kommunikation

- 13:30 Einleitung durch den Session-Leiter
Christian Fuchs, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 13:40 [CubeISL-IOD - Projektstatus - optische Kommunikation zwischen Satelliten](#)
Davis-Sharif Liebmann, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 13:55 [Navigation ohne GNSS per Kommunikationssatelliten - Signals of Opportunity](#)
Dirk Schmoltzi, ISL – French-German Research Institute of Saint-Louis
- 14:10 [Schutz von Satelliten im All durch optische Sensorsysteme](#)
Dr. Simon Chelkowski, Jena-Optronik
- 14:25 [Verwendung von Lichtkurven zur Rotationsbestimmung und Bewertung der Aktivität von unbekannten Satelliten](#)
Tristan Meyer, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 14:40 [Erweiterte Weltraumlagefähigkeit für sicherheitskritische Anwendungen: APPARILLiO® mit präzisiertem Zeitstempel und erweitertem Detektionsbereich](#)
Ranga Rosok, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 14:55 [Überwachung des GEO bis VLEO mit dem DLR Johannes Kepler Observatorium - Status und Ausblick](#)
Dr. Gerd Wagner, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 15:10 Diskussion und Aussprache
- 15:30 Kaffeepause / Besuch der Ausstellung

Session E2: Forschung für maritime Herausforderungen (I)

- 13:30 Einleitung durch den Session-Leiter
LTRDir Dr. Uwe Kretschmer, WTD 71 – 600
- 13:40 Validierung autonomer und ferngesteuerter Über- und Unterwassersysteme
Daniel Paland, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 13:55 Eine AUV-basierte dauerhafte Überwachung und Verteidigung kritischer Infrastruktur
Thiago Camargo, EUROATLAS
- 14:10 AUV vs. Micro-AUV: Leistungsfähigkeit, Grenzen und Chancen kleiner unbemannter Unterwasserfahrzeuge für die Aufklärung
Fabian Dotzki, Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe, Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung
- 14:25 Seeminenjagd - Ein vollumfänglicher Ansatz land- sowie seebasiert in allen Dimensionen
Dr. Martin Arndt, Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe, Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung
- 14:40 Vergleich maschineller Lernstrategien zur Sonar-basierten Detektion, Klassifikation und Identifikation von Unterwassersignaturen
Marcus Langefeld, Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe, Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung
- 14:55 Unbemannte ASW-Barrier Operationen mit verteilten Systemen
Dr. Thorsten Ludwig, Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe, Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung
- 15:10 Diskussion und Aussprache
- 15:30 Kaffeepause / Besuch der Ausstellung

Session A3: KI im OODA-Loop

- 16:00 Einleitung durch den Session-Leiter
Dr. Almuth Müller, Fraunhofer IOSB
- 16:10 [Desideratives Tasking einer universellen Bodenkontrollstation](#)
Dr. Daniel Dreyer, Airbus Defence and Space
- 16:25 [Nutzung von GenAI in KITCH: Der souveräne taktische Assistent für den digitalen Gefechtsstand](#)
Daniel Kallfass, Airbus Defence and Space und **Thomas Doll**, Bundeswehr
- 16:40 [Human Factors im MUM-T Missionsmanagement](#)
Dr. Max Friedrich, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 16:55 [Hybride Intelligenz - Herausforderungen und Ansätze für die Kooperation von Mensch und KI](#)
Dr. Sven Fuchs, Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie
- 17:10 [Software Defined Defence: Spatial Intelligence als Grundlage autonomer Operationsfähigkeit](#)
Lukas Koestler, SE3 Labs
- 17:25 [Künstliche Intelligenz in fliegenden Waffensystemen - ein funktionaler und ethischer Analyseansatz](#)
Hauke Budig, Institut für Lufttransportsysteme, Technische Universität Hamburg
- 17:40 Diskussion und Aussprache
- 18:00 Beer Call / Besuch der Ausstellung

Session B3: Sensoren zur Detektion von UxV

- 16:00 Einleitung durch den Session-Leiter
Prof. Dr. Bernd Fischer, ISL
- 16:10 [Akustiksignaturvorhersage und Bewertung von militärischen Luftfahrzeugen](#)
Dr. Karl-Stéphane Rossignol, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 16:25 [Networked long-range acoustic drone detection - Vernetzte und weiträumige akustische Drohrendetektion](#)
Prof. Christian Janke, Embry-Riddle Aeronautical University Worldwide Campus
- 16:40 [Aktive SWIR-Sensorik zur verdeckten Drohnenaufklärung](#)
Dr. Dominik Walter, Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung
- 16:55 [C-UAS: Bewertungskonzept für KRITIS](#)
Dr. Susanne Winderl, IABG
- 17:10 [Ein bio-inspirierter, passiver Dual-Sensor-Ansatz für Counter-UAV Missionen](#)
Dr. Richard Arning, Deutsch-Französisches Forschungsinstitut Saint-Louis (ISL)
- 17:25 [Akustikbasierte Detektion und Lokalisierung von UAVs](#)
Dr. Sebastian Hengy, Deutsch-Französisches Forschungsinstitut Saint-Louis (ISL)
- 17:40 [Akustische Detektion von unmanned aerial vehicles mittels distributed acoustic fibre sensing](#)
Stefan Ast, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 17:55 Diskussion und Aussprache
- 18:00 Beer Call / Besuch der Ausstellung

Session C3: Hyperschall III: Abwehr von Hyperschallflugkörpern

- 16:00 Einleitung durch den Session-Leiter
Prof. Dr. Daniel O'Hagan, Fraunhofer FHR und **Dr. Georg Bahmeier**, AMDC
- 16:10 [Herausforderungen bei der Abwehr von Hyperschallflugkörpern](#)
Dr. Georg Bahmeier, AMDC
- 16:25 [Aspekte der ganzheitlichen Betrachtung hypersonischer Verteidigungsarchitekturen](#)
Daniel Paukner, IABG
- 16:40 [Abwehr von Hyperschallflugkörpern](#)
Prof. Dr. Daniel O'Hagan, Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik
- 16:55 [Simulation und Analyse hypersonischer Bedrohungen mit Sensorik im Weltraum und Over-The-Horizon-Radar \(OTHR\)](#)
Dr. Florian Scherer, IABG
- 17:10 [Innovative stochastische Verfahren zur Detektion und Tracking hypersonischer Flugkörper mittels Radar](#)
Prof. Dr. Wolfgang Koch, Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie
- 17:25 [Entwicklung von Interceptorsystemen für die Hyperschallabwehr](#)
Sinikka Salchow, DIEHL Defence
- 17:40 Diskussion und Aussprache
- 18:00 Beer Call / Besuch der Ausstellung

Session D3: Weltraum (III): Grundsatzforschung und Raketentechnologie

- 16:00 Einleitung durch den Session-Leiter
Dr. Uwe Schaller, Fraunhofer ICT
- 16:10 Anwendungspotentiale und Einsatzfelder für nitromethanbasierte Treibstoffe
Maxim Kurilov, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 16:25 Versuchsinfrastrukturen für Raketentriebwerke am DLR-Standort Trauen - Fähigkeiten und Perspektiven
Stefan May, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 16:40 Gesamtkonzept lagerbare, regelbare und wiederzündbare Oberstufe für den weltweiten Einsatz
Nora Riedel, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 16:55 Schubkammern aus keramischen Verbundwerkstoffen
Bernhard Heidenreich, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 17:10 Einblicke in die Festtreibstoffentwicklung am Fraunhofer ICT Pfingsttal
Sebastian Fischer, Fraunhofer Institut für Chemische Technologie
- 17:25 Innovative Raketenfesttreibstoffe
Dr. Marcel Holler, Bayern-Chemie
- 17:40 Diskussion und Aussprache
- 18:00 Beer Call / Besuch der Ausstellung

Session E3: Forschung für maritime Herausforderungen (II): Detektion unter Wasser

- 16:00 Einleitung durch den Session-Leiter
LTRDir Dr. Uwe Kretschmer, WTD 71 – 600
- 16:10 [Towards underwater ship and unmanned vehicle detection using distributed acoustic sensing](#)
Dr. Philipp Anhaus, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 16:25 nn
nn
- 16:40 [Passive Unterwasserakustik zum Schutz maritimer Infrastrukturen](#)
Dr. Tobias Ziolkowski, ELAC SONAR
- 16:55 [Vorstellung der Studie AFKUI](#)
Reimund Igel und **Frank Reich**, IBM
- 17:10 [Optimale Informationsfusion für die maritime Aufklärung](#)
Dr. Andreas Galka, Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Marine Technologie und Forschung
- 17:25 [DAS, Schlüsseltechnologie im maritimen Umfeld ohne juristische Freigabe?](#)
Dr. Ivor Nissen, Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Marine Technologie und Forschung
- 17:40 Diskussion und Aussprache
- 18:00 Beer Call / Besuch der Ausstellung

Session A4: Grundlagen Sensoren

- 08:00 Einleitung durch den Session-Leiter
Prof. Dr. Rüdiger Quay und **Dr. Martin Walther**, Fraunhofer IAF
- 08:10 [Konzept für ungekühlte Dualband-Mikrobolometer zur Visualisierung von MWIR und LWIR in sicherheitsrelevanten Szenarien](#)
Dr. Dirk Weiler, Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme
- 08:25 [Kompakte mehrkanalige Wärmebildkamera mit großem Gesichtsfeld und katadioptrischem Objektivdesign](#)
Dr. Robert Leitel, Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik
- 08:40 [Optische Wahrnehmung mit einzelnen Photonen](#)
Dr. Martin Laurenzis, Deutsch-Französisches Forschungsinstitut Saint-Louis (ISL)
- 08:55 [CTD8000 - ein deutscher Bildsensor für die Erdfernerkundung](#)
Dr. Hans-Ulrich Zühlke, Jena-Optronik
- 09:10 [Quantenmaterialien als Grundlage einer multifunktionalen Sensorarchitektur: Infrastrukturüberwachung - Infrarotdetektion - biomechanischen Erfassung](#)
Prof. Dr. Georg Düsberg, UniBw München
- 09:25 **Thema in Abstimmung**
Vortragender in Abstimmung
- 09:40 Diskussion und Aussprache
- 10:00 Kaffeepause / Besuch der Ausstellung

Session B4: Laser (I)

- 08:00 Einleitung durch den Session-Leiter
LTRDir Dieter Grönniger, WTD 91 – 500
- 08:10 Wehrtechnisches Kompetenzzentrum für Lasertechnologie in der Bundeswehr: Laserwaffen im Kontext aktueller Bedrohungen
TRDir Armin Sternberg, Wehrtechnische Dienststelle für Waffen und Munition
- 08:25 HELIKS: Eine mobile Hochenergielaser-Untersuchungsanlage mit kohärenter Strahlkopplung
Michael Henrichsen, Fraunhofer IOSB
- 08:40 Laserwaffen - Bewertung von Wirkung im Ziel und Schutz
Dr. Martin Lück, Fraunhofer-Institut für Kurzzeiddynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI
- 08:55 Messungen der Streuung von Hochleistungslaserstrahlung am Target mit dem Mobilten Streulichtdetektor aus großer Distanz - Vergleich mit anderen Messverfahren sowie Methoden zur Bewertung der Gefährdung
Dr. Maik Brigitte Neuland, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 09:10 Innovative Laserabwehrsysteme gegen Kleindrohnen: Technik, Risiken und Sicherheitsstrategien
Dr. Felix Wellmann, INLEAP Photonics
- 09:25 Laser-Effektoren - Entwicklungen und Anwendungen
Dr. Martin Klaumünzer, MBDA
- 09:40 Diskussion und Aussprache
- 10:00 Kaffeepause / Besuch der Ausstellung

Session C4: Radartechnologie (I)

- 08:00 Einleitung durch den Session-Leiter
Dr. Matthias Bleckmann, BMVg und **Sebastian Nowotny**, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 08:10 [IoSiS-NG - Zukunftsweisende abbildende Radartechnologie für die Weltraumsicherheit: Aktuelle und zukünftige Entwicklungen](#)
Dr. Simon Anger, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 08:25 [Entwicklung thermoplastischer Radartarmaterialien für die Luftfahrtanwendung](#)
Marcel Littig, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 08:40 [Herstellung und mechanische Charakterisierung von endlosfaserverstärkten Radartarmaterialien](#)
Josef Ganslmaier, UniBw München
- 08:55 [Verbesserte Klassifikation und Detektion durch adaptive Wellenformen und intelligentes Entscheidungsmanagement](#)
Marcel Warnke, Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik
- 09:10 [Trends bei Multifunktionalen HF- und Radarsystemen](#)
Stefan Brüggewirth, Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik
- 09:25 [Radarsignalverarbeitung mit KI: Methoden, Modelle und moderne Innovationen](#)
Denisa Qosja, Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik
- 09:40 [Effiziente Hochvolt-GaN-Transistoren und -MMICs für Radaranwendungen](#)
Sebastian Krause, Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik
- 10:00 Kaffeepause / Besuch der Ausstellung

Session D4: SDD - Von Anfang an mitdenken

- 08:00 Einleitung durch den Session-Leiter
Nils Brand, Fraunhofer IESE
- 08:10 [Software Defined Defence: Standardisiert. Interoperabel. Einsatzreif.](#)
Ansgar Kaltwasser, CGI
- 08:25 [Software Defined X - Lehren für SDD aus anderen Industrien](#)
Nils Brand, Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering
- 08:40 [Continuous Safety Engineering für intelligente Verteidigungssysteme](#)
Dr. Núria Mata und **Nikolai Ginthör**, Fraunhofer Institut für Kognitive Systeme
- 08:55 [Automatisierte Software-Prüfungen für Software Defined Defense](#)
Tilo Linz, imbus
- 09:10 [SDD - Sicherheit über den ganzen Lebenszyklus: Herausforderungen und Lösungsarchitekturen](#)
Ramon Mörl, itWatch
- 09:25 [Ein Cyber Operations Gym für Autonome Cybersicherheit](#)
Tobias Hürten, Thales
- 09:40 Diskussion und Aussprache
- 10:00 Kaffeepause / Besuch der Ausstellung

Session E4: CBRN - Detektion und Prognosefähigkeit

- 08:00 Einleitung durch den Session-Leiter
LTRDir Dr. Ronald Rambousky, WIS – 300
- 08:10 [Demonstrator-Probenahmesystem luftgetragener Gefahrstoffe für unbemannte Robotik-Plattformen](#)
Dr. Christoph Geiß, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 08:25 [Teleoperierte Detektion von Gefahrstoffen durch Kombination von multispektraler Anomaliedetektion und Lasersensorik](#)
Dr. Christoph Geiß, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 08:40 [Simulation von Gefahrstoffausbreitung mit digitalen Zwillingen zum Schutz kritischer Infrastrukturen](#)
Dr. Max von Danwitz, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 08:55 [Früherkennung luftgetragener Kampf- und Gefahrstoffe](#)
Dr. Arne Walter, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 09:10 [Augensicheres Polarisations-Lidarsystem zur Früherkennung von \(Bio-\)Aerosol-Hotspots](#)
Dr. Oliver Kliebisch, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 09:25 [Detektion von Explosivstoffen mittels Einzelpartikel-Massenspektrometrie](#)
Prof. Dr. Thomas Adam, UniBw München
- 09:40 [Echtzeit-Klassifikation von Gefahrstoff-Partikeln mittels Deep Learning](#)
Dr. Heinrich Ruser, UniBw München
- 10:00 Kaffeepause / Besuch der Ausstellung

Session A5: KI für Sensoren

- 10:45 Einleitung durch den Session-Leiter
Dr. Andreas Bierig, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 10:55 [KI-Unterstützung für Operationen im elektromagnetischen Spektrum](#)
Dietmar Matthes, Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik
- 11:10 [KI-unterstützte Signalverarbeitung in der COMINT](#)
Lukas Henneke, Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie
- 11:25 **Thema in Abstimmung**
Vortragender in Abstimmung
- 11:40 [Next Generation Sensing: Vernetztes Mobile Mapping mit bathymetrischem und Unterwasser-LiDAR sowie KI-gestützter Echtzeitanalyse](#)
Prof. Dr. Alexander Reiterer, Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik
- 11:55 [SAR Zielerkennung: Moderne KI Trainings-Methoden für zuverlässige und schnelle Lagebewertung](#)
Tim Remiger und **Dr. Padraig Davidson**, HENSOLDT Sensors
- 12:10 [AI Assurance in der Luftverteidigung](#)
Dr. Markus Hosbach, IABG
- 12:25 Diskussion und Aussprache
- 12:45 Mittagspause / Besuch der Ausstellung

Session B5: Laser (II)

- 10:45 Einleitung durch den Session-Leiter
Dr. Helge Bürsing, Fraunhofer IOSB
- 10:55 Wehrtechnische Forschungs- und Technologieaktivitäten des BMVg zu Laserwaffensystemen
TRDir Christoph Stein, Wehrtechnische Dienststelle für Waffen und Munition
- 11:10 Hochleistungslaser für IR Gegenmaßnahmen im SWIR und MWIR
Prof. Dr. Marc Eichhorn, Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung
- 11:25 Skalierungspotenziale neuartiger Spezialfasern für Hochenergielaser als Schlüsseltechnologie für Deutschlands Souveränität
Dr. Nicoletta Haarlamert, Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik
- 11:40 Leistungsskalierung von Quantenkaskadenlasern durch kohärente Strahlvereinigung
Dr. Stefan Hugger, Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik
- 11:55 Turbulenzkompensation für Hochenergie-Laser - Projekt LARGOS
Dr. Jürgen Zoz, MBDA
- 12:10 Kohärente Kopplung von Halbleiterlasern bei Wellenlängen von 1 μm und 1,5 μm
Jochen Speiser, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 12:25 Diskussion und Aussprache
- 12:45 Mittagspause / Besuch der Ausstellung

Session C5: Radar (II)

- 10:45 Einleitung durch den Session-Leiter
Dr. Matthias Weiß, Fraunhofer FHR
- 10:55 Zwischen Flugzeug und Satellit: Synergie von HAP- und SAR-Technologie für die kontinuierliche Überwachung
Dr. Matthias Jirousek, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 11:10 Luftgestützte Radarbildgebung mit experimentellen SAR-Sensoren des FHR
Dr. Patrick Berens, Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik
- 11:25 Aktuelle Entwicklungen zur Fähigkeitssteigerung in der radarbasierten Weltraumlageerfassung am Fraunhofer FHR
Dr. Lars Fuhrmann, Fraunhofer FHR
- 11:40 nn
nn
- 11:55 VTOL-Multisensorsystem zur Aufklärung und Überwachung großer Flächen
Dr. Martin Nägele, Optoprecision
- 12:10 Das UAV getragene GPSAR-System DRONAR für die abstandsfähige Kampfmitteldetektion - Ein Systemüberblick
Stephan Dill, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 12:25 Diskussion und Aussprache
- 12:45 Mittagspause / Besuch der Ausstellung

Session D5: Quantentechnologie

- 10:45 Einleitung durch den Session-Leiter
Dr. Michael Stoebe, Fraunhofer IAF
- 10:55 [Laserkommunikation und Quantenschlüsselverteilung auf der Erde und im Weltall](#)
Dr. Christian Fuchs, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 11:10 [Quantensensorik für die Positionsbestimmung - Atominterferometrie für Rotations- und Beschleunigungsmessungen im Kontext von Inertialmesseinheiten und der Gravimetrie](#)
Dr. Waldemar Herr, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 11:25 [Analyse agiler HF-Signale für ELINT/COMINT mit NV-Diamond-basierten Quantensensoren](#)
Dr. Michael Kunzer, Fraunhofer Institut für Angewandte Festkörperphysik
- 11:40 [Quantencomputing für die Bundeswehr: Warum jetzt handeln?](#)
Anne-Marie Tumescheit, Fsas Technologies (a Fujitsu company)
- 11:55 [Quantentechnologien als integrierender Faktor zum Brückenschlag von Forschung & Technologie zu Innovation & Transfer](#)
Prof. Dr. Wolfgang Mauerer, Technische Hochschule Regensburg
- 12:10 [Quantensensorik - Von Grundlagenforschung zur Maritimen Anwendungsperspektive](#)
Dr. Martin Rosner, Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung
- 12:25 Diskussion und Aussprache
- 12:45 Mittagspause / Besuch der Ausstellung

Session E5: Energieversorgung

- 10:45 Einleitung durch den Session-Leiter
Prof. Dr. Karsten Pinkwart, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie
- 10:55 [Wasserstoff als Bestandteil der resilienten Energieversorgung von Bundeswehreinrichtungen](#)
Dr. Carsten Cremers, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie
- 11:10 [Nukleare Energie im Einsatz](#)
Dr. Carsten Cremers, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie
- 11:25 [Schlüsselressource Energie - Resiliente Batterieversorgung als Grundlage militärischer Fähigkeiten](#)
Prof. Dr. Karsten Pinkwart, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie
- 11:40 [Dreischichtkalorimetrie zur Untersuchung von Wärmespeichermaterialien und energetischen Materialien](#)
Dr. Christian Teicht, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie
- 11:55 [Resiliente Energiesysteme für militärisch relevante Infrastrukturen](#)
Philipp Czasch, HDC Solutions
- 12:10 [Ultra-Hochleistungs-Lithium-Ionen-Batterien made in Germany: Ermöglicht höchste Leistungsfähigkeit und resiliente Lieferkette](#)
Dr. Verena Drews, V4Smart
- 12:25 Diskussion und Aussprache
- 12:45 Mittagspause / Besuch der Ausstellung

Session A6: Schnittstelle Mensch

- 14:00 Einleitung durch den Session-Leiter
Dr. Marcel Baltzer, Fraunhofer FKIE
- 14:10 [Emergenz intelligenter Evakuierungssysteme: Integration robotischer Autonomie und telemedizinischer Fernversorgung in militärischen Operationsräumen](#)
Dr. Oliver Burkhardt, Autoflug
- 14:25 [Erforschung eines textilintegrierten Sensors zur Humanbluterkennung mit drahtloser Signalübertragung für die sanitätsdienstliche Verwundetenversorgung](#)
Léon Klick, Autoflug
- 14:40 [Biomonitoring mit neuen KI Techniken: Die Leistungsfähigkeit moderner Time Series Foundation Models](#)
Jae-Eun Nam und **Dr. Silja Meyer-Nieberg**, UniBw München
- 14:55 [Angewandte Forschung für Verteidigung und Sicherheit im SHL](#)
Tobias Rusch, UniBw München
- 15:10 [Erkennen und Entlasten: Adaptive Mensch-Maschine-Interaktion für sicherheitskritische Systeme der Bundeswehr](#)
Sophie-Marie Stasch, UniBw München
- 15:25 [KI-gestützte Echtzeit-Stresserkennung in VR Umgebungen für militärische Einsatzkräfte und Ersthelfer](#)
Mjellma Citaku und **Larissa Zott**, UniBw München
- 15:40 Diskussion und Aussprache
- 16:00 End-of-Conference-Coffee im Foyer

Session B6: Design und Systemauslegung fliegende Plattformen

- 14:00 Einleitung durch den Session-Leiter
Florian Antrack, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 14:10 Konzeption und Kostenanalyse eines kostengünstigen unbemannten Hochleistungsflugzeugs
Anton Graf von Westerholt, Technische Universität Hamburg
- 14:25 Untersuchungen zur Waffenschachtaerodynamik
Dr. Andreas Goerttler, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 14:40 Formveränderliche Flügelstrukturen und KI-basierte adaptive Regelung im wehrtechnischen Kontext
Lennart Felix Kracke, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 14:55 Experimentelle Analyse und Modellierung von Treibstoff-Schwappen im Kontext von Flugdynamik und -regelung
Richard Kuchar, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 15:10 Fraunhofer-Albacooper - Entwicklung einer Drohnen-Technologieplattform für autonomes, vernetztes Fliegen
Prof. Dr.-Ing. Frank Henning, Fraunhofer Institut für Chemische Technologie
- 15:25 Entwurfssynthese eines mittleren Transporthubschraubers mit hoher Fluggeschwindigkeit
Peter Weiland, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 15:40 Diskussion und Aussprache
- 16:00 End-of-Conference-Coffee im Foyer

Session C6: Luftverteidigung

- 14:00 Einleitung durch den Session-Leiter
Andreas Bierig, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 14:10 [UCAV Tasking via Tablet in einem Fighter Cockpit](#)
Engelbert Hartmann, Airbus Defence and Space
- 14:25 [Entwicklung einer kooperativen Lenkung in der Luftverteidigung](#)
Ole Ostermann, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 14:40 [Flugkörper in vernetzter Umgebung als Beitrag zur Abwehr aktueller Bedrohungen](#)
Alexander Brugger, Diehl Defence
- 14:55 [Zielerkennung von Lenkflugkörpern mit Hilfe neuronaler Netze](#)
Dr. Christian Herzing, Diehl Defence
- 15:10 [AirLAS COBRA](#)
Andreas Niefer, Diehl Defence
- 15:25 [Wargaming für Mission Design als methodischer Ansatz zur Auslegung und Bewertung von Systemverbünden in der Luftverteidigung](#)
Eduardo Zagarra Berodt, Technische Universität Hamburg
- 15:40 Diskussion und Aussprache
- 16:00 End-of-Conference-Coffee im Foyer

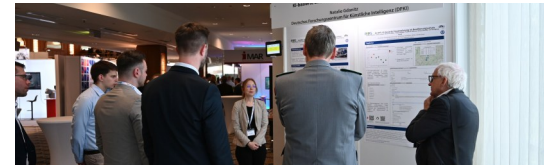
Session D6: Werkstoffe

- 14:00 Einleitung durch den Session-Leiter
Dr. Johannes Wolfrum, WIWeB – 220
- 14:10 [Extremer Leichtbau in kleinen Stückzahlen durch metallbeschichtete additiv gefertigte Kunststoffkomponenten](#)
Steffen Roos, Biconex
- 14:25 [Development Aspects of Ceramic Matrix Composites for Radome Applications](#)
Fiona Kessel, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 14:40 [CMC-Werkstoffe und -Bauteile des DLR in der Wehrtechnik](#)
Dr. Martin Friess, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
- 14:55 [Faserverbundwerkstoffe in der Verteidigungsindustrie - Von klassischen Leichtbau bis zum Hypersonic Glide Vehicle](#)
Marcel Lang, Schunk Kohlenstofftechnik
- 15:10 [Körperschallanalyse zur Fehlererkennung bei Fahrzeugkomponenten](#)
Martin Bussas, Trout
- 15:25 [Feasibility study on additively manufactured, IR-transparent Zirconia components](#)
Daniel Fröhlich, UniBw München
- 15:40 Diskussion und Aussprache
- 16:00 End-of-Conference-Coffee im Foyer

Session E6: Vertiefung und Weiterentwicklung für Wirkmittel

- 14:00 Einleitung durch den Session-Leiter
Dr. Sebastian Wurster, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie
- 14:10 Methoden für die Entwicklung pyrotechnischer Systeme
Dr. Sebastian Knapp, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie
- 14:25 Cook-Off von Treibladungspulvern: Experimentelle und simulative Untersuchung der zugrundeliegenden Wärmeübertragungsvorgänge im Labormaßstab
Dr. Christian Teicht, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie
- 14:40 Analysemethoden für schmelzfähige Treib- und Explosivstoffe am Fraunhofer ICT
Dr. Peter Schultz, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie
- 14:55 Agile Submunition
Dr. Daniel Kharlamov, Deutsch-Französisches Forschungsinstitut Saint-Louis (ISL)
- 15:10 Neues, reichweitengesteigertes Munitionskonzept basierend auf Pfeilgeschoss-Salven zur Bekämpfung von Drohnen
Dr. Robert Hruschka, Deutsch-Französisches Forschungsinstitut von Saint Louis (ISL)
- 15:25 Railguntechnologie in Europa: Eintritt in die Technologietransferphase
Dr. Markus Schneider, Deutsch-Französisches Forschungsinstitut von Saint Louis (ISL)
- 15:40 Diskussion und Aussprache
- 16:00 End-of-Conference-Coffee im Foyer

Die parallelen Poster Sessions



Auf dieser Veranstaltung bieten wir 2x 30 parallel stattfindende Poster-Sessions an: die Impulse + Diskussionen in Kleingruppen an „Poster-Ständen“ sind auf jeweils 15 Minuten begrenzt. Jeder Poster-Vortrag wird vier Mal wiederholt, sodass sich die Teilnehmer ihre „Top 4“ Poster aussuchen können. Die Poster-Vortragenden haben im Plenum die Möglichkeit, ihr Poster in einem 1-minütigem Elevator-Pitch („Werbeblock“) allen Teilnehmern vorzustellen.

Die parallelen Poster Sessions A1-A30 (Dienstag)

Auf dieser Veranstaltung bieten wir Dienstag und Mittwoch jeweils 30 parallel stattfindende Poster-Sessions an: die Impulse + Diskussionen in Kleingruppen an „Poster-Ständen“ sind auf jeweils 15 Minuten begrenzt. Jeder Poster-Vortrag wird vier Mal wiederholt, sodass sich die Teilnehmer ihre „Top 4“ Poster aussuchen können. Die Poster-Vortragenden haben im Plenum die Möglichkeit, ihr Poster in einem 1-minütigem Elevator-Pitch („Werbeblock“) allen Teilnehmern vorzustellen.

Poster A1

Vom Stadtplatz zur Kaserne: Automatisierte Härtung Kritischer Infrastrukturen als Dual-Use-Blaupause für die nationale Verteidigungsfähigkeit

Dr. Paul Eichwald, Barricadix und **Dr. Simon Olma**, IAV

Poster A2

Zwischen Innovation und Regulierung: wie navigiere ich Forschung und Exportkontrolle

Dr. Laura Louca, BLOMSTEIN

Poster A3

Biofidele Dummies für Verteidigungsanwendungen: Realistische Testplattformen für Schutz und Sicherheit

Peter Schimmelpfennig, crashtest-service.com

Poster A4

Elektromagnetische Vermessung von Radartarnmaterialien

Erik Buchenau, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Poster A5

Human Autonomy Teaming - Entwicklung einer Benutzerschnittstelle für das Missionsmanagement von unbemannten Systemen in einem Kampfflugzeugcockpit

Dr. Johannes Maria Ernst und **Birte Thomas-Friedrich**, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Poster A6

Maritime Infrastruktur im Resilienztest: Ein simulationsbasierter Ansatz zum Schutz gegen hybride Bedrohungen

Dennis Höhn, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt und **Konstantin Brandl**, TKMS Atlas Elektronik

Poster A7

Verkehrssimulation militärischer Logistik

Ronald Nippold, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Die parallelen Poster Sessions A1-A30 (Dienstag)

Poster A8

Robuste Lokalisierung von Sicherheitskräften mit in Einsatzschuhen integrierten Sensoren

Dr. Christian Gentner und Dmitry Shutin, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Poster A9

R-Mode - Maritime navigation in GNSS denied areas

Dr. Stefan Gewies und Dr. Ralf Ziebold, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Poster A10

Utilizing Combat Simulations to Design & Evaluate Collaborative Aircraft Concepts: DLR's System of Systems Approach

Felix Kuhnert, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Poster A11

LEEFI basierte Zündsysteme für Flugkörperanwendungen

Dr. Frank Sonnemann, Diehl Defence

Poster A12

Maritime Sicherheit messbar machen: Ein wissenschaftliches Konzept zur wahrheitsbasierten Betrachtung des physischen Schutzes von Offshore-Infrastrukturen

Jan Stockbrügger, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Poster A13

Sensor-Driven Constructive Maritime Simulation Framework for Critical Infrastructure Resilience

Niklas Stockfisch, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Poster A14

Das DLR Dynamic Motion Simulation Center - Human Factors und Simulatorforschung

Richard Kuchar, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Poster A15

Planung resilienter Straßennetze

Prof. Dr. Michael Ortgiese und Dr. Kerstin Stark, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Die parallelen Poster Sessions A1-A30 (Dienstag)

Poster A16

Advancements in human-body simulation in the defense industry using LS-DYNA multiphysics

Dr. Maik Schenke, DYNAmore

Poster A17

Praktische Erfahrungen aus Funkversuchen mit einem "Direct Sampling" Kurzwellenkommunikationssystem

Jürgen Escher, Elbit Systems Deutschland

Poster A18

Numerische Vorhersage der Wirkung nuklearer Explosionen am Beispiel von Gefechtsfahrzeugen

Dr. Simon Holz, Fraunhofer-Institut für Kurzzeiddynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI

Poster A19

KI-gestützte Optimierung der Keramikmodellierung für den ballistischen Schutz

Dr. Steffen Bauer, Fraunhofer-Institut für Kurzzeiddynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI

Poster A20

Methoden zur Analyse und Bewertung der Resilienz sozio-technischer Systeme; Beispielanwendungen im Bereich kritischer Infrastrukturen und Potenzial für die Verteidigung

Dr. Kai Fischer, Fraunhofer-Institut für Kurzzeiddynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI

Poster A21

Entwicklung von Reaktivpanzerungstechnologie am Fraunhofer EMI

Dr. Andreas Heine und Patrick Früh, Fraunhofer-Institut für Kurzzeiddynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI

Poster A22

Softwarebasierte Entscheidungsunterstützung im Force Protection Kontext - Interoperabilität im Fokus

Dr. Johannes Schneider, Fraunhofer-Institut für Kurzzeiddynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI

Poster A23

Anforderungsgerechte Sauberkeit von Kampftechnik und Logistik unter Feldbedingungen

Frank-Holm Rögner, Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik

Die parallelen Poster Sessions A1-A30 (Dienstag)

Poster A24

EM-Simulationen für Radar: Signaturen von Bedrohungsobjekten und Ausbreitungsprognosen

Stefan Wald und Felix Casser, Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik

Poster A25

Effiziente Digitale Sprach- und Chat-Kommunikation in DIL-Umgebungen

Norman Jansen, Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie

Poster A26

"Just-in-time" 3D-Kartierung mit Hilfe von unbemannten mobilen Systemen

Timo Röhling, Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie

Poster A27

NVC Vektormagnetometer zur magnetische Navigation in GNSS-freien Einsätzen

Dr. Michael Kunzer und Sebastian Heuft, Fraunhofer Institut für Angewandte Festkörperphysik

Poster A28

Vorhersagemodelle für die Umsetzung eines Munitionsgesundheitsmanagementsystems

Jan Langer und Martin Lietz, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie

Poster A29

Handhabungssichere Selbstlabore für das Training mit Sprengstoffspürhunden

Isabel Wilhelm, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie

Poster A30

Autonome Vegetationsräumung für die Sicherstellung von Versorgungs- und Bewegungswegen

Prof. Dr. Patrick Wolf, RPTU Kaiserslautern-Landau und Fraunhofer IESE

Die parallelen Poster Sessions B1-B30 (Mittwoch)

Auf dieser Veranstaltung bieten wir Dienstag und Mittwoch jeweils 30 parallel stattfindende Poster-Sessions an: die Impulse + Diskussionen in Kleingruppen an „Poster-Ständen“ sind auf jeweils 15 Minuten begrenzt. Jeder Poster-Vortrag wird vier Mal wiederholt, sodass sich die Teilnehmer ihre „Top 4“ Poster aussuchen können.

Die Poster-Vortragenden haben im Plenum die Möglichkeit, ihr Poster in einem 1-minütigem Elevator-Pitch („Werbeblock“) allen Teilnehmern vorzustellen.

Poster B1

Was, wenn Quantencomputer unsere Kryptographie brechen? Mit Quanten gegen Quanten

Dr. Mandy Grobosch, Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen

Poster B2

Mehrwegepeilung mithilfe von Simulation (tentative)

Dr. Christopher Mutschler, Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen

Poster B3

Logistische Assistenzsysteme zur simulationsgestützten Verfügbarkeitsprognose am Bedarfsort bei ineinandergreifenden multimodalen logistischen Prozessen

Marco Motta und Lucas Schreiber, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik

Poster B4

Innovative Medizintechnik für einen leistungsfähigen und resilienten Sanitätsdienst

Prof. Dr. Bernhard Elsner und Prof. Dr. Arndt-Peter Schulz, Fraunhofer-Einrichtung für Individualisierte Medizintechnik

Poster B5

Mobile optische Sensoren für die schnelle Dokumentation mit digitalen Zwillingen

Dr. Peter Kühmstedt, Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik

Poster B6

Decoy-Patches für den Landkampf: Wirksamkeit, Übertragbarkeit und Grenzen

Marcos López Martínez, Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung

Poster B7

Quantencomputing für Prozessierungs- und Optimierungsaufgaben in der Radarfernerkundung

Dr. Felix Bock und Dr. Timo Felser, HENSOLDT Sensors

Die parallelen Poster Sessions B1-B30 (Mittwoch)

Poster B8

Von Simulation zu Feldtests: Integrierte Resilienz erneuerbarer Energiesysteme im hybriden Bedrohungskontext

Dr. Enrique Kremers, IABG

Poster B9

HiL Experimental-Labor für unbemannte Systeme

Marc Öhlknecht, IABG

Poster B10

Analyse der integrierbaren Überlebensfähigkeit geschützter Plattformen

Sebastian Johannes Waßmuth und Dr. Albrecht Bongartz, IABG

Poster B11

Vom Designdenken zusammen mit Enterprisearchitekturen und DevSecOps zu sicherer, dynamischer Informationstechnik

Oberstleutnant Dr. Gerhard Schwarz, BMVg und Prof. Dr. Tobias Eggendorfer, TH Ingolstadt

Poster B12

KI-gestützte Videoauswertung für Objektschutz und luftgestützte Aufklärung

Norbert Heinze und Dr. Daniel Stadler, Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung

Poster B13

Logistik als strategischer Erfolgsfaktor: Technologien, Methoden und Planungsansätze für zukunftsfähige militärische und industrielle Logistikkonzepte

Sandro Claus, LOGSQL und Christoph Kaufmann, BVL

Poster B14

Simulation of missions with autonomy support

Clemens Habedank, MORAI

Poster B15

Funktests sofort – in zivilen Testhäusern: Von MIL-Standards bis zu speziellen Vermessungen zirkular polarisierter Antennen und Funk-Koexistenzbewertungen

Dr. Peter Nevermann, IB-Lenhardt AG

Die parallelen Poster Sessions B1-B30 (Mittwoch)

Poster B16

Partikelfilter-basierte Multi-Sensor Fusion für robuste Lagebilder

Nils Hanßen, Schönhofer Sales & Engineering und Dr. Martin Ulmke, Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie

Poster B17

Radio Access Drone - 3D-Mesh

Lars Heilenkötter, Triopt

Poster B18

Laborbedingungen, die den Ernstfall proben

Sandy John und Rainer Wiebelhaus, Trittech Oberflächentechnik

Poster B19

Robuste und resiliente leistungselektronische Systeme für kritische Infrastruktur und den wehrtechnischen Bereich

Martin Rasch und Prof. Dr. Klaus Hoffmann, Helmut-Schmidt-Universität der Bundeswehr Hamburg

Poster B20

Gegenmaßnahmen - Was fehlt noch?

Hauptmann Marc Menne und Kira Buchenau, Universität der Bundeswehr München

Poster B21

Resiliente Kommunikation im Military Internet-of-Things mit LoRa

Mario Silaci und Alexander Frank, Universität der Bundeswehr München

Poster B22

Kombinierte Detektion von C- und RN-Gefahren im CBRN-Einsatz

Dr. Tanja Stimpel-Lindner und Nikolas Dominik, Universität der Bundeswehr München

Die parallelen Poster Sessions B1-B30 (Mittwoch)

Poster B24

VLEO Scout - Erkunden des VLEO für agile und resiliente Erdfernerkundung

Marc Hafemeister, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Poster B25

Abschirmvermögen von Infrastruktur bei radioaktivem Fallout nach einem Kernwaffeneinsatz

LRDir Dr. Ronald Rambousky, Wehrwissenschaftliches Institut für Schutztechnologien - ABC-Schutz

Poster B26

Einfluss der Signalparameter von HPEM-Beaufschlagungen auf bewusst hervorgerufene Störwirkungen in elektronischen Systemen

TORR Dr. Sven Fisahn, Wehrwissenschaftliches Institut für Schutztechnologien - ABC-Schutz (WIS)

Poster B27

Pilze - eine Herausforderung für die Rüstung?

Dr. Thorsten Meißner, Wehrwissenschaftliche Institut für Schutztechnologien - ABC-Schutz (WIS)

Poster B28

Robuste Perception-Software für autonome Robotiksysteme

Andreas Wiedholz, XITASO

Poster B29

Humane Performanz in der Mensch-Maschine-Schnittstelle

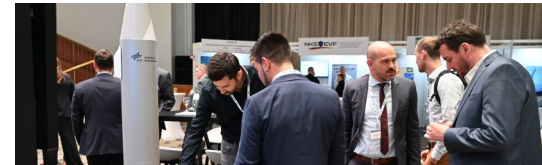
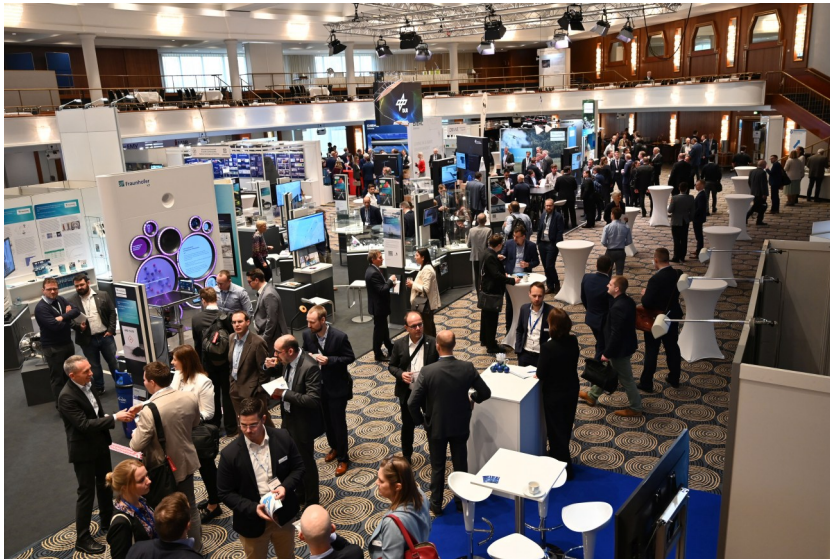
Oberarzt Dr. Axel Höpner, Zentrum für Luft- und Raumfahrtmedizin der Luftwaffe

Poster B30

Info zu Europäischen Verteidigungsfonds

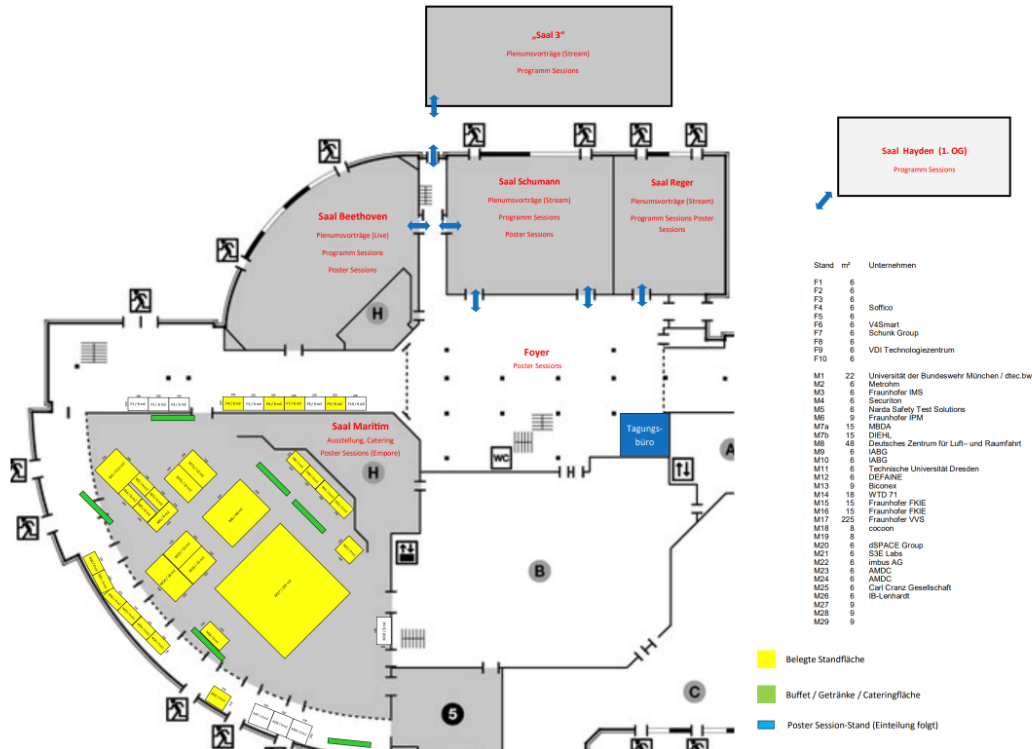
Dr. Lino Schneider-Bertenburg, VDI Technologiezentrum

Die Fachausstellung



Auf der Veranstaltung ist der Ausstellungs- und Cateringbereich der zentrale Anlaufpunkt: Unternehmen, Forschungseinrichtungen sowie Dienststellen der Bundeswehr präsentieren sich hier und bieten am Ausstellungsstand die Möglichkeit, um direkt ins Fachgespräch einzusteigen oder Sachverhalte am „lebenden Objekt“ zu demonstrieren.

Die Fachausstellung



Sie möchten Ihr Unternehmen auf der Ausstellung präsentieren? Bitte wenden Sie sich an stephan.bruess@dwt-sgw.de.

Die Fachausstellung



AMDC ist ein Münchner Ingenieurunternehmen für Sicherheits- und Verteidigungstechnologien. Wir entwickeln praxisnahe Systemlösungen in den Bereichen Flugkörper, Sensorik, Signalverarbeitung und Systemintegration für moderne Einsatzszenarien. Unser Anspruch ist klar: wissenschaftlich erarbeitete, technologisch führende Lösungen, rasch entwickelt und zuverlässig im Einsatz.

Ein Schwerpunkt liegt auf integrierten C-UAS-Systemen sowie Fähigkeitsanalysen für Land-, Luft-, Weltraum-, und vernetzte Einsatzräume. AMDC erarbeitet und begleitet Projekte von der ersten Konzeptidee über Prototypen und Tests bis zur Integration in bestehende Systeme. Dabei arbeiten wir eng mit Industriepartnern, Forschungseinrichtungen und öffentlichen Auftraggebern zusammen.

Ihr Ansprechpartner:

Sascha lange
lange@amdc.de

<https://www.amdc.de>

Die Fachausstellung

BICONEX

Die Biconex GmbH ist Spezialist für extreme Leichtbauteile in verschiedenen Anwendungsbereichen. Erreicht wird das besonders geringe Gewicht, mit dem Leichtmetalle noch einmal deutlich unterboten werden können, durch die Metallisierung von technischen Kunststoffen, vor allem Hochtemperaturpolymere wie PEI, PPS oder PEEK.

Durch die Beschichtung erhalten die Bauteile metallische Eigenschaften an der Oberfläche wie mechanische Härte, elektrische Leitfähigkeit oder chemische Beständigkeit. Hauptanwendungsgebiete sind Antennen und Gehäusekomponenten für Radaranlagen und Radarsensoren aber auch andere Hochfrequenzbauteile. Biconex besitzt langjährige Erfahrung bei der Herstellung von Bauteilen für militärische Radaranlagen.

Speziell für die Entwicklung von kleineren Bauteilen bietet das Unternehmen die additive Fertigung im DLP-Druck mit anschließender Metallisierung an. Prototypen und Kleinserien mit metallischer Oberfläche sind so kostengünstig mit kurzen Lead-Zeiten und individuellen Eigenschaften der Metalloberflächen (Nickel, Kupfer, Silber) möglich.

Das Unternehmen nutzt umweltschonende, selbst entwickelte Verfahren zur Vorbehandlung der Kunststoffe und verfügt über eine vollautomatische chemisch-galvanische Beschichtungsanlage. Die angebotenen Stückzahlen reichen von Einzelteilen bis zu kleinen Serien (bis ca. 100.000 Teile pro Jahr). Auch größere Serien sind über Partner möglich.

Ihr Ansprechpartner:

Steffen Roos

s.roos@biconex.de

<https://www.biconex.de/de>

Die Fachausstellung



Gegründet von führenden Persönlichkeiten aus Forschung, Industrie und Hochschulen, steht die Carl-Cranz-Gesellschaft (CCG) seit 65 Jahren für exzellente, praxisorientierte Weiterbildung. Benannt nach dem Begründer der modernen Ballistik, Carl Cranz, bieten wir heute ein breites Spektrum an Seminaren, das weit über die wehrtechnische Ausbildung hinausgeht. Bei uns treffen Sie auf Dozenten mit umfassender Fachexpertise und hohem Praxisverständnis – ein Netzwerk aus Experten aus Hochschulen, Forschung und Industrie, das Ihnen den Austausch auf Augenhöhe ermöglicht. Mit etwa 100 Seminaren pro Jahr finden Sie bei uns die passende Weiterbildung, um Ihr Fachwissen gezielt zu vertiefen. Unsere Seminare finden an relevanten Orten statt – von Universitäten über Versuchseinrichtungen bis hin zu Unternehmen und Streitkräfteeinrichtungen in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Ein Highlight unserer Partnerschaften ist das Deutsch-Französische Forschungsinstitut in Saint-Louis.

Wenn Ihnen bei Seminaren hohe Fachlichkeit und direkte Praxisrelevanz wichtig sind, ist die CCG die richtige Wahl.

Ihr Ansprechpartner:

Bernhard Kuhn

Bernhard.Kuhn@ccg-ev.de

<https://www.ccg-ev.de>

Die Fachausstellung



cocoon

Product Meets Competence

Ihr Produkt. Ihre Marke. Unsere Verpackung.

Wenn Produktschutz, Öko-Intelligenz, Kostensenkung & ein stets maximales Verpackungserlebnis effizient für Sie zusammenwirken, hat das einen Namen: Wettbewerbsvorteil. **cocoon** liefert. Dafür sind bei uns Beratung, Entwicklung, Fertigung & Logistik unter einem Dach vereint. Als Systemlieferant arbeiten wir für weltweit agierende Unternehmen und damit für den globalen Warenverkehr. Maximaler Produkt- und Transportschutz sind dafür entscheidend, denn Ihre hochwertigen Güter, Komponenten und Produkte kommen - sicher verpackt - einfach besser an. Mit eigenen intelligenten Verpackungsstrategien **minimieren wir Materialeinsatz, Prozesskosten und Projektzeiten.**

VORTEILE, DIE SICH MESSEN LASSEN

Leistung, die sich rechnet:

- **Maximaler Produktschutz** durch detaillierte Auslegung und digitales Design
- **Öko-Intelligenz** durch optimalen Materialeinsatz und materialunabhängiges Design
- **Deutliche Kostensenkung** durch intelligente Verpackungs- und Logistiklösungen
- **Echtes Verpackungserlebnis** geprägt durch kreative Gestaltung & Entwicklung
- **Lagerplatzersparnis** durch on demand Produktion & Lieferung optimaler Losgrößen
- **Entspannter Lifecycle:** Sehr einfaches & günstiges Änderungsmanagement
- **Einer für Alles:** Ein verantwortlicher Ansprechpartner für vielfältige Produkte
- **Schnell & einfach** durch eigene Konstruktion und werkzeuglose Fertigung
- **Verlässlichkeit** durch motivierte Mitarbeiter und digitale, zertifizierte Prozesse

Wir schützen, was wertvoll ist.

Produkt. Mensch. Planet

Ihre Ansprechpartner:

Patrick Biesinger / pb@cocoon-competence.de

Thomas Hall / th@cocoon-competence.de

<https://www.cocoon-competence.de>

Die Fachausstellung

DEFAINE

DEFAINE ist ein Software-Startup aus Deutschland, das sich auf die Entwicklung autonomer Systeme für den Verteidigungsbereich spezialisiert hat. Basierend auf aktueller Forschung entwickeln wir autonome Micro-UAS für den Schutz vor feindlichen Drohnen und Loitering Munition. Unsere Micro-UAS können einzelne oder Schwärme von Luft- und Bodenzielen automatisiert bekämpfen. Sie schützen Personen, Fahrzeuge oder Stellungen und sind kompakt, leicht und benötigen keinen Operator.

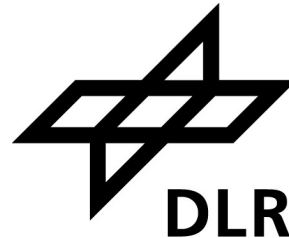
Ihr Ansprechpartner:

Philipp Lindner

lindner.fue26@defaine.com

<https://defaine.ia>

Die Fachausstellung



Das DLR ist das deutsche Forschungs- und Technologiezentrum für Luft- und Raumfahrt. In seinen Kerngebieten entwickelt das DLR Technologien für Luft- und Raumfahrt, Energie und Verkehr, sowie Sicherheits- und Verteidigungsforschung. Ein breites Spektrum an Ergebnissen und Innovationen bringen Nutzen für Industrie und Wirtschaft, Behörden und Verwaltung sowie für öffentliche Stakeholder. Durch einen intensiven Wissensaustausch und gezielten Technologietransfer stellt sich das DLR seiner Verantwortung gegenüber der Gesellschaft. Sicherheit gehört zu den Grundbedürfnissen eines jeden Menschen. Darüber hinaus stellt sie eine der wichtigsten Herausforderungen für die vernetzte, globalisierte Gesellschaft und Wirtschaft der Gegenwart und der Zukunft dar. In der Sicherheits- und wehrtechnischen Verteidigungsforschung des DLR werden die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten aus den Bereichen Luft- und Raumfahrt, Energie und Verkehr zusammengebracht und in Abstimmung mit öffentlichen Stakeholdern und den Partnern in Politik, Wissenschaft und Industrie geplant und gesteuert. Das DLR leistet unter anderem Beiträge zum Schutz kritischer Infrastrukturen, im Krisen- und Katastrophenmanagement, zur Grenzsicherheit und zum Schutz vor Terrorismus. Das DLR wird mit Mitteln des Bundes gefördert. Die Deutsche Raumfahrtagentur im DLR ist im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zwei DLR Projektträger arbeiten als Managementeinrichtungen für Forschungs- und Industrieförderung. Global wandeln sich Klima, Mobilität und Technologie. Das DLR nutzt das Know-how seiner 51 Institute und Einrichtungen, um Lösungen für die daraus resultierenden Herausforderungen zu entwickeln. Unsere mehr als 11.000 Mitarbeitenden haben eine gemeinsame Mission: Wir entwickeln Technologien für eine nachhaltige Zukunft und tragen durch den Technologietransfer dazu bei, den Wissens- und Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken. Das DLR ist an mehr als 30 Standorten und Außenstellen vertreten: Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Bremerhaven, Cochstedt, Cottbus, Dresden, Geesthacht, Göttingen, Hamburg, Hannover, Jena, Jülich, Kiel, Krummendeich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Oldenburg, Rheinbach, Sankt Augustin, Stade, Stuttgart, Trauen, Ulm, Weilheim und Zittau. Das DLR unterhält überdies Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

Ihre Ansprechpartnerin:

Anika Kehrich / Anika.Kehrich@dlr.de

www.dlr.de, www.dlr.de/en

Die Fachausstellung

DIEHL Defence

Unternehmensprofil Diehl Defence ist ein führendes Systemhaus im Bereich der Luftverteidigung und Anbieter von Hightech-Lenkflugkörpern, innovativen Munitionslösungen sowie speziellen Aufklärungs- und Schutzsystemen. Seine modernen Systemlösungen für die bodengebundene Luftverteidigung setzen international neue Standards. Diehl Defence gehört zur global operierenden Diehl-Gruppe, einem finanziell unabhängigen und rechtlich eigenständigen Familienunternehmen mit weltweit über 18.680 Beschäftigten und einem erwirtschafteten Umsatz von 4,7 Mrd. Euro.

Ihr Ansprechpartner:

Dirk Krogmann

Dirk.Krogmann@diehl-defence.com

<https://new.diehl.com/defence/de>

Die Fachausstellung

dSPACE

dSPACE ist ein weltweit führender Anbieter von Entwicklungs-, Simulations- und Validierungslösungen für sicherheitskritische Systeme. Die durchgängigen Lösungen ermöglichen es, Software- und Hardware-Komponenten klassischer und KI-basierter Steuerungssysteme zu entwickeln und umfassend zu testen, lange bevor sie in der Realität eingesetzt werden. Das Angebot umfasst sowohl Standardprodukte als auch maßgeschneiderte schlüsselfertige Lösungen, unter anderem für Rapid Control Prototyping sowie Software-, Hardware- oder Vehicle-in-the-Loop-Tests (SIL/HIL/VIL). Ergänzt wird das Angebot durch einfach konfigurierbare Echtzeitsimulationsmodelle und Tools für die datengetriebene Entwicklung, zum Beispiel zur Erzeugung synthetischer Trainingsdaten für KI-Anwendungen sowie für die Validierung autonomer Systeme. Durch Nutzung der dSPACE Lösungen werden Entwicklungszeiten signifikant verkürzt und Entwicklungsrisiken minimiert. Flugzeuge, Drohnen oder Landfahrzeuge können damit schneller zum Einsatz kommen – egal ob bemannt oder autonom. Über die Partnerschaft zwischen dSPACE und der IAV GmbH kann zusätzlich die Serienentwicklung, Absicherung und Lieferung kompletter Komponenten und Steuergeräte angeboten werden, wobei dSPACE die Tools und Simulationsplattformen beisteuert und IAV die Entwicklungsaufgaben übernimmt. Neben der Automobilindustrie vertrauen Unternehmen aus Luft- und Raumfahrt sowie Verteidigung seit Jahrzehnten auf unser Know-how. Mit weltweit über 2.900 Mitarbeitern hat dSPACE den Stammsitz in Paderborn und betreut seine internationalen Kunden über zehn Landesgesellschaften, um optimale Betreuung vor Ort zu gewährleisten.

Ihr Ansprechpartner:

Peter Hermle, phermle@dspace.de

<https://www.dspace.com/de/gmb/home.cfm>

Die Fachausstellung



Das Fraunhofer FKIE entwickelt Technologien und Prozesse mit dem Ziel, existenzbedrohende Risiken frühzeitig zu erkennen, zu minimieren und beherrschbar zu machen. Das Institut deckt dabei sämtliche Domänen der Verteidigung und Sicherheit ab – sei es zu Land, in der Luft, zur See, unter Wasser, im Cyberspace oder im Weltall.

In enger Kooperation mit strategischen Partnern widmet sich das Institut hierbei der gesamten Verarbeitungskette von Daten und Informationen: vom Gewinn der Daten mittels unterschiedlichster Sensoren, ihrer sicheren Übertragung über die geeigneten Protokolle und anwendungsspezifischen Verarbeitung durch Algorithmen und Künstlicher Intelligenz bis hin zur fusionierten Lagedarstellung und Entscheidungsunterstützung.

Die Daten- und Informationsverarbeitungskette ist eingebettet in drei Forschungsthemen, ohne die sie nicht einsetzbar wäre: Zum einen muss die Hardware vor ionisierender oder elektromagnetischer Strahlung geschützt werden. Zum anderen gilt es, die Systeme vor Angriffen aus dem Cyberraum zu schützen. Zentrale Bedeutung für die Arbeiten am Fraunhofer FKIE hat zudem der »Faktor Mensch«: Im Fokus der Forschung steht die Entwicklung effektiver und effizienter Mensch-Maschine-Systeme.

Ergänzt und abgerundet wird das Portfolio durch die wissenschaftlich fundierte Vorausschau, Analyse und Bewertung über das gesamte Spektrum technologischer Entwicklungen für Verteidigung und Sicherheit.

Dank seiner elf Abteilungen mit unterschiedlichen, sich ergänzenden Kernkompetenzen und Standorten in Wachtberg, Bonn, Euskirchen, Leipzig und Aachen ist das Institut fachlich breit aufgestellt und liefert systemische Lösungen für die gesamtstaatliche Verteidigung und Sicherheit. Jede dieser Abteilungen betreibt Forschung und Entwicklung auf dem hohen wissenschaftlichen Niveau, für das der Name Fraunhofer steht. Mit Kompetenz in der Breite und Exzellenz im Detail stellt sich das Fraunhofer FKIE den aktuellen wissenschaftlich-technologischen Herausforderungen in den drängenden Fragestellungen von Verteidigung und Sicherheit.

Ihre Ansprechpartnerin:

Christina Haberland / kontakt@fkie.fraunhofer.de

<https://www.fkie.fraunhofer.de>

Die Fachausstellung



Fraunhofer IMS steht für angewandte Mikroelektronik, die aus Ideen einsatzfähige Lösungen macht – vom ersten Entwurf bis zur Pilotfertigung. Als Teil der Fraunhofer-Gesellschaft bringen wir Schlüsseltechnologien schnell und verlässlich in Industrie, Mittelstand und öffentliche Hand.

Unser Geschäftsfeld Space and Security entwickelt und fertigt kundenspezifische, innovative MEMS- und optische Sensoren, sowie eingebettete Systeme für Raumfahrt, Sicherheit und Verteidigung:

- **BSI SPAD-Arrays:** hochempfindliche Einzel-Photonen-Detektoren für LiDAR, die Entfernungen präzise über digitale Zeitstempel messen und durch Wafer-zu-Wafer-Bonding besonders kompakt und integrationsfähig sind, ideal für 3D-Umweldwahrnehmung und robotische Missionen im All.
- **Ungekühlte IRFPA:** bildgebende Infrarotsensorik zur passiven Detektion ohne aktive Beleuchtung. Je nach Bedarf MWIR (3–5 μm) für „heiße“ Quellen wie Brandherde oder Gasdetektion, und LWIR (8–14 μm) für zuverlässige Personenerkennung thermische Bildaufnahme auch bei schwierigen Sichtverhältnissen.
- **CMOS-TDI-Sensoren:** Entwicklung von schnellen TDI-Sensoren basierend auf CCDs zur Satelliten-gestützten Erdbeobachtung. Das TDI-Prinzip „TDI: time delay and integration“ ermöglicht die sehr schnelle Bildaufnahme bei wechselnder Szenendynamik.
- **Edge-KI in der Raumfahrt:** Eingebettete künstliche Intelligenz ermöglicht teilautonome Kollisionsvermeidung, optimiert die Bildverarbeitung und reduziert den Datenverkehr.

Ihre Ansprechpartnerin:

Daniela Hofmann / sales@ims.fraunhofer.de

<https://www.ims.fraunhofer.de>

Die Fachausstellung



Fraunhofer

IPM

Das Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM entwickelt maßgeschneiderte Messtechnik, Systeme und Komponenten für die Industrie. Langjährige Erfahrung mit optischen Technologien bildet die Basis für Hightech-Lösungen in der Produktionskontrolle, der Objekt- und Formerfassung, der Gas- und Prozesstechnologie sowie im Bereich Photonische Systeme.

Im Geschäftsfeld »Objekt- und Formerfassung« entwickelt Fraunhofer IPM maßgeschneiderte Systeme zur optischen 3D-Erfassung der Geometrie und Lage von Objekten. Die robusten, präzise messenden Multisensor-Systeme erfassen Infrastruktur-Bauwerke und Großstrukturen. 3D-Messsysteme von Fraunhofer IPM generieren Messdaten als Grundlage für die digitalisierte Planung und Instandhaltung baulicher Infrastruktur wie z. B. Verkehrswege oder Ingenieurbauwerke. Darüber hinaus liefern sie wertvolle 3D-Daten von natürlichen Großstrukturen wie z. B. Waldgebieten und landwirtschaftlichen Flächen. Spezielle LiDAR-Systeme erfassen die Topographie küstennahe Gewässer und Unterwasser-Bauwerke.

Die Erfassung erfolgt zumeist von bewegten Plattformen aus und erstreckt sich über einen weiten Größenbereich – von zehntel Millimetern bis in den 100-Meter-Bereich. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Erforschung und Entwicklung sehr schneller und robuster Messsysteme basierend auf Lichtlaufzeitmesstechnik oder Kamerasystemen. Das Spektrum der maßgeschneiderten Messsysteme reicht von hochkomplexen multispektralen Laserscannern bis zum Smartphone als Messgerät, das zu diesem Zweck mit eigenem entwickelter Software ausgestattet wird.

Bei der 3D-Datenerfassung deckt das Institut die gesamte 3D-Daten-Prozesskette ab – von der automatisierten Erfassung über die Referenzierung und Analyse bis hin zur Visualisierung von Form und Lage der Objekte. Speziell entwickelte Software wertet die gemessenen Daten vollautomatisiert aus. Für die Analyse nutzen wir KI-basierte Methoden wie beispielsweise »Deep Learning«.

Forschungsschwerpunkt der Gruppe ist die Entwicklung besonders leichter Messsysteme für den Einsatz auf Drohnen (UAV, Unmanned Aerial Vehicle) sowie die Anpassung von LiDAR-Messverfahren für die 3D-Vermessung großer Strukturen unter Wasser. Basierend auf Lichtlaufzeitverfahren messen unsere UAV-Scanner-Systeme Abstände zu Objekten mit hoher Genauigkeit aus der Luft. In Kombination mit Kamerabildern generieren die Systeme daraus hochaufgelöste 3D-Strukturdaten. Damit eignen sie sich für das Zustandsmonitoring von Baustellen, Bauwerken oder Vegetationsflächen. Neben der Entwicklung übernehmen wir die Installation, Inbetriebnahme und Wartung der Systeme.

Installiert auf Unterwasser-Robotern (ROV, Remotely Operated Vehicle) überwachen unsere LiDAR-Systeme Unterwasser-Bauwerke wie zum Beispiel Offshore-Windkraftanlagen oder Pipeline-Fundamente. Auch akute Schäden – wie etwa Hochwasserschäden an Brückenpfeilern – können mit den Systemen detektiert werden.

Ihre Ansprechpartnerin:

Alexander Reiterer / alexander.reiterer@ipm.fraunhofer.de

<https://www.ipm.fraunhofer.de>

Die Fachausstellung



Von vernetzter Optronik zur Entscheidung

Analyse- und Bewertungskompetenz, Auftragsforschung und technologische Innovationen – von der Physik der Lichterzeugung und -detektion bis zur Nutzung der in Sensordaten enthaltenen Information: Das ist das Leistungs- und Kompetenzspektrum des Fraunhofer-Instituts für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB in seinem größten Geschäftsfeld, der Verteidigungsforschung.

Wir betreiben grundlagenorientierte wehrtechnische Forschung und entwickeln daraus Machbarkeitsstudien und Verfahren. Wir bewerten Trends und Technologien, prüfen und entwickeln Demonstratoren, unterstützen die Industrie mit anwendungsorientierter F&E und stellen innovative Ausrüstung her.

Unsere fachlichen Kompetenzen erstrecken sich von der Lasertechnologie über die Erzeugung von Bildern und verwandten Sensorsignalen, ihre algorithmische Verarbeitung und Auswertung bis zur Nutzbarmachung in interoperablen und benutzerfreundlichen Systemen. Dabei konzentrieren wir uns auf die Bereiche Aufklärung, Navigation, Simulation, Satellitentechnik, land-, luft- und seegestützte Plattformen, Ziellannäherung, Wirkung und Schutz, die Ausrüstung des Soldaten sowie Informationstechnologie.

Beispiele konkreter Forschungsthemen und Technologien:

- Lasertechnologie und -schutz: Wir entwickeln robuste Faser- und Festkörperlaser im IR-Bereich mit Fokus auf optronischen Anwendungen und forschen an verschiedenen Ansätzen für den Blendschutz von Sensoren und Augen
- Satellitenbasierte Raketenfrühwarnung: Satellitengestützte, elektro-optische Sensorik detektiert ballistische Raketen während des Starts oder nach dem Wolkendurchbruch, um die Abwehr schnell initiieren zu können
- Umgebungsmodellierung: Ad-hoc-Generierung bzw. Rekonstruktion von 3D-Umgebungsmodellen mithilfe bildgebender Sensoren; Anwendung von Geländemodellen für eine algorithmisch unterstützte Stellungswahl
- THS® (Target Handoff System): Objekt- und Situationserkennung sowie bildbasierte Verfahren für Objekttracking und Zielkoordinatenübergabe
- ABUL (Automatisierte Bildauswertung für unbemannte Luftfahrzeuge): Operativ genutztes System zur optimalen Unterstützung von Online-Aufklärung ebenso wie von Offline-Erkundungsmissionen
- Coalition Shared Data: Aufklärungsdaten in multinationalen Verbänden bedarfsgerecht, interoperabel und unter Beachtung der Datensouveränität speichern, verteilen und abrufen
- Digitaler Lage Tisch: Lagevisualisierung in verteilter Umgebung und Missionsplanung auf nahezu beliebigen Endgeräten, auch in VR, auf Basis standardisierter Geo- und Sensordatenschnittstellen
- Adaptive Tarnung, Tarnbewertung und KI: Mittels Sensorik und aktiver Elemente managen wir Signaturen kontextabhängig und untersuchen dabei insbesondere auch die spezifischen Möglichkeiten und Grenzen KI-gestützter Aufklärungssysteme

Robotersysteme für menschenfeindliche Umgebungen, zur (teil-)autonomen Navigation, Datenerfassung und Manipulation

Ihre Ansprechpartnerin:

Caroline Schweitzer, caroline.schweitzer@iosb.fraunhofer.de

www.iosb.fraunhofer.de/verteidigung

Die Fachausstellung



Empowering Defence bedeutet für uns, die Verteidigung unseres Landes und unserer Partner so zu befähigen, dass sie den sicherheitspolitischen Herausforderungen von heute und morgen entschlossen, wirksam und verantwortungsvoll begegnen kann. Unser Handeln ist dabei getragen von einer klaren Überzeugung: Sicherheit entsteht durch technologische Exzellenz, fundierte Entscheidungen und verlässliche Zusammenarbeit.

Als Unternehmen im Bereich Defence & Security unterstützen wir nationale und internationale Kunden – darunter die Bundeswehr, NATO und EU – mit einem klaren Fokus auf angewandte Forschung und Technologie. Unsere Stärke liegt darin, wissenschaftliche Erkenntnisse, technologische Innovationen und operative Anforderungen in einen belastbaren Zusammenhang zu bringen und daraus Orientierung und Wirkung zu schaffen.

Wir denken Verteidigung ganzheitlich und multidimensional: zu Land, zu Wasser, in der Luft, im Weltraum sowie im Cyber- und Informationsraum. In diesem Rahmen analysieren wir zukünftige Einsatzszenarien, bewerten technologische Entwicklungen und machen Fähigkeiten systematisch vergleichbar, bewertbar und entscheidungsreif. Forschung verstehen wir dabei nicht als Selbstzweck, sondern als gezielten Beitrag zur technologischen Souveränität und Einsatzfähigkeit unserer Kunden.

Unsere herstellerunabhängige Rolle ermöglicht es uns, komplexe Fragestellungen objektiv zu betrachten und faktenbasierte Entscheidungen zu unterstützen. Eigene Softwarelösungen und Simulationsumgebungen helfen dabei, Technologien, Systeme und Verbünde realitätsnah zu analysieren, Risiken frühzeitig sichtbar zu machen und Handlungsoptionen transparent aufzuzeigen.

Getragen wird all dies von unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Ihr Wissen, ihre Erfahrung, ihr Innovationsgeist und ihr Verantwortungsbewusstsein sind der Schlüssel zum Erfolg. Gemeinsam setzen wir unseren Anspruch um, Empowering Defence nicht nur zu formulieren, sondern in konkrete Wirkung zu übersetzen.

Für eine resiliente Welt von morgen.

IABG Defence & Security

Ihr Ansprechpartner:

Patrick Strauß / straussp@iabg.de

<https://www.iabg.de>

Die Fachausstellung

LENHARDT

WORLDWIDE | TESTING | CERTIFICATION

Die IB-Lenhardt AG ist ein unabhängiges Prüflabor und Engineering-Dienstleister mit Schwerpunkt auf elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV) und Funktechnik für verteidigungsnahe und militärische Anwendungen. Als nach ISO/IEC 17025 akkreditierte Organisation unterstützt das Unternehmen Hersteller, Systemintegratoren und öffentliche Auftraggeber bei der Qualifikation und Bewertung elektronischer Systeme und Plattformen für anspruchsvolle Einsatzumgebungen. Kernschwerpunkte sind EMV-Prüfungen nach MIL-STD-461 sowie die elektromagnetische Qualifikation gemäß NATO AECTP-500 im Rahmen von STANAG 4370. Diese Standards bewerten die elektromagnetische Leistungsfähigkeit und Interoperabilität von Systemen unter realistischen Betriebsbedingungen, von taktischen Kommunikationsgeräten bis zu komplexen Missionsplattformen. Das Leistungsspektrum umfasst Beratung, Prüfplanung und die normkonforme Durchführung von EMV- und Funkprüfungen.

Ihre Ansprechpartnerinnen:

Anja Wiedenkofer / a.wiedenkofer@ib-lenhardt.com

Michaela Schilke / m.schilke@ib-lenhardt.com

<https://ib-lenhardt.com/de>

Die Fachausstellung



Mission Softwarequalität

imbus ist spezialisierter Lösungsanbieter für Softwarequalität und Softwaretest.

Wir sorgen dafür, dass Software und softwareintensive Systeme ihre Funktion zuverlässig und performant erfüllen – mit über 300 Experten an sechs Standorten in Deutschland, seit 1992.

Wir unterstützen und beschleunigen die Entwicklungsvorhaben unserer Kunden über den gesamten Entwicklungsprozess mit effizienten Test- und Qualitätssicherungsleistungen. Dabei finden wir Schwachstellen und Softwarefehler systematisch und frühzeitig, sodass Risiken oder Schäden im Systemeinsatz reduziert oder vermieden werden.

Leistungen

Engineering: Hochqualifizierte, erfahrene Fachkräfte zur gezielten Erweiterung interner Kompetenzen und Ressourcen.

Solutions: Methoden und Frameworks zur nachhaltigen Lösung kundenspezifischer Aufgabenstellungen in Qualitätssicherung, Test und Systemabsicherung.

Tools: Software-Werkzeuge und Frameworks für Testmanagement, Testdesign und Testautomatisierung.

Know-how: Coaching, Training und Zertifizierung für Mitarbeiter und Teams im Bereich Softwarequalität und Test.

Kompetenzen

Prüfung und Konsolidierung von Anforderungen; Design, Automatisierung und Durchführung von Softwaretests im Unit-, Integrations- und Systemtest; Security-Tests; Unterstützung im Systemabnahmetest; Absicherung von KI-Algorithmen und KI-Systemen sowie Best Practices zur Beschleunigung der Systementwicklung, z. B. durch DevOps-Methoden.

Projekterfahrung und Referenzen

Ihr Projekt profitiert von unserem Wissen und unserer Erfahrung aus über 10.000 Projekten in unterschiedlichsten Branchen, darunter:

Medizintechnik, Bahntechnik, Automobilindustrie, Defense, KRITIS sowie öffentliche Auftraggeber.

Ihr Ansprechpartner:

Sebastian Bauer / sebastian.bauer@imbus.de

www.imbus.de

Die Fachausstellung



MBDA ist der einzige europäische multinationale Konzern, der auf dem Gebiet komplexer Waffensysteme weltweit führend ist. MBDA und die mehr als 19.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter arbeiten zusammen, um die nationale Souveränität von Frankreich, Deutschland, Italien, Spanien und des Vereinigten Königreichs sowie anderer verbündeter Länder sicherzustellen. MBDA ist der einzige europäische Konzern, der in der Lage ist, komplexe Waffen zu entwickeln und zu produzieren und alle operativen Anforderungen der Streitkräfte zu Land, zur See und in der Luft zu erfüllen. MBDA ist ein Gemeinschaftsunternehmen von Airbus (37,5%), BAE Systems (37,5%) und Leonardo (25%).

Ihre Ansprechpartnerin:

Sabrina Schmid
marketing@mbda-sytems.de

<https://www.mbda-deutschland.de>

Die Fachausstellung



High-Tech-Lösungen zur Identifizierung von Drogen, Explosiv- und Gefahrstoffen. Verlässliche Leistung im Einsatz für Polizei, Sicherheitskräfte und Spezialeinheiten. Mit dem molekularen Fingerabdruck einer Substanz bestimmen Raman-Spektrometer schnell und zuverlässig dessen Identität und das in wenigen Sekunden. Metrohm bietet modernste handgehaltene Geräte, Stand-off Lösungen oder Laborgeräte für die forensische Untersuchung. Die Metrohm AG mit Hauptsitz in Herisau, Schweiz ist heute in über 80 Ländern mit Tochtergesellschaften vertreten.

Ihr Ansprechpartner:

Stefan Geisler

stefan.geisler@metrohm.de

https://www.metrohm.com/de_de.html

Die Fachausstellung



Für die taktische Funküberwachung und -aufklärung oder der eigenen Emissionskontrolle auf dem Schlachtfeld, in Grenzkontrollszenarien und bei nachrichtendienstlichen Anwendungen sind leichte und tragbare Funkpeilgeräte erforderlich. Dies ermöglicht auch verdeckte Operationen, falls erforderlich. Narda ist ein Marktführer im Bereich der elektromagnetischen Spektralanalyse. Narda entwickelt handgeführte, tragbare und in Fahrzeuge integrierte Peilgeräte. Unsere AOA / TDOA-Hybridtechnologien verwenden "Made in Germany" High Dynamic Range (HDR) SignalShark-Empfänger und Nardas einzigartige Automatic Direction Finding Antenna (ADFA). Narda-Geräte sind von zeitaufwändigen Exportkontrollverfahren befreit und können hocheffektiv auch in autonomen Outdoor-Fernüberwachungsstationen eingesetzt werden.

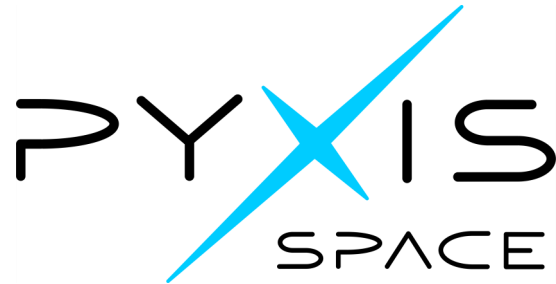
Ihre Ansprechpartner:

Dennis Jäger / dennis.jaeger@narda-sts.com

Jürgen Gehrig / juergen.gehrig@narda-sts.com

www.narda-sts.com

Die Fachausstellung



PYXIS SPACE ist ein junges bayerisches Raumfahrtunternehmen und wurde 2025 aus der Universität Würzburg ausgegründet. Sein Gründerteam besitzt mehr als 15 Jahre Erfahrung in Entwicklung, Bau und Betrieb von Satelliten und Satellitenkomponenten im Orbit. Das Unternehmen entwickelt, fertigt und vertreibt Sternsensoren sowie weitere Sensoren und Aktuatoren für die Lageregelung (ADCS) von Kleinsatelliten in der 1–150 kg Gewichtsklasse.

Die Sensor-Lösungen von PYXIS SPACE basieren auf bewährten Technologien und ermöglichen eine hochpräzise, zuverlässige und zugleich kosteneffiziente Lagebestimmung. Abhängig von Kundenanforderungen an Genauigkeit und verfügbare Datenrate sind die Produkte flexibel skalierbar und individuell anpassbar. Dank moderner New-Space-Fertigungsprozesse können die Sensoren innerhalb von wenigen Wochen und auch in größeren Stückzahlen produziert werden – ideal für agile New-Space-Missionen.

Neben unseren Standardprodukten bietet PYXIS SPACE Consulting- und Engineering-Dienstleistungen für Raumfahrtmissionen an. Unser Leistungsspektrum umfasst die Entwicklung von Subsystemen für Satelliten und Bodensegmente, die Entwicklung eingebetteter und PC-basierter Software für Kleinsatellitenmissionen sowie End-to-End-Lösungen von der Konzeptphase bis zur missionsspezifischen Implementierung von Satelliten oder Payloads.

Ihre Ansprechpartner:

Tobias Schwarz / tobias.schwarz@pyxis-space.com
Dr. Olexsii Balagurin / oleksii.balagurin@pyxis-space.com

www.pyxis-space.com

Die Fachausstellung



Die Schunk Group ist ein international führender Technologiekonzern mit Sitz in Heuchelheim bei Gießen. Seit der Gründung im Jahr 1913 steht das Unternehmen für Fortschritt, Qualität und Partnerschaft. Heute beschäftigt Schunk über 10.400 Mitarbeitende in 26 Ländern und vereint zwei Welten, die sich perfekt ergänzen: Hochleistungswerkstoffe und maßgeschneiderte Maschinen- und Systemlösungen.

Unsere Werkstoffe – Kohlenstoff, technische Keramik, Quarz und Sintermetalle – bilden die Grundlage für Technologien, die in unterschiedlichsten Branchen unverzichtbar sind. Sie kommen dort zum Einsatz, wo Präzision und Zuverlässigkeit entscheidend sind: in der Elektromobilität, in der Bahntechnik, in der Luft- und Raumfahrt oder in der optischen Industrie.

Und genau diese Kompetenzen werden besonders dort gefordert, wo die Grenzen des technisch Machbaren erreicht werden – in Anwendungen, die höchste Belastbarkeit, absolute Zuverlässigkeit und extreme Temperaturbeständigkeit verlangen.

Im Bereich Verteidigung und Sicherheit liefert Schunk Carbon Technology entscheidende Material- und Konstruktionsvorteile. Das Unternehmen entwickelt Hochleistungs-Composites und hitzebeständige Werkstoffe wie CFC, Siliciumcarbid und hochreine Graphite, die selbst unter extremen thermischen und mechanischen Bedingungen zuverlässig funktionieren. Typische Anwendungen reichen von Gefechtskopfhüllen und Leitwerken über Brennkammern bis hin zu Hitzeschildern in Flugkörpern und Lenkwaffen. Dabei profitieren Kunden von einer vollständig europäischen Lieferkette und einer hohen Fertigungstiefe – von der Konzeptphase bis zur qualifizierten Serienproduktion.

Ihr Ansprechpartner:

Marcel Lang

marcel.lang@schunk-group.com

<https://schunk.com/de/de>

Die Fachausstellung

SE3 Labs

SE3 Labs entwickelt spezialisierte KI-Lösungen für die Analyse räumlicher Daten mittels Computer Vision und großer Sprachmodelle (LLMs). Die Technologie wird insbesondere bei der Aufklärung durch unbemannte Luftfahrzeuge eingesetzt und ermöglicht die Erstellung eines 3D-Lagebilds in Echtzeit. Bilddaten werden semantisch interpretiert, um Objekte zu erkennen und präzise Lokalisierung zu ermöglichen.

Ihre Ansprechpartnerin:

Isabel Tahir

isabel@se3.ai

<https://www.se3.ai>

Die Fachausstellung



Securiton Deutschland – Drohnen- und Robotiksicherheitslösungen

Securiton Deutschland steht seit Jahrzehnten für maßgeschneiderte High-End-Sicherheitslösungen und innovative Technologien. Mit einem spezialisierten Bereich für Drohnen- und Robotiksicherheitssysteme bietet das Unternehmen hochmoderne Schutzmaßnahmen gegen unautorisierte Drohnenaktivitäten sowie intelligente Sicherheitskonzepte für den Einsatz autonomer Robotik in sicherheitskritischen Umgebungen.

Das Leistungsspektrum umfasst Drohnensicherheitssysteme zur Erkennung, Klassifizierung und Abwehr unerlaubter Drohnen mittels modernster Sensorik, KI-gestützter Analyse und aktiver Interventionslösungen. Ergänzt wird dies durch Perimeterschutzlösungen auf Basis automatisierter Sicherheitsroboter für die Geländeüberwachung, Gefahrenanalyse und Echtzeitintervention. Integrierte Sicherheitsplattformen ermöglichen die nahtlose Einbindung aller Lösungen in bestehende Sicherheitssysteme, um Effizienz und Sicherheitsniveau nachhaltig zu steigern. Darüber hinaus entwickelt Securiton individuelle Sicherheitskonzepte und berät Kunden bei der Ausarbeitung maßgeschneiderter Strategien für kritische Infrastrukturen, Behörden, Industrieanlagen und Veranstaltungen.

Die technologischen Grundlagen der Lösungen bilden hochentwickelte Radarsysteme, optische Sensoren, Künstliche Intelligenz und vernetzte Steuerungssysteme. Durch die intelligente Kombination dieser Technologien werden Bedrohungen frühzeitig erkannt und effizient neutralisiert.

Die Systeme von Securiton kommen unter anderem bei Betreibern kritischer Infrastrukturen wie Energieversorgern, Flughäfen und Behörden, in Industrie- und Logistikunternehmen, in Hochsicherheitsbereichen wie Militär- und Forschungseinrichtungen sowie bei Veranstaltungen und Großveranstaltungen zum Einsatz.

Als Systemintegrator arbeitet Securiton eng mit ausgewählten Technologiepartnern zusammen. Ziel ist es, die bestmögliche Wirkung zur Erkennung und Abwehr von Gefahren am Boden oder aus der Luft zu erzielen.

Gemäß dem „Alles-aus-einer-Hand“-Prinzip unterstützen die Securiton-Experten bei der Analyse und Bewertung über Konzeption, Detailplanung, Montage und betriebsfertige Installation bis zur Wartung und Instandhaltung bei allen erforderlichen Sicherheitsdienstleistungen. So entstehen maßgeschneiderte Sicherheits- und Speziallösungen, made in Germany'. SECURITON – Besonders. Sicher.

Ihre Ansprechpartner:

Henry Weinert / henry.weinert@securiton.de

Christoph Süß / christoph.suess@securiton.de

<https://www.securiton.de>

Die Fachausstellung

soffico

Die soffico GmbH ist Hersteller von Standardsoftware für KRITIS und sicherheitsrelevante Branchen. Mit der Low-Code-Plattform Orchestra gewährleisten wir als commercial off the shelf-Lösung die sichere und redundante Bereitstellung von Daten – interoperabel in heterogenen zivilen, dual-use und militärischen Umgebungen, auch auf taktischer Ebene.

Orchestra erfüllt höchste NATO-Standards, ermöglicht unterbrechungsfreie Datenflüsse und unterstützt KI-gestützte Analysen, effiziente Lieferkettensteuerung und präzise Einsatzentscheidungen. Über 1.000 Projekte – u. a. mit Bundeswehr, BWI und Industriepartnern – belegen unsere Expertise.

Ihr Ansprechpartner:

Bernd Hellinger

bernd.hellinger@soffico.de

<https://soffico.de>

Die Fachausstellung

TU Dresden – Lehrstuhl Verbrennungsmotoren und Antriebssysteme und Professur für Fahrzeugmechatronik
Der Lehrstuhl Verbrennungsmotoren und Antriebssysteme an der TU Dresden ist Ihr Partner bei allen Fragestellungen zu Antriebssystemen.

- wir liefern Drehmoment und Drehzahl für Antrieb, Wärme, Kälte, Strom
- aus Kerosin, Benzin, Diesel, Methanol, Methan, Ammoniak oder Wasserstoff
- mit Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen wir entwickeln dafür Brennverfahren, Komponenten, Gesamtsystem zur Energiebereitstellung für Fahrzeugantrieb, Bordnetz, Feldlager z.B. Kerosin für alle Antriebe: Gemischbildung, Zündung/Kaltstart, Reibung und Verschleiß
- aktuellste Methoden in Berechnung und Experiment
- Inhouse-Entwicklung von Prüfständen und Prüfmethoden, inkl. Simulation
- Höhenkammer: 30.000ft, -60°C – realitätsnahe Tests von Komponenten oder kompletten Antriebssträngen – ganz ohne Flugzeugintegration.

Wir liefern Drehmoment und Drehzahl für die Sicherheit Deutschlands!

Die Professur für Fahrzeugmechatronik an der TU Dresden forscht in den Bereichen

- Fahrerlose landgebundene Fahrzeugsysteme / UGV (teleoperiert, assistiert, vollautomatisiert) mit Fokus auf Nutzfahrzeuge:
 - Multi Sensor Lokalisierung, Missionsplanung, direkte und indirekte Teleoperation, Perzeption und Objekterkennung inkl. Härtung gegen Attacken, Konzeption, Simulation und Prüfstand Realfahrzeugaufbau-, -umbau, -test und Zulassung,
- Hybride Antriebe: Missionsoptimierte Betriebsstrategie und Antriebsstrangkonditionierung (akustische Schleichfahrt, minimale thermische Signatur, maximale Reichweite, Vorhalt Peak-Performance)
- Lebensdaueroptimierung modularer Energiespeichersysteme für mobile und stationäre Anwendungen
- Fahrzeug-Elektrik/Elektronik-Architekturen für resiliente Fahrzeugvernetzung und Fehlerisolation
- Test, Prüfung und Diagnose vernetzter Fahrzeugsysteme

Methoden, Algorithmen und Architekturen für den ausdauernden automatisierten Fahrbetrieb auf und abseits der Straße.

Ihr Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Tilo Roß / tilo.ross@tu-dresden.de



www.tu-dresden.de/bu/verkehr/lvm

Die Fachausstellung



Die Triopt Group bringt 15 Jahre Telco-Erfahrung aus Mobilfunk und Festnetz in Infrastruktur- und Integrationsvorhaben ein. Für große Netzbetreiber liefern wir End-to-End-Services und Turnkey-Lösungen, lösungsorientiert und innovationsgetrieben, von Funk- und Festnetzstandorten über Glasfaserbau bis zur stabilen Inbetriebnahme und Übergabe in den Betrieb.

Aus dem klassischen Telekommunikationsgeschäft heraus haben wir uns gezielt zum Systemintegrator für private 5G-Campusnetze weiterentwickelt, unter anderem für KMU-Anwendungen mit Logistikfokus. Dort zählen Kontrollierbarkeit, Sicherheit, Verfügbarkeit und kurze Latenzen ganz konkret. Parallel sind wir vom Luftfahrt-Bundesamt als benannte Prüfstelle für Fernpiloten anerkannt und bauen darauf eigene UAS-Services für Vermessung und Datenanalyse sowie Forschung und Entwicklung auf. In Forschungsprojekten wie zum Beispiel FlexShield haben wir ein resilientes privates 5G-Netz umgesetzt und ein mobiles 5G-Pop-up-Netz in Kombination mit einer Drohne demonstriert. Diese Fähigkeiten lassen sich besonders für robuste, schnell verlegbare Kommunikationslösungen in sicherheitskritischen Anwendungen nutzen.

Mit unserem Konsortium bauen wir ein modulares Ökosystem auf, um digitale Funknetz- und Drohnenlösungen zügig von der Architektur bis zum Demonstrator umzusetzen. Ein erstes Beispiel ist unser Radio Acces Drone - 3D Mesh Konzept. Die Triopt Group übernimmt Systemanalyse, Integrationsarchitektur sowie die Projektierung und Integration in bestehende Umgebungen. CampusGenius bringt 5G-Core-Funktionen und Netzwerkdienste in die Integrations- und Demonstratorplattform ein, inklusive GeniusCore, der als erster 5G-Core für private Netze nach dem NESAS-Rahmenwerk bewertet und durch das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik zertifiziert wurde. Microamp Solutions ergänzt Funkzugang und RF-Subsysteme mit mmWave-Radios und gNodeBs für sehr hohe Datenraten bei geringer Latenz. Valofly integriert tethered Luftplattformen als hochpositionierte Kommunikationsknoten, Starcopter bringt UAV-Flugplattformen für mobile Kommunikations- und Sensorsysteme ein. FibroLAN ergänzt das Portfolio um ein Open-Fronthaul-Carrier-Switching-System mit einem steckbaren Rubidium-Modul, um kurzfristige GNSS-Störungen zu überwachen und deren Auswirkungen zu verhindern. THS Telekommunikations Hard- und Software bringt zusätzlich Telekommunikations-Hardware und -Software in die Plattform ein und unterstützt mit Simulation sowie Performance-Checks, damit die Auslegung auch unter definierten Anforderungen belastbar nachgewiesen werden kann.

Ihre Ansprechpartnerin:

Yasmine Serghini / Yasmine.Serghini@triopt-group.de

<http://triopt-group.de>

Die Fachausstellung



dtec.bw – Zentrum für Digitalisierungs- und Technologieforschung der Bundeswehr

Das dtec.bw ist ein von beiden Universitäten der Bundeswehr (UniBw) gemeinsam getragenes wissenschaftliches Zentrum und Bestandteil des Konjunkturprogramms der Bundesregierung zur Überwindung der COVID-19-Krise. Mit der Aufnahme in den Deutschen Aufbau- und Resilienzplan (DARP) wird dtec.bw von der Europäischen Union – NextGenerationEU finanziert. Diese Mittel werden an beiden UniBw zur Finanzierung von Forschungsprojekten und zum Wissens- und Technologietransfer eingesetzt. Mit 66 laufenden Projekten zu digitalen Schlüsseltechnologien und einem einzigartigen Themenspektrum, das u.a. Raumfahrttechnik, 5G-/6G-Technologie, quantengesicherte Kommunikation, Mobilität der Zukunft, Sensorik und Künstliche Intelligenz bis hin zu Kompetenzen für die digitale Arbeitswelt abdeckt, ermöglicht dtec.bw Forschung mit Mehrwert für alle Dimensionen.

Ihr Ansprechpartner:

dtec.bw Geschäftsstelle

dtecbw@unibw.de

dtecbw@unibw.de

Die Fachausstellung

V4SMART

German battery expertise since 1887

V4Smart GmbH & Co. KG liefert Ultra-High-Power Lithium-Ionen-Rundzellen, entwickelt für die extremen Anforderungen der Automobil-, Luft- und Raumfahrt, und mehr. Als erstes Unternehmen in Deutschland, das Li-Ionen-Rundzellen in voll zertifizierter Automotive-Serienproduktion fertigt, setzt V4Smart neue Maßstäbe für europäische Zelltechnologie.

Die Zellen sind industrialisiert, validiert und in skalierter Serienproduktion verfügbar – mit Automotive-Qualität, lückenloser Traceability und stabilen Prozessen. Sie eignen sich für Anwendungen weit über Automotive hinaus.

Die 21700 Tabless-Rundzellen bieten höchste Leistungsdichte, strukturelle Robustheit und maximale Betriebssicherheit unter dynamischen Lasten, Vibrationen und anspruchsvollen Missionsprofilen. Fertigung nach Automotive-Standards garantiert konsistente Qualität, Sicherheit und europäische Versorgungssouveränität.

Mit einer vollständig integrierten Wertschöpfungskette in Deutschland und Europa – von Design und Zellentwicklung bis zur Serienproduktion – verbindet V4Smart Materialkompetenz mit industrieller Skalierbarkeit und unterstützt OEMs und Systemintegratoren von der Konzeptvalidierung bis zur Serienintegration.

V4Smart ist bereit für die Zusammenarbeit in innovativen Anwendungen:

- Best-in-Class Ultrahochleistungszellen und höchste Power-to-Energy-Ratio
- Höchste Fertigungspräzision nach Automotive-Standard
- Skalierbare europäische Lieferresilienz
- Entwicklungspartnerschaften auf Zellebene

Designed, Developed and Made in Germany.

V4Smart treibt die nächste Generation elektrifizierter und missionskritischer Systeme voran.

Ihr Ansprechpartner:

contact@v4smart.com

<https://www.v4smart.com/de/>

Die Fachausstellung



Die Nationale Kontaktstelle für den Europäischen Verteidigungsfonds (NKS EVF) ist dient als Anlaufstelle für Fragen rund um den Europäischen Verteidigungsfonds. Sie informiert und berät deutsche Unternehmen sowie Institutionen, die sich am europäischen Förderprogramm für Verteidigungsforschung beteiligen möchten oder bereits in Projekten aktiv sind. Die NKS EVF unterstützt im Antragsprozess und informiert über aktuelle Ausschreibungen, Förderbedingungen sowie administrative und finanzielle Rahmenbedingungen. Dies erfolgt über Veranstaltungen, den Newsletter und die Webseite. Darüber hinaus hilft die NKS EVF bei der Vernetzung und Konsortialbildung: Sie teilt Partnergesuche und bringt Unternehmen und Forschungseinrichtungen miteinander in Kontakt – sowohl auf nationales als auch europäischer Ebene. Zudem organisiert die NKS EVF eigene Veranstaltungen und ist auf verschiedenen Fachmessen sowie Konferenzen vertreten.

Alle Angebote der NKS EVF sind kostenfrei und unverbindlich. Sie ist vom BMVg beauftragt und wird von der VDI Technologiezentrum GmbH betrieben.

Ihre Ansprechpartner:

Dr. Lino Schneider-Bertenburg
lino.schneider-bertenburg@vdi.de

bundeswehr.de/nksevf

Die Fachausstellung

Wehrtechnische Ressortforschung



WIWeB



WIS



WTD 71

Die Bundeswehr betreibt drei Ressortforschungseinrichtungen, die angewandte Forschung zur Erkennung technologischer Trends sowie zum Aufbau und Erhalt von Analyse- und Bewertungsfähigkeit leisten. Sie werden vom Wissenschaftsrat evaluiert.

WIS (Wehrwissenschaftliches Institut für Schutztechnologien)

Forschung zum Schutz vor nuklearen, biologischen und chemischen Bedrohungen sowie zu Brandschutztechnik, elektromagnetischen Feldern und Wasseraufbereitung. Neben Vorlaufforschung bearbeitet das Institut aktuelle Fragestellungen, verbessert Produkte und Prüfverfahren und sichert die nationale Fachkompetenz. Rund 200 Mitarbeitende arbeiten in Laboren und Technikumsanlagen zu Detektion, Dekontamination, Schutzsystemen und elektromagnetischen Effekten. Das WIS unterstützt Beschaffungen, kooperiert national und international und gewährleistet wissenschaftliche Aktualität sowie Beratung in Krisensituationen.

WIWeB (Wehrwissenschaftliches Institut für Werk- und Betriebsstoffe)

Kompetenzzentrum für Sicherheit, Technologie und Chemie von Werk- und Betriebsstoffen sowie für Bekleidung, persönliche Ausrüstung, Chemikaliensicherheit sowie Arbeits- und Umweltschutz. Es schafft wissenschaftliche Grundlagen für Sicherheit und Zuverlässigkeit und trägt zur technischen Einsatzbereitschaft bei. Das Institut bewertet innovative Technologien im Systemzusammenhang und ist breit vernetzt. Integriert sind u. a. das 3D-Druckzentrum, die Leitstelle für Schweiß- und Klebtechnik sowie die Gefahrstoffmessstelle Süd.

WTD 71 (Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen)

Bündelt maritime Fachkompetenz in Entwicklung, Erprobung und Beschaffung von Marinewaffensystemen. Rund 700 Mitarbeitende arbeiten in den Bereichen maritime Technologie und Forschung. Der Ressortforschungsanteil forscht zu Unterwasseraufklärung, Kommunikation, unbemannten Fahrzeugen sowie elektrischen und magnetischen Signaturen. Grundlage sind Seerversuche und Simulation. Das Forschungsprogramm umfasst sechs Schwerpunkte, darunter maritime Umwelt, Sonaranwendungen, Signaturen und maritime Sensortechnologie.

Ihre Ansprechpartner:

Tim Richter

TimRichter@bundeswehr.org

<https://www.bundeswehr.de/de/organisation/ausruestung-baainbw/struktur/wiweb>

<https://www.bundeswehr.de/de/organisation/ausruestung-baainbw/organisation/wtd-71>

A1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Verbesserung von Orbitdaten und Manöverdetektion anhand historischen Messungen mit Hilfe von maschinellem Lernen

Maurice Uteg, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

"Mit zunehmendem Weltraummüll im erdnahen Orbit (LEO) ist präzise Bahnvorhersage für Satellitenbetrieb (optische Kommunikation, TTC) entscheidend. Das etablierte SGP4-Modell vereinfacht komplexe Störungen (z. B. Erdschwerefeld, Luftwiderstand), was zu Vorhersagefehlern führt. Dieser Ansatz nutzt neurale Netze, um aus historischen Bahndaten (TLEs, GNSS, Laservermessung) systematische Abweichungen zu lernen und SGP4-Vorhersagen zu optimieren. Die Trainingsdaten umfassen Zeitreihen von Satellitenpositionen, die zeitabhängige Muster in den SGP4-Fehlern erfassen. Dadurch wird die Bahnprognose robuster und genauer – besonders für kurzfristige Tracking-Anwendungen selten gemessener oder neuer Objekte im All.

Die Evaluation vergleicht die ML-Vorhersagen mit SGP4 und analysiert RIC-Fehler (Radial, In-Track, Cross-Track). Erste Ergebnisse zeigen, dass das Modell durch das Lernen aus historischen Abweichungen die Genauigkeit signifikant erhöht. Dies ist ein entscheidender Schritt, um Kollisionen zu vermeiden und den Betrieb von Satelliten in optischen Kommunikationssystemen zuverlässiger zu gestalten."

A1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Anwendungspotenzial großer Sprachmodelle in der wehrtechnischen Forschung

Dr. Robbert Rietkerk, Fraunhofer Ernst Mach Institut

Die Entwicklung großer Sprachmodelle (engl.: Large Language Models, LLMs) durch weltweit agierende kommerzielle Anbieter erfolgt derzeit mit hoher Dynamik. Derartige Modelle besitzen ein großes Potenzial im Bereich des wissenschaftlichen Informationsmanagements. Mögliche Anwendungen umfassen beispielsweise die semantische Suche nach Informationen mit natürlicher Sprache oder die Analyse umfangreicher Bestände von Daten und Dokumenten. Viele Entwickler von LLMs bieten den Zugriff auf ihre Sprachmodelle jedoch nur über das Internet an, wodurch sich erhebliche Einschränkungen für deren Nutzung in Verbindung mit vertraulichen Forschungsdaten ergeben.

Vor diesem Hintergrund wird am Fraunhofer EMI das Potenzial von Sprachmodellen erforscht, die auf lokaler Hardware ausgeführt, somit autark ohne externe Netzwerkanbindung genutzt werden können und besondere Sicherheitsanforderungen wehrtechnischer Forschung erfüllen. Das Potenzial dieses Ansatzes wird anhand von zwei Anwendungsbeispielen dargestellt.

Das erste Beispiel adressiert die Verarbeitung eines Satzes von Forschungsberichten aus dem Bereich der Lasertechnologie mittels Retrieval Augmented Generation (RAG). Hierbei wurde eine Systematik entwickelt, die die automatische Erstellung eines Fragenkatalogs, die Beantwortung der Fragen anhand des zugrunde liegenden Datensatzes sowie eine Bewertung der Qualität der gefundenen Antworten beinhaltet.

Das zweite Beispiel betrachtet mit der Vorhersage der ballistischen Leistung von Stabpenetratoren eine typische wehrtechnische Fragestellung. Ein wesentlicher Bestandteil bei der Erstellung eines entsprechenden Modells besteht in der Aufbereitung von Daten, die aus öffentlich zugänglichen Dokumenten extrahiert wurden. In dem Beitrag wird das Potenzial lokaler LLMs für die Beschleunigung dieses Schrittes diskutiert und wird ein Ausblick auf mögliche weitere Anwendungen von LLMs für die Modellierung von extrahierten Forschungsdaten gegeben.

A1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Wirtschaftliche KI für Mixed Realities (MR): Synthetische Trainingsdatensynthese, Event-basierte Drohnenerkennung und AR/MR-Workflows

Fabian Rücker, Fraunhofer Institut für Graphische Datenverarbeitung

Der Vortrag zeigt, wie sich KI-Anwendungen für Virtual, Augmented und Mixed Reality wirtschaftlich und skalierbar realisieren lassen – von der Datensynthese bis zum Edge-Einsatz. Der erste Vortragsteil beleuchtet die Wirtschaftlichkeit der synthetischen Generierung von Trainingsdaten aus vorhandenen CAD-Modellen (inkl. Domain Randomization, Material/Beleuchtung, Physik), um Datenknappheit, Labelkosten und IP-Risiken zu minimieren und robuste Vision-Modelle aufzubauen. Diese Modelle können auch auf Edge-Hardware ausgerollt werden, u. a. für die Drohnenerkennung mit Event-Daten, um bei minimaler Latenz und geringem Energiebedarf unter schwierigen Licht- und Bewegungsbedingungen zuverlässig Objekte zu detektieren, Posen sowie daraus abgeleitete Flugpfade zu rekonstruieren. Auf dieser Basis demonstriert der Vortrag im zweiten Teil weitere Anwendungsmöglichkeiten modellbasierter KI in MR-gestützten Trainingsszenarien sowie einer MR-basierten Assistenz für die Assemblierung, Integration und Verifikation komplexer Produktaufbauten mit kontextbezogenen 3D-Overlays. Ergänzend zeigt der Vortrag innovative Ansätze für MR-gestützte visuelle Inspektionen, bei denen KI Defekte, Abweichungen und Vollständigkeit prüft und Ergebnisse in Echtzeit visualisiert. Anwendungen in der Digitalisierung und Planung von Bestandsgebäuden bzw. deren Sanierungen sowie der automatischen, semantischen Analyse schliessen den Vortrag. Teilnehmende erhalten ein Ende-zu-Ende-Blueprint mit adäquaten Verarbeitungsprozessen, um von CAD-/Modelldaten zu synthetischen Trainingsdaten zu gelangen, wirtschaftliches Modelltraining tiefer neuronaler Netze und Edge-Deployment zu ermöglichen, die Integration in echtzeitfähige VR/AR/MR-Interfaces durchzuführen, Sicherheits- und Datenschutzaspekte zu berücksichtigen sowie Lessons Learned zu Tooling, Hardware und Betrieb. Im Ergebnis soll der Vortrag folgende Einblicke liefern: wirtschaftlichere Einführung modellbasierter KI, effizientere Trainingsdatengenerierung und geringere Kosten im Modelltraining, Anwendung tiefer neuronaler Netze in MR-Anwendungen, höhere Qualität in der visuellen Inspektion, Planung und Digitalisierung von Bestandsgebäuden, sowie automatisierte, echtzeitfähige Soll-/Ist-Abgleiche zwischen CAD und realen Produktaufbauten und bessere Nutzerakzeptanz in VR/AR/MR-Anwendungen.

A1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Technologische Souveränität durch nationale Edge-AI-Kompetenz (tentative)

Dr.-Ing. Christopher Mutschler, Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen

Künstliche Intelligenz ist ein zentraler Innovationsmotor, bislang jedoch dominiert durch außereuropäische Anbieter. Für sicherheitsrelevante Anwendungen ist daher der Aufbau einer nationalen Edge-AI-Kompetenz entscheidend, um Autarkie, Souveränität und Resilienz zu gewährleisten. Das Fraunhofer IIS erforscht hierzu energieeffiziente KI-Verfahren auf sensornahen eingebetteten Systemen, die ohne permanente Kommunikationsanbindung operieren können. Diese Edge-AI-Plattform ermöglicht autarke Entscheidungsfähigkeit direkt am Sensor und bildet die technologische Basis für agentische, autonome Systeme in Aufklärung, Lageerfassung und Wirkung. Durch Mehrzieloptimierung von Performanz und Ressourcenbedarf entstehen adaptive KI-Modelle, die auf Micro- oder Nano-Edge-Hardware mit nur wenigen Milliwatt Leistung lauffähig sind („von der Cloud in die Hosentasche“). Neben der Inferenz wird auch das energieeffiziente Nachtraining neuronaler Netze direkt auf eingebetteten Systemen untersucht, um Anpassungsfähigkeit im Einsatz zu gewährleisten und energieintensive Cloudkommunikation zu vermeiden. Ergänzend entsteht eine softwareseitige Toolchain für das Training, die Quantisierung und das Benchmarking sensornaher KI. Mit den neuromorphen Beschleunigern ADELIA (Analog In-Memory Compute, < 200 μ W) und SENNA (Spiking Neural Networks) entwickelt das Fraunhofer IIS hardwareseitig KI-Systeme, die biologische Effizienzprinzipien in elektronische Schaltkreise übertragen. Diese Architektur erlaubt eigenständige Mustererkennung und Entscheidungsfindung direkt vor Ort, etwa zur präzisen Detektion von Drohnen, Schüssen oder Kommunikationssignalen. Ziel ist der Aufbau einer nationalen Lieferkette für Software- und Hardwareplattformen, von der Forschung über die Kleinserienfertigung bis zur industriellen Integration. Durch die Bündelung von Industrie, Forschung und öffentlicher Hand entsteht so eine souveräne, exportfähige Technologiekompetenz für sicherheitskritische und militärische Anwendungen der nächsten Generation.

A1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Dialog statt Datenflut: Der intelligente Chatbot als Assistent in der Sensordatenanalyse

Dr. Michael Teutsch, HENSOLDT

In einer zunehmend datengetriebenen Einsatzrealität stehen Analysten vor der Herausforderung, steigende Mengen an (Sensor-)Daten zeitnah und umfassend zu interpretieren. Um derartige Herausforderungen zu meistern und ein möglichst vollständiges Lageverständnis zu gewinnen, nutzen Softwaremodule generative Künstliche Intelligenz (KI) in Form von Large Language Modellen (LLMs) sowie andere Werkzeuge, um Aufgaben zu automatisieren. Solche Softwaremodule werden auch als KI-Agenten bezeichnet.

Eine bekannte Art von KI-Agent ist der Chatbot. Er fungiert als intuitive, natürlichsprachige Mensch-Maschine-Schnittstelle, die es Nutzern ermöglicht, komplexe Datenanalyseaufgaben in einfacher Sprache zu formulieren und damit "die Lage zu befragen". Dabei greift der KI-Agent auf einen umfangreichen, für den Menschen oft unüberblickbaren Datenkatalog zurück, der sich sowohl aus strukturierten Datenquellen wie tabellarisch repräsentierten, vorverarbeiteten Sensordaten als auch aus unstrukturierten Datenquellen wie Fließtext zusammensetzen kann. Der Datenkatalog ist anwendungsspezifisch und sollte durch Domänenexperten zumindest partiell vorstrukturiert werden, denn der Grad an Strukturiertheit beeinflusst die Datenabfragequalität des LLM. Wenn es die Analyseaufgabe bedingt, können automatisch Daten verschiedener Quellen fusioniert werden. Dies erfolgt nur bei Bedarf, was gerade bei heterogenen Datenquellen, die nur in bestimmten Fällen gemeinsam betrachtet werden müssen, von Vorteil ist.

Gerade in den Bereichen Überwachung und Aufklärung kann der Chatbot wertvolle Unterstützung für menschliche Auswerter bieten, indem Routineaufgaben automatisiert werden, das Personal mehr Aufgaben gleichzeitig erfüllen kann und die Gefahr, relevante Informationen in der Datenflut zu übersehen, reduziert wird. Der Vortrag wird konkrete Anwendungsbeispiele und technische Ansätze vorstellen, die zeigen, wie ein intelligenter Chatbot beispielsweise in der Luftraumüberwachung die Effizienz und Effektivität im Einsatz steigern kann.

A1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Mikro Doppler Klassifikation und Simulation für Radar basierte Zielklassifikation

Dr. Felix Bock, HENSOLDT Sensors

Um einen immer schnelleren OODA-Cycle zu ermöglichen, müssen moderne Radarsysteme nicht nur zuverlässig Objekte detektieren, sondern auch Objekttypen erkennen. Für diese Aufgabe hat HENSOLDT bei allen Radarsystemen eine Klassifikation anhand von Mikro Doppler Spektren etabliert. Grundsätzlich lässt sich beobachten, dass mit einer steigenden Doppler Auflösung des jeweiligen Radarsystems eine Klassifizierung in feinere Objektklassen ermöglicht wird. Die besten Ergebnisse werden hier erzielt, wenn tiefe neuronale Netze eingesetzt werden. Die für das Training benötigten großen Datenmengen bringen jedoch einige Herausforderungen mit sich: Messkampagnen für echte Daten sind teuer, interessante Zieltypen stehen nur im begrenzten Umfang (wenn überhaupt) zur Verfügung und die Daten müssen korrekt annotiert werden.

Simulationen bieten hier eine wertvolle Ergänzung zu echten Aufzeichnungen, schaffen jedoch auch neue Herausforderungen: Simulierte Daten unterscheiden sich von realen Daten (Reality/Domain Gap). Einige Unterschiede, wie beispielsweise die Rauschstatistik, sind für Menschen kaum bemerkbar. Dies gilt im besonderen Maße für Mikro Doppler Spektren, da alltägliche Erfahrungswerte fehlen. Deep Learning Modelle jedoch neigen dazu ihre Entscheidungen abhängig von diesen Eigenschaften zu treffen. Dies erschwert die Generalisierung auf reale Daten erheblich. Es gibt daher oft Modelle, die perfekt auf simulierten Daten arbeiten, aber auf realen Daten scheitern (die Domain Adaptation schlägt fehl).

Wir zeigen anhand unterschiedlicher Simulationsansätze zum Erstellen von mikro-Doppler Spektren, wie HENSOLDT aus der Kombination von realen, simulierten und KI-generierten Daten die bestmögliche Performance erzielt, um eine schnelle Lagebewertung zu ermöglichen.

B1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Von der autonomen Wirkeinheit zum vernetzten Wirksystem: Dezentrale Sicherheitslogiken für kooperative Effektoren

Johannes Autenrieb, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Zukünftige Wirksysteme werden maßgeblich durch hochgradig vernetzte, kooperative und teilautonome Effektoren geprägt, die in dynamischen und zeitkritischen Einsatzumgebungen gemeinschaftlich operieren. Insbesondere in dichten Missionsszenarien – etwa bei koordinierten Abfangoperationen, verteilten Luftverteidigungsaufgaben oder UAV-Schwarmmissionen – müssen einzelne Effektoren nicht nur ihre primären Wirk-, Aufklärungs- und Unterstützungsaufgaben erfüllen, sondern zugleich die gegenseitige Sicherheit, Führbarkeit und operationelle Stabilität des gesamten Verbundes gewährleisten. Dies erfordert Entscheidungslogiken, die lokale Autonomie mit einer systemweiten Koordination verbinden und dabei sowohl missionsrelevante Leistungsziele als auch sicherheitskritische Randbedingungen berücksichtigen.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, entwickelt das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) dezentrale Sicherheitsfilter, Kollisionsvermeidungsmechanismen und Kooperationsalgorithmen, die robuste Entscheidungen auch unter Unsicherheiten, Kommunikationsbeschränkungen und partiellen Systemausfällen ermöglichen. Diese Verfahren integrieren Aspekte wie No-Fly-Zonen, Bedrohungsräume, Abwehrsystemgrenzen und ressourcenadaptive Einsatzführung. Gleichzeitig stellen sie sicher, dass sich Effektoren gegenseitig nicht behindern, ihre Handlungsräume respektieren und ihre Wirkmittel verantwortungsvoll und abgestimmt einsetzen.

Der Beitrag zeigt, dass integrierte Sicherheits- und Entscheidungsarchitekturen eine Schlüsselrolle für Führbarkeit, Validierbarkeit und Effektivität zukünftiger Multi-Effektor-Systeme einnehmen. Sie bilden die Grundlage für robuste, nachvollziehbare und skalierbare Entscheidungsprozesse und ebnen damit den Weg zu einer neuen Generation vernetzter Wirksysteme, deren Leistungsfähigkeit wesentlich aus der Kombination lokaler Missionsautonomie, kooperativer Abstimmung und einer gemeinsamen sicherheitskritischen Entscheidungslogik entsteht.

B1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Das DLR-Projekt Swarming - Coordination and Guidance of Unmanned Swarms

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

Der aus einer zentralen Leitstelle koordinierte Einsatz von mehreren unbemannten Boden- bzw. Luftfahrzeugen im Verbund (Unmanned Ground Systems, UGS/ Unmanned Aircraft Systems, UAS, oder auch UxS), auch Schwarm genannt, verspricht eine Vielzahl an Vorteilen in Großkrisen einzusetzen. Um einen möglichst effizienten Einsatz von einzelnen oder auch im Schwarm agierenden UxS zu gewährleisten, bedarf es jedoch einer effizienten Aufgabenverteilung sowie optimierter Missions- und Pfadplanungsverfahren zur Steuerung und Koordinierung der UxS-Schwärme. Diese Schwarmführungsfähigkeiten müssen um die Resilienz des Systems zu stärken auch unter Situationen, in denen kein GNSS zur Verfügung steht, gesichert werden.

Ein wichtiger Aspekt zukünftiger Schwarmführung ist zudem die Möglichkeit, bemannte Systeme (z.B. Helikopter) im Verbund mit unbemannten Systemen zu betreiben (Manned-Unmanned Teaming). Durch die Kombination von UxS-Systemen und bemannten Helikoptern können Einsatzkräfte auch komplexe Missionsszenarien effizient bewältigen. Beispielsweise besteht die Möglichkeit, ein ausgefallenes System (z.B. ein UAS) durch das Absetzen eines Ersatzsystems aus einem Helikopter heraus schnell zu ersetzen und die ihm zugeteilten Aufgaben übernehmen zu können.

Die oben genannten erforderlichen Fähigkeiten und Vorteile stellen derzeit jedoch noch eine Lücke in operativen Systemen im Krisenmanagement dar und werden im DLR Projekt Swarming erforscht und demonstriert. Der Vortrag präsentiert das Projekt und die bereits erreichten Ergebnisse einer Simulation, in der das entwickelte System zur UxS-Missionsführung erstmals demonstriert wurde.

B1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

MAIMP3 - Multi-Agent Interaction Model Predictive Path Planning

Dr. Christian Kallies, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Pfadplanung für unbemannte Systeme spielt eine essenzielle Rolle für deren Autonomiegrad. Solch ein System sollte unter anderem in der Lage sein selbstständig unter Verwendung der systemeigenen Hard- und Software eine Trajektorie (4D) zur Erfüllung der Mission zu generieren. Dabei kann zwischen einer globalen, meist ungenaueren, und einer lokalen Lösung, welche z.B. eine detaillierte Systemdynamik berücksichtigt, unterschieden werden. Das globale Problem formulieren wir als Multiple-Traveling-Salesman Problem. Damit lassen sich Zielpunkte auf Vehikel aufteilen, deren Reihenfolge festlegen und mittels Graphentheorie grobe Pfade (3D) generieren, welche feste Hindernisse berücksichtigen. Die erhaltene Lösung vereinfacht die lokale Trajektorienplanung (4D), welche auf Modellprädiktiver Regelung (MPC) basiert und ein detailliertes dynamisches Modell der eigenen Vehikel verwendet. Um nicht von externen Tools oder lizenzierten Lösern abhängig zu sein, wird das MPC-Problem mit Hilfe von MPPI (Model Predictive Path Integral) gelöst. Dabei werden tausende mögliche Trajektorien generiert, anhand einer Kostenfunktion bewertet und gewichtet nach ihrer Performance aufsummiert. Dieser gewichtete Durchschnitt wird normiert und liefert häufig eine bessere Lösung als alle getesteten Trajektorien.

Der vorgeschlagene Pfadplanungsalgorithmus ermöglicht ein kooperatives Verhalten mehrerer Vehikel. Das lokale Problem skaliert sehr gut mit der Anzahl der Vehikel, da die Zielpunkte bereits aufgeteilt sind und jedes Vehikel seinen genauen Pfad mit Hilfe der eigenen Hardware generieren kann. Alle anderen Vehikel werden dann lediglich als bewegliche Hindernisse aufgefasst, welche zudem nach jeder Iteration ihren Flugplan/prädierten Pfad mitteilen.

Weitere implementierte Features sind z.B. die Vorgabe von nicht-konvexen Flugkorridoren bzw. Beschränkungen und Hindernisse können als weich oder hart eingestellt werden und müssen nicht bereits bei Missionsbeginn bekannt sein.

B1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

STEALTH: Swarm Technology for Enhanced Autonomous Flight and Tactical Handling

Dr. Dmitriy Shutin, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

In diesem Vortrag fassen wir die Aktivitäten des EDF-Projekts STEALTH zusammen, das sich mit der Entwicklung eines robusten, GNSS-unabhängigen UAV-Schwarmsystems für den Einsatz in umkämpften, durch HF-Störungen beeinträchtigten Umgebungen befasst. Durch die Integration von robusten GNSS, visueller Odometrie, semantischer Kartierung, RF-basierter Lokalisierung, und INS soll das entwickelte System eine präzise autonome Navigation ermöglichen, ohne auf externe Navigationssignale angewiesen zu sein. Dank intelligenter Schwarmalgorithmik sollen UAVs über dezentrale Entscheidungsprozesse optimal agieren, sich koordinieren und anpassen, was die Widerstandsfähigkeit, Tarnung und Anpassungsfähigkeit der Mission verbessert und effektiv ein dynamisches, verteiltes Netzwerk bildet.

B1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Das zukünftige Gefechtsfeld: Weiterentwicklung von militärischen Anwendungen von FPV-Drohntechnologien

Prof. Christian Janke, Embry-Riddle Aeronautical University Worldwide Campus

Diese Präsentation bietet eine kritische Untersuchung der Entwicklung von FPV-Drohntechnologien im militärischen Bereich in den nächsten drei bis fünf Jahren.

Da sich Konflikte in umkämpften Multi-Domain-Umgebungen zunehmend entfalten, werden Plattformen benötigt, die nicht nur Sensorreichweite und kinetische Präzision bieten, sondern auch kognitive und operative Autonomie haben. In dieser Hinsicht stellen kleine Drohnen ein grundlegendes Element zukünftiger taktischer Einsatzprofile dar – sie ermöglichen diskrete ISR-, Stand-off-Zielerfassung und kinetische Operationen mit minimalem physischem Fußabdruck und reduzierter operativer Signatur.

Folgende Themen werden weiter vertieft:

Künftige Einsatzumgebungen können durch starke Störungen oder den Verlust des elektromagnetischen Spektrums geprägt sein, wodurch kleine Drohnen zunehmend autonom operieren müssen.

Autonome Navigation, KI-gestützte Entscheidungsfindung und terrainbezogene Kartierung ersetzen schrittweise das klassische fernpilotierte Steuerungsmodell.

Modular aufgebaute Nutzlasten erweitern die Einsatzmöglichkeiten kleiner Drohnen erheblich und ermöglichen schnelle Anpassungen an unterschiedliche Missionsanforderungen.

Es entsteht dadurch die Fähigkeit, Wirkmittel nahezu in Echtzeit missionsspezifisch zu konfigurieren und präzise Wirkungsentscheidungen zu treffen.

Schwarmverhalten und maschinell koordinierte Drohnen eröffnen neue taktische Möglichkeiten wie Formations-Angriffe, elektronische Täuschung, autonome Breaching-Operationen und Aera-denial.

B1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Simulationsbasiertes Testen eines autonomen UAV/UGV Teams mittels Digital Twins

Dr. Thimo Oehlschlägel und Marco Buller, IAV

Die Einführung neuer Technologien und Entwicklungsprozesse im Bereich autonomer Fahrzeuge findet zunehmend Anwendung in der Wehrtechnik. Insbesondere unbemannte Systeme wie UAV oder UGV bieten ein großes Potenzial für den Einsatz moderner Sensorsysteme und Software, die einen autonomen Betrieb ermöglichen.

Wesentliche Herausforderungen bei der Entwicklung derartiger Systeme bestehen in der Absicherung komplexer Software hinsichtlich einer sicheren und zuverlässigen Funktion unter diversen Einsatzbedingungen bei gleichzeitiger Beschleunigung der Entwicklungszyklen.

Klassische Feldtests weisen entscheidende Nachteile auf. Umweltbedingungen wie Wetterlagen können nicht beeinflusst oder reproduzierbar abgebildet werden. Auch die Durchführung kritischer Missionsszenarien, die zu Beschädigung oder Verlust des Geräts führen könnten, ist nicht oder nur mit hohen Kosten möglich.

Eine effiziente Lösung zur Bewältigung des zunehmenden Absicherungsbedarfs liegt in der virtuellen Entwicklung sowie im simulationsbasierten Testen mit der perspektivischen Zielsetzung einer virtuellen Homologation. Für den Test in einer Software- oder Hardware-in-the-Loop-Umgebung sind neben den Systemmodellen ausschließlich die (virtuellen) Steuergeräte erforderlich.

In diesem Vortrag werden anhand eines virtualisierten UAV/UGV-Teams das realitätsnahe simulationsbasierte Testen von Computer-Vision- und Flugführungsalgorithmen sowie die eingesetzten Toolketten vorgestellt. Die digitalen Zwillinge der unbemannten Systeme ermöglichen die Vorverlagerung eines Großteils der Testaufwände. Dadurch können Fehler frühzeitig und kosteneffizient identifiziert und behoben werden, bevor erste Feldtests stattfinden. Zudem wird gezeigt, wie mittels synthetisch erzeugter sowie real gewonnener Daten Stimuli für Sensor- und physikalische Systemmodelle generiert werden. Darauf aufbauend wird das reproduzierbare Szenario-basierte Testen von Algorithmen unter einstellbaren Umweltbedingungen thematisiert und bewertet.

C1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Status Hyperschalltechnologien national

Jörg Müller, MBDA und Christoph Zeumer, Diehl Defence

Als Hyperschall bezeichnet man den Geschwindigkeitsbereich Mach5 und größer. Sich mit dieser Geschwindigkeit zu bewegen, stellt speziell in Bodennähe große Herausforderungen an zukünftige Lenkflugkörper. Um sich die erforderlichen Technologien zu erschließen, hat sich die nationale Industrie inklusive Forschungsinstitute zusammengeschlossen und das Thema Hyperschalltechnologien beleuchtet.

Dieser Vortrag befasst sich mit dem erarbeiteten Status zu identifizierten Anforderungen sowie Lösungsmöglichkeiten der für den Hyperschallbereich speziellen Technologien wie strukturelle und aerodynamische Auslegung von hypersonischen Flugkörpern, Motordesign, Sensortechnologien sowie der Guidance Navigation und Control (GNC) im Hyperschallbereich.

Zur Auslegung von hypersonischen Flugkörpern werden hierbei die Auswirkungen/ Änderungen bei Aerodynamik, Aerothermodynamik sowie Strukturmechanik näher betrachtet und zudem die Erweiterung bestehender Toolketten am Beispiel TAU-Code in Zusammenarbeit mit dem DLR adressiert.

Potentielle Sensortechnologien zur Zielfindung des Flugkörpers im Geschwindigkeitsbereich Mach5+ werden präsentiert und als besondere Herausforderung von Sensortechnologien im Hyperschallbereich wird die Gestaltung von Sensorfenstern im optischen Bereich sowie die Auslegung von temperaturbeständigen Materialien und Nutzung von Ablation zur Kühlung näher betrachtet. Zudem werden die Anforderungen an die GNC im hypersonischen Geschwindigkeitsbereich adressiert.

C1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Konzipierung eines skalierten Flugexperiments zur Technologiereifmachung im Bereich des Hyperschallflugs über große Entfernungen

Dr. Benjamin Wilkosz, MBDA Deutschland GmbH

Langzeit Hyperschallflug, insbesondere wenn appliziert für Waffensysteme mit taktischer Genauigkeit und langer Reichweite, erfordert die Entwicklung einer Vielzahl Technologien. Insbesondere im Systemverband ist eine genaue Auslegung erforderlich, inhärent gekoppelt und oft als Kompromiss zwischen Performance und Integrierbarkeit. Die experimentelle Verifikation unter realistischen Bedingungen ist eine Grundvoraussetzung für die Technologiematurierung und Qualifizierung der Sub-Systeme. Im Rahmen des Vortrags wird ein Konzept vorgestellt und dargestellt wie ein europäisches Hyperschall Flugexperiment für lange Reichweite gestaltet werden kann.

Als Plattform des Flugexperimentes dient ein kleineres Hyperschall Glide Vehicle (HGV). Das HGV bietet eine kinematische Performance sowie Flugbereichsgrenze repräsentativ für ein offensives HGV System und ermöglicht die Integration von unterschiedlichen elektrischen, logischen sowie mechatronischen Sub-Systemen. Somit können Kerntechnologien erprobt, verifiziert oder sogar qualifiziert werden. Dazu gehören z.B. Navigationssensorik und deren Datenfusion, Robuste Avionik, Seeker, Thermal Protection System, Flight Termination System, Flight Control Actuation, Pen aids, Electronic Warfare oder Kommunikation über lange Reichweite. Die HGV Trägerplattform ist zudem skalierbar und kann somit auch für einen erweiterten Nutzlast angepasst werden, kann aber auch als Ziel verwendet werden für die sensorische Erfassung von Hyperschallbedrohungen oder das Abfangen mittels Interceptoren oder Direkt Energy Weapons.

Das Flugexperimentkonzept beinhaltet die Entwicklung eines Flugdynamisches Modells, welches verwendet worden ist für den Nachweis der Steuerbarkeit, Reichweite und Manövrierbarkeit im relevanten Höhe- & Geschwindigkeitsbereich. Eine Basistrajektorie wird vorgeschlagen, welches die Systemkomplexität minimiert und eine Langzeit-Hyperschallflug ermöglicht. Dabei wird die Machbarkeit eines TPS zur Einhaltung der thermalen Randbedingungen der inneren Sub-Systeme nachgewiesen. In Kombination mit einem adaptierten europäischen Höhenforschungsrakete sowie eine Machbarkeitsanalyse des Fluges von einem europäischen Versuchsgelände bietet der Vortrag einen Einblick in einer kostengünstigen Alternative für die Maturierung zukünftiger offensiver und defensiver Hyperschalltechnologien.

C1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Die XL-Kanone des Fraunhofer EMI als europaweit einzigartige Versuchsanlage für hypersonische Projektile

Dr. Peter Müller, Fraunhofer Institut für Kurzzeitdynamik

Laborversuchsmöglichkeiten zur Analyse der Interaktion von Projektilen mit Zielen sind eine wichtige Grundvoraussetzung für die wehrtechnische Forschung zu Wirkung und Schutz. Entsprechend spezialisierte Forschungsinstitute wie das Fraunhofer EMI verfügen über entsprechende Laborausstattung. Eine zentrale Versuchsanlage des Instituts ist die XL-Leichtgaskanone, die in Größe und Leistungsdaten zu wenigen vergleichbaren Anlagen dieser Art weltweit gehört und europaweit einzigartig ist.

Im Vortrag vorgestellt werden das Grundkonzept und die Leistungsdaten der XL-Leichtgaskanone. Dies schließt eine Beschreibung der eingesetzten Diagnostik mit ein. Anhand von aktuellen Untersuchungsbeispielen aus zwei Anwendungsbereichen werden die möglichen Versuchsparameter präsentiert.

Hinsichtlich der maximalen Auftreffgeschwindigkeit von Projektilen sind Werte von mehr als 7 Kilometern pro Sekunde möglich. Diese Geschwindigkeiten können mit Projektilen von mehreren 10 Gramm bis zu 100 Gramm erreicht werden. Damit werden Untersuchungen zur Wirkung von Fragmenten mit relevanten Objektgrößen im Hinblick auf Abwehrmechanismen der Luftverteidigung möglich, etwa im Kontext der Abwehr von Hyperschallbedrohungen.

Bei geringeren relevanten Geschwindigkeiten von 1-2 Kilometern pro Sekunde kann die Anlage eingesetzt werden, um KE-Penetratoren von mehr als 1 Kilogramm Masse im Labor zu beschleunigen und entsprechend endballistische Untersuchungen zu klassischen Panzerungstechnologien für Landfahrzeuge mit geringer Skalierung oder sogar im Originalmaßstab durchzuführen. Dies erlaubt auch eine grundsätzliche Validierung skalierten gegenüber vollmaßstäblichen Versuchen innerhalb des Instituts.

C1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Hyperschallforschung am DLR-Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie – Ein Überblick über derzeitige Aktivitäten

Jonas Peichl, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Die extremen aerothermischen Lasten im Hyperschallflug gelten als signifikante Herausforderung für die Realisierung dieser Flugkörper. Daher gilt ein effektiver Thermalschutz zur Sicherstellung der strukturellen Integrität des Vehikels als Schlüsseltechnologie für den erfolgreichen Einsatz von Hyperschallflugkörpern.

Am DLR-Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie werden hierbei Werkstoffe und Strukturkonzepte für heiße Leichtbaustrukturen entwickelt, die dieser Herausforderung begegnen. Die Forschungsaktivitäten gehen hierbei von der Grundlagenforschung bis zur Validierung im Flugexperiment unter realen Hyperschallbedingungen.

Ein wichtiges Forschungsgebiet ist hierbei die aktive Kühlung von thermisch höchstbelasteten Strukturen wie scharfkantige Anlaufkanten und Finnen durch Transpirationskühlung. Durch den Einsatz dieser als hocheffektiv geltenden Kühlmethode, in Verbindung mit am Institut entwickelten permeablen keramischen Verbundwerkstoffen, werden hocheffiziente Kühlsysteme ermöglicht, welche eine Leistungssteigerung des Gesamtsystems Flugkörper ermöglichen.

C1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Flugdynamische und regelungstechnische Herausforderungen hypersonischer Gleitflugkörper: Eine Fallstudie zum GHGV-2

Johannes Autenrieb, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Hyperschalltechnologien gelten derzeit als eines der strategisch bedeutendsten Entwicklungsfelder in der modernen Luft- und Raumfahrt. Insbesondere Hyperschall-Gleitflugkörper (Hypersonic Glide Vehicles, HGV), die mit Geschwindigkeiten oberhalb von Mach 5 operieren, eröffnen neue Perspektiven für zukünftige Einsatzkonzepte im Verteidigungssektor. Durch ihre Kombination aus hoher Geschwindigkeit, großer Reichweite und ausgeprägter atmosphärischer Manövrierfähigkeit unterscheiden sie sich grundlegend von konventionellen Flugkörpern und führen zu neuartigen operativen und sicherheitspolitischen Fragestellungen.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) erforscht im Rahmen verschiedener Projekte die physikalischen, technologischen und regelungstechnischen Grundlagen solcher Systeme, um deren Leistungsfähigkeit, Verwundbarkeit und Integrationspotenziale besser zu verstehen. Ein zentrales Forschungsvorhaben in diesem Kontext ist das Generic Hypersonic Glide Vehicle 2 (GHGV-2), das als generische Referenzplattform für die Untersuchung flugdynamischer Eigenschaften, Regelungskonzepte und missionsrelevanter Randbedingungen entwickelt wurde.

Im Rahmen der GHGV-2-Studien werden zentrale Herausforderungen identifiziert, die für die operationelle Nutzung solcher Systeme von Bedeutung sind: instabile Flugdynamik, stark veränderliche Umgebungsbedingungen, überbestimmte Aktuierung mit asymmetrischen und zustandsabhängigen Begrenzungen sowie strikte Betriebs- und Sicherheitsgrenzen. Der Beitrag gibt einen Überblick über diese Problemfelder und stellt aktuelle Ansätze zu deren Bewältigung vor – darunter nichtlineare und adaptive Regelungsverfahren, optimierungsbasierte Control-Allocation-Strategien sowie sicherheitskritische Methoden auf Basis von Control-Barrier-Functions (CBFs).

Damit bietet die Arbeit eine strukturierte Einordnung der laufenden DLR-Forschungsaktivitäten im Bereich der wehrtechnisch relevanten Hyperschallflugsysteme. Sie zeigt auf, wie moderne Ansätze aus der Regelungs- und Systemtheorie dazu beitragen können, die operationelle Beherrschbarkeit dieser neuen Systemklasse zu erhöhen und zukünftige Technologie- und Missionskonzepte abzusichern.

C1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Entwurf und Analyse von Gitterflügeln für einen Hyperschall-Abfangflugkörper

Christian Schnepf, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Die fortschreitende Entwicklung von Hyperschallwaffen erfordert innovative Abwehrstrategien. Ein zentraler Bestandteil zukünftiger Abfangflugkörper ist die hochpräzise Steuerung in der finalen Flugphase. Dieser Vortrag befasst sich mit der aerodynamischen und thermischen Auslegung von Gitterflügeln (als eine Option für aerodynamische Steuerflächen) für die finale Flugphase eines Abfangflugkörpers, der speziell zur Neutralisierung solcher Bedrohungen konzipiert ist. Die zugrundeliegende Flugkörpergeometrie wurde im Rahmen des von der Europäischen Kommission geförderten HYDIS-Programms entworfen und für diese Untersuchung von MBDA Deutschland zur Verfügung gestellt.

Der Auslegungsprozess basiert auf einer Kombination aus bewährten ingenieurmäßigen Verfahren und numerischen Strömungssimulationen (CFD) unter Verwendung der Reynolds-gemittelten Navier-Stokes-Gleichungen (RANS). Zunächst wurden die Gitterflügel isoliert untersucht, um den Einfluss geometrischer Parameter wie der Teilung (Gitterdichte), der Profilform und der Profildicke auf die aerodynamischen Beiwerte zu analysieren. Im Anschluss erfolgte die Anwendung der optimierten Gitterflügel am Flugkörper, um Interferenz-Effekte zu bewerten und die Steuerbarkeit für größtmögliche Agilität sicherzustellen.

Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Analyse der thermischen Lasten, die bei hohen supersonischen Machzahlen auf die Gitterflügel einwirken. Hierfür wurde ein robustes, vereinfachtes Wärmemodell speziell für die Analyse dünner Strukturen weiterentwickelt. Das Verfahren ermöglicht es, auf Basis weniger RANS-Simulationen die zeitaufgelöste Aufheizung von Bauteilen entlang typischer Flugtrajektorien vorherzusagen. Die Leistungsfähigkeit dieses Modells wird an zwei Beispielen demonstriert: zum einen an den Gitterflügeln selbst und zum anderen an einem generischen Hyperschallgleiter, der im Rahmen des DLR-Flugkörperprojektes FK2020+ entworfen wurde. Die Ergebnisse liefern entscheidende Erkenntnisse für die Materialauswahl und die Auslegung des Thermalschutzsystems

D1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Umsetzung der Weltraumsicherheitsstrategie ? Betrachtung der cyber-physikalischen Verwundbarkeit von SDA-Systemen

Prof. Dr.-Ing. Guido Bartsch, Technische Hochschule Mittelhessen (THM)

Um die Ende 2025 veröffentlichte "Weltraumsicherheitsstrategie der Bundesregierung" zielgerichtet und ressourceneffizient umsetzen zu können, ist es u.a. erforderlich, die Gefahren und Bedrohungen die in dem Weltraum hinein oder aus diesem heraus wirken zu kennen. Von Bedeutung ist auch das Ausmaß schädlicher Einwirkungen und deren Auftretenswahrscheinlichkeit quantifizieren zu können. Um darüber hinaus Handlungsoptionen entwickeln und bewerten zu können, ist eine systematische Analyse der zu betrachtenden Systemzusammensetzungen unerlässlich.

Der Aufbau internationaler Kooperationen und der Einsatz geografisch verteilter Systemressourcen zur Unterstützung einer Bildung von Space Domain Awareness (SDA) stellt eine weitere Schlüsselkomponente dar, um einerseits Abschreckung aufbauen und andererseits Wehrhaftigkeit und Resilienz stärken zu können. Insbesondere die vorgenannten Aspekte betreffen nicht nur den Verkehrsraum "Weltraum", sondern auch den Weltraum als Domäne.

Cyber-physikalische Einflüsse, die in der Domäne "Weltraum" wirken, können zu einer Degradation der systemischen Leistungsfähigkeit der in ihr aufgespannten Systeme führen. Abhängig von der Art, dem Grad und der Dynamik der Beeinflussung kann der Zeitpunkt einer hierdurch hervorgerufenen Verschlechterung der Systemperformance in zeitlich erheblichem Maße vom Zeitpunkt der Beeinflussung abweichen. Hierdurch wird die Entdeckung schädlicher Einflüsse in realen Systemen signifikant verzögert, mit entsprechenden Implikationen bzgl. deren Verwundbarkeit und Resilienz.

In diesem Vortrag wird vorgestellt, wie die Verwundbarkeit von SDA-Systemen durch cyber-physikalische Einflüsse ex situ getestet und welche Metriken zur Bewertung der System-Resilienz herangezogen werden können.

D1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

REACTS - ein widerstandsfähiges Netzwerk von Responsive Space Fähigkeiten für die europäische Verteidigung

Dr. Christopher Glaser, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Veröffentlichung des Abstracts wurde widersprochen.

D1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

ERNST im Orbit - Erste Erfolge des ersten Kleinsatelliten der Bundeswehr

Dr. Martin Schimmerohn, Fraunhofer Ernst Mach Institut

Am 16. August 2024 startete der Kleinsatellit ERNST zu seiner Mission in den niedrigen Erdborbit. Die Mission markiert den Beginn der Nutzung von Kleinsatelliten für die Bundeswehr. Der experimentelle Kleinsatellit ERNST, im Format eines 12U-CubeSat nicht größer als eine Bierkiste, wurde vom Fraunhofer EMI in einem New-Space-Ansatz entwickelt, um das Potenzial dieser Satellitenklasse und die schnelle In-Orbit-Verbringung von neuen Technologien und Anwendungen zu demonstrieren. Diese erstrecken sich für ERNST plattformseitig auf die Entwicklung des 12U-Busses mit einer generativ gefertigten optischen Bank, leistungsfähiger FPGA-basierter On-Board-Datenverarbeitungseinheit und einem De-Orbit-Bremsegegl. Von der Planung über die Entwicklung und Umsetzung bis hin zum derzeit laufenden experimentellen Betrieb des Satelliten durch Fraunhofer EMI, stellt ERNST seine Leistungsfähigkeit und Agilität derzeit unter Beweis.

Auch für das Anwendungsszenario beschreibt die Mission ERNST Neuland. Durch die Messungen mit seiner kryogen gekühlten Infrarot-Hauptnutzlast, werden in Deutschland und Europa erstmalig Signaturen von Raketen im Kontext der Raketenfrühwarnung erfasst. Solche Daten bieten essenzielle Erkenntnisse für die Entwicklung eigener operativer Systeme für die erweiterte Luftverteidigung.

Nachdem auf der letzten DWT-Tagung über die Mission ERNST und die Satellitentechnologie kurz vor dem Raketenstart berichtet wurde, umfasst der aktuelle Vortragsvorschlag eine Präsentation des aktuellen Stands der Mission und zieht eine erste Zwischenbilanz nach 1,5 Jahren des ersten Kleinsatelliten der Bundeswehr im Orbit. Diese zieht Einblicke in den Missionsbetrieb und erzielte Ergebnisse ein. Speziell zu letzterem werden freigegeben Beispiele präsentiert, die die Leistungsfähigkeit des Satelliten verdeutlichen. Zudem wird ein Ausblick auf den weiteren Missionsverlauf und geplante Anschlussaktivitäten aufgezeigt.

D1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Satellitenmissionsbetrieb mit H3C anhand der OTTER Satellitenmission als Beitrag zur Erstellung eines maritimen Lagebildes

Sasha Tholl, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Die zunehmenden Anforderungen an sicherheitsrelevante maritime Lagebilder verdeutlichen den Bedarf an kosteneffizienten, schnell einsetzbaren und technisch robusten Kleinsatellitensystemen. Im Rahmen des Vortrags werden die Satellitenmission OTTER vorgestellt sowie das Holistic CubeSat Control Center (H3C) analysiert. Letzteres wurde im Responsive Space Cluster Competence Center des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (RSC³) entwickelt und stellt ein Forschungs- und Betriebskonzept dar, das in Kooperation mit der Fachhochschule Aachen maßgeblich weiterentwickelt wurde. H3C basiert auf offenen Komponenten und Standards und verfolgt das Ziel, missionskritische Operationen hochgradig modular und flexibel zu gestalten. In diesem Kontext fungieren OTTER und das H3C als praxisnahe Demonstrationsplattformen. Der Satellit integriert die Verfahren der optischen Beobachtung, des maritimen Funksignalempfangs und der präzisen Navigation, um zur Generierung eines ganzheitlichen maritimen Lagebildes beizutragen. Der Missionsbetrieb wird über ein verteiltes, interoperables Bodensegment realisiert, in das Einrichtungen des DLR, der Hochschulforschung sowie deutsche industrielle Partner eingebunden sind. Innerhalb dieser Infrastruktur stellt H3C eine hoch modulare und integrierte Betriebsumgebung bereit, in der die Planung, die Telemetrie und Telecommando-Verarbeitung, das Datenmanagement und die Systemkonfiguration in einem konsistenten Architekturrahmen vereint werden.

Auf Grundlage der im Rahmen des laufenden OTTER-Missionsbetriebs gewonnenen Erkenntnisse erfolgt eine erste Evaluation der Leistungsfähigkeit des H3C-Konzepts. In der vorliegenden Arbeit wird dargelegt, in welcher Weise H3C zur Reduktion operativer Komplexität, zur Verbesserung der Reaktionsfähigkeit sowie zur strukturierten Erzeugung maritimer Lagebildinformationen beiträgt und welche systematischen Entwicklungspotenziale sich daraus ableiten lassen. Die vorliegende Analyse hat zum Ziel, einen Beitrag zur Weiterentwicklung skalierbarer, sicherheitsrelevanter Satellitenoperationen zu leisten.

D1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Inspektor Mission: Autonome Annäherung und optische Satelliteninspektion im LEO

Dr. Christopher Glaser, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Veröffentlichung des Abstracts wurde widersprochen.

D1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

VLEO Scout - Eine 16U Cubesat-Mission zum Erkunden des VLEO für agile und resiliente Erdfernerkundung

Patrick Bambach, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Die raumgestützte Aufklärung ist ein wichtiges Werkzeug für die Generierung eines Lagebildes. Immer höherwertigere Satelliten liefern genauere und nahezu Echtzeitdaten. Gleichzeitig steigt die Gefährdung dieser Plattformen durch aktives Wirken gegen einzelne Plattformen oder sogar der kompletten Verweigerung der Dimension Weltraum.

Der sehr niedrige Erdborbit „VLEO“ erzwingt durch die dichtere Restatmosphäre ein exklusiver Operationsraum für spezialisierte Satelliten und erschwert somit die direkte Abwehr. Sogar bei einem durch Weltraumschrott komplett verweigertem niedrigem Erdborbit (LEO) kann im VLEO noch operiert werden. Zusätzlich bietet der geringere Abstand zum Aufklärungsziel höhere Auflösungen bei gleichem Sensorikaufwand.

VLEO Scout hat zum Ziel, die Atmosphäre im VLEO zu vermessen, um zukünftige VLEO-Missionen besser entwerfen zu können, kritische Technologien zu Erproben und diesen Einsatzraum zu erschließen. Dazu sollen elliptische Orbits genutzt werden, bei denen sich der Satellit nur auf der niedrigen Orbitseite, dem Perigäum, im VLEO befindet, während die hohe Orbitseite, das Apogäum, im LEO ist. Dadurch kann die Missionsdauer deutlich verlängert und durch stufenweises Absenken des Perigäums gezielt ein größerer Bereich des VLEO vermessen werden. Für Responsive Space Missionen demonstriert dieses Missionsszenario des Weiteren, einen gezielten Einsatz von im Vorhinein verbrachten Aufklärungssatelliten.

Im Sinne von Responsive Space wird die Mission in relativ kurzem Zeitraum umgesetzt. Es werden bei VLEO Scout stringent off-the-shelf Komponenten verwendet, um das Risiko von Zeitverzögerungen und Kostensteigerungen zu mitigiert und die Durchführung der Mission im Orbit im Jahr 2028 ermöglicht.

E1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Sicherheit und Innovation

Dr. Hans-Joachim Kolb, DITS.center

Die sicherheitspolitische Lage verlangt nicht nur neue Technologien, sondern vor allem neue Fähigkeiten, diese schnell, wirksam und verantwortungsvoll bereitzustellen. Hybride, technologiegetriebene Bedrohungen entwickeln sich dynamisch und entziehen sich häufig den Taktungen klassischer Forschungs-, Entwicklungs- und Beschaffungsprozesse. Entscheidend ist daher weniger die einzelne Innovation als die Fähigkeit, Innovation dauerhaft in Einsatzfähigkeit zu überführen. Die Präsentation unterscheidet zwei komplementäre Innovationsszenarien, die für den Sicherheitsbereich von besonderer Relevanz sind. Das erste Szenario ist die Entwicklung einer Basisinnovation mit disruptivem Charakter. Sie erfordert Mut, Zeit und Durchhaltevermögen, ist häufig mit Paradigmenwechseln auf Anwenderseite verbunden und trifft auf erhebliche Finanzierungs- und Akzeptanzhürden. Ihre Wirkung entfaltet sich langfristig, kann dafür aber bestehende Denk- und Einsatzmodelle grundlegend verändern. Das zweite Szenario ist die Einführung einer Lösung zum gezielten Schließen einer konkreten Fähigkeitslücke. Dieser Ansatz kann sehr schnell starten, nutzt marktverfügbare Technologien und entwickelt sich agil entlang realer Einsatzanforderungen weiter. Operative Wirksamkeit entsteht früh, Anpassung und Skalierung erfolgen iterativ im laufenden Betrieb. Start-ups nehmen in beiden Szenarien eine Schlüsselrolle ein, da sie technologische Umsetzung, operative Nähe und wirtschaftliche Verantwortung integrieren. Off-the-Shelf-Lösungen ermöglichen den unmittelbaren Einstieg, während Forschung neue Methoden, Hypothesen und Lösungsansätze entwickelt und in frühen Experimenten überprüft – ohne lineare Übergaben und ohne Anspruch auf kurzfristige Vollständigkeit. Zentral ist die Zusammenarbeit auf Augenhöhe zwischen Anwendern, Innovatoren und Forschung. Dieses Zusammenspiel etabliert eine lernende Sicherheitsarchitektur, die nicht nur eine erste Lösung erzeugt, sondern auch deren kontinuierliche Weiterentwicklung, Bewertung und operative Nutzung ermöglicht. Betrieb, Anpassung und Weiterentwicklung werden dabei als integraler Bestandteil der Innovationslogik verstanden. Anhand der Entwicklung der Traversals Analytics and Intelligence GmbH wird gezeigt, wie beide Innovationsszenarien praktisch umgesetzt und miteinander verbunden werden können. Traversals steht exemplarisch für ein Modell, das sowohl den Aufbau einer grundlegenden technologischen Innovation als auch die schnelle Schließung konkreter Fähigkeitslücken ermöglicht – mit messbarer Wirkung im sicherheitsrelevanten Einsatz und mit wirtschaftlicher Tragfähigkeit im Markt. Die Präsentation leitet daraus Implikationen für militärische und behördliche Akteure ab und zeigt, welche strukturellen Voraussetzungen notwendig sind, um Innovationsfähigkeit als dauerhafte sicherheitspolitische Ressource zu etablieren.

E1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Rapid Capability Deployment für Beschleunigung der Innovationszyklen für militärisch genutzte Drohnen

Simon Schopferer, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Der Einsatz von Drohnen in militärischen Konflikten zeichnet sich durch ein hohes Maß an Agilität und ein sich schnell veränd erndes Umfeld aus. Die Dauer der Innovationszyklen für die Entwicklung von Drohnen für die Ukrainischen Streitkräfte wird aktuell mit wenigen Wochen bemessen. Gleichzeitig sind moderne Drohnen in hohem Maße software-defined, d.h. dass viele Fähigkeiten, insbesondere Fähigkeiten für die autonome Missionsdurchführung, in Software implementiert sind. Diese Entwicklungen stellen etablierte Entwicklungsmethoden vor große Herausforderungen.

In diesem Vortrag stellen wir ein konzeptionelles Framework für Rapid Capability Deployment (RCD) vor. Das RCD-Framework integriert DevOps-Prinzipien, die eine kontinuierliche Entwicklung, Erprobung, Bereitstellung und Überwachung umfassen. Das Framework ermöglicht die Nutzung moderner Workflows und Tools für die Entwicklung und Bereitstellung von Software-Updates. Gleichzeitig werden Software-Komponenten laufend überwacht - sowohl um die Betriebssicherheit zu gewährleisten als auch um die Funktion und Leistungsfähigkeit der agil entwickelten Software zu evaluieren. Dieser Prozess fördert eine enge Zusammenarbeit zwischen den Entwicklungsteams und den Anwendern, was sowohl die Effizienz im Einsatz als auch die Entwicklungsgeschwindigkeit erhöht. Das RCD-Framework ermöglicht in der kontinuierliche Weiterentwicklung von Software für Drohnen flexibel auf Änderungen der Anforderungen zu reagieren und gleichzeitig die Sicherheit und Effizienz der unbemannten Systeme zu gewährleisten.

E1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Stabilität in unsicheren Zeiten: Qualität und Technologie als Rückgrat der Verteidigungsindustrie

Frank König, fem Forschungsinstitut

Die sicherheitspolitischen Verschiebungen der vergangenen Jahre haben die Verteidigungsindustrie vor eine zentrale Herausforderung gestellt: Produktionskapazitäten müssen in bislang ungekannter Geschwindigkeit skaliert werden, um die Bedarfe von Bundeswehr, Partnerstaaten und Verbündeten zuverlässig zu decken. Doch schnelles Hochfahren allein genügt nicht. Rüstungsgüter unterliegen extrem hohen Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen – Ausfälle oder Abweichungen sind nicht akzeptabel. Gleichzeitig erfordert die komplexe Wertschöpfungskette neue, verlässliche Lieferanten, die in kurzer Zeit qualifiziert, integriert und technisch befähigt werden müssen. Dieses Spannungsfeld zwischen Tempo, Qualität und technologischer Komplexität birgt erhebliche Risiken: von Materialengpässen über unzureichende Prozessstabilität bis hin zu sicherheitskritischen Qualitätsdefiziten.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, gewinnt der Aufbau von Gütegemeinschaften zunehmend an Bedeutung. In solchen Verbünden schließen sich spezialisierte Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Prüforganisationen zusammen, um gemeinsam verbindliche Qualitätskriterien zu definieren, Prüfverfahren zu harmonisieren und eine transparente, kontinuierliche Qualitätssicherung zu gewährleisten. Gleichzeitig ermöglicht die gemeinsame F&E-Arbeit die schnelle Weiterentwicklung von Werkstoffen, Beschichtungen, Fertigungsverfahren und Testmethoden – ein entscheidender Vorteil in einem Umfeld, in dem technologische Überlegenheit und Zuverlässigkeit essenziell sind.

Gütegemeinschaften schaffen damit den strukturierten Rahmen, um neue Lieferanten schneller zu qualifizieren, Risiken systematisch zu minimieren und Innovationen zielgerichtet in die industrielle Praxis zu übertragen. Sie tragen wesentlich dazu bei, dass die Verteidigungsindustrie auch unter hohem Zeitdruck Produkte auf höchstem technologischem Niveau bereitstellen kann – und damit handlungsfähig bleibt, um den sicherheitspolitischen Anforderungen der Zukunft zu begegnen.

E1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Von der Forschung zur Einsatzreife: Innovationsmanagement in Unternehmen als Schlüssel für schnelle und agile

Technologieentwicklung

Dr. Stefanie Schrader, HENSOLDT

Etablierte Unternehmen im Verteidigungs- und Sicherheitsbereich stehen vor der zentralen Herausforderung, Technologien im Bereich der angewandten Forschung erfolgreich in marktfähige Produkte zu überführen. Genau in dieser Phase entsteht das bekannte „Valley of Death“, der kritische Übergang zwischen Forschungsergebnis und industriell fertigbaren, integrierbaren und skalierbaren Produkten. Klassische, sequenzielle Entwicklungsprozesse sind hierfür oft zu langsam und zu schwerfällig. Effektives Innovationsmanagement in etablierten Unternehmen der Verteidigungsbranche wird zum entscheidenden Faktor, um diese Herausforderung zu lösen und Entwicklungszyklen spürbar zu verkürzen. Ein wesentlicher Ansatz ist die agile Demonstratoren- und Prototypenentwicklung. Durch Rapid Prototyping können Technologien mit niedrigem Technological Readiness Level (TRL) frühzeitig in funktionsfähige Demonstratoren überführt werden. Gleichzeitig erlaubt agiles Vorgehen, externe Entwicklungen durch z.B. Start-Ups, rascher in etablierten Unternehmen und deren Produkte zu integrieren. Oft liefern sie Prototypen und bereits erprobte Lösungen innerhalb kürzester Zeit. Entscheidend ist jedoch, dass etablierte Unternehmen Strukturen schaffen, um solche Innovationen frühzeitig zu identifizieren, effektiv mit den Start-Ups zusammen zu arbeiten und in einsatzfähige Produkte zu überführen. Einsatzbereite Innovationen entstehen dabei nicht isoliert: Unternehmen, Start-Ups, Forschungseinrichtungen, staatliche Bedarfsträger, Beschaffungsorganisationen und Verbände müssen gemeinsam zusammen arbeiten. Ein starkes Defense-Innovationsökosystem schafft Austausch und Transparenz, beschleunigt Entscheidungsprozesse, fördert Skalierbarkeit und unterstützt die Integration von Innovationen in die existierende Systemlandschaft.

Der Vortrag beleuchtet die Zusammenhänge aus Unternehmensperspektive und zeigt anhand praktischer Erfahrungen, wie bei HENSOLDT Innovationsmanagement, Rapid Prototyping und Ökosystemarbeit ineinandergreifen.

E1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Next Generation Defence

Leonard Wessendorff, Project Q

Als Gründungsmitglied von NextGen Defence im BDSV möchten wir die Bedeutung von Startups für das Innovationsökosystem der Verteidigungsindustrie herausarbeiten und gemeinsam mit den Gästen diskutieren. Wir sind überzeugt, dass unser themenübergreifender Beitrag eine wertvolle Diskussionsgrundlage bietet – angereichert durch praxisnahe Einblicke aus der Startup-Forschung im Bereich Situational Awareness.

Kernbotschaft: Junge Defence-Startups leisten mit kurzen Entwicklungs- und Prototypingzyklen, agilen Methoden und ausgeprägtem disruptivem Innovationsverhalten einen entscheidenden Beitrag zur Weiterentwicklung des Innovationsökosystems – und damit zur Stärkung unserer langfristigen Verteidigungsfähigkeit. Ihre Geschwindigkeit und Risikobereitschaft ergänzen die Stärke etablierter Unternehmen und machen gemeinsame Fähigkeitsentwicklung möglich.

Hintergrund: Die steigende Dynamik technologischer Entwicklungen im Verteidigungsbereich erfordert kontinuierliche Innovationsimpulse und die Fähigkeit, neue Technologien schnell auf Funktionsreife zu heben. Junge Defence-Tech-Unternehmen bringen hierfür einzigartige Voraussetzungen mit:

Kurze Entwicklungszyklen: Durch geringe Hierarchien und die unmittelbare Nähe zwischen Entwicklung, Entscheidung und Umsetzung können Startups Prototypen und Proof-of-Concepts in einem Bruchteil der Zeit realisieren.

Kosteneffizienz: Startups operieren typischerweise mit begrenzten Ressourcen – was zu stark optimierten Entwicklungsprozessen führt.

Höhere Risikobereitschaft als etablierte Unternehmen und experimentelle Firmenkultur.

Warum trotzdem die Kooperation mit etablierten Unternehmen essenziell ist

Systemkompetenz: Die Integration in große Plattformen, komplexe Sensor-Netzwerke oder bestehende Führungs- und Einsatzsysteme erfordert tiefes Domänenwissen und langjährige Erfahrung.

Zertifizierung, Sicherheit und Robustheit: Von Softwarehärtung bis Zulassungsverfahren sind viele Schritte im Verteidigungssektor hochkomplex und sicherheitskritisch.

Skalierung: Um aus Prototypen einsatzfähige Fähigkeit zu machen, sind u.a. Produktionskapazitäten, Qualitätsmanagement und Lieferketten entscheidend.

Fazit: Die Innovationskraft junger Defence-Startups und die Systemkompetenz etablierter Industriakteure sind keine Gegensätze, sondern Voraussetzung für erfolgreiche Fähigkeitsentwicklung. Nur durch das Zusammenspiel kann Deutschland technologisch Schritt halten.

E1: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Vom Projektgeschäft zum Integrationsgeschäft: Wie Software Defined Defence die Beschaffung beeinflusst

Maximilian Holzner, UniBw München

Wie auch in vielen anderen Bereichen und Industrien (bspw. Software Defined Vehicle) hat der Wandel zu einer von Software dominierten Leistungsfähigkeit vermeintlich „hardwarezentrierter“ Produkte nicht nur für Einsatz und Betrieb solcher Systeme, sondern auch für deren Beschaffung massive Konsequenzen. Der vorgeschlagene Beitrag beleuchtet aus der Perspektive der wehrwirtschaftlichen Beschaffungsforschung, welche Herausforderungen und Lösungsansätze damit verbunden sind.

Software Defined Defence (SDD)-Systeme führen zu einem System der „zwei Geschwindigkeiten“: Während die Hardware bspw. eines Kampfflugzeuges oder Kampfschiffes über einen längeren Zeitraum Bestand hat, unterliegt die Software dieser Systeme deutlich kürzeren Innovations- und Updatezyklen (bspw. wöchentliche Aktualisierungen bei Drohnen). SDD bedeutet eine digitale Kopplung bislang weitgehend isoliert agierender Einzelsysteme. Daher ist es erforderlich, eine stabile, teilsystemverbindende Architektur mit flexiblen Anpassungsmöglichkeiten zu verbinden.

Diese beiden Entwicklungen haben massive Konsequenzen für die Beschaffung solcher Systeme. Wurden bei SDD bislang vor allem technische Fragestellungen diskutiert, soll im Mittelpunkt dieses Beitrags die Neudefinition des Geschäftsmodells mit Lieferanten und die Konsequenzen für die Beschaffung stehen. Der sog. Geschäftstypenansatz für Austauschbeziehungen mit Lieferanten zeigt, dass die Integrationsanforderungen von SDD einerseits den Fokus vom Einzelkauf zum Kaufverbund verschieben und dass andererseits langfristige Architekturentscheidungen („Defence-Betriebssystem“) und kurzfristige Softwareanpassungen („Defence-Apps“) Hand in Hand gehen müssen. Die Rüstungsbeschaffung wandelt sich vom Projektgeschäft zum Integrationsgeschäft.

Gleichzeitig werden Digitalisierungstechnologien wie Künstliche Intelligenz nicht mehr aus dem Militär in die zivile Wirtschaft getrieben, sondern dieser Effekt hat sich umgekehrt. Die bislang relativ innenorientierten Innovations- und Beschaffungsprozesse der Bundeswehr müssen daher nach „außen“ geöffnet werden. Für den Beitrag entwickeln wir dazu das Modell eines Software Defined Procurement.

A2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

KITE: Secure AI Testing & Engineering Platform for Mission-Critical Systems and Defence Innovation

Dr. Axel Koldewey, adesso SE

Mit KITE (KI-Test und Entwicklungsplattform) wird eine sichere, standardisierte und innovationsorientierte Experimentierumgebung für Künstliche Intelligenz in sicherheitskritischen Behördenkontexten aufgebaut. Der Ansatz adressiert ein zentrales Defizit aktueller KI-Vorhaben im Verteidigungsumfeld: das Fehlen einer kontrollierbaren, auditierbaren und strukturierten Plattform für die Entwicklung, das Training, die Validierung und den sicheren Betrieb von KI-Systemen.

KITE stellt eine modular aufgebaute KI-Infrastruktur bereit, die den gesamten Lebenszyklus von KI-Modellen abdeckt – von Datenbereitstellung und Vorverarbeitung über Training und Evaluation bis hin zur kontrollierten Integration in operative Systeme. Zentrale Merkmale sind dabei die strikte Trennung von Entwicklungs-, Test- und Betriebsdomänen, die Umsetzung von Security- und Governance-by-Design sowie die Einbettung in hochregulierte und abgeschottete IT-Umgebungen.

Technisch basiert KITE auf einer containerisierten, orchestrierten Plattformarchitektur mit standardisierten KI-Pipelines, versionierten Datenräumen und reproduzierbaren Experimentierumgebungen. Integrierte Mechanismen für Auditierbarkeit, Nachvollziehbarkeit und Modell-Governance ermöglichen die kontrollierte Nutzung auch in sensiblen Einsatzkontexten. Gleichzeitig unterstützt KITE den föderierten Betrieb über mehrere Organisationseinheiten hinweg und erlaubt so die domänenübergreifende Entwicklung von KI-Anwendungen im Multidomain-Kontext.

Ein besonderer Fokus liegt auf der Unterstützung sicherheitskritischer KI-Anwendungsfälle wie Lagebilderstellung, Entscheidungsunterstützung, Anomalieerkennung oder Informationsfusion. KITE ermöglicht hierfür eine sichere Erprobung neuer KI-Modelle unter realitätsnahen, aber kontrollierten Bedingungen, ohne produktive Systeme zu gefährden.

Damit stellt KITE eine technische Grundlage für die strukturierte Integration von KI in softwaredefinierte Verteidigungssysteme dar. Sie trägt zur Erhöhung der technologischen Souveränität, zur Standardisierung von KI-Entwicklungsprozessen und zur Beschleunigung der Innovationszyklen im sicherheitskritischen Umfeld bei.

A2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Modellbasierte Safety-Ansätze als Enabler für beschleunigte Zulassungsprozesse und effektivere

Safety-Onboarding Prozesse

Dr. Tobias Braun, Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering

Die Komplexität und Innovationsgeschwindigkeit bei der Entwicklung moderner Verteidigungssysteme stellt neue Anforderungen an Zulassung, Sicherheit und Interoperabilität. Besonders im Kontext der erforderlichen Beschleunigung von Zulassungs- und Zertifizierungsprozesse wächst der Druck, Entwicklungszeiten zu verkürzen, ohne Kompromisse bei der Systemsicherheit einzugehen. Gleichzeitig erfordert die Vernetzung von Teilsystemen unterschiedlicher Hersteller den belastbaren Nachweis eines sicheren Gesamtsystemverhaltens – eine Aufgabe, die mit klassischen Methoden nur schwer beherrschbar ist. Insbesondere wird hierfür auch der Austausch von Nachweisen und Dokumenten erforderlich, welche idealerweise ein ähnliches Abstraktionslevel sowie hinreichend kompatibles Austauschformat aufweisen. Zusätzlich ergeben sich Herausforderungen aus der Variantenvielfalt sowie dem Variantenmanagement hinsichtlich Entwicklung, Absicherung und Zulassung. Ein weiteres Themengebiet ist das effiziente Onboarding neuer Mitarbeiter in diese komplexen Systeme sowie die damit einhergehenden Entwicklungs- und Nachweisprozesse.

In unserem Beitrag zeigen wir aus unserer Praxis, wie modellbasierte Safety-Ansätze helfen können, diesen Herausforderungen zu begegnen. Im Ergebnis entsteht ein durchgängig integriertes und nachvollziehbares System- und Safetymodell, auf dessen Basis die Sicherheitsargumentation für die Zulassung vereinfacht wird, das mehrere Produktvarianten strukturiert unterstützt und die Einarbeitung und Wissensvermittlung für neue Teammitglieder deutlich beschleunigt. Wir präsentieren innovative und praxiserprobte Methoden und Werkzeuge, die unsere Erfahrungen in der modellbasierten Absicherung in unterschiedlichen Anwendungsdomänen beinhalten. Beispielhaft zeigen wir auf, welches Potenzial in der Adaption dieser Methoden für die Verteidigungsindustrie liegt.

A2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Risikobasiertes Testen von KI-Systemen: Vom Risk Storming zum Metamorphen Testen

Nils Röttger, imbus AG

KI-basierte Systeme stellen Qualitätssicherung vor neue Herausforderungen. Anders als deterministische Software zeigen KI-Systeme probabilistisches, daten-abhängiges Verhalten ohne eindeutig "korrektes" Ergebnis. Traditionelle Testmethoden, die auf Soll-Ist-Vergleichen basieren, stoßen hier an ihre Grenzen.

Ein systematischer Ansatz beginnt mit der Betrachtung der Qualitätskriterien für das jeweilige System. In einem strukturierten Risikoworkshop werden dann gezielt die spezifischen Risiken für diese Qualitätsmerkmale identifiziert und priorisiert. Dieser kollaborative Prozess bringt unterschiedliche Perspektiven zusammen: technisches Know-how, Domänenwissen und Qualitätsbewusstsein.

Für solche Risikoworkshops stehen verschiedene Methoden zur Verfügung: FMEA und HAZOP sind etabliert, benötigen jedoch Tage bis Wochen Aufwand. Risk-Storming ermöglicht als schnelle Alternative die kollaborative Risikoidentifikation in 1-4 Stunden – besonders wertvoll für neue Technologien wie KI, bei denen Risiken noch nicht vollständig bekannt sind.

Für KI-Systeme in Verteidigungsanwendungen ergeben sich spezifische Risikoklassen: Robustheit unter unerwarteten Bedingungen (z.B. Adversarial-Attacks), Zuverlässigkeit im operativen Einsatz, Interoperabilität mit bestehenden Systemen, fehlende Erklärbarkeit von Entscheidungen sowie Bias in Trainingsdaten.

Basierend auf den identifizierten Risiken wird eine risiko-basierte Teststrategie entwickelt. Metamorphes Testen bietet hierfür eine systematische Methode für KI-Systeme: Es nutzt metamorphe Relationen – erwartbare Beziehungen zwischen Input-Variationen und Output-Änderungen. Bei Navigationssystemen sollte die Umkehrung einer Route zur gleichen Streckenlänge führen; bei Bildklassifikation für ein Zielerkennungssystem sollte Rotation die Klassifikation nicht ändern. Metamorphe Relationen können dabei nicht nur Gleichheit prüfen, sondern auch statistische Eigenschaften wie Standardabweichungen.

Der Vortrag vermittelt praktisch anwendbare Methoden für KI-Systeme in Verteidigungsanwendungen.

A2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Bewertung der Qualität synthetischer Daten im Kontext von Anwendungen im militärischen Bereich

Oliver Salzmann, Resaro Europe

Die Generierung synthetischer Daten (SDG) bietet ein erhebliches Potenzial für Verteidigungs- und Sicherheitsanwendungen, von der Schulung von KI-Modellen bis hin zur Validierung kritischer Systeme unter Bedingungen, unter denen die Erfassung realer Daten unpraktisch, gefährlich oder unmöglich ist. Synthetische Daten sind jedoch nicht von Natur aus nützlich – sie müssen systematisch bewertet werden, um sicherzustellen, dass sie ihren beabsichtigten Zweck erfüllen.

Dieses Papier stellt einen umfassenden Testplan-Rahmen zur Bewertung der Qualität synthetischer Daten anhand strukturierter Qualitätsindikatoren vor. Wir schlagen eine Methodik vor, bei der die Bewertungsdimensionen auf der Grundlage spezifischer betrieblicher Anforderungen definiert werden – beispielsweise statistische Übereinstimmung mit Zielverteilungen, Abdeckung kritischer Szenarien und Randfälle sowie Validierung der Eignung für den vorgesehenen Zweck durch die Leistung nachgelagerter Aufgaben. Jede Dimension wird durch messbare Qualitätsindikatoren operationalisiert, die systematisch getestet und berichtet werden können.

Anhand eines konkreten Beispiels, der Bewertung von Deepfake-Detektoren, zeigen wir, wie dieser Testplanansatz sicherstellt, dass synthetische Daten die betrieblichen Realitäten genau erfassen. Indem synthetische Daten als testbares Artefakt mit definierten Qualitätsanforderungen behandelt werden, bietet dieser Ansatz die strenge Sicherheit, die für militärische Anwendungen mit hohem Risiko erforderlich ist.

A2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Getestet und trotzdem gefährdet - die neue Realität komplexer Systeme?: Warum nur automatisierte, KI-gestützte und intelligente Teststrategien sicherheitskritische Systeme retten.

Martin Kugelmann, Spherea und Dr. Stefan Mück, IBM

„Komplexität tötet – und sie wächst weiter.“

Sicherheitskritische Systeme im Defence-Bereich werden immer komplexer: vernetzte Hardware, Sensorfusion, Software-Integration und dynamische Einsatzszenarien. Experten wie Charles Perrow sprechen von „normalen Katastrophen“ – je komplexer ein System, desto sicherer ist sein Zusammenbruch. Die Frage ist nicht ob, sondern wann.

Mit „Software Defined Defence“ übernehmen dieselben Plattformen heute mehrere Aufgaben – von Kommunikation bis Electronic Warfare (EW). Ein EW-Receiver muss Radaremittern erfassen, detektieren, klassifizieren und identifizieren – in einem elektromagnetischen Spektrum, das sich stetig verdichtet. Vernetzte Operationsführung, Low-Probability-of-Intercept-Radare und multifunktionale RF-Systeme mit hochagilen Wellenformen sprengen klassische Datenbankansätze.

Die Antwort sind lernende Verfahren wie neuronale Netze – doch sie erhöhen die Komplexität zusätzlich. Klassische Abnahmeverfahren geraten an ihre Grenzen: Wie prüfen wir Systeme, die selbst lernen? Wie sichern wir Performanz in missionskritischen Szenarien und gegen adversariale Signale?

Der Vortrag zeigt, warum wir radikal umdenken müssen: Automatisierte, digitalisierte und KI-gestützte Teststrategien sind nicht „nice to have“, sondern überlebenswichtig. Spherea als Experte für das Testen sicherheitskritischer elektronischer Systeme arbeitet gemeinsam mit IBM als KI-Spezialist an innovativen Konzepten und Prototypen, um die Stärken beider Welten zu vereinen – präzise Testverfahren und intelligente Analyse.

Die Botschaft ist klar: Wer die Komplexität ignoriert, riskiert die Katastrophe. Wer sie beherrscht, sichert die Zukunft – und die Sicherheit.

A2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Learning from battlefield – AI based processes and concept of a Defense Intelligence Platform

Dr. Peyman Merat und Malte Stimming, UNITY

Modern defence systems are undergoing a fundamental shift: they are becoming highly networked, software-defined defence capabilities rather than static hardware products. They collect data, react to their environment and continuously extend their capabilities through software updates. To properly design and safeguard these adaptive and “intelligent” systems, software, data and connectivity must be treated as core elements of capability extension.

At the same time, development approaches are changing. Processes that were previously manual and sequential can increasingly be automated, parallelised and optimised based on data. Battlefield experience and operational feedback are becoming a strategic asset: they must be captured, analysed and fed back into the development cycle to drive rapid capability extension across platforms and mission systems.

To unlock this potential, organisations need a Defence Intelligence Platform – a digital backbone that connects data and processes across the enterprise. It integrates sensor, engineering and logistics data as well as operational reports, including real battlefield experience, into a coherent data network. On top of this, AI applications process and interpret the data at scale, turning it into actionable insights for both product development and operations.

AI is a key enabler in this transformation. It is increasingly embedded in products and in engineering and support processes, accelerating fault detection and root-cause analysis in complex subsystems such as vehicle wiring harnesses, supporting mission engineering and decision-making, and continuously tuning system performance based on real battlefield data.

This presentation shares experience from multiple AI-based solutions in a software-defined context. By accessing multiple operational systems via the Defence Intelligence Platform and leveraging early field and test data, these tools rapidly identify root causes, pinpoint the area of action and significantly reduce analysis and resolution time – enabling earlier achievement of required quality and readiness levels and strengthening operational superiority on the battlefield.

B2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Loitering Munition Systems - 5 Jahre Forschung, die befähigt

Matthias Laubert, AMDC

Der Vortrag führt in das Themenfeld „Forschung im Bereich der Loitering Munition“ ein und erläutert zunächst die Besonderheiten dieser Wirkmittelkategorie im Vergleich zu bereits eingeführten Waffensystemen.

Aufbauend auf dieser Einordnung erfolgt eine chronologische und inhaltliche Herleitung ausgewählter Forschungsfelder, die in den vergangenen Jahren durch Bundeswehr identifiziert und systematisch untersucht wurden. Dabei werden die jeweiligen Hintergründe, Zielsetzungen und Ableitungen der Themen dargestellt.

Ziel des Vortrags ist es, einen verständlichen und strukturierten Überblick über die bisherigen Forschungsarbeiten der WTD 91 im Bereich der Loitering Munition Systems zu geben und deren Bedeutung für den Fähigkeitsaufbau, die Einsatzreife und die sicherheitsrechtliche Bewertung dieser neuen Wirkmittelkategorie zu verdeutlichen.

B2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

XWing – Demonstrator für Loitering Munition Technologien der nächsten Generation

Philip Ziegler, AMDC

Erfahrungsbericht zur Entwicklung, Fertigung und Erprobung eines Loitering Munition Technologiedemonstrators in Form eines elektrisch angetriebenen rohrstartfähigen Push-Prop Flächenmodells in X-Tragflügelkonfiguration und darauf aufbauend eines tragbaren, druckluftgesteuerten Startkanisters, sowie Use-Cases für die Bundeswehr und Anwendungsfälle in Bezug auf aktuelle Kriegsszenarien.

Berichterstattung zu den Flugversuchen und Entwicklungsiterationen in monatlichen Zyklen, sowie

zur laufenden Entwicklung des tragbaren Leichtbau-Dualspear-Launcher-Startkanisters zum Transport, zum Zurückhalten der unter Vorspannung stehenden Flächen und zu den Startversuchen der Loitering Munition aus dem Startkanister.

B2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Loitering Munition - Die Herausforderungen für die Architektur und die Qualifikation des Zünders

Dr. Siegfried Nau, Fraunhofer Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut

Im Rahmen einer Studie des öAG wurde im Unterauftrag der Fa. AMDC GmbH an dem Thema der Zündersicherheit für Loitering Munition (LM) gearbeitet. Der Umgang mit und der Einsatz von sprengkräftiger Munition ist potenziell gefährlich für Leib, Leben und Material. Beide – Munition und Zünder – müssen daher sicher gestaltet sein. Die Gewährleistung der Sicherheit des Gefechtskopfes ist die Aufgabe des Zünders. In der Vergangenheit haben sich hierzu Konstruktions- und Testmaßnahmen bewährt und etabliert, die in Normen festgehalten und verbindlich umzusetzen bzw. durchzuführen sind (z. B. AOP-4187, AOP-4157, AOP-20). In diesem Vortrag beleuchten wir die Grundprinzipien des Sicherheitsdesigns von Zündern und der Zünderqualifikation mit besonderem Fokus auf die Anwendung von Zündern in LM. Dabei grenzen wir die Zündersicherheit von der Zünderfunktion ab, um auf die Besonderheiten von LM eingehen zu können. Für den neuartigen Munitionstyp LM wird von dem Nutzer ein ganzer Forderungskatalog an den Zünder gestellt, der nicht ursächlich aus den Normen stammt und somit der Zünderfunktion zuzuschreiben ist. Wir gehen darauf ein, wie typische LM-Forderungen normenkonform umgesetzt werden können, sodass die Zündersicherheit gewährleistet ist.

B2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Vereinheitlichung einer Bodenkontrollstation für Loitering Munition

Laurenz Burlage, Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie

Loitering Munition (LM) spielt in der modernen Kriegsführung eine immer größer werdende Rolle. Diese neue Generation von Munition ist dafür ausgelegt, über längere Zeit in der Luft zu verweilen (engl. loiter), Ziele im Operationsgebiet aufzuklären und präzise zu wirken. LM-Systeme sind in der Lage, Missionen vollautomatisiert durchzuführen und verbinden Aufklärungsaufgaben mit der Fähigkeit zum direkten Eingriff in Gefechtssituationen. Nach den Bestrebungen Deutschlands, muss bei hochautomatisierten militärischen Systemen sichergestellt sein, dass kritische Entscheidungen und damit die letztendliche Kontrolle durch einen Menschen ausgeführt werden. Dies setzt voraus, dass der Bediener stets einen Lageüberblick behält und „in-the-loop“ gehalten wird. Um diese Anforderung bestmöglich zu erfüllen, bedarf es einer ergonomischen und bedienerfreundlichen Bodenkontrollstation (BKS), die eine sichere, effiziente und belastungsarme Bedienung ermöglicht. Belastung und Beanspruchung des Bedieners sollen optimiert und das Situationsbewusstsein hochgehalten werden. Mit der zunehmenden Zahl unbemannter Systeme in der Bundeswehr muss berücksichtigt werden, dass das Bedienpersonal nicht an allen Systemen ausgebildet werden kann. Somit ist die Bestrebung einer Vereinheitlichung der BKS unabhängig von System sowie Hersteller von großer Bedeutung und vermag einer Lösung. Diese Punkte werden innerhalb des F&T Vorhabens „Zukunftstechnologien für Medium Range Loitering Munition“ der WTD91 vom Fraunhofer FKIE betrachtet, indem ein Konzept für eine Vereinheitlichung einer Bodenkontrollstation für Loitering Munition Systems, sowie dem Erstellen eines Trainingskonzeptes für die BKS erarbeitet wird. Dafür wurde der Nutzungskontext analysiert und auf Grundlage dessen ein erster Demonstrator einer Benutzeroberfläche implementiert, welcher einem Usability-Test mit Soldaten der Bundeswehr unterzogen wurde.

B2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

GNSS-freie Navigation und bildgestützte Zielauffassung für Loitering Munitions

Dr. Michael Arens, Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB

Loitering Munitions (LMs) werden einzeln oder in Mengen in ein Zielgebiet gestartet, ohne jeweils ein dediziertes Ziel zugewiesen zu bekommen. Nichtsdestotrotz besteht die Aufgabe der LMs darin, meist gehärtete Ziele effizient zu bekämpfen.

Damit LMs diese Aufgabe erfüllen können, müssen sie im Zielgebiet ankommen, sich dort orientieren und dort befindliche Ziele auffassen, klassifizieren und bis zur Bekämpfung verfolgen können.

Der Vortrag beleuchtet aktuelle Arbeiten des Fraunhofer IOSB zur bildgestützten, satellitenunabhängigen Orientierung und Navigation sowie zur bildgestützten Zielerkennung für LMs.

B2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Mastering Safe & Compliant Testing - Herausforderungen und Lösungen für das Testen und Qualifizieren von LMS

Jan Schüürmann, NEXARA Independent Testing

Die fortlaufenden Forschungs- und Technologieaktivitäten der WTD 91 adressieren einen zentralen Aspekt im Fähigkeitsaufbau der Bundeswehr: das sichere, regelkonforme und vollumfängliche Testen sowie Qualifizieren von Loitering Munition Systemen (LMS) und ihre Komponenten. Diese Prüf- und Bewertungsfähigkeit ist ein essenzieller Baustein für eine spätere Beschaffung der Systeme. Besonders herausfordernd sind hierbei sowohl die vergaberechtliche Einordnung, als auch die Gewährleistung der Testsicherheit, da sich die Systeme in einem Stadium befinden, in dem sie weder qualifiziert noch eingeführt sind.

Der Vortrag greift diese Herausforderungen auf und stellt die im Rahmen der F&T-Vorhaben entwickelten Lösungsansätze der WTD 91 vor. Dazu gehören die notwendigen vorbereitenden Maßnahmen, die regulatorischen Rahmenbedingungen, die Definition von Verantwortlichkeiten und Abläufen sowie die praktische Durchführung und Nachbereitung der Tests. Im Sommer dieses Jahres konnten im Rahmen dieser Arbeiten drei unterschiedliche, bislang weder eingeführte noch qualifizierte LMS durch Soldatinnen und Soldaten der Bundeswehr in einer realitätsnahen taktischen Lage erfolgreich erprobt werden.

Abschließend werden die technischen und taktischen Erkenntnisse dieser Erprobungen vorgestellt. Zudem wird ein Ausblick auf weitere erforderliche Verbesserungen, die geplante weitere Vorgehensweise sowie mögliche Beiträge auf NATO-Ebene gegeben – mit dem Ziel, die Verteidigungsfähigkeit der Bundeswehr und ihrer Verbündeten nachhaltig zu stärken.

C2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Overview and Application of CoNF²aS² – Coupled Numerical Fluid, Flight Mechanics and Structure Simulation

Dr. Viola Wartemann, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Aerothermodynamics presents major challenges for hypersonic flight due to extreme heating from shock waves and friction, leading to complex physical phenomena that hinder the design of viable, long-duration hypersonic vehicles. Key challenges identified in recent reviews include high heating rates, viscous drag, high-temperature plasmas, stability and control issues, fluid/thermal/structural coupling, materials limits, radiation, sonic booms, ablation, chemically reactive flows, propulsion and vehicle-design difficulties (inlets, nozzles, waveriders), and their combinations. To address these interconnected effects, the DLR coupling environment CoNF2aS2 was developed. Its main objective is to enable realistic simulations of space transportation vehicles across the complete flight range, including the critical hypersonic regime. To provide realistic simulations, the question typically arises about the flight range: is the whole trajectory of interest or just parts of it? Is a specific flight range of interest? Can other parts be neglected? Furthermore, many effects depend on the geometry itself and its complexity. Additionally, the combinations of different effects play a role. Therefore, to reproduce reality, coupled simulations are recommended. CoNF²aS², a DLR-developed coupling environment for spacecraft applications, emphasizes interactions among fluid, thermal, structural, and flight mechanics for aerodynamic and aerothermal loads. This presentation concentrates on an overview and military relevant application cases of CoNF²aS², especially on the subset of challenges fluid/thermal/structural interactions.

C2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Erforschung von Hyperschalltests am Hochenthalpiekanal Göttingen (HEG)

Dr. Giannino Ponchio Camillo, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Der Hochenthalpiekanal Göttingen (HEG) des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) ist eine Versuchsanlage, die in der Lage ist, Hochtemperatur-effekte wie chemisches und thermisches Nichtgleichgewicht und Plasmabildung auf die Aerodynamik von Hochgeschwindigkeitsflugkörpern zu reproduzieren. Ihr Einsatzbereich wurde im Laufe der Jahre stetig erweitert und deckt nun ein breites Spektrum von Hyperschallflugregimen von Mach 6 auf Meereshöhe bis Mach 10 in über 40 km Höhe bei Strömungsbedingungen ab, die denen des atmosphärischen Fluges voll entsprechen. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über Studien, die in den letzten zehn Jahren im Bereich der HEG durchgeführt wurden und sich auf Anwendungen mit Dual-Use beziehen, wie z.B. Scramjets, Grenzschichttransitionskontrolle und komplexe Strömungsfeldinteraktionen. In diesem Zusammenhang werden auch die Testmöglichkeiten beleuchtet, die einige der modernsten Messverfahren bieten, die aktuelle im HEG zur Verfügung stehen, wie z.B. temperatursensitive Hochgeschwindigkeit-Temperatursensitivefarbe, fokussierte Laser-Differential-Interferometrie, Spektroskopie, und Radar.

C2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Einfluss von Plasma auf Radarsignaturen im Hyperschallflug am Hochenthalpiekanal Göttingen (HEG)

René Petervari, Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik

Die Plasmabildung im Hyperschallflug bei hohen Machzahlen kann eine deutliche Veränderung von Radarsignaturen und Einschränkung von Kommunikationsbändern (Radio-Blackout) bewirken und so die Kommunikation mit sowie die Detektion von Hyperschallflugkörpern beeinträchtigen. Die Prozesse, die zur Bildung von Plasma führen, hängen jedoch empfindlich von der genauen Kenntnis von Randbedingungen und Naturkonstanten ab, die zum Teil noch nicht bis zur gewünschten Güte berechnet oder gemessen wurden. Bis 2020 waren entsprechende Simulationen selten validiert und von entsprechend niedriger Konfidenz. Es war praktisch nicht möglich Radarsignaturen evidenzbasiert vorherzusagen.

Um diesem Umstand zu begegnen wurden ab 2020 umfangreiche Forschungen durchgeführt. Gemeinsam haben das Fraunhofer FHR, das DLR (Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik, Abt. Raumfahrzeuge) und das ISL (Institut Saint-Louis, Abt. Aerodynamik: Messung & Simulation) eine Vielzahl von Simulationen und Messungen durchgeführt, die einen umfangreichen Referenz-Datensatz liefern, der verschiedenste Effekte offenbaren und erstmals auch eine Schätzung der Genauigkeit der Vorhersagen ermöglicht. Dieser Beitrag widmet sich den durchgeführten Experimenten am Hyperschallwindkanal Hochenthalpiekanal Göttingen (HEG), den begleitenden Simulationen und den dabei gewonnen Erkenntnissen. Im Fokus stehen dabei die beobachtete Inkohärenz von Plasmagrenzflächen im Nachlauf und der Einfluss von Körperformen und Flugzuständen (Anstellwinkel, Nasenradius etc.). Darüber hinaus wird der aktuelle Stand der Forschung dargestellt und ein Ausblick auf zukünftige Arbeiten gegeben.

C2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Dynamische Kraftmessungen an einem Windkanalmodell eines Hyperschallgleitflugkörpers

Dr. Thomas Gawehn, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Das GHGV-1 ist eine generische Ausführung eines taktischen Hyperschallgleiters mit einer Design-Mach-Zahl von $Ma=10$. Er ist als Boost-Glide-Fahrzeug konzipiert, d.h. er wird von einer Booster-Rakete auf einer abgesenkten ballistischen Flugbahn gestartet und in großen Höhen (nahe der Karman-Linie; $H = 100$ km) freigesetzt. Bis zur Trennung befindet sich der Gleiter zum Schutz gegen äußere Einflüsse und aus aerodynamischen Gründen unter einer Verkleidung. Nach der Trennung von der Booster-Stufe tritt der GHGV-1 wieder in die Atmosphäre ein und gleitet auf sein Ziel zu. Um seine Gleitfähigkeiten zu verbessern, ist der Gleiter als konischer Wellenreiter konzipiert. Zwei integrierte Klappen auf der Unterseite und zwei Ruder (oder Flossen) auf der Oberseite werden zur Steuerung und zur aerodynamischen Stabilisierung des Fahrzeugs während des atmosphärischen Fluges verwendet. In größeren Höhen dienen kleine Düsen am Heck des Fahrzeugs zur Lageregelung.

Mit der aktuellen GHGV-1 Konfiguration wurden in den Windkanälen des DLR zunächst aerodynamische Untersuchungen zur statischen Stabilität im Über- und Hyperschall durchgeführt. In einem weiteren Schritt galt es die dynamische Stabilität in der Nick- und Rollbewegung zu untersuchen. Hierfür wurde ein Mechanismus zur Anwendung der Methode der freien Oszillation entworfen und für Messungen am GHGV-1 im Hyperschallbereich erfolgreich eingesetzt. Es wurde sowohl die Nick- als auch die Rollstabilität in Abhängigkeit ausgeschlagener Steuerflächen und des Anstellwinkels untersucht. Der Vortrag stellt das Messverfahren im Detail vor und gibt eine Übersicht über bisher erzielte Ergebnisse zur dynamischen Stabilität des GHGV-1.

C2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Hoch-Enthalpie-Windkanaltests von Ultra-High Temperature Ceramic Matrix Composite (UHTCMC) Materialien für Hyperschallanwendungen

Luis Baier, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Die Weiterentwicklung moderner Hyperschalltechnologien stellt extreme Anforderungen an die verwendeten Materialien, da Flugkörper bei diesen Flugeschwindigkeiten erheblichen thermomechanischen Belastungen ausgesetzt sind. Um diesen Herausforderungen gerecht zu werden, sind innovative Werkstoffe erforderlich, die sowohl hohen Temperaturen als auch oxidativen und erosiven Umgebungsbedingungen standhalten. Ultra-High Temperature Ceramic Matrix Composites zählen in diesem Zusammenhang zu den vielversprechendsten Kandidaten. Sie kombinieren lasttragende Verstärkungsfasern mit keramischen Matrixsystemen, die eine Temperaturstabilität bis über 2000°C aufweisen. Dadurch bieten UHTCMCs zukünftig Einsatzmöglichkeiten, im Bereich thermisch hochbeanspruchter Hyperschallflugkörper.

Am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) wird ein solches UHTCMC-Material auf Basis von Kohlenstofffasern und einer Zirkoniumdiborid (ZrB_2)-Matrix entwickelt. Um die Eignung des Materials für Hyperschallanwendungen zu überprüfen, wurden Vorderkanten gefertigt und in einem lichtbogenbeheizten Windkanal getestet. Diese Versuche ermöglichen die Nachbildung realer Hyperschallströmungsbedingungen und damit eine realistische Beurteilung der thermischen, chemischen und mechanischen Belastungen, wie sie etwa bei atmosphärischen Trajektorien auftreten. Die Ergebnisse zeigen, dass die getesteten UHTCMC-Vorderkanten keine Degradation aufweisen und somit ein hohes Potenzial für zukünftige Hyperschallanwendungen besitzen.

C2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Injektionsuntersuchungen für Staustrahlanwendungen

Friedolin Strauss, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Bedingt durch die veränderte weltweite Sicherheitslage rücken auch Überschallstaustrahltriebwerke und ihre Anwendungsgebiete wieder verstärkt in den Fokus der Sicherheitsforschung. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) verfügt an der Einrichtung Raumfahrtantriebe in Lampoldshausen über eine einzigartige Testanlage für die Forschung und die Technologieentwicklung für Ramjet- und SCRamjet-Antriebe an der unter anderem neuartige, insbesondere auch sogenannte. endotherme, Treibstoffe für den Betrieb eines flugqualifizierbaren Ram-/ Scramjets untersucht werden. Dabei werden als Flugtreibstoffkandidaten sowohl Labortreibstoffe, als auch bereits in anderen Luftfahrzeugen und Flugkörpern eingesetzte Treibstoffe untersucht. Ein Teil dieser Treibstoffe, die Gruppe der endothermen Treibstoffe, verfügt über besondere chemische und physikalische Eigenschaften, die sie für die Anwendung in Überschallsystemen besonders geeignet erscheinen lässt. So weisen sie zum Beispiel eine gegenüber herkömmlichen Treibstoffen deutlich erhöhte Kühlleistung auf, die sie für die Verwendung in regenerativen Kühlsystemen an Überschallstaustrahltriebwerken besonders attraktiv macht. Diese Treibstoffe erfordern jedoch, sowohl thermisch als auch konzeptionell, ein Anpassen der bisherigen Injektionsstrategien für Staustrahltriebwerke. Das DLR Lampoldshausen untersucht dabei verschiedene Injektionsmethoden in einer Ramjet- / Scramjet-Modellbrennkammer am Lufterhitzerprüfstand M11.1. Es kommen dabei Aspekte, wie z.B. die Kühlung der Injektoren und die Wechselwirkung solcher Kühlsysteme mit der Verbrennung zum Tragen. Der Vortrag gibt einen allgemeinen Überblick zum Thema und präsentiert den aktuellen Stand der Forschung am DLR Lampoldshausen. Ein besonderer Fokus wird dabei auch auf mögliche Anwendungsbeispiele sowie auf die Vor- und Nachteile der untersuchten Treibstoffe und Injektionsmethoden insbesondere mit Blick auf die spätere Anwendung, eingegangen. Darüber hinaus wird weiterer Forschungsbedarf konkretisiert.

D2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

CubeISL-IOD - Projektstatus - optische Kommunikation zwischen Satelliten

Davis-Sharif Liebmann, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Das Projekt CubeISL-IOD (IOD: In Orbit Demonstration) soll eine bidirektionale optische Kommunikation zwischen zwei CubeSats im Orbit, sowie einen optischen Daten-Downlink vom CubeSat zur Bodenstation mit erhöhter Datenrate demonstrieren. Dazu sollen zwei CubeSats jeweils mit einem Laserkommunikationsterminal (Laser Communication Terminal, LCT) CubeISL-LCT, entwickelt vom Institut für Kommunikation und Navigation (KN), ausgerüstet und in einen erdnahen Orbit verbracht werden. Die beiden CubeSats werden im Formationsflug die optische Datenübertragung im Weltraum über Strecken von bis zu 1500 km mit Datenübertragungsraten von bis zu 100 Mbit/s demonstrieren. Gleichzeitig soll eine deutlich verbesserte Downlink-Datenrate zwischen CubeSat und Bodenstation von bis zu 1 Gbit/s demonstriert werden.

Anfang 2026 wird das Projekt das CDR absolvieren für einen Launch voraussichtlich 2027.

Präsentiert wird das Projekt als Ganzes und der Stand nach dem CDR.

D2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Navigation ohne GNSS per Kommunikationssatelliten - Signals of Opportunity

Dirk Schmoltzi, ISL – French-German Research Institute of Saint-Louis

Globale Navigationssatellitensysteme (GNSS) sind die dominierende Quelle für Positions , Navigations und Zeitinformationen (PNT). Sie sind jedoch stark anfällig für allgegenwärtige Stör- und Täuschungsangriffe (Jamming und Spoofing) sowohl im zivilen als auch im militärischen Umfeld. Daher ist für missionskritische Anwendungen eine robuste PNT Fähigkeit erforderlich.

In dieser Arbeit zeigen wir, dass Signale von Low Earth Orbit Kommunikationssatelliten (LEO) als alternative Positionsquelle genutzt werden können. Bestehende Systeme wie Iridium Next und Orbcomm sowie Mega-Konstellationen wie Starlink und OneWeb bieten nahezu globale Abdeckung, Leistungsstärke Signale und eine breite Frequenzdiversität, Eigenschaften, die die Störungsimmunität erhöhen und den Bedarf an eigens auf gebauter Infrastruktur eliminieren. Da die Kommunikationssysteme nicht kooperativ sind, stehen präzise Satelliten-Ephemeriden und Uhrzeitinformationen nicht zur Verfügung. Außerdem sind diese Satellitenkonstellationen primär für die Datenübertragung konzipiert und nicht für optimale Navigationsgeometrien optimiert. Diese Einschränkungen können durch folgende Maßnahmen gemindert werden:

- Aggregation von Messungen mehrerer LEO Kommunikationssysteme, um die Satelliten Sichtbarkeit zu erhöhen und die Geometrie zu verbessern.
- Multi-Epochen Positionsbestimmung, um die Beobachtbarkeit des Zustands zu steigern.
- Fusion der Doppler Verschiebungen der LEO Satellitensignale mit Daten einer Inertialen Messeinheit (IMU), um Messunterbrechungen zu überbrücken.

Zur Konzeptvalidierung wurden umfangreiche Experimente mit zahlreichen LEO-Konstellationen (Iridium Next, Orbcomm, NOAA, Starlink, OneWeb) durchgeführt sowie reale Signaldaten erfasst und ausgewertet. Der Algorithmus wurde auf unterschiedlichen Plattformen implementiert, um seine Flexibilität und Einsatzbereitschaft zu demonstrieren.

Die Ergebnisse weisen auf eine kostenfreie, universell verfügbare Positionslösung hin die autonom arbeiten kann wenn GNSS Signale nicht zur Verfügung stehen. Ein solches resilientes PNT-System stellt eine erschwingliche Alternative zu klassischen Systemen dar.

D2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Schutz von Satelliten im All durch optische Sensorsysteme

Dr. Simon Chelkowski, Jena-Optronik

Spätestens seit dem Beginn des russischen Angriffskriegs auf die Ukraine und der damit verbundenen, signifikanten Veränderung der deutschen und europäischen Sicherheitslage, besteht ein dringender Bedarf an Lösungen zum Schutz operationeller Satelliten und der Weltrauminfrastruktur im Allgemeinen. Es ist im nationalen Interesse, dass zukünftige Satelliten mit Fähigkeiten zum Selbstschutz ausgestattet sind. Alternativ werden Schutzmechanismen, ggf. in Kombination mit anderen Fähigkeiten, auch in speziellen Wächtersatelliten zum Einsatz kommen, die anderen Satelliten als Begleiter und Beobachter zur Verfügung gestellt werden.

Jena-Optronik unterstützt seit mehr als 30 Jahren erfolgreich mit optischen Sensoren Raumfahrtmissionen weltweit und ist seit 2022 im Bereich der „Space Situational Awareness“ aktiv. In diesem Anwendungsgebiet haben wir spezielle Fähigkeiten aufgebaut, die insbesondere die Gefahrenerkennung auf und durch Satelliten ermöglichen.

Seit Jahren finden bereits Annäherungsmanöver zwischen Satelliten unterschiedlicher Nationen statt. Wir stellen einen solchen Fall dar und analysieren diesen mit dem Ziel, zukünftig solche Manöver frühestmöglich erkennen zu können. Unterstützt wird diese Analyse durch von uns durchgeführte reale Messungen, welche die Detektionsreichweiten unserer Sensoren sowie unsere Fähigkeit zur Bestimmung der orbitalen Parameter der detektierten Weltraumobjekte zeigt. Beides zusammen bildet die Grundlage, Objekte im direkten Umfeld eines schützenswerten Satelliten über hunderte Kilometer hinweg zu detektieren, nachzuverfolgen und am Ende auch zu identifizieren.

Das dabei entstehende Datenprodukt kann – sofern für den Einsatzfall erforderlich - eine voll- oder halbautonome Bedrohungseinstufung ermöglichen. Diese Daten können direkt von Entscheidungsträgern genutzt werden, um so schnell und gezielt zu agieren.

Jena-Optronik unterstützt mit diesen weltraumgestützten Fähigkeiten die nationale und europäische Sicherheit im Weltall.

D2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Verwendung von Lichtkurven zur Rotationsbestimmung und Bewertung der Aktivität von unbekannten Satelliten

Tristan Meyer, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Im Rahmen der Space Domain Awareness spielt die photometrische Charakterisierung aus bodengestützten Messungen von Satelliten eine zentrale Rolle, um deren Verhalten, Funktionszustand und potenzielle Risiken zuverlässig einschätzen zu können. Die Analyse von Lichtkurven bietet hierfür ein leistungsfähiges Werkzeug zur Bestimmung der Rotationsbewegung und zur Bewertung der Aktivität unbekannter Satelliten.

In dieser Arbeit wird ein Verfahren vorgestellt, das auf der Epochenmethode und dem Abgleich charakteristischer Merkmale in zeitlich aufeinanderfolgenden Lichtkurven basiert, um Rotationsparameter geometrisch unbekannter Satelliten zu bestimmen. Durch die Extraktion periodischer Signaturen lassen sich sowohl die Rotationsfrequenz als auch die Orientierung der Rotationsachse rekonstruieren. Änderungen dieser Parameter zwischen verschiedenen Beobachtungsepochen können auf aktive Manöver, Lageregelvorgänge oder Funktionsstörungen hinweisen und somit eine Einschätzung des Aktivitätsniveaus des Objekts ermöglichen.

Für bekannte Satelliten wird die Methodik um modellbasierte Lichtkurvensimulationen erweitert. Diese erlauben es, aus den rekonstruierten Rotationsparametern synthetische Lichtkurven zu generieren und mit Messdaten abzugleichen. Dadurch können sowohl die Konsistenz der Rotationslösung überprüft als auch Vorhersagen zukünftiger photometrischer Signaturen erstellt werden. Der Vergleich von simulierten und beobachteten Lichtkurven liefert zudem Hinweise auf mögliche Änderungen der Betriebszustände.

Die Kombination aus Epochenanalyse, Merkmalsextraktion und modellgestützter Lichtkurvensimulation stellt somit einen robusten Ansatz zur Rotationsbestimmung und Aktivitätsbewertung unbekannter Satelliten dar, um wesentlich zur Aufklärung und zum Lagebild im erdnahen Weltraum beizutragen.

D2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Erweiterte Weltraumlagefähigkeit für sicherheitskritische Anwendungen: APPARILLiO® mit präzisiertem Zeitstempel und erweitertem Detektionsbereich

Ranga Rosok, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Das exponentielle Wachstum der Anzahl von Weltraumobjekten, einschließlich aktiver Satelliten und zunehmender Mengen an Weltraumschrott, stellt erhebliche Herausforderungen für die Space Domain Awareness dar. Insbesondere militärische und sicherheitspolitische Entscheidungsträger benötigen erweiterte und präzisere Aufklärungs- und Überwachungsfähigkeiten, um kleinere Objekte zuverlässig zu detektieren und damit kritische weltraumrelevante Infrastrukturen und Ressourcen zu schützen. Dieser Beitrag präsentiert unsere aktuellen Forschungsarbeiten zu fortschrittlichen signalverarbeitungstechnischen Verfahren, die auf der APPARILLiO®-Plattform implementiert sind, einem mobilen, weitwinkligen und vollständig

autonomen passiven optischen Staring-System, das am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) entwickelt wird. Unsere Arbeit konzentriert sich auf zwei zentrale Bereiche: Die Erhöhung der Zeitstempelgenauigkeit bei der Satellitendetektion sowie die Absenkung der Detektionsschwelle, um kleinere und lichtschwächere Weltraumobjekte zu identifizieren.

Wir haben neue Kalibrierungsmethoden entwickelt, um mechanische beziehungsweise Rolling-Shutter-bedingte Timing- Ungenauigkeiten zu kompensieren, und synthetische Tracking-Verfahren implementiert, die das SignalRausch-Verhältnis durch Verschieben und Stapeln aufeinanderfolgender Bilder deutlich verbessern. Darüber hinaus wurde eine Netzwerksoftware entwickelt, die mehrere APPARILLiO®-Systeme koordiniert und so erweiterte Überwachungsfunktionen durch kooperative, verteilte Beobachtungen ermöglicht. Dieser integrierte Ansatz stellt einen bedeutenden Fortschritt in der Detektion von Weltraumobjekten dar, insbesondere solcher, die klein, lichtschwach oder schwer erfassbar sind und damit potenzielle Risiken für orbitale

Infrastrukturen darstellen. Die Forschung adressiert unmittelbar operationelle Herausforderungen im Bereich der Space Domain Awareness, die für sicherheits- und verteidigungsrelevante Anwendungen essenziell sind: Von der frühzeitigen Bedrohungserkennung über die Detektion koorbitaler Satelliten bis hin zur präzisen Orbitbestimmung zur Reduktion von Kollisionsrisiken.

Zukünftige Arbeiten konzentrieren sich auf die Optimierung der Algorithmen für die Echtzeitverarbeitung sowie auf eine breitere Validierung in verschiedenen Orbitregimen. In diesem Beitrag erläutern wir die technische Umsetzung unserer Methoden, präsentieren erste experimentelle Ergebnisse und analysieren, wie diese Entwicklungen durch eine robustere Weltraumlageerfassung zur Stärkung der nationalen und internationalen Sicherheit beitragen können.

D2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Überwachung des GEO bis VLEO mit dem DLR Johannes Kepler Observatorium - Status und Ausblick

Dr. Gerd Wagner, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

In Empfingen (Nordschwarzwald) befindet sich das DLR Johannes Kepler Observatorium. Für optische Beobachtungen steht ein 1,75 m Teleskop zur Verfügung (Gesichtsfeld 0,4 Grad). Zusätzlich befinden sich auf dem Teleskop montiert zwei Astrographen mit Aperturen von 40 cm und 60 cm (Gesichtsfelder 2 Grad bzw. 4 Grad). Damit können umfangreiche optische Observationen mit neuester sCMOS-Kameratechnologie vom GEO bis hin zu VLEO durchgeführt werden. Für Laserentfernungsmessungen zu Objekten im Orbit stehen verschiedene Lasersysteme im NIR- und IR-Spektralbereich am Observatorium zur Verfügung. Reflektionsspektroskopie im VIS- und NIR-Spektralbereich an Objekten im Orbit erweitert den Objektkatalog und ermöglicht die Objektidentifikation. Die Messungen am Observatorium in Empfingen werden durch eine transportable Station (ISO Container) unterstützt.

E2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Validierung autonomer und ferngesteuerter Über- und Unterwassersysteme

Daniel Paland, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Autonome und ferngesteuerte Über- und Unterwassersysteme gewinnen zunehmend an Bedeutung bei der Reaktion auf hybride Bedrohungen und Altlastenräumung. Ausgestattet mit Sensoren werden durch sie Objekte im Wasser und auf dem Meeresboden entdeckt und klassifiziert. Besonders in diesen Einsätzen operieren sie in Seegebieten, die auch von der zivilen Schifffahrt genutzt werden. Daher ist es notwendig, den sicheren Betrieb sowie das regelkonforme Verhalten der Systeme zu gewährleisten. Darüber hinaus erhöht sich die Komplexität der Systeme durch erhöhte Autonomie und der Verwendung von Blackbox-Systemen.

Diesen Herausforderungen stellt sich dieser Beitrag. Im Fokus steht eine Methode, mit der die Systeme unter Einsatz einer Trusted Test Infrastructure validiert werden. Sie umfasst die Validierung auf unterschiedlichen Systemebenen und inkludiert den Operateur des zu testenden Systems. Das System wird jeweils in der konstruktiven, virtuellen und Live-Simulation getestet. Die Systemebenen umfassen Missions-Ebene, Subsystem-Ebene und Komponenten-Ebene. Auf der Komponenten-Ebene werden Anforderungen einzelner Komponenten, wie Sensoren, geprüft. Hingegen wird auf der Ebene der Subsysteme (z.B. eines Ausweichalgorithmus) die Funktionsfähigkeit und die Sicherheit des Systems getestet. Die Mission-Ebene umfasst sowohl das integrierte System als auch den Operateur und wird im Kontext einer Mission evaluiert. Es wird ein besonderes Augenmerk auf das Zusammenspiel zwischen den Systemebenen gelegt.

Die Methodik wird in dem Projekt Validation of Maritime AI (VaMAI) entwickelt und demonstriert. Damit existiert eine Referenz für die Anwendung der Methodik und der konkreten Umsetzung einer Trusted Test Infrastructure. Es wird gezeigt, wie autonome und ferngesteuerte Über- und Unterwassersysteme für den Einsatz bei hybriden Bedrohungen und Altlastenräumung konkret zu testen sind.

E2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Eine AUV-basierte dauerhafte Überwachung und Verteidigung kritischer Infrastruktur

Thiago Camargo, EUROATLAS

Kritische Unterwasserinfrastrukturen sind für Deutschland und seine Verbündeten zu einer strategischen Schwachstelle geworden. Die jüngsten Ereignisse in der Ostsee zeigen, dass mit den derzeitigen inspektionsbasierten Ansätzen, ROVs, Schiffsvermessungen und regelmäßigen Integritätsprüfungen Fehler erst nach ihrem Auftreten erkannt werden. Vorbereitende Maßnahmen, Verhaltensmuster oder kaum wahrnehmbare Störungen entlang von Kabel- und Pipelinekorridoren werden dabei nicht erkannt. Dies führt zu einer strukturellen Lücke in den Bereichen Frühwarnung, Zuordnung und Widerstandsfähigkeit.

In diesem Vortrag wird ein AUV-basierter Forschungsansatz zur Erstellung eines dauerhaften Unterwasser-Lagebildes untersucht, das auf die neuen Fähigkeitsanforderungen der Bundeswehr zugeschnitten ist. Die Arbeit konzentriert sich auf drei wichtige technische Bereiche:

1. Autonome Navigation mit langer Ausdauer unter GNSS-verweigerten Bedingungen, geländereferenzierte Anpassung und robuste Missionslogik zur Aufrechterhaltung der Genauigkeit über große Entfernungen
2. Plattformverhalten mit geringer Signatur, geeignet für flache, geräuschvolle und umkämpfte Küstengebiete in der Ostsee und Nordsee
3. Sensorfusion zur kontinuierlichen Mustererkennung, die die Identifizierung von Anomalien, Objektpräsenz, Routenabweichungen und Anzeichen für Manipulationen entlang kritischer Routen ermöglicht

Der Beitrag skizziert experimentelle Ergebnisse aus aktuellen Versuchen und beleuchtet offene Forschungsfragen im Zusammenhang mit Navigationsabweichungen, Autonomie auf Missionsebene, Energieeffizienz und kooperativen AUV-Schwärmen für eine größere Abdeckung.

Ziel ist es, zu definieren, wie autonome Systeme eine skalierbare, souveräne deutsche Fähigkeit zur kontinuierlichen Überwachung und zum Schutz der Unterwasserinfrastruktur im Einklang mit der neuen maritimen Strategie der NATO unterstützen können. Die dauerhafte autonome Überwachung entwickelt sich zu einer Voraussetzung für eine glaubwürdige maritime Abschreckung und nationale Widerstandsfähigkeit. Die vorgeschlagene Forschung befasst sich damit, wie eine solche Fähigkeit durch angewandte, operativ relevante AUV-Technologien realisiert werden kann.

E2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

AUV vs. Micro-AUV: Leistungsfähigkeit, Grenzen und Chancen kleiner unbemannter Unterwasserfahrzeuge für die

Aufklärung

Fabian Dotzki, Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe, Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung

Die Gefährdung kritischer Unterwasserinfrastruktur in der Ostsee erfordert abgestufte Überwachungs- und Reaktionskonzepte, in denen sowohl klassische AUVs (autonomous underwater vehicle) als auch Micro-AUVs eine Rolle spielen können. Diese Veröffentlichung vergleicht den SeaCat als Typvertreter hochleistungsfähiger AUVs mit dem NemoSens als Repräsentant Micro-AUVs. Ziel ist es, den aktuellen Stand der Technik darzustellen, Einsatzprofile abzuleiten und spezifische Herausforderungen kleiner Systeme zu beleuchten. Methodisch werden technische Basisdaten, Sensordaten (Side-Scan Sonar), sowie Autonomie- und Navigationsfähigkeiten (INS, DVL) systematisch gegenübergestellt. Die Analyse zeigt: moderne Micro-AUVs liefern durchaus verwertbare Sonardaten und ausreichende Navigationsgenauigkeiten, sodass sie für Aufklärungs- und Frühwarnmissionen geeignet sind. Für die komplexen Aufgaben der Minenjagd bleiben hochleistungsfähige AUVs überlegen. Potenziale kleiner Systeme liegen in skalierbaren Schwärmen, schnellen Reaktionsketten und kosteneffizienter Flächenüberwachung. Allerdings gibt es auch Herausforderungen, die durch die Größe der Fahrzeuge beeinflusst werden. Die Arbeit plädiert dafür, die Entwicklung von Micro-AUVs aktiv voranzutreiben — nicht als Ersatz für klassische AUVs, sondern als integralen Teil hybrider Überwachungsarchitekturen — und skizziert Entwicklungspotentiale: automatische Balancesysteme, standardisierte Schnittstellen für Interoperabilität und Logistikkonzepte zur Skalierung Micro-AUV-Netzwerke zum Schutz von kritischer Unterwasserinfrastruktur.

E2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Seeminenjagd - Ein vollumfänglicher Ansatz land- sowie seebasiert in allen Dimensionen

Dr. Martin Arndt, Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe, Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung

Die aktuellen militärisch geführten Auseinandersetzungen auf der Erde wie beispielsweise der Ukraine Konflikt enthalten oftmals eine maritime Komponente in der sich die Marinen der jeweiligen Konfliktparteien um Häfen, Reeden und Seewege duellieren. Die immer anspruchsvolleren Szenare erfordern modernste Waffensysteme auf beiden Seiten. Eine Endlosspirale kostspieliger Aufrüstungsstrategien mündet dabei nur allzu oft in der Suche nach kostengünstigen Bekämpfungsmethoden. Hier ist die Seemine in allen Ausprägungen schon seit mehr als zweihundert Jahren das Mittel der Wahl. Sie ist traditionsreich und erfolgreich im Kampf gegen schwimmende und tauchende Plattformen zugleich. Durch den massenhaften Einsatz dieser asymmetrischen Waffe gewinnen die Aufklärung, Identifikation und Bekämpfung sehr stark an Bedeutung. Im Folgenden soll ein Ansatz zur Minenjagd land- sowie seebasiert in den Dimensionen Unterwasser, Wasseroberfläche und Luft mit dem Einsatz künstlicher Intelligenz dargestellt werden.

E2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Vergleich maschineller Lernstrategien zur Sonar-basierten Detektion, Klassifikation und Identifikation von Unterwassersignaturen

Marcus Langefeld, Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe, Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung

Die präzise Detektion, Klassifikation und Identifikation von Geräuschsignaturen stellt eine zentrale Herausforderung der modernen Unterwasserüberwachung dar und ist von großer Bedeutung für die maritime Sicherheit. In dieser Präsentation werden drei unterschiedliche maschinelle Lernansätze zur automatisierten Signaturanalyse in Sonar-basierten Systemen untersucht und miteinander verglichen. Ziel ist es, deren Leistungsfähigkeit, benötigten Rechenaufwand und Stabilität in verschiedenen Unterwasserumgebungen zu bewerten.

Der erste Ansatz kombiniert eine Merkmalsextraktion (engl. Feature-Extraktion) mit Algorithmen des klassischen maschinellen Lernens, wobei handverlesene akustische Merkmale genutzt werden. Der zweite Ansatz transformiert Sonardaten in Zeit-Frequenz-Spektrogramme, die als Bilder mit Convolutional Neural Networks (CNNs) verarbeitet werden, um räumliche und zeitliche Muster in den Signalen zu erfassen. Der dritte Ansatz erforscht End-to-End-Deep-Learning-Modelle, die direkt auf den akustischen Rohdaten arbeiten und hierarchische Repräsentationen ohne Vorverarbeitungsschritte erlernen.

Durch den Vergleich dieser drei Paradigmen anhand kontrollierter und in See gewonnener Datensätze sollen ihre jeweiligen Stärken hinsichtlich Genauigkeit, Rauschrobustheit und Generalisierbarkeit gegenüber unterschiedlichen Arten und Umgebungen quantifiziert werden. Das erwartete Ergebnis ist ein umfassender Bewertungsrahmen sowie Handlungsempfehlungen für zukünftige Unterwasserklassifikationssysteme. Langfristig soll die Arbeit zur Weiterentwicklung intelligenter Sonartechnologien beitragen, die eine echtzeitfähige Identifikation von Zielsignaturen ermöglichen.

E2: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Unbemannte ASW-Barrier Operationen mit verteilten Systemen

Dr. Thorsten Ludwig, Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe, Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung

Die WTD 71 führt Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit heterogener Sensornetzwerke bestehend aus maritimen unbemannten Systemen zur Aufklärung unter Wasser durch. Zusammen mit NATO-Partnern werden Konzepte und Verfahren für eine solche U-Jagd im Verbund (engl. Unmanned Anti Submarine Warfare Barrier) auf deren Leistungsfähigkeit im Rahmen von Seeexperimenten untersucht.

In diesem Vortrag liegt der Schwerpunkt neben der Vorstellung des Gesamtkonzepts einer modernen U-Jagd mit unbemannten Systemen auf der Signalverarbeitung der akustischen Daten von der bistatischen Aktivsonardetektion über die Zielverfolgung (Tracking) auf einem einzelnen System bis zur abschließenden Multisensordatenfusion im Einsatzzentrum.

Ergebnisse aus dem Experiment REPMUS 24 („Robotic Experimentation and Prototyping using Maritime Unmanned Systems“) werden vorgestellt, die die bereits hohe Leistungsfähigkeit einer vollständig autonomen Erkennung und Verfolgung eines Unterwasserziels mittels maritimer unbemannter Systeme in einem multistatischen Szenario unterstreichen.

Im September 2026 ist eine erneute Teilnahme an den REPMUS-Versuchen vorgesehen. Auf die Ziele von REPMUS 26 wird im Ausblick eingegangen.

A3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Desideratives Tasking einer universellen Bodenkontrollstation

Dr. Daniel Dreyer, Airbus Defence and Space

Collaborative Combat Aircraft (CCA) werden derzeit international von mehreren Unternehmen entwickelt und getestet. Jede dieser Plattformen wird individuelle Stärken und Schwächen aufweisen, so dass sich für eine Luftwaffe anbietet, einen cleveren Mix aus Fähigkeiten vorzuhalten. Nun möchte man nicht für jeden CCA Typ eine eigene Bodenkontrollstation (BKS) einführen, sondern eine universelle BKS für alle Typen zu haben, mit der die spezifischen Fähigkeiten der Plattformen optimal aufeinander abgestimmt genutzt werden können.

Daher liegt es nahe, vom imperativen Tasking (Du machst jetzt das!), zu einem desiderativen Tasking (Ich wünsche folgendes Ergebnis!) zu wechseln, so dass das System anhand seiner eigenen Fähigkeiten Lösungsvorschläge entwickelt und dem Operateur unterbreitet.

Dieses Arbeitsparadigma wurde in einem Forschungsdemonstrator mit neuartiger Display- und Interaktionstechnologie getestet. Auf einem großflächigen Display mit Touchfunktion wurden die diskutierten Tasking-Aktivitäten durchgeführt. Zudem wurde ein autostereoskopisches Display verwendet, welches eine dreidimensionale Kartendarstellungen erzeugt, die dem Operateur ohne Shutterbrille ein plastisches Lagebild bietet und das Situationsbewusstsein in komplexen Szenarien entscheidend verbessern kann. Die Interaktion erfolgt in einem flexiblen Mix aus Trackball, Touch und diskreten Hardware-Elementen. Außerdem sind alle Display- und Kontrollelemente so flexibel angeordnet, dass eine breite anthropologische Nutzerbasis problemlos mit dem System interagieren kann.

Die BKS kann auch dafür genutzt werden, Piloten bemannter Plattformen zu entlasten, die auf die CCAs zugreifen können sollen. Take-Off, Cruise, Landung und CAPs können vom Boden aus kommandiert werden, so dass die bemannte Komponente sich auf die taktischen Aspekte konzentrieren kann.

Das System wurde anhand eines Electronic Support Measures (ESM) Szenarios simuliert und mit Operateuren getestet.

A3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Nutzung von GenAI in KITCH: Der souveräne taktische Assistent für den digitalen Gefechtsstand

Daniel Kallfass, Airbus Defence and Space und Thomas Doll, Bundeswehr

Generative KI-Systeme eröffnen der Bundeswehr erhebliche Potenziale zur Unterstützung militärischer Operationen - von der schnellen Erstellung von Berichten, E-Mails und Briefings bis hin zu fundierter Entscheidungsunterstützung im Führungsprozess. Sie ermöglichen eine verbesserte Lageerfassung, erleichtern die Interaktion mit unbemannten Systemen und tragen zur Optimierung der Gefechtsstandsarbeit bei. Um dieses Potenzial gezielt zu untersuchen, führt das Unterstützungskommando die Studienreihe „KI für Taktik Chat in Simulationssystemen“ (KITCH) durch.

Ziel ist es, den Mehrwert generativer KI-Systeme für die taktische Ausbildung und die Einsatzplanung zu bewerten, insbesondere im Kontext komplexer Führungsprozesse. Die Plattform basiert auf umfangreichen militärischen Regelwerken, NATO-Doktrinen und taktischen Ausbildungsmaterialien und ist darauf ausgelegt, kontextgenaue, verlässliche Antworten zu liefern. Ein zentraler Fokus liegt dabei auf der Minimierung von Halluzinationen - ein kritisches Thema bei der Nutzung von KI in sicherheitsrelevanten Umgebungen. Um dies zu gewährleisten, wird die Technologie der Retrieval-Augmented Generation (RAG) eingesetzt, die sicherstellt, dass Antworten auf aktuellen, autorisierten Quellen basieren. Darüber hinaus wird KITCH mit SITAWARE HQ über Model Context Protocol (MCP) gekoppelt, um auch aktuelle Gefechtssituationen zuzugreifen. Zudem ist KITCH mit der militärischen Gefechtssimulation ReLeGSim gekoppelt, um die KI in realistischen Gefechtsszenarien zu testen und ihre Fähigkeit zur lagebezogenen Entscheidungsunterstützung praktisch zu erproben. Diese Integration ermöglicht nicht nur die Beantwortung taktischer Fragen, sondern auch die Analyse dynamischer Lagen und die Bewertung von Handlungsoptionen unter realitätsnahen Bedingungen. KITCH versteht sich dabei nicht als autonome Entscheidungsmaschine, sondern als souveräner, sicherer und nutzerzentrierter KI-Chatassistent, der den menschlichen Führer entlastet, ohne ihn zu ersetzen.

A3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Human Factors im MUM-T Missionsmanagement

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

Im zukünftigen Luftkampf wird Manned-Unmanned Teaming (MUM-T), die Zusammenarbeit von KI-gestützten Systemen und menschlichen Operateuren, eine zentrale Rolle im Missionsmanagement spielen. Ziel ist, dass Operateure in der Planung, Überwachung und Anpassung von Missionsplänen von KI-gestützten Systemen unterstützt werden. Aktuelle Prozesse für das Missionsmanagement sind äußerst komplex, d.h. Pläne müssen einfach und relativ unflexibel sein, während die Planung lange dauert. Der Einsatz von KI könnte die Planungsgeschwindigkeit erhöhen und die Entwicklung von komplexeren und flexibleren Plänen ermöglichen. Bei der Integration von KI ins Missionsmanagement müssen jedoch die Bedürfnisse der Operateure berücksichtigt werden, um die Vorteile voll auszuschöpfen. Dabei müssen besonders vier Themenbereiche berücksichtigt werden. Erstens: Operateure müssen in einer mit KI geplanten Mission genauso handlungsfähig sein wie in heutigen Missionen. Dabei müssen insbesondere negative Effekte eines KI-gestützten Missionsmanagement auf das Missions- und Situationsbewusstsein vermieden werden. Zweitens: Operateure müssen das KI-gestützte System verstehen, dem System vertrauen und mit ihm interagieren können. Bedienoberflächen und Interaktionskonzepten sollten also mit Blick auf gute Benutzerfreundlichkeit, eine maximale Erklärbarkeit und Transparenz gestaltet sein. Drittens: Die Leistung von Operateuren sollte durch den Einsatz KI-gestützter Systeme optimal unterstützt werden, indem z.B. negative Effekte von Ermüdung oder hoher Arbeitsbeanspruchung ausgeglichen werden. Viertens müssen alle Akteure in einem MUM-T System optimal zusammenarbeiten. Ausgehend von der Frage, wem in welchem Fall die finale Entscheidung obliegt, müssen Aufgaben entsprechend der Fähigkeiten zwischen Menschen und Technik aufgeteilt werden, Informationsflüsse und Prozesse für die Zusammenarbeit müssen definiert werden. Der Vortrag stellt einen am DLR entwickelten Ansatz zur Berücksichtigung dieser Themen in einem MUM-T Missionsmanagementsystem vor.

A3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Hybride Intelligenz - Herausforderungen und Ansätze für die Kooperation von Mensch und KI

Dr. Sven Fuchs, Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie

Der Einsatz künstlicher Intelligenz (KI) in militärischen Systemen bietet insbesondere dann hohes Potenzial, wenn die Stärken des Menschen mit denen der KI komplementär kombiniert werden. Während KI primär große Mengen an Daten in kurzer Zeit analysieren, Erkenntnisse extrahieren und Handlungsoptionen aufgabenspezifisch vorschlagen kann (spezialisierte Intelligenz), sind Menschen in der Lage, kreative Lösungen zu finden, um auch in unvorhersehbaren Situationen und bei unvollständigen Datenlagen erfahrungsbasiert Entscheidungen zu treffen (breite Intelligenz). Am Fraunhofer FKIE wird daher erforscht, wie menschliche und technische Stärken vereint werden können, um Entscheidungen gleichzeitig schnell (KI-unterstützt) und angemessen (unter menschlicher Supervision) ausführen zu können. Darauf zielt das Paradigma der menschenzentrierten KI, demgemäß bei der Systemgestaltung eine Vereinbarkeit von hoher menschlicher und hoher maschineller Kontrolle erreicht wird.

Die komplementäre Integration von menschlicher und künstlicher Intelligenz unter Betrachtung der relativen Stärken und Schwächen bezeichnen wir als Hybride Intelligenz (HI). Grundlage von HI ist die Betrachtung von Mensch und Maschine als separate, aber eng interagierende, zielgerichtete intelligente Akteure, die durch ihre Interaktion kooperativ zum Systemzweck beitragen. Dies umfasst eine rollen- oder kontextbasierte Arbeitsteilung, kann jedoch ebenfalls Unterstützung, Handlungsvorschläge oder korrektive Interventionen in beide Richtungen beinhalten.

Der Vortrag beschreibt das Paradigma der menschenzentrierten KI, unser Konzept für Hybride Intelligenz, sowie Herausforderungen und Ansätze für die Operationalisierung.

A3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Software Defined Defence: Spatial Intelligence als Grundlage autonomer Operationsfähigkeit

Isabel Tahir, SE3 Labs

Spatial Intelligence- die Fähigkeit, dreidimensionale Umgebungen in Echtzeit zu erfassen und zu interpretieren bildet eine zentrale technologische Säule für Software Defined Defence. Der entscheidende Vorteil ist die Fähigkeitssteigerung durch Software.

Unsere technologische Lösung schließt die kritische Lücke zwischen Sensor und Entscheidung. Hierzu kombinieren wir fortschrittliche Ansätze im Bereich Computer Vision mit Large Language Models. Durch KI-gestützte 3D-Rekonstruktion transformieren wir Bilddaten von Kameras in Echtzeit zu nutzbaren räumlichen Modellen. Durch die Kombination mit LLMs wird ein semantisches Verständnis des Raumes hinzugefügt - Plattformen werden hierdurch nicht nur autonomer, sondern fundamental intelligenter.

Ein konkreter Anwendungsfall stellt die Integration von Boden- und Luftsystemen dar. UAVs führen Aufklärungsmissionen durch und es werden on-edge Terrainanalysen erstellt sowie optimale Routen für UGVs geplant. Die UGVs nutzen diese Befahrbarkeitsanalysen direkt für autonome Navigation am Boden. Die Luftaufklärung informiert somit die Bodenbewegung ohne Zeitverzug.

Durch den modularen Ansatz kann der Spatial AI Stack nahtlos in Bundeswehr-Workflows integriert werden. Software Defined Defence im räumlichen Kontext schafft durch Raumverständnis taktische Überlegenheit und kürzere Wirkungsketten.

A3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Künstliche Intelligenz in fliegenden Waffensystemen - ein funktionaler und ethischer Analyseansatz

Hauke Budig, Institut für Lufttransportsysteme, Technische Universität Hamburg

Machine Learning Algorithmen durchdringen zunehmend die moderne Welt, und sind daher auch in fliegenden Waffensystemen ein nicht mehr wegzudenkender Teil moderner Systeme, wie der Ukraine-Krieg zeigt. Allerdings stellen insbesondere tiefe (Deep ML) KI-Algorithmen häufig sog. Black-Box Modelle dar, deren innere algorithmische Abläufe kaum nachvollziehbar sind und keine Garantien in Bezug auf Zuverlässigkeit und Stabilität bieten. Diese Parameter hängen insbesondere von der Ausgewogenheit und Vollständigkeit der Trainingsdaten und der Struktur des Algorithmus ab. Hierfür gibt es bisher allerdings wenige belastbare Design-Richtlinien.

Dies wirft insbesondere ethische Fragestellungen zum Einsatz dieser Algorithmen im militärischen Kontext auf. Dieser Vortrag stellt daher einen Ansatz vor, ethische Restriktionen so früh wie möglich in den Entwicklungsprozess solcher Systeme zu integrieren, und Metriken aufzuzeigen, die den Erfolg dieser Einschränkungen evaluieren lassen. Letzteres könnte nach Vorbild des in der Luftfahrt verbreiteten „Functional Hazard Assessments“ umgesetzt werden, wobei die Möglichkeit einer quantitativen Analyse ethischer Aspekte auf Machbarkeit untersucht werden muss. Einige Algorithmen könnten zudem inhärent ungeeignet für bestimmte Use-Cases sein, während sie in Anderen akzeptable Leistung erbringen. Ein Algorithmus, der gut zur Zielerfassung geeignet ist, könnte sich bspw. zur Nutzung in der Missionsplanung verbieten.

Ziel der Arbeit ist somit, ein Bewertungssystem zu schaffen, das eine Übersicht für den Anwender als auch für den Entwickler geben kann, welche Algorithmen in welchem Kontext welche Garantien geben und wie ethische Restriktionen darin implementiert werden können.

B3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Akustiksignaturvorhersage und Bewertung von militärischen Luftfahrzeugen

Dr. Karl-Stéphane Rossignol, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Militärische Luftfahrzeuge decken ein breites Spektrum an Größe und Funktion ab, von großen Transportern über kleine U(C)AVs bis hin zu den Turbotriebwerken leistungsstarker Kampflugzeuge. Der typischerweise intensive Außenlärm, der von all diesen Flugzeugen erzeugt wird, ist aerodynamischen Ursprungs. Dieser Lärm stellt ein Problem im Routinebetrieb dar und ist für die Tarnung von großer Bedeutung. Der Stand der Technik bei der Vorhersage und Reduzierung von Fluglärm ist auf zivile Verkehrsflugzeuge ausgerichtet, während für militärische Flugzeuge viel weniger Aufwand betrieben wurde. Der Lärm von Militärflugzeugen wird praktisch vollständig vom Triebwerkslärm bestimmt. Während die Lärmreduzierung von Turbofan-Triebwerken für zivile Flugzeuge ein sehr aktives Thema der Forschung und Technologie ist, sind die Fortschritte auf diesem Gebiet für Militärflugzeuge völlig unzureichend. Die Triebwerksintegration in Kombination mit der Flugzeugkonfiguration von Militärflugzeugen ist völlig anders, was die relevanten Schallquellenmechanismen verändert und auch ein erhebliches Potenzial zur Lärminderung bietet, dass bei typischen zivilen Flugzeugen mit Röhren und Flügeln nicht vorhanden ist. Der Schwerpunkt dieses Beitrags liegt auf der Darstellung des aktuellen Stands der Technik in Bezug auf die aeroakustische Charakterisierung und Vorhersage der Schallemissionen von militärischen Fahrzeugen sowie auf den Fortschritten bei der Missionsanalyse und -planung. Darüber hinaus ermöglichen die Methoden zur Bestimmung und Quantifizierung aeroakustischer Druckfelder die Ableitung von Strukturanregungen und aeroakustischen Lasten. Diese können bei der Entwicklung von Flugzeugstrukturen berücksichtigt werden, beispielsweise in Hinsicht auf schallermüdungsresistente Designs.

B3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Networked long-range acoustic drone detection - Vernetzte und weiträumige akustische Drohrendetektion

Prof. Christian Janke, Embry-Riddle Aeronautical University Worldwide Campus

Der Vortrag adressiert die Erforschung und Entwicklung einer neuartigen Generation akustischer Sensorsysteme, die einen Paradigmenwechsel in der Raumüberwachung und Quellendetektion ermöglichen.

In Anbetracht zunehmender - mutmaßlich illegaler - Drohnenüberflüge und möglicher Drohnenbedrohungen, etwa über kritischen Infrastrukturen oder bei Veranstaltungen ist die Nachfrage nach zuverlässiger und flächendeckender Detektionstechnologie groß.

Im Bereich der Drohnen-Detektion werden zahlreiche Technologien wie Radar, Optronik und RF-Sensorik bereits vereinzelt untersucht. Großflächige akustische Systeme sind – soweit ersichtlich – noch wenig etabliert und bieten deshalb Raum für Innovation und dringend benötigte Lösungen.

Im Fokus des Projekts stehen spezielle Arrays basierend auf Mikrofonen aus miniaturisierten elektro-mechanischen Systemen (MEMS) mit proprietärer Software und Algorithmik. Die Fähigkeit zur großflächigen Überwachung und hochpräzisen Lokalisierung prädestiniert das System für die Drohrendetektion und -Lokalisation über große Bereiche hinweg.

Die Erkennung bisher unbemerkter, illegaler Drohnen über akustische Verfahren mittels netzwerkbasierter Mikrofonarrays stellt eine technologische Neuentwicklung bzw. Weiterentwicklung mit hoher Sicherheitsrelevanz dar.

Die zentrale Innovation liegt in der architektonischen Fähigkeit, beliebig große Array-Geometrien zu formen, indem das System auf der Kombination vieler einzelner, dezentraler Arrays aufbaut. Dies ermöglicht die akustische Überwachung auch über große Distanzen und Bereiche hinweg, was in klassischen, zentralisierten Array-Konfigurationen nicht realisierbar ist.

B3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Aktive SWIR-Sensorik zur verdeckten Drohnenaufklärung

Dr. Dominik Walter, Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung

In diesem Vortrag werden aktuelle Untersuchungen zur verdeckten, aktiven SWIR-Sensorik (Bildgebung und Entfernungsmessung) vorgestellt. Ziel ist es, optische Aufklärung (engl.: Image Intelligence, IMINT) und Navigation mit 3D Szeneerfassung zu ermöglichen, ohne verbreitete Laserwarnsysteme (LWS) anzusprechen – die aktive Sensorik wird damit für die gegnerische Aufklärung faktisch „unsichtbar“. Eine vielversprechende Anwendung im Verteidigungsbereich stellt hierbei die verdeckte Drohnenaufklärung dar. Untersucht werden zwei sich ergänzende Ansätze:

- (1) ein Gated Viewing System bei der untypisch hohen Wellenlänge von $2,09\text{ }\mu\text{m}$ und
- (2) ein Quanten Entfernungsmesser auf Basis verschränkter Photonen und asynchroner Detektion.

Bei Gated Viewing im kurzwelligen Infrarot (engl.: Short-Wave Infrared, SWIR) zeigt der Wechsel von der typischen Wellenlänge $1,57\text{ }\mu\text{m}$ auf $2,09\text{ }\mu\text{m}$, dass zuverlässige Bildgebung mit Tiefeninformation bei deutlich reduziertem Entdeckungsrisiko möglich ist, da gängige LWS oberhalb von etwa $1,7\text{ }\mu\text{m}$ meist keine Empfindlichkeit aufweisen.

Der Quanten Entfernungsmesser (engl.: Quantum Range Finder, QRF) nutzt eine breitbandige Quantenquelle, die unter Ausnutzung der spontanen parametrischen Abwärtskonversion (engl.: Spontaneous Parametric Down Conversion, SPDC) verschränkte Photonenpaare erzeugt – ein SWIR Beleuchtungsphoton für die Szene und ein sichtbares Referenzphoton. Ein SWIR Bucket Detektor und ein zeitaufgelöstes 2D SPAD Array werden über Elektronik zur zeitkorrelierten Einzelphotonen Zählung (engl.: Time Correlated Single Photon Counting, TCSPC) synchronisiert, sodass Koinzidenzalgorithmien aus dem Hintergrund die Entfernung zum Messobjekt extrahieren können. Die ausgesandten Photonen sind spektral so gestaltet, dass sie im natürlichen Hintergrund „verschwinden“ und nur über die Quanteninformationen aus dem Referenzarm des Setups eindeutig identifizierbar sind. Technologisch sind aktuell damit schon Reichweiten im Bereich von $0,1 - 1\text{ km}$ möglich. Erste Ergebnisse verdeckter Entfernungsmessungen werden präsentiert.

B3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

C-UAS: Bewertungskonzept für KRITIS

Dr. Susanne Winderl, IABG mbH

Die jüngsten Drohnenvorfälle seit dem Oktober 2025 in Deutschland verdeutlichen die Dringlichkeit, kritische Infrastrukturen wie Flughäfen vor Bedrohungen aus der Luft zu schützen. Kommerzielle Drohnen (UAS) sind heutzutage leicht verfügbar, preisgünstig und ohne große Vorkenntnisse einsetzbar. Zudem können sie individuell konfiguriert werden, was das Bedrohungsspektrum erweitert – von Ausspähung über Störung bis hin zur Zerstörung von Infrastrukturen, Anlagen und Veranstaltungen.

Zur effektiven Abwehr von UAS ist zunächst eine Sensorik erforderlich, die Drohnen sicher erkennt, klassifiziert und verifiziert. Weiter gilt es einen adäquaten auf die Bedrohungslage und örtlichen Gegebenheiten angepassten Effektormix zu finden und dann sowohl die Sensor-, als auch Effektor-Komponenten in ein Führungs- und oder Lagedarstellungssystem einzubetten.

Im Vortrag werden geeignete Analysewerkzeuge zur Einordnung der Bedrohung, sowie ein Simulationstool, mit dem das definierte Bedrohungsspektrum und die zu schützende kritische Infrastruktur detailliert modelliert vorgestellt. Herausgehoben wird dabei wie mittels Simulation sensible Bereiche und potenzielle Anflugpunkte identifiziert und Flugmuster für verschiedene Drohnentypen sowie mögliche Sensoren und Abwehrmaßnahmen simuliert und optimiert werden können.

Das Ergebnis solcher - mehrstufiger - Analysen sind simulationsgestützte Empfehlungen für die bestmögliche Platzierung von Detektions- und Abwehrkomponenten. Diese können nicht nur die Basis für Beschaffung und Installation, sondern auch Grundlagen für die Formulierung von Anforderungsdefinitionen solcher Systeme bilden.

B3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Ein bio-inspirierter, passiver Dual-Sensor-Ansatz für Counter-UAV Missionen

Dr. Richard Arning, Deutsch-Französisches Forschungsinstitut Saint-Louis (ISL)

Drohnerdetektion als erster Schritt zur Abwehr ist zu einem entscheidenden Faktor in der modernen Kriegsführung geworden. Die geringe Größe, Wendigkeit und hohe Anzahl insbesondere von FPV-Drohnen und Loitering Munition auf dem Gefechtsfeld, sowie der unvorhersagbare Angriffsvektor (von Top-Attack zu Ambush aus Grasnabenhöhe) erschweren ihre Ortung und Abwehr erheblich. Damit stellen sie traditionelle Aufklärungs- und Verteidigungssysteme vor große Herausforderungen.

AKTIVE Ortungssysteme wie Radar oder Lidar bergen das Risiko, eigene Positionen preiszugeben, was den strategischen Bedarf an passiven, unauffälligen Ortungslösungen mit hoher zeitlicher und räumlicher Präzision unterstreicht.

Dieses Projekt stellt ein eingebettetes PASSIVES Bildverarbeitungssystem vor, das speziell für die Drohnenerkennung entwickelt wurde. Das System orientiert sich am menschlichen Sehsystem, das durch die kombinierte Nutzung des peripheren und des zentralen Sehens Bewegungen in komplexen Umgebungen hervorragend erkennen und verfolgen kann. In dieser bioinspirierten Architektur ermöglicht ein ereignisbasierter Sensor die periphere Sicht und erfasst Bewegungen mit geringer Latenz und hohem Dynamikumfang. Gleichzeitig übernimmt eine RGB-Kamera die Funktion der Fovea und liefert detaillierte räumliche und Farbinformationen in einem kleinen Bereich von Interesse.

Aufbauend auf diesem Dual-Sensor-Ansatz nutzen die am ISL entwickelten Algorithmen zunächst den Ereignisstrom, um potenziell bewegte Ziele vor komplexen Hintergründen zu erkennen. Anschließend werden Rechenressourcen dynamisch den entsprechenden Bereichen in den RGB-Daten für eine detaillierte Analyse und Klassifizierung zugewiesen. Diese aufmerksamkeitsbasierte Architektur ermöglicht eine schnelle Zielerkennung und effiziente Verarbeitung und unterstützt den Echtzeitbetrieb auf kompakten eingebetteten Plattformen.

B3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Akustikbasierte Detektion und Lokalisierung von UAVs

Dr. Sebastian Hengy, Deutsch-Französisches Forschungsinstitut Saint-Louis (ISL)

Over the last few years, a data fusion solution has been developed, that integrates information from multi-modality sensors (acoustic, optical) to detect, identify, locate, and track a drone entering an area to be protected. To date, this approach exploits the information transmitted by acoustic sensors, which enable initial detection. Each individual microphone array has an embedded deep neural network that analyzes the incoming sound data in real-time and estimates whether a drone is present or not every 300 milliseconds. The localization of the drone is handled every 100 milliseconds.

The presence of several microphone arrays in the area enables the position of the potential threat to be estimated. The estimated position can then be transmitted to a camera mounted on a motorized stand, which then confirms the actual presence of a drone.

The present paper describes the results obtained with the acoustic sensors during the final measurement campaign of the presented study. In the final measurement campaign, five acoustic sensors were deployed. The fusion computer estimated the drone's position every 200 milliseconds. The drone's estimated position has been compared with the ground truth data recorded using an RTK-GPS carried onboard the drones during each flight.

The performance in terms of detection range and localization accuracy will be discussed. Leads to new methods in order to improve these performances will be discussed.

E3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Akustische Detektion von unmanned aerial vehicles mittels distributed acoustic fibre sensing

Dr. Stefan Ast, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Optische Glasfasern können mit Hilfe der Lasersensortechnologie des „Distributed Acoustic Sensing“ als weit verteilte akustische Sensoren benutzt werden. Hierfür wird nur ein Lasersensor benötigt, um 20+ km mit einem Netzwerk aus mehr als 10.000 faser sensoren akustisch zu überwachen.

DLR SI LSE hat diese Technik zur Detektion von Drohnen (unmanned aerial vehicles) verwendet und erste Ergebnisse mit niedrig fliegenden Drohnen erzielt. Die Messungen deuten darauf hin, dass sowohl die Position der Drohne als auch ihre Geschwindigkeit und Beschleunigung über Dopplerverfahren ermittelt werden kann. Daraufhin können diese Daten mittelfristig in Echtzeit an ein Sensorfusionssystem übergeben werden, um Effektoren gegen die Drohnen wirken zu lassen. Langfristig soll die laserinterferometrische Expertise von LSE zur Verbesserung von DAS Systemen zur Drohnerkennung verwendet werden.

C3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Herausforderungen bei der Abwehr von Hyperschallflugkörpern

Dr. George Bahmeier, AMDC GmbH

Hyperschallflugkörper sind eine spezielle Klasse von Angriffsflugkörpern, deren Einsatz in bestimmten taktischen Lagen und Szenarien Vorteile bringt. Um diese Vorteile auszunutzen, müssen die Fähigkeiten des Hyperschallflugkörpers geschickt eingesetzt werden.

Der Vortrag erläutert einige grundsätzliche Einsatzmöglichkeiten und erläutert die daraus resultierenden Probleme für die Abwehr.

C3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Militärische Forschungsbegleitung von zivilen DLR-Hyperschallflügen im Kontext der Abwehr von Hyperschallflügen

Dr. George Bahmeier, AMDC GmbH

Kein Abstract vorhanden

C3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Abwehr von Hyperschallflugkörpern

Prof. Dr. Daniel O'Hagan, Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik

Hyperschallwaffen stellen eine große Herausforderung für die integrierte Luft- und Flugkörperabwehr dar. Sie bewegen sich mit Mach 5 und schneller, wodurch die Reaktionszeiten häufig unter einer Minute liegen. Aktuelle Luftverteidigungssysteme müssen die Herausforderungen bewältigen, die durch Hyperschallflugkörper entstehen. Diese können sich beispielsweise in Höhen zwischen 30 und 50 km bewegen, in denen die Abwehrflugkörper klassischer Luftverteidigungssysteme – wie z.B. PATRIOT – nicht wirksam sind.

Der Schutz von EU- und NATO-Gebieten erfordert ein Paradigma, das hyperschallfähige Raketenabwehr und ballistische Raketenabwehr innerhalb der NATO-integrierten Luft- und Raketenabwehr zusammenführt. Frühwarnung jenseits der Sichtlinie ist unerlässlich und erfordert Sensoren, die Bedrohungen weit über den Radarhorizont hinaus erkennen können. HF-horizontübergreifendes Radar und Infrarot-Satellitenkonstellationen bieten komplementäre Ansätze, aber kein einzelner Sensor kann kontinuierliches Tracking und waffenfähige Lokalisierung bieten. Daher ist eine System-of-Systems-Architektur erforderlich.

C3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Simulation und Analyse hypersonischer Bedrohungen mit Sensorik im Weltraum und Over-The-Horizon-Radar (OTHR)

Dr. Florian Scherer, IABG mbH

Hypersonische Gleitvehikel (HGV) stellen durch ihre hohe Geschwindigkeit, große Reichweite und die ausgeprägte Manövrierfähigkeit eine emergente Bedrohung für bestehende Luftverteidigungssysteme dar. Die Früherkennung dieser Objekte ist entscheidend, um ausreichend Reaktionszeit für Abfang oder Verteidigungsmaßnahmen zu gewinnen. In dieser Arbeit werden die erkenntnistheoretischen Auswirkungen zweier zusätzlicher Sensorik Ansätze – Space Based Detection (SBD) mittels satellitengestützter Infrarot und Radar Payloads sowie die Kombination mit Over the Horizon Radar (OTHR) – mit einem konventionellen bodengestützten Detektionsnetz ohne diese Elemente in einer Simulationsumgebung verglichen.

Ausgehend von öffentlich zugänglichen Leistungsdaten werden Szenarien modelliert, in denen ein HGV bereits in der Startphase und in den oberen Lagen detektiert wird. Dabei entsteht durch die kontinuierliche Abdeckung der SBD Konstellation ein signifikanter Vorsprung gegenüber rein bodengebundenen Systemen. Die zusätzliche Integration von OTHR erweitert die Detektion auf niedrige bis mittlere Flughöhen und reduziert die Blindzone im geographischen Horizont zusätzlich. Kombiniert liefern SBD + OTHR eine robuste, mehrschichtige Frühwarnkette, die eine Früheinweisung verbessert und gleichzeitig die Fehlalarmrate dank redundanter Messungen senkt.

Im Vergleich dazu zeigt das rein bodengebundene Netz eine stark variierende Erkennungszeit, abhängig von Terrain und Wetterbedingungen, und liefert im Mittel nur 120 s Vorlaufzeit. Die Simulationsergebnisse verdeutlichen, dass eine Integration von Weltraumsensorik und OTHR die strategische Früherkennung von HGV signifikant verbessert und als Schlüsseltechnologie für zukünftige Abwehrkonzepte angesehen werden muss.

C3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Innovative stochastische Verfahren zur Detektion und Tracking hypersonischer Flugkörper mittels Radar

Prof. Dr. Wolfgang Koch, Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie

Der Vortrag beschreibt ein innovatives Verfahren zur Zielextraktion für die frühe Detektion und Verfolgung hypersonischer Flugkörper mittels diskreter und komprimierter Darstellung von Wahrscheinlichkeitsdichten und detaillierter Modelle für die probabilistische Beschreibung von Messgrößen und Fehlerquellen von Radarsystemen.

Dazu werden die physikalischen und signalverarbeitungstechnischen Grundlagen eines Radarsystems sowie deren Einfluss auf die Zielerkennung und -verfolgung rekapituliert. Zunächst werden typische Radarparameter wie Sendeleistung, Antennengewinn, Bandbreite, Frequenzband und Pulswiederholrate erläutert. Darauf aufbauend werden Modelle zur Beschreibung von Falschalarmpunkten, Messfehlern und Signalverteilungen hergeleitet.

Dann werden der Neyman-Pearson-Detektor und die Swerling-Modelle vorgestellt, gefolgt von Methoden zur kohärenten Integration mehrerer Pulse. Anschließend werden stochastische Modelle für Clutter, Feld-of-View-Berechnungen und Fehlerabschätzungen für Azimut-, Elevations-, Entfernungs- und Dopplerparameter beschrieben.

Für die Zielerkennung über mehrere Scans wird ein Likelihood-Ratio-Test eingeführt, der zwischen Ziel- und Nichtzielhypothese unterscheidet. Darauf aufbauend wird das ML-PDA-Verfahren (Maximum Likelihood – Probabilistic Data Association) erläutert, das eine konsistente Schätzung des Zielzustands auch in Clutter-Umgebungen ermöglicht. Ergänzend wird eine erweiterte Lösung auf Basis von Tensorzerlegungen beschrieben, die Daten aus heterogenen Sensoren integriert.

Abschließend wird eine Simulation präsentiert, die den Einfluss der Systemparameter auf SNR und Detektionswahrscheinlichkeit zeigt. Dabei wird deutlich, dass das SNR mit abnehmender Entfernung stark ansteigt und die Detektionswahrscheinlichkeit entsprechend von nahezu null auf fast eins wächst. Die Ergebnisse verdeutlichen die physikalische Kopplung zwischen Geometrie, Signalqualität und Detektionsleistung moderner Radarsysteme.

C3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Entwicklung von Interceptorsystemen für die Hyperschallabwehr

Sinikka Salchow, DIEHL Defence

Hyperschallbedrohungen sind inzwischen eine ernstzunehmende Gefahr für die globale Sicherheit. Der vorliegende Vortrag widmet sich den spezifischen Herausforderungen bei der Abwehr dieser Bedrohungen durch Interceptorsysteme. Im Fokus stehen dabei sowohl die technologischen Anforderungen auf Waffensystemebene als auch die Besonderheiten auf Interceptorebene.

Ein besonderer Schwerpunkt des Vortrags liegt auf dem Zusammenspiel zwischen Waffensystem und Interceptor, um effektive Abwehrstrategien zu entwickeln. Um die komplexen Herausforderungen in der Entwicklung solcher Systeme zu bewältigen und Risiken sowie Zeit zu minimieren, werden fortschrittliche Methoden wie das Spiral Development, agile Entwicklungsansätze sowie digitale Zwillinge und Testing vorgestellt. Diese modernen Ansätze des Systems Engineering ermöglichen eine frühzeitige Identifikation von Problemen und tragen erheblich zur Reduzierung von Entwicklungszeiten und -risiken bei.

Durch modulare Entwicklungsansätze wird ein kontinuierlicher Fähigkeitszuwachs erreicht, wobei der Aufwand für Entwicklung und Zulassung reduziert wird. Dies ermöglicht eine schnelle Anpassung des Systems an neue Randbedingungen im Einsatzfeld, ohne die Sicherheits- und Zuverlässigkeitsanforderungen zu kompromittieren.

Am Beispiel des HYDEF Flugkörperkonzeptes werden innovative Methoden des Systems Engineering sowie der modularen Bauweise illustriert. Diese Ansätze demonstrieren, wie zukünftige Interceptorsysteme effizienter entwickelt und an die dynamischen Anforderungen moderner Bedrohungslandschaften angepasst werden können.

D3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Anwendungspotentiale und Einsatzfelder für nitromethanbasierte Treibstoffe

Maxim Kurilov, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Nitromethan ist eine häufig verwendete und kostengünstige Labor- und Industriechemikalie, die in der EU in einer jährlichen Tonnage von etwa 67.000 t hergestellt und verwendet wird. Im Rahmen von Forschungsaktivitäten der DLR-Einrichtung „Raumfahrtantriebe“ wurde auf Basis dieser Substanz eine Familie gelförmiger und flüssiger Treibstoffe entwickelt. NMP-001, einer dieser Treibstoffe, wurde zur Demonstration und Untersuchung des Potenzials von Nitromethan für die Bahn- und Lageregelung von Satelliten (RCS) sowie für Flugkörper (DACS) entwickelt.

Diese Arbeit stellt die wichtigsten Ergebnisse des Entwicklungsprozesses dieses Treibstoffs dar: Die Entwicklung der Anforderungsmatrix, die Demonstration des Abbrands bei niedrigen Drücken (< 20 bar) und die Charakterisierung eines anwendungsnahen Anzündsystems. Dabei konnte gezeigt werden, dass der entwickelte Treibstoff auch bei 15 bar stabil abbrennt – eine deutliche Verbesserung gegenüber reinem Nitromethan, das erst ab einem Brennkammerdruck von 30 bar stabil abbrennt. Darüber hinaus konnte der Pulsbetrieb, d. h. das schnelle An- und Abschalten des Triebwerks, demonstriert werden – eine essenzielle Eigenschaft für den Einsatz in RCS und DACS. Ähnliche Ergebnisse wurden mit gelförmigen Treibstoffvarianten erzielt und werden ebenfalls vorgestellt. Zusätzlich wurde eine Studie zu möglichen Einsatzfeldern nitromethanhaltiger Treibstoffe durchgeführt. Diese Studie zeigt das Leistungspotenzial verschiedener Nitromethan-Treibstoffe am Beispiel eines Kleinsatelliten, eines Flugkörpers und einer Oberstufe.

D3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Versuchsinfrastrukturen für Raketentriebwerke am DLR-Standort Trauen - Fähigkeiten und Perspektiven

Stefan May, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Veröffentlichung des Abstracts wurde widersprochen.

D3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Gesamtkonzept lagerbare, regelbare und wiederzündbare Oberstufe für den weltweiten Einsatz

Nora Riedel, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Die Weltraumsicherheitsstrategie der Bundesregierung zielt im Bereich der Forschung auf eine Nutzung der Dual-Use Technologien zur Stärkung der Resilienz ab. Zu diesen Technologieentwicklungen zählen leistungsstarke Raketenantriebe. Gleichzeitig wird eine Forderung nach einer Responsive Space Fähigkeit gefordert.

Hybridraketenantriebe als Kombination der Feststoff- und Flüssigraketenantriebe stellen für die Anwendung in Oberstufenraketen eine gute Kombination aus beiden Antriebsarten dar. Bei der Verwendung von hochkonzentriertem Wasserstoffperoxid in Kombination mit Hydroxyl-terminierten Polybutadien ist eine gute Lagerbarkeit, bei gleichzeitiger Möglichkeit der Regelung und Wiederzündung gegeben. Die Lagerbarkeit ist eine relevante Eigenschaft für das Vorhalten der Raketenstufe für eine lange Zeit bis zum Einsatzzeitpunkt. Die Regelung und Wiederzündung sind entscheidend, um den Satelliten möglichst nahe der Umlaufbahn abzusetzen. Des Weiteren ist der Umgang mit der Treibstoffkombination bei der Einhaltung einiger Sicherheitsvorschriften vereinfacht.

Zuerst wird der Stand der Technik der Hybridraketenantriebe mit Wasserstoffperoxid und deren Entwicklungsperspektiven vorgestellt. Anschließend wird der generelle Aufbau einer solchen Oberstufe bestehend aus verschiedenen Antriebsteilsystemen erläutert. Zusätzlich zur Rakete werden weitere Infrastrukturen am Startplatz benötigt. Hierzu zählen neben einer Startrampe, eine besonders auf den Treibstoff abgestimmte Infrastruktur: Das MoHyPer („Mobile Hydrogen Peroxide Transport and Storage Container“) ist ein weltweit verbringbares Lager für Wasserstoffperoxid. Neben der Möglichkeit der Lagerung an einem Ort ist gleichzeitig der Transport und das notwendige Equipment für die Betankung von Raketen, sowie die benötigte Sicherheitstechnik vorhanden. Somit kann eine potentielle Oberstufe ausreichend versorgt werden.

Zusammenfassend wird ein Konzept für die Verwendung von Hybridraketenantrieben mit Wasserstoffperoxid in Oberstufen vorgestellt. Neben der Rakete wird auch die zusätzlich benötigte Infrastruktur beleuchtet.

D3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Schubkammern aus keramischen Verbundwerkstoffen

Bernhard Heidenreich, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Zusammenfassend wird ein Konzept für die Verwendung von Hybridraketenantrieben mit Wasserstoffperoxid in Oberstufen vorgestellt. Neben der Rakete wird auch die zusätzlich benötigte Infrastruktur beleuchtet.

Keramische Faserverbundwerkstoffe zeichnen sich durch eine extreme Temperatur- und Thermoschockbeständigkeit, ein quasiduktils Bruchverhalten, und eine hohe Schadenstoleranz, sowie eine geringe Dichte aus. Sie besitzen daher ein hohes Einsatzpotential für hochtemperaturbeständige, leichte Schubkammern in Flugkörpern und Satellitenantrieben. Am Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie wurden C/C-SiC Werkstoffe ursprünglich für Thermalschutzsysteme von Raumfahrzeugen entwickelt. Kostengünstige Ausgangswerkstoffe und relativ kurze Fertigungszeiten ermöglichten den industriellen Einsatz von C/C-SiC Werkstoffen in Hochleistungsbremsscheiben für PkW und in den Reibbelägen der Propellerbremse des Airbus A 400 M, sowie in jet vanes von Flugkörpern.

In einem neuen Ansatz werden C/C-SiC Schubkammern für Raketen- und Satellitenantriebe auf der Basis von „green propellants“ (Nitromethan, Lachgas (N₂O/C₂H₆)) entwickelt. Die wesentlichen Ziele sind dabei hochtemperaturstabile ($T_{max.} = 2\ 300\ ^\circ\text{C}$) C/C-SiC Werkstoffvarianten und Schubkammern in Leichtbauweise, sowie neue Designkonzepte für eine kosteneffiziente und skalierbare Fertigung. Für die Herstellung der Schubkammern wurde eine Differentialbauweise gewählt, bei der die Hauptkomponenten, d. h. Brennkammer, Düse und Flansch, zunächst separat gefertigt und anschließend durch ein in situ Fügeverfahren während des Herstellungsprozesses miteinander verbunden werden. Dadurch kann für jede Komponente das wirtschaftlich effizienteste Herstellungsverfahren und die geeignetste Werkstoffvariante ausgewählt und in der Schubkammer miteinander kombiniert werden. In dem Beitrag werden die unterschiedlichen Bauweisen und Werkstoffvarianten beschrieben, und erste Testergebnisse aus Berstversuchen und hot firing Tests vorgestellt.

D3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Einblicke in die Festtreibstoffentwicklung am Fraunhofer ICT Pfinztal

Sebastian Fischer, Fraunhofer Institut für Chemische Technologie

Das Fraunhofer ICT in Pfinztal forscht und entwickelt seit vielen Jahren im Bereich moderner und umweltfreundlicher Ammoniumdinitramid (ADN)-haltiger Festtreibstoffe. Diese können in der Lage sein, klassische Raketenfesttreibstoffe auf Basis von Ammoniumperchlorat (AP) oder Nitrocellulose (Double-Base) zu substituieren. Anwendungsmöglichkeiten sind beispielsweise signaturarme Treibstoffformulierungen für schultergestützte Waffensysteme oder leistungsstarke und schnellbrennende Feststoffbooster.

Der Vortrag umfasst aktuelle Arbeiten am Fraunhofer ICT zu Composite-Festtreibstoffen, welche im Rahmen der Grundfinanzierung durchgeführt wurden. Dabei wurden verschiedenste Modifikationen an der Bindermatrix und am Feststoffsystem vorgenommen und untersucht.

Präsentiert wird unter anderem eine Versuchsreihe zu Fließadditiven für hochgefüllte ADN-basierte Festtreibstoffformulierungen, die zu einer verbesserten Verarbeitungviskosität führen.

Weiterhin werden Untersuchungen präsentiert, die den Einfluss der Bindemittelfunktionalität auf die mechanischen Eigenschaften, insbesondere im Hoch- und Tieftemperaturbereich, aufzeigt.

Des Weiteren veranschaulichen Messergebnisse an modifizierten ADN-Partikeln, durch das Aufbringen sogenannter „Reaktiv-Coatings“, deren Einfluss auf die Sensitivität und Abbrandgeschwindigkeit von Treibstoffformulierungen.

Abschließend wird ein experimenteller Aufbau einer Versuchsanordnung zur Messung von elektrisch kontrollierbaren Festtreibstoffen vorgestellt. Hierbei wurde grundlegend untersucht, ob durch das Anlegen und Variieren einer elektrischen Spannung, der Festtreibstoff gezündet und die Abbrandgeschwindigkeit beeinflusst werden kann.

D3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Innovative Raketenfesttreibstoffe

Dr. Marcel Holler, Bayern-Chemie

Typische Composite-Raketentreibstoffe auf Basis von Ammoniumperchlorat (APC) entwickeln große Mengen Salzsäure beim Abbrand. Neben einer hohen Korrosionsbelastung für die Startplattform weisen diese Treibstoffe auch deutliche taktische Nachteile auf. Eine Möglichkeit, Salzsäurefreie und damit signaturarme Treibstoffe zu fertigen, ist der Ersatz von Ammoniumperchlorat durch den Oxidator Ammoniumdinitramid (ADN). Diverse Studien und Entwicklungsprogramme haben gezeigt, dass eine Reihe an Hürden und technischen Herausforderungen in der Entwicklung von ADN-basierten Treibstoffen besteht. Durch neuartige Entwicklungsansätze und alternative Technologien konnte in den letzten Jahren eine Vielzahl dieser Hürden erfolgreich gemeistert werden. Im Rahmen einer langjährigen Studie konnte der technologische Reifegrad stetig weiterentwickelt werden. In diesem Vortrag soll ein Überblick über den aktuellen Stand der ADN-Technologie gegeben werden. Durch den Einsatz eines neuartigen Binder-/Weichmachersystems und die Entwicklung geeigneter Haftvermittler sind nun erstmals Treibstoffe herstellbar, die in einem breiten Temperaturbereich gute mechanische Eigenschaften für den Einsatz in einer Vielzahl von Systemen ermöglichen. Die Verarbeitbarkeit wurde hinsichtlich Mischbarkeit und Topfzeit auf den industriellen Maßstab angepasst. Besonderes Augenmerk wurde auf Aspekte der Sicherheit (Gefahrgutrechtliche Einstufung) und Langzeitstabilität der entsprechenden Treibstoffe gelegt. Der Reifegrad und die Anwendbarkeit der ADN-Treibstoffe wurde durch den Abbrand von Versuchsmotoren in verschiedenen Geometrien und Nett-Massen erfolgreich nachgewiesen – ein wichtiger nächster Schritt wird nun der Freiflug eines Flugkörpers mit rein ADN-basiertem Antrieb.

E3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Towards underwater ship and unmanned vehicle detection using distributed acoustic sensing

Dr. Philipp Anhaus, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Within the last decade, technological advancement and research development have made it possible to exploit existing underwater fiber optic cables for monitoring their environment as well as their intrinsic properties. Besides their scientific value, those cables are critical parts of the maritime infrastructure and, thus, became targets for sabotage through vessels. Besides the pressure waves that vessels produce, the mechanical parts of vessels such as propellers and engines create acoustic waves with distinct signatures at specific frequencies. Both waves alter the scattering locations of back-scattering light within the fibers. By using the principles of distributed acoustic sensing, information about the change in scattering locations enables us to detect vessels and unmanned vehicles around the cables. This study aims to test a set of signal-based features including frequency peaks and entropy for their performance in detecting vessels and unmanned vehicles underwater. We compared signatures from different ships traveling close to existing underwater cables as well as from unmanned vehicles operating close to standard fiber optic cables deployed in a lake in Northern Germany. Besides different environmental conditions and measurement parameters we present different indicators suitable for ship and vehicle detection. This provides a complement to object detection and protection of the cable infrastructures.

E3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Passive Unterwasserakustik zum Schutz maritimer Infrastrukturen

Dr. Tobias Ziolkowski, ELAC SONAR

Im Beitrag wird ein neues Konzept zur dauerhaften passiv-akustischen Unterwasserüberwachung vorgestellt. Das System ENLITOR kombiniert faseroptisch gekoppelte Seebodenknoten mit einer modularen Signalverarbeitungskette („Sphere® Sonar Suite“) zur weiträumigen Detektion und Klassifikation von Unterwasserzielen. Die Knoten erfassen akustische Signale und übertragen die Daten über Glasfaserverbindungen an einen zentralen Verarbeitungsknoten an Land. Dort werden die Signale ausgewertet, um charakteristische Muster von menschengemachten Quellen (z. B. UUVs, U-Boote) zu erkennen.

Der Fokus des Beitrags liegt auf der Darstellung der Systemarchitektur und der verwendeten Signalverarbeitungsansätze. Es wird diskutiert, wie durch die Kombination aus passiver Akustik, faseroptischer Datenübertragung und verteilter Sensorik eine skalierbare und energieeffiziente Lösung für langfristige Überwachungsszenarien ermöglicht wird. Besondere Aufmerksamkeit gilt der Robustheit der Signalverarbeitung gegenüber variablen Umgebungsgeräuschen, sowie der Detektion schwacher Signale über große Distanzen hinweg. Durch den energieeffizienten Betrieb der Knoten und die wartungsarme Architektur eignet sich das System insbesondere für den langfristigen, kontinuierlichen Einsatz in abgelegenen oder schwer zugänglichen Regionen.

Der Beitrag ordnet das Konzept zudem in den Kontext aktueller Anforderungen an die Überwachung kritischer, maritimer Infrastrukturen, an Chokepoints und sicherheitsrelevanter Seewege ein und diskutiert die Übertragbarkeit der Ansätze auf unterschiedliche ozeanographische und sicherheitsrelevante Anwendungsszenarien. Damit trägt ENLITOR zur Weiterentwicklung nachhaltiger Konzepte für die Unterwasserüberwachung mittels akustischer Sensornetzwerke bei.

E3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Vorstellung der Studie AFKUI

Frank Reich, IBM Deutschland GmbH

Im Rahmen Ihres Forschungsauftrages untersucht die IBM mit Partnern wie Kritische Infrastruktur besser geschützt werden kann.

Das Projekt AFKUI zielt auf die Erweiterung und Verbesserung von Fähigkeiten für den Schutz und die Überwachung kritischer unterseeischer Infrastrukturen (KUI). Dies wird durch die Entwicklung neuer intelligenter Analysesysteme zur Früherkennung und Bewältigung von Bedrohungssituationen erreicht. Die Anwendung soll unter anderem Daten aus verschiedenen Quellen (open-source, kommerziell, im Projekt aufgenommen) sammeln, kombinieren und korrelieren und dabei modernste Algorithmen der künstlichen Intelligenz verwenden, um Bedrohungen frühzeitig zu erkennen. Die Anwendung soll in einem modularen Design entwickelt werden, um bei Bedarf weitere Erweiterungen und die einfache Implementierung neuer Datenquellen zu ermöglichen. Das System soll Fähigkeiten sowohl für das maritime Situationsbewusstsein in Echtzeit als auch für die historische Analyse und Forensik von lokalisierten Vorfällen bieten. Daneben soll das Lagebild um innovative neuartige Technologien zur Anomaliedetektion erweitert werden, speziell die Fusion von Synthetic Aperture Radar (SAR)-Satellitenkonstellationen sowie faseroptische Verfahren zur Nutzung von Unterseekabeln als akustische Sensoren (Distributed Acoustic Sensing, DAS), mit der das Lagebild um eine Unterwasserkomponente ergänzt wird.

Im Vortrag stellt IBM die Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt vor und zeigt die erreichten Verbesserungen, neue Lagebeurteilungsmöglichkeiten, Steigerung der Effizienz durch Nutzerzentrierte Auswertungsverfahren und unter der Bedingung der großen Datenmengen, die durch die großflächige Überwachung der Küstenbereiche und Flächen der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) mit Sensoren zur Über- und Unterwasserüberwachung entstehen werden.

E3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Optimale Informationsfusion für die maritime Aufklärung

Dr. Andreas Galka, Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Marine Technologie und Forschung

Um in rasch veränderlichen Situationen umfassende Lagebilder für die maritime Aufklärung erstellen zu können, ist der Einsatz geeigneter Sensorik sowie entsprechend leistungsfähiger Algorithmen für die Analyse der durch diese Sensoren gewonnenen Daten notwendig. Die Daten repräsentieren physikalische Größen, die mit vorgegebener räumlicher und zeitlicher Auflösung aufgezeichnet wurden.

Dieser Beitrag diskutiert die optimale Fusion der in hydroakustischen Daten vorhandenen relevanten Information durch moderne Algorithmen der Zeitreihenanalyse, wobei insbesondere die durch Mehrwegeausbreitung im Flachwasser auftretenden Effekte betrachtet werden.

Durch die vorgestellte Algorithmik werden neue Fähigkeiten zur Identifizierung von Wasserschallquellen sowie zur Detektion und Klassifikation schwacher Signale bei starkem Hintergrundgeräusch aufgebaut. Betriebsparameter der jeweiligen Schallquellen, wie etwa Geschwindigkeit, Distanz oder Wellendrehzahl, können bestimmt werden. In Signalgemischen lassen sich einzelne Signatur-Komponenten trennen und rekonstruieren; dies ist auch möglich bei Komponenten mit variabler oder schlecht definierter Frequenz.

E3: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

DAS, Schlüsseltechnologie im maritimen Umfeld ohne juristische Freigabe?

Dr. Ivor Nissen, Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Marine Technologie und Forschung

DAS (Distributed Acoustic Sensing) in vieler Munde als Schlüsseltechnologie mit viel Potential hat einen Nachteil: die Massendaten müssen in einem Fusionsschritt verarbeitet werden. Bei dem optischen Verfahren werden mittels Lasern die mechanischen Verformungen von Glasfasern in län-derüberschreitenden Meeresbodenleitungen von über 100 Kilometern Länge erfasst und in großen Sensordatenstreams verarbeitet.

Die WTD 71 arbeitet seit 2016 mit dieser Technologie im maritimen Umfeld, hat die ersten phasengenauen Meßgeräten beauftragt, führt regelmäßig Experimente in unterschiedlichen Seegebieten durch und untersucht nutzbare technische Ansätze. Teile werden im Vortrag vorgestellt. Doch ein operativer Einsatz verlangt auch eine gesetzliche Grundlage einer flächendeckenden Verkehrsüberwachung. Sicherheit-auf-See-Gesetz, KRITIS-Dachgesetz, Exportbeschränkungen bis hin zum ausgehebelten VerkdHSpFruSpPflEG-Gesetz bilden das juristische Umfeld dieser Schlüsseltechnologie, deren Nutzbarkeit parallel von Politikern und Juristen erlaubt werden muss. Dieser entscheidende Punkt wird ebenfalls in dem Vortrag beleuchtet.

A4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Konzept für ungekühlte Dualband-Mikrobolometer zur Visualisierung von MWIR und LWIR in sicherheitsrelevanten Szenarien

Dr. Dirk Weiler, Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme

Die jüngsten Fortschritte in der Mikrobolometertechnologie sind vor allem auf die Reduktion der Pixelgröße zurückzuführen, wo durch die optische Auflösung ungekühlter Wärmebildgeräte verbessert und zugleich die thermische Empfindlichkeit bewahrt wurde. Während Mikrobolometer vorwiegend für den langwelligen Infrarotbereich (LWIR: „long wave infrared“) zwischen 8 μm und 14 μm zur Erfassung der menschlichen Wärmestrahlung optimiert werden, rückt der mittelwellige Infrarotbereich (MWIR: „mid wave infrared“) zunehmend in den Fokus, insbesondere für Hochtemperaturanwendungen. Vor diesem Hintergrund hat das Fraunhofer IMS sowohl ungekühlte IRFPAs entwickelt, die für den LWIR-Bereich optimiert, als auch solche, die auf Thermographie von Hochtemperaturszenarien im MWIR-Spektrum ausgelegt sind.

In diesem Vortrag stellt das Fraunhofer IMS ein Konzept vor, das beide Ansätze vereint und damit die Realisierung ungekühlter Dualband-Mikrobolometer zur Visualisierung von MWIR und LWIR ermöglicht. Die Kombination beider Mikrobolometertypen in ein Dualband-IRFPA („infrared focal plane array“) angeordnet in einem Schachbrettmuster bietet unter anderem Vorteile bei der Fusion der Bilddaten. So sind etwa keine Korrekturen für durch unterschiedliche Optiken verursachte Unterschiede in den Daten notwendig, wie sie im Falle zweier separater Systeme ergeben. Eine der zentralen Herausforderungen hierbei ist die Integration infrarottransparenter Fenster mit geeigneten Transmissionseigenschaften im Vakuum-Package. In der Anwendung hat die Nutzung spektraler Information durch diese Technologie das Potential, die Detektion und Klassifikation von potenziellen Bedrohungen, insbesondere in komplexen Szenarien zu verbessern (situation awareness).

A4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Kompakte mehrkanalige Wärmebildkamera mit großem Gesichtsfeld und katadioptrischem Objektivdesign

Dr. Robert Leitel, Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik

Ungekühlte Infrarotkameras im Spektralbereich von 8–14 μm ermöglichen eine robuste Überwachung und Erkennung von Menschen und thermischen Quellen unter allen Wetter- und Sichtbedingungen, ohne zusätzliche Beleuchtung. Diese Unabhängigkeit vom Umgebungslicht aufgrund der Eigenemission ist insbesondere für allwettertaugliche, zielgerichtete Erfassung oder Aufklärung in der Wehrtechnik von Vorteil. In Fahrzeuganwendungen identifizieren Wärmebildkameras Personen zuverlässig und erhöhen die operative Sicherheit bei schlechten Sichtverhältnissen wie Regen, Nebel und Dunkelheit. Anforderungen aus diesem Bereich sind eine lichtstarke Optik ($\sim F/1$), eine hohe Winkelauflösung (ca. 16 Pixel/°), ein großes Sichtfeld und eine kompakte Bauform.

Um kostenintensive, großformatige Objektive aus z.B. ZnSe, Ge und große Bolometerarrays zu vermeiden, verfolgen wir ein mehrkanaliges katadioptrisches Systemdesign basierend auf einem Zwei-Spiegel-Cassegrain-Objektivkonzept, ergänzt durch moderne niedrigauflösende Bolometerarrays (QQVGA). Die Systemkomponenten wurden durch M(O)EMS-Verfahren wie Graustufen-Photolithografie, proportionalen Ätz-Transfer und Glasfließprozesse im Waferlevel-Maßstab hergestellt. Das einzelne Objektiv hat ein diagonales Gesichtsfeld von 12,5° bei $F/1,4$ (inkl. zentraler Abschattung) und eine Winkelauflösung von 16 Pixel/°. Als Demonstrator wurde eine 2x4 Kanalanordnung aufgebaut, wobei das Objektiv-Array Abmessungen von nur 70 (B) x 35 (H) x 5 (T) mm³ besitzt. Die sich teilweise überlagernden Sichtfelder werden per Software zusammengesetzt und liefern eine Gesamtauflösung von 524 x 207 Pixeln bei einem Gesamtgesichtsfeld von 34° (H) x 13° (V). Das modulare Konzept erlaubt eine einfache Erweiterung um weitere Kanäle und größere Sichtfelder.

Im Beitrag stellen wir das Design, die Fertigung, die Integration, sowie Anwendungsfelder der kompakten Infrarotkamera-Lösung vor.

A4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Optische Wahrnehmung mit einzelnen Photonen

Dr. Martin Laurenzis, Deutsch-Französisches Forschungsinstitut Saint-Louis (ISL)

Die stetige Weiterentwicklung von SPAD (Single Photon Avalanche Diode) Kameras hat dazu geführt, dass heute bereits kleine bis mittelgroße SPAD-Arrays – je nach Bildgebungsmodus – kommerziell verfügbar sind. Diese Technologie ermöglicht die Detektion einzelner Photonen mit hoher zeitlicher Auflösung und eröffnet damit neuartige Ansätze in der Bildgebung.

Am ISL untersuchen wir kontinuierlich neue Anwendungen solcher Detektoren. In den letzten Jahren konnten wir sowohl im Bereich der aktiven als auch der passiven Bildgebung – unter Verwendung von Gated-SPADs sowie SPADs im TCSPC (Time-Correlated Single Photon Counting)-Modus – relevante Beiträge zur aktuellen Forschung leisten.

Ein Beispiel aus der passiven Bildgebung ist die Fourier-Analyse bewegter Objekte. Hier konnten wir zeigen, dass sich mithilfe von Einzelphotonen-Messungen sowohl die Bewegungsrichtung als auch die Frequenz von Quadcopter-Rotoren bestimmen lassen.

Im Bereich der aktiven Bildgebung beschäftigen wir uns am ISL unter anderem mit folgenden Themen:

- Gewinnung von Tiefeninformationen auf Basis der Fourier-Analyse von SPAD-Bildern
- Non-Line-of-Sight Imaging („um die Ecke schauen“) unter Verwendung von SPADs
- Optische Touch-Technologien auf LiDAR-Basis

A4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

CTD8000 - ein deutscher Bildsensor für die Erdfernerkundung

Dr. Hans-Ulrich Zühlke, Jena-Optronik GmbH

Im Paper wird der neu entwickelte CMOS TDI (Time Delay Integration) Sensor vorgestellt. Dieser Sensor wurde von einem nationalen Konsortium aus Instituten (Fraunhofer IMS, Leibnitz IHP, DLR WR) und der Jena-Optronik GmbH entwickelt und hergestellt und bietet damit nationale technologische Souveränität. Die Entwicklung wurde im Jahr 2025 mit dem Nachweis des TRL 7 abgeschlossen.

Der neue VNIR Sensor mit 7 μm Pixeln setzt Maßstäbe in der Bildqualität (Auflösung) und ist für ein Staggering vorbereitet. Flexibel auswählbare TDI-Stufen passen sich der Helligkeit der Szene an und ein hoher Dynamikbereich liefert auch bei geringem Kontrast exzellente Bilddaten. Erstmals ist der Anwender in der Lage, im Orbit sowohl den Dynamikbereich (maximal 12 Bit) als auch eine in-orbit-Selbstkalibrierung zur Kompensation der Alterung aktiv einzustellen.

Das modulare Designkonzept des Sensors erlaubt die flexible Adaption an einen weiten Bereich von Kundendesigns. Durch die Kombination zu größeren Sensorclustern sind große Schwadbreiten und mehrkanalige FPA (Fokal Plane Arrays) im VNIR Spektralbereich realisierbar.

Vorge stellt werden die wichtigsten Parameter, die Schlüsseltechnologien zur Herstellung des Sensors und eine Zusammenfassung der Testergebnisse.

- 1) Jena-Optronik GmbH, Otto-Eppenstein-Straße 3 07745 Jena, Germany;
- 2) Institute of Optical Sensor Systems, Rutherfordstr. 2, 12489 Berlin, Germany;
- 3) IHP – Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik, Im Technologiepark 25 15236 Frankfurt (Oder), Germany;
- 4) Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme, Finkenstraße 61 47057 Duisburg, Germany

A4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Quantenmaterialien als Grundlage einer multifunktionalen Sensorarchitektur: Infrastrukturüberwachung - Infrarotdetektion - biomechanischen Erfassung

Prof. Georg Duesberg, UniBw München

Quantenmaterialien bieten ein außergewöhnliches Spektrum an optischen, elektronischen und mechanischen Eigenschaften, das sie zu vielversprechenden Plattformen für Sensorik in sicherheitskritischen Anwendungen macht. Wir erforschen Quantenmaterialsysteme als Grundlage für energiearme, hochauflösende Sensorarchitekturen zur Detektion mechanischer, elektrischer und optischer Frequenzen in komplexen Umgebungen. Ein Schwerpunkt liegt auf Infrarotdetektion mit Polarisationskontrast, bei der anisotrope Materialien genutzt werden, um polarisationsselektive Detektion zu realisieren und zu steuern.

Insgesamt verfolgt unsere Forschung das Ziel, Quantenmaterialien als multifunktionale Sensorelemente zu etablieren, die teils ohne aktive Elektronik auskommen und dennoch hohe Selektivität, geringe Leistungsaufnahme und robuste Signalverarbeitung bieten. Die resultierenden Konzepte versprechen neue Ansätze für den Schutz und die Überwachung kritischer Infrastruktur sowie für tragbare, biokompatible oder architektonische Sensorsysteme der nächsten Generation.

Ergänzend analysieren wir das intrinsische Frequenzmischverhalten ausgewählter niederdimensionaler Quantenmaterialien, das breitbandige Sensorkonzepte ermöglicht. Dabei adressieren wir die Entwicklung passiver, nichtlinearer RF-Sensoren, die strukturelle Schäden an kritischer Infrastruktur durch veränderte Signaturen erkenntlich machen sollen. Parallel erforschen wir dehnungs- und druckempfindliche Materialplattformen, die Bewegungsabläufe, biomechanische Prozesse sowie bauliche Spannungszustände mit hoher Bandbreite erfassen können. Diese mechanosensitiven Konzepte kombinieren niedrigen Energiebedarf mit der Möglichkeit, Frequenzsignaturen über mehrere Größenordnungen auszulesen.

B4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Wehrtechnisches Kompetenzzentrum für Lasertechnologie in der Bundeswehr: Laserwaffen im Kontext aktueller Bedrohungen

TRDir Armin Sternberg, Wehrtechnische Dienststelle für Waffen und Munition

Laserwaffen eröffnen völlig neue Möglichkeiten bei der Abwehr nicht kooperativer Ziele. Mit der Fähigkeit, unbemannte Flugobjekte und andere kleine, schnelle Ziele präzise und effektiv zu neutralisieren, adressiert es eine der drängendsten Herausforderungen unserer Zeit.

Aber auch darüber hinaus bilden Laserwaffensysteme die Grundlagen eines immer breiter werdenden Anwendungsspektrums, sowohl als eigenständige Technologie, als auch als Alternative oder komplementäre Ergänzung zu bestehenden Systemen, mit großem Zukunftspotential.

Zur Stärkung der wehrtechnischen Lasertechnologie am Standort Deutschland wurde 2017 das Wehrtechnische Kompetenzzentrum für Lasertechnologie in der Bundeswehr (WTKompZ LTBw) an der Wehrtechnischen Dienststelle für Waffen und Munition (WTD 91) eingerichtet. Das WTKompZ LTBw ist besetzt mit Vertretern der WTD 91, des BAAINBw, der Fraunhofer Forschungsgesellschaft und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt und fungiert als Koordinierungselement für sämtliche Aktivitäten im Bereich der wehrtechnischen Anwendung von Lasertechnologien.

Der Vortrag startet mit einem Überblick über die Arbeiten des WTKompZ LTBw und der WTD 91 auf dem Bereich der Lasertechnologie mit dem Fokus „Laserwaffe“ sowie den Aktivitäten der Bundeswehr zum Aufbau einer unabhängigen, nationalen, technischen und technologischen Beitrags-, Bewertungs- und Analysefähigkeit im militärischen Bereich der Lasertechnik am Beispiel der Test und Versuchseinrichtung Hochenergielaser (TuVHEL).

Auf Basis verschiedener potenzieller Anwendungsspektren und aktueller Bedrohungen, speziell im Hinblick auf die Abwehr von Klein- und Kleinstdrohnen wird anschließend dargestellt, welchen Beitrag Laserwaffen in diesem Kontext leisten können. Hierbei werden sowohl die Vorteile, Herausforderungen und aktuellen Entwicklungen als auch ein Vergleich der unterschiedlichen wesentlichen technischen Ansätze beleuchtet.

B4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

HELIKS: Eine mobile Hochenergielaser-Untersuchungsanlage mit kohärenter Strahlkopplung

Michael Henrichsen, Fraunhofer IOSB

HELIKS ist ein hochmodernes Hochenergielasersystem, das mit seiner Containerbauweise eine hohe Mobilität und Anpassungsfähigkeit bietet. Die modulare Architektur ermöglicht Experimente in unterschiedlichen Umgebungen und eine schnelle Anpassung an spezifische Anforderungen – auch unabhängig von lokaler Infrastruktur.

Die Anlage ist in mehrere funktionale Bereiche gegliedert: Die Hochenergielaserquelle und eine maßgeschneiderte Batterieanlage sind in einem zentralen Container untergebracht. Der Laser ist ein kohärent gekoppelter Faserlaser, in dem mehr als 90 kohärente Einzelquellen kombiniert werden. Damit wird eine Gesamtleistung im Bereich von 100 kW erreicht. Ein speziell entwickeltes Kühlsystem für den Hochenergielaser ergänzt den Aufbau und gewährleistet den sicheren Betrieb. Der Steuer- und Überwachungsbereich befindet sich in einem separaten Kontrollcontainer, während ein weiterer Container die Stromverteilung für die gesamte Containeranlage sowie ein Notstromaggregat beherbergt. Damit lässt sich das System unabhängig von einer lokalen Stromversorgung betreiben.

Zusätzlich stehen Messcontainer zur Verfügung, die für Untersuchungen der Laser Materie Wechselwirkung, der Lasersicherheit, der Strahlausbreitung sowie der Strahlformung mittels Phasensteuerung der Einzelemitter konzipiert sind. Mit seiner modularen Architektur stellt HELIKS eine flexible, skalierbare und leistungsfähige Plattform für experimentelle Forschung im Bereich der Hochenergielasertechnologie und deren sicherheitstechnische Bewertung dar.

B4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Laserwaffen - Bewertung von Wirkung im Ziel und Schutz

Dr. Martin Lück, Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI

Das Fraunhofer EMI betreibt ein Hochenergielaserlabor mit einer Laserleistung von bis zu 120 kW, in dem die Wirkmechanismen von Laserwaffen wissenschaftlich untersucht werden. Dies umfasst sowohl die Einsatzmöglichkeiten von Laserwaffen als auch den Schutz gegen fremde Laserwaffen. Der Vortrag gibt einen Überblick über aktuelle Arbeiten zur Laserwirkung am Fraunhofer EMI.

Die Forschung betrachtet die Laserwirkung sowohl in Hinblick auf Perforation und Zerstörung von Materialien als auch hinsichtlich der Verbundbarkeit von Funktionsbauteilen. Dies können z. B. Drohnenmotoren, Sensoriken oder die Explosivstoffe des Gefechtskopfs sein. Ein neuer Versuchsaufbau adressiert das Versagen von Bauteilen, die unter mechanischer Last stehen und gleichzeitig mit dem Laser erwärmt oder geschädigt werden. Dies beeinflusst z. B. die Laserwirkung auf Flugzeuge und Flugkörper. Bei diesen Zielobjekten wird auch der Einfluss der Aerodynamik auf die Laserwirkung untersucht.

Neben experimentellen Ansätzen sind theoretische Ansätze und numerische Simulationen entscheidend für die wissenschaftliche Analyse der Laserwirkung. Am Fraunhofer EMI werden sowohl Computermodelle auf Basis der Finite Elemente Methode (FEM) als auch schnell anwendbare Engineering-Modelle entwickelt, die eine umfassende Bewertungsgrundlage zur Laserwirkung auf typische Zielmaterialien bieten. Die Skalierung der Wirkung mit der Laserleistung wird ebenfalls untersucht, um Aussagen über zukünftige Lasergenerationen treffen zu können.

B4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Messungen der Streuung von Hochleistungslaserstrahlung am Target mit dem Mobilen Streulichtdetektor aus großer Distanz - Vergleich mit anderen Messverfahren sowie Methoden zur Bewertung der Gefährdung

Dr. Maike Brigitte Neuland, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Beim Einsatz von Laserwaffen ist eine Einschätzung der Gefährdung Unbeteiligter erforderlich. Aufgrund der am Ziel reflektierten und gestreuten Laserstrahlung können signifikante Schädigungen an Auge und Haut auch in großen Entfernungen zum Ziel möglicherweise nicht ausgeschlossen werden. Aufgrund der hohen dynamischen Wechselwirkung zwischen Laser und Ziel, sind experimentelle Studien zur räumlichen Verteilung der Streustrahlung und deren zeitlichen Veränderungen notwendig, um Vorhersagen für eine ausreichende Risikobewertung und Gefährdungsbeurteilung treffen zu können.

Für diese Untersuchung wurde, basierend auf den technischen Spezifikationen der Laserschutzbestimmungen, ein mobiles Detektionssystem entwickelt, welches auf der Laserfreistrahlsstrecke des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Lampoldshausen eingesetzt wird. Zusätzlich wurde ein Laboraufbau mit Streuschirm realisiert, der, mit passenden Kameras, das Aufzeichnen und die Charakterisierung der Streulichtverteilung auf kurze Distanz ermöglicht. Im Vortrag werden beide Versuchsaufbauten und die jeweiligen Ergebnisse aus Messkampagnen mit einer Auswahl von Materialproben vorgestellt und diskutiert. Eine wichtige Fragestellung ist dabei neben der Analyse der sich ergebenden Gefährdungsentfernungen auch die Übertragbarkeit der Ergebnisse der Streuschirmmessungen auf größere Distanzen.

B4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Innovative Laserabwehrsysteme gegen Kleindrohnen: Technik, Risiken und Sicherheitsstrategien

Dr. Felix Wellmann, INLEAP Photonics

INLEAP Photonics ist ein 2023 gegründetes Spin-off aus einem Forschungsinstitut für Lasertechnik (Laser Zentrum Hannover e. V.). Das Unternehmen entwickelt und vertreibt neuartige und ultraschnelle Lasersystemtechnik und verfügt über umfassende Kompetenzen in den Bereichen Laseroptik, Lasermaschinen, Lasermaterialbearbeitung und Lasersicherheit.

INLEAP Photonics arbeitet an neuartigen und sicheren laserbasierten Systemen zur Abwehr von Kleindrohnen. Im Vordergrund steht der Einsatz zum Schutz von militärischem Personal und Equipment sowie der Schutz von kritischer Infrastruktur. Innerhalb des Vortrages werden verschiedene technische und sicherheitsrelevante Aspekte der laserbasierten Abwehr von Drohnen betrachtet. Dabei spielen u.a. die Interaktion zwischen Laserstrahl und Ziel sowie die sichere Positionierung (Sicherheitseinrichtung mit Performance-Level) des Laserstrahls eine wichtige Rolle. Insbesondere das Thema Lasersicherheit entsprechend DIN-EN 60825-1 wird bewertet. Zusätzlich wird ein Ausblick gegeben, wie laserbasierte Drohnenabwehr dem wirtschaftlichen Ungleichgewicht zwischen kostengünstigen Drohnenangriffen und kostenintensiven Verteidigungsmaßnahmen entgegen wirken kann.

B4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Laser-Effektoren - Entwicklungen und Anwendungen

Dr. Martin Klaumünzer, MBDA

Die verheerenden Auswirkungen selbst kleinster Drohnen sind seit dem noch immer andauernden Krieg Russlands gegen die Ukraine offensichtlich und täglich präsent. Dazu haben sich in Deutschland Überflüge von nicht autorisierten Drohnen über kritischer ziviler und militärischer Infrastruktur in jüngster Vergangenheit gehäuft. Hochdynamische und schwer aufklärbare Ziele, wie kleine und sehr kleine Drohnen (< 25 kg), lassen sich mit konventionellen Luftverteidigungsmitteln weder effektiv, auch in Hinsicht auf betriebswirtschaftliche Aspekte, noch mit geringen Kollateralschäden abwehren. In diesem Kontext stellen Laser-Effektoren eine vergleichsweise neue Generation von Verteidigungssystemen dar. Zukünftig können diese Systeme die bestehenden Luftverteidigungsfähigkeiten effektiv ergänzen und Luftziele (unbemannte Einzelsysteme und Schwärme) mit Lichtgeschwindigkeit, höchster Präzision und minimalen Kollateralschäden bekämpfen. Die vorgestellten Laser-Effektoren-Systeme ergänzen und erweitern sinnvoll die Fähigkeiten in einem modernen Waffenmix. Um diese Fähigkeit zu erreichen, ist eine hochpräzise und dynamische Zielverfolgung über die gesamte Einsatzdauer erforderlich. MBDA Deutschland hat – auch in Zusammenarbeit mit der Bundeswehr – erfolgreich Zielverfolgungstechnologien entwickelt und optimiert, sowie Technologiedemonstratoren entwickelt und aufgebaut, welche über eine Reihe einzigartiger Eigenschaften und Alleinstellungsmerkmale verfügen und sich in Plattformen konventioneller Einsatzbereiche wie Land, Luft und See integrieren lassen. Diese fortschrittlichen Technologien wurden umfassend unter verschiedensten Rahmenbedingungen und Wetterbedingungen, einschließlich maritimer Umgebung, getestet und werden vorgestellt. Darüber hinaus werden unterschiedliche Ansätze für Heer, Luftwaffe und Marine aufgezeigt, detailliert erläutert und diskutiert.

C4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

IoSiS-NG - Zukunftsweisende abbildende Radartechnologie für die Weltraumsicherheit: Aktuelle und zukünftige Entwicklungen

Dr. Simon Anger, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Mit der zunehmenden Nutzung des Weltraums durch die Bereitstellung lebensnotwendiger Infrastruktur eröffnen sich auch erhebliche wirtschaftliche Potenziale. Gleichzeitig entstehen jedoch auch bedeutende Sicherheitsbedrohungen durch den Wegfall solcher Systeme. Parallel dazu gewinnt die nachhaltige Nutzung des Weltraums immer mehr an Bedeutung, vergleichbar mit anderen globalen Ressourcen. Zudem liefert die Raumfahrtstechnologien entscheidende Beiträge zur Sicherheit und Verteidigung. Aktuell umkreisen über 12.900 aktive Satelliten die Erde – Tendenz stark steigend. Zusätzlich stellen zahlreiche inaktive Satelliten sowie Millionen von Weltraummüllfragmenten eine ständige Gefahr für die in der Nutzung befindlichen Weltraumobjekte dar. Die neue geplante Forschungsinfrastruktur IoSiS-NG (NG – Next Generation) zielt nun darauf ab, den zukünftigen Bedarf an präzisen Informationen über den Zustand der im Orbit befindlichen Satelliten mit neuer zukunftsweisender Radartechnologie zu decken. Solche Daten können z.B. sowohl für die Zustandsbeurteilung aktiver Satelliten sowie auch zur Manöverunterstützung bei der Entfernung inaktiver Satelliten dienen. Insbesondere gewinnt auch die Identifizierung unbekannter Satelliten und deren Funktion in Anbetracht der sich wandelnden globalen Sicherheitslage zunehmend an Bedeutung. Das Ziel von IoSiS-NG ist nun die Entwicklung einer weltweit einzigartigen dreidimensionalen Abbildungsfähigkeit für Weltraumobjekte mit Bildauflösungen im einstelligen Zentimeterbereich.

Das IoSiS-NG-Radarsystem dient zunächst dem Experimentierbetrieb und der Erforschung von Schlüsseltechnologien wie z.B. der Synchronisation räumlich verteilter Radarempfänger. Parallel dazu wurde aber bereits von Beginn an eine zukünftige Operationalisierung angestrebt, deren Realisierung durch die Industrie erfolgen soll. Die damit erhältlichen hochwertigen Datenprodukte sollen als Service dann potenziellen Nutzern wie dem Weltraumlagezentrum, der ESA oder privaten Satellitenbetreibern zur Verfügung gestellt werden.

C4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Entwicklung thermoplastischer Radartarnmaterialien für die Luftfahrtanwendung

Marcel Littig, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Die Weiterentwicklung von Radar Aufklärungssystemen ermöglicht es immer kleinere Targets zu detektieren. Als passives Mittel zum Schutz von zukünftigen Flugzeuggenerationen stehen neben der Formgebung Radartarnmaterialien im Fokus der Forschung. Sie leisten einen wichtigen Beitrag zur Tarnfähigkeit von hoch getarnten Systemen, bei denen die Mittel der geometrischen Gestaltung erschöpft sind.

Aktuell werden im Wesentlichen Lacke verwendet, die aufgrund ihrer mangelnden mechanischen Robustheit einen hohen Wartungsaufwand mit sich bringen. Damit wird die Verfügbarkeit der Systeme eingeschränkt. Der Vortrag zeigt eine Möglichkeit auf, dies durch die Verwendung von robusten Absorbermaterialien zu verbessern, die neben den elektromagnetischen Eigenschaften auch eine mechanische Robustheit aufweisen. In Bereichen, in denen eine hohe geometrische Komplexität gefordert ist, bieten thermoplastische Radartarnmaterialien wesentliche Vorteile. Unverstärkte oder kurzfaserverstärkte Thermoplaste können beispielsweise in hohen Stückzahlen in etablierten Verfahren wie dem Spritzgussverfahren hergestellt werden, wohingegen bei geringeren Stückzahlen und hoher Komplexität additive Fertigungsverfahren genutzt werden können. Zudem bieten Thermoplaste Vorteile bei der Integration. So kann beispielsweise die Anbindung des radarabsorbierenden Materials zur lasttragenden Grundstruktur durch den Einsatz von Schweißtechnologien oder Konsolidierungsprozessen gestaltet werden.

Im Rahmen des Vortrags werden mögliche Fertigungsrouten im Thermoplastbereich aufgezeigt und bisherige Technologiedemonstratoren vorgestellt. Die Ergebnisse der aktuellen Forschung und Herausforderungen für die Zukunft werden aufgezeigt. Der Fokus liegt hierbei auf den neuartigen Anforderungen in der Verarbeitung und Integration solcher Materialien. Durch das Einmischen metallischer Füllstoffe in den Thermoplast steigt beispielsweise die Schmelzviskosität gegenüber dem ungefüllten System erheblich. Dies erschwert sowohl die Einbringung der Partikel in die Matrix als auch die nachfolgende Weiterverarbeitung.

C4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Herstellung und mechanische Charakterisierung von endlosfaserverstärkten Radartarnmaterialien

Josef Ganslmaier, UniBw München

Die Reduktion der Radarsignatur ist ein wesentlicher Bestandteil moderner militärischer Luftfahrtsysteme. Neben der Formgebung gewinnt dabei die Auswahl der entsprechenden Materialien zunehmend an Bedeutung. Radarabsorbierende Werkstoffe sollen elektromagnetische Wellen dämpfen und gleichzeitig mechanischen und umweltbedingten Belastungen des Flugbetriebs standhalten. Konventionelle Absorber-materialien basieren häufig auf Polymermatrices mit leitfähigen oder magnetischen Füllstoffen. Diese Materialsysteme zeigen mit zunehmendem Füllstoffanteil eine deutliche Festigkeitsreduktion, wodurch ihre Eignung für hochbelastete Anwendungen limitiert oder wartungsintensiv ist. Ein alternativer Ansatz besteht in der Funktionalisierung faserverstärkter Kunststoffe. Endlosfaserverstärkte Kunststoffe bieten eine mechanisch robuste Basis, in die radarabsorbierende Eigenschaften integriert werden können, und gleichzeitig eine hohe mechanische Festigkeit gewährleistet werden kann.

Der Vortrag stellt eines von mehreren aktuellen Forschungsfeldern zur Entwicklung und Charakterisierung funktionalisierter Faserverbundwerkstoffe vor. Im Mittelpunkt steht der Einfluss der Funktionsintegration durch den Zusatz von Partikeln auf die mechanische Leistungsfähigkeit des Verbundsystems. Untersucht wird insbesondere das Schädigungsverhalten in der Mikrostruktur, mit Fokus auf den Partikel-Matrix-Grenzflächen unter Zugbelastung. Die Ergebnisse zeigen, dass trotz der zusätzlichen Funktion hohe systematische Festigkeiten erzielt werden können. Gleichzeitig wird deutlich, dass ein vertieftes Verständnis der mikromechanischen Wechselwirkungen und Schädigungsmechanismen erforderlich ist, um das Materialverhalten unter realen Einsatzbedingungen zuverlässig bewerten zu können.

C4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Verbesserte Klassifikation und Detektion durch adaptive Wellenformen und intelligentes Entscheidungsmanagement

Marcel Warnke, Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik

Moderne Einsatzumgebungen werden immer komplexer und stellen Radarsysteme vor große Herausforderungen. Ein umfassendes Lagebild muss unter begrenzten Ressourcen entstehen, während gleichzeitig zahlreiche unbekannte Objekte detektiert, verfolgt und klassifiziert werden. Zusätzlich erschweren gegnerische Störsender („Jammer“) den Betrieb – dagegen sind wirksame Gegenmaßnahmen nötig.

Radarsysteme verfügen über zahlreiche Freiheitsgrade (etwa welche Signalform, Frequenz und Richtung gesendet wird), um mit minimalem Ressourceneinsatz ein belastbares Lagebild zu erzeugen. Zur Entlastung der Operatoren und zur Steigerung der Effizienz können intelligente Radarsysteme eigenständig Entscheidungen über das optimale Sendeverhalten treffen. Lernen sie aus Beobachtungen und passen ihr Verhalten laufend an, spricht man von kognitiven Sensoren bzw. kognitivem Radar.

Das Fraunhofer Institut für Hochfrequenztechnik und Radartechnik forscht an solchen kognitiven Radaren. Ein Schwerpunkt dabei ist die Erkennung und die Klassifikation von Zielen, die durch eine ziel- und situationsangepasste Selektion von Wellenformen deutlich verbessert werden kann. Durch eine intelligente Anpassung wird kontinuierlich Wissen über das Ziel gesammelt und fortlaufend gelernt, noch bessere Entscheidungen zu treffen.

Der Vortrag stellt ein echtzeitfähiges Konzept zur intelligenten Auswahl von Transmissionen vor, das auf dafür optimierten Wellenformen basiert. Neben simulativ gewonnener Ergebnisse werden auch Resultate aus Messkampagnen präsentiert.

C4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Trends bei Multifunktionalen HF- und Radarsystemen

Stefan Brüggewirth, Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik

Moderne multifunktionale Hochfrequenz und Radarsysteme spielen eine wichtige Rolle bei Multi Domain Operations und leisten entscheidende Beiträge zur präzisen, realzeitlichen Lagebild Erfassung. Erfahrungen aus dem Ukraine-Konflikt zeigen, dass drohnen-gestützte Hochfrequenz und Radarsensorik auch in elektromagnetisch gestörten Umgebungen maßgeblich zu modernen Sensor-To-Shooter Ketten beitragen. Der Vortrag beleuchtet aktuelle Forschungsergebnisse aus dem Fraunhofer FHR im Zusammenhang mit volldigitalen Radarsystemen, welche breitbandige Direktabtastung nutzen und eine dynamische Anpassung der Sendeparameter an die elektromagnetische Umgebung bzw. die Missionsziele ermöglicht. KI-unterstützte kognitive Radar und ELoKa-Konzepte nutzen diese Freiheitsgrade zur kontinuierlichen Optimierung eines multifunktionalen Hochfrequenzsystems im Fix-Fix-Track Cycle. Eine wichtige Erweiterung stellen multistatische und verteilte Hochfrequenzsysteme dar, welche etwa durch passive HF-Sensorik ergänzt wird und für gegnerische Kräfte schwer aufzuklären ist. Es werden hierbei auch Entwicklungen im Bereich der Synchronisierungstechnologie und das Potential von Joint-Communications-and-Sensing Wellenformen dargestellt. Ein Schwerpunkt des Vortrags liegt in der Analyse drohnen-gestützter Anwendungen, etwa im Bereich des mmW-SAR zur abbildenden Aufklärung und Bewegziel-Entdeckung. Durch Anwendungsfälle aus aktuellen Konflikten wird das Potential solcher vernetzter Hochfrequenzsensoren erläutert und die militärischen Vorteile und Fähigkeitsgewinne diskutiert, sowie ein Überblick über den aktuellen Stand der Forschung erbracht.

C4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Radarsignalverarbeitung mit KI: Methoden, Modelle und moderne Innovationen

Denisa Qosja, Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik

Radarsignale sind häufig verrauscht, hochdimensional, und enthalten nur geringe Abschnitte in denen Informationen durch Ziele erwartet werden. Dadurch geraten klassische Verfahren schnell an ihre Grenzen, sowohl hinsichtlich des Rechenaufwands als auch der Anpassungsfähigkeit. Künstliche Intelligenz (KI) eröffnet neue Möglichkeiten in der Radarsignalverarbeitung, indem sie eine effizientere und genauere Analyse komplexer Signale ermöglicht. Sie können einen signifikanten Beitrag dabei leisten aus komplexen oder stark gestörten Daten aussagekräftige Informationen zu extrahieren, die Auflösung über hardwarebedingte Grenzen hinaus zu verbessern und Muster zu erkennen, die analytisch nur schwer modellierbar sind. Zudem können diese Algorithmen Arbeitsschritte zu automatisieren, die bisher eine aufwändige manuelle Abstimmung erforderten - wie beispielsweise die Optimierung von Parametern. Dies reduziert den Entwicklungsaufwand und erhöht die Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Einsatzbedingungen.

Die Abteilung Kognitive Verfahren des Fraunhofer FHR erforscht und entwickelt seit vielen Jahren fortgeschrittene Verfahren zur Unterstützung und Optimierung der Radarsignalverarbeitung. Einige der KI-Kompetenzen umfassen das Lernen aus Rohdaten zur schnelleren und robusten Zielerkennung, die Nutzung verschiedener Modalitäten zur synthetischen Erzeugung von Radarabbildungen, und vieles mehr. Unsere KI-Modelle verarbeiten Radarsignale direkt in ihrer komplexwertigen Form und erhalten damit sowohl Amplituden- als auch Phaseninformation. Dadurch wird die intrinsische Struktur der Signale besser genutzt.

In diesem Vortrag wird ein Überblick in verschiedene KI-basierte Methoden zur Radar-Signalverarbeitung gegeben. Ein besonderer Focus stellt dabei die Trennung eng benachbarter Ziele dar, die durch supraauflösende Algorithmen verbessert wird und somit zur Separation eng benachbarter Ziele verwendet werden kann.

C4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Effiziente Hochvolt-GaN-Transistoren und -MMICs für Radaranwendungen

Sebastian Krause, Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik

GaN-Transistoren, die bei höheren Versorgungsspannungen betrieben werden können, ermöglichen höhere Leistungen bei gleichzeitig kleinerer Chipfläche. Mit Hilfe dieser am Fraunhofer IAF entwickelten Bauelemente sind stärkere Radarsender im L-, S-, C- und im X-Band realisierbar. Der Formfaktor der Systeme muss hierfür nicht verändert werden.

Um auch relativ kleine Objekte noch in großen Entfernungen per Radar detektieren zu können, ist neben einem hohen Antennengewinn der verwendeten Sende- und Empfangsantennen ein möglichst leistungsstarker Sender nötig. GaN Transistoren sind aufgrund ihrer überlegenen elektrischen und thermischen Eigenschaften in der Lage, deutlich höhere Leistungen pro Chipfläche zu erzeugen als es mit Silizium- oder Galliumarsenid-basierten Bauelementen möglich ist. Das volle elektrische Potenzial von GaN-Transistoren lässt sich jedoch nur ausschöpfen, wenn sie bei deutlich höheren Spannungen betrieben werden als die bei kommerziellen Bauelementen üblichen 50 V oder 65 V. Das Fraunhofer IAF entwickelt daher Hochvolt-GaN-Bauelemente für Radaranwendungen, die für den Einsatz bei einer Versorgungsspannung von 100 V ausgelegt sind.

Weiterhin bietet das IAF einen weltweit einzigartigen 100-V GaN MMIC Prozess an. Bei diesem werden neben den Transistoren auch alle passiven Komponenten der Anpassnetzwerke (Spiralinduktivitäten, Einschichtkondensatoren, Dünnschichtwiderstände) auf demselben Chip gefertigt. Das erleichtert die Systemintegration, da der so prozessierte MMIC nahtlos, ohne weitere äußere Beschaltung in ein bestehendes 50 Ω -System integriert werden kann. Die so realisierbaren Verstärkerbausteine weisen eine deutlich kleinere Fläche als kommerziell erhältliche Verstärkermodule bei gleicher oder sogar höherer Ausgangsleistung auf. Gerade im Hinblick auf Phased-Array Systeme ergeben sich so entscheidende Performance- und Kostenvorteile.

D4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Software Defined Defence: Standardisiert. Interoperabel. Einsatzreif

Ansgar Kaltwasser, CGI und Alexander Schneider-Schaper, Porsche Engineering Services

Die vorliegende Einreichung für einen Vortrag auf der DWT-Konferenz „Angewandte Forschung für Verteidigung und Sicherheit in Deutschland Zukunft durch Forschung und Technologie gestalten“, skizziert die Entwicklung eines technischen Frameworks zur Realisierung echter Interoperabilität im Kontext der Software Defined Defense (SDD) auf Grundlage eines methodischen Vorgehensmodells, das den Weg von proprietären Lösungen hin zu einem gemeinsamen Standard beschreibt.

In Kooperation zwischen der Porsche Engineering Services GmbH und der CGI Deutschland B.V. & Co. KG adressieren wir die zentrale Frage, wie sich Innovationsdynamik, bestehend aus Aktionismus, Ideenreichtum, unternehmerischen Interessen und spezifischen Bedarfen der Bedarfsträger, in ein belastbares, nachhaltiges Vorgehensmodell überführen lässt.

Ziel ist es, kreative Lösungsansätze nicht zu begrenzen, sondern durch klare Rahmenbedingungen, überprüfbare Standards und anschlussfähige Prozesse wirksam zu bündeln. Methodisch schlagen wir den Bogen von belastbaren Erfahrungen der zivilen Industrie zu den besonderen Anforderungen militärischer Einsatzkontexte.

Auf dieser Grundlage untersuchen wir Governance Mechanismen, Referenzarchitekturen und DevSecOps-orientierte Entwicklungs- und Betriebsprozesse, die sowohl Interoperabilität und Sicherheit als auch Skalierbarkeit und Zeitkritikalität adressieren. Der Beitrag überträgt erprobte industrielle Prinzipien auf die Herausforderungen der unterschiedlichen SDD-Initiativen, um neue, nachhaltige Strukturen und Prozesse zu schaffen, an denen allerelevanten Akteure dauerhaft beteiligt sind. Die beteiligten Organisationen, Behörden, Industrie, Forschung und vor allem die militärischen Nutzer werden nachweislich und nachhaltig partizipieren. Der Vortrag formuliert hierfür Leitplanken, bewertet Umsetzungsrisiken und leitet messbare Kriterien für Reife, Interoperabilität und Einsatzreife ab. Er versteht sich als fundierte Grundlage für einen weiterführenden Diskussionen und als Ausgangspunkt für die gemeinsame Etablierung eines praktikablen, zukunftsfähigen SDD-Vorgehens.

D4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Software Defined X - Lehren für SDD aus anderen Industrien

Nils Brand, Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering

Software Definierte Vorhaben sind industrieübergreifend das dominierende Thema: ob in der Automobilindustrie, Telekommunikation, Luft- & Raumfahrt, sowie in der Verteidigung. In einer zunehmend digitalisierten Welt gewinnen flexible und anpassungsfähige Systeme an Bedeutung. Dieser Vortrag beleuchtet zunächst die Grundzüge von Software Defined X und soll querschnittliche Einblicke aus verschiedenen Industrien verschaffen. Dabei wird aufgezeigt, wie Unternehmen durch softwaredefinierte Ansätze ihre Prozesse optimieren und Innovationen vorantreiben können.

Ein besonderer Fokus liegt auf Software Defined Defense (SDD). In diesem Bereich stellt sich die Frage: Aus welchen Fehlern kann man lernen? In welchen Bereichen schwächelt SDD? Wie kann eine besondere Hebelwirkung entstehen, um diese Hindernisse zu überwinden und den vollen Nutzen aus softwaredefinierten Ansätzen zu ziehen?

Abschließend werden wir die potenziellen Zukunftsperspektiven von Software definierter Verteidigung betrachten und diskutieren, wie Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen voneinander lernen können. Ziel ist es, ein umfassendes Verständnis für die Chancen und Herausforderungen zu entwickeln, die mit Software Definierten Vorhaben verbunden sind.

D4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Continuous Safety Engineering für intelligente Verteidigungssysteme

Dr. Núria Mata und Nikolai Ginhör, Fraunhofer Institut für Kognitive Systeme

Der Vortrag fokussiert sich auf das Thema Software-Defined Defense (SDD). Ob autonome Navigation, sensorbasierte Lagebilder oder Schutz- und Abwehrmechanismen, viele entscheidende Fähigkeiten in der Verteidigung sind bereits heute nur durch den Einsatz von kognitiven Softwaresystemen möglich. Damit diese Funktionen jederzeit den Anforderungen genügen, müssen sie oft innerhalb weniger Wochen auf Basis praktischer Erfahrungen aus dem Einsatz weiterentwickelt, integriert und sicher betrieben werden können.

Continuous Safety Engineering ermöglicht genau diese Geschwindigkeit. Der Ansatz verbindet iterative Softwareentwicklung mit durchgängigen Absicherungsprozessen, die sowohl während der Entwicklung als auch im Betrieb greifen. Funktionen können kontinuierlich weiterentwickelt, getestet und über Update-Pipelines ausgerollt werden, ohne die Einsatzfähigkeit zu beeinträchtigen.

Ein zentrales Element ist das Sammeln von Betriebsdaten im realen Einsatz. Dies ist vor allem bei KI-basierten Funktionen essenziell, um diese weiterzuentwickeln. Erst nach erfolgreicher Validierung werden neue Versionen in die operativen Systeme kontrolliert integriert. Begleitende Sicherheitsmechanismen überwachen dabei konstant das System auf unterschiedlichen Ebenen (Komponente, Sub-System und System) und stellen sicher, dass zu jederzeit alle funktionalen Sicherheitsanforderungen erfüllt werden.

Continuous Safety Engineering schafft eine Umgebung, in der selbst sicherheitskritische software-basierte Funktionen zuverlässig abgesichert werden können, auch wenn sie häufigen Software-Updates unterliegen. Für militärische Plattformen bedeutet das: deutlich kürzere Innovationszyklen, schnelle Anpassung an neue Herausforderungen und zugleich ein hoher Grad an funktionaler Sicherheit und Resilienz.

D4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Automatisierte Software-Prüfungen für Software Defined Defense

Tilo Linz, imbus

Software Defined Defense (SDD) hat das Ziel die Entwicklung und Bereitstellung militärischer Systeme drastisch zu beschleunigen. Dazu sollen und müssen Beschaffungs- und Entwicklungsprozesse agilisiert werden und DevOps-Methoden adaptieren, die in der zivilen Softwareentwicklung bereits vielfach erfolgreich praktiziert werden.

DevOps verbindet Entwicklungs-, Auslieferungs- und Betriebsprozesse zu einer hochautomatisierten Prozesskette, so dass kurze Iterationen möglich werden, mit kontinuierlichem Feedback zwischen allen Beteiligten. Die Qualitätssicherung der Anforderungen und der Architektur und der Test der entstehenden Softwareversionen muss dabei integraler Bestandteil der Prozesskette sein. Nur dann resultiert tatsächlich die gewünschte höhere Entwicklungsgeschwindigkeit und die Teams realisieren einsatzreife Software mit „mehr Features“, statt mit „noch mehr Fehlern“.

Der eingereichte Vortrag zeigt aus der Perspektive der Software-Entwicklung, welche Schritte in der DevOps-Prozesskette automatisiert werden können, insbesondere auch durch Nutzung KI-gestützter Assistenten und Agenten. Dabei wird herausgearbeitet, warum hier die Automatisierung der Prüfungen der zentrale Erfolgsfaktor ist: Sie sorgt für kontinuierliches, schnelles Feedback über die Qualität der Anforderungen und deren Umsetzung in Architektur und Code, verhindert Qualitätsrückschritte, reduziert manuelle Nacharbeiten und macht die kontinuierliche Bereitstellung der Iterationsergebnisse überhaupt erst praktikabel.

Die präsentierten Inhalte und Empfehlungen basieren auf praktischer Projekterfahrung als Quality Engineers in zahlreichen Entwicklungsprojekten im Industrieumfeld. Über den Einsatz von KI-gestützten Assistenten und Agenten und deren Nutzen und Risiken wird anhand aktueller Projekte berichtet.

D4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

SDD - Sicherheit über den ganzen Lebenszyklus: Herausforderungen und Lösungsarchitekturen

Ramon Mörl, itWatch

Software Defined Defense (SDD) ermöglicht es, neue Fähigkeiten und Verbesserungen an bestehenden Fähigkeiten in kürzeren Zeitzyklen durch Software in militärische Geräte zu bringen. Über diese Methode können bestehendes und neu erworbenes militärisches Gerät schnell und flexibel an neue Anforderungen angepasst, die Vernetzung und Führungsfähigkeit verbessert und die Effizienz gesteigert werden.

Angriffe auf die Lieferkette nehmen zu. Bereits in der Hardware eingebaute Hintertüren verfolgen die staatlichen Interessen von Nationen mit anderen Wertesystemen. Für den Lebenszyklus einer durch Software definierten Fähigkeit ist es deshalb wichtig, alle relevanten Schritte wie Entwicklung, Tests, Integration, gerätespezifische Freigaben und die operative Nutzung beweisbar mit allen Inhaltskomponenten nachzuverfolgen.

Eine Architektur, die das Management vieler Softwarekomponenten und deren Schnittstellen über den gesamten Lebenszyklus und Cross-Domain verlässlich, vertrauenswürdig und sicher gestaltet, ist notwendig. Aus der Perspektive der Cybersicherheit bedeutet dies, dass die Anforderungen an Vertraulichkeit, Integrität, Verfügbarkeit und Beweisbarkeit in allen Prozessen, einschließlich des Patchmanagements, erfüllt werden müssen.

Die Entwicklung neuer Fähigkeiten ist auch immer mit der Entwicklung von Intellectual Property (IP) verbunden. IP auf Code erfordert Vertraulichkeit zwischen den Partnern und das Einhalten der Lizenzbedingungen in der Nutzung. Software oder KI-Modelle werfen hier über den ganzen Lebenszyklus unterschiedliche Fragen auf.

Wie können Integrität, eine sichere Lieferkette, Vertrauenswürdigkeit, sichere Freigabeprozesse, eine schnelle Zuordnung von Problemstellungen und eine mögliche Haftung in kollaborativen Entwicklungsumgebungen gewährleistet werden? Wie kann eine Architektur als Teil der operativen Architektur Führungsfähigkeit der Bundeswehr (OpArchFüFäBw) aussehen? Der Vortrag beschäftigt sich mit Cybersecurity Herausforderungen bei SDD, Konzepten und Lösungen über die gesamte Lieferkette hinweg.

D4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Ein Cyber Operations Gym für Autonome Cybersicherheit

Tobias Hürten, Thales

Die zunehmende Komplexität sowie die Verfügbarkeit und das Volumen von Cyberangriffen erfordern Abwehrmaßnahmen der nächsten Generation, die in der Lage sind, Bedrohungen durch KI-gestützte Angreifer mit Maschinengeschwindigkeit zu bewältigen und menschliche Experten durch intelligente Datenfilterung sowie automatisierte Unterstützung bei Entscheidungsprozessen zu entlasten. Die Entwicklung von autonomen Cyberabwehrmaßnahmen stellt dabei eine Möglichkeit dar, kritische Infrastruktur durch KI als Enabler gemäß des Untersuchungsschwerpunktes KI(Methoden)@SDDbW sicherzustellen. Sie erfordert jedoch eine kontrollierte, realitätsnahe und anpassungsfähige Umgebung, um Autonome Cyber-Operationen (ACO) zu ermöglichen und eine robuste Trainings- und Testumgebung für moderne Abwehrmaßnahmen zu schaffen.

Wir präsentieren den Prototyp eines ACO-Gyms, das Schlüsselkomponenten wie Virtualisierung und Emulation, realistische Benutzermodellierung für gutartigen Netzwerkverkehr und dedizierte Angreiferprofile, die Generierung von Cybersicherheitsszenarien durch offene Toolkits sowie die Datenerfassung synthetischen Netzwerkverkehrs unter enger Berücksichtigung der im Rahmen des Software Defined Defence Paradigmas definierten Leitprinzipien kombiniert. Zu diesem Zweck wird eine emulierte Umgebung entwickelt, die Hardware-agnostisch durch Virtualisierung kollaborativ mit den Bedarfsträgern definierte Cybersicherheitsszenarien emuliert und den resultierenden Netzwerkverkehr im standardisierten PCAP Format zur Applikations-agnostischen Nutzung speichert. Konkret können neue Szenarien ausgehend von spezifischen Bedarfen von Anwendungsfällen, einschließlich dynamischer und flexibel konfigurierbarer Nutzermodellierung, definiert werden.

Des Weiteren demonstrieren wir den Anwendungsfall eines KI-gestützten Intrusion Detection Systems (IDS), das auf Basis von extrahierten Netzwerkfluss-Statistiken zur Anomaliedetektion trainiert wird und unter Evaluierung eine hohe Leistung im in-Domain-Bereich aufweist.

E4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Demonstrator-Probenahmesystem luftgetragener Gefahrstoffe für unbemannte Robotik-Plattformen

Dr. Christoph Geiß, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Während einer Einsatzlage unter CBRN-Bedrohung erfolgt nach aktuellem Standard die Luftprobennahme händisch, indem Einsatzkräfte mit persönlicher Schutzausrüstung in den kontaminierten Bereich vordringen müssen. Dieses Vorgehen ist durch die manuelle Probenahme aufwendig und liefert unzureichende Lagebilder. Das hier vorgeschlagene mobile und robotische Probenahmesystem ermöglicht dagegen eine gefahrenreduzierte Möglichkeit zur Analyse und Erkundung kontaminierter Gebiete mit wesentlich höherer Flexibilität.

Mit dem entwickelten DPRP-UXV sollen die technische Realisierbarkeit und die einsatztaktischen Vorgehensweisen zur unbemannten Luftprobennahme geprüft werden: In Zusammenarbeit mit dem Wehrwissenschaftlichen Institut für Schutztechnologien wurde das System in Laboruntersuchungen an Kampfstoffen erprobt und die Unterschiede zur manuellen Probenahme mit Thermodesorptionsröhrchen untersucht, wie sie z.B. bei den Analytischen Task Force (ATF) mit dem E2M etabliert ist. Zusammen mit dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz wurden in experimentellen Tests an einem CBRN-Erkundungswagen und auf dem Freigelände des DLR Lampoldshausen einsatztaktische Fragestellungen adressiert, wie z.B. die Auslösung der Probenahme bei Feststellung einer besonderen Abweichung in der Umgebungskonzentration.

E4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Teleoperierte Detektion von Gefahrstoffen durch Kombination von multispektraler Anomaliedetektion und Lasersensorik

Dr. Christoph Geiß, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Die Erfassung von biologischen oder chemischen Gefahrenlagen oder von Marschwegen hinsichtlich solcher Gefahren erfordert eine zeitnahe und präzise Detektion der Gefahrstoffe. Insbesondere bei teleoperierten Verfahren ist eine automatisierte Voraberkennung möglicher Gefahrenbereiche wichtig, um präzise Verfahren wie z.B. die abstandsbaasierte, Laserspektroskopische Detektion und Klassifizierung effizient und optimal einsetzen zu können. Im hier vorgestellten Projekt MUSERO wird dieses zweistufige Verfahren am Beispiel der Kontamination von Asphaltwegen weiterentwickelt und erprobt: In der ersten Stufe werden großflächige Bereiche mittels Anomalie-Detektion an Multispektralbildern (400nm-1,7 µm) auf potentielle Gefahrstoffbereiche hin untersucht. Im Beitrag werden die Ergebnisse aus der optimierten Datenvorbereitung und der im Projekt angepassten Anomalie-Detektion mit Hilfe von Auto-encodern vorgestellt und bewertet. Im zweiten Verfahrensschritt werden die als potentiell gefährlich eingestuften Teilbereiche mit Hilfe von laserinduzierter Fluoreszenzspektroskopie (LIF) auf Gefahrstoffe hin klassifiziert. Hierfür wurde im Projekt das kompakte Lasersystem LUCS (250mmx250mmx150mm, < 4 kg) weiterentwickelt und erprobt, welches auf robotischen Plattformen eingesetzt werden kann. Die Ergebnisse aus den Tests im Zusammenspiel der beiden Verfahrensstufen werden im Hinblick auf eine verbesserte Gefahrstoffdetektion vorgestellt.

E4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Simulation von Gefahrstoffausbreitung mit digitalen Zwillingen zum Schutz kritischer Infrastrukturen

Dr. Max von Danwitz, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Die Freisetzung von Gefahrstoffen stellt eine erhebliche Bedrohung für kritische Infrastrukturen dar. In Notfallsituationen werden Vorhersagen über die Ausbreitung freigesetzter Gefahrstoffe in der Luft dringend benötigt, um z. B. Evakuierungsmahnahmen an die Gefahrstoffausbreitung anpassen zu können. Damit die wesentlichen Berechnungsergebnisse für die Vorhersage in der frühen Reaktionsphase nach einem Zwischenfall zeitnah vorliegen, wird ein einfaches Modell zur Beschreibung der Schadstoffausbreitung gewählt. Mit den inkompressiblen Navier-Stokes-Gleichungen wird die Luftströmung in einer bebauten Umgebung abgeschätzt und der Schadstofftransport mit Hilfe einer Advektions-Diffusions-Gleichung modelliert. Numerische Methoden erlauben es aus wenigen Sensormessungen die Quelle des Gefahrstoffs zu bestimmen und Prognosen abzuleiten. Eine einfache Anwendung der mathematischen Modelle soll durch deren Integration in einen digitalen Zwilling gewährleistet werden.

Bei der Erstellung des digitalen Zwillings ist es unser Ziel, einen weitgehend automatisierten Arbeitsablauf zu etablieren, der die aktuelle Bebauung direkt aus einer Datenbank wie Open Street Map bezieht und darauf aufbauend ein Simulationsnetz generiert. Während einer Vorbereitungsphase (sog. „Offline-Phase“) werden rechenintensive Strömungssimulationen für verschiedene Windbedingungen durchgeführt, um ein Modell reduzierter Ordnung für das Strömungsfeld zu erstellen.

Das resultierende Berechnungsmodell wird im digitalen Zwilling mit realen Sensordaten aus der physischen Umgebung kombiniert und die Ergebnisse werden auf übersichtliche Weise präsentiert (sog. „Online-Phase“). Darüber hinaus ermöglicht das Simulationsmodell die Analyse von hypothetischen Szenarien und kann genutzt werden um eine optimale Platzierung von Sensoren in einem schützenswerten Gebiet herzuleiten.

E4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Früherkennung luftgetragener Kampf- und Gefahrstoffe

Dr. Arne Walter, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Luftgetragene Kampf- und Gefahrstoffe stellen im CBRN-Schutz eine besondere Herausforderung dar, da sie nach Ausbringung vom Wind getragen schnell und unbemerkt große Entfernungen zurücklegen und in Ausbreitungsrichtung sowohl direkt wirken als auch weite Landstriche kontaminieren können. In gängigen Detektions- und Monitoring-Anwendungen werden zumeist Probensammler oder Infrarot-Hyperspektralkameras verwendet, welche einen Teil luftgetragener C-Agenzien erkennen. Zur Verbesserung der Raumschutzes und zur Erhöhung der Detektionsfähigkeit auf Aerosole, Bioaerosole und infrarot inaktive Gase (z.B. Chlor) stellen wir Ergebnisse unseres Detektionskonzepts für eine kontinuierliche Raumüberwachung vor. Das Konzept beinhaltet ein augensicheres, scannendes Polarisations-Lidar-System im nahen Infrarotbereich, welches Aerosol-Wolken in Distanzen im Kilometerbereich lokalisiert, sowie ein Standoff-Detektionssystem für die spezifische Erkennung von Gasen und Bioaerosolen mit Raman-Spektroskopie bzw. Laser-induzierter Fluoreszenz. Die laseroptischen Systeme liefern orts aufgelöste Echtzeitdaten und sind damit für die Ortung und Klassifizierung der Gefahrstoff-Wolken geeignet und dienen der Frühwarnung und Einweisung für eine Probenahme.

E4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Augensicheres Polarisations-Lidarsystem zur Früherkennung von (Bio-)Aerosol-Hotspots

Dr. Oliver Kliebisch, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Die laserbasierte Ferndetektion von Bioaerosolen stellt einen neuartigen Ansatz dar, um Gefährdungen oder gefährdete Zonen in einer Umgebung frühzeitig und in sicherem räumlichen Abstand zu detektieren. Für eine kontinuierliche Überwachung eines Areals stellen sich besondere Anforderungen an die Lasersicherheit und Kompaktheit eines solchen Systems. Wir präsentieren ein augensicheres, scannendes Polarisations-Lidarsystem im Nahinfrarotbereich welches Aerosol-Hotspots in Distanzen von über einem Kilometer detektieren und anhand der Polarisationsseigenschaften vorklassifizieren kann und damit als Einweisung für komplexere und spezifischere Ferndetektionsverfahren basierend auf Raman-Spektroskopie oder Laser-induzierter Fluoreszenz dient.

Das Polarisationslidar ist ein bistatisches Direktempfängs-Lidarsystem unter Verwendung eines IR-B Nanosekunden-Pulsfaserlasers mit linearer Polarisation und 20 kHz Pulswiederholfrequenz. Der Lidar-Empfänger besteht aus zwei Kanälen, die getrennt zwei das empfangene Licht in zwei orthogonale Polarisationsrichtung aufspaltet und mit einer effektiven Ortsauflösung von 2,4 m digital abgetastet. Kohärente Mittelung der Lidartransienten wird zur Verbesserung des Signal-Rausch-Abstandes eingesetzt und somit typische Messraten von 5 bis 50 Hz mit einer maximalen Messreichweite von etwa 7,3 km erreicht, abhängig von der Rückstreuintensität. Das kompakte Lidarsystem ist modular gestaltet und in einer motorisierten astronomischen Dobson-Montierung gehalten. Dies erlaubt das räumliche Abrastern des relevanten Messareals.

Um das System zu charakterisieren, wurden bei Feldversuchen wässrige Aerosole mit bekannter Ausbringungsrate vermessen. Zudem wurden neben wässrigen Aerosolen auch Feststoffaerosole ausgebracht, um die Vermessung der depolarisierenden Eigenschaften dieser Aerosole zu untersuchen. Dabei wurde neben der Sensitivität auch das Drift-Verhalten der Aerosole mittels Scanning entlang der Azimut-Achse des Systems untersucht und räumlich aufgelöste Geschwindigkeitsfelder bestimmt.

E4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Detektion von Explosivstoffen mittels Einzelpartikel-Massenspektrometrie

Prof. Dr. Thomas Adam, UniBw München

Detektion von Explosivstoffen spielt eine zentrale Rolle in der zivilen Sicherheit oder der militärischen Gefahrenabwehr. Die Entwicklung von leistungsstarken Messsystemen zur Detektion und Charakterisierung von Explosivstoffen ist daher von hoher Bedeutung. An der Universität der Bundeswehr München wurde im Rahmen des Projektes dtcc.bw LUKAS ein neuartiges und innovatives Messsystem basierend auf Einzelpartikel-Massenspektrometrie (SPMS) erprobt. Dieses System ermöglicht es, einzelne luftgetragene Aerosolpartikel, welche vor oder nach einer Detonation entstehen, in Echtzeit zu detektieren sowie chemisch zu analysieren, ohne jegliche Probenvorbereitung. Anhand typischer chemischer Verbindungen in den untersuchten Substanzen werden sogenannte Spektralmarker, d.h. charakteristische Peaks des Massenspektrums, für die eindeutige Identifizierung von Explosivstoffen bestimmt. In zwei umfassenden Studien wurden jeweils Prädetonations- und Postdetonations-Partikel untersucht. Bei den Prädetonations-Partikeln zeigten 12 von 30 ausgewählten Explosivstoffen charakteristische Spektralmarker. Bei den Postdetonations-Partikeln zeigten 3 von 5 untersuchten Explosivstoffen (HMX, TNT, Composition B) unter kontrollierten Bedingungen in einer Sprengkammer markante Signale, die auf polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) hinweisen. Zusätzlich wurden anorganische Ionen detektiert, die aus Stabilisatoren und Zündmitteln stammen.

Die Studienergebnisse zeigen, dass das SPMS-Gerät in der Lage ist, Explosivstoffe anhand ihrer Spektralmarker vor und nach der Detonation zu unterscheiden. Die neuartige Methode ermöglicht sowohl ein schnelles Screening als auch eine detaillierte chemische Klassifizierung und bietet somit ein leistungsfähiges System für die Echtzeit-Analyse von Explosivstoffen. Die gespeicherten Datensätze von Spektralmarkern werden dabei für das Trainieren eines Machine Learning (ML) Modells verwendet. Damit kann eine Echtzeit-Detektion und -Analyse um eine automatisierte Auswertung der Messdaten mit sofortiger Identifizierung der Explosivstoffe erweitert werden.

Die Autoren bedanken sich für die Finanzierung bei dtcc.bw – Zentrum für Digitalisierungs- und Technologieforschung der Bundeswehr. dtcc.bw wird von der Europäischen Union – NextGenerationEU finanziert.

E4: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Echtzeit-Klassifikation von Gefahrstoff-Partikeln mittels Deep Learning

Dr. Heinrich Ruser, UniBw München

Die Analyse von Aerosolpartikeln aus verschiedenen Gefahrstoff-Emissionen hat neben dem Einfluss auf die menschliche Gesundheit und die Umweltverschmutzung auch dezidiert sicherheitsrelevante Aspekte.

Aufgrund komplexer Quellen und der sich verändernden Zusammensetzung von Aerosolpartikeln auf dem Transportweg bleibt die Bewertung von Feinstaub jedoch eine Herausforderung.

Mit ihrer hohen Empfindlichkeit und Echtzeitfähigkeit ist die Einzelpartikel-Massenspektrometrie (SPMS) eine leistungsstarke Technologie zur Bestimmung der chemischen Beschaffenheit einzelner Partikel in Feinstaub (PM 2.5), auch nach Transport der luftgetragenen Partikel über große Entfernungen.

Zur Zuordnung zu wahrscheinlichen Emissionsquellen werden die gemessenen Massenspektren der Einzelpartikel anhand signifikanter Merkmale und typischer Muster klassifiziert. Dazu wurden Algorithmen entwickelt, die anhand von Trainingsdaten solche charakteristischen Merkmale erlernen und in der Anwendung zuverlässig erkennen. Auf der Grundlage eines überwachten Deep-Learning-Ansatzes werden die Partikel vor Ort in Echtzeit klassifiziert.

Als Anwendungsbeispiele werden die Partikel-Klassifizierung (1) aus Verbrennungsprozessen von Schiffen in bis zu 40 km Entfernung vom Messort sowie (2) zur sicheren Identifizierung von Explosivstoffen vorgestellt.

Am Beispiel von Schiffsemissionen wird gezeigt, wie die Vorhersagen von Partikelklassen, welche typisch sind für die umweltbelastende Verbrennung von Schweröl, durch Verknüpfung mit aktuellen Winddaten (Richtung und Geschwindigkeit) und Datenbank-Einträgen zu Schiffspositionen dazu führt, dass eine große Anzahl von mit Schweröl betriebenen Schiffen identifiziert werden kann.

Die Klassifizierung von Explosivstoff-Partikeln aus Labor-Datensätzen wird durch die Tatsache erschwert, dass viele Partikel enthalten sind, welche nicht der Target-Substanz zugeordnet werden können und daher sog. Label Noise darstellen. Zur sicheren Trennung der gesuchten von unspezifischen Spektren wird auf Basis erlernter Konfidenzniveaus iterativ ein robuster Klassifikator trainiert.

A5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

KI-Unterstützung für Operationen im elektromagnetischen Spektrum

Dietmar Matthes, Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik

Die Aufklärung und Kontrolle des elektromagnetischen Spektrums ist ein essentieller Bestandteil der modernen Verteidigungs- und Sicherheitsfähigkeit. In heutigen und zukünftigen Operationen im elektromagnetischen Spektrum wird die zunehmende Dichte von Radar- und Kommunikationssignalen, die in überlappenden oder benachbarten Frequenzbändern arbeiten, dazu führen, dass in der Signalaufklärung herkömmliche Algorithmen zur Signaltrennung und -klassifizierung anfällig für Fehlklassifizierungen sind.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, können KI-basierte Ansätze eingesetzt werden, bei denen Zeit-Frequenz-Darstellungen (Spektrogramme) aus elektronischen Unterstützungsmaßnahmen (EloUM) zur Radaraufklärung als Eingangsdaten in ein neuronales Netzwerk für eine Pulsdetektion und -klassifizierung eingespeist werden. Prinzipiell können KI-Algorithmen aus der Bildverarbeitung auf Spektrogramme angewendet werden, da Spektrogramme als Bild interpretiert werden können. Allerdings haben Spektrogramme eine andere Grundstruktur, deshalb müssen die bekannten Verfahren angepasst werden.

Es wurden erfolgreich verschiedene Convolutional Neural Network-Ansätze und Objekterkennungsmodellen für die automatische Parameterextraktion in Spektrogrammen untersucht und bewertet.

Eine wichtige Rolle spielen auch Verfahren zur Detektion und Klassifikation von kurzen oder zunächst unbekannten Signalsequenzen. Hier kommen Ansätze aus der Open-Set Recognition zur Anwendung. Open-Set-Techniken ermöglichen es dem neuronalen Netz, Eingabedaten einer unbekannten Klasse zu erkennen, die nicht für das Training verwendet wurde.

Ist mithilfe der beschriebenen Verfahren ein elektromagnetisches Lagebild erfolgreich erstellt worden, können je nach Bedrohungssituation Selbstschutz- oder Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Auch hier kann die Effizienz der eingesetzten Maßnahmen mit Unterstützung von KI-basierter Stör- und Täuschsignal-erzeugung gegenüber herkömmlichen Verfahren gesteigert werden. Als Beispiel werden umgebungsangepasste Störsignale zur Maskierung einer Plattform oder Änderungen der Signatur dargestellt.

A5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

KI-unterstützte Signalverarbeitung in der COMINT

Lukas Henneke, Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie

Durch die zunehmende Automatisierung der COMINT-Signalverarbeitungskette können sicherheitsrelevante Informationen schneller und präziser bereitgestellt werden.

Dieser Vortrag stellt exemplarisch verschiedene KI-basierte Signalverarbeitungsmodule vor, welche zur Effizienzsteigerung in die COMINT-Prozesskette integriert werden können.

Hierbei handelt es sich um tiefe neuronale Netze zur Objekterkennung, Klassifikation und Spracherkennung, welche für die Detektion und Klassifikation von Funksignalen sowie für die Informationsextraktion aus per Funk übertragenen Audiodaten adaptiert werden.

Den Schwerpunkt des Vortrags bilden neuste Forschungsergebnisse zu KI-generierten Funksignal-Embeddings, welche Signalcharakteristiken in einem hochdimensionalen Vektor enkodieren und so die Unterscheidung und Erkennung (auch bislang unbekannter) Funksignale und -protokolle ermöglichen.

A5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Next Generation Sensing: Vernetztes Mobile Mapping mit bathymetrischem und Unterwasser-LiDAR sowie KI-gestützter Echtzeitanalyse

Prof. Dr. Alexander Reiterer, Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik

Der Vortrag präsentiert aktuelle Entwicklungen in der sensorbasierten Umfeld-erfassung für sicherheitsrelevante und verteidigungsnahe Anwendungen. Im Mittelpunkt steht ein neuartiger, kompakter Mobile-Mapping-Ansatz, der terrestrische, bathymetrische und Unterwasser-LiDAR-Technologien in einem vernetzten System vereint. Ziel ist es, komplexe Umgebungen – von Land über Küstenzonen bis hin zu Gewässern – mit hoher räumlicher Auflösung und in nahezu Echtzeit erfassen zu können.

Durch den kombinierten Einsatz unterschiedlicher LiDAR-Technologien wird eine durchgängige Erfassung über und unter der Wasseroberfläche ermöglicht. Dies eröffnet neue Anwendungsfelder in der Gewässerkartierung, bei der Infrastrukturüberwachung, im Katastrophenschutz sowie in der Aufklärungs- und Sicherheitsforschung. Ein besonderer Fokus liegt auf der Nutzung von KI-basierten Verfahren zur Echtzeit-Datenanalyse, die eine automatische Objekterkennung, Klassifizierung und Anomaliedetektion erlauben.

Das vorgestellte Systemkonzept adressiert die wachsende Anforderung, heterogene Sensordaten unmittelbar auszuwerten und nutzbare Informationen für Lagebilder und Entscheidungsprozesse bereitzustellen. Durch die Kombination von Miniaturisierung, Sensorfusion und intelligenter Datenverarbeitung entsteht ein skalierbarer Technologieansatz, der sowohl stationär als auch mobil – etwa auf Landfahrzeugen, Booten oder unbemannten Plattformen – einsetzbar ist.

Der Beitrag gibt einen Ausblick auf zukünftige Forschungsschwerpunkte und mögliche Einsatzszenarien, in denen vernetztes Mobile Mapping einen entscheidenden Beitrag zur technologischen Souveränität und zur Erhöhung der operationellen Sicherheit leisten kann.

A5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

SAR Zielerkennung: Moderne KI Trainings-Methoden für zuverlässige und schnelle Lagebewertung

Tim Remiger und Dr. Padraig Davidson, HENSOLDT Sensors

Automatische Zielerkennung in SAR-Bildern bildet die Grundlage für einen schnellen OODA-Loop in allen Wetterlagen. Hier zeigen wir, wie HENSOLDT mittels Generativer KI, simulierter Signaturen und flexibler Detektions-Modell-Architekturen verbesserte Zielklassifikation entwickelt. Hierdurch wird insbesondere eine schnelle und flexible Anpassung der Software-Defined SAR Zielerkennung an neue Bedrohungen und Anforderungen ermöglicht, da keine/wenige echte Signaturen bereits ausreichen, um eine hohe Klassifikationsgüte zu erreichen.

Der Fokus liegt hierbei vor allem auf der Generierung von Daten für das Training neuronaler Netze als auch Modellarchitekturen und ihre Unterschiede in Bezug zur Detektion von Objekten auf visuellen Daten. Wir zeigen klassische Ansätze zur physikalischen Simulation von Zielsignaturen, geschicktem Einfügen in echte SAR-Szenen und dem darauf basierten Training. Darüber hinaus werden generative KI-Ansätze präsentiert zur Generierung großer SAR-Szenen mit und ohne Zielsignaturen sowie geeigneten Modellarchitekturen. Stable Diffusion Netzwerke in Kombination mit Kontrollnetzen ermöglichen die zielgerichtete Generierung geeigneter Trainingsdaten. In Verbindung mit simulierten und echten Signaturen wird ein maximal robustes und universell einsetzbares neuronales Netz trainiert, welches sich flexibel in eine Multi-Domänen Anwendung integrieren lässt, um eine schnelle Lagebewertung zu ermöglichen.

A5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

AI Assurance in der Luftverteidigung

Dr. Markus Hosbach, IABG

Die wachsende Verbreitung Künstlicher Intelligenz in Staat, Gesellschaft, Wirtschaft und Militär zeigt zunehmend das transformierende Potenzial dieser Technologie. Bei der Bundeswehr bildet KI einen wichtigen Baustein der digitalen Transformation und wird voraussichtlich alle Dimensionen sowie Fähigkeitsbereiche der Streitkräfte nachhaltig verändern. Um auch künftig handlungsfähig zu bleiben, sowohl in konventionellen Gefechtszenarien gegen gleichwertige Gegner als auch im Kontext internationaler Einsätze, sollte die Bundeswehr ihre Fähigkeiten in Führung, Aufklärung, Wirkung und Unterstützung durch den gezielten Einsatz von KI-Systemen weiterentwickeln.

Im Bereich der Luftverteidigung eröffnet Künstliche Intelligenz vielfältige Ansatzpunkte zur Steigerung und Erweiterung von Fähigkeiten. Neben der Unterstützung von Planungsprozessen erlaubt sie beispielsweise während der Einsatzdurchführung die frühzeitige Erkennung von Bedrohungen anhand multispektraler Signaturen und unterstützt damit das zeitnahe Einleiten geeigneter Gegenmaßnahmen. In der Pre-Intercept-Phase kann KI potentielle Effektivität von Interceptoren prognostizieren, wodurch die Wirksamkeit von Gegenmaßnahmen optimiert und weitere taktische Entscheidungen rechtzeitig getroffen werden können. Ergebnis ist eine potentiell höhere Effektivität und Effizienz der Luftverteidigungsarchitektur.

Gleichzeitig erfordern KI-Komponenten einen anderen Softwarelebenszyklus als konventionelle Programme, denn kontinuierliche Lernprozesse und hohe Innovationsdynamik stellen traditionelle Test- und Validierungsverfahren vor das Problem, Zuverlässigkeit und Sicherheit nicht mehr ausreichend nachweisen zu können. Deshalb ist ein neuer Bewertungsrahmen nötig, der auf etablierten Prozessen aufbaut, jedoch KI-spezifische Abläufe, Verfahren und Prüftools integriert. Dieser erweiterte Ansatz, der unter dem Begriff AI Assurance zusammengefasst wird, gewährleistet die Anwendungseignung, Integrität und Erklärbarkeit der KI-Systeme über deren gesamten Lebenszyklus hinweg. Nur durch eine fundierte und strukturierte Bewertung lässt sich das Risiko von Fehlfunktionen minimieren und die operationelle Überlegenheit auf dem zukünftigen Gefechtsfeld sicherstellen, da zuverlässige KI-Lösungen entscheidende Vorteile in Informationsgewinnung, Entscheidungsfindung und Automatisierung bieten.

B5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Wehrtechnische Forschungs- und Technologieaktivitäten des BMVg zu Laserwaffensystemen

TRDir Christoph Stein, Wehrtechnische Dienststelle für Waffen und Munition

Die grundsätzliche Machbarkeit von Laserwaffensystemen ist mittlerweile weltweit erfolgreich sowohl durch etablierte Rüstungsunternehmen, als auch durch Startups demonstriert worden.

Einige dieser Ansätze werden aktuell u.a. in nationalen Beschaffungsprozessen zu marktreifen Produkten weiterentwickelt, so dass in nächster Zeit die Einführung von Laserwaffensystemen in die militärische Nutzung zu erwarten ist.

Die wehrtechnischen Forschungs- und Technologieaktivitäten des BMVg begleiten diese Prozesse und unterstützen bei der Beantwortung technischer und regulativer Fragestellungen unter Einbindung der zukünftigen Nutzer, Forschungseinrichtungen und Industrie.

Das Technologiefeld „Laser: Systeme und Schutz“ bei der Wehrtechnischen Dienststelle für Waffen und Munition (WTD 91) der Bundeswehr bearbeitet im FuT-Prozess des BMVg Fragestellungen in den Themenfeldern Laserquellen, Laserpropagation, Laser-Materie-Wechselwirkung sowie Lasersicherheit und stellt diese den bedarfstragenden Stellen zur Verfügung.

Der Vortrag beleuchtet aktuelle und zukünftige Fragestellungen und Untersuchungen im Gesamtkontext einer Weiterentwicklung des Potenzials von Laserwaffensystemen in der Bundeswehr.

B5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Hochleistungslaser für IR Gegenmaßnahmen im SWIR und MWIR

Prof. Dr. Marc Eichhorn, Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung

Bisherige Lasersysteme für optronische Gegenmaßnahmen im MWIR basieren auf gütegeschalteten Festkörperlaser. Dadurch wird eine weitgehend Gauss-förmige Pulsform erzeugt, welche für die nichtlineare Konversion eine begrenzte Konversionseffizienz verursacht. Neueste Forschungsergebnisse des letzten Jahres haben signifikante Leistungssteigerungen bei SWIR Faserverstärkern möglich gemacht, mit denen sich optimierte Rechteckpulse für eine maximale nichtlineare Konversionseffizienz erzeugen lassen.

Der Vortrag fokussiert auf die jüngsten Ergebnisse im Bereich 2 μm Hochleistungs-Faserverstärker und nichtlineare Konverter am IOSB. Im Rahmen der Untersuchungen konnte ein Thulium-dotiertes Faserverstärkersystem mit einer mittleren Rekord-Ausgangsleistung von 207 W, einer Pulsenergie von 2,1 mJ und einem Rekord in der effektiven Puls-Leistung von 42 kW bei 2,05 μm realisiert werden. Basierend auf dieser Pumpquelle konnte eine sehr hohe Konversionseffizienz von 69% und eine MWIR-Ausgangsleistung von 25.8 W bei Verwendung von ZGP als nichtlinearem Konverter-Kristall erreicht werden. Ebenso wurde vergleichend der alternative Kristall CSP untersucht und eine mittlere Ausgangsleistung von 13,3 W erreicht. Der Vortrag gibt ebenfalls einen Einblick in neueste Ergebnisse mit alternativen Konzepten zur Erzeugung von MWIR-Strahlung hoher Leistung, wie bspw. Festkörpervverstärker, und kritische Komponenten für Hochleistungs-MWIR-Laser.

B5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Skalierungspotenziale neuartiger Spezialfasern für Hochenergielaser als Schlüsseltechnologie für Deutschlands Souveränität

Dr. Nicoletta Haarlammert, Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik

Laserbasierte Abwehrsysteme gewinnen angesichts neuartiger Bedrohungen, insbesondere durch militärisch nutzbare Drohnen, zunehmend an Bedeutung. Für die Realisierung leistungsstarker und skalierbarer Hochenergie-Laser spielt der Faserlaser eine zentrale Rolle. Seine Leistungsfähigkeit wird maßgeblich durch die verwendete aktiv dotierte Spezialfaser bestimmt – die essenzielle Schlüsselkomponente im Verstärkersystem.

In Deutschland sind die dafür benötigten hochspezialisierten Faserarchitekturen bislang nicht kommerziell verfügbar. Damit besteht ein technologischer Engpass, der die unabhängige Weiterentwicklung laserbasierter Schutzsysteme erheblich begrenzt. Das Fraunhofer IOF Jena schließt diese Lücke durch die Entwicklung innovativer Spezialfasern u.a. mit maßgeschneiderten Mehrkernfaserstrukturen. Neuartige Spezialfasern ermöglichen eine kompakte, modulare und hocheffiziente Skalierung zu mittleren Ausgangsleistungen im Multi-Kilowatt-Bereich – ein entscheidender Leistungsbereich für die wirksame Drohnenabwehr.

Der Vortrag präsentiert das Skalierungspotenzial dieser neuartigen Fasertechnologien, beleuchtet die wissenschaftlichen und technologischen Grundlagen ihrer Entwicklung am IOF und zeigt, wie die vollständige Kontrolle über Design, Herstellung und Charakterisierung dieser Schlüsselkomponenten die Grundlage für zukünftige Hochleistungslasersysteme bildet.

Die Fähigkeit, diese kritischen Spezialfasern in Deutschland eigenständig zu entwickeln, ist ein wesentlicher Baustein nationaler technologischer Souveränität. Die Arbeiten des Fraunhofer IOF tragen damit unmittelbar zur unabhängigen Handlungsfähigkeit Deutschlands im Bereich moderner Verteidigungs- und Sicherheitstechnologien bei.

B5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Leistungsskalierung von Quantenkaskadenlasern durch kohärente Strahlvereinigung

Dr. Stefan Hugger, Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik

Quantenkaskadenlaser (QCL) sind Halbleiterlaser für den mittleren infraroten Spektralbereich (4-12 μm) mit hohem Anwendungspotential beispielsweise in der berührungslosen Gefahrstoffsensorik oder für gerichtete Infrarot-Gegenmaßnahmen (DIRCM). Insbesondere für letzteres ist eine hohe Ausgangsleistung bei guter Strahlqualität zwingend notwendig. Um eine Skalierung von Leistung und Brillanz über die Grenzen eines Einzelemitters hinaus zu erreichen, sind strahlqualitätserhaltende Multiemitter-Strahlvereinigungsansätze notwendig. In diesem Beitrag zeigen wir Ergebnisse des Fraunhofer IAF zur skalierbaren kohärenten Strahlvereinigung von QCL in einem Master-Oszillator-Power-Amplifier Aufbau, bei dem ein schmalbandiger cw-QCL auf mehrere, gepulst betriebene QC-Verstärker aufgeteilt wird und dadurch eine gemeinsame Wellenlänge und Phasenrelation definiert. Die QC-Verstärker sind Laserchips, bei denen beide Facetten zur Unterdrückung von internem Lasing antireflexbeschichtet sind. Die zur kohärenten Überlagerung notwendige Phasenkontrolle wird über auf Piezo-Elementen montierte Spiegel realisiert. Es werden sowohl Filled- als auch Tiled-Aperture Combining betrachtet. Bei einer Wellenlänge von 4.7 μm wurde mit 6 QC-Verstärkern im Filled-Aperture-Ansatz, d.h. der vollständigen räumlichen Überlagerung an kaskadierten Strahlteilern, eine Kombinationseffizienz von >80 % und eine Ausgangsleistung von >6 W in einem beugungsbegrenzten, spektral einmodigen Strahl erreicht. Im Tiled-Aperture-Ansatz, d.h. der Überlagerung von parallelen Strahlen im Fernfeld, wurde die erwartete Reduzierung der Fernfeld-Divergenz im zentralen Maximum des Fernfelds demonstriert. Zudem konnte über die relative Phasenlage der Verstärker steuerbares Beamsteering, d.h. eine Änderung der Strahlrichtung des Zentralmaximums, über einen kleinen Winkelbereich gezeigt werden.

B5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Turbulenzkompensation für Hochenergie-Laser - Projekt LARGOS

Dr. Jürgen Zoz, MBDA

Für die effektive Anwendung von Wirklasern auf mittlere und große Distanzen ist die Kompensation der Störungen der atmosphärischen Turbulenzen unumgänglich. Eine große Herausforderung stellt hierbei die Messung der gestörten Wellenfront an nicht-kooperativen Zielen dar.

Mit dem Projekt LARGOS wurde ein neuartiger Ansatz erprobt, die Wellenfrontmessung mittels eines Messlasers und einer statistischen Auswertemethode unabhängig von der Beschaffenheit der Oberfläche des Ziels zu ermöglichen. Mit einem Demonstrator konnten erfolgreich Messungen auf Distanz an unterschiedlichen Zieloberflächen durchgeführt werden. Aufgeprägte Turbulenzen konnten trotz der störenden Phasenaberrationen aufgrund einer i.a. optisch rauen Zieloberfläche selbst bei gleichzeitiger Beaufschlagung mit einem Wirklaser und einer sich durch Schmelz- und Zersetzungsprozesse dynamisch verändernden Oberfläche mit der Messmethode erfolgreich gemessen werden.

Um die komplette Anwendungskette nachzubilden wurde die gemessene Turbulenz zur Turbulenzkompensation eines Testlasers genutzt. Hier konnte die Verbesserung der Propagationseigenschaften durch das neuartige Turbulenzkompensationsverfahren mittels einer Power in the Bucket Messung erfolgreich demonstriert werden.

Das Projekt LARGOS wurde in Zusammenarbeit zwischen der MBDA Deutschland GmbH, dem DLR und dem Fraunhofer IOSB durchgeführt.

B5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Kohärente Kopplung von Halbleiterlasern bei Wellenlängen von 1 μm und 1,5 μm

Jochen Speiser, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Der Laser als Effektor auf Distanz benötigt Quellen mit einer guten Strahlqualität bei hoher optischer Ausgangsleistung. Die direkte Verwendung von Halbleiterlasern verspricht eine effiziente und kompakte Quelle für den Effektor. Mittlerweile bieten einzelne Halbleiterlaser eine gute Strahlqualität bei Ausgangsleistungen im Wattbereich. Durch die kohärente Kopplung vieler einzelner Halbleiterlaser lässt sich die Ausgangsleistung auf das benötigte Niveau skalieren.

Die Kopplung mehrerer Halbleiterlaser in einen Strahl kann über Strahlteiler erfolgen. Auf dieser Grundlage werden kompakten Modulen mit moderater Leistung mit einer sehr guten Strahlqualität entwickelt.

Für die Kopplung von Halbleiterlaserquellen in einer gekachelten Apertur können Lichtleitersysteme verwendet werden, welche einen flexiblen und kompakten Aufbau des Gesamtsystems ermöglichen. Die gekachelte Apertur ermöglicht durch die individuell regelbaren Phasenlagen der einzelnen Kanäle eine schnelle Anpassung der Phasenfront des Ausgangsstrahls für die Kompensation atmosphärischer Turbulenz.

Beide Ansätze können für die Skalierung kombiniert werden. Es wurden unterschiedliche Kopplungsverfahren untersucht sowie die benötigten Regelsysteme entwickelt und implementiert. Dabei wurden Halbleiterlaser bei 1 μm und bei 1,5 μm untersucht.

C5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Zwischen Flugzeug und Satellit: Synergie von HAP- und SAR-Technologie für die kontinuierliche Überwachung

Dr. Matthias Jirousek, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Moderne Fernerkundungstechnologie findet eine breite Anwendung in der Erdbeobachtung und Aufklärung, wobei Satelliten, Flugzeuge, Drohnen und boden-gestützte Systeme zum Einsatz kommen. Satelliten bieten eine globale Abdeckung über lange Zeiträume, erreichen jedoch bestimmte Gebiete nur zu fest-gelegten Zeitpunkten. Flugzeuge hingegen sind flexibel und ermöglichen lokale Einsätze, sind jedoch in ihrer weltweiten Reichweite und Einsatzdauer be-grenzt. Die Kombination der jeweiligen Vorteile beider Plattformen lässt sich durch den Einsatz von hochfliegenden, autonom betriebenen Fluggeräten – den sogenannten High Altitude Platforms (HAP) – und mit spezifisch entwickelten Sensoren realisieren. Im Rahmen einer DLR-Entwicklung entsteht derzeit ein solches HAP-System, bei dem die Flugplattform und die Sensor-Nutzlasten parallel entwickelt werden, um optimal aufeinander abgestimmt zu sein. Neben einer hochauflösenden optischen Weitbereichskamera wird ein multi-funktionales, abbildendes Radar mit synthetischer Apertur (Synthetic Aperture Radar - SAR) mit unterschiedlichen Abbildungsmodi entwickelt - HAPSAR. Das Radar-System bietet neben der klassischen Bildaufnahme auch innovative Funktionen wie die Bewegt-Ziel-Detektion (Moving Target Identification - MTI), die Generierung von Höhenmodellen und einen Video-SAR-Modus für die kontinuierliche Überwachung von Gebieten im Kreisflug. Die technologischen Herausforderungen, die durch die Randbedingungen eines HAP sowie extremen Um-weltfaktoren entstehen, erfordern neue Konzepte im Sensordesign. Im Vortrag werden die technologischen Lösungen des HAPSAR-Radarsystems des DLR vorgestellt und die vielfältigen Anwendungsfelder diskutiert. Zudem werden erste Ergebnisse eines Flugversuchs des HAPSAR-Systems auf einem Kleinflu-gzeug präsentiert.

C5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Luftgestützte Radarbildgebung mit experimentellen SAR-Sensoren des FHR

Dr. Patrick Berens, Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik

Bildgebendes Radar, welches nach dem SAR-Prinzip funktioniert, hat sich in den letzten Jahren für die weltweite raumgestützte Aufklärung als Ergänzung zu optischen Sensoren etabliert. Eigenschaften, die diese Entwicklung begünstigten, sind ihre Nutzbarkeit bei Nacht und Bewölkung, sowie die hohe erzielbare Bildauflösung. Gleichzeitig besteht in militärischen Konflikten stets Bedarf an lokaler, zeitnaher Aufklärung mit flexiblen Einsatzprofilen. Hierfür eignen sich luftgestützte Sensoren auf bemannten Flugzeugen und unbemannten Systemen, die Aufnahmen zu frei wählbaren Zeiten und aus variablen Blickrichtungen liefern.

Das Fraunhofer FHR baut seit vielen Jahren bildgebende Radarsensoren zur Nutzung auf luftgestützten Trägern auf, entwickelt Algorithmen zur Verarbeitung der Radarrohdaten und erprobt diese im Rahmen geeigneter Messkampagnen. Die Auswahl des Plattfortmtyps, operative Randbedingungen und angestrebte Fähigkeiten führen zu unterschiedlichen Systemdesigns. Wesentliche Unterschiede betreffen das gewählte Frequenzband, die Betriebsart des Senders (gepulst/FMCW) sowie ggf. mehrkanalige Architekturen für erweiterte Funktionen.

Der Vortrag gibt einen Überblick über die am FHR aufgebauten SAR-Sensoren und zeigt ihre Leistungsmerkmale und Einsatzmöglichkeiten. Dabei werden die jeweiligen Vor- und Nachteile verschiedener Designaspekte herausgearbeitet und diskutiert. Ergänzend werden grundlegende Vorteile gegenüber optischen Systemen dargestellt, die aus der kohärenten Natur des Radars resultieren. Ziel ist es, einen aktuellen, anschaulichen Eindruck der Möglichkeiten luftgestützter Radarbildgebung zu vermitteln – inklusive ausgewählter Beispielaufnahmen und Erfahrungen aus durchgeführten Messungen.

C5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Aktuelle Entwicklungen zur Fähigkeitssteigerung in der radarbasierten Weltraumlageerfassung am Fraunhofer FHR

Dr. Lars Fuhrmann, Fraunhofer FHR

Das Fraunhofer FHR stärkt die radarbasierte Weltraumlageerfassung durch gezielte Weiterentwicklungen und neue Forschungsprojekte. Grundlage ist u.a. das Tracking und Imaging Radar (TIRA) in Wachtberg, das präzise Bahnvermessungen und hochaufgelöste Radarabbildungen von Weltraumobjekten ermöglicht und damit Aufgaben von der genauen Orbitbestimmung und Missionsunterstützung bis zu Schadensanalysen, Wiedereintrittsprognosen und wissenschaftlich technischen Untersuchungen zur Charakterisierung und Aufklärung abdeckt. Getrieben durch die aktuelle Sicherheitslage, insbesondere in der Dimension Weltraum, ergeben sich erhöhte Anforderungen an die Erstellung eines möglichst vollständigen Weltraumlagebildes. Diesen begegnen wir mit Forschungs- und Technologieprojekten, um bestehende Fähigkeiten zu erweitern und neue zu schaffen. Hier geben wir einen Überblick über aktuelle und geplante Aktivitäten im Bereich Radar zur Weltraumlageerfassung des Fraunhofer FHR und stellen ausgewählte Fortschritte dieser Entwicklungen dar.

C5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

VTOL-Multisensorsystem zur Aufklärung und Überwachung großer Flächen

Dr. Martin Nägele, Optoprecision

Kein Abstract vorhanden

C5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Das UAV getragene GPSAR-System DRONAR für die abstandsfähige Kampfmittel detektion - Ein Systemüberblick

Stephan Dill, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Mit dem Fokus auf Landes- und Bündnisverteidigung gewinnt die zeiteffiziente Aufklärung von großflächig verlegten Minensperren stark an Bedeutung. Hierbei müssen Kampfmittel wie Landminen, IED (Improvised Explosive Device) sowie Blindgänger-Munition (UXO) sicher detektiert werden. Aufgrund der hohen Komplexität dieser Aufgabe und der wachsenden Vielfalt an Bedrohungsarten ist eine fortwährende Weiterentwicklung der Sensortechnologien erforderlich. Die großen Fortschritte bei den Fähigkeiten marktverfügbarer Klein-UAV (Unmanned Aerial Vehicles) als Sensorträger für innovative Radarsysteme eröffnen ein erhebliches Potential für neue Methoden zur bildgebenden abstandsfähigen Kampfmittel detektion.

Am DLR Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme (HR) wurde im Rahmen der institutionellen wehrtechnischen Grundfinanzierung das UAV getragene Ultra-Breitband-GPSAR-System DRONAR entwickelt (GPSAR: Ground Penetrating Synthetic Aperture Radar).

Hierbei wurde neben den radartechnischen Herausforderungen zur Lösung der komplexen Detektionsproblematik besonders auf kompakte und leichte Bauweise des Radarsystems Wert gelegt um lange Einsatzzeiten und große Einsatzflexibilität zu ermöglichen. Der Systemverbund aus UAV, hoch performanter Radarhardware und moderner Bildgebungsalgorithmik liefert hochaufgelöste 2D- und 3D-Radarbildprodukte zur abstandsfähigen Detektion und genauen Lokalisierung von im Boden vergrabenen, auch metallfreien, Kampfmitteln.

In den Projekten „DS+“ und „DS2+“ wurde und wird im Auftrag der Wehrtechnischen Dienststelle für Schutz- und Sondertechnik (WTD 52) das bereits bestehende DRONAR-System hinsichtlich der funktionalen Forderungen der militärischen Nutzer weiterentwickelt.

Schwerpunkte waren und sind die Systemerweiterung zu einem voll-polarimetrischen Sensor, Untersuchungen zum Einfluss von Bodenart und Vegetation, Missionen mit mehreren Radarsystemen sowie die Erstellung höherwertiger Bildprodukte zur Unterstützung bei der Objekterkennung durch den Bildauswerter.

Im Vortrag werden die Anteile des Systemverbundes, die Weiterentwicklung und repräsentative Abbildungsergebnisse vorgestellt.

D5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Laserkommunikation und Quantenschlüsselverteilung auf der Erde und im Weltall

Dr. Christian Fuchs, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Die Abteilung optische Satellitenlinks am Institut für Kommunikation und Navigation des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) erforscht Laser- und Quantenkommunikationslinks für Anwendungen auf der Erde und im Weltall. Das Portfolio reicht dabei von der Entwicklung und Demonstration von kompakten Satellitenterminals bis zur wissenschaftlichen Entwicklung von Algorithmen für optische Kommunikation und Quantenschlüsselverteilung. Beispiele dafür sind beispielweise die Satellitenmissionen OSIRIS4Cubesat und CubeSL, in welchen Laserlinks für die hochratiige Datenübertragung von Cubesats demonstriert werden, oder die Satellitenmissionen QUBE und QUBE-II, bei welchen Technologien für experimentelle Quantenschlüsselverteilung auf Kleinsatelliten erprobt werden.

Dieser Vortrag gibt einen Überblick über die Arbeiten der Abteilung, stellt die Vorteile optischer Links für sicherheitskritische Anwendungen heraus und gibt einen Ausblick auf zukünftige aeronautische und satellitenbasierte Anwendungsfelder.

D5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Quantensensorik für die Positionsbestimmung - Atominterferometrie für Rotations- und Beschleunigungsmessungen im Kontext von Inertialmesseinheiten und der Gravimetrie

Dr. Waldemar Herr, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Quantensensorik auf Basis der Atominterferometrie bietet die Möglichkeit driftfreier und absoluter Rotations- und Beschleunigungsmessungen. Potentielle Anwendungsgebiete finden sich im Bereich der Gravimetrie und der Positionsbestimmung, im letzteren Fall durch den Einsatz atominterferometrischer Sensoren in einer Inertialmesseinheit oder auch der Navigation nach Schwerefeldkarten. Dieses bietet die Perspektive einer reduzierten Abhängigkeit von GNSS. In diesem Beitrag werde ich das Prinzip der Atominterferometrie erläutern, ausgewählte aktuelle Entwicklungen benennen sowie relevante Entwicklungsaktivitäten im DLR vorstellen und diskutieren.

D5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Analyse agiler HF-Signale für ELINT/COMINT mit NV-Diamond-basierten Quantensensoren

Dr. Michael Kunzer, Fraunhofer Institut für Angewandte Festkörperphysik

Conventional RF signal analysis is challenged with ever increasing complexity, frequency, agility and bandwidth of RADAR or communication systems. Quantum sensors based on nitrogen-vacancy (NV) centres in diamond provide room temperature operation, technological potential, robustness and integrability. For magnetometry such NV centre sensors can measure magnetic fields with pT/VHz sensitivity utilizing RF resonance spectroscopy. The complementary technique utilizes a predefined static magnetic field distribution to assign a resonance frequency bin to each individual NV centre. This allows the frequency specific detection of RF photons in the optical domain. Due to their sub- μm lateral resolution, an extended NV ensemble embedded into a single diamond RF sensor chip allows the integration of hundreds of independent frequency channels. It can be read-out optically with off-the-shelf Si-based FPAs. This technique allows to directly determine complex temporal and spectral RF signatures without elaborate FFT post-processing required with conventional technologies. It is capable to analyse passively intercepted agile RADAR and RF communication i.e., for real-time signal analysis within ELINT, COMINT and EW applications. The presentation demonstrates a compact RF sensor with optical readout based on NV centres in a diamond chip. The sensor centre frequency is adjusted to RF frequency bands of interest (L, S, C, X) by a variable bias magnetic field. The simultaneous frequency coverage of the RF sensor is determined by the magnetic field gradient across the sensor and exceeds 1 GHz. Utilizing a high-speed CCD line camera allows instantaneous read-out of full RF spectra with μs refresh rates. In conjunction with a wideband, log-periodic, directional antenna and low-noise amplifier, interception and analysis of FMCW RADAR signals and frequency hopping communication signals is demonstrated.

D5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Quantencomputing für die Bundeswehr: Warum jetzt handeln?

Anne-Marie Tumescheit, Fsas Technologies (a Fujitsu company)

Quantencomputing ist keine ferne Zukunftsvision mehr, sondern gewinnt rasch an Relevanz, auch für die Bundeswehr. Es wird klassische Rechner nicht ersetzt, sondern ergänzen, insbesondere bei komplexen Optimierungsaufgaben, die mit herkömmlichen Algorithmen unzugänglich sind. Innerhalb der Bundeswehr können somit beispielsweise die logistische Optimierung von Versorgungsrouten, die optimale Einsatzplanung von Truppen und Material oder die effiziente Zuweisung von Spezialfähigkeiten berechnet werden. Auch für präzisere Simulationen in Bereichen wie Kriegsspiel-Szenarien, Wetter- und Strömungsmodelle für maritime Operationen oder die Vorhersage der Ausbreitung von Bedrohungen in komplexen Umgebungen bietet Quantencomputing neue technologische Möglichkeiten.

Ein frühzeitiger Einstieg ist entscheidend, um Kompetenzen aufzubauen, digitale Souveränität zu sichern und Abhängigkeiten von Anbietern zu vermeiden. Die Bundeswehr, die jetzt handelt, kann diese Themen frühzeitig in ihre Digitalstrategie implementieren. Unabdingbar dabei ist die IT-Sicherheit: Da Quantencomputer in etwa fünf bis zehn Jahren aktuelle Verschlüsselungsverfahren potenziell knacken könnten ("Harvest now, decrypt later"), muss die Bundeswehr schon heute ihre Systeme kryptoagil quantensicher gestalten. Dies schützt sensible Daten und Kommunikation langfristig und ist vom BSI empfohlen.

Fsas Technologies unterstützt als Partner beim Einstieg in dieses Feld. Das Unternehmen ist in allen Bereichen des Quantencomputing Technologie-Stacks aktiv: von der Entwicklung supraleitender Quantencomputer (derzeit 256 Qubits, 2026: 1.024 Qubits) und alternativer Hardware-Ansätze bis zur Softwareentwicklung, konkreten Anwendungen und Brückentechnologien wie dem Digital Annealer für kombinatorische Optimierungsprobleme. Fsas arbeitet zudem eng mit Forschungseinrichtungen zusammen, um praxisnahe Lösungen zu entwickeln und Kunden beim Aufbau eigener Expertise zu unterstützen. Wie greifbar Quantencomputing bereits heute für die technologische Überlegenheit der Bundeswehr sein kann, möchten wir in unserem Vortrag darlegen.

D5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Quantentechnologien als integrierender Faktor zum Brückenschlag von Forschung & Technologie zu Innovation & Transfer

Prof. Dr. Wolfgang Maurer, Technische Hochschule Regensburg

Das White Paper on Defence Readiness 2030 sowie der ReArm Europe Plan identifizieren Quantentechnologien als eine der sieben grundlegenden Fähigkeiten zur strategischen militärischen Dominanz. Die gerade veröffentlichte EU Defence Industry Transformation Roadmap benennt „Quantum“ als eine Schlüsseltechnologie für die Neuanpassung von Verteidigungsfähigkeiten. In Europa sind ca. 32% des weltweiten Quantenökosystems verankert.

In der Entwicklung von Quantentechnologien besteht kein linearer Zusammenhang zwischen Ressourcenaufwand und anwendungsreifen Einsatzszenarien.

Wir beobachten in den letzten Jahren enorme Fortschritte in der Anwendungsvielfalt der Quantenphysik und deren Überführung in quasi-kommerziell verfügbaren Geräten. Dennoch wird unterschätzt, wie weit wir aufgrund physikalischer und technologischer Beschränkungen von der Anpassung solcher Designs an militärische Standards entfernt sind.

Um quantenbasierte Technologien für militärische Zwecke einsatzbereit zu machen, muss von Anfang an ein Co-Design Ansatz gewählt werden, in dessen Prozess militärische Stakeholder direkt eingebunden werden müssen. Dies hat auch die NATO erkannt und ist dabei eine entsprechende Research Task Group unter Co-Vorsitz von Frau Petra Eichenseher (Technische Hochschule Regensburg - OTH) einzurichten.

Damit aus den Forschungs- und Entwicklungsbemühungen auch beschaffungsfähige Produkte entstehen, die zeitnah aquiriert werden können, muss ein Vertikaldurchstich von Innovation (=Forschung und Produktentwicklung) – Produktion (= Prime Defence sowie New Defence Industrie) – Beschaffung – militärische Endanwender schon zu Entwicklungszeiten erfolgen.

Anhand eines konkreten Anwendungsfall aus dem Bereich Quantum Computational Sensing, werden wir aufzeigen, wie so ein Weg aussehen kann.

D5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Quantensensorik - Von Grundlagenforschung zur Maritimen Anwendungsperspektive

Dr. Martin Rosner, Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung

Quantentechnologien stehen zunehmend an der Schwelle von der Grundlagenforschung hin zur Anwendungsperspektive. Dabei stellen auf Quantenprinzipien basierende Sensortechnologien einen technisch fortgeschrittenen Bereich dar, der großes Potenzial für Leistungssteigerungen in vielen Anwendungsszenarien bietet.

Quantensensorik verspricht, physikalische Größen wie Magnetfelder oder Gravitation mit bislang unerreichter Präzision und Sensitivität zu erfassen. Damit gilt sie als ein Schlüsselbaustein der sogenannten „zweiten Quantenrevolution“.

Der Beitrag stellt verschiedene technologische Ansätze der Quantensensorik vor. Dabei werden deren jeweiligen Funktionsprinzipien, Stärken und Limitierungen erläutert und im Vergleich zu etablierten Sensortechnologien eingeordnet. Im Fokus stehen neben den erzielbaren Leistungssteigerungen insbesondere die Herausforderungen hinsichtlich Robustheit, Miniaturisierung und praktischer Einsetzbarkeit.

Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf potenziellen Anwendungen im sicherheits- und wehrtechnischen Kontext. Dies umfasst etwa neuartige Navigationsverfahren, die ohne Satellitensignale eine präzise Ortsbestimmung ermöglichen sollen, ebenso wie Detektionsansätze zur Erfassung von Objekten und Signaturen.

Anhand aktueller Beispiele wird auch gezeigt, wie verschiedenen Nationen Quantensensorik strategisch in ihre Innovations- und Verteidigungspolitik einbetten oder mutmaßlich bereits einsetzen.

E5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Wasserstoff als Bestandteil der resilienten Energieversorgung von Bundeswehreinrichtungen

Dr. Carsten Cremers, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie

Aufgrund seiner geringen Energiedichte ist die logistische Verteilung von Wasserstoff herausfordernd und nur für Anwendungen sinnvoll, wo die Nutzung große taktische Vorteile bietet wie im Uboot. Andererseits ist Wasserstoff der chemische Energiespeicher, der am einfachsten vor Ort erzeugt werden kann. Die Rückverstromung in Brennstoffzellen erlaubt eine Gesamteffizienz Strom-zu-Strom von 50%, die aufgrund der Langzeitspeicherbarkeit in vielen Fällen akzeptabel ist. Besonders ist aber der einfache Systemaufbau von Brennstoffzellen, der zu sehr geringen Wartungsanforderungen und hoher Zuverlässigkeit führt. Die hohe Zuverlässigkeit wurde von US-Behörden in Zusammenhang mit der Notstromversorgung bei Naturkatastrophen berichtet.

In dem Beitrag sollen die Eigenschaften wasserstoffbasierter stationärer Energiesysteme erläutert werden und dabei Aspekte, die zu einer hohen Resilienz führen aufgezeigt werden. Dies soll mit Energieversorgungsbedarfen von Bundeswehreinrichtungen einschließlich Rechenzentrum verglichen werden. Dazu sollen auch ähnliche erfolgreiche zivile Nutzungsfälle als Referenz vorgestellt werden.

E5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Nukleare Energie im Einsatz

Dr. Carsten Cremers, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie

„Kernenergie“ im klassischen Sinn nutzt die beim nuklearen Zerfall instabiler Isotope durch den Masseverlust freiwerdende Energie, meist zum Erhitzen eines Kühlmediums mit der nachgelagerten Erzeugung von Dampf unter Druck und der Stromerzeugung in einer Dampfturbine.

Der zugrundeliegende nukleare Zerfall ist ein natürlicher Prozess der spontan aber unvorhersehbar auftretender Prozess. Dieser ist allein technisch nicht nutzbar. Der Zerfall kann aber durch externe Energie in Form von Teilchenstrahlung wie Neutronen aus dem Zerfall eines anderen Kerns ausgelöst werden. Da meist Teilchen abgestrahlt wird kann ein Kern mehrere weitere Zerfälle auslösen, so dass es zu einer Kettenreaktion kommt, die ohne Kontrolle zu einer Überhitzung und unter bestimmten Voraussetzungen zu einer Kernexplosion führen können. Klassische Kernreaktoren kontrollieren die Kettenreaktion durch ausreichende Kühlung und die Nutzung von Moderationselementen. Ein Ausfall dieser Kontrolleinrichtungen führt oft zu katastrophalen Fehlern. Das Vorhandensein von Kernreaktoren in Gefechtsumgebungen ist daher kritisch.

Neue Entwicklungen wie die der Small Modular Reactors (SMR) versprechen Risiken der klassischen Kernreaktoren zu vermeiden, z. B. in dem die reaktiven Isotope als bewegte Salzschnmelze vorliegt und jeweils nur ein kleiner Teil in einer reaktiven Zone vorgehalten wird. Aufgrund der erwarteten geringeren Risiken denken eine Reihe von Partnern daran solche Anlagen für die Energieversorgung im Einsatz einzuführen.

Im Beitrag sollen ausgewählte Konzepte solcher Reaktoren vorgestellt und deren Sicherheit analysiert werden. Weiterhin sollen möglichen Auswirkungen der Einführungen solcher Reaktoren auf die Energieversorgung analysiert werden, z. B. eine vereinfachte Bereitstellung von Wasserstoff vor Ort.

E5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Schlüsselressource Energie - Resiliente Batterieversorgung als Grundlage militärischer Fähigkeiten

Prof. Dr. Karsten Pinkwart, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie

Die Sicherstellung einer resilienten Energieversorgung entwickelt sich zunehmend zu einer der zentralen Voraussetzungen militärischer Handlungsfähigkeit. Moderne Einsatzszenarien – von vernetzten Soldatensystemen über unbemannte Luftfahrzeuge bis hin zu hochautomatisierten Marineplattformen – sind in hohem Maße von leistungsfähigen, sicheren und verlässlichen Batterietechnologien abhängig. Der Vortrag zeigt auf, dass die Bundeswehr derzeit in vielen Bereichen auf Technologien angewiesen ist, deren Herstellung nahezu vollständig außerhalb Europas stattfindet. Dies führt zu erheblichen geopolitischen Abhängigkeiten, insbesondere bei Lithium-Batterien, die als primäre und sekundäre Energiespeicher in nahezu allen Domänen eingesetzt werden. Anhand aktueller Marktanalysen, technologischer Trends und konkreter Einsatzanforderungen verdeutlicht die Präsentation die sicherheitskritische Bedeutung der Batterieversorgung sowie die Herausforderungen im Hinblick auf Lieferketten, Spezifikationen, Resilienz und Anpassungsfähigkeit. Gleichzeitig wird dargestellt, wie angewandte Forschung und Technologieentwicklung – insbesondere im Rahmen der Fraunhofer-Institute – einen Beitrag zur Stärkung nationaler und europäischer Souveränität leisten können.

Der Beitrag unterstreicht, dass Energie eine Schlüsselressource ist, die militärische Fähigkeiten erst ermöglicht, jedoch in der Forschungs- und Projektförderung bislang nicht den erforderlichen Stellenwert besitzt. Um die Durchhaltefähigkeit, Einsatzbereitschaft und technologische Unabhängigkeit der Streitkräfte langfristig sicherzustellen, bedarf es einer strategisch ausgerichteten, kontinuierlichen und koordinierten Forschungslandschaft sowie des Aufbaus industrieller Kernkompetenzen in Deutschland und Europa.

E5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Dreischichtkalorimetrie zur Untersuchung von Wärmespeichermaterialien und energetischen Materialien

Dr. Christian Teicht, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie

Latentwärmespeicher auf Basis von Phasenwechselmaterialien (PCM) bieten gegenüber Wasserspeichern mit sensibler Wärmespeicher und eine höhere Energiespeicherdichte und können künftig wesentlich zur Versorgungssicherheit und zum Durchhaltevermögen der Bundeswehr beitragen. Salzhydrat PCM sind dabei besonders relevant, da sie eine hohe volumetrische Speicherdichte aufweisen und nicht brennbar sind. Weitere im militärischen Kontext bedeutende PCM sind sogenannte Melt Cast Explosives: Energetische Materialien, die zur Verarbeitung geschmolzen und gegossen werden. Für ihren Herstellprozess sind der Phasenwechsel und die ihn charakterisierenden thermophysikalischen Eigenschaften zentral.

Phasenübergangstemperaturen und Enthalpien werden üblicherweise mittels Differential Scanning Calorimetry (DSC) bestimmt. Aufgrund der geringen Probengrößen liefert die DSC bei Salzhydraten jedoch praxisferne Ergebnisse, insbesondere hinsichtlich der Kristallisationstemperatur. Für Melt Cast Explosives liegen hierzu kaum öffentlich zugängliche Daten vor. Als Alternative wurde im PCM Bereich die Dreischichtkalorimetrie entwickelt, die Untersuchungen im 100 g Maßstab erlaubt und dadurch praxisnahe Kristallisationsdaten liefert. Hierbei handelt es sich derzeit noch um eine Nischentechnologie und belastbare Informationen zu Annahmen, Kalibrierung und Messgenauigkeit fehlen weitgehend.

Ziel dieser Arbeit ist daher die Weiterentwicklung der Dreischichtkalorimetrie. Wir untersuchen die Temperaturhomogenität im Kalorimeter unter repräsentativen Bedingungen, entwickeln vereinfachte Kalibrierverfahren ohne Referenzproben und Maßnahmen zur Genauigkeitssteigerung. Dazu stellen wir ein eigens aufgebautes Dreischichtkalorimeter vor, analysieren Temperaturfelder beim Heizen und Kühlen mit und ohne Phasenwechsel, entwickeln ein thermisches Modell mit transienter Wärmeleitung und etablieren eine Kalibrierprozedur auf Basis einer elektrischer Heizung. Die Methodik eignet sich sowohl für die Entwicklung neuer PCM als auch für die Untersuchung von Melt Cast Explosives.

E5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Resiliente Energiesysteme für militärisch relevante Infrastrukturen

Philipp Czasch, HDC Solutions

Zwischen Resilienz und Nachhaltigkeit. Aufgrund der geopolitischen Lage und der Sensibilität hybrider Angriffe auf die Energieinfrastruktur müssen sich kritische und militärisch relevante Infrastrukturen stärker dagegen wappnen. Oftmals werden Begriffe wie Resilienz, Autarkie und Effizienz ohne Verständnis als „Buzzwords“ benutzt. Doch was bedeuten diese Wörter eigentlich und vor allem, was bedeuten sie im Kontext militärischer Infrastrukturen wie Kasernen, Liegenschaften oder Einsatz-Camps? Als Firma entwickeln wir Methoden und bieten unser Softwaretool THORIUM als Dienstleistung und/oder als Stand-Alone Version für die Auslegung, Simulation und (Echtzeit-) Optimierung an. Damit können Energiesysteme für kritische und militärisch relevante Infrastrukturen resilienter, autarker und effizienter gestaltet werden. Dabei haben wir immer auch die Ökonomie im Blick. Unser Ziel ist es, immer den perfekten „Sweet Spot“ zwischen Kosten und Nutzen zu finden. Hierfür müssen die Systeme teilweise neu betrachtet und definiert werden. So ist es beispielsweise zwingend erforderlich, einen Critical Core und einen Secure Core zu definieren. Diese beschreiben Bereiche der Infrastruktur, die eine Essential Must-Run- bzw. eine Optional Must Run-Fähigkeit besitzen müssen. Vor allem für den Critical Core muss eine horizontale Autarkie definiert und ausgelegt werden. Die horizontale Autarkie gibt vor, welchen Autarkiegrad ein System zu jeder Zeit besitzen muss. Die Autarkie bildet dabei die Basis für Resilienz. In der Resilienzbetrachtung muss beispielsweise auch die Technologiediversität berücksichtigt werden. Energiesysteme werden immer mehr zum strategischen Vorteil. Oder eben nicht.

E5: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Ultra-Hochleistungs-Lithium-Ionen-Batterien made in Germany: Ermöglicht höchste Leistungsfähigkeit und resiliente Lieferkette

Dr. Verena Drews, V4Smart

Zur Ermöglichung einer unabhängigen und vor Allem resilienten Lieferkette in Europa ist die Entwicklung und Produktion von hochleistungsfähigen Lithium-Ionen-Rundzellen innerhalb Deutschlands entscheidend. Die V4SMART Lithium-Ionen-Technologie ermöglicht Applikationen durch Erhöhung der Leistungsfähigkeit von > 50% neu zu denken. Die V4SMART Rundzellen ermöglichen höchste Stromdichten für Peak-Strom-Bedarfe durch ihre neu-artige Elektroden-Beschaffenheit sowie das optimierte mechanische Zelldesign. Verlässlicher Betrieb der Batteriezellen in Grenzbereichen wie beispielsweise bei -40°C wird durch speziell entwickelte Elektrolyt/Grenzflächen-Bedingungen ermöglicht.

Im Fokus steht allerdings auch die Absicherung der Lieferfähigkeit: mit zwei Serienproduktions-Standorten und voll-automatisierten Serienproduktionen mit einer gesamten jährlichen Kapazität von > 30 Mio Zellen pro Jahr aufgeteilt auf zwei deutsche Standorte, wird eine resiliente europäische Lieferkette gesichert. Neueste Produktionstechnologien sowie höchste Qualitäts-Standards v.a. in der Traceability und Inline-Qualitätsabsicherung ermöglichen eine stabile und verlässliche Zellproduktion.
eine resiliente europäische Lieferkette gesichert.

A6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Emergenz intelligenter Evakuierungssysteme: Integration robotischer Autonomie und telemedizinischer Fernversorgung in militärischen Operationsräumen

Dr. Oliver Burkhardt, Autoflug

Die zeitkritische Evakuierung von verletzten, kontaminierten oder infektiösen Personen in Kampf- und Krisenszenarien gewinnt vor dem Hintergrund zunehmend hybrider Bedrohungsumgebungen an operativer Bedeutung. Herkömmliche Verwundetentransportsysteme sehen sich strukturellen Beschränkungen hinsichtlich Reaktionszeit, Personalgefährdung und logistisch-infrastruktureller Skalierbarkeit ausgesetzt. Vor diesem Hintergrund verfolgt das EU-Forschungsprojekt iMEDCAP das Ziel, eine technisch hochgradig integrierte, modular konfigurierbare und autonomiefähige Plattform zu etablieren, die robotische Mobilität, medizinische Entscheidungsunterstützung und telemedizinische Interventionen in einer interoperablen Systemarchitektur verbindet. Die Projektarchitektur beruht auf einem Konsortium europäischer Partner, die einen strikten nutzer- und szenariobasierten Entwicklungsansatz verfolgen. Die Systemkonzeption umfasst drei komplementäre Entwicklungsstränge. Zum einen die autonome Detektion, Klassifikation & Lokalisierung Verwundeter, mittels multisensorischer Datenfusion, algorithmischer Umfeldwahrnehmung und prädiktiven Entscheidungsmodellen, zudem die automatisierte Planung und Optimierung von Evakuierungs- und Rettungsabläufen sowie der Entwicklung einer interoperablen medizinischen Versorgungseinheit („Patientenbox“) mit integrierter Diagnostik, robotisch unterstützten Interventionen und telemedizinischen Schnittstellen zur kontinuierlichen, fachärztlich ferngesteuerten Versorgung während des autonomen Transports.

Die technische Ausgestaltung solcher einer „Schutzausrüstung“ orientiert sich an NATO-Standards für unbemannte Verwundetentransportsysteme und gewährleistet damit einen hohen Grad an doktrinärem Anschlussfähigkeit sowie militärischer Einsatzvalidität.

iMEDCAP fungiert als technologisch wegweisender Beitrag zur Etablierung eines digitalisierten, hochgradig interoperablen Systems der präklinischen Versorgung. Das Projekt stärkt Überlebenschancen, erlaubt Standardisierung und setzt neue medizinisch-technologische Paradigmen, greift jedoch zugleich ethische und rechtliche Fragen zu Verantwortlichkeit, Entscheidungsautonomie und Mensch-Maschine-Interaktion auf.

Im Rahmen iterativer Integrations- und Evaluationszyklen werden prototypische Subsysteme wie multimodale Vitalparametermodule, robotisch gesteuerte medizinische Interventionskomponenten und plattformübergreifende Telekonsultationssysteme eingebettet. Es steht insbesondere die zuverlässige Aufrechterhaltung vitaler Funktionen von Patienten und die Reduktion von Risiken für medizinisches Personal in Gefahrensätzen im Fokus.

A6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Erforschung eines textilintegrierten Sensors zur Humanbluterkennung mit drahtloser Signalübertragung für die sanitätsdienstliche Verwundetenversorgung

Léon Klick, Autoflug

Die zeitlich schnelle medizinische Erstversorgung von akut Verletzten auf dem Gefechtsfeld entscheidet über die Überlebenswahrscheinlichkeit des Betroffenen. Sofort eingeleitete, lebensrettende Maßnahmen binnen der ersten 10 Minuten (Platinum 10 minutes) und eine adäquate medizinische Weiterversorgung binnen 60 Minuten (Golden hour) erhöhen die Überlebensrate signifikant. Voruntersuchungen haben gezeigt, dass durch den Einsatz von „Wearable Sensors“ mit drahtloser Vitaldatenübermittlung aus smarten Textilien in Echtzeit medizinisch relevante Informationen aus der Gefechtszone für die sanitätsdienstliche Notfallversorgung von Soldaten hoch relevant sind und durch die Ergänzung einer Bluterkennungssensorik die Alarmierungs- und Rettungszeit deutlich verkürzt werden kann.

Vorgestellt wird ein textiler Sensor als Teil der persönlichen Schutzausstattung, der mithilfe leitfähig modifizierter Garne, die in das Textil eingewebt sind, Körperflüssigkeiten unterscheiden und Humanblut zuverlässig erkennen kann. Durch die Kombination der leitfähig modifizierten Garn-Elektroden mit signalverarbeitender Elektronik kann eine Mustererkennung der gemessenen Potentialkurven auf Basis eines Embedded-Machine-Learning-Modells durchgeführt werden.

Der aus den leitfähig modifizierten Garnen, der Signalverarbeitungselektronik und der Auswertungssoftware bestehende Sensor ist als Teil eines Body Area Networks an medizinisch relevanten Positionen in die Unterwäsche des Nutzers integriert und benachrichtigt automatisch die sanitätsdienstliche Notfallversorgung, wenn Humanblut erkannt wird. Das Schließen der zeitlich kritischen Lücke zwischen dem Vorfall und der medizinischen Erstversorgung des Verwundeten im Gefechtsfeld ist außerdem die Grundlage für die Initiierung einer Erstbehandlungs- und Evakuierungsoption mittels autonom agierender Systeme (vgl. EDF IMEDCAP).

A6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Biomonitoring mit neuen KI Techniken: Die Leistungsfähigkeit moderner Time Series Foundation Models

Jae-Eun Nam und Dr. Silja Meyer-Nieberg, UniBw München

Die Messung physiologischer Biomarker mithilfe von nicht-invasiver Sensorik ermöglicht ein kontinuierliches Monitoring und die zeitnahe Erkennung kritischer Zustände und Belastungen. Im Kontext der Streitkräfte finden sich hier vielfache Anwendungen - im medizinischen und auch im psychologischen Bereich. Beispiele reichen u.a. von der Erkennung kritischer Arrhythmien im Herzschlag bis hin zur Beurteilung der kognitiven Belastung. Um eine robuste und verlässliche Erkennung bereitstellen zu können, wird meist auf mehrere Sensoren gleichzeitig zugegriffen und passende Modelle aus dem Bereich des Machine und Deep Learnings trainiert. Hierfür sind große Datenmengen erforderlich. Diese können -gerade im militärischen und medizinischen Bereich - nicht immer bereitgestellt werden. Einen Ausweg sollen die sogenannten Foundation Models für Zeitreihen bieten, die eine neue Technologie darstellen. Sie versprechen ähnlich zu den Foundation Models aus dem Bereich des Natural Language Processings eine Anwendung für unterschiedlichste Aufgaben - ohne einen hohen Aufwand zu erfordern. Doch halten diese Modelle ihr Versprechen? Welche Anforderungen stellen diese Modelle tatsächlich, damit sie im Bereich Biomonitoring verlässlich eingesetzt werden können und wie gut sind sie im Vergleich zu kleineren, dezidierten Verfahren? Der Vortrag stellt Anwendungen und Analysen im medizinischen und militärischen Kontext vor und zeigt Chancen und Grenzen dieser Verfahren auf.

A6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Angewandte Forschung für Verteidigung und Sicherheit im SHL

Tobias Rusch, UniBw München

Das Smarth Health Lab (SHL) an der Universität der Bundeswehr in München befasst sich unter anderem mit der Strukturierten Anwendung moderner Technologien. Dabei entwickelt, nutzt und evaluiert die Forschungsgruppe um Prof. Hofmann Smart-Health-Technologien (VR/AR, Smart Devices) zur Förderung von Stress Resilienz und Gesundheit, und setzt dabei adaptive und personalisierte Ausbildungs- und Trainingslösungen in virtuellen Szenarien um. Sie integriert damit Grundlagen- und Anwendungsforschung, schafft Synergie-Effekte durch interdisziplinäre Zusammenarbeit von Spezialisten aus unterschiedlichen Bereichen der Informatik, Psychologie und Sportwissenschaft. Bei der Entwicklung und Verwendung der Demonstratoren ist das Team stark vernetzt mit militärischen und zivilen Dienststellen unterschiedlicher Truppengattungen.

Ein Beispiel für die Erforschung digitaler Ausbildungstools in der Virtual Reality ist der „militärische Stressbalken“ (MilStreba). Dieser selbst entwickelte VR-Demonstrator ermöglicht es eine immersive und realitätsnahe Umgebung zu schaffen, die es Soldaten ermöglicht, ihre Fähigkeiten zu verbessern, ohne dabei tatsächlicher Gefahr ausgesetzt zu werden. Die Soldaten befinden sich so in einer kontrollierten und risikofreien Umgebung, die es erlaubt, gefährliche oder stressige Situationen zu simulieren, ohne dass physische Risiken entstehen. VR-basierte Simulationen ermöglichen es außerdem, komplexe Szenarien in Echtzeit zu simulieren, die in der realen Welt schwer nachzustellen wären, beispielsweise gefährliche und zum Nachstellen kostspielige Einsatzszenarien. Durch die Simulation von Stresssituationen, wie sie in Einsätzen auftreten, können sich Soldaten mit verschiedenen Szenarien auseinandersetzen. Es ermöglicht den

Soldaten außerdem, ihre Reaktionen auf hohe Belastungen zu testen, unmittelbar Feedback zu ihren Handlungen zu erhalten und dadurch ihre Verhaltensweisen kontinuierlich zu verbessern.

A6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Erkennen und Entlasten: Adaptive Mensch-Maschine-Interaktion für sicherheitskritische Systeme der Bundeswehr

Sophie-Marie Stasch, UniBw München

Die fortschreitende Automatisierung verändert die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine grundlegend. Sicherheitskritische Systeme werden immer vernetzter und komplexer, wodurch auch die kognitiven Anforderungen an den menschlichen Operateur steigen. In Bereichen wie der Luftraumverteidigung, bei Marineeinsätzen oder anspruchsvollen Bodeneinsätzen kann jedoch ein Moment der Überforderung oder Unaufmerksamkeit schwerwiegende Folgen haben. Gleichzeitig wächst die Bedeutung technischer Systeme, deren Leistungsfähigkeit letztlich von der richtigen Nutzung durch den Menschen abhängt.

Um Soldatinnen und Soldaten in solchen komplexen Situationen optimal zu unterstützen, müssen zukünftige Systeme den mentalen Zustand des Nutzers erfassen und flexibel darauf reagieren können. In unserer Forschung untersuchen wir, wie sich mentale Belastung beim Multitasking, etwa während virtueller Flugmissionen, äußert und wie sie mithilfe moderner Sensorik erkannt werden kann. Dazu wurden mehrere Mensch-Maschine-Experimente im Labor und in Virtual-Reality durchgeführt. Durch Augenbewegungsdaten und maschinelle Lernverfahren konnten Rückschlüsse auf den kognitiven Nutzerzustand beim Multitasking gezogen werden.

Der Vortrag fasst zentrale Ergebnisse dieser Studien zusammen und gibt einen Ausblick: Was braucht es, damit adaptive Assistenzsysteme künftig kritische Zustände von Soldatinnen und Soldaten zuverlässig erkennen und gezielt entlasten können? Perspektivisch wird dadurch nicht nur die Sicherheit im komplexen System Mensch-Maschine erhöht, sondern auch die Handlungssouveränität und Leistungsfähigkeit der Soldatinnen und Soldaten gestärkt. Dies leistet einen entscheidenden Beitrag zur Verteidigungsfähigkeit Deutschlands in zunehmend digitalisierten Einsatzumgebungen.

A6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

KI-gestützte Echtzeit-Stresserkennung in VR Umgebungen für militärische Einsatzkräfte und Ersthelfer

Mjellma Citaku und Larissa Zott, UniBw München

Stress, dessen Auswirkungen auf die Handlungen einer Person, sowie mögliche Langzeitfolgen, sind ein wichtiges Thema für militärisches Personal und Ersthelfereinsatzkräfte. Da es im Einsatz zu unübersichtlichen und schwer einschätzbaren Situationen kommen kann, sind klares Denken, sowie eine schnelle, sichere Handlungsausführung fundamental für den Erfolg der Mission. Entscheidungsprozesse unter solchen Bedingungen können durch Stress negativ beeinflusst werden. Demnach ist es essenziell Strategien zur Stressbewältigung zu beherrschen und anwenden zu können. Virtual Reality Umgebungen können dabei helfen, herausfordernde Situationen wiederholt und mit variablem Schwierigkeitsgrad zu simulieren und dabei die Sicherheit der Teilnehmer zu gewährleisten. Unsere Arbeit fokussiert sich auf eine zuverlässige KI basierten Erkennung von Stresszuständen und Cognitive Load in Echtzeit, mittels der Verarbeitung biophysiologicaler Daten. Die von uns entwickelte Methode wird dabei in das VR Training integriert, wobei ausgewählte Sensoren die physiologischen Daten der Vitalfunktionen der Trainees in VR nicht-invasiv und datenschutzkonform aufzeichnen.

Zu diesem Zweck wurden verschiedene Deep Learning entwickelt und auf Eignung untersucht. Der Vortrag stellt vielversprechende Varianten aus dem Bereich Frugal Artificial Intelligence und modernen Deep Learning Architekturen vor und geht auf die Vor- und Nachteile ein. Die Ergebnisse zeigen die Validität der Ansätze im Kontext der Stressdetektion basierend auf biophysiologicalen Daten.

B6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Konzeption und Kostenanalyse eines kostengünstigen unbemannten Hochleistungsflugzeugs

Anton Graf von Westerholt, Technische Universität Hamburg

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Konzeptentwurf eines unbemannten Luftfahrzeugs entwickelt, welches die Fähigkeit besitzt mit Geschwindigkeiten im Überschallbereich zu operieren. Mit diesem Konzeptentwurf soll dem Trend von immer größer, schwerer und teurer werdenden Luftfahrzeugen entgegengesteuert werden. Dieser Ansatz soll wünschenswerte und wirtschaftlich mögliche Systemleistungen balancieren und eine bestmögliche Missionserfüllung gewährleisten. Der treibende Designfaktor sind dabei die Kosten. Zur Umsetzung der Problemstellung wird mit dem Auslegungsprogramm 'Pacelab' ein Flugzeugvorentwurf erstellt, der für kosten- und leistungsrelevante Komponenten auf bestehende Systeme zurückgreift. Die Daten dieser Systeme beruhen auf Herstellerangaben, Regressionsformeln und Online Recherche. Die Auslegung erfolgt als Mehrzweckkampfflugzeug primär anhand der Abfangmission mit Flug im Überschallbereich, wobei die Performance in den Sekundärmissionen 'Patrouille mit Kampfauftrag' und 'Unterdrückung feindlicher Luftabwehr' ebenfalls überprüft wird. Zur Kalkulation der Kosten werden die voraussichtlichen Aufwendungen für Entwicklung, Produktion und Zukaufteile ermittelt sowie eine Lebenswegkostenanalyse erstellt. Das Ergebnis dieser Arbeit präsentiert den Entwurf 'Turmfalke' - ein unbemanntes Hochleistungsflugzeug, welches die gestellten Anforderungen an Flugleistungsbereiche, Manövrierfähigkeit und Nutzlast zum Großteil erfüllt und dazu ausgelegt ist im Systemverbund mit bemannten und unbemannten Flugsystemen zu agieren. Die Kostenschätzung ergibt, dass die Kosten je Kilogramm für eine große Stückzahl deutlich unter den Kosten moderner, bemannter Kampfflugzeuge liegen. Diese Arbeit zeigt, dass der Konzeptentwurf 'Turmfalke' als vielversprechender Lösungsansatz für ein unbemanntes Hochleistungsflugzeug angesehen werden kann.

B6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Untersuchungen zur Waffenschachtaerodynamik

Dr. Andreas Goerttler, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Innerhalb des DLR-Projektes „WingMates“ (Entwicklung von Plattformen und Technologien als Beitrag für ein zukünftiges Luftverteidigungssystem) wird in Kooperation mit Airbus Defence and Space im Unterarbeitspaket „Waffenschacht Aerodynamik“ an der Über- und Durchströmung von waffenschacht-relevanten Kavitäten sowie deren positive Strömungsbeeinflussung für flugrealistische Reynoldszahlen geforscht. Hierfür sind Experimente im Kryorohrwindkanal Göttingen (KRG) geplant, der mit seiner Reynoldszahl-Variabilität bei transsonischen Geschwindigkeiten die Brücke von existierenden Experimenten bei niedrigen Reynoldszahlen zu Flugreynoldszahlen schlägt. Zusätzlich zur strömungsmechanischen Analyse und Bewertung soll mit den erlangten Messdaten auch die Validierung einer Lattice Boltzmann Simulationsmethode (LBM) im Rahmen der Kooperation mit Airbus Defence and Space erfolgen. Diese experimentelle Validierung numerischer Methoden (LBM) zur Berechnung der Waffenschacht-Aeroakustik bei flugrealistischen Reynoldszahlen unterstützt die genaue Kenntnis der Strömungsphysik im Waffenschacht. Zusätzlich erlaubt deren exakte Vorhersage durch numerische Methoden einen sicheren Waffenabgang und reduziert die strukturelle Belastung der Waffensensorik und Waffenschachtmechanik.

B6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Formveränderliche Flügelstrukturen und KI-basierte adaptive Regelung im wehrtechnischen Kontext

Lennart Felix Kracke, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Im Rahmen des DLR-Projekts morphAIR wurde ein Demonstratorflugzeug (PROTEUS, Spannweite ca. 3 m, max. Abflugmasse 70 kg) entwickelt, um eine aerodynamische Effizienzsteigerung durch formveränderliche Flügelstrukturen in Kombination mit KI-augmentierter Flugregelung zu validieren. Skalierte Flugversuche ermöglichen eine experimentelle Untersuchung der Vorteile morphender Flügel, insbesondere bei Missionen mit hoher Flugzeit im Offdesignbereich wie Loiter-and-Dash-Szenarien. Im Rahmen des Vortrags sollen die Ergebnisse in Bezug auf eine signifikante Reduktion des Widerstands in variablen Flugbedingungen gezeigt werden.

Zusätzlich soll ein Ausblick auf die Inhalte des Folgeprojekts UAdapt mit dem Thema der Steigerung der Überlebensfähigkeit von Flächenflugzeugen gegeben werden. Dazu werden die adaptiven Regelungskonzepte auf Basis von Reinforcement Learning weiterentwickelt, wodurch im realen Flugbetrieb automatisch Steuerfunktionen bei Ausfällen oder Beschädigungen übernommen werden können. Zudem trägt die Vermeidung von Klappenspalten und eine reduzierte Leitwerksgröße durch eine Erweiterung des Flügelmorphings um eine S-Schlag-Profilierung zur Reduktion der Radarsignatur bei und erhöht so die Detektionsresistenz.

B6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Experimentelle Analyse und Modellierung von Treibstoff-Schwappen im Kontext von Flugdynamik und -regelung

Richard Kuchar, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Aufgrund stetig steigender Treibstoffmassenanteile bei Kampfflugzeugen, sowie dem Bedarf, die zugrundeliegenden Schwapp-Effekte speziell aus flugdynamischer und Flugregelungssicht besser zu verstehen (Leistungspotentiale) werden umfangreiche Aktivitäten zur Exploration dieses Themengebiets im DLR Projekt WingMates gemeinsam mit dem Kooperationspartner Airbus Defence and Space umgesetzt. Der geplante Vortrag zielt dabei auf die laufenden Arbeiten – beginnend mit einem Rückblick auf bereits bestehende Erkenntnisse, wie auch dem aktuell laufenden Design eines Testtanks, den experimentellen Versuchsplattform(en), numerischen Methoden ("Smoothed Particle Hydrodynamics"/ SPH bzw. „Computational Fluid Dynamics“/ CFD), sowie Ansätzen zur Modellierung/Modellordnungsreduktion für die Echtzeitanwendung. Die Integration der entsprechenden Modelle in die flugdynamische Analyse, sowie die einhergehende Darstellung der Relevanz der Untersuchung von Tankschwappen in Abhängigkeit des jeweiligen Betankungszustandes und Flug-Manövern bilden einen zweiten Schwerpunkt der Präsentation. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse lassen sich mögliche Konsequenzen für die Flugsteuerung absehen. Abschließend wird ein Ausblick auf die weiteren Arbeiten gegeben – von umfassenden Analysen bis hin zu datengetriebenen Modellierungsmethoden

B6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Fraunhofer-Albacopter - Entwicklung einer Drohnen-Technologieplattform für autonomes, vernetztes Fliegen

Prof. Dr.-Ing. Frank Henning, Fraunhofer Institut für Chemische Technologie

Das Fraunhofer-Leitprojekt ALBACOPTER® demonstriert, wie innovative eVTOL-Konzepte die nächste Generation unbemannter Luftfahrtsysteme prägen können. Im Zentrum stehen Technologieentwicklungen für eine experimentelle Drohne, die vertikalen Start und Landung mit der Effizienz eines Gleitflugzeugs verbindet. Die Integration von leichtbauoptimierten Strukturen, elektrischem Antrieb sowie fortschrittlicher Steuerungs- und Regeltechnik sowie der Aufbau eines Digitalen Zwillings bilden damit eine technologische Basis, die über klassische Urban-Air-Mobility-Szenarien hinausweist. Die erfolgreiche Durchführung des Erstflugs bestätigt die Funktionsfähigkeit der Gesamtkonzeption und markiert einen wesentlichen Meilenstein der Systemdemonstration.

Für sicherheits- und verteidigungsrelevante Anwendungen eröffnet ALBACOPTER® weitreichende Potenziale. Die Fähigkeit, autonom zu operieren und sicher zwischen vertikalem Propellerflug und energieeffizientem Tragflächenflug zu wechseln, ermöglicht den Einsatz in taktischer Aufklärung, Grenzraumüberwachung und der Beobachtung kritischer Infrastrukturen. Eine robuste, redundante Flugsteuerungsarchitektur gewährleistet zudem operationale Zuverlässigkeit unter anspruchsvollen Umgebungsbedingungen.

Ein weiterer Anwendungsbereich liegt in der krisenresilienten Logistik: Ein eVTOL-System mit erhöhter Reichweite kann medizinische Güter, Spezialausrüstung oder Versorgungslasten unabhängig von vorhandener Infrastruktur transportieren. Die im Projekt von sechs Fraunhofer-Instituten gemeinsam entwickelten Technologien in den Bereichen Sensorik, Autonomie, Energiesysteme, Leichtbau und Regelungstechnik demonstrieren den Nutzen interdisziplinärer Zusammenarbeit für komplexe Systemintegrationsaufgaben.

Obwohl ALBACOPTER® als ziviler Demonstrator konzipiert ist, liefert das Projekt wesentliche Bausteine für die Weiterentwicklung modularer unbemannter Luftfahrtsysteme, die im Sicherheits- und Verteidigungskontext hohe Anforderungen an Zuverlässigkeit, Flexibilität und Effizienz erfüllen müssen.

B6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Entwurfssynthese eines mittleren Transporthubschraubers mit hoher Fluggeschwindigkeit

Peter Weiland, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Im Rahmen der wehrtechnischen Forschung führte das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt eine konzeptionelle Analyse der Flugleistung von verschiedenen Drehflüglern durch, welche über eine höhere bis teilweise deutlich höhere Fluggeschwindigkeit verfügen. Diese Untersuchungen unterstützen das BAAINBw und das Amt für Heeresentwicklung im Zuge des Anforderungsmanagements für einen neuen mittleren taktischen Mehrzweckhubschrauber im Rahmen des NATO Projektes NGRC (Next Generation Rotorcraft Capability). Ausgehend von einer mittleren Geschwindigkeit von 160 Knoten für eine zeitgenössische Konfiguration verlangt NGRC wünschenswerte 220 Knoten, aber nicht weniger als 180 Knoten. Eine Steigerung auf 240 Knoten ist technisch möglich, jedoch zeigen die Ergebnisse im taktischen Umfeld auch eine erhebliche Anzahl von Nachteilen. Der Fokus dieses Vortrages liegt auf dem Intervall von 180 bis 220 Knoten. Es wird aufgezeigt, wie durch eine Entwicklung der Entwurfsparameter eine konventionelle Konfiguration 180 Knoten erreichen kann. Die darauffolgenden Grenzen lassen sich durch eine Modifizierung zu einem Verbundhubschrauber, unter Verwendung von Tragflächen und zusätzlicher Propeller umgehen, womit eine weitere Steigerung der Geschwindigkeit möglich ist. Die hierfür erforderlichen Leistungen übersteigen die installierte Leistung eines zeitgenössischen Transporthubschraubers deutlich. Die Auswirkung der erhöhten Fluggeschwindigkeit auf die Konfigurationsauswahl und die missionsrelevante Flugleistung werden hierbei genauer diskutiert. Hierfür werden die Ergebnisse eines Parameterfächers vorgestellt, bei dem die Fluggeschwindigkeit, ebenso wie der Missionsradius für das Referenzszenario eines Luftangriffs variiert worden sind. Die Abhängigkeiten von maximaler Fluggeschwindigkeit und Reichweite auf die Eigenschaften der Gesamtkonfiguration werden durch den Vergleich von 12 Einzelentwürfen aufgezeigt. Die Berechnung der Konfigurationen, inklusive iterativer Größenbestimmung, erfolgte mit den DLR internen Entwurfswerkzeugen.

C6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

UCAV Tasking via Tablet in einem Fighter Cockpit

Engelbert Hartmann, Airbus Defence and Space

Der Luftkampf der Zukunft wird Teil eines hochkomplexen Schlachtfelds sein, bestimmt von Vernetzung und der Integration bemannter und unbemannter Systeme. Neuentwicklungen fliegender Kampfsysteme werden gezielt für diesen neuen CONOPS (Concept of Operations) ausgelegt, während Bestandsysteme, wie der Eurofighter, integrativ bis weit über die Mitte des Jahrhunderts parallel betrieben werden. Nicht zuletzt vor dem Hintergrund aktueller Bedrohungen erscheint die kurzfristige Erstbefähigung von Bestandsystemen zur Führung von unbemannten Kampfdrohnen notwendig, mit mittelfristigem Ausbaupotential und Eingliederung in neue Vernetzungsstrukturen. Dabei gilt es, über schnelle Iterationen, möglichst zügig zur handfesten operationellen Fähigkeit zu gelangen. Aktuelle Ansätze im Bereich der militärischen Luftfahrt verfolgen die Verwendung von Tablets zur Steuerung kollaborativer unbemannter Systeme, zum Beispiel F-15EX, F22, oder HTeaming von Airbus Helicopter. Der Vortrag beleuchtet die Herausforderungen hinsichtlich der Nutzbarkeit eines Teaming Tablets im Eurofighter aus Perspektive der Mensch-Maschine Schnittstelle exemplarisch anhand eines konkreten Anwendungsfalls. Dazu wird die Nutzung eines Tablets in einem Defensive Counter Air (DCA) Szenario beschrieben. Das Szenario ist bewusst einfach, aber realistisch gehalten, um die grundsätzlichen Funktionen zu untersuchen. Das Ziel ist die effektive Integration ins Cockpit, unter Berücksichtigung effizienter Arbeitsabläufe des Piloten. Nach Aufstellung operationeller und technischer Annahmen, fungiert das unbemannte System als zusätzliche und vorgelagerte Waffenstation, wobei der Pilot des Eurofighters über Zielzuweisung und Waffenverschluss entscheidet. Die Teamingfähigkeit erweitert den Handlungsspielraum des Piloten und das taktische Potential des Eurofighters. Von entscheidender Bedeutung ist hierbei die Sicherstellung der notwendigen Informations- und Interaktionsmöglichkeiten im Cockpit. Ein prototypischer Aufbau wurde mit Piloten getestet und erlaubt fundierte Aussagen hinsichtlich Chancen und Risiken des Konzepts.

C6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Entwicklung einer kooperativen Lenkung in der Luftverteidigung

Ole Ostermann, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Moderne Bedrohungen für Luftverteidigungssysteme entwickeln sich zunehmend durch koordinierte Schwarmangriffe. Statische, bereits vor dem Start festgelegte Waffen-Ziel Zuweisungen können in hochdynamischen Szenarien bereits während des Fluges veraltet sein, was eine Neuordnung während des Fluges erfordert. Gegen zunehmend hoch-agile Ziele (z.B. hypersonische Systeme) können kooperative Trajektorien außerdem Ausweichmöglichkeiten minimieren. Zunehmende Möglichkeiten der Vernetzung ermöglichen nun die Entwicklung entsprechender Technologien. Das DLR hat dafür im Rahmen des nationalen FCAS-Programms (Steckbrief 7: „vernetzte Bewaffnung“) im Auftrag der Industrie an Techniken zur kooperativen Lenkung von Effektoren gearbeitet. Die dynamische Waffen-Ziel Zuweisung zur Koordination zum Startzeitpunkt wurde zur Kooperation in der mittleren Flugphase weiterentwickelt. Das Optimierungsproblem zur Waffen-Ziel Zuweisung ist über die Kostenfunktion mit der Trajektorienführung gekoppelt. Die Berücksichtigung von flugphysikalischen und operationellen Kenntnissen in der mehr-ziel Kostenfunktion erlaubt fundierte Entscheidungen für die angestrebte Teil-Autonomisierung. Informationen für die Kostenfunktion werden im Netzwerk verteilt, um eine dezentrale Architektur des Effektor-Schwarms zu ermöglichen. Simulationsbeispiele veranschaulichen die Funktionsweise und den Mehrwert der entwickelten kooperativen Lenkung in veränderlichen Szenarien.

C6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Flugkörper in vernetzter Umgebung als Beitrag zur Abwehr aktueller Bedrohungen

Alexander Brugger, Diehl Defence

In einer modernen, vernetzten Welt ist die Fähigkeit zur Kooperation ein integraler Bestandteil der Flugkörperentwicklung. „One on One“ stellt lediglich einen Spezialfall von zukünftig „Many on Many“ dar: Die Feuerleitung weist zum Launch-Zeitpunkt einer Gruppe von Flugkörpern eine Gruppe von Zielen zu. Die Koordination erfolgt innerhalb des Effektorverbundes. Derzeit gängige Effektorsysteme, welche nach dem Prinzip „Lock on before Launch“ eingewiesen werden, folgen ihrem zugewiesenen Ziel im Rahmen des Bekämpfungsvorgangs, auch wenn in einem „Many on Many“-Szenario effektivere Bekämpfungsoptionen möglich wären. Durch die Koordination innerhalb des Effektorverbundes kann die Bekämpfungseffizienz erheblich gesteigert werden. Beispielsweise sind Wechsel von Zielzuweisungen innerhalb des Effektorverbundes möglich. Hierdurch wird der Bekämpfungsradius erhöht und eine mögliche Behinderung der Effektoren untereinander vermieden. Diese Verfahren unterstützen sowohl Air-to-Air als auch Air-to-Ground-Anwendungen. Während im Air-to-Air-Fall der Fokus auf Lösungen für hohe Relativgeschwindigkeiten liegt, steht im Air-to-Ground-Segment die Bodenzielerkennung und -übergabe im Vordergrund. Hinzukommt die Berechnung lageangepasster Flugpfade. Dies beinhaltet Hindernisvermeidung, Vermeidung von Gefahrenzonen und Reduzierung der Entdeckbarkeit.

Diese neue Komplexität und Zusammensetzung aller Funktionen der neuen Effektorgruppe will erprobt und maturiert werden. Der Weg zur Vernetzung bisheriger Effektorfähigkeiten und neuartiger Algorithmen wird hierzu mit Hilfe von entsprechenden Technologie-Demonstratoren erprobt. Eine Technologie-Experimentalplattform ist das NEWT-T, das „Network Enabled Weapons Technologies – Testbed“.

C6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Zielerkennung von Lenkflugkörpern mit Hilfe neuronaler Netze

Dr. Christian Herzing, Diehl Defence

Lenkflugkörpersysteme stellen aktuell und zukünftig eine wesentliche Wirkkomponente vieler Plattformen und Systeme der Bundeswehr dar. Die Einsatzszenarien der Plattformen und Systeme stellen zum Teil sehr hohe und komplexe Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Lenkflugkörper. Die zunehmende Verbreitung unbemannter und bemannter Flugkörper im modernen Konfliktszenarien stellt erhebliche Anforderungen an die frühzeitige Detektion und Klassifikation potenzieller Bedrohungen. Klassische Sensortechnologien allein stoßen dabei an ihre Grenzen, insbesondere bei kleinen, schwer erkennbaren Zielen wie Drohnen mit geringer visueller und thermischer Signatur. Der Einsatz neuronaler Netze bietet hier die Möglichkeit, Signale aus verschiedenen Spektralbereichen effizient auszuwerten und dadurch die Reaktionsfähigkeit militärischer Systeme zu erhöhen. Künstliche Intelligenz in Form von neuronalen Netzen ist in der Lage derartige Ziele in Bildern zu finden. Solche Netze müssen allerdings mit sehr vielen Daten eingelernt werden. Für die Datenerzeugung bietet die Simulation der erforderlichen Trainings- und Testdaten eine Menge Vorteile verglichen zur Aufnahme der Bilddaten in einer teuren Messkampagne. In einer Simulation können beliebige Umweltbedingungen gewählt werden, während derartige Faktoren in einer Messkampagne nicht beeinflussbar sind und so hingenommen werden müssen, wie sie gerade vorliegen. Auf diese Art und Weise ermöglicht die Verwendung von simulierten Datensätzen ein stabiles und breit gefächertes Training und Testen der neuronalen Netze.

C6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

AirLAS COBRA

Andreas Niefer, Diehl Defence

AirLAS (Airborne Launching and Attack System) COBRA ist ein mit IRIS-T bewaffnetes unbemanntes Trägersystem aus einer Kooperation zwischen Diehl Defence und Polaris.

C6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Wargaming als Ansatz zur Auslegung und Bewertung von KI-Algorithmen in der Luftverteidigung

Eduardo Zegarra Berodt, Technische Universität Hamburg

Die Integration von Algorithmen der Künstlicher Intelligenz (KI) in militärische Prozesse und Systeme um Entscheidungszyklen zu verkürzen und Autonomie zu ermöglichen, führt zu einer kritischen Abhängigkeit von hochwertig aufbereiteten Trainingsdaten. Diese können aus realen Umgebungen gewonnen werden, was jedoch mit hohem Aufwand verbunden ist. Eine Alternative ist die Erzeugung synthetischer Datensätze mittels Simulation. Durch die aktuellen Fortschritte in der Rechenleistung stellt die Erzeugung großer Mengen von Simulationsdaten keine wesentliche Einschränkung mehr dar. Die Herausforderung besteht vielmehr darin, die Anforderungen, Beschränkungen und die Umgebung der Simulation sowie die Ziele der erzeugten Daten klar zu definieren.

Wargaming kann als methodischer Ansatz betrachtet werden, der entscheidend zur Erzeugung qualitativ hochwertiger und skalierbarer synthetischer Daten beitragen kann. Das Ziel dieses Ansatzes besteht darin, Missionsanforderungen präzise zu definieren, indem klare Eingangsdaten, operationelle Einschränkungen und quantifizierbare Ziele festgelegt werden, die eine effektive Bewertung, Verifizierung und Validierung des Missionserfolgs ermöglichen. Ein wesentlicher Faktor bei der Anwendung dieser Methodik ist ein tiefes Verständnis der Simulationsumgebung, ihrer Funktionsweise und Grenzen. Dazu gehört auch die Frage, welche Parameter welche Effekte hervorrufen können und wie die interne Logik der Gefechtsabläufe zu interpretieren ist. Dieser Vortrag bildet die Grundlage für einen strukturierten Ansatz zur Missionsgestaltung. Er präsentiert aktuelle Ergebnisse, Erkenntnisse und Erfahrungen und gibt einen Ausblick auf die zukünftige Nutzung des Ansatzes als Testumgebung zur Auslegung und Bewertung von Systemverbünden. Hiermit sollen auch neue Konzeptüberlegungen zur Umsetzung eines Systemverbundes MuM-T (Manned Unmanned Teaming) mit KI-basierter Aufteilung und Delegation von Funktionen unterstützt werden.

D6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Extremer Leichtbau in kleinen Stückzahlen durch metallbeschichtete additiv gefertigte Kunststoffkomponenten

Steffen Roos, Biconex

In vielen Bereichen der Wehrtechnik steigt die Nachfrage nach Leichtbaukomponenten. Additiv gefertigte Kunststoffbauteile mit metallischen Oberflächen sind hier eine außerordentlich interessante Alternative für herkömmliche Lösungen auf Leichtmetallbasis. Sollten die Stückzahlen für einzelne Komponenten dann doch größer werden, ist ein Wechsel auf Kunststoffspritzguss problemlos möglich.

Für Metalloberflächen mit Schichtdicken ab 5µm bietet sich die chemisch-galvanische Beschichtung als etabliertes Verfahren an. Schichtdicken bis ca. 50µm sind in vollautomatischen Galvanikanlagen üblich, höhere Werte sind im Rahmen von Sonderverfahren ebenfalls realisierbar.

Besondere Herausforderungen für die Kunststoffgalvanik in der Wehrtechnik ergeben sich aus den Materialanforderungen. Für die üblichen dekorativen Anwendungen werden in großen Kunststoffgalvanikanlagen fast ausschließlich ABS-Kunststoffe beschichtet, die vor allem aufgrund ihrer thermischen Eigenschaften für technische Anwendungen meist nicht die erste Wahl darstellen. Daher sind hier Verfahren für alternative, technische Kunststoffe gefragt.

Auch bei der additiven Fertigung ist die Palette an möglichen Kunststoffen sehr groß. Gleichzeitig muss ein Weg gefunden werden, die Oberfläche so vorzubehandeln, dass die Metalle mit hoher Haftfestigkeit abgeschieden werden können. Nicht alle additiven Verfahren eignen sich für eine anschließende chemisch-galvanische Beschichtung. Der Vortrag zeigt, welche Varianten möglich sind und wo deren Vor- und Nachteile liegen.

Eine für Anwendungen bei höheren Temperaturen besonders interessante Variante für extreme Leichtbaukomponenten ist die Beschichtung von faserverstärktem Polyphenylsulfid. Bauteile sind sowohl in einem speziellen 3D-Druckverfahren als auch im Spritzguss herstellbar. Ein spezielles chemisches Vorbehandlungsverfahren ermöglicht zudem die chemisch-galvanische Beschichtung mit hohen Haftfestigkeiten in einem vollautomatisierten Serienprozess.

D6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Development Aspects of Ceramic Matrix Composites for Radome Applications

Fiona Kessel, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Ceramic matrix composites (CMC) represent an essential class of materials for aerospace systems operating under extreme conditions. They offer reliable performance across a wide temperature range, high thermal-shock resistance, and improved fracture toughness, making them well suited for high-temperature environments. These characteristics also make such materials attractive for defense applications, particularly for missile and hypersonic systems. At DLR, CMCs are being investigated for various operational scenarios.

One key research focus concerns missile nose assemblies, commonly referred to as radomes or seeker heads. Depending on the mission profile, temperatures at the nose can easily exceed 1000 °C, creating severe thermal-shock conditions. At the same time, this region typically houses target-detection components, necessitating the use of materials with high electromagnetic transparency. At DLR, two alumina-based systems that meet these requirements are under investigation: WHIPOX (Al₂O₃ fiber/Al₂O₃ matrix) and OXIPOL (Al₂O₃ fiber/SiCO matrix). Their general suitability has already been demonstrated in wind-tunnel tests using generic nose-tip designs.

Current work focuses on near-net-shape manufacturing and size scaling of nose-tip structures, detailed characterization of electromagnetic behavior, and the influence of through-thickness thermal gradients. Recent results highlight the current state of research and outline perspectives for future investigations at DLR.

D6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

CMC-Werkstoffe und -Bauteile des DLR in der Wehrtechnik

Dr. Martin Friess, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Keramische Verbundwerkstoffe (CMC) weisen eine Reihe von herausragenden Eigenschaften, wie hohe Hitzebeständigkeit, Thermoschockbeständigkeit und schadenstolerantem Bruchverhalten auf, die sie für wehrtechnische Anwendungen prädestinieren. Neben den klassischen Heißgasanwendungen im Triebwerksbereich (Einlauftrappe, Schubkammer, Düsenverengung, Schubvektorsteuerung, etc.) finden sich auch Einsatzmöglichkeiten an der Raketenspitze sowie den exponierten Bereichen der Flügelvorderkanten, insbesondere bei den steigenden Fluggeschwindigkeiten bis in den Hyperschallbereich. Auch im Bereich der Steuerung durch Querschub werden faserkeramische Düsen eingesetzt. Aufgrund der Radartransparenz von oxidkeramischen Verbundwerkstoffen finden die am DLR entwickelten Werkstoffe WHIPOX, IFOX und OXIPOX Anwendungen als Suchkopfabdeckungen an der Raketenspitze sowie als Finnen mit strukturintegrierten Antennen. Für Langzeitanwendungen werden in zivilen als auch militärischen Triebwerken neuartige SiC/SiC-Werkstoffe auf der Basis von Siliciumcarbid verwendet.

Für fast alle Entwicklungen zur Herstellung von Hochtemperaturbauteilen auf der Basis von C/C-SiC-Werkstoffen wird das am DLR entwickelte LSI-Verfahren eingesetzt. Dazu werden in einem ersten Schritt CFK-Bauteile nach gängigen Verfahren der Verbundwerkstoffherstellung aus Kohlenstoffasern und Phenolharzen gefertigt und im zweiten Schritt zum porösen C/C-Bauteil umgewandelt. Im dritten Schritt erfolgt die Infiltration des porösen C/C-Bauteils mit flüssigem Silicium, das mit dem Kohlenstoff die SiC-Matrix bildet und ein „dichtes“ C/C-SiC-Bauteil mit sehr geringer Porosität erhalten wird. Durch die Wahl des Harzes und der Kohlenstoffasern auf der Basis von Polyacrylnitril oder Pech können die Mikrostruktur sowie viele Eigenschaften, wie z.B. Festigkeit, Steifigkeit, Wärmeleitfähigkeit, etc., maßgeschneidert werden. Eine weitere Möglichkeit, die Hochtemperaturbeständigkeit zu verbessern, ist die reaktive Schmelzinfiltration von Refraktärmetallen (z.B. Zirkonium) zur Bildung von Matrixsystemen auf der Basis von ZrB₂, ZrC und SiC. Dieses Matrixsystem bildet beim Einsatz unter Hyperschallbedingungen dichte hochschmelzende ZrO₂-Schichten, die das Bauteil vor Hochtemperatur-Korrosion schützt.

In diesem Beitrag werden die am DLR entwickelten CMC-Werkstoffe und exemplarische CMC-Bauteile für spezifische Anwendungen vorgestellt und auf die weiterführenden Vorträge der Kollegen verwiesen.

D6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Faserverbundwerkstoffe in der Verteidigungsindustrie - Von klassischen Leichtbau bis zum Hypersonic Glide Vehicle

Marcel Lang, Schunk Kohlenstofftechnik

Faserverstärkte Kunststoffe oder auch Keramiken bieten eine Vielzahl an herausragenden Eigenschaften. Unter dem Gesichtspunkt der Anisotropie (Richtungsabhängigkeit) haben Sie teilweise deutlich höhere mechanische Eigenschaften als klassische metallische Werkstoffe, bei gleichzeitig signifikant geringerem Gewicht. Dennoch werden CFK und Co. nur rudimentär in der Verteidigungsindustrie eingesetzt. Teilweise aus Unwissenheit. Teilweise schlicht aus Ablehnung heraus, weil zu teuer, nicht reparabel oder anderen Gründen die nicht mehr aktuell oder ganz einfach falsch sind.

Dieser Vortrag soll anhand realitätsnaher Beispiele darlegen, welchen positiven Einfluss die Verwendung von Composites haben kann (u.a. Gewichtseinsparung Landfahrzeuge → Reichweitenerhöhung) und wo er in naher Zukunft unabdingbar wird (u.a. hypersonische Anwendungen). Dabei wird ein Temperaturbereich von über 3000 K[°] besprochen.

Darüber hinaus wird der status quo der Herstellung gezeigt. U.a. kostengünstige Herstellung mithilfe von KI und Automatisierung oder Möglichkeiten der Reparatur im Feld mit minimalem Equipment.

Der Vortrag wird keine Standardteile wie Rotorblätter einer Baumarktdrohne zeigen, sondern bezieht sich auf hochanspruchsvolle Anwendungen wie z.B. Raketensysteme oder Landfahrzeuge und soll, sofern noch kein Kontakt zu dieser Materialgruppe bestand, Faszination für diese auslösen oder neu entfachen.

D6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Körperschallanalyse zur Fehlererkennung bei Fahrzeugkomponenten

Martin Bussas, Trout

Rotierende Fahrzeugkomponenten wie Radlager oder Antriebswellen unterliegen im Betrieb hohen mechanischen Belastungen. Mit zunehmender Lauflistung können dadurch Verschleiß, Materialermüdung oder Mikrorisse entstehen, die – wenn sie unentdeckt bleiben – zu Funktionsstörungen oder gar Ausfällen führen können. Konventionelle Prüfmethoden erkennen Schäden häufig erst in einem fortgeschrittenen Stadium oder erfordern aufwändige Demontagearbeiten. Eine frühe und nicht-invasive Detektion solcher Defekte stellt daher eine wesentliche Herausforderung im Bereich der Fahrzeugdiagnose und Zustandsüberwachung dar. Die Erfassung des strukturgetragenen Schalls (Körperschall) bietet hier einen vielversprechenden Ansatz: Durch die Analyse des Schallspektrums lassen sich charakteristische Anomalien oder Muster identifizieren, die auf beginnende Schäden hinweisen. Allerdings führt die vollständige Erfassung des gesamten Frequenzbereichs zu sehr großen Datenmengen und damit zu hohen Anforderungen an Speicherung und Auswertung.

Lösungsansatz

Zur effizienten und zielgerichteten Erfassung des Struktur-schalls wird ein segmentiertes Messverfahren angewendet, das auf die charakteristischen Frequenzbereiche der verschiedenen Schadensarten abgestimmt ist.

Messstrategie

Zwei Körperschallmikrofone werden neben anderen Sensoren in einer Messbox platziert und diese am Fahrzeug montiert. Die aufgenommenen Signale werden einer Fast Fourier Transformation unterzogen und anschließend über ein Machine-Learning-Verfahren miteinander verglichen (Ein- und Ausgangsfahrt, verschiedene Drehzahlen, unterschiedliche Lastzustände).

Datenreduktion durch segmentierte Messung

Anstatt den gesamten Frequenzbereich in einer einzigen Messung zu erfassen, wird dieser in vier Teilbereiche unterteilt:

- Niedrige Frequenzen (6 Hz – 512 Hz): Lange Messzeiten erforderlich, Erkennung von Unwuchten.
- Mittlere Frequenzen (512 Hz – 1536 Hz): Typische Anzeichen für beginnende Lager- oder Getriebeschäden.
- Hohe Frequenzen (1536 Hz – 4608 Hz): Empfindlich gegenüber Materialermüdung und beginnendem Versagen. Kürzere Messzeiten ausreichend.
- Höchste Frequenzen (4608 Hz – 13824 Hz): Empfindlich gegenüber Mikrorissen. Kürzeste Messzeiten ausreichend.

D6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Feasibility study on additively manufactured, IR-transparent Zirconia components

Daniel Fröhlich, UniBw München

The present work investigates the feasibility of manufacturing ZrO_2 (Zirconia) additively. The study solely focuses on material extrusion (MEX) based processes, specifically fused deposition molding (FDM). Commercially available 3Y-TZP filled filament provided by PT+A GmbH was used for this study. Basic process parameters were determined via DoE and a process route including chemical and thermal de-binding and successively sintering was established. The influences of post-processing, including polishing and hot isostatic pressing (HIP) were determined. Structural investigations were executed to show the limiting physical factors towards infrared (IR) transmittivity. It was found that establishing a production route for additively manufactured Zirconia parts can be realized with achieving promising mechanical results. To overcome transparency limiting factors, future studies will focus on reducing the resulting grain size by facilitating different routes to generate materials for FDM and DLP. Future efforts will be focused on material production and resulting structural properties, reaching in-line transparency.

E6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Methoden für die Entwicklung pyrotechnischer Systeme

Dr. Sebastian Knapp, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie

Pyrotechnische Systeme werden für die Erzeugung physikalischer Effekte wie die Emission von Licht in verschiedenen Wellenlängenbereichen, Emission von Schall, die Erzeugung unterschiedlicher Abbrandgeschwindigkeiten, Reaktionswärmen und Temperaturen sowie verschiedener Reaktionsprodukte verwendet. Deren Grundlage ist eine anorganische Redox-Reaktion, bei der Metalle als Reduktionsmittel und Metalloxide oder Salze als Oxidationsmittel eingesetzt werden, die meist beide als Partikel vorliegen. Durch Variation der beteiligten Substanzen und verschiedener Parameter wie das Sauerstoffgleichgewicht, die Partikelgrößen, die Verteilung der Partikel im Raum oder die Porosität der Mischung lassen sich die oben genannten Effekte in einem breiten Spektrum erzeugen und variieren. Die bei der Reaktion ablaufenden chemischen und physikalischen Prozesse sind im Wesentlichen der Wärme- und Stofftransport verbunden über eine chemische Reaktionskinetik. Für die Entwicklung und die Vorhersage des Reaktionsverhaltens pyrotechnischer Systeme wurde am Fraunhofer ICT ein Modell entwickelt auch unter der Berücksichtigung weiterer physikalischer Einflüsse wie Wärmerückstrahlung oder Phasenübergänge. Experimentell werden Methoden angewendet, um die zugrundeliegenden und erzeugten physikalischen Effekte zu charakterisieren und zu quantifizieren. Beide Aspekte werden in dieser Arbeit beleuchtet und vorgestellt.

E6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Cook-Off von Treibladungspulvern: Experimentelle und simulative Untersuchung der zugrundeliegenden Wärmeübertragungsvorgänge im Labormaßstab

Dr. Christian Teicht, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie

Das Verständnis der Empfindlichkeit von Munition gegenüber abnormalen thermischen Umgebungen ist zentral für sichere Rohrwaffenmunition. Numerische Simulationen sind bei der Untersuchung und Vermeidung dieses Vorgangs ein Schlüsselwerkzeug. Moderne Mehrphasenmodelle erfassen die Wechselwirkungen zwischen festem Treibladungspulver und Gasphase während des Aufheizens, Anzündung und Verbrennung. Ihre Prognosegüte hängt jedoch von der korrekten Parametrisierung der Wärmeübertragung ab. Diese Studie stellt eine simulationsgestützte Methode zur inversen Parameteridentifikation vor, mit der zentrale thermische Eigenschaften aus Versuchen im Labormaßstab bestimmt werden. Experimentell wurden einzelne TLP Körner bei definierter Heizrate untersucht und die Experimente mit einer Wärmebildkamera aufgezeichnet. Im Rahmen der Parametrisierung wurden der Wärmeübergangskoeffizient zwischen umgebender Wandung und TLP Korn sowie die Wärmeleitung im TLP Korn numerisch bestimmt. Zusätzlich wurde der Emissionskoeffizient im IR Bereich ermittelt, um die strahlungsgebundene Wärmeübertragung berechnen zu können. Die gewonnenen Parameter erhöhen die Genauigkeit thermischer Simulationen und unterstützen künftig die Entwicklung thermisch insensitiver Munitionssysteme.

E6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Analysemethoden für schmelzfähige Treib- und Explosivstoffe am Fraunhofer ICT

Dr. Peter Schultz, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie

Das Fraunhofer Institut für Chemische Industrie (ICT) bietet Projektpartnern in amtlichen Stellen und der Industrie ein umfassendes Charakterisierungsprogramm für Energetische Materialien. Die Langzeitstabilität, Materialkompatibilität, chemische- und physikalische Eigenschaften sowie die detonativen Kenngrößen von neuen und bewährten Materialien können für bekannte und neue Materialien gemessen und verifiziert werden.

Speziell Methoden für die Bestimmung materialspezifischer Kenngrößen der Kristallographie und der Kristallwachstumskinetik können hierbei von großem Nutzen für die industrielle Herstellung und Verarbeitung Energetischer Materialien in wehrtechnischen Anwendungen sein. Am Beispiel Hexanitrostilben (HNS) – Trinitrotoluol (TNT) wird der Zusammenhang zwischen Kristalleigenschaften und Verarbeitbarkeit hergestellt und an einigen gängigen Materialien wie Ammoniumdinitramid (ADN), Nitropenta (PETN) und TNT vertieft.

Eine wichtige Methode ist in diesem Zusammenhang die temperatúraufgelöste Einkristallstrukturbestimmung (S-XRD) mittels Röntgenbeugung zur Strukturanalyse und Bestimmung der thermischen Stabilität der jeweiligen Phase. Die Pulverröntgenbeugung (P-XRD) schafft die Repräsentativität und den Bezug zu mehrphasigen Systemen, während die Rasterelektronenmikroskopie mittels u. A. Mappings und die Röntgentomographie den Bezug zur Textur herstellt. Die Textur beeinflusst maßgeblich qualifikationsrelevante Defekte wie Risse und Lunker.

Die Kalorimetrie und die optische Polarisationsmikroskopie ermöglicht relevante Kristallisationsvorgänge in-situ zu beobachten. Mögliche Additive und Ihre Effekte können so direkt während der Kristallisation beobachtet werden. In Rückkopplung mit der Synthesegruppe des ICT können so Kandidatenmaterialien für Kristallisationsmodifikatoren wie HNS an weiteren Materialsystemen getestet werden. Ähnliche Methoden sind auch für industrielle Anwendungen wie die Fällungskristallisation relevant und anwendbar.

E6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Agile Submunition

Dr. Daniel Kharlamov, Deutsch-Französisches Forschungsinstitut Saint-Louis (ISL)

Im Rahmen des „Agile Submunition“ Projekts am Deutsch-Französischen Forschungsinstitut in Saint-Louis (ISL) wird eine neuartige Klasse autonom gleitender UAV Submunitionen, die während des Flugs aus einer 155 mm Artilleriegeschoss bzw. einer GMLRS Rakete ausgeworfen werden, untersucht. Im Gegensatz zu den derzeitigen französischen und deutschen Cargomunition BONUS und SMArt 155, deren Suchzünder nur einen maximalen Suchbereich von ca. 200 m auf dem Boden bieten, soll das vorgestellte System diesen Suchbereich deutlich vergrößern und gleichzeitig dieselbe Wirkung gegen mobile Bodenziele bieten. Ein Basisentwurf der Konfiguration, der der Oslo Konvention zu Streumunitionen entspricht, ist wie folgt definiert: Jeder Träger transportiert zwei UAV Submunitionen, die an einem vorab festgelegten Punkt in Zielnähe ausgeworfen werden. Nach dem Auswurf können die UAVs im gekoppelten oder im separaten Modus operieren und autonom das zugewiesene Gebiet durchsuchen. Die Zielerfassung erfolgt über einen elektro optischen Suchkopf (visuell/IR) kombiniert mit KI basierten Erkennungs- und Klassifizierungsalgorithmen (ATR/ATD). Als Wirkmittel ist eine Hohlladung oder Splitterladung von ca. 2 kg vorgesehen. Im ersten Projektjahr lag der Fokus auf dem Vorentwurf eines solchen Subsystems für diese neuartige Cargomunition im Rahmen einer Machbarkeitsstudie. Der Fokus lag hierbei auf der Bewertung der theoretisch resultierenden Flug- und Missionskennzahlen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Konfiguration den maximalen Suchbereich von ca. 200 m auf etwa 2,5 km Durchmesser ausdehnen kann, ohne die für die Bekämpfung der statischen oder beweglichen Ziele erforderliche Manövrierfähigkeit zu verlieren.

Damit verspricht die neuartige agile Submunition eine entscheidende Steigerung von Flexibilität und Effektivität von indirekten Waffensystemen und stellt eine konforme, präzisionsgeführte Lösung für zukünftige Gefechtsfeldaufklärung und -bekämpfung dar.

E6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Neues, reichweitengesteigertes Munitionskonzept basierend auf Pfeilgeschoss-Salven zur Bekämpfung von Drohnen

Dr. Robert Hruschka, Deutsch-Französisches Forschungsinstitut von Saint Louis (ISL)

Die Bedrohung durch Kampf-UAVs und Drohnen nimmt aufgrund ihrer Erschwinglichkeit, Zugänglichkeit und Fähigkeit, Präzisionsschläge mit minimalem Risiko für die Bediener durchzuführen, rapide zu. Ihr zunehmender Einsatz in der modernen Kriegsführung und in asymmetrischen Konflikten stellt eine erhebliche Bedrohung dar. Diese Eskalation unterstreicht die dringende Notwendigkeit, wirksame Gegenmaßnahmen zu entwickeln, um feindliche Drohnen zu erkennen und unschädlich zu machen.

Hochleistungsmikrowellenwaffen haben in der Regel eine begrenzte Reichweite. Stör- und Täuschungsmaßnahmen können fehlschlagen. Lasersysteme sind wetterabhängig, können nur ein Ziel gleichzeitig bekämpfen, benötigen große Stromversorgungen und sind kostspielig. Groß angelegte Airburst-Systeme mittleren Kalibers sind auf teure Munition in begrenzter Menge angewiesen, und jede dieser Lösungen ist überfordert, wenn sie - wie üblich - nur in geringer Stückzahl eingesetzt wird. Außerdem sind diese Mittel nicht geeignet, um Drohnenangriffe aus sehr kurzer Entfernung abzuwehren.

Im Gegensatz dazu sind tragbare Schrotflinten leicht, mobil und verwenden kostengünstige Munition. Ihr Nachteil ist ihre begrenzte Reichweite – oft unter 100 m –, da Schrotpatronen Schrotkugeln statt optimierter Projektile verschießen.

Während Kugeln hinsichtlich ihrer außenballistischen Eigenschaften äußerst ungünstig sind, gilt das Gegenteil für lange, schlanke, flügelstabilisierte Pfeilgeschosse, die ihre Geschwindigkeit und Durchschlagskraft auch über große Entfernungen beibehalten können.

Das neue Konzept des ISL kombiniert die Effektivität und Erschwinglichkeit der Abdeckung eines gesamten Gebiets, wie es bei Schrotpatronen der Fall ist, mit den hervorragenden außenballistischen Eigenschaften von Flechette-Munition, die ebenfalls als gebündelte Salve in einem einzigen Schuss abgefeuert wird. Eine der größten Herausforderungen besteht darin, die kontrollierte Trennung der einzelnen Flechettes nach dem Abschuss sicherzustellen. Das ISL testet und verbessert hierzu neue, für diesen Zweck optimierte Sabot-Konzepte in seinem Hyperschallwindkanal.

E6: Kurzfassungen der Session-Vorträge (in order of appearance)

Railguntechnologie in Europa: Eintritt in die Technologietransferphase

Dr. Bernhard Reck, Deutsch-Französisches Forschungsinstitut von Saint Louis (ISL)

Dank ihrer Fähigkeit, Projektile auf hypersonische Geschwindigkeiten zu beschleunigen, ist die elektromagnetische Railgun ein Waffensystem, welches verschiedene Fähigkeitslücken adressieren kann. Zuerst zu nennen sind eine reichweitengesteigerte Artillerie sowie effektive und kostengünstige Boden-Luft-Verteidigung gegen eine Vielzahl von Bedrohungen. Im Rahmen europäischer Projekte (PADR PILUM und EDF THEMA) ist das ISL zusammen mit Industriepartnern in die Technologietransferphase eingetreten. Es arbeitet mit führenden Verteidigungsunternehmen wie KNDS France, Naval Group und Diehl Defence zusammen und stützt sich dabei auf sein umfassendes Fachwissen in allen Bereichen der Railgun-Technologie. Aktuell wird in THEMA ein Railgun-System mittleren Kalibers für Luftverteidigungsmissionen entwickelt und dabei der Technologie-Reifegrad (TRL) seiner kritischen Subsysteme erhöht: die gepulste Stromversorgung, die Kanone und das hypersonische Projektil. Das Projekt zielt darauf ab, die Railgun-Subsysteme bis Ende 2027 auf TRL 4 zu bringen. Die Arbeiten zu hypersonischen Projektilen standen lange vor dem Manko, dass ein entsprechender Beschleuniger nicht zur Verfügung stand. Um auch hier die Technologiereife entsprechend zu erhöhen, hat das ISL deswegen in Eigenleistung eine Lösung entwickelt. Ab März 2026 wird eine Railgun auf dem institutseigenen Schießplatz erlauben, das Flugverhalten solcher Projektile zu studieren. Perspektivisch werden Freiflugdistanzen von bis zu 1 km realisiert werden können.

Last not least: Deutschland und Frankreich arbeiten mit Japan auf dem Gebiet der Railgun-Technologie zusammen. Von den offiziell bekannten Programmen ist das japanische derzeit das ambitionierteste. Im Vortrag wird auf die strategische Zusammenarbeit eingegangen.

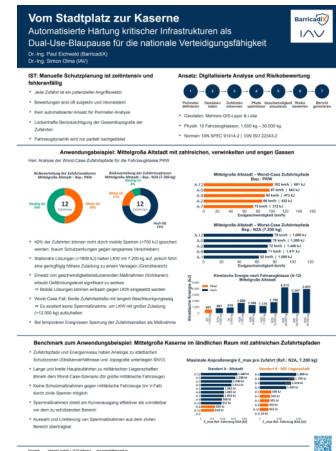
Abstracts der Poster Session: Poster A1

Vom Stadtplatz zur Kaserne: Automatisierte Härtung Kritischer Infrastrukturen als Dual-Use-Blaupause für die nationale Verteidigungsfähigkeit

Dr. Paul Eichwald, Barricadix und Dr. Simon Olma, IAV

In Zeiten hybrider Bedrohungen verschwimmen die Grenzen zwischen militärischen Zielen und ziviler Versorgungssicherheit. Um gesamtgesellschaftlich resilient zu bleiben, ist der Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS) – von der Energieversorgung bis zum öffentlichen Raum – ebenso essenziell wie die Sicherung militärischer Liegenschaften. Die Herausforderung ist identisch: Die Planung von baulichem Zuhalterschutz erfolgt oft manuell, zeitintensiv und inkonsistent, was angesichts der aktuellen Bedrohungslage und dem nötigen Aufwuchs der Fähigkeiten einen gefährlichen Flaschenhals darstellt. Dieser Beitrag stellt BarricadiX vor, einen Forschungsansatz, der ursprünglich für den Schutz ziviler Kommunen entwickelt wurde, aber als Dual-Use-Technologie einen direkten Mehrwert für die Bundeswehr bietet. Das System nutzt graphenbasierte Geodaten-Algorithmen und KI, um dynamische Angriffe auf beliebige Infrastrukturen zu simulieren. Was für den Schutz eines Weihnachtsmarktes funktioniert, lässt sich nahtlos auf die Härtung von Depots oder Feldlagern übertragen.

Der Vortrag demonstriert, wie zivile Innovationen in der Digitalisierung von Planungs- und Genehmigungsprozessen und normenkonformer Vorgehenssystematik (DIN SPEC 91414-2) die militärische Infrastrukturplanung beschleunigen können. Wir zeigen auf, wie durch diesen Dual-Use-Ansatz Synergien entstehen: Die breite Datenbasis und Validierung aus dem zivilen Sektor erhöhen die Robustheit militärischer Schutzkonzepte, während die Streitkräfte von einer sofort verfügbaren, skalierbaren Planungstechnologie profitieren. BarricadIX liefert damit einen konkreten Baustein für eine Gesamtverteidigung, die zivile und militärische Resilienz technologisch zusammendenkt.



Abstracts der Poster Session: Poster A2

Zwischen Innovation und Regulierung: wie navigiere ich Forschung und Exportkontrolle

Dr. Laura Louca, BLOMSTEIN

Forschung und Innovation sind notwendig, um die Verteidigungs- und Siegfähigkeit zu sichern. Häufig denken jedoch Wissenschaftler und Forschungseinrichtungen, dass diese Bereiche von der Wissenschaftsfreiheit geschützt und nicht der Exportkontrolle ausgesetzt sind. Dabei müssen diese gegebenenfalls dieselben gesetzlichen Vorschriften einhalten wie die Industrie. Insbesondere Bereiche wie Quanten- und Satellitentechnologie unterliegend zunehmend strengen exportkontrollrechtlichen Regularien. Werden Güter oder Technologie (also das Know-how) ins Ausland ausgeführt, z. B. Geräte ins Ausland versendet, Wissen per E-Mail ins Ausland übermittelt, oder wird Wissen an einen ausländischen Gastwissenschaftler am Institut im Inland weitergegeben, besteht die Pflicht zu prüfen, ob dies gesetzlich verboten oder eine behördliche Genehmigung erforderlich ist. Auch Kooperationen, Veröffentlichungen, mobiles Arbeiten und selbst ein informeller Austausch zwischen Kollegen können den außenwirtschaftsrechtlichen Beschränkungen unterliegen. Umso wichtiger ist es die Einschränkungen aber auch Ausnahmetatbestände und verfahrensrechtliche Erleichterungen zu kennen, damit Innovation nicht durch die Exportkontrolle verhindert wird.

Ziel soll es sein, nicht den wissenschaftlichen Fortschritt zu blockieren, sondern über mögliche Verbote und Genehmigungspflichten zu informieren und den Teilnehmern in diesem komplexen Rechtsgebiet Hilfestellungen zu geben. Denn nur wer die Probleme kennt, kann diese auch lösen.

Zwischen Innovation und Regulierung: wie navigiere ich Forschung und Exportkontrolle

Dual-use-Güter/Ausfuhrliste/Kriegswaffenkontrollliste

- Waren, Software und Technologie

Können Sie das Missbrauchspotenzial Ihrer Forschung?

- Quantentechnologie, KI usw. - Biologie, Chemie, Biochemie - Physik - Informationswissenschaft - Kernenergie- und Raumfahrtstechnologie - Elektronik - Luft- und Raumfahrt, sowie Verkehrstechnik - Neuroscience - Quantentechnologie, KI usw.	- Ausfuhr von Waren (z. B. Laborequipments, Testausrüstung) - Ausfuhr von Technologie (z. B. Software, IT-Systeme, Chips etc.) - Technische Unterstützung
---	---

Technologie I.S.d. Exportkontrollen

- Spezifisches Wissen, das für die Entwicklung, Herstellung oder Verwendung eines bestimmten Gutes unverzichtbar ist
- Unverzichtbare Technologie

Ausfuhr/Übermittlung/Bereitstellung von Technologie

Verkäufliche Ware

Mitte übertragene Ware

BLOMSTEIN

Zwischen Innovation und Regulierung: wie navigiere ich Forschung und Exportkontrolle

Ausreizen von der Erfahrung

- Reisemuster Technologie
- Geographische Technologie, Grundlagenforschung, Patentanmeldungen (nach deutscher Sprache)

Achtung bei:

- Achtung bei informellen Unternehmen in Drittländern
- Ökonomischer Einfluss Dritter
- Ausbreitungen
- Netzwerkeffekte
- Netzwerkeffekte

9 Klassifizierung, 17-Schritte, angemessene Cloud-Umgebung, Zugriffseinschränkungen

Gemeinsamkeiten

- Europäische und nationale AGDs, insbesondere EU/US
- Spezialgesamtheiten
- Einwanderungsmanagement

Wichtiges zu wissen

- Gesamte Fragen sind z.B. weltweit des AEO-Status, Widerruf/berufung des Status und anderen verlässlicher Rückmeldung, Ausschluss aus Verarbeitungsverfahren

BLOMSTEIN

Abstracts der Poster Session: Poster A3

Biofidele Dummies für Verteidigungsanwendungen: Realistische Testplattformen für Schutz und Sicherheit

Peter Schimmelpfennig, crashtest-service.com

Die Entwicklung effektiver Schutzsysteme im Verteidigungsbereich erfordert realistische Testbedingungen, die menschliche Biomechanik und Verletzungsmuster präzise abbilden. Unser biofider Dummy bietet hierfür eine hochgradig realistische Testplattform, die speziell für Defence-Anwendungen konzipiert wurde. Durch die Integration fortschrittlicher Sensorik und anatomisch korrekter Materialeigenschaften lassen sich dynamische Belastungen, Aufprall- und Explosionsszenarien unter realitätsnahen Bedingungen untersuchen. Im Vortrag werden Aufbau, Funktionsprinzipien und Einsatzmöglichkeiten des Dummies vorgestellt. Ein Schwerpunkt liegt darauf, den Dummy anhand einer breiten Auswahl von Beispielvideos aus Verteidigungs- und Sicherheitsanwendungen zu präsentieren – von Fahrzeug- bis zu Ballistiktests. So wird anschaulich gezeigt, wie der Dummy flexibel für unterschiedliche Szenarien eingesetzt werden kann. Die Präsentation richtet sich an Forscher, Entwickler und Entscheidungsträger im Bereich Verteidigung und Sicherheit, die an praxisnahen, belastbaren Daten für die Bewertung von Schutzmaßnahmen interessiert sind. Unser biofider Dummy stellt eine Brücke zwischen Labortests und realen Einsatzbedingungen dar und leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung von Schutztechnologien in sicherheitskritischen Anwendungen.



Abstracts der Poster Session: Poster A4

Elektromagnetische Vermessung von Radartarnmaterialien

Erik Buchenau, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Um die Effektivität von Radarabsorbern beziehungsweise Radartarnmaterialien zu bewerten, müssen Probestücke aus dem gewünschten Zielmaterial bzw. Schichtaufbau gefertigt und elektromagnetisch bezüglich ihrer Permittivität (ϵ) und Permeabilität (μ) vermessen werden. Die Messergebnisse können dann verwendet werden, um eine Materialdatenbank (ϵ , μ) aufzubauen oder Simulationsdaten verifizieren zu können. Dies erlaubt es, die Tarneigenschaften von Flugobjekten wie Flugzeugen, Drohnen oder Lenkflugkörpern bereits früh im Entwicklungsprozess abschätzen zu können und somit die Entwicklung zu erleichtern.

In diesem Beitrag wird gezeigt, mit welchen Methoden die Reflexions- und Transmissionseigenschaften von Tarnmaterialien im Gigahertz-Bereich bestimmt werden können und welche Vor- und Nachteile sie besitzen. Zu den Messmethoden zur Materialcharakterisierung gehören Hohlleitermessungen, Freifeldmessungen sowie die Messung über Koaxialmesssonden. Ebenso müssen neben der Standardkonfiguration für senkrechten Einfall verschiedene Einfalls- und Streuwinkel sowie verschiedene Polarisationen betrachtet werden.

Aus den gemessenen Streuparametern können anschließend die frequenzabhängigen elektromagnetischen Materialparameter (ϵ , μ) sowie die entsprechenden Verlustwinkel bestimmt werden. Dazu können analytische Verfahren wie beispielsweise die NRW-Methode, aber auch iterative Optimierungsverfahren angewendet werden.

Abschließend soll ein kurzer Überblick über „Radar Cross Section“ (RCS) Messungen gezeigt werden, die zur Bestimmung von Radarrückstreuereigenschaften von ganzen Bauteilen oder Flugobjekten durchgeführt werden. Im Gegensatz zu den obengenannten Messmethoden muss hier das gesamte Messobjekt von den einlaufenden elektromagnetischen Wellen erfasst werden, um aussagekräftige RCS-Messdaten zu generieren. Neben monostatischen Messungen nimmt insbesondere auch die Bedeutung von bistatischen Messaufbauten zu, was auf die in den letzten Jahren zunehmende Praxistauglichkeit von bistatischen Aufklärungssystemen zurückzuführen ist.



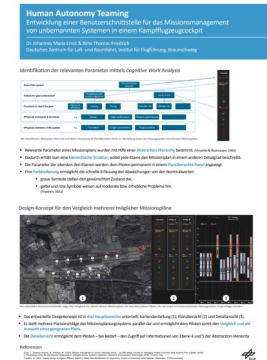
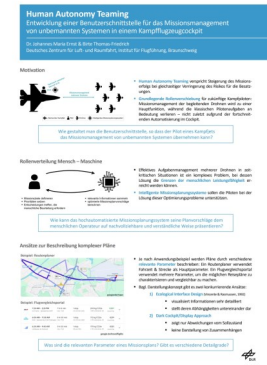
Abstracts der Poster Session: Poster A5

Human Autonomy Teaming - Entwicklung einer Benutzerschnittstelle für das Missionsmanagement von unbemannten Systemen in einem Kampfflugzeugcockpit

Dr. Johannes Maria Ernst und Birte Thomas-Friedrich, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Die zukünftige Kriegsführung wird durch den gemeinsamen und koordinierten Einsatz von bemannten und unbemannten Flugzeugen gekennzeichnet sein. Dieses sogenannte „Human Autonomy Teaming“ verspricht eine Steigerung des Missionserfolgs und der Effizienz bei gleichzeitiger Verringerung des Risikos für die Besatzungen. Während viele Systeme hochgradig automatisiert oder sogar autonom agieren werden, bleiben menschliche Operateure jedoch unerlässlich für die Definition von Missionszielen, die Festlegung von Prioritäten und das Treffen von Entscheidungen, die menschliches Urteilsvermögen erfordern. Zukünftig sollen Operateure bei diesem Management unbemannter Systeme von KI-gestützten, hochautomatisierten Planungssystemen unterstützt werden. Die Gestaltung einer effektiven Zusammenarbeit zwischen den Menschen und den hochautomatisierten Planungssystemen wird eine entscheidende Voraussetzung für den Erfolg eines solchen Human Autonomy Teams sein.

Dieser Beitrag stellt unser Konzept für eine Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI) vor, die ein Management mehrerer Drohnen – unterstützt von einem hochautomatisierten Planungssystem – aus dem zukünftigen Kampfflugzeugcockpit ermöglicht. Mehrere Kampfpiloten wurden in verschiedenen Phasen des nutzerzentrierten Entwicklungsprozesses einbezogen. Zunächst wurden mit Hilfe von Methoden der Cognitive Work Analysis die Eigenschaften identifiziert, mit denen man einen von einem hochautomatisierten System vorgeschlagenen Missionsplan für Piloten sinnvoll beschreiben kann. Die ermittelte hierarchische Informationsstruktur wurde dann auf das HMI-Design angewandt, um den Detaillierungsgrad der angezeigten Informationen genau auf die situationsspezifischen Bedürfnisse der Piloten abzustimmen. Zudem war das Ziel, die relevanten Informationen auf transparente und verständliche Weise zu präsentieren. Schließlich wurde ein Interaktionskonzept entwickelt, das es den Piloten ermöglicht, ihre Präferenzen einfach über das HMI in das Planungssystem einzugeben.



Abstracts der Poster Session: Poster A6

Maritime Infrastruktur im Resilienztest: Ein simulationsbasierter Ansatz zum Schutz gegen hybride Bedrohungen

Dennis Höhn, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt und Konstantin Brandl, TKMS Atlas Elektronik

Der Schutz maritimer kritischer Infrastrukturen, insbesondere von Unterseekabeln, Offshore-Windparks und Unterwasser-Pipelines, gewinnt zunehmend an sicherheitspolitischer Bedeutung. Zur Überwachung und Absicherung kommen bereits heute verschiedene Technologien zum Einsatz, darunter heterogene Sensorik, autonome selbstorganisierte Unterwasserfahrzeuge, sowie spezialisierte Kommunikationssysteme. Dennoch bleibt häufig unklar, wie belastbar und leistungsfähig bestehende Schutzkonzepte gegenüber vielfältigen und komplexen hybriden Bedrohungen tatsächlich sind. Eine simulative Analyse von Bedrohungsszenarien bietet hier wertvolle Unterstützung, um die Leistungsfähigkeit zu bewerten und, um potentielle Schwachstellen frühzeitig zu identifizieren und Maßnahmen effektiv abzuleiten.

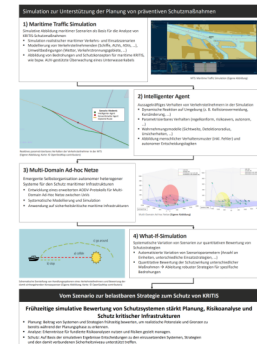
In diesem Beitrag stellen wir einen Ansatz zur simulativen Analyse maritimer Schutzmaßnahmen vor. Der Ansatz integriert eine maritime Verkehrssimulation, die es ermöglicht, Über- und Unterwasserakteure, verschiedene Bedrohungsszenarien sowie unterschiedliche Schutzkonfigurationen abzubilden. Da im Ernstfall die Reaktionszeit entscheidend ist und in maritimen Einsatzgebieten häufig keine Kommunikationsinfrastruktur vorhanden ist, wird eine emergente Selbstorganisation autonomer Systeme erforderlich, die über mobile, Multi-Domain Ad-Hoc-Netze einen nahtlosen Kommunikationsaustausch ermöglicht und zugleich die Latenz deutlich reduziert. Die Simulation ermöglicht eine erste quantitative Einschätzung der Leistungsfähigkeit solcher Kommunikationsnetze unter variierenden Stör- und Umweltbedingungen und bildet zugleich den domänenübergreifenden Übergang zwischen Funk- und akustischer Kommunikation über Gateways im Routingprozess ab. Dazu gehört insbesondere die Frage, wie schnell eine durch ein autonomes Unterwasserfahrzeug erkannte Gefahr oder Beschädigung, an zuständige Behörden oder Einsatzkräfte übermittelt werden kann und mit welchen Verzögerungen realistisch zu rechnen ist.

Der vorgestellte Ansatz unterstützt zuständige Behörden sowie Betreiber kritischer Infrastrukturen dabei, bereits im Planungsprozess besser zu beurteilen, welchen Beitrag verschiedene Kommunikations- und Sensor-Assets leisten können. Die gewonnenen Ergebnisse liefern zudem wertvolle Erkenntnisse für

TKMS

Deutsches Zentrum
DLR für Luft- und Raumfahrt

WANN IST MARITIME KRITIK GEGENÜBER HYBRIDEN BEDROHUNGEN AUSREICHEND GESCHÜTZT?
Simulation zur Unterstützung der Planung von präventiven Schutzmaßnahmen



TKMS

Deutsches Zentrum
DLR für Luft- und Raumfahrt

Abstacts der Poster Session: Poster A7

Verkehrssimulation militärischer Logistik

Ronald Nippold, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Ein möglicher Spannungsfall stellt Deutschland als zentraleuropäisches Transitland vor die Herausforderung, ein hohes Aufkommen an militärischer Logistik zu bewältigen, während gleichzeitig die allgemeine Mobilität der Bevölkerung und der Wirtschaftsverkehr noch keinen Beschränkungen unterliegen. Die daraus resultierende Mehrbelastung des Verkehrssystems, welches bereits durch eine Vielzahl von Einschränkungen und Baustellen gekennzeichnet ist, erfordert ein präzises Lagebild und basierend darauf flexible Steuerungsmaßnahmen. In diesem Kontext bietet die open-source-Verkehrsflusssimulation SUMO (Simulation of Urban MObility) des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. ein leistungsfähiges Werkzeug zur Analyse und Optimierung von Logistik- und Verkehrsflüssen.

SUMO ermöglicht die modellbasierte Darstellung des Verkehrssystems über alle Verkehrsträger hinweg – einschließlich Straßen- und Schienenverkehr sowie der Binnenschifffahrt und den Umschlagvorgängen. Die Simulation ist hochgradig flexibel: Es können sowohl Alltagsverkehre als auch spezifische Verkehrslagen unter Berücksichtigung veränderter Nachfrage, Infrastrukturverfügbarkeit oder Nutzerverhalten in Echtzeit abbildet werden. Mittels Schnittstellen können Daten mit externen Quellen – etwa militärischen Logistik Systemen oder Verkehrsleitzentralen – bidirektional ausgetauscht werden.

Auf Planungsebene ermöglichen umfangreiche Szenario Analysen die Bewertung von Steuerungsmaßnahmen (z. B. temporäre Richtungsfahrspuren, Geschwindigkeitsanpassungen, Umleitungen). Die daraus gewonnenen Erkenntnisse können in die weitere Planung einfließen und die auf diese Weise die Resilienz des Gesamtsystems gegenüber Störungen erhöhen. Eingebettet in einen digitalen Zwilling des Verkehrssystems könnte SUMO zudem kontinuierlich Echt Zeit Daten aufnehmen, den aktuellen Operationsverlauf verifizieren und adaptive Steuerungsvorschläge (z. B. dynamische Routenoptimierung, Kapazitätsallokation) ableiten.

Damit liefert SUMO ein hochauflösendes, multimodales Werkzeug zur Lagebeurteilung, welches sowohl die präventive Planung als auch die operative Durchführung logistischer Operationen im Spannungs- und Bündnisfall unterstützt und gleichzeitig die Anforderungen von zivilem und Wirtschaftsverkehr berücksichtigt.



Abstracts der Poster Session: Poster A8

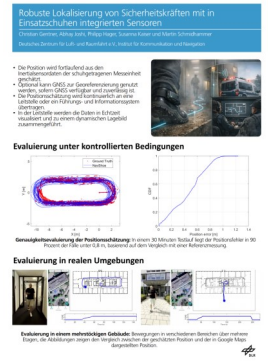
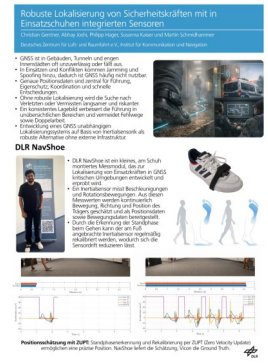
Robuste Lokalisierung von Sicherheitskräften mit in Einsatzschuhen integrierten Sensoren

Dr. Christian Gentner und Dmitry Shutin, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

In sicherheitskritischen Lagen, von Polizeieinsätzen über Katastrophenschutz bis hin zu militärischen Operationen, ist die präzise Lokalisierung von Sicherheitskräften und Streitkräften eine Grundvoraussetzung für Führungsfähigkeit, Eigenschutz und wirksame Einsatzplanung. Klassische satellitengestützte Systeme (Global Navigation Satellite Systems, GNSS, wie etwa GPS) stoßen dabei nicht nur in Gebäuden, Tunneln, unterirdischen Anlagen oder stark verbauten Gebieten an ihre physikalischen Grenzen. In modernen Konfliktszenarien werden GNSS-Signale zudem gezielt gestört (Jamming) oder manipuliert (Spoofing), sodass eine alleinige Abhängigkeit von Satellitennavigation ein erhebliches operationelles Risiko darstellt.

Der Vortrag präsentiert einen infrastrukturlosen Lokalisierungs- und Kommunikationsansatz, der auf kleinen, leichten Sensoren basiert, die direkt in Einsatzstiefel integrierbar sind. Kern des Systems ist eine am Schuh getragene Inertialmesseinheit, die Beschleunigungen, Rotationsgeschwindigkeiten und Magnetfeldgrößen in drei Achsen erfasst. Fortgeschrittene Schätzalgorithmen werten die charakteristische Fußbewegung aus: Insbesondere die Standphasen des Fußes werden automatisch erkannt und zur laufenden Rekalibrierung von Sensorrauschen und Bias genutzt. Auf diese Weise können die unvermeidlichen Messfehler deutlich reduziert und die Trajektorie des Trägers in Echtzeit rekonstruiert werden, mit Lokalisierungsgenauigkeiten im Meterbereich und ohne Abhängigkeit von externer Funkinfrastruktur oder Satellitensignalen.

Die ermittelten Positionen können in Echtzeit an Leitstellen oder Führungs- und Informationssysteme übertragen und dort zu einem konsistenten, dynamischen Lagebild zusammengeführt werden. Dies unterstützt insbesondere die sichere Führung von Trupps in unübersichtlichen Strukturen, die schnelle Lokalisierung verletzter oder vermisster Kräfte, die Kennzeichnung bereits durchsuchter Bereiche sowie eine nachweisbare Einsatzdokumentation.



Abstacts der Poster Session: Poster A9

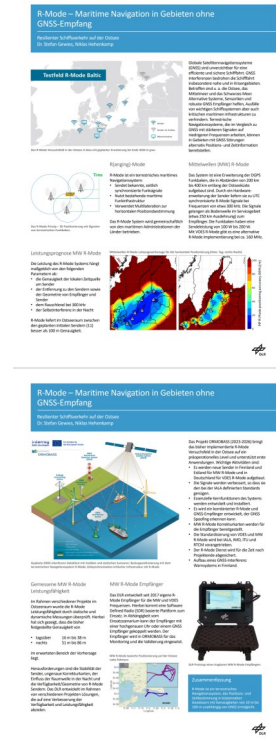
R-Mode – Maritime Navigation in Gebieten ohne GNSS-Empfang

Dr. Stefan Gewies, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

R-Mode ist ein terrestrisches Navigationssystem, das von nationalen maritimen Administrationen mit Unterstützung von Forschung und Industrie aufgebaut wird. R-Mode nutzt dabei existierende Standorte von maritimer ziviler Kommunikationsinfrastruktur, die nach einer Ertüchtigung hochgenaue synchronisierte Signale aussenden, die an Bord von Schiffen oder maritimen Infrastrukturen genutzt werden können, um die eigene Position oder die aktuelle Zeit zu bestimmen. Damit ermöglicht R-Mode eine GNSS unabhängige Navigation auf See sowie zeitliche Synchronisation von kritischen Infrastrukturen.

Das R-Mode System befindet sich im Moment im Aufbau in verschiedenen Regionen der Welt. Weltweit führend ist dabei das Versuchsfeld in der Ostsee, wo unter Leitung des DLRs bis 2026 ein präoperationeller R-Mode Dienst angeboten werden soll, der die Navigation von Schiffen auf der Ostsee zwischen dem Ausgang des Nord-Ostsee-Kanals und dem Finnischen Meerbusen ermöglichen soll. Mit diesem Dienst soll die Schifffahrt mit Positionierungsgenauigkeiten zwischen 10 m und 100 m unterstützt werden.

Der Vortrag am Poster gibt einen Überblick über die Technologie, die aktuelle Implementierung im Ostseeraum, Herausforderungen, Ergebnisse von Validierungsmessungen und eine Roadmap für die Einführung in die Schifffahrt. Darüber hinaus ist in der Begleitausstellung ein R-Mode Empfänger Prototyp ausgestellt.

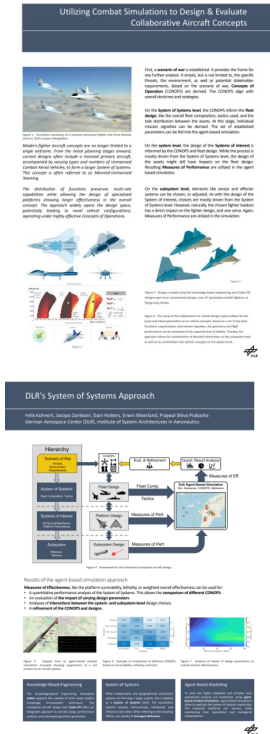


Abstracts der Poster Session: Poster A10

Utilizing Combat Simulations to Design & Evaluate Collaborative Aircraft Concepts: DLR's System of Systems Approach

Felix Kuhnert, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Modern fighter aircraft concepts are no longer limited to a single airframe. From the initial planning stages onward, current designs often include a primary aircraft (Command Fighter) that is accompanied by varying types and numbers of Unmanned Combat Aerial Vehicles (UCAVs) to form a larger System of Systems (SoS). This concept is often referred to as Manned-Unmanned Teaming (MUM-T). By collaborating, capabilities can be offloaded from the Command Fighter to the UCAV, allowing it to support and assist during critical phases of the mission. The distributing of functions preserves multi-role capabilities while allowing the design of specialized platforms. This has the potential to reduce the weight and cost of individual platforms, while increasing their effectiveness in their designated role. Furthermore, the approach opens the design space widely, leading to novel vehicle configurations and Concepts of Operations (CONOPS). While the System of Systems approach offers numerous benefits, it also increases the complexity significantly. Using DLR's project WingMates as an example, it is demonstrated, how Agent-Based Combat Simulations can be used to support the design of a 6th generation fighter aircraft family. It is shown how Agent-Based modelling can be applied during the early stages of conceptual design, while fully leveraging the benefits of the System of Systems approach.

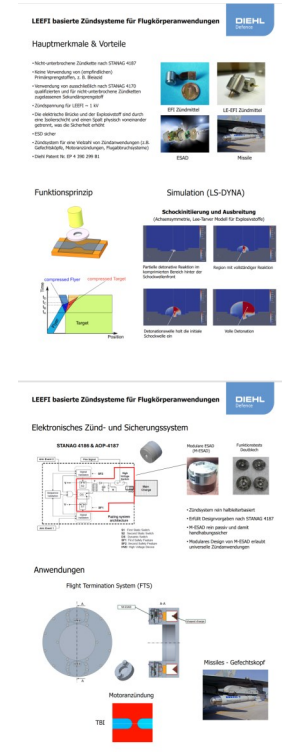


Abstacts der Poster Session: Poster A11

LEEFI basierte Zündsysteme für Flugkörperanwendungen

Dr. Frank Sonnemann , Diehl Defence

Kein Abstract vorhanden



Abstracts der Poster Session: Poster A12

Maritime Sicherheit messbar machen: Ein wissenschaftliches Konzept zur wahrscheinlichkeitsbasierten Betrachtung des physischen Schutzes von Offshore-Infrastrukturen

Jan Stockbrügger, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Hybride Angriffe auf maritime Infrastrukturen bedrohen zunehmend Deutschlands digitale Kommunikation und Energieversorgung beispielsweise durch Spionage und Sabotageangriffe mit Flugdrohnen, Schiffen und Unterwasserfahrzeugen auf Offshore-Windparks und Unterwasser-Daten- und Stromkabel. Infrastrukturbetreiber und Sicherheitsbehörden benötigen daher wissenschaftlich fundierte Modelle und Analysemethoden, um das Schutzniveau dieser Infrastrukturen zu quantifizieren und durch konkrete Maßnahmen, wie den Einsatz von Sensorsystemen und Barrieren oder die Platzierung von Einsatzmitteln wie Helikopter, autonomen Fahrzeugen und Schnellbooten in der Umgebung von Infrastrukturen gezielt und systematisch zu verbessern.

Wir stellen ein Konzept vor das den physischen Schutz von Offshore-Infrastrukturen bewertet. Das Konzept berücksichtigt zentrale Parameter, die den Verlauf eines Angriffs beeinflussen, dazu gehören die verschiedenen Angriffsvektoren, die Interventionszeiten sowie die Sensorreichweiten. Außerdem betrachtet das Konzept weitere Einflussfaktoren wie maritime Barrieren, die Fähigkeiten der Angreifenden sowie den Einfluss von Umweltfaktoren. Für die Berechnung nutzen wir unter anderem Monte-Carlo-Simulationen. Die Nutzung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen ermöglicht die flexible Erfassung unterschiedlicher Bedingungen sowie die Berücksichtigung von Unsicherheiten die für Sicherheitsbewertungen dieser Art typisch sind. Wir veranschaulichen dies anhand eines Offshore-Windparks vor der deutschen Küste.

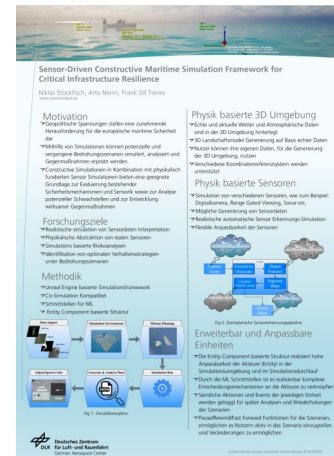
Das Konzept ermöglicht eine Sicherheitsbetrachtung und legt die Grundlage für eine Sicherheitsbewertung von Offshore-Infrastrukturen mit Fokus auf Sensorreichweiten und Interventionszeiten in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit eines Angreifers. Außerdem erlaubt es eine detaillierte Untersuchung bestimmter Angriffsvektoren und Pfade durch Offshore-Windparks und vielbefahrene Schifffahrtsstraßen mit dem Ziel Vulnerabilitäten aufzuzeigen und genauer zu bestimmen.

Abstacts der Poster Session: Poster A13

Sensor-Driven Constructive Maritime Simulation Framework for Critical Infrastructure Resilience

Niklas Stockfisch, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

European maritime security is increasingly challenged by geopolitical tensions, necessitating robust protection strategies for critical infrastructure. Recent incidents, including suspected attacks on subsea cables and drone sightings near energy terminals, highlight the vulnerability of these assets. This work discusses the application of constructive simulation models to evaluate both the protection level of maritime infrastructures and the contribution of surveillance systems to overall security. Constructive simulation provides a powerful analytical tool for assessing the effectiveness of protection and response measures. In the defense domain, such simulations are widely used to support system procurement decisions, optimize the deployment of assets against emerging threats, and train practitioners. By replicating potential threat scenarios and integrating detailed sensor models, these simulations enable the evaluation of system and sensor performance, detection and response capabilities, and the design of effective countermeasures. We present an initial simulation framework that integrates infrastructure and sensor modeling, illustrated through a recently developed offshore wind farm model serving as a representative use case.



Abstracts der Poster Session: Poster A14

Das DLR Dynamic Motion Simulation Center - Human Factors und Simulatorforschung

Richard Kuchar, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Kein Abstract vorhanden



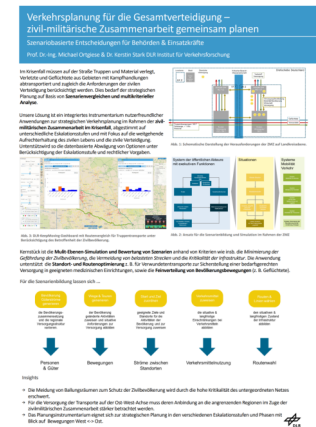
Abstracts der Poster Session: Poster A15

Planung resilienter Straßennetze

Dr. Kerstin Stark, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Das Straßennetz ist Teil der kritischen Infrastrukturen und zugleich zentrale Voraussetzung für die Erreichbarkeit von Versorgungs-, Schutz- und Gesundheitsstandorten. Im Krisen- oder Verteidigungsfall steht insbesondere die Frage im Mittelpunkt, wie zivile Mobilität und die Funktionsfähigkeit des Zivilschutzes unter den Rahmenbedingungen militärischer Truppen- und Materialbewegungen verlässlich gewährleistet werden können.

Der Beitrag stellt ein integriertes Analyse- und Multi-Ebenen-Simulationsinstrumentarium vor, das Bewegungen von Personen und Gütern auf großräumiger, regionaler und lokaler Ebene betrachtet und eine strategische Planung auf Basis von Szenarienvergleichen und multikriterieller Analyse ermöglicht. Unterschiedliche Eskalationsstufen, militärische Bewegungsbedarfe, zivile Verkehrsströme sowie infrastrukturelle Einschränkungen werden systematisch gegenübergestellt und bewertet. Ziel ist es, zivile Mobilität und die Funktionsfähigkeit des Zivilschutzes unter den Rahmenbedingungen militärischer Bewegungen zu gewährleisten, Nutzungskonflikte datenbasiert zu bewerten und Routen sowie Standortentscheidungen resilient zu optimieren. Methodisch erfolgt die Bewertung auf zwei Ebenen: Auf übergeordneter Ebene wird die Kritikalität strategischer Netzabschnitte – etwa entlang wichtiger Ost-West-Korridore – analysiert. Auf lokaler Ebene werden Netz- und Standortstrukturen detailliert untersucht, um die Feinverteilung von Verkehrsströmen sowie die Absicherung ziviler Bewegungen zu unterstützen. Die modulare Softwarearchitektur erlaubt die Integration in bestehende Entscheidungsunterstützungssysteme. Als Datengrundlage dienen verschiedene Datenquellen sowie für vertiefte lokale Analysen ergänzende Fernerkundungsdaten. Der Beitrag stellt den Ansatz sowie zentrale Anwendungsszenarien im Kontext der zivil-militärischen Zusammenarbeit vor.



Abstracts der Poster Session: Poster A16

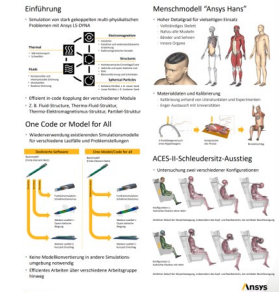
Advancements in human-body simulation in the defense industry using LS-DYNA multiphysics

Dr. Maik Schenke, DYNAmore

Seit Jahren sind Computersimulationen ein wichtiger Bestandteil in der Produktentwicklung und ermöglichen heutzutage sogar die Simulation komplexer Prozesse, z. B. stark gekoppelter multiphysikalischer Problemstellungen oder des menschlichen Körpers. Dieser Beitrag befasst sich mit der Simulation des menschlichen Körpers mit besonderem Fokus auf die Verteidigungsindustrie. Hierfür kommt das Menschmodell Hans von Ansys zum Einsatz. Ursprünglich für die Crash-Sicherheit im Automobilbereich entwickelt, stellt Hans eine bedeutende Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Mensch-Modellierung dar. In Kombination mit der Simulationssoftware Ansys LS-DYNA sollen hier die Anwendungsmöglichkeiten demonstriert werden, wobei der Fokus insbesondere auf den multiphysikalischen Wechselwirkungen steht. Zu den wichtigsten Anwendungsszenarien gehören heute beispielsweise die Bewertung des Risikos von Nackenverletzungen bei Militärpiloten während eines Notausstiegs, die Bewertung der Leistungsfähigkeit von Schutzausrüstung bei einem Projektilaufprall, das Risiko einer Gehirnerschütterung bei einem Kopfaufprall sowie die Sicherheit von Fahrzeugbesatzungen bei Anspannung.

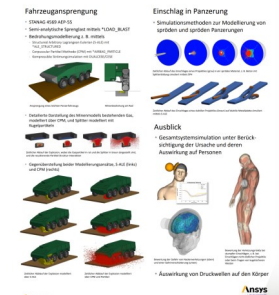
Menschsimulation in der Verteidigungsindustrie mittels Ansys Hans und Ansys LS-DYNA – Teil I

Maik Schenke, DYNAmore GmbH, mschenke@dynamosys.com



Menschsimulation in der Verteidigungsindustrie mittels Ansys Hans und Ansys LS-DYNA – Teil II

Maik Schenke, DYNAmore GmbH, mschenke@dynamosys.com



Abstacts der Poster Session: Poster A17

Praktische Erfahrungen aus Funkversuchen mit einem "Direct Sampling" Kurzwellenkommunikationssystem

Jürgen Escher, Elbit Systems Deutschland

Die Kurzwellenfunkkommunikation hat in den letzten Jahren innerhalb der militärischen taktischen Kommunikation zunehmend an Bedeutung gewonnen. Die jüngsten geopolitischen Entwicklungen und Erfahrungen in verschiedenen Krisengebieten weltweit haben dieser Entwicklung weiteren Auftrieb gegeben und die Grundlagen der taktischen Kommunikation verändert. Im gleichen Zeitraum kamen neue Generationen von Funkgeräten mit einer Vielzahl neuer Funktionen auf den Markt und wurden erfolgreich eingeführt.

Ein wichtiger Wegbereiter für zukünftige erweiterte Anwendungsfälle ist eine Funkgerätearchitektur, die auf dem Prinzip der direkten Abtastung (Direct Sampling) des Empfangssignals basiert. Im Gegensatz zu klassischen Empfängerarchitekturen ermöglicht dieser Ansatz den Bau eines vollständig softwaredefinierten Kurzwellenfunkgeräts. Weitere Vorteile lassen sich durch Hinzufügen mehrerer Empfangskanäle im Funkgerät erzielen.

Frühere Veröffentlichungen gaben im Wesentlichen einen Überblick über die neuesten Entwicklungen in der Empfängerarchitektur, der Datenübertragung mit breitbandigen Wellenformen und dem schnellen und robusten Verbindungsaufbau mittels „Staring“.

Dieser Vortrag gibt Einblicke in praktische Erfahrungen mit einem dieser neuartigen Kurzwellenfunkgeräte. Er enthält Überlegungen auf Systemebene und Simulationsergebnisse, z. B. zur Ausbreitungsvorhersage und zur Entwurfsphase des Testaufbaus. Außerdem werden Messergebnisse aus umfangreichen Funkfeldtests zusammengefasst.

Fähigkeiten

Die neueste Generation Kurzwellenfunksysteme ermöglicht eine Vielzahl neuer Anwendungen auf Basis eines Empfangs mit Direktabtastung.

- Breitband Wellenformen
- Verbindungsaufbau mit Staring
- Robuste Übertragung mit Diversity
- Innovative Konzepte für Funknetze



Ergebnisse

- Hohe Verfügbarkeit der Sprach- und Datenübertragung über 10.000 km nachgewiesen, auch bei sehr schnell wechselnden Kanalbedingungen
- Analyse der realen Übertragungsbedingungen bezüglich größtmöglicher durchgeführter Kanalbedingungen
- Antennensysteme mit Ertragssteigerung konnten die Verfügbarkeit steigern
- Kurzwellenkommunikationssystem bewährte sich in Langzeittests, auch bei den herausfordernden Übergängen Tag/Nacht

Testaufbau

Testaufbau, der sowohl das System als auch das drahtlose Netzwerk abbildet und die Vorteile des Kurzwellenfunksystems im realen Umfeld demonstriert

Spezifikationen

- Frequenzband: 1,5 MHz - 30 MHz
- 10.000 km nachgewiesen
- 10.000 km nachgewiesen

Vorteile

- Hohe Verfügbarkeit der Sprach- und Datenübertragung
- Analyse der realen Übertragungsbedingungen bezüglich größtmöglicher durchgeführter Kanalbedingungen
- Antennensysteme mit Ertragssteigerung konnten die Verfügbarkeit steigern
- Kurzwellenkommunikationssystem bewährte sich in Langzeittests, auch bei den herausfordernden Übergängen Tag/Nacht

Vorteile

Vorteile durch neueste Generation von Kurzwellenfunksystemen mit Direktabtastung

- Höhere Datendurchsatz
- Schnellere und robustere Verbindungsaufbau
- Robustere Daten- und Sprachübertragung
- Gleichzeitige Teilnahme in unterschiedlichen Funknetzen
- Schnelle Kanalwechsel bei Jamming

Haben Sie Fragen?



Abstracts der Poster Session: Poster A18

Numerische Vorhersage der Wirkung nuklearer Explosionen am Beispiel von Gefechtsfahrzeugen

Dr. Simon Holz, Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI

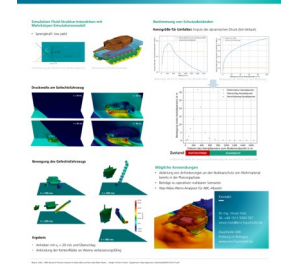
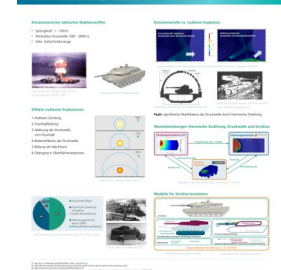
Geeignete Modelle und Simulationsmethoden ermöglichen es die Anforderungen des Nuklearschutzes bereits bei der Planung und Entwicklung eines Gefechtsfahrzeuges miteinzubeziehen.

Am Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik werden Modelle und Simulationsmethoden für die Wirkungskomponenten Druckwelle und Hitzeblitz entwickelt. Ziel ist es, die Ausbreitung und Wechselwirkung der thermischen Strahlung und der Druckwelle in der relevanten Umgebung (Stadt, Gelände, Wasser) und die lokale Einwirkung auf Objekte (Fahrzeuge, Gebäude) berechnen zu können. Da die beiden Vorgänge unterschiedlich schnell ablaufen, wird dazu zunächst die Ausbreitung der thermischen Strahlung, ihr Wärmeeintrag in die bodennahe Grenzschicht und die Aufheizung des betrachteten Objekts berechnet. Nachfolgend werden die Ausbreitung und Einwirkung der Druckwelle unter Berücksichtigung der erfolgten Erwärmung simuliert.

Die Behandlung der Teilprozesse erfordert eigenständige Simulationsmethoden, die miteinander gekoppelt werden. Dabei kommen Simulationsmethoden des Strahlungstransports, der Strömungsmechanik und der Strukturmechanik zum Einsatz.

Für die Analyse eines Gefechtsfahrzeugs sind umfassende Informationen zur Geometrie, den verbauten Materialien sowie entsprechende Modelle, die das Verhalten der Materialien unter mechanischen und thermischen Lasten beschreiben notwendig. Diese werden entweder in Mehrkörpersimulationsmodelle aus starren Körpern oder deformierbare Struktursimulationsmodelle umgesetzt.

Im Rahmen des Vortrags werden solche Modelle für einen generischen Kampfpanzer und einen Lastwagen vorgestellt. Die entwickelten Modelle und Methoden ermöglichen die Vorhersage der Wirkungen auf ein Fahrzeug wie Umkippen oder Deformation. Dadurch können für individuelle Fahrzeuge sichere Abstände zu nuklearen Explosionen ermittelt werden.



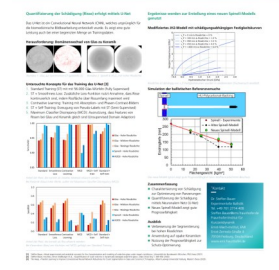
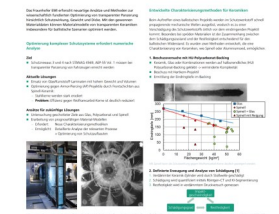
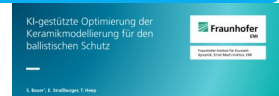
Abstracts der Poster Session: Poster A19

KI-gestützte Optimierung der Keramikmodellierung für den ballistischen Schutz

Dr. Steffen Bauer, Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI

Die transparenten Bereiche gehören bei leichten, gepanzerten Fahrzeugen zu den kritischsten Komponenten der Panzerung. Um einen lückenlosen ballistischen Schutz der Insassen zu gewährleisten, müssen die transparenten Bereiche möglichst das gleiche Schutzniveau aufweisen wie die nicht durchsichtigen Teile der Panzerung. Das Fraunhofer EMI erforscht neuartige Ansätze und Methoden zur wissenschaftlich fundierten Optimierung der transparenten Panzerung hinsichtlich Schutzwirkung, Gewicht und Dicke. Beim Auftreffen eines ballistischen Projektils werden im Schutzwerkstoff schnell propagierende mechanische Wellen ausgelöst, wodurch es zu einer Vorschädigung des Schutzwerkstoffs örtlich vor dem eindringenden Projektil kommt. Besonders bei spröden Materialien ist der Zusammenhang zwischen dem Schädigungszustand und der Restfestigkeit entscheidend für den ballistischen Widerstand.

Im Vortrag wird gezeigt, wie der Schädigungszustand von transparenten Keramiken, wie Aluminiumoxid und Spinell, mittels künstlicher Intelligenz ermittelt werden kann. Hierzu erfolgt eine Rissdetektion in dreidimensionalen Röntgen-CT-Scans von Charakterisierungsproben mit Hilfe eines speziell optimierten Faltenden Neuronalen Netzes (CNN). Es wird gezeigt, wie Materialmodelle von transparenten Keramiken aus den gewonnenen Daten insbesondere für ballistische Szenarien optimiert werden können.



Abstracts der Poster Session: Poster A20

Methoden zur Analyse und Bewertung der Resilienz sozio-technischer Systeme; Beispielanwendungen im Bereich kritischer Infrastrukturen und Potenzial für die Verteidigung

Dr. Kai Fischer, Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI

Entscheidungssträger sehen sich zunehmend mit komplexen Lagen und neuartigen Bedrohungen konfrontiert. Steigende Verwundbarkeit und potenzielle Kaskadeneffekte erfordern sozio-technische Systeme mit erhöhter Resilienz. In diesem Beitrag werden ausgewählte Methoden vorgestellt, mit denen sich die Resilienz unterschiedlichster Systeme gegenüber multiplen Bedrohungsarten bewerten und gezielt verbessern lässt. Die vorgestellten Ansätze orientieren sich an den fünf Phasen des Resilienz-Zyklus: Vorbereitung, Prävention, Schutz, Reaktion und Wiederherstellung. Sie ermöglichen eine systematische Analyse sowohl vor, während und nach dem Eintreten von Disruptionen. Das methodische Konzept erlaubt einen Vergleich der Wirksamkeit verschiedener resilienzsteigernder Maßnahmen – etwa Robustheit, Redundanz, Ressourcenvorhaltung oder schnelles Handeln. In Anwendungsbeispielen wird die kommunale Krisenfestigkeit und die Verfügbarkeit von kritischen Infrastrukturen bei Extremwetterereignissen betrachtet. Ein weiteres Beispiel befasst sich mit der Resilienzbewertung kritischer Prozesse in Unternehmen und demonstriert die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten. Schließlich werden die Vorteile für eine mögliche Integration von Methoden zur Resilienzbewertung für die Verteidigung evaluiert.

Abstracts der Poster Session: Poster A21

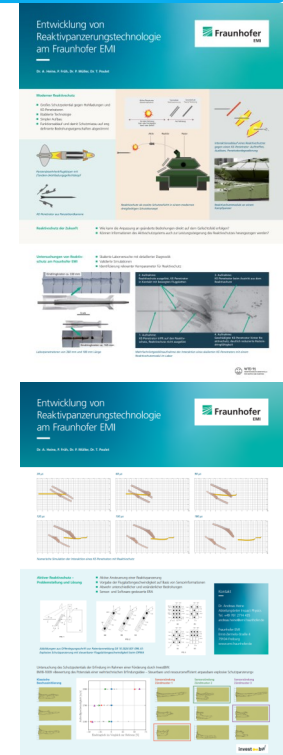
Entwicklung von Reaktivpanzerungstechnologie am Fraunhofer EMI

Dr. Andreas Heine und Patrick Fröh, Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI

Die Reaktivpanzerung hat sich als leistungsstarke Technologie erwiesen, mit der insbesondere mittlere und schwere Landsysteme gegen ballistische Bedrohungen geschützt werden können. Aufbauend auf die am Institut vorhandenen Untersuchungsmöglichkeiten beschäftigt sich das Fraunhofer EMI seit vielen Jahren mit Untersuchungen zu derartiger Reaktivpanzerungstechnologie, wobei sich die Ausrichtung der Arbeiten im Laufe der Jahre gewandelt hat. Während früherer Arbeiten auf die allgemeine Einschätzung des technologischen Potenzials abzielten, liegt der Fokus heute auf der Ableitung von konkreten technischen Konzepten, bis hin zu patentierter Technologie.

Der Vortrag zeigt auf, wie Reaktivpanzerungstechnologie am Fraunhofer EMI mit Laborversuchen und Simulationen untersucht wird. Als Projektbeispiel wird ein Ansatz diskutiert, mit dem sich eine sensorausgelöste Reaktivpanzerung intelligent an unterschiedliche Bedrohungen anpassen kann. Dabei werden bauliche Anpassungen der Hardware vermieden. Stattdessen kann über Sensorik und Rechnersteuerung die Leistung der Panzerung bedrohungsangepasst eingestellt werden. Damit kann schnell auf das Aufkommen neuer Bedrohungen reagiert werden, und ein Schutzsystem kann gleichermaßen gegen verschiedenartige Bedrohungen effektiv sein.

Die exemplarisch beschriebene explosive Schutzpanzerung ist Gegenstand einer laufenden Patentanmeldung und wurde im Rahmen eines Programms des Landes Baden-Württemberg zur Förderung von Innovations- und Technologievorhaben vertieft untersucht. Ähnlich gelagerte Forschungsarbeiten werden für die Bundeswehr im Auftrag der WTD 91 durchgeführt. Die erarbeiteten Technologieansätze können in Absprache mit der Amtsseite der wehrtechnischen Industrie für die Produktentwicklung angeboten werden.



Abstacts der Poster Session: Poster A22

Softwarebasierte Entscheidungsunterstützung im Force Protection Kontext - Interoperabilität im Fokus

Dr. Johannes Schneider, Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI

Die Verteidigungsfähigkeit Deutschlands und der NATO erfordert eine konsequente Ausrichtung von Forschung und Technologie auf zukünftige Herausforderungen. Multi-Domain Operations (MDO) – das vernetzte Wirken in allen militärischen Domänen – sind hierbei von zentraler Bedeutung. Grundvoraussetzung dafür ist die Interoperabilität von Systemen und Verfahren innerhalb der Allianz. Vor diesem Hintergrund entwickelt das Fraunhofer Ernst-Mach-Institut gemeinsam mit dem MILENG COE ein interoperables, softwarebasiertes Entscheidungssystem zur schnellen Gefährdungsbewertung kritischer, gebauter Infrastrukturen zum Schutz unserer Einsatzkräfte. Das Tool ermöglicht eine standardisierte Analyse von Bedrohungen und Schäden durch Explosionen und Beschuss und orientiert sich an NATO-Standards wie STANAG 2280 und AASTP-4. Dank seiner offenen und kontrolliert teilbaren Architektur fördert die Software die internationale Zusammenarbeit und Harmonisierung im Bereich Force Protection.

Softwarebasierte Entscheidungsunterstützung im Force Protection Kontext – Interoperabilität im Fokus

Dr. J. Schneider, Dr. Ing. A. Tacke, Dr. G. Schmitt, Dr. Ing. K. Fischer, Dr. M. von Krosigk
Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI
Ernst-Mach-Institut, EMI



Zusammenfassung und Motivation

Die Verteidigungsfähigkeit Deutschlands und der NATO erfordert eine konsequente Ausrichtung von Forschung und Technologie auf zukünftige Herausforderungen. Multi-Domain Operations (MDO) – das vernetzte Wirken in allen militärischen Domänen – sind hierbei von zentraler Bedeutung. Grundvoraussetzung dafür ist die Interoperabilität von Systemen und Verfahren innerhalb der Allianz. Vor diesem Hintergrund entwickelt das Fraunhofer Ernst-Mach-Institut gemeinsam mit dem MILENG COE ein interoperables, softwarebasiertes Entscheidungssystem zur schnellen Gefährdungsbewertung kritischer, gebauter Infrastrukturen zum Schutz unserer Einsatzkräfte. Das Tool ermöglicht eine standardisierte Analyse von Bedrohungen und Schäden durch Explosionen und Beschuss und orientiert sich an NATO-Standards wie STANAG 2280 und AASTP-4. Dank seiner offenen und kontrolliert teilbaren Architektur fördert die Software die internationale Zusammenarbeit und Harmonisierung im Bereich Force Protection.

Einblick ins Tool

Das Tool ist ein softwarebasiertes Entscheidungssystem zur schnellen Gefährdungsbewertung kritischer, gebauter Infrastrukturen zum Schutz unserer Einsatzkräfte. Es ermöglicht eine standardisierte Analyse von Bedrohungen und Schäden durch Explosionen und Beschuss und orientiert sich an NATO-Standards wie STANAG 2280 und AASTP-4. Dank seiner offenen und kontrolliert teilbaren Architektur fördert die Software die internationale Zusammenarbeit und Harmonisierung im Bereich Force Protection.

Technische Details

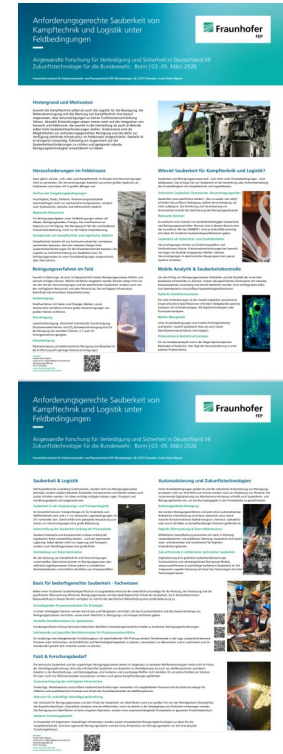
Das Tool ist ein softwarebasiertes Entscheidungssystem zur schnellen Gefährdungsbewertung kritischer, gebauter Infrastrukturen zum Schutz unserer Einsatzkräfte. Es ermöglicht eine standardisierte Analyse von Bedrohungen und Schäden durch Explosionen und Beschuss und orientiert sich an NATO-Standards wie STANAG 2280 und AASTP-4. Dank seiner offenen und kontrolliert teilbaren Architektur fördert die Software die internationale Zusammenarbeit und Harmonisierung im Bereich Force Protection.

Abstracts der Poster Session: Poster A23

Anforderungsgerechte Sauberkeit von Kampftechnik und Logistik unter Feldbedingungen

Frank-Holm Rögner, Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik

Sowohl im Einsatz als auch bei Wartung und Reparatur müssen Fahrzeuge, Kampftechnik, Bauteile, Baugruppen und Sensoren gereinigt oder permanent so sauber gehalten werden, dass die Funktionalität nicht beeinträchtigt wird. Das ist sowohl unter Einsatzbedingungen herausfordernd als auch im Maintenance vor Ort. Um das sicherstellen zu können braucht es nicht nur qualifiziertes Personal, sondern auch effiziente Reinigungstechnologien, die selbst unter schwierigen Bedingungen hartnäckige Verunreinigungen entfernen können. Zusammen mit den 8 weiteren Mitgliedsinstituten des Fraunhofer-Geschäftsbereich Reinigung bieten wir Lösungen vom reinigungsgerechten Design von Bauteilen und Produkten bis zu innovativen Reinigungsverfahren und Sensorik für die Detektion und Überwachung von Verschmutzungen.



Abstracts der Poster Session: Poster A24

EM-Simulationen für Radar: Signaturen von Bedrohungsobjekten und Ausbreitungsprognosen

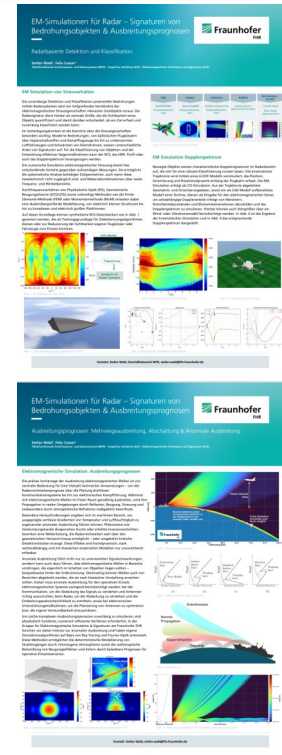
Stefan Wald und Felix Casser, Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik

Die Leistungsfähigkeit von Radarsystemen wird von der Geometrie und dem Material des Ziels sowie den atmosphärischen Ausbreitungsbedingungen beeinflusst. Um Bedrohungen detektieren und klassifizieren zu können, müssen dem System in der Signalverarbeitung Informationen über die Streueigenschaften der Objekte bekannt sein.

Reale Messkampagnen, in denen solche Datenbanken erzeugt werden können, sind aufwendig, teuer und oft je nach Szenario oder Verfügbarkeit der Bedrohungsobjekte nur begrenzt anwendbar. Daher stellen elektromagnetische Simulationen zur Analyse der Streueigenschaften häufig eine Alternative zu Messungen dar.

Als Teil eines der größten Radarforschungsinstitute Europas entwickelt und implementiert die Abteilung für Kognitive Verfahren am Fraunhofer FHR Algorithmen, um die Streueigenschaft wie den Radarquerschnitt (RCS), High-Range-Resolution-(HRR)-Profile und Dopplersignaturen von Objekten wie Flugkörper, Drohnen oder Fahrzeugen zu synthetisieren. Die resultierenden Datenbanken können zur Detektion und Klassifikation eingesetzt werden und dienen als Trainingsdaten für Machine Learning Modelle.

Darüber hinaus entwickeln wir einen neuartigen Ansatz, um die Auswirkungen von Wetterlagen über See auf die Radar-Ausbreitung (anomale Ausbreitung) zu simulieren. Mit diesen Simulationen können wir unter anderem Überreichweiten der Radarsysteme sowie Radarlücken vorhersagen.



Abstracts der Poster Session: Poster A25

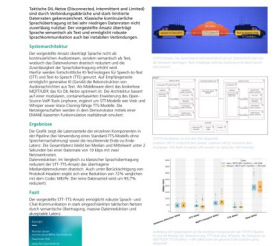
Effiziente Digitale Sprach- und Chat-Kommunikation in DIL-Umgebungen

Norman Jansen, Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie

Im Rahmen des Vortrags werden Ergebnisse der NATO STO Research Task Group IST-201 „Federated Collaboration Services at the Tactical Edge“ vorgestellt. Die Arbeit zielt auf die Verbesserung von Chat- und Audiodiensten in anspruchsvollen Umgebungen mit Unterbrechungen, Aussetzern und Bandbreiteneinschränkungen (Disconnected, Intermittent and Limited, DIL) ab, wie sie typisch für die Tactical Edge sind. Inspiriert durch die NATO Federated Mission Networking (FMN)-Initiative, die eine nahtlose Interoperabilität in Koalitionsoperationen anstrebt, integrieren wir Künstliche Intelligenz (KI), um kollaborative Dienste effizienter zu gestalten.

Der vorgestellte Ansatz nutzt fortschrittliche KI-Technologien für Speech-to-Text (STT) und Text-to-Speech (TTS), verbunden über einen effizienten Nachrichtenverteilungsmechanismus. Auf Empfängerseite ermöglicht generative KI (GenAI) die Rekonstruktion von Audionachrichten in der Stimme des Originalsprechers durch Voice-Cloning-Techniken, was eine realistische und immersive Kommunikationserfahrung schafft. Die Architektur basiert auf einer modularen Erweiterung des Open-Source-VoIP-Tools Linphone, ergänzt um STT-Modelle wie Vosk und Whisper sowie Voice-Cloning-fähige TTS-Modelle. Als Middleware dient MQTT/UDP, ein brokerloses Protokoll, das für DIL-Netzwerke optimiert ist und eine hierarchische Topic-Struktur für sichere, zielgerichtete Nachrichtenübertragung nutzt.

Im Vortrag werden Experimente und deren Ergebnisse in einer emulierten DIL-Umgebung vorgestellt. Dieser Ansatz minimiert nicht nur die Netzwerkbelastung, sondern verbessert auch die Zuverlässigkeit und Interoperabilität in kritischen Szenarien, was für die Bundeswehr und verbündete Streitkräfte von hoher Relevanz ist.



Abstracts der Poster Session: Poster A26

"Just-in-time" 3D-Kartierung mit Hilfe von unbemannten mobilen Systemen

Timo Röhling, Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie

Unbemannte mobile Fahrzeuge und Drohnen ermöglichen den schnellen Aufbau eines 3D-Modells im Operationsgebiet, um möglichst aktuelle Informationen für einen bevorstehenden Einsatz zu erhalten. Der Vortrag gibt einen Überblick über den Stand der Technik für den koordinierten Einsatz unbemannter Systeme zur Kartierung und daraus resultierenden zusätzlichen Fähigkeiten wie der Lokalisierung ohne GNSS.



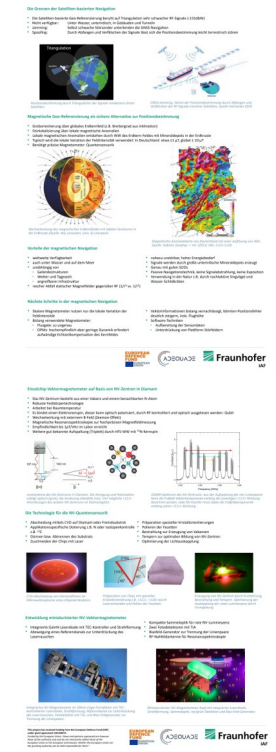
Abstracts der Poster Session: Poster A27

NVC Vektormagnetometer zur magnetische Navigation in GNSS-freien Einsätzen

Dr. Michael Kunzer und Sebastian Heuft, Fraunhofer Institut für Angewandte Festkörperphysik

Quantum Sensing enables a number of defence and security related applications in the near future. Sensors based on nitrogen-vacancy centres (NVC) in diamond provide a high technological potential, robustness, the capability of integration and room temperature operation. For magnetometry such sensors are already capable of measuring static magnetic fields with pT/VHz accuracy at room temperature in conjunction with high spatial resolution. This technology is of particular interest for remote magnetometry, i.e. magnetic anomaly detection (MAD) where it can be used for antisubmarine warfare (ASW), for the detection of underground installations and unexploded ordnance (UXO).

Currently there is a high demand for GNSS-free Positioning, Navigation and Timing (PNT) solutions. Novel quantum sensors might sustain PNT capabilities in GNSS-denied operations. This can be quantum gyroscopes for rotation sensing, i.e. for targeting or to enhance current inertial navigation systems (INS). Furthermore NVC-based single-chip vector magnetometers can be utilized to generate global magnetic maps and afterwards use them for magnetic geo-referencing for autonomous positioning (MagNav). For many defence applications SWAP is of particular importance (i.e. UAVs, guided ammunition). The presentation gives an overview of the operation principle of NV magnetometers, magnetic navigation, its capabilities and the sensor requirements. In the second part the technology chain for manufacturing of NVC-based vector magnetometers is described: NVC diamond growth, materials optimization, chip technology, sensor integration and miniaturization of NVC-base quantum sensors. The presentation is concluded with laboratory tests to evaluate the VFM magnetometers sensitivity and the individual noise contributions



Abstracts der Poster Session: Poster A28

Vorhersagemodelle für die Umsetzung eines Munitionszustandsmanagementsystems

Jan Langer, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie

Im Rahmen des kürzlich abgeschlossenen vierjährigen Projekts PREMIUM (Prediction Models for Implementation of Munition Health Management) der European Defence Agency (EDA) wurde in europäischer Kooperation ein erster Schritt unternommen, um mithilfe von Machine-Learning Modellen ein einfacheres System zur Munitionszustandsüberwachung zu entwickeln. Um die dafür notwendigen Daten zu generieren, wurden von den Teilnehmerinstitutionen verschiedenste energetische Materialien – von Treibladungspulver über Festtreibstoffe bis hin zu Explosivstoffen – auf ihre chemische und ballistische Langzeitstabilität hin untersucht. Dabei wurden primär Temperatur- und teilweise auch Luftfeuchtigkeitseinflüsse auf Stabilisator- und Phlegmatisierungsmittel analysiert. Im Auftrag der Wehrtechnischen Dienststelle 91 wurden am Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT) hierzu zwei zweibasige Treibladungspulver untersucht, welche in kleinkalibriger Munition der Kaliber $5,56 \times 45$ mm und $4,6 \times 30$ mm zum Einsatz kommen. Mit IR-Spektroskopie und automatisierter Datenverarbeitung wurden die Diffusionsprofile des Phlegmatisierungsmittels (Dibutylphthalat) sowie Konzentrationsprofile von Nitrocellulose erfasst und für die Modellierung des Alterungsprozesses genutzt. Die ballistischen Eigenschaften wurden mittels ballistischer Druckbombenmessungen und NATO-EPVAT-Tests analysiert. Dabei konnte ein Zusammenhang zwischen Phlegmatisierungsmitteldiffusion und Abbrandparametern hergestellt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass präzise, munitionsspezifische Modelle entscheidend für die zuverlässige Prognose der Einsatzfähigkeit und Sicherheit von Munition sind und die Nutzung moderner Sensortechnik und Health & Usage Monitoring Systems (HUMS) signifikant unterstützen können. Damit wird ein wichtiger Beitrag zur nachhaltigen Munitionsbewirtschaftung und zur Erhöhung der Betriebssicherheit geleistet.



Abstracts der Poster Session: Poster A29

Handhabungssichere Selbstlabore für das Training mit Sprengstoffspürhunden

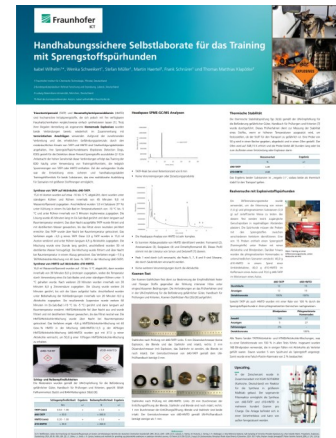
Isabel Wilhelm, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie

Ausgangspunkt dieser Studie ist die anhaltende Gefahr terroristischer Anschläge mit sogenannten Selbstlaboren – improvisierten Explosivstoffen, die aus handelsüblichen Chemikalien mit geringem Aufwand in größeren Mengen hergestellt werden können. Zu dieser Stoffgruppe zählen die Peroxidsprengstoffe Triacetontriperoxid (TATP) und Hexamethylentriperoxiddiamin (HMTD), die bereits in geringen Mengen ein beträchtliches Schadenspotenzial besitzen und zugleich hochsensibel gegenüber mechanischer und thermischer Beanspruchung sind.

Sprengstoffspürhunde können diese von Terroristen eingesetzten Substanzen zuverlässig detektieren. Aufgrund der extremen Empfindlichkeit von TATP und HMTD bestand das Ziel der Studie darin, ein Verfahren zu entwickeln, das beide Stoffe in eine sicher handhabbare Form überführt, ohne ihre charakteristischen Geruchssignaturen zu verändern. Letzteres ist entscheidend, um eine korrekte Konditionierung der Spürhunde zu gewährleisten und unerwünschte Lernwirkungen auf andere Substanzen auszuschließen.

Durch Kopräzipitation mit Aktivkohle gelingt es, sowohl TATP als auch HMTD zu phlegmatisieren und stabile Gemische mit 40 Gew.-% (d40-TATP) bzw. 10 Gew.-% (d10-HMTD) herzustellen. Analysen mittels Headspace-SPME-GC/MS sowie Tests mit Sprengstoffspürhunden bestätigten, dass die Aktivkohle die Geruchseigenschaften der Peroxide nicht verfälscht.

Im Gegensatz zu gängigen Trainingshilfen, die aus Sicherheitsgründen lediglich Spuren Mengen Organischer Peroxide verwenden, erlaubt das hier vorgestellte Verfahren die sichere Handhabung deutlich größerer Mengen desensibilisierter Peroxidsprengstoffe – bei unveränderter olfaktorischer Erkennbarkeit für Spürhunde.



Abstracts der Poster Session: Poster A30

Autonome Vegetationsräumung für die Sicherstellung von Versorgungs- und Bewegungswegen

Prof. Dr. Patrick Wolf, RPTU Kaiserslautern-Landau und Fraunhofer IESE

Autonome und teilautonome Bodensysteme nehmen in sicherheits- und verteidigungsrelevanten Anwendungen zunehmend zentrale Rollen ein: von logistischer Unterstützung über Aufklärung bis hin zur Sicherung von Einsatzräumen. Ihre Wirksamkeit hängt jedoch maßgeblich von der Fähigkeit ab, in dynamischen, unstrukturierten und potenziell feindlich beeinflussten Umgebungen verlässliche Entscheidungen zu treffen. Klassische Autonomiearchitekturen basieren häufig auf statischen Annahmen über Sensorverfügbarkeit, Umgebungsmodelle und Missionsanforderungen und geraten damit bei realen Einsatzbedingungen schnell an Grenzen. Der vorgestellte Ansatz einer situativen Risikobeurteilung adressiert diese Herausforderungen durch die Kombination aus kontinuierlicher Datengütebewertung, kontextsensitiver Risikomodellierung und adaptiver, einsatzkontextbasierter Entscheidungsfindung. Das System analysiert in Echtzeit die Vertrauenswürdigkeit seiner Sensorik, die vorliegende Situation, um so die Verfügbarkeit des autonomen Systems zu maximieren und zugleich Sicherheit zu gewährleisten. Dies ermöglicht autonome Funktionen auch unter erschwerten Bedingungen wie Sensorstörungen, GNSS-Degradation, begrenzter Sicht, Umweltveränderungen oder elektronischer Beeinflussung. Gleichzeitig erhöht der Ansatz die operative Verfügbarkeit, indem er kontrolliert zwischen autonomen, assistierten und sicheren degradierenden Betriebsmodi wechseln kann.

Abstracts der Poster Session: Poster B1

Was, wenn Quantencomputer unsere Kryptographie brechen? Mit Quanten gegen Quanten

Dr. Mandy Grobosch, Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen

Das Jahr 2025 wurde von der UN als „Quantenjahr“ ausgerufen. Ein Hintergrund dafür sind Fortschritte in der Quantentechnologie, die sich unter anderem in stetig neuen Rekorden bei der Entwicklung von Quantencomputern manifestieren. Was aus wissenschaftlicher Sicht spannend ist, erfordert Anpassung und Innovation unserer kryptographischen Systeme: Man muss damit rechnen, dass zukünftige Quantencomputer konventionelle Kryptosysteme angreifen und brechen können.

In diesem Vortrag liefern wir einen kurzen Überblick über diese Entwicklung und die technologischen Neuerungen, die sich anschicken, die heutigen Kryptographiesysteme in Zukunft zu ersetzen:

Quantenkommunikation und Post-Quanten-Kryptographie, und beleuchten den aktuellen technologischen Stand der Quantenkommunikationssysteme. Wir betrachten unter anderem den Fortschritt verschiedener Länder, mögliche Reichweiten, Herausforderungen bei satellitenbasierten Systemen sowie verbleibende Herausforderungen für robuste, alltagstaugliche Lösungen. Zum Abschluss bieten wir einen Ausblick auf die zukünftige Entwicklung der Technologie und stellen einen Use Case für mobile und robuste QKD-Lösungen vor.

Abstracts der Poster Session: Poster B2

Mehrwegepeilung mithilfe von Simulation (tentative)

Dr. Christopher Mutschler und Dr. George Yammine, Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen

Funkpeilung ist ein zentrales Verfahren der signalbasierten Aufklärung (SIGINT), das auf der Messung von Signalrichtungen beruht. In freien Umgebungen liefert diese Methode präzise und verlässliche Ergebnisse - in urbanem oder gebirgigem Gelände hingegen treten erhebliche Störungen durch Mehrwegeausbreitung auf. Reflexion, Beugung und Streuung an Gebäuden, Gelände oder Fahrzeugen verursachen Mehrwegeausbreitung: Funksignale erreichen den Empfänger nicht nur auf direktem Weg, sondern auch über reflektierte, gebeugte oder gestreute Pfade. Diese Effekte führen bei herkömmlichen Verfahren zu Fehlschätzungen bei Signalquellentrennung, Anzahlschätzung und Winkelschätzung, und erschweren somit eine zuverlässige Lokalisierung erheblich. Dies ist besonders problematisch, da auch visuelle Ortungsverfahren in solchen Umgebungen durch Topographie und Bebauung stark eingeschränkt oder gar unmöglich sind. Ein taktischer Vorteil entsteht für Kräfte, die auch ohne Sichtverbindung mittels Funktechnologie eine Ziel- oder Signalquelle präzise lokalisieren können. Der Bereich Lokalisierung und Vernetzung des Fraunhofer IIS stellt hierzu einen innovativen Lösungsansatz vor, der moderne Funkumgebungssimulation mit Methoden der künstlichen Intelligenz kombiniert, um Funkpeilung auch unter schwierigsten Ausbreitungsbedingungen zu ermöglichen. Aus Einzelaufnahmen wird zunächst ein detailliertes 3D-Modell der Zielumgebung erstellt, das Hindernisse wie Gebäude oder Geländeformen abbildet und Objektoberflächen sowie Materialeigenschaften charakterisiert. Solche Modelle können mithilfe von Neural Radiance Fields (NeRF) binnen kurzer Zeit erzeugt oder angepasst werden. Auf Basis dieser 3D-Modelle erfolgt eine Raytracing-Simulation der Funkwellenausbreitung mit NVIDIA Sionna, die realistische Mehrwegekanäle berechnet. Die resultierenden Daten dienen dem Training einer speziell entwickelten Lokalisierungs-KI, die präzise Positionen von Funksendern, etwa Fußgängern, Fahrzeugen oder Flugobjekten, bestimmt. In urbanen Mehrwegeumgebungen zeigen die Ergebnisse die Leistungsfähigkeit des Ansatzes und belegen, dass eine zuverlässige Funkpeilung selbst unter stark reflektierenden Bedingungen möglich ist.

Abstracts der Poster Session: Poster B3

Logistische Assistenzsysteme zur simulationsgestützten Verfügbarkeitsprognose am Bedarfsort bei ineinandergreifenden multimodalen logistischen Prozessen

Marco Motta und Lucas Schreiber, Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik

Komplexe logistische Netzwerke mit ineinandergreifenden multimodalen Transportprozessen sind im zivilen Bereich logistische Grundlage verteilter Wertschöpfung. Etablierte Methoden in der zivilen industriellen Anwendung sind logistische Assistenzsysteme, welche mittels ereignisdiskreter Simulation eine Verfügbarkeitsprognose von Gütern am Bedarfsort ermöglichen, indem sie Zustandsinformationen der operativen Logistik in einem Modell des logistischen Netzwerks integrieren. Das Verhalten des logistischen Netzwerks und eine Verfügbarkeitsprognose der Güter am Bedarfsort errechnen diese Systeme mittels ereignisdiskreter Simulation. Industriell werden solche Systeme genutzt, um Szenarien zur Optimierung der logistischen Prozesse zu untersuchen, Abweichungen frühzeitig zu identifizieren und alternative Strategien vor ihrer Umsetzung modellgestützt zu bewerten, oder auch um nebenläufige logistische Prozesse zu synchronisieren.

Im Vortrag sollen die Grundlagen und Fähigkeiten logistischer Systeme dargestellt und ein Ausblick gegeben werden, der Impulse vermittelt, wie eine Übertragung auf militärische Nutzungsszenarien aussehen könnte und damit zur Diskussion einer militärischen Verwertbarkeit des Ansatzes einlädt. Am Beispiel von Instandhaltungsbedarfen im Einsatz sollen taktische und operative Nutzungsszenarien erläutert werden: In der taktischen Planung des logistischen Netzwerks wird, ausgehend von einem Mengengerüst an im Einsatz befindlichem Material und aus der Nutzungsintensität abgeleiteten Bedarfsprofilen von Ersatzteilen die logistische Systemlast generiert. Hiermit können im Assistenzsystem alternative logistische Konzepte bewertet und optimiert werden. Gleichzeitig eignen sich logistische Assistenzsysteme für die operative Disposition, indem sie die Transparenz über die erwartete Bedarfsdeckung am Bedarfsort erhöhen. Im Fall detektierter Mangelversorgungen können logistische Alternativen oder Reallokationen von Material im Modell mittels Simulation untersucht werden und so bestmögliche und abgesicherte Entscheidungen zur Versorgung am Einsatzort getroffen werden.

Abstacts der Poster Session: Poster B4

Innovative Medizintechnik für einen leistungsfähigen und resilienten Sanitätsdienst

Prof. Dr. Bernhard Elsner und Prof. Dr. Arndt-Peter Schulz, Fraunhofer-Einrichtung für Individualisierte Medizintechnik

Ein leistungsfähiger und resilienter Sanitätsdienst ist für die Durchhaltefähigkeit der Truppe von entscheidender strategischer und taktischer Bedeutung. Der „grüne“ und „weiße“ Sanitätsdienst verwendet moderne und maßgeschneiderte Medizintechnik wie z.B. intelligente Beatmungsgeräte, strahlungsfreie Bildgebung, robotische Chirurgie sowie digitale Unterstützung der medizinischen Dokumentation durch mit KI, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Diese unterliegt – anders als im zivilen Sektor – zusätzlichen speziellen Anforderungen.

Die Fraunhofer-Einrichtung für Individualisierte Medizintechnik IMTE in Lübeck ist die zentrale Brücke zwischen den Streitkräften und der Industrie rund um Medizintechnik und medizinische Informationssysteme. Mit seinen Geschäftsfeldern Prävention, Diagnostik, Therapie und Rehabilitation bildet es die großen Felder des zivilen Gesundheitssystems ab und passt existierende Lösungen für die militärische Nutzung an oder schafft neue, maßgeschneiderte Lösungen für den militärischen Einsatz. Beispielhaft zu nennen sind hier insbesondere Lösungen für die Zivil-militärische Zusammenarbeit, insbesondere im Rahmen der Verlegung von bis zu 1.000 Verwundeten täglich nach Zentraleuropa, mit denen im Rahmen des Verteidigungsfalles an der NATO-Ostflanke zu rechnen wäre. Hier herrscht eine enorme Versorgungslücke, sowohl in der systematischen Erfassung und Integration ziviler Einrichtungen, dem nahtlosen Übergang von Informationen und auch der medizintechnischen Unterstützung der Versorgungskette.

Eine weitere zentrale Herausforderung ergibt sich aus den in Deutschland eingesetzten importierten Medizingeräten. Über sogenannte Backdoors kann ein unbefugter Datenabgriff aber auch eine Fernsteuerung erfolgen. Dies gefährdet die Versorgung von Soldaten und Zivilisten, denn Manipulationen können falsche Vitaldaten oder gefährliche Fehlfunktionen verursachen. Daher sind konsequente Härtung, Überwachung und Schutz vor Cyberangriffen auf Medizintechnik unerlässlich. Eine erfolgreiche Verteidigungsstrategie muss die gesteigerte Leistungsfähigkeit und Resilienz des Sanitätsdienstes durch innovative Medizintechnik berücksichtigen.



Abstracts der Poster Session: Poster B5

Mobile optische Sensoren für die schnelle Dokumentation mit digitalen Zwillingen

Dr. Peter Kühmstedt, Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik

Der handgeführte 3D-Sensor goSCOUT3D des Fraunhofer IOF liefert Entscheidungsträgern in Streitkräften und Verteidigungsindustrie schnell verwertbare, hochaufgelöste digitale Zwillinge von Ausrüstung und Plattformen. Hunderte bis tausende 20-Megapixel-Bildaufnahmen werden innerhalb weniger Minuten erfasst und liefern gemeinsam mit einem daraus rekonstruierten 3D-Modell eine umfangreiche Datenbasis. goSCOUT3D ist für schnelle und mobile Einsätze ausgelegt. Durch eine IMU-gestützte Trajektorienbestimmung während der Aufnahme, ein leuchtstarkes Ringlicht und Live-Vorschau wird eine konsistente Datenqualität erreicht.

Die entstehenden digitalen Zwillinge repräsentieren realitätsnahe Abbilder der echten Objekte.

Die 3D-Modelle und die Vielzahl an 2D-Bildern bieten eine umfangreiche Datenbasis für nachfolgende Analysen. Das Fraunhofer IOF stellt dafür eine einzigartige Methodik bereit, die auf dieser Datengrundlage automatisch KI-gestützte Analysen durchführt.

Drei zentrale Einsatzszenarien ergeben sich daraus:

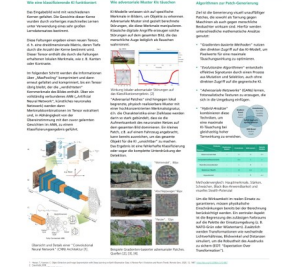
- **Mobil in rauen Umgebungen:** goSCOUT3D wurde bereits in Waldarealen und Unterwasser erprobt und mit Robotern und UAVs kombiniert; der vollständig automatisierte Workflow vom Bild bis zum farb-/texturierten 3D-Modell beschleunigt Entscheidungen im Feld.
- **Schadensanalyse:** Präzise Form-, Farb- und Texturdetails identifizieren Risse, Deformationen und Abrieb und dokumentieren Befunde objektiv, reproduzierbar und revisionssicher.
- **Wartungsplanung:** 3D-Modelle und umfangreiche Bilddatensätze speisen KI-gestützte Zustandsbewertungen, unterstützen Ersatzteilprognosen und priorisieren Instandsetzungsmaßnahmen. Ergebnis: Schnellere, datengetriebene Lagebilder zum Materialzustand, verkürzte Durchlaufzeiten in Inspektion und Reparatur sowie eine robuste Grundlage für Qualitätssicherung und vorausschauende Instandhaltung entlang der gesamten Verteidigungslogistikette.

Abstracts der Poster Session: Poster B6

Decoy-Patches für den Landkampf: Wirksamkeit, Übertragbarkeit und Grenzen

Marcos López Martínez, Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung

Decoy-Patches nutzen Schwächen in Detektoren mit maschinellem Lernen aus, um Klassifikatoren zu täuschen. Am Fraunhofer IOSB untersuchen wir das Potenzial adversarieller Patches, die Detektion von Landfahrzeugen zu täuschen, sowie ihr Potenzial als Täuschkörper für die Landkriegsführung. Die Bewertung der Auffälligkeiten und Detektion von Landfahrzeugen erfolgt mit ALOPEX, einer Eigenentwicklung unserer Forschungsgruppe am Fraunhofer IOSB, die über Jahre getestet und validiert wurde. Die präsentierten Ergebnisse basieren größtenteils auf Daten einer internationalen NATO-Messkampagne mit über 100 Teilnehmenden. Bislang beschränken sich unsere experimentellen Arbeiten auf das sichtbare Spektrum, obwohl der Ansatz auch auf andere Spektralbereiche übertragbar ist. Wir beschreiben eine Methode zur Erzeugung von Decoy-Patches im sichtbaren Bereich unter Verwendung von Surrogatmodelle, die auf RGB-Datensätzen trainiert wurden, und bewerten ihre Übertragbarkeit auf verschiedene Netzwerkarchitekturen und Bildgebungsbedingungen. Auf Grundlage dieser ersten Ergebnisse diskutieren wir die Wirksamkeit von Tarnung und Täuschung, Modellannahmen, Material- und Einsatzbeschränkungen sowie Herausforderungen der spektral- und sensorübergreifenden Übertragbarkeit. Unsere Ergebnisse deuten auf ein vorläufiges, aber vielversprechendes Potenzial zur Täuschung von CNN-basierten Klassifikatoren im sichtbaren Spektrum hin, während theoretische Überlegungen praktische Einschränkungen und mögliche Gegenmaßnahmen für multispektrales Spoofing aufzeigen.



Abstracts der Poster Session: Poster B7

Quantencomputing für Prozessierungs- und Optimierungsaufgaben in der Radarfernerkundung

Dr. Felix Bock und Dr. Timo Felser, HENSOLDT Sensors

Kriegsszenarien der Zukunft erfordern eine schnelle Reaktionsbereitschaft und ein abgestimmtes Zusammenspiel einer Vielzahl an militärischen Systemen. Insbesondere in Gefechtsszenarien, bei der eine Vielzahl an gegnerischen Luft- und Bodeneinheiten operiert, ist eine effiziente Fernaufklärung essenziell. Solche Fernaufklärungssysteme reichen von bodengestützten Radarnetzwerken bis zu bildgebenden Radarsatelliten (SAR). Neue Fähigkeiten und zunehmende Möglichkeiten der Interaktionen der Einzelsysteme machen die Frage nach einer optimalen Nutzung der Systemressourcen zu einem schwierigen, hochdimensionalen Problem. Künstliche Intelligenz wird zunehmend für die zuverlässige Erkennung von feindlichen Einheiten in SAR-Bildern genutzt, und könnte bald an die rechnerischen Grenzen aktueller Computerhardware stoßen.

Die voranschreitende Entwicklung von Quantencomputern verspricht hier in Zukunft eine aussichtsreiche Schlüsseltechnologie zu sein. Quantencomputing stellt ein neues Weltbild in der Berechnung klassisch schwer zu lösender Probleme dar, das auf Prinzipien wie Superposition oder Verschränkung beruht. Um von Quantencomputern für reale Anwendungen zu profitieren, müssen innovative quantenalgorithmische Konzepte und Verfahren entwickelt werden.

Wir präsentieren für Quantencomputing geeignete Lösungsansätze für zwei Anwendungen in der Fernaufklärung: Die Optimierung für ein Radar-Ressourcen-Management-Problem und die robuste Objekterkennung in SAR-Bildern. Ein zentrales Element hierbei bilden Tensor-Netzwerke. Diese lassen sich auf klassischen Computern umsetzen, können aber auch direkt in Quantenschaltkreise übersetzt werden. Wir evaluieren Ergebnisse für skalierte Testprobleme auf emulierten und realen Quantencomputern.

Abstracts der Poster Session: Poster B8

Von Simulation zu Feldtests: Integrierte Resilienz erneuerbarer Energiesysteme im hybriden Bedrohungskontext

Dr. Enrique Kremers, IABG

Im Zuge der Energiewende verwandeln sich unsere europäischen Strom- und Energiesysteme zu hochgradig dezentralen, digitalisierten Netzen. Der wachsende Anteil erneuerbarer Erzeugungsquellen, die steigenden Belastungen durch zunehmende elektrifizierte Mobilität und Wärme, sowie die aufkommenden energieintensiven Rechenleistungsbedarfe für KI-Anwendungen erhöhen die Volatilität und stellen neue Anforderungen an Stabilität und Resilienz. Gleichzeitig nimmt die hybride Bedrohungslage zu: simultane Kombination aus Cyberangriffen, physischer Sabotage und Desinformationskampagnen gefährden kritische Infrastruktur.

Der vorgestellte Ansatz adressiert diesen komplexen Kontext ganzheitlich über verschiedene Ebenen. Auf Systemebene berücksichtigen sektorübergreifende Risiko- und Resilienzanalysen für verschiedene Rahmenszenare die Wechselwirkungen zwischen Energie-, Kommunikations- und Logistiknetzen. Simulationen bilden hybride Szenare sowie cyber-physische Angriffspfade ab. Der Transfer militärischer Wargaming-Konzepte in den zivilen Energiesektor erfolgt durch Table Top Exercises wie Nordic Pine 2025. In dieser NATO Übung spielten 160 Teilnehmende aus Energieversorgern und KRITIS-Betreibern einen simulierten Angriff auf die nordöstliche Flanke nach und testeten so die militärisch-zivile Widerstandsfähigkeit erneuerbarer Energiesysteme. Die gewonnenen Erkenntnisse unterstützen den Ausbau systemischer Schutz- und Wiederanlaufstrategien.

Auf Objekt- und Komponentenebene dienen spezifisch für die jeweiligen Szenare abgeleitete Hochrisiko-Testverfahren (ballistisch, explosiv, thermisch) zur Untersuchung des Verhaltens von kritischen Energiesystemkomponenten wie Batterien oder Wasserstoffsystemen im Katastrophenfall auf der einen Seite und dem Nachweis der strukturellen Integrität infrastruktureller Komponenten auf der anderen Seite. Auf dieser Basis werden strukturierte, modellbasierte Analysen durchgeführt, die sowohl den Schutz einzelner Komponenten als auch die Überlebensfähigkeit der übergeordneten Systeme quantifizieren.

Die durchgängige Kombination aus Analyse, Simulation, Training und Tests und stärkt die Robustheit kritischer Energieinfrastrukturen gegen hybride Bedrohungen und damit die Versorgungssicherheit einer elektrifizierten Welt.



Abstracts der Poster Session: Poster B9

HiL Experimental-Labor für unbemannte Systeme

Marc Öhlknecht, IABG

Die kurzen Entwicklungszyklen, wie wir sie in der Ukraine sehen, zeigen, dass unbemannte Systeme nicht mehr jahrelang entwickelt, optimiert und erprobt werden können. Nahezu täglich drängen neue Anbieter auf den Markt, die oft mit „battle proven“-Produkten werben, da sie ihre Systeme der Ukraine zur Verfügung stellen. Diese Aussagen sind meist schwer belegbar, auch aus Gründen der Geheimhaltung. Hier setzt das „HiL Experimental-Labor für unbemannte Systeme“ an. Ziel ist es, Funktionen und Anforderungen schnell und einheitlich, in einem ersten Schritt für Landsysteme nachzuweisen und zu vergleichen. Dabei soll auch eine Klassifizierung der Geländegängigkeit erfolgen. Dafür wird eine Testlandschaft mit genormten Szenarien (z. B. Straße) und Testgelände geschaffen. Die „Trierer Mobilitätsklassierung“ dient als Grundlage für die Fahrzeug-Geländeeinstufung. Für unbemannte Bodensysteme (UGV) existiert noch keine vergleichbare Vorlage. Ein hierfür geschaffener Geländebereich orientiert sich an der Trierer Klassifizierung und soll diese Lücke schließen. Spezifische Prüfvignetten können aber auch mit dem Auftraggeber erstellt werden. Dies ist wichtig, da reale Test, z.B. in Kriegsgebieten, oft nicht umsetzbar oder zeitaufwendig sind, zudem steigt der organisatorische Aufwand mit der Anzahl der zu testenden Systeme.

Zur realitätsnäheren Bewertung kann das System um einen digitalen Zwilling erweitert werden. Zusammen mit der HiL-Testplattform können so schnelle und effiziente Beurteilungen von unbemannten Systemen erfolgen.

Dieses Vorgehen bietet den Vorteil, dass es dem öffentlichen Auftraggeber ermöglicht anhand der erhaltenen Daten eine Auswahl, der für ihn relevanten Systemen, treffen zu können. Die Zahl der Testkampagnen kann so u. U. ebenfalls reduziert werden, was die Effizienz weiter steigert, Zeit spart und Ressourcen schont.



EMPOWERING DEFENCE **IABG**

HiL-Testbed for UGV / UXS
Your Partner for Testing, Validation and Verification.

Kernmerkmale

- Flexible und modulare Integration von Autonomie-Kit
- Erprobung von unbemannten Systemen in realistischer Einsatzumgebung
- Nutzung der Testumgebung als Kern der integrierten Nachweisführung

Mehrwert

- Frühzeitige Verifikation von Software Releases
- Beschleunigung der Entwicklungszyklen
- Reduktion von Risiken und Kosten

Metaszenario

- Simulation von unbemannten Systemen in realistischer Einsatzumgebung
- Integration der Testumgebung in die Testumgebung
- Integration der Testumgebung in die Testumgebung
- Integration der Testumgebung in die Testumgebung

Vorgehensweise

- Anforderungen an das System
- Anforderungen an das System
- Anforderungen an das System
- Anforderungen an das System
- Anforderungen an das System

HiL-Testbed

- HiL-Testbed
- HiL-Testbed
- HiL-Testbed
- HiL-Testbed
- HiL-Testbed

Ziel

- Reduktion von Risiken und Kosten
- Reduktion von Risiken und Kosten
- Reduktion von Risiken und Kosten
- Reduktion von Risiken und Kosten
- Reduktion von Risiken und Kosten

More Information

Abstacts der Poster Session: Poster B10

Analyse der integrierbaren Überlebensfähigkeit geschützter Plattformen

Sebastian Johannes Waßmuth und Dr. Albrecht Bongartz, IABG

Dieser Beitrag befasst sich mit der detaillierten Analyse von Schutz- und Überlebensfähigkeit geschützter Plattformen angesichts der komplexen, aktuellen und zukünftigen Bedrohungslage, insbesondere durch Drohne, Loitering Munition oder HEAT. Das Ziel dieser Bewertung ist, die Auswirkungen dieser Bedrohungen bezüglich des Schutzes und der Verwundbarkeit zu ermitteln und die Möglichkeiten zur Steigerung der Überlebensfähigkeit geschützter Plattformen sowie deren Insassen aufzuzeigen.

Die einzelnen Schritte dieser Vorgehensweise werden strukturiert entlang der „Schutz-zwiebel“ vorgestellt:

1. Zunächst werden aus festgelegten Einsatzszenarien spezifische, technische Bedrohungen abgeleitet.
2. Auf dieser Grundlage erfolgt die Analyse von Schutztechnologien (teilweise experimentell) und die Ermittlung ihrer potenziellen Auswirkungen bei der Systemintegration.
3. Anschließend werden konkrete Konzepte für die zu betrachtenden Plattformen entworfen und mithilfe eines 3D-Modells hinsichtlich Schutz und Verwundbarkeit analysiert.
4. Es wird die Nutzung von Ingenieurtools und Simulationswerkzeugen, darunter Ge-FaMoS (Generisches Fahrzeugmodell Schutz) und das Universelle Verwundbarkeitsmodell (UniVeMo, UniVeMo Light (UVM)), gezeigt, die teilweise im Rahmen von F&T-Vorhaben entwickelt wurden, um das Schutzniveau und die Verwundbarkeit des Systems quantitativ zu bestimmen. Ein grundlegendes Verständnis der Wirkmechanismen und die quantitative Bewertung der Wirkung im Ziel sind Voraussetzungen, um ein Optimum hinsichtlich einer effektiven und effizienten Lösung zu erzielen. Die vorgestellten Analyseergebnisse bilden die Grundlage für Auswahlentscheidungen mit Schwerpunkt auf integrierbarer Überlebensfähigkeit. Abschließend illustriert der Vortrag den Entwicklungsstand der Anwendungen anhand von Projekt-Beispielen.

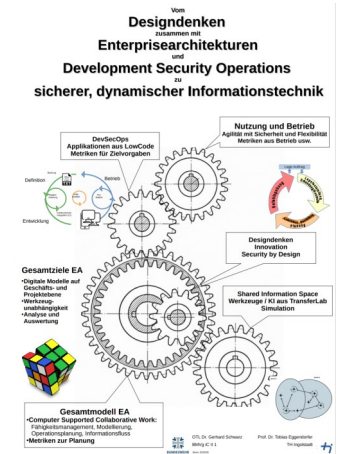


Abstacts der Poster Session: Poster B11

Vom Designdenken zusammen mit Enterprisearchitekturen und DevSecOps zu sicherer, dynamischer Informationstechnik

Oberstleutnant Dr. Gerhard Schwarz

Military Design Thinking (MDT) – inspiriert von „Führen mit Auftrag“ und „SenseMaking“ – hilft, komplexe Herausforderungen im militärischen und zivilen Umfeld zu lösen. Um die Schnelligkeit und Dynamik von MDT in die IT und Organisation zu übertragen, schlagen die Autoren vor, MDT mit Enterprise Architecture (EA) zu verknüpfen. So fließen MDT-Ergebnisse direkt in die EA ein, und regulatorische Aspekte wie Datenschutz oder Sicherheit können über Metriken früh berücksichtigt werden. Der „Shared Information Space“ dient als Kollaborationsplattform und verbindet MDT agil mit EA, sodass Ergebnisse sofort nutzbar sind. Durch kontinuierliche Fortschreibung in der EA entstehen IT-Lösungen im Sinne von Model Driven Design, deren Mehrwert (Funktion, Nutzen, Sicherheit) sofort simuliert und validiert werden kann. Zudem lässt sich DevSecOps integrieren, um Sicherheit von Anfang an zu berücksichtigen und mit LowCode in den IT-Betrieb zu überführen. Die Kombination von MDT und EA ermöglicht somit schnelle, reibungslose Innovationen – ohne Zeitverlust durch Medienbrüche.



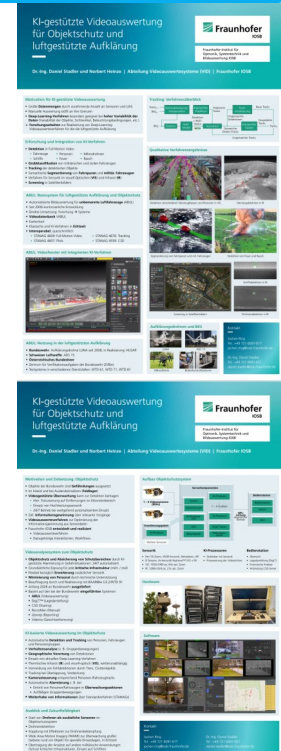
Abstracts der Poster Session: Poster B12

KI-gestützte Videoauswertung für Objektschutz und luftgestützte Aufklärung

Dr. Daniel Stadler, Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung

Der erstmalige flächendeckende Einsatz von Drohnen im Krieg in der Ukraine hat aufgezeigt, welche neuen Bedarfe sowohl bei der Auswertung von Sensordaten der Drohnen als auch beim Objektschutz relevant sind und welche Herausforderungen dringend zu lösen sind. In unserem Vortrag wird ein Einblick in unsere aktuelle Forschung im Bereich der KI-gestützten Bild- und Videoauswertung gegeben. Dabei wird deren Anwendung u. a. mit aktuellen Daten aus dem Ukraine-Krieg präsentiert und es werden qualitative Verfahrensergebnisse gezeigt. Insbesondere wird auf die folgenden Themen eingegangen:

- Herausforderungen und Lösungsansätze bei Entwicklung und Einsatz von Deep Learning-Verfahren
- Aktuelle-KI-gestützte Detektions- und Klassifikationsverfahren im visuell Optischen und Infrarot
- KI-basierte Trackingverfahren mit Re-Identifikation
- Anwendungen im Objektschutz und in der luftgestützten Aufklärung



Abstracts der Poster Session: Poster B13

Logistik als strategischer Erfolgsfaktor: Technologien, Methoden und Planungsansätze für zukunftsfähige militärische und industrielle Logistikkonzepte

Sandro Claus, LOGSOL und Christoph Kaufmann, BVL

Logistik ist ein zentraler Wirkfaktor moderner Streitkräfte und entscheidend für ihre Verteidigungs- und Einsatzfähigkeit. Die jüngsten Ereignisse im russischen Angriffskrieg gegen die Ukraine zeigen exemplarisch, wie logistische Defizite operative Überlegenheit zunichtemachen können. Der im Frühjahr 2022 auf ca. 60 km Länge gestoppte russische Großkonvoi demonstriert eindrücklich, dass technologische und organisatorische Schwächen in Versorgung, Transport und Materialfluss unmittelbare operative Auswirkungen entfalten können.

Der vorgeschlagene Vortrag analysiert vor diesem Hintergrund, wie moderne industrielle Logistiktechnologien – darunter u.a. automatisierte Lager- und Kommissioniersysteme (z. B. AutoStore, Shuttle, Mini-Load), autonome mobile Roboter sowie digital unterstützte Planungsmethoden – zur Robustheit, Skalierbarkeit und Resilienz militärischer Logistik beitragen können. Auf Basis eines logistischen Standardplanungsprojekttablaufs werden methodische Vorgehensweisen zur Planung, Bewertung und Umsetzung logistischer Systeme vorgestellt, die sowohl in industriellen und wehrtechnischen-industriellen Kontexten als auch im militärischen Umfeld genutzt werden.



Abstracts der Poster Session: Poster B14

Simulation of missions with autonomy support

Clemens Habedank, MORAI

Streitkräfte weltweit setzen zunehmend auf autonome Systeme, um Missionen sicherer, effizienter und anpassungsfähiger zu machen. Diese Systeme reichen von autonomen Unterstützungsfahrzeugen für bemannte Plattformen („Loyal Wingman“) und unbemannten Minenräumfahrzeugen bis hin zu kooperativen Missionen im bemannt–unbemannten Teaming (MUM-T). Die Entwicklung solcher Systeme ist technisch komplex, da KI-gestützte Wahrnehmungs- und Entscheidungsalgorithmen in dynamischen Umgebungen zuverlässig arbeiten müssen – oft mit eingeschränkter Kommunikation, um Verwundbarkeiten wie Jamming oder Spoofing zu vermeiden.

Modellierung und Simulation spielen eine entscheidende Rolle bei der Beschleunigung der Entwicklung, der Risikominimierung und der frühen Validierung. MORAI und ANSYS haben gemeinsam einen Technologiedemonstrator entwickelt, der das Potenzial simulationsbasierter Entwicklung für Verteidigungsanwendungen aufzeigt. In einer virtuellen Offroad-Umgebung können autonome Systeme unter realistischen und vielfältigen Bedingungen getestet werden: Die Technologie von MORAI unterstützt die Erstellung und Visualisierung hochdetaillierter Offroad-Umgebungen sowie ein intuitives Szenariodesign. Die Co-Simulation mit hochpräzisen Sensormodellen von ANSYS ermöglicht die Erzeugung realistischer Sensordaten, die direkt in die Entwicklung und Validierung von Fahrzeugentscheidungs- und Steuerungssystemen einfließen können.

Mit umfassender Erfahrung im südkoreanischen Verteidigungssektor und einer wachsenden Präsenz in Europa, insbesondere in München, ist MORAI ein starker Partner für die Entwicklung komplexer autonomer und MUM-T-Systeme. ANSYS ergänzt diese Expertise durch jahrzehntelange Führungsrolle im modellbasierten Systems Engineering und in der physikbasierten Simulation – gemeinsam treiben sie die nächste Generation autonomer Verteidigungstechnologien voran.



Abstacts der Poster Session: Poster B15

Funktests sofort – in zivilen Testhäusern: Von MIL-Standards bis zu speziellen Vermessungen zirkular polarisierter Antennen und Funk-Koexistenzbewertungen

Dr. Peter Nevermann, IB-Lenhardt AG

Es ist inzwischen klageworden, dass schnell verfügbare Lösungen „von der Stange“ hilfreich sein können um neue Geräte schneller zu entwickeln. Dazu gehört auch das entwicklungsbegleitende Testen von Funkgeräten aller Art bzw. die zugehörigen Abnahmetests. Funk umfasst hier: Kommunikation, Radar, Jammer, bzw. die Abwehr von diesen, Funk-Koexistenz und auch hochdynamische Funkstörungen. Dieser Vortrag soll zeigen, dass kommerzielle Testhäuser bereits heute ohne größere Umbauten in der Lage sind, Testaufgaben quasi sofort zu übernehmen. Auch das Thema Geheimhaltung ist – entgegen einer landläufigen Meinung auch im zivilen Bereich sehr wohl ein bekanntes und gelöstes Thema. Konkret wird gezeigt was im Bereich Antennenmessung möglich ist: u.a.:

- Vermessung zirkulare polarisierte Antennen im VHF-Bereich in einer „umgebauten“ EMV-Halle,
- Vermessung von Antennen, die an einer (größeren) Drohne installiert sind
- Und Vermessung von Radar Beams im hohen GHz Bereich.

Zusätzlich soll drauf eingegangen werden, warum die in manchen Testhäusern vorhandene Erfahrung mit der ANSI C63.27 (American National Standard for Evaluation of Wireless Coexistence: – ein Standard, der eigentlich für Medizingeräte gefordert ist)

- für die Bewertung von Funkstörungen-Vermeidungs Algorithmen nützlich ist.

Auch haben Testhäuser Möglichkeiten vorhanden HF-Leistungsverstärker so zu verwenden, dass

- z.B. auch Belastungstest an Subsystem möglich sind, die mehrere gleichzeitig anliegenden Störsignale mit verschiedenen Frequenzen erfordern.

Am Ende wollen wir kurz darstellen, was in den Testhäusern mit etwas Aufwand kurzfristig aufgebaut werden könnte oder was langfristig möglich wäre:

- Nutzung von Basisstationssimulatoren, die SW defined Radios darstellen, für Tests an Militär spezifische Funksystemen, und
- Aufbau größerer Hallen um auch große und schwere Gerät komplett vermessen zu können.

Test Sofort / Zivile Testhäuser
EMV / Funk / Kommunikation / RADAR

Das Thema: Sofort verfügbare Lösungen
Schnell verfügbare Lösungen: „von der Stange“ können helfen sein, um neue Geräte schneller zu entwickeln. Dazu gehört auch das entwicklungsbegleitende Testen von Funkgeräten aller Art bzw. die zugehörigen Tests- und EMV-Abnahmetests. Das Thema Funk umfasst hier: Kommunikation, Radar, Jammer, bzw. die Abwehr von diesen, Funk-Koexistenz und auch hochdynamische Funkstörungen. Durch die rasche Entwicklung der Funktechnik auch im zivilen Sektor (Smartphone, IoT, 5G und 6G) gibt es zunehmend mehr zivile Testhäuser, die für militärische Projekte interessant werden.

Anforderung: Es gibt verschiedene Arten von Testhäusern:
• Typ A: Kleine, aber voll
• Typ B: (Leistung) über mehrere
• Typ C: (Leistung) über mehrere
• Typ D: (Leistung) über mehrere

Vorteile:
• Hohe Flexibilität: Die Testhäuser können schnell umgebaut werden, um neue Geräte schneller zu entwickeln. Dazu gehört auch das entwicklungsbegleitende Testen von Funkgeräten aller Art bzw. die zugehörigen Tests- und EMV-Abnahmetests. Das Thema Funk umfasst hier: Kommunikation, Radar, Jammer, bzw. die Abwehr von diesen, Funk-Koexistenz und auch hochdynamische Funkstörungen. Durch die rasche Entwicklung der Funktechnik auch im zivilen Sektor (Smartphone, IoT, 5G und 6G) gibt es zunehmend mehr zivile Testhäuser, die für militärische Projekte interessant werden.

Technische Know-How für zivile Testhäuser:
• **Typ A:** Kleine, aber voll
• **Typ B:** (Leistung) über mehrere
• **Typ C:** (Leistung) über mehrere
• **Typ D:** (Leistung) über mehrere

Ausstattung: Das erfordert auch Typ B und eine
• **Typ A:** Kleine, aber voll
• **Typ B:** (Leistung) über mehrere
• **Typ C:** (Leistung) über mehrere
• **Typ D:** (Leistung) über mehrere

Verfügbarkeit: Es gibt Testhäuser, die von z.B. der
• **Typ A:** Kleine, aber voll
• **Typ B:** (Leistung) über mehrere
• **Typ C:** (Leistung) über mehrere
• **Typ D:** (Leistung) über mehrere

LENHARDT
RESEARCH & TECHNOLOGY

Typ A
• **Typ A:** Kleine, aber voll
• **Typ B:** (Leistung) über mehrere
• **Typ C:** (Leistung) über mehrere
• **Typ D:** (Leistung) über mehrere

Typ B
• **Typ B:** (Leistung) über mehrere
• **Typ C:** (Leistung) über mehrere
• **Typ D:** (Leistung) über mehrere

Typ C
• **Typ C:** (Leistung) über mehrere
• **Typ D:** (Leistung) über mehrere

Typ D
• **Typ D:** (Leistung) über mehrere

Test Sofort / Zivile Testhäuser
EMV / Funk / Kommunikation / RADAR

Was gibt heute schon? (SOFORT)
• **Typ A:** Kleine, aber voll
• **Typ B:** (Leistung) über mehrere
• **Typ C:** (Leistung) über mehrere
• **Typ D:** (Leistung) über mehrere

Technische Know-How für zivile Testhäuser:
• **Typ A:** Kleine, aber voll
• **Typ B:** (Leistung) über mehrere
• **Typ C:** (Leistung) über mehrere
• **Typ D:** (Leistung) über mehrere

Ausstattung: Das erfordert auch Typ B und eine
• **Typ A:** Kleine, aber voll
• **Typ B:** (Leistung) über mehrere
• **Typ C:** (Leistung) über mehrere
• **Typ D:** (Leistung) über mehrere

Verfügbarkeit: Es gibt Testhäuser, die von z.B. der
• **Typ A:** Kleine, aber voll
• **Typ B:** (Leistung) über mehrere
• **Typ C:** (Leistung) über mehrere
• **Typ D:** (Leistung) über mehrere

LENHARDT
RESEARCH & TECHNOLOGY

Typ A
• **Typ A:** Kleine, aber voll
• **Typ B:** (Leistung) über mehrere
• **Typ C:** (Leistung) über mehrere
• **Typ D:** (Leistung) über mehrere

Typ B
• **Typ B:** (Leistung) über mehrere
• **Typ C:** (Leistung) über mehrere
• **Typ D:** (Leistung) über mehrere

Typ C
• **Typ C:** (Leistung) über mehrere
• **Typ D:** (Leistung) über mehrere

Typ D
• **Typ D:** (Leistung) über mehrere

Abstacts der Poster Session: Poster B16

Partikelfilter-basierte Multi-Sensor Fusion für robuste Lagebilder

Nils Hanßen, Schönhofer Sales & Engineering und Dr. Martin Ulmke, Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie

Moderne Sicherheits- und Verteidigungsoperationen müssen aus heterogenen, unvollständigen oder gestörten Sensordaten belastbare Lagebilder ableiten. Besonders anspruchsvoll ist die Ortung bei reinen Peilungen ohne Reichweiteninformation („bearings-only“).

Der Beitrag stellt eine Fusion Engine vor, die gemeinsam vom Fraunhofer FKIE und der Schönhofer Sales and Engineering GmbH entwickelt wird. Die Engine verarbeitet Peilungen unterschiedlicher Sensoren mittels Partikelfilter und verdichtet sie zu präzisen Ortungen. Die Methodik der Zustandsschätzung erlaubt Nicht-Linearitäten, kompensiert statistisch Falschalarme und Nicht-Detektionen und ermöglicht hohe Flexibilität und breite Einsatzbarkeit in Land-, See- und Luftzenarien. Dynamikmodelle für fahrende, schwimmende und fliegende Objekte bilden Mehrdeutigkeiten realitätsnah ab und erhöhen so die Robustheit gegenüber Ausreißern und potenziellen Täuschungen.

Wir beschreiben Algorithmik, Schnittstellen und Architektur, die für Interoperabilität mit bestehenden Aufklärungssystemen und für verteilte Sensornetze optimiert sind. Zentrale Merkmale sind der modulare Aufbau und die cloud-native Auslegung: Sie erleichtern Erweiterungen, die Anpassung an neue Einsatzszenarien sowie horizontale Skalierung und resilienten Betrieb. Der Einsatz von Partikelfiltern erlaubt auch die zukünftige Berücksichtigung von weiteren Kontextinformationen wie etwa Geländebeschaffenheiten und Line-of-Sight-Analysen. Evaluierungen in Simulationen und repräsentativen Einsatzlagen belegen Genauigkeitsgewinne und schnellere Konvergenz der Ortung durch die Fusion Engine.

Das Thema ist für angewandte Forschung in Deutschland besonders relevant, da robuste Multisensor-Fusion die Grundlage für Lagebilder in Verteidigung, Grenzschutz und beim Schutz kritischer Infrastrukturen bildet. Der Beitrag aus Forschungs- und Industriekooperation verbindet wissenschaftliche Tiefe mit Einsatzreife. Wir adressieren Leistungskennzahlen, Rechenaufwand, Erklärbarkeit sowie sichere, skalierbare Systemintegration. Abschließend skizzieren wir Erweiterungen und laden zur Diskussion über Interoperabilität und Standards ein. Zielgruppe sind Forscher, Praktiker und Behörden der deutschen Sicherheits- und Verteidigungsdomänen.

Partikelfilter-basierte Multi-Sensor Fusion für robuste Lagebilder

Nils Hanßen, Schönhofer Sales & Engineering und Dr. Martin Ulmke, Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie

1 Problemstellung
Derzeit werden Messungen (BSP. Peilungen) aus heterogenen, unvollständigen oder gestörten Sensordaten zu belastbaren Lagebildern verarbeitet. Besonders anspruchsvoll ist die Ortung bei reinen Peilungen ohne Reichweiteninformation („bearings-only“).

Der Beitrag stellt eine Fusion Engine vor, die gemeinsam vom Fraunhofer FKIE und der Schönhofer Sales and Engineering GmbH entwickelt wird. Die Engine verarbeitet Peilungen unterschiedlicher Sensoren mittels Partikelfilter und verdichtet sie zu präzisen Ortungen. Die Methodik der Zustandsschätzung erlaubt Nicht-Linearitäten, kompensiert statistisch Falschalarme und Nicht-Detektionen und ermöglicht hohe Flexibilität und breite Einsatzbarkeit in Land-, See- und Luftzenarien. Dynamikmodelle für fahrende, schwimmende und fliegende Objekte bilden Mehrdeutigkeiten realitätsnah ab und erhöhen so die Robustheit gegenüber Ausreißern und potenziellen Täuschungen.

Wir beschreiben Algorithmik, Schnittstellen und Architektur, die für Interoperabilität mit bestehenden Aufklärungssystemen und für verteilte Sensornetze optimiert sind. Zentrale Merkmale sind der modulare Aufbau und die cloud-native Auslegung: Sie erleichtern Erweiterungen, die Anpassung an neue Einsatzszenarien sowie horizontale Skalierung und resilienten Betrieb.

Der Einsatz von Partikelfiltern erlaubt auch die zukünftige Berücksichtigung von weiteren Kontextinformationen wie etwa Geländebeschaffenheiten und Line-of-Sight-Analysen. Evaluierungen in Simulationen und repräsentativen Einsatzlagen belegen Genauigkeitsgewinne und schnellere Konvergenz der Ortung durch die Fusion Engine.

Das Thema ist für angewandte Forschung in Deutschland besonders relevant, da robuste Multisensor-Fusion die Grundlage für Lagebilder in Verteidigung, Grenzschutz und beim Schutz kritischer Infrastrukturen bildet. Der Beitrag aus Forschungs- und Industriekooperation verbindet wissenschaftliche Tiefe mit Einsatzreife. Wir adressieren Leistungskennzahlen, Rechenaufwand, Erklärbarkeit sowie sichere, skalierbare Systemintegration. Abschließend skizzieren wir Erweiterungen und laden zur Diskussion über Interoperabilität und Standards ein. Zielgruppe sind Forscher, Praktiker und Behörden der deutschen Sicherheits- und Verteidigungsdomänen.

Der Beitrag stellt eine Fusion Engine vor, die gemeinsam vom Fraunhofer FKIE und der Schönhofer Sales and Engineering GmbH entwickelt wird. Die Engine verarbeitet Peilungen unterschiedlicher Sensoren mittels Partikelfilter und verdichtet sie zu präzisen Ortungen. Die Methodik der Zustandsschätzung erlaubt Nicht-Linearitäten, kompensiert statistisch Falschalarme und Nicht-Detektionen und ermöglicht hohe Flexibilität und breite Einsatzbarkeit in Land-, See- und Luftzenarien. Dynamikmodelle für fahrende, schwimmende und fliegende Objekte bilden Mehrdeutigkeiten realitätsnah ab und erhöhen so die Robustheit gegenüber Ausreißern und potenziellen Täuschungen.

Wir beschreiben Algorithmik, Schnittstellen und Architektur, die für Interoperabilität mit bestehenden Aufklärungssystemen und für verteilte Sensornetze optimiert sind. Zentrale Merkmale sind der modulare Aufbau und die cloud-native Auslegung: Sie erleichtern Erweiterungen, die Anpassung an neue Einsatzszenarien sowie horizontale Skalierung und resilienten Betrieb.

Der Einsatz von Partikelfiltern erlaubt auch die zukünftige Berücksichtigung von weiteren Kontextinformationen wie etwa Geländebeschaffenheiten und Line-of-Sight-Analysen. Evaluierungen in Simulationen und repräsentativen Einsatzlagen belegen Genauigkeitsgewinne und schnellere Konvergenz der Ortung durch die Fusion Engine.

Das Thema ist für angewandte Forschung in Deutschland besonders relevant, da robuste Multisensor-Fusion die Grundlage für Lagebilder in Verteidigung, Grenzschutz und beim Schutz kritischer Infrastrukturen bildet. Der Beitrag aus Forschungs- und Industriekooperation verbindet wissenschaftliche Tiefe mit Einsatzreife. Wir adressieren Leistungskennzahlen, Rechenaufwand, Erklärbarkeit sowie sichere, skalierbare Systemintegration. Abschließend skizzieren wir Erweiterungen und laden zur Diskussion über Interoperabilität und Standards ein. Zielgruppe sind Forscher, Praktiker und Behörden der deutschen Sicherheits- und Verteidigungsdomänen.

Der Beitrag stellt eine Fusion Engine vor, die gemeinsam vom Fraunhofer FKIE und der Schönhofer Sales and Engineering GmbH entwickelt wird. Die Engine verarbeitet Peilungen unterschiedlicher Sensoren mittels Partikelfilter und verdichtet sie zu präzisen Ortungen. Die Methodik der Zustandsschätzung erlaubt Nicht-Linearitäten, kompensiert statistisch Falschalarme und Nicht-Detektionen und ermöglicht hohe Flexibilität und breite Einsatzbarkeit in Land-, See- und Luftzenarien. Dynamikmodelle für fahrende, schwimmende und fliegende Objekte bilden Mehrdeutigkeiten realitätsnah ab und erhöhen so die Robustheit gegenüber Ausreißern und potenziellen Täuschungen.

Wir beschreiben Algorithmik, Schnittstellen und Architektur, die für Interoperabilität mit bestehenden Aufklärungssystemen und für verteilte Sensornetze optimiert sind. Zentrale Merkmale sind der modulare Aufbau und die cloud-native Auslegung: Sie erleichtern Erweiterungen, die Anpassung an neue Einsatzszenarien sowie horizontale Skalierung und resilienten Betrieb.

Der Einsatz von Partikelfiltern erlaubt auch die zukünftige Berücksichtigung von weiteren Kontextinformationen wie etwa Geländebeschaffenheiten und Line-of-Sight-Analysen. Evaluierungen in Simulationen und repräsentativen Einsatzlagen belegen Genauigkeitsgewinne und schnellere Konvergenz der Ortung durch die Fusion Engine.

Das Thema ist für angewandte Forschung in Deutschland besonders relevant, da robuste Multisensor-Fusion die Grundlage für Lagebilder in Verteidigung, Grenzschutz und beim Schutz kritischer Infrastrukturen bildet. Der Beitrag aus Forschungs- und Industriekooperation verbindet wissenschaftliche Tiefe mit Einsatzreife. Wir adressieren Leistungskennzahlen, Rechenaufwand, Erklärbarkeit sowie sichere, skalierbare Systemintegration. Abschließend skizzieren wir Erweiterungen und laden zur Diskussion über Interoperabilität und Standards ein. Zielgruppe sind Forscher, Praktiker und Behörden der deutschen Sicherheits- und Verteidigungsdomänen.

Der Beitrag stellt eine Fusion Engine vor, die gemeinsam vom Fraunhofer FKIE und der Schönhofer Sales and Engineering GmbH entwickelt wird. Die Engine verarbeitet Peilungen unterschiedlicher Sensoren mittels Partikelfilter und verdichtet sie zu präzisen Ortungen. Die Methodik der Zustandsschätzung erlaubt Nicht-Linearitäten, kompensiert statistisch Falschalarme und Nicht-Detektionen und ermöglicht hohe Flexibilität und breite Einsatzbarkeit in Land-, See- und Luftzenarien. Dynamikmodelle für fahrende, schwimmende und fliegende Objekte bilden Mehrdeutigkeiten realitätsnah ab und erhöhen so die Robustheit gegenüber Ausreißern und potenziellen Täuschungen.

Wir beschreiben Algorithmik, Schnittstellen und Architektur, die für Interoperabilität mit bestehenden Aufklärungssystemen und für verteilte Sensornetze optimiert sind. Zentrale Merkmale sind der modulare Aufbau und die cloud-native Auslegung: Sie erleichtern Erweiterungen, die Anpassung an neue Einsatzszenarien sowie horizontale Skalierung und resilienten Betrieb.

Der Einsatz von Partikelfiltern erlaubt auch die zukünftige Berücksichtigung von weiteren Kontextinformationen wie etwa Geländebeschaffenheiten und Line-of-Sight-Analysen. Evaluierungen in Simulationen und repräsentativen Einsatzlagen belegen Genauigkeitsgewinne und schnellere Konvergenz der Ortung durch die Fusion Engine.

Das Thema ist für angewandte Forschung in Deutschland besonders relevant, da robuste Multisensor-Fusion die Grundlage für Lagebilder in Verteidigung, Grenzschutz und beim Schutz kritischer Infrastrukturen bildet. Der Beitrag aus Forschungs- und Industriekooperation verbindet wissenschaftliche Tiefe mit Einsatzreife. Wir adressieren Leistungskennzahlen, Rechenaufwand, Erklärbarkeit sowie sichere, skalierbare Systemintegration. Abschließend skizzieren wir Erweiterungen und laden zur Diskussion über Interoperabilität und Standards ein. Zielgruppe sind Forscher, Praktiker und Behörden der deutschen Sicherheits- und Verteidigungsdomänen.

Der Beitrag stellt eine Fusion Engine vor, die gemeinsam vom Fraunhofer FKIE und der Schönhofer Sales and Engineering GmbH entwickelt wird. Die Engine verarbeitet Peilungen unterschiedlicher Sensoren mittels Partikelfilter und verdichtet sie zu präzisen Ortungen. Die Methodik der Zustandsschätzung erlaubt Nicht-Linearitäten, kompensiert statistisch Falschalarme und Nicht-Detektionen und ermöglicht hohe Flexibilität und breite Einsatzbarkeit in Land-, See- und Luftzenarien. Dynamikmodelle für fahrende, schwimmende und fliegende Objekte bilden Mehrdeutigkeiten realitätsnah ab und erhöhen so die Robustheit gegenüber Ausreißern und potenziellen Täuschungen.

Wir beschreiben Algorithmik, Schnittstellen und Architektur, die für Interoperabilität mit bestehenden Aufklärungssystemen und für verteilte Sensornetze optimiert sind. Zentrale Merkmale sind der modulare Aufbau und die cloud-native Auslegung: Sie erleichtern Erweiterungen, die Anpassung an neue Einsatzszenarien sowie horizontale Skalierung und resilienten Betrieb.

Der Einsatz von Partikelfiltern erlaubt auch die zukünftige Berücksichtigung von weiteren Kontextinformationen wie etwa Geländebeschaffenheiten und Line-of-Sight-Analysen. Evaluierungen in Simulationen und repräsentativen Einsatzlagen belegen Genauigkeitsgewinne und schnellere Konvergenz der Ortung durch die Fusion Engine.

Das Thema ist für angewandte Forschung in Deutschland besonders relevant, da robuste Multisensor-Fusion die Grundlage für Lagebilder in Verteidigung, Grenzschutz und beim Schutz kritischer Infrastrukturen bildet. Der Beitrag aus Forschungs- und Industriekooperation verbindet wissenschaftliche Tiefe mit Einsatzreife. Wir adressieren Leistungskennzahlen, Rechenaufwand, Erklärbarkeit sowie sichere, skalierbare Systemintegration. Abschließend skizzieren wir Erweiterungen und laden zur Diskussion über Interoperabilität und Standards ein. Zielgruppe sind Forscher, Praktiker und Behörden der deutschen Sicherheits- und Verteidigungsdomänen.

Abstracts der Poster Session: Poster B17

Radio Access Drone - 3D-Mesh

Lars Heilenkötter, Triopt

Die Radio Access Drone (RAD) fungiert als fliegendes Remote Radio Head und wird über ein kombiniertes Glasfaser- und Stromkabel betrieben. Die Verbindung zwischen RAD und Kernnetz wird durch eine Glasfaserverbindung, beispielsweise in einer Leitstelle, realisiert. Durch die räumliche Trennung von physischem Core-Standort und externer Funkzelle entsteht ein anonymisiertes und deutlich sichereres System. Die RAD verteilt das Funksignal an weitere Drohnen. Diese bilden als fliegende Relaisknoten ein Mesh und werden selbst über das Funknetz gesteuert. Die Steuerung des Gesamtsystems erfolgt über 802.11-QVB oder ein vergleichbares Protokoll. Präzise FRER-Mechanismen (Frame Replication and Elimination for Reliability) erfassen Störungen im System, während ein maschineller Lernmechanismus sicherstellt, dass redundante Pfade kontinuierlich aufrechterhalten und optimiert werden. Parallel dazu kommen verschiedene Funkfrequenzen mit abgestuften Leistungsstärken zum Einsatz – je nach Distanz und Priorisierung unter anderem 5G NR/DECT, mmWave und FR3. Mittels Network Slicing werden hochverfügbare Steuerungs- und Telemetriedatenkanäle logisch von den Nutzdatenkanälen (z. B. Sensorik, Video, EMF-Messungen) getrennt. Das dynamische Routing im Drohnen-Mesh minimiert die Ende-zu-Ende-Latenz und ermöglicht eine selbstheilende, dreidimensionale Funkabdeckung bis hin zur eigentlichen Nutzlast am Boden oder in der Luft.

Abstracts der Poster Session: Poster B18

Laborbedingungen, die den Ernstfall proben

Sandy John und Rainer Wiebelhaus, Tritech Oberflächentechnik

Allein in Deutschland belaufen sich die jährlichen Verluste durch Korrosion auf etwa 110 bis 150 Milliarden Euro, was etwa 3-4% des Bruttoinlandsprodukts entspricht. Korrosion kann überall entstehen, wo Metalle im Einsatz sind. Korrosion vernichtet wertvolle Ressourcen und ist häufig mit hohen Folgekosten verbunden. Gute Korrosionsschutzkonzepte stellen einen nicht zu unterschätzenden Wirtschaftsfaktor dar und garantieren Sicherheit und Werterhalt.

Im wehrtechnischen Bereich unterliegen Materialien und Systeme außergewöhnlich anspruchsvollen Umweltbedingungen. Fahrzeuge, Sensorik, maritime Systeme und nicht zuletzt Waffenplattformen müssen über lange Einsatzzeiten hinweg zuverlässig funktionieren, auch wenn sie extremen klimatischen und mechanischen Belastungen ausgesetzt sind. Daher spielt Korrosionsbeständigkeit eine zentrale Rolle in der Materialwahl.

Korrosion stellt nicht nur ein ökonomisches, sondern auch ein sicherheitstechnisches Risiko dar. Materialschäden können Funktionsstörungen, verringerte Einsatzbereitschaft und im Ernstfall sicherheitskritische Fehlfunktionen verursachen. Daher ist ein systematisch konzipierter Korrosionsschutz integraler Bestandteil der Entwicklung, Qualifizierung und Instandhaltung wehrtechnischer Produkte.

Um die Zuverlässigkeit wehrtechnischer Systeme über den gesamten Lebenszyklus sicherzustellen, werden im Labor standardisierte und anwendungsnahe Korrosionstests durchgeführt. Diese Tests dienen dazu, die vielfältigen Umweltbelastungen, denen Materialien und Baugruppen im realen Einsatz ausgesetzt sind, reproduzierbar nachzustellen.

Laborprüfungen ermöglichen:

- die Bewertung der Langzeitbeständigkeit von Werkstoffen und Beschichtungen,
- die frühzeitige Identifikation potenzieller Schwachstellen,
- den Vergleich verschiedener Schutzsysteme unter kontrollierten Bedingungen,
- eine belastbare Qualifizierung für militärische Zulassungsverfahren.

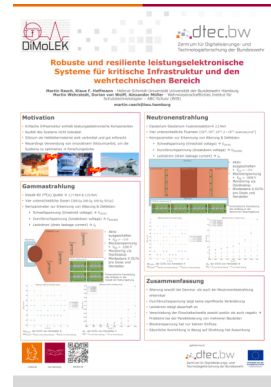
Korrosionstests liefern eine abgesicherte Bewertungsgrundlage für Materialauswahl, Oberflächenbehandlung und konstruktive Maßnahmen. Sie tragen wesentlich dazu bei, die Einsatzbereitschaft unter extremen Umweltbedingungen — von arktischer Kälte über Wüstenklima bis hin zu maritimen Belastungen — sicherzustellen.

Abstracts der Poster Session: Poster B19

Robuste und resiliente leistungselektronische Systeme für kritische Infrastruktur und den wehrtechnischen Bereich

Martin Rasch und Prof. Dr. Klaus Hoffmann, Helmut-Schmidt-Universität der Bundeswehr Hamburg

Das Dual-Use-Forschungsprojekt „Digitales Lebenszyklus-Monitoring, Härtung und Optimierung der Resilienz von Leistungselektronik in kritischer Infrastruktur“ (DiMoLEK) der Helmut-Schmidt-Universität (HSU) wurde im Rahmen der Digitalisierungs- und Technologieforschung der Bundeswehr (dtec.bw) gefördert und verlängert. Der Dual-Use-Forschungsschwerpunkt des Projekts wird durch die Kooperation der HSU mit dem Industriepartner VINCORION Advanced Systems GmbH sowie dem Wehrwissenschaftlichen Institut für Schutztechnologien – ABC-Schutz (WIS) in Munster gestärkt. In diesem Zusammenhang werden die Effekte von High-Power-Electromag-netics (HPEM) sowie von ionisierender Strahlung auf leistungselektronische Bauelemente und Systeme analysiert, um so Schwachstellen zu detektieren und aktive sowie passive Härtungsmaßnahmen abzuleiten. Zur Untersuchung von Höhenstrahlungseffekten im stationären und im siliziumkarbid-typ-i-schen hochdynamischen Betrieb können hohe Dosisleistungen von sowohl Gamma- als auch Neutronenstrahlung (TREE-Effekte) und HPEM-Belastungen realisiert werden, welche für industrielle Anwendungen typischerweise nicht getestet werden. Im Rahmen der bisherigen Untersuchungen hat sich insbesondere ein spezieller Fehlermechanismus gezeigt, bei dem sich eine nachweisbare Degradation von bestimmten aktiven Bauelementen ausbildet. Diese Alterung der Bauteile kann das System derart beeinflussen, dass dessen Funktion – bis hin zum Totalausfall – eingeschränkt ist. Ursachen hierfür können beispielsweise eine Schädigung des Gate-Runners oder eine Verschiebung der Threshold-Spannung sein. Des Weiteren haben sich bestimmte Bauteile als besonders anfällig und dadurch als kritisch bei den oben genannten Expositionen herauskristallisiert. Mit Hilfe der in DiMoLEK erzielten Ergebnisse lassen sich neben der Identifikation kritischer Bauteile auch etablierte Lebensdauermodelle verifizieren bzw. erweitern und zu einem belastbaren digitalen Zwilling ausbauen.



Abstracts der Poster Session: Poster B20

Gegenmaßnahmen - Was fehlt noch?

Hauptmann Marc Menne und Kira Buchenau, Universität der Bundeswehr München

Die sicherheitspolitische Lage in Europa und weltweit verändert sich zunehmend. Aktuelle Konflikte zeigen, dass Bauwerke und Versorgungseinrichtungen verstärkt gezielten Angriffen mit konventionellen Waffen ausgesetzt sind. Der Schutz exponierter Infrastrukturen rückt damit als technisches und strategisches Handlungsfeld verstärkt in den Fokus. An der Professur für Stahlbau werden hierzu komplementäre Forschungsansätze verfolgt, die sowohl die Entwicklung adaptiver Schutzsysteme als auch die Bewertung der Resttragfähigkeit beschädigter Strukturen adressieren.

Das Forschungsprojekt BASIS

(„Baulich adaptiver Schutz exponierter Infrastrukturen mit Stahl-Sandwich-Konstruktionen“) untersucht den Einsatz von Stahl-Sandwichsystemen als passive und adaptive Schutzlösungen gegen außergewöhnliche Einwirkungen. Auf Grundlage einer Bedrohungsanalyse werden experimentelle und numerische Untersuchungen durchgeführt, um eine Methodik zur Bewertung der Schutzwirkung und zur Erhöhung des Schutzniveaus zu entwickeln.

Ein weiteres Forschungsprojekt widmet sich der Resttragfähigkeit von Schraubenverbindungen nach Explosionsbeanspruchung. Ziel ist es, das Tragverhalten geschraubter Stahlverbindungen unter hochdynamischen Lasten zu erfassen und realitätsnah zu modellieren. Umfangreiche Versuchsreihen und Simulationen dienen der Identifikation maßgebender Versagensmechanismen und der Kalibrierung numerischer Modelle. Die Ergebnisse liefern eine Grundlage für die sichere Bewertung und mögliche Weiterverwendung beschädigter Konstruktionen.

Beide Projekte tragen dazu bei, die Resilienz exponierter Infrastrukturen gegenüber modernen Bedrohungen zu erhöhen und ingenieurwissenschaftliche Grundlagen für zukünftige Schutzlösungen und Bewertungsansätze zu schaffen.



Abstracts der Poster Session: Poster B21

Resiliente Kommunikation im Military Internet-of-Things mit LoRa

Mario Silaci und Alexander Frank, Universität der Bundeswehr München

Der Vortrag stellt Dual-Use-Szenarien für den Einsatz der energieeffizienten und frequenzagilen Funktechnologie LoRa („Long Range“) vor, die am Zentrum für Digitalisierungs- und Technologieforschung der Bundeswehr (dtec.bw) erarbeitet sowie im Feld und in Laborstudien untersucht wurden. Neben Anwendungen in Sensor-/Aktuator-Meshnetzwerken, zum Blue-Force-Tracking mit Übertragung von Vitalparametern und der Fernauslösung von Wirkmitteln bietet sich LoRa aufgrund günstiger und leichter Komponenten für den mobilen und verlegefähigen Einsatz u.a. im UAV-Kontext und in Kombination mit LoRaWAN-Architekturen nicht nur für die taktische Kommunikation, sondern auch Reachback und Datenexfiltration an.

Schwerpunkte der Vorstellung der Ergebnisse des Forschungsprojekts sind einerseits Jamming und LoRa-spezifische Mitigationsoptionen, Aufklärung und Ortung/Peilung von LoRa-Signalen mit prototypischen dedizierten Antennenarrays und Untersuchungen zu Potenzialen und Grenzen der Leistungsfähigkeit der Technologie aus Perspektive eines militärischen und behördlichen Einsatzes. Andererseits wird die im Projekt über mehrere Jahre und Prototypengenerationen entwickelte, Blackout-taugliche Kommunikationsinfrastruktur MERLIN vorgestellt, die in Zusammenarbeit mit kommunalen Partnern, Blaulichtorganisationen und Katastrophenschutz im österreichischen Kärnten den Langzeit-Einsatz in anspruchsvoller mittelgebirgiger und stark bewaldeter Topographie demonstriert.

Abschließend werden noch laufende Arbeiten im Projekt vorgestellt. Hierzu gehört die Entwicklung dedizierter LoRa-Sensorik für das regelbasierte und KI-gestützte Security-Monitoring in großen, heterogenen und somit komplexen LoRa- und LoRaWAN-Infrastrukturen sowie eine an Secure Software Development Lifecycles (SSDLCs) orientierte Methodik zu Planung, Entwicklung und Betrieb LoRa-basierter Kommunikationskomponenten und deren nahtlose Integration in Systeme und Plattformen.

Das vorgestellte Projekt wird bis Ende 2026 im Rahmen von dtec.bw über #NextGenerationEU gefördert an der Universität der Bundeswehr München durchgeführt und verfolgt keine kommerziellen Interessen.



Abstacts der Poster Session: Poster B22

Kombinierte Detektion von C- und RN-Gefahren im CBRN-Einsatz

Dr. Tanja Stimpel-Lindner und Nikolas Dominik, Universität der Bundeswehr München

Einsatzkräfte in zivilen und militärischen Szenarien, die als erstes an einer Einsatzstelle eintreffen, besitzen das Risiko, sich unbewusst gefährlichen Gasen oder ionisierender Strahlung auszusetzen. Insbesondere bei Einsätzen, die initial nicht als ABC-Einsatz alarmiert werden, zum Beispiel bei Suiziden mit giftigen Gasen oder terroristischen Anschlägen mit Kampfstoffen oder radioaktiven Beiladungen, steht die große Mehrheit der Einsatzkräfte diesen unsichtbaren Gefahren ohne jede Detektionsmöglichkeit gegenüber - erweiterte Gas- und Strahlungsmesstechnik ist üblicherweise nur in spezialisierten oder besonders ausgerüsteten Einheiten vorhanden. Um die Sicherheit der ersterkundenden Einsatzkräfte zu erhöhen und die Führungskräfte sowohl zu entlasten als auch ihnen ein adäquates Mittel zur Einschätzung der aktuellen Gefahrenlage an die Hand zu geben, ist eine messtechnische Überwachung wünschenswert.

Aus dieser Motivation heraus wurde das Projekt „ACDC“ durchgeführt. Das Ergebnis war ein erster, neuartiger Demonstrator, der die Detektion von ionisierender Strahlung und die simultane Messung von einigen im Einsatz häufig vorkommenden Gasen zu leisten vermag. Das Gerät ist besonders einfach zu handhaben, kann kostengünstig gefertigt werden und erlaubt dadurch die Ausrüstung einer Vielzahl von Einsatzkräften, so dass das Sicherheitsniveau in vielen Bereichen signifikant erhöht wird.

Hier wird der Demonstrator vorgestellt und aufgezeigt, wie dieser im BMFTR-geförderten Nachfolgeprojekt ACDC-PRO in der Praxis erprobt und verbessert werden soll. So wird u. a. die Palette der zu detektierenden Gase auf explosive Gemische erweitert, womit über 75% der in der Vergangenheit aufgetretenen Gefahrstoffsznarien abgedeckt werden können. Durch Zusatzfeatures wird das Anwendungsspektrum deutlich über die ursprünglich angedachte Zielgruppe erweitert.

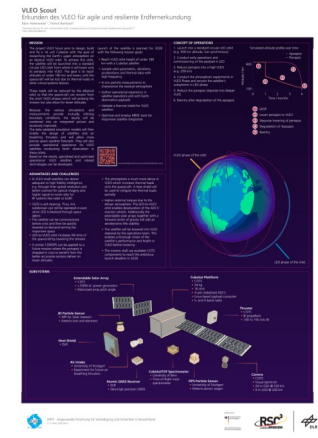


Abstacts der Poster Session: Poster B24

VLEO Scout - Erkunden des VLEO für agile und resiliente Erdfernerkundung

Patrick Bambach, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Kein Abstract vorhanden



Abstracts der Poster Session: Poster B25

Abschirmvermögen von Infrastruktur bei radioaktivem Fallout nach einem Kernwaffeneinsatz

LRDir Dr. Ronald Rambousky, Wehrwissenschaftliches Institut für Schutztechnologien - ABC-Schutz

Durch die in den letzten Jahren stattgefundene Aufkündigung von nuklearen Rüstungskontrollverträgen und der weiteren Anspannung der weltweiten geopolitischen Lage hat das Thema Kernwaffen wieder stärker an Bedeutung gewonnen. Der Einsatz von zumindest nicht-strategischen Nuklearwaffen wird wieder als wahrscheinlicher betrachtet und somit steigt das öffentliche und staatliche Interesse an Schutzvorkehrungen und Schutzmaßnahmen. In diesem Posterbeitrag wird das Abschirmvermögen von Infrastruktur gegenüber Gammastrahlung des radioaktiven Fallouts mittels Strahlungstransport-Simulation numerisch untersucht. Bei dem Einsatz von nicht-strategischen Kernwaffen können, je nach Explosionshöhe und Yield, großflächige, militärisch relevante Kontaminationen mit Ausdehnungen bis zu hundert Kilometern entstehen, die auf Längenskalen von mehreren hundert Metern als homogen betrachtet werden können. Die numerischen Simulationen werden an einem generischen Bürogebäude durchgeführt. Es kann gezeigt werden, dass bei einer homogenen Kontamination der Bodenoberfläche über 99% der Dosisleistung von radioaktiven Nukliden aus Entfernungen bis zu etwa 400 Meter generiert werden, so dass die entsprechenden numerischen Untersuchungen mit einer kreisförmigen Quelle mit begrenztem Radius durchgeführt werden. Für das untersuchte Gebäude werden die Gammashutzfaktoren auf einem 3D-Gitter berechnet, so dass die Strahlungssituation in beliebigen Schnitten durch das Gebäude dargestellt werden kann. Es wird ebenfalls gezeigt, dass die Verteilung der Schutzwirkung für Objekte inmitten einer großflächigen Kontamination deutliche Unterschiede zu den Schutzwirkungen bei lokaler Quellenposition aufweist. Die Berechnungsverfahren und Ergebnisse können besonders für Kritische Infrastruktur interessant sein, da bereits in der Planungsphase mögliche Nuklearschutzforderungen überprüft und bewertet werden können, als auch Schutzdaten für nukleare und radiologische Notfallplanungen genutzt werden können. Im Vergleich liegen die Schutzfaktoren bei Falloutstrahlung deutlich höher als für die Initialstrahlung einer Kernwaffe.

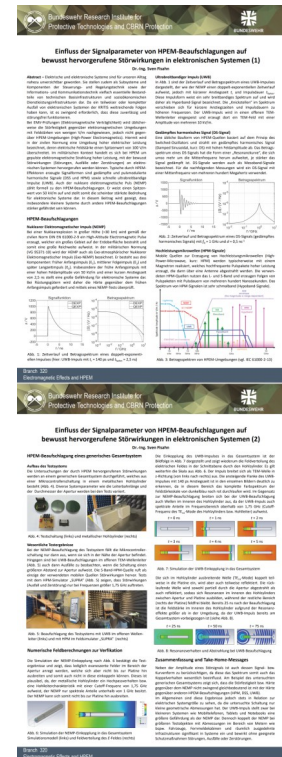
Abstracts der Poster Session: Poster B26

Einfluss der Signalparameter von HPEM-Beaufschlagungen auf bewusst hervorgerufene Störwirkungen in elektronischen Systemen

TORR Dr. Sven Fisahn, Wehrwissenschaftliches Institut für Schutztechnologien – ABC-Schutz (WIS)

Elektrische und elektronische Systeme sind für unseren Alltag nahezu unverzichtbar geworden. Sie stellen zudem als Subsysteme und Komponenten der Steuerungs- und Regelungstechnik sowie der Informations- und Kommunikationstechnik vielfach essentielle Bestandteile von technischen Basisinfrastrukturen und sozioökonomischen Dienstleistungsinfrastrukturen dar. Da ein teilweiser oder kompletter Ausfall von elektronischen Systemen der KRITIS weitreichende Folgen haben kann, ist es zwingend erforderlich, dass diese zuverlässig und störungsfrei funktionieren. Während bei EMV-Prüfungen (Elektromagnetische Verträglichkeit) die Störfestigkeit gegenüber elektromagnetischen Umgebungen mit Feldstärken von wenigen V/m nachgewiesen wird, welche unter gewöhnlichen Umständen zu erwarten sind, werden sogenannte HPEM-Umgebungen (High-Power Electromagnetics) üblicherweise nicht betrachtet. Hiermit wird in der zivilen Normung eine Umgebung hoher elektrischer Leistung bezeichnet, deren elektrische Feldstärke einen Spitzenwert von 100 V/m überschreitet. Im militärischen Kontext handelt es sich bei HPEM um gepulste elektromagnetische Strahlung hoher Leistung, mit der bewusst Störwirkungen (Störungen, Ausfälle oder Zerstörungen) an elektronischen Systemen hervorgerufen werden können. Typische durch HPEM-Effektoren erzeugte Signalformen sind gedämpfte und pulsmodulierte harmonische Signale (DSS und HPM) sowie schnelle ultrabreitbandige Impulse (UWB). Auch der nukleare elektromagnetische Puls (NEMP) zählt formell zu den HPEM-Beaufschlagungen. Er weist einen Spitzenwert von 50 kV/m auf und stellt somit die scheinbar stärkste anzunehmende Bedrohung für elektronische Systeme dar.

In diesem Beitrag werden die elektromagnetischen Störwirkungen von verschiedenen HPEM-Umgebungen einschließlich NEMP anhand eines generischen Systems untersucht und vorgestellt. Hierbei wird nicht nur das elektronische System an sich betrachtet, sondern auch die Wechselwirkung mit dessen Gehäuse berücksichtigt. Die wesentlichen Unterschiede von NEMP und anderen HPEM-Umgebungen sowie der Einfluss der Signalparameter werden anhand von Mess- und Simulationsergebnissen aufgezeigt.



Abstracts der Poster Session: Poster B28

Robuste Perception-Software für autonome Robotiksysteme

Andreas Wiedholz, XITASO

In diesem Vortrag stellt das Forschungsteam der XITASO GmbH Ergebnisse und Lösungsansätze aus den Forschungsprojekten ENGEL und VALISENS vor, die für die Entwicklung robuster autonomer Robotiksysteme eingesetzt werden können.

Im Projekt ENGEL entsteht ein Assistenzsystem für Rettungshubschrauber, das sich während des Fluges lokalisiert, eine 3D-Umgebungskarte erstellt, geeignete Landeplätze erkennt und Landetrajektorien berechnet.

In solchen komplexen Softwaresystemen kann die initiale Konfiguration insbesondere bei sich ändernden Umgebungsbedingungen oder beim Ausfall von Subsystemen schnell suboptimal werden.

Einerseits entwickelt XITASO selbstadaptive Mechanismen, die das Softwaresystem und seine Umgebung zur Laufzeit überwachen, suboptimales Verhalten frühzeitig erkennen und automatisiert geeignete Gegenmaßnahmen einleiten, um die Robustheit des Systems in dynamischen Situationen zu erhöhen.

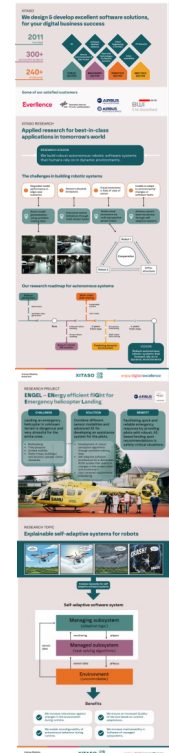
Andererseits erhöhen wir die Robustheit der KI-basierten Perzeptionsmodelle des Systems durch gezielte Auswahl und Generierung synthetischer Trainingsdaten.

Das ist notwendig, da kritische Ausnahmesituationen in der Realität selten auftreten und daher in Trainingsdatensätzen oft unterrepräsentiert sind.

Um diese Ausnahmesituationen gezielt zu generieren, verwenden wir sowohl simulations-getriebene als auch generative KI-basierte Ansätze.

In unserem Vortrag werden wir außerdem über Erkenntnisse zur robusten, multimodalen und kooperativen Perception aus unserem abgeschlossenen Projekt VALISENS berichten.

Dort bauten wir einen Prototyp, der multiperspektivische Wahrnehmung mit sensorübergreifender Fusion kombiniert — darunter die Integration mehrerer Sensortypen pro Perspektive, etwa Farbbildkameras, LiDAR und Infrarot.



Abstracts der Poster Session: Poster B29

Humane Performanz in der Mensch-Maschine-Schnittstelle

Oberstarzt Dr. Axel Höpner, Zentrum für Luft- und Raumfahrtmedizin der Luftwaffe

In der technikzentrierten Entwicklung von fliegenden (Waffen-)Systemen wird die humane Performanz in der Mensch-Maschine-Schnittstelle zunehmend von entscheidender Bedeutung für die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems. Während auf der Seite des Luftfahrzeuges umfangreiche Daten aufgezeichnet werden und vorliegen, gibt es auf Seiten der Nutzenden (fliegende Besatzungen, Drohnenbedienpersonal, Flugsicherungspersonal) kaum Echtzeit-Leistungsdaten. Die multimodale Erhebung der Nutzerzustandsdaten und deren Auswertung in einem künstlichen neuronalen Netz wird zu einer deutlichen Steigerung der Systemperformance führen, indem die Beanspruchung der Operator in einem optimalen Bereich gehalten wird und vor Über- oder Unterforderung schützt. Die Verwendung der Messdaten in einer situationsabhängigen Mensch-Maschine-Schnittstelle - mit Assistenzsystemen bis hin zur adaptiven Automation - gewährleistet die situationsgerechte Auslastung der Nutzenden zur Maximierung des Missionserfolges. Die Messbarkeit der humanen Performanz ist zudem Grundlage für die geeignete Personalauswahl bzw. Eignungsfeststellung sowie die effektive Ausbildung und die Human Performance Augmentation.