



Wehrwissenschaftliche Forschung Jahresbericht 2012

Wehrwissenschaftliche Forschung für deutsche Streitkräfte

12

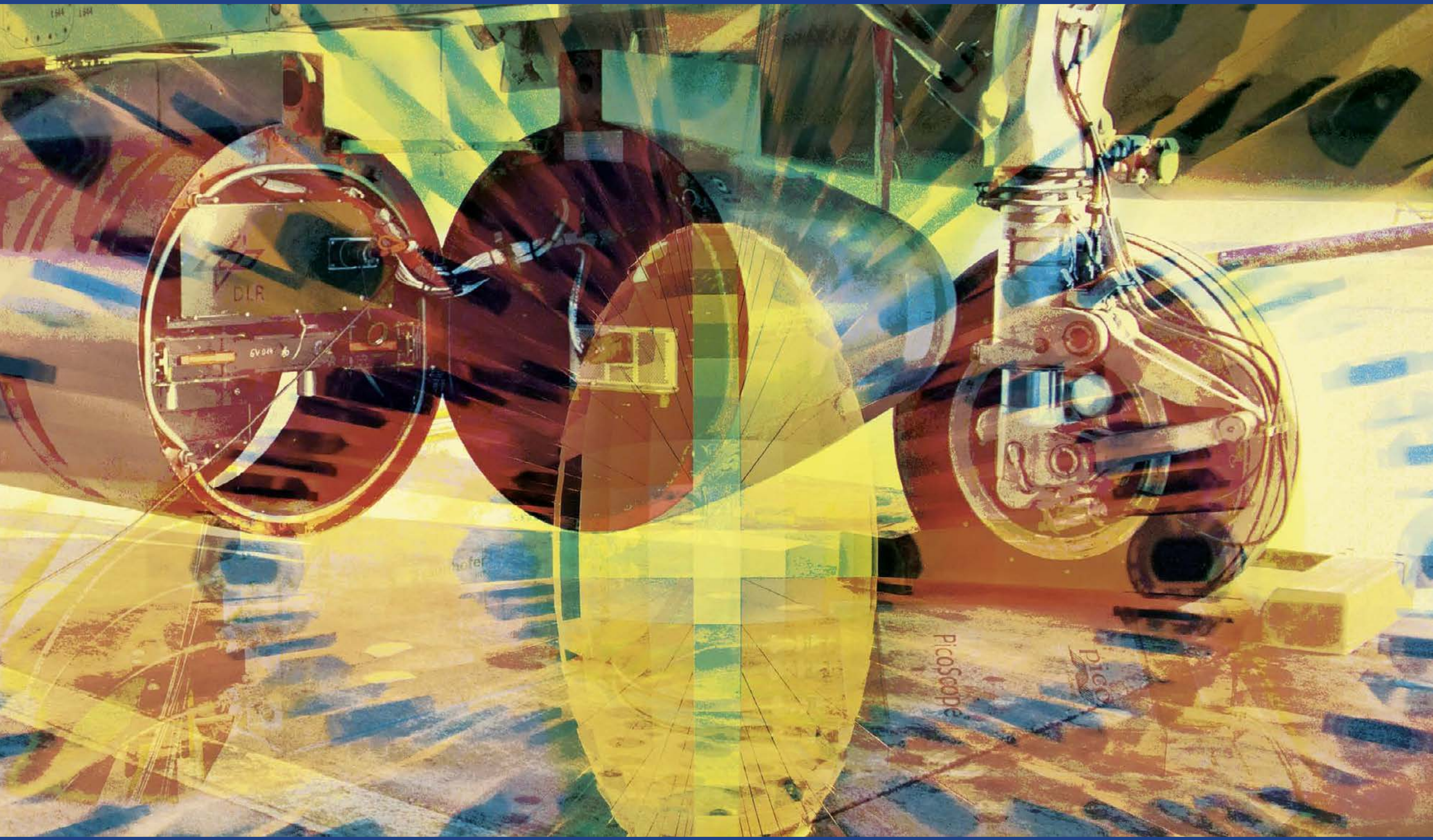


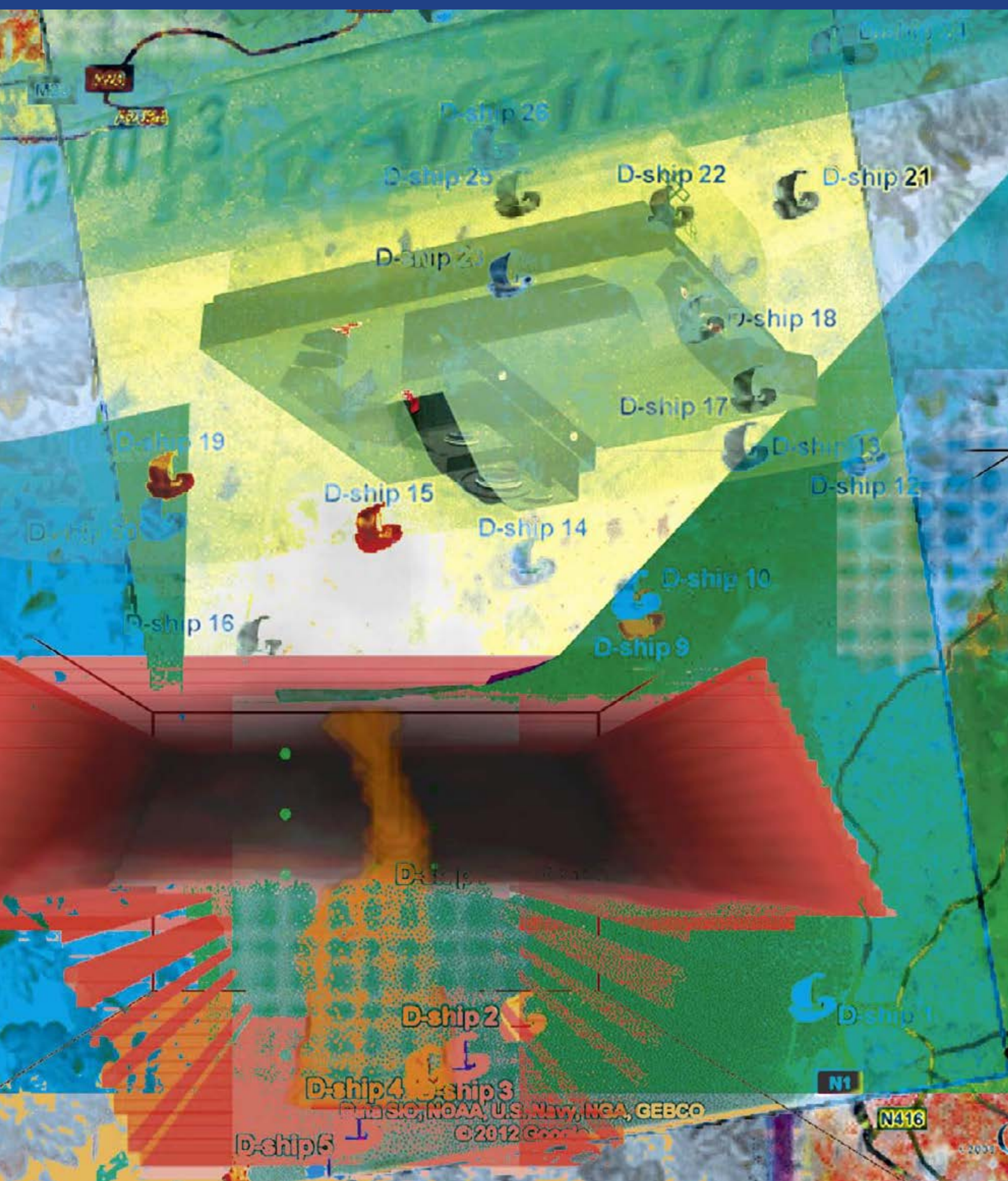


Wehrwissenschaftliche Forschung Jahresbericht 2012

Wehrwissenschaftliche Forschung für deutsche Streitkräfte

12







Brigadegeneral
Dr.-Ing. Thomas Czirwitzky

Unterabteilungsleiter AIN II
und Forschungsbeauftragter
Bundesministerium der
Verteidigung

Wehrwissenschaftliche Forschung für deutsche Streitkräfte

Moderne und leistungsfähige Streitkräfte sind ein wesentliches Element gesamtstaatlicher Sicherheitsvorsorge und die Basis für die Übernahme von internationaler Verantwortung.

Die Neuausrichtung der Bundeswehr trägt den Herausforderungen eines veränderten sicherheitspolitischen Umfeldes Rechnung. Es werden Streitkräfte benötigt, die in der Lage sind, einer breiten Palette von Anforderungen durch Modularität und Flexibilität gerecht zu werden und Bedrohungen unterschiedlicher Art und Intensität wirkungsvoll zu begegnen.

Verstärkte Einsatzorientierung und Übernahme von Verantwortung im multinationalen Kontext erfordern einsatzbereite und bündnisfähige Streitkräfte mit einem zukunftsorientierten Fähigkeitsprofil im Rahmen der Zusammenarbeit und Aufgabenteilung mit Verbündeten und Partnern. Eine große Vielfalt und Bandbreite potenzieller Gefahren und Risiken gilt

es durch innovative Lösungen zu beherrschen.

Bei der nachhaltigen Erfüllung dieser anspruchsvollen Anforderungen der Zukunft kommt der wehrwissenschaftlichen Forschung eine sehr wichtige Bedeutung zu. Sie bildet eine Brücke zwischen Wissenschaft, Gesellschaft und Politik. Ihre wesentlichen Aufgaben sind beratungs- und forschungsbasierte Dienstleistungen als Grundlage für administrative oder politische Entscheidungen des Ressorts. Dafür sind sowohl kurzfristig abrufbare wissenschaftliche Kompetenzen vorzuhalten, als auch die Fähigkeit zur kontinuierlichen Bearbeitung längerfristig angelegter Fragestellungen. Dies gilt z. B. für Gebiete, die zwar noch keinen aktuellen Handlungs- oder Regelungsbedarf seitens der Politik erkennen lassen, die aber für die künftige militärische Einsatzfähigkeit relevant sein können. Dadurch können neue Entwicklungen frühzeitig erkannt und aufgenommen werden, um eine Bewertungsfähigkeit sicherzustellen.

Die Ressortforschung des Bundesministeriums der Verteidigung gliedert sich in die Forschungsbereiche wehrtechnische, wehrmedizinische und wehrpsychologische, militärgeschichtliche und sozialwissenschaftliche sowie geowissenschaftliche Forschung.

Der vorliegende Bericht zeigt Beispiele aus der Forschungsarbeit des Jahres 2012. Er zeugt von den zielgerichteten Anstrengungen aller Forschungsbereiche, ihrer Verantwortung mit großem Engagement nachzukommen.

A handwritten signature in blue ink, reading 'Czirwitzky'.

Dr.-Ing. Czirwitzky
Brigadegeneral



Durch Anklicken direkt zum Artikel gelangen

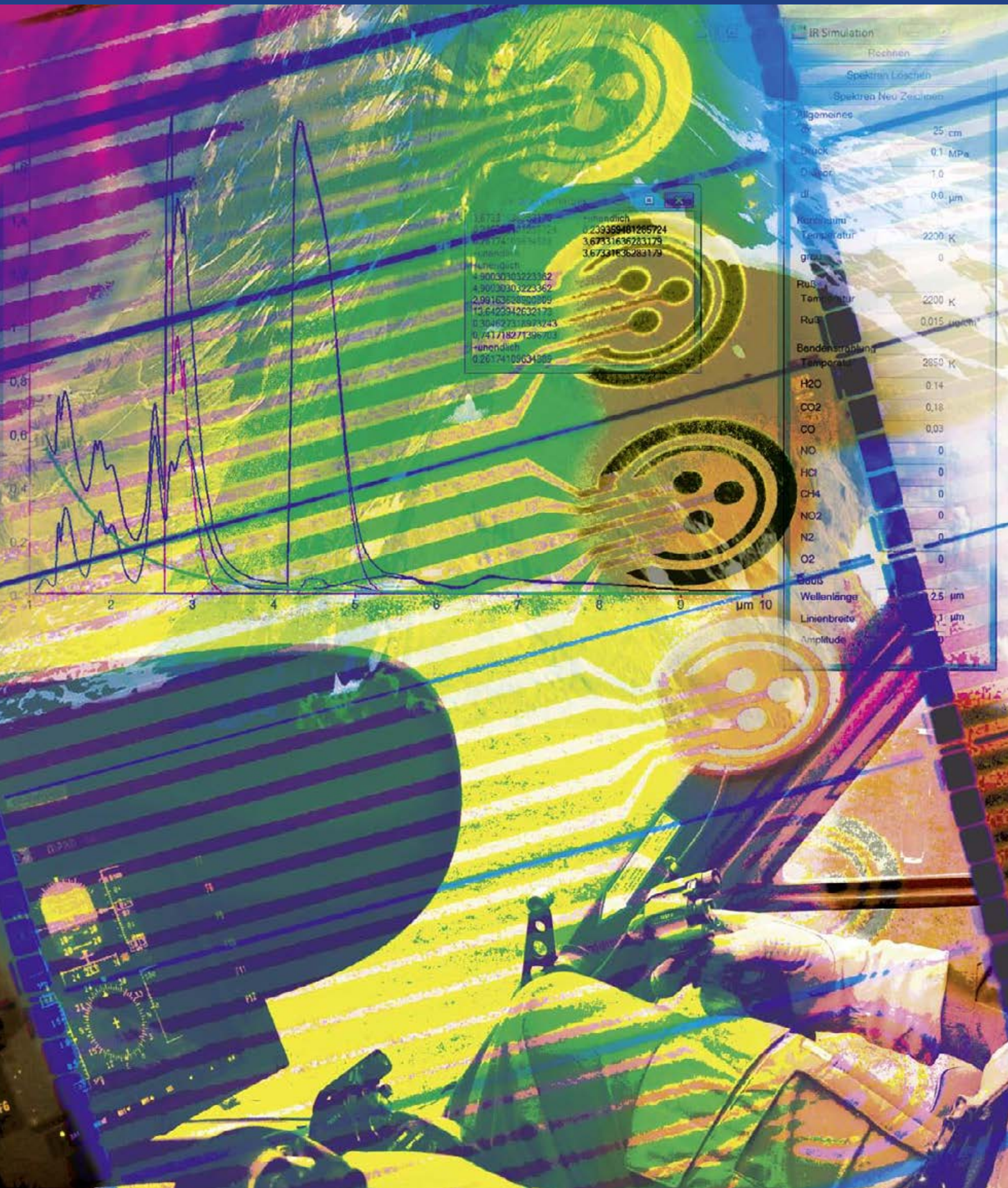
Vorwort	06	Wehrwissenschaftliche Forschung für deutsche Streitkräfte	42	SUMIRAD – ein schneller MMW-Radiometerscanner zur verbesserten Aufklärungsfähigkeit militärischer Fahrzeuge
			44	ALLFlight: Assistierter bodennaher Flug bis hin zur Landung in unvorbereitetem Gelände
			46	Lasersicherheit im Freiraum
			48	3D Kamerasystem für Tornado
			50	Abstandsfähiges, bodengebundenes Lage-, Ziel- und Wirkungsaufklärungssystem WOERMS
			52	Bedrohung militärischer Rechnersysteme durch EMP
			54	Kognitives Missions- und Systemmanagement an Bord von UAV
			56	„Im Einkauf liegt der Gewinn“ – Grundlagen für ein Lieferantenmanagement in der Beschaffung der Bundeswehr
			58	Kollektivschutz in der Bundeswehr – neue Möglichkeiten mit katalytischen und regenerierbaren Filtersystemen
			60	Brandunterdrückungsanlagen in geschützten Landfahrzeugen
			62	Numerische Modellierung zur Festlegung von Hf-Schutzbereichen an Bord von Schiffen
			64	Nanostrukturierte Metalle: Eine interessante Perspektive für die Wehrtechnik
			66	Korrelation zwischen thermophysiologischen Simulationsverfahren und dem selbstempfundene klimatischen Tragekomfort von Fußbekleidung
			68	Ein Ozean im Wassertank: Physikalische und numerische Simulationen zur Schallausbreitung
			70	Schutz des menschlichen Auges vor Zerstörung durch Laserstrahlung
			72	Führung von Roboterschwärmen
Teil 1	13	Wehrtechnische Forschung		
	14	Gefährdungs- und Schadensanalyse unter Verwendung der ESQRA-GE am Beispiel eines VBIED Anschlages auf ein Hotel		
	16	Leistungsfähiger hochschockfester Beschleunigungssensor		
	18	DUSIM – Dual Use Sensorik im Mittleren Entfernungsbereich		
	20	Sensordatenfusion für agile UAV in vernetzter Umgebung		
	22	Das EDA-Vorhaben DUCAS – Detection in Urban scenario using Combined Airborne imaging Sensors		
	24	Innovative Maßnahmen zur Gewährleistung der maritimen Sicherheit		
	26	Neuartiges Detektionsverfahren für gefährliche Alpha-Strahler in Trinkwasser		
	28	Entwicklung und Charakterisierung neuer pyrotechnischer Scheinziele		
	30	Das Messfahrzeug DeGeN – unser System zur Prävention von Nuklearterrorismus		
	32	Semantische Analyse technischer Probleme in Einsatzberichten von Soldaten		
	34	Ein HPM-Detektor mit Richtungserkennung		
	36	Intelligente Mobile Systeme für Indoor-Search And Rescue (SAR)-Anwendungen		
	38	Mensch-Maschine-Schnittstelle für UA-Schwarmführung		
	40	Verfahren zur Simulation von raumgestützten SAR Systemen mit hoher Auflösung		



12

Teil 2	75	Wehrmedizinische und Wehrpsychologische Forschung
	76	Das Portfolio wird größer – MLVA für <i>F. tularensis</i> etabliert
	78	Neue Methode zur molekulargenetischen Typisierung von <i>Clostridium botulinum</i> Stämmen mittels Multilocus-VNTR-Analyse
	80	Antidot-Suche auf molekularpharmakologischer Ebene
	82	Radioepidemiologische Untersuchung prognostischer Parameter des Verlaufs der akuten Strahlenkrankheit unter Verwendung des Datenbanksystems SEARCH
	84	Leistungsphysiologische Evaluation des BFT-Bewertungssystems und Aufbau des Qualitätsmanagements
	86	Monitoring von Vitalparametern in der realen Umwelt mit einem flexiblen modularen tele-physiologischen System

Teil 3	89	Militärgeschichtliche und Sozialwissenschaftliche Forschung
	90	Panzerwaffe und Mechanisierung des Krieges in Deutschland 1890 – 1945
	92	Soldatenfamilien: Wie bekommt man Dienst und Familie zusammen?
Teil 4	95	Geowissenschaftliche Forschung
	96	Fragile Staaten: Erläuterung und Anwendbarkeit des Konzeptes
	98	Das Global Area Reference System (GARS)
	100	Prognose der Geländemobilität von Bundeswehrfahrzeugen
Teil 5	103	Anhang
	104	Adressen und Kontakte
	111	Impressum



1

Wehrtechnische Forschung



Dr. Dipl.-Ing. Frank Radtke
Fraunhofer-Institut für Kurzezeitdynamik,
Ernst-Mach-Institut, Efringen-Kirchen

frank.radtke@emi.fraunhofer.de



Dipl.-Ing. (FH) Bernd Brombacher
Fraunhofer-Institut für Kurzezeitdynamik,
Ernst-Mach-Institut, Efringen-Kirchen

bernd.brombacher@emi.fraunhofer.de

Gefährdungs- und Schadensanalyse unter Verwendung der ESQRA-GE am Beispiel eines VBIED Anschlages auf ein Hotel

Sprengkörper, besonders Improvised Explosive Devices (IEDs) und Vehicle Born Improvised Explosive Devices (VBIEDs), stellen eine große Bedrohung für zivile und militärische Einrichtungen dar. Aus diesem Grund wird am Fraunhofer-Institut für Kurzezeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI, das ursprünglich für Sonderfälle der Munitionslagerung entwickelte Gefährdungs- und Risikoanalyse-tool Explosive Safety Quantitative Risk Analysis – Germany (ESQRA-GE) für diese Bedrohungen weiterentwickelt. Einsatz und Ergebnisse werden am Beispiel eines realen Angriffs auf ein Hotel beschrieben.

Die wachsende Bedrohung ziviler und militärischer Einrichtungen sowohl durch Beschuss als auch durch IED und VBIED erfordert verstärkte Schutzmaßnahmen. Zur Optimierung von Schutzkonzepten sollten die potentiellen Gefährdungen z. B. durch Blast, Splitter und Trümmer und die daraus entstehenden Schäden analysiert werden.

Das Fraunhofer EMI entwickelt seit mehr als zehn Jahren im Auftrag der Bundeswehr, vertreten durch die Wehrtechnische Dienststelle für Schutz- und Sondertechnik (WTD 52), verschiedene Programme zur quantitativen Risikoanalyse. Durch die detaillierte Betrachtung von Gefährdung, Schädigung, Ereignisfrequenz, Exposition von Personen und Risiko ermöglicht z. B. die ESQRA-GE, fundierte Entscheidungen unter Betrachtung aller Randbedingungen zu treffen. Die Ergebnisse können nachvollziehbar belegt und kommuniziert werden.

Anhand eines realen terroristischen Anschlages auf das Marriott Hotel in Islamabad 2008 wird nachfolgend beispielhaft die Gefährdungs- und Schadensanalyse mit der ESQRA-GE vorgestellt. Bei diesem Anschlag explodierte ein

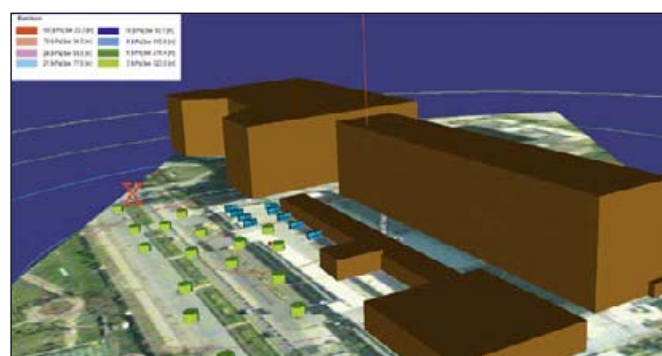


Abb. 1: Szenariodarstellung des VBIED Anschlages auf das Hotel und Freifelddruckausbreitung; der rote Zylinder markiert die VBIED, die grünen Zylinder Personengruppen und die blauen Quader Fahrzeuge

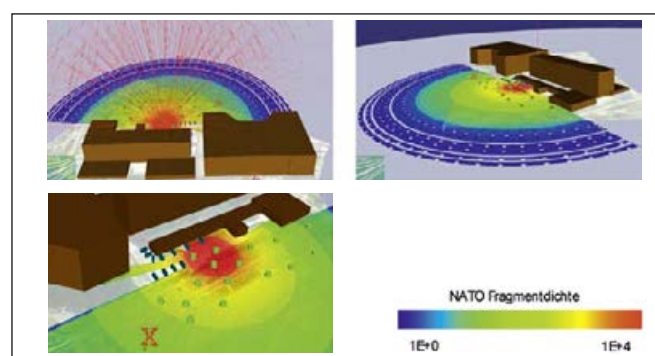


Abb. 2: Gefährdung durch Fragmente infolge des VBIED Anschlages im Umkreis des Hotels



TRAR Michael Steyerer
Wehrtechnische Dienststelle für
Schutz- und Sondertechnik,
Oberjettenberg

michaelsteyerer@bundeswehr.org

mit Sprengstoff und Munition beladener LKW im Zufahrtsbereich des Hotels. Es gab viele Opfer sowie schwere Schäden an Gebäuden und Fahrzeugen. Abbildung 1 zeigt das Szenario sowie die Freifelddruckausbreitung nach dem Anschlag.

Vor allem bei der Berechnung der Splittergefährdung wird deutlich, wie wichtig die dreidimensionale Modellierung des Szenarios ist. In Abbildung 2 ist die Gefährdung durch gefährliche Fragmente dargestellt. Die abschattenden Effekte der Gebäude – vor allem auch der flachen Vorbauten vor dem eigentlichen Hotelkomplex – lassen sich klar erkennen.

Basierend auf der Gefährdungsanalyse ermöglicht die ESQRA-GE die Betrachtung von Personen-, Gebäude- und Fahrzeugschäden. In Abbildung 3 sind die zu erwartenden Schäden an Fahrzeugen dargestellt. In Übereinstimmung mit dem tatsächlich beobachteten Schadensausmaß werden die meisten vor dem Hotel abgestellten Fahrzeuge sehr stark beschädigt. Bei der Ermittlung von Fenster- und Gebäudeschäden werden ebenfalls sehr gute Übereinstimmungen zwischen vom Programm ermittelten und tatsächlich aufgetretenen Folgen erreicht.

Hinsichtlich der Personenschäden zeigt die Gegenüberstellung der Analyseergebnisse mit den tatsächlichen Verletzungen

eine gute Übereinstimmung. Damit sind die Grundlagen geschaffen, zu erwartende Gefährdungen und Schäden voraussagen zu können und damit den Entscheidungsträgern fundierte Unterstützung zu bieten. Die Zuverlässigkeit dieser Werkzeuge ist Voraussetzung für die wirksame Vorbereitung von Entscheidungen.

Die ESQRA-GE kann sowohl für nationale als auch internationale Bedrohungssituationen im militärischen und zivilen Bereich eingesetzt werden. Die Analysen ermöglichen es, zu erwartende Schäden quantitativ zu prognostizieren, Schwachstellen in bestehenden Schutzkonzepten zu identifizieren und die Auswirkungen von Verbesserungen quantitativ zu erfassen.

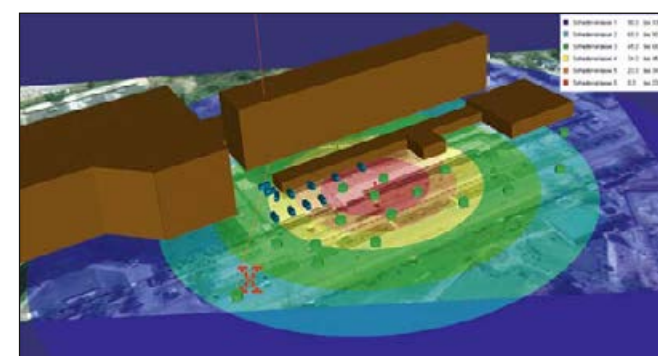


Abb. 3: Berechnung der Schäden an Fahrzeugen in der direkten Umgebung des VBIED Anschlages auf das Hotel



Robert Külls
Fraunhofer-Institut für Kurzezeitdynamik,
Ernst-Mach-Institut, Efringen-Kirchen
robert.kuells@emi.fraunhofer.de



Dr. Siegfried Nau
Fraunhofer-Institut für Kurzezeitdynamik,
Ernst-Mach-Institut, Efringen-Kirchen
siegfried.nau@emi.fraunhofer.de

Leistungsfähiger hochchockfester Beschleunigungssensor

Das Fraunhofer-Institut für Kurzezeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI forscht unter anderem im Bereich moderner Zünder an Komponenten und Lösungen für die wehrtechnische Industrie. Eine aktuelle Entwicklung ist ein leistungsfähiger, hochchockfester Beschleunigungssensor, der die auf dem Markt verfügbaren Modelle in punkto Leistungsfähigkeit deutlich übertrifft.

Bei aktuellen Entwicklungen zu Flugkörpern und Geschossen wird immer häufiger die „Wirkung hinter der Deckung“ gefordert. Eine zentrale technische Komponente zur Erfüllung dieses Ziels sind sogenannte penetrationsfähige Zünder, die der mechanischen Belastung eines Penetrationsvorgangs standhalten, diesen messtechnisch erfassen und logisch verarbeiten können. Hochchockfeste Beschleunigungssensoren übernehmen in diesem Zusammenhang zwei Aufgaben. Zum einen werden sie bei Beschleunigungstests kritischer Bauelemente, z. B. Zünderkomponenten, eingesetzt, um die Belastungen zu messen und somit definierte Testbedingungen sicherzustellen. Zum anderen sind sie als wichtige Komponente in den Zünder selbst integriert, um die Durchdringung des Ziels, welche immer mit einer Abbremsung des Geschosses einhergeht, zu detektieren.

Die genannten Aufgaben stellen extrem hohe Anforderungen an Überlebensfähigkeit und Messbereich des Sensors, da bei einem solchen Penetrationsvorgang Beschleunigungen bis über 100.000 g ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$) auftreten können. Dies entspricht einer Last des 100.000-fachen ihres Eigengewichts, der das

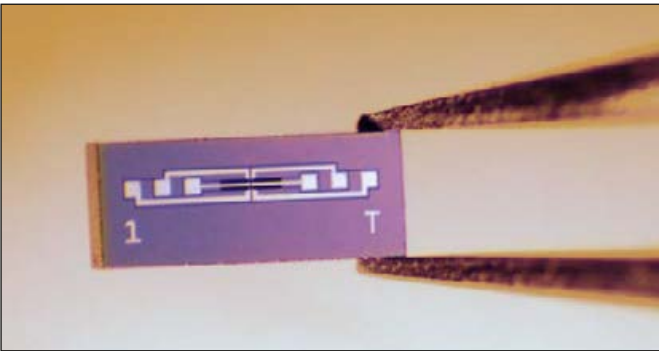


Abb. 1: Foto des Sensorchips unter einem Lichtmikroskop. Die hellen Flächen sind aluminiumbeschichtet und dienen der Kontaktierung. Die schmalen dunklen Strukturen in der Mitte des Chips bilden den aktiven Bereich

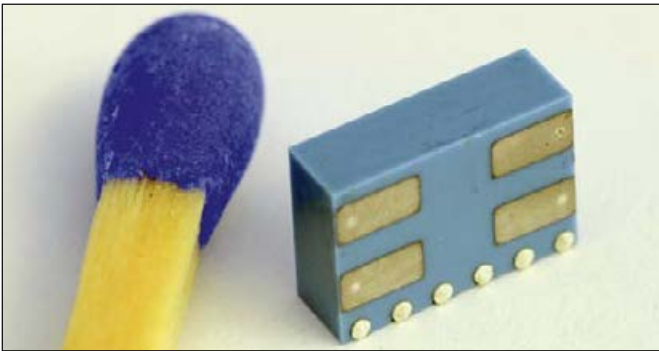


Abb. 2: Foto des Sensorpackages. Die vier Metallpads sind SMD- (Surface Mounted Device) sowie direkt lötfähig. Eine Besonderheit sind die sechs nach unten offenen Kontakte, über die ebenfalls ein Anschluss des Sensors möglich ist

Geschoss und seine inneren Komponenten standhalten müssen. Auf dem Markt wird dies momentan nur von Modellen zweier US-amerikanischer Hersteller erfüllt. Diese Sensormodelle haben allerdings den Nachteil, dass sie unter die in den International Traffic in Arms Regulations (ITAR) festgelegten, restriktiv gehandhabten Handelsbeschränkungen fallen. Dadurch stehen sie der deutschen und europäischen Industrie sowie Forschungsinstituten nur eingeschränkt bzw. gar nicht für Forschungs- und Entwicklungsaufgaben zur Verfügung.

Ein am EMI entwickelter hochchockfester Beschleunigungssensor soll diese Problematik verringern. Er ist ein aus Silizium gefertigtes, piezoresistives MEMS (micro-electro-mechanical system) Bauteil. Abbildung 1 zeigt eine Aufnahme des Siliziumchips unter einem Lichtmikroskop. Die Sensorchips haben eine Breite von etwa drei Millimetern, sind allerdings als nacktes Element noch nicht verwendbar. Dementsprechend wird der Chip in das in Abbildung 2 gezeigte Keramikpackage integriert, um ihn vor äußeren Einflüssen zu schützen und eine elektrisch kontaktierbare Schnittstelle bereitzustellen. Die Kapselung ist eine besondere Herausforderung, da sie extrem robust sein und gleichzeitig eine gute mechanische Ankopplung des Sensors an das Messobjekt gewährleisten muss. Die Fertigungsschritte der Siliziumbearbeitung und der Keramikprozessierung werden in Zusammenarbeit mit Technologiepartnern aus anderen Fraunhofer-Instituten durchgeführt.

Zur experimentellen Charakterisierung wird der Sensor etwa 100 Mikrosekunden kurzen Beschleunigungsstößen mit Amplituden von einigen zehntausend „g“ ausgesetzt. Diese Testpulse lassen sich mit hoher Reproduzierbarkeit an einem sogenannten Hopkinson-Bar erzeugen.

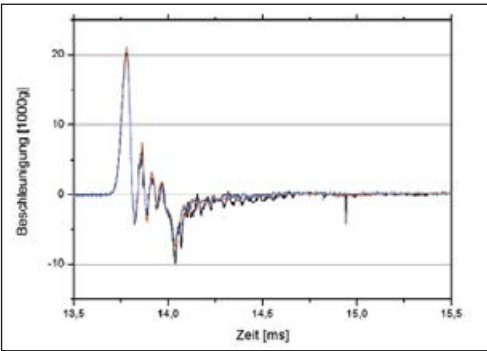


Abb. 3: Drei Messungen eines EMI Beschleunigungssensors auf dem Hopkinson-Bar. Die hohe Reproduzierbarkeit der Messungen spricht für die Qualität des Sensors

Abbildung 3 zeigt drei Messungen, die mit dem gleichen Sensor durchgeführt wurden. Die gute Reproduzierbarkeit der Messungen spricht für Qualität und Robustheit des neuen Designs und ermöglicht die Kalibrierung des Sensors, was in diesem Lastbereich nicht trivial ist. In Abbildung 4 werden die Eigenschaften des neuen Sensors zusammen mit zwei kommerziell erhältlichen, im hoch-g Bereich derzeit als Referenzen angesehene Sensoren, dargestellt. Das EMI Design zeichnet sich dabei in Hinsicht auf Sensitivität und Eigenfrequenz durch höhere Werte aus und ist damit den Referenzen in zwei zentralen Merkmalen überlegen. Zudem soll mit dem neuen Design eine monolithische Integration mehrerer Messrichtungen (2D und 3D) auf einem Chip realisiert werden, um somit kostengünstig die Messmöglichkeiten des Sensors zu vergrößern.

	Referenz A	Referenz B	EMI
Sensitivität	0,09 $\mu\text{V/V/g}$	0,21 $\mu\text{V/V/g}$	0,50 $\mu\text{V/V/g}$
Resonanzfrequenz	1,34 MHz	164 kHz	1,50 MHz
Einfache 2D/3D Integration?	Nein	Nein	Ja

Abb. 4: Vergleich zentraler Eigenschaften des neuen Designs mit Referenzsensoren. Der neue Sensor ist in Hinsicht auf Sensitivität und Bandbreite (proportional zur Resonanzfrequenz) überlegen. Zudem ist eine einfache Erweiterung zu einem zwei- und dreiaxigen Sensor möglich



Dr. Michael Caris
Fraunhofer-Institut für Hochfrequenz-
physik und Radartechnik, Wachtberg
michael.caris@fhr.fraunhofer.de



Helmut Wotzke
Fraunhofer-Institut für Hochfrequenz-
physik und Radartechnik, Wachtberg
helmut.wotzke@fhr.fraunhofer.de

DUSIM – Dual Use Sensorik im Mittleren Entfernungsbereich

Das Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik (FHR) befasst sich mit grundlegender und anwendungsorientierter Forschung auf dem Gebiet der elektromagnetischen Sensorik. Es werden Konzepte, Verfahren und Systeme, insbesondere im Radarbereich, entwickelt. Der Zweck des vorgestellten DUSIM-Sensors ist die Einbindung in ein aktives Schutzsystem gegen Bedrohungen durch Panzerabwehrhandwaffen.

In den aktuellen Einsatzszenarien ergibt sich eine große Bedrohung durch Panzerabwehrhandwaffen, die auf dem Weltmarkt in großer Zahl verfügbar sind. Die hohe Durchschlagskraft dieser Waffen in Verbindung mit einer nahezu hemisphärischen Bedrohung führen dazu, dass ein angemessener Schutz, insbesondere für leichte luftverlastbare Fahrzeuge, mit herkömmlichen ballistischen Schutztechnologien kaum realisierbar ist. Ein vielversprechender Ansatz dieser Bedrohung zu begegnen, besteht in der Entwicklung und Realisierung aktiver Schutzsysteme. Sie erkennen ein anfliegendes Geschoss und bekämpfen dieses aktiv vor dem Eintreten der regulären Wirkung des Gefechtskopfes. Die Leistungsfähigkeit eines solchen Systems hängt im Wesentlichen von drei Komponenten ab: Detektion, Feuerleitung und Gegenmaßnahme.

Eine Schlüsselrolle kommt dabei dem Sensor zu, der die anfliegende Bedrohung detektiert, Rückschlüsse auf deren Beschaffenheit zulässt und Daten liefert, die eine hochgenaue Bestimmung der Flugparameter (Abstand, Flugrichtung, Geschwindigkeit) erlauben. Aufgrund seiner Allwettertauglichkeit und der Möglichkeit Staub- und Sandwolken zu durch-



Abb. 1: DUSIM – Vierkanaliges Radar-Frontend mit einer Ausgangsleistung von 100 mW bei 94 GHz



Abb. 2: Kontrolleinheit und Spannungsversorgung für das DUSIM Radar-Frontend



Dr. Stephan Stanko
Fraunhofer-Institut für Hochfrequenz-
physik und Radartechnik, Wachtberg
stephan.stanko@fhr.fraunhofer.de

dringen, hebt sich die Radartechnologie dabei von möglichen anderen Sensoren ab.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens DUSIM wurde am Fraunhofer FHR ein vierkanaliges Radarsystem entwickelt, das bei einer Frequenz von 94 GHz arbeitet. Bei einer Sendeleistung von 100 mW sind damit Reichweiten von mehreren hundert Metern möglich, wobei die eingesetzte Leistung weit unterhalb der eines Mobiltelefons liegt und keine Gefahr für umstehende Personen birgt. Das frequenzmodulierte Dauerstrich Signal (FMCW) mit einer Bandbreite von 1 GHz sorgt für eine hohe Abstandsauflösung von 15 cm. Kombiniert mit der Mehrkanalität ist das System in der Lage, eine sehr präzise Ortsablage des herannahenden Geschosses zu liefern sowie durch Ausnutzung des Dopplereffektes dessen Geschwindigkeit und Richtung zu ermitteln. Eine genaue Kenntnis dieser Parameter ist die Grundlage für eine gezielte und zeitlich exakte Gegenmaßnahme sowie eine möglichst geringe Falschalarmrate.

Im Jahr 2012 wurden mit dem DUSIM zwei Messkampagnen auf der Wehrtechnischen Dienststelle für Waffen und Munition (WTD 91) in Meppen durchgeführt. Im Oktober gelang es erfolgreich kleinkalibrige Geschosse zu detektieren, die mit ihrem sehr kleinen Radar-Rückstreu-Querschnitt (RCS) eine

besondere Herausforderung im Bereich der Radartechnik darstellen. Dennoch war eine genaue Analyse von Flugbahn und Geschwindigkeit des Projektils möglich. Bei der STANAG-Kampagne im Dezember ging es um die Erfassung anfliegender RPG, die aufgrund des größeren RCS mit dem System sehr gut messbar sind. Mit der hohen Auflösung des Sensors ist sogar eine deutliche Unterscheidung zwischen Raketenbug und -heck (Finne) möglich. Das liefert zusätzliche Hinweise auf die Beschaffenheit des Geschosses.

Mit dem vorliegenden DUSIM-Radarsensor ist die gestellte Aufgabe, Detektion einer anfliegenden Bedrohung und Vorhersage ihrer Flugbahn zur weiteren Analyse und Einleitung einer Gegenmaßnahme, hervorragend gelöst. In seiner derzeitigen Entwicklungsstufe wird mit einer vierkanaligen Sensoreinheit ein Raumwinkel von etwa 35° überwacht, so dass für eine Rundumsicht etwa zwölf Systeme benötigt würden. Eine Reduzierung durch Abdeckung eines größeren Raumbereichs je Einheit sollte jedoch durch konsequente Weiterentwicklung zeitnah realisierbar sein.

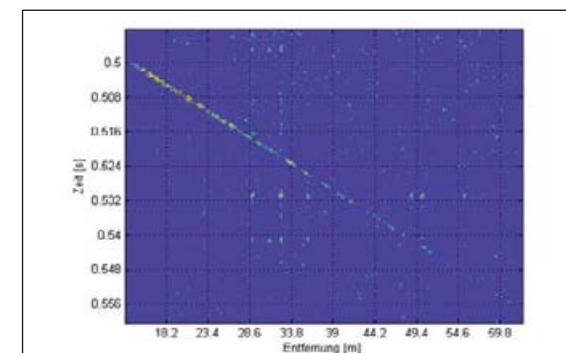


Abb. 3: Geschossbahn eines kleinkalibrigen Projektils (MG3 7,62 x 51 mm)

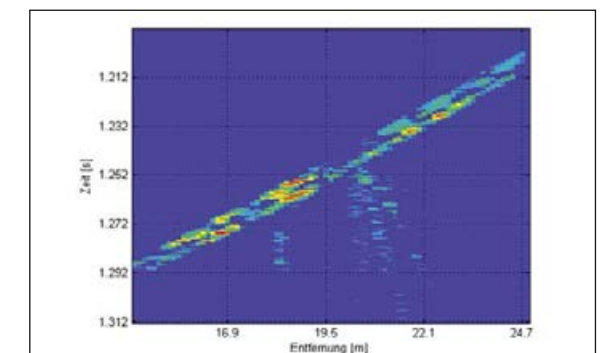


Abb. 4: Ausschnitt der Geschossbahn einer RPG – Raketenbug und -heck (Finne) sind unterscheidbar



Dr. Martin Ulmke
Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie, Wachtberg
martin.ulmke@fkie.fraunhofer.de



Klaus Wild
Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie, Wachtberg
klaus.wild@fkie.fraunhofer.de

Sensordatenfusion für agile UAV in vernetzter Umgebung

Ein Verbund aus unbemannten fliegenden Plattformen bietet im Rahmen der vernetzten Operationsführung zahlreiche Vorteile für die Nachrichtengewinnung und Aufklärung, stellt aber auch besondere wissenschaftliche Herausforderungen an die Algorithmik der Sensordatenfusion. Das Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie FKIE entwickelt und erprobt Methoden der Track-to-Track-Fusion für die plattformübergreifende Zielaufklärung.

In einem Forschungs- und Entwicklungsvorhaben wird in Kooperation mit industriellen Partnern die Fähigkeit von UAS (Unmanned Aerial Systems) in vernetzter Umgebung zu operieren dargestellt. Hierzu wurde seitens der Industrie der modular aufgebaute, generische Systemdemonstrator „Agile UAV (Unmanned Aerial Vehicles) in vernetzter Umgebung“ konzipiert und umgesetzt. Das Fraunhofer FKIE hat innerhalb dieses Systemdemonstrators vor allem die Konzeption und Entwicklung von Softwarekomponenten für die Sensordatenfusion übernommen.

Im Juni und Juli 2012 wurden auf dem Militärflughafen Goose Bay in Kanada Flugversuche auf der Basis einer Reihe von Testszenarien durchgeführt. Dabei wurde das Zusammenspiel einer Stand-Off-Aufklärungsplattform (im Experiment realisiert durch einen Learjet) mit dem UAS „Barracuda“ zur Erkennung und Bekämpfung von Bodenzielen demonstriert. Die Sensorik besteht bei der Stand-Off-Plattform aus dem SmartRadar-System mit GMTI – (Ground Moving Target Indicator) und SAR – (Synthetic Aperture Radar) Moden. Beim Barracuda kommen bildgebende optische und Infra-



Abb. 1: Barracuda UAS

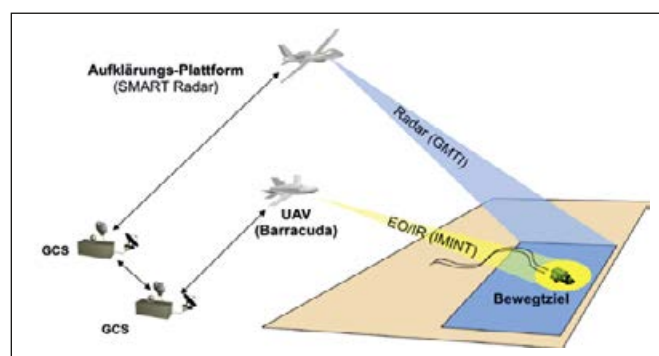


Abb. 2: Systemdemonstrator Agile UAV



Julian Hörst
Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie, Wachtberg
julian.hoerst@fkie.fraunhofer.de



Michael Mertens
Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie, Wachtberg
michael.mertens@fkie.fraunhofer.de

rot-Sensoren zum Einsatz. Die Zieldarstellung erfolgte durch einen Helikopter sowie durch eine Reihe von Straßenfahrzeugen mit GPS-Aufzeichnung.

Die Stand-Off-Aufklärungsplattform übernimmt die weiträumige Überwachung des Zielgebietes und sendet ihre GMTI-Radardaten an eine Bodenstation (ground control station, GCS). Dort werden anhand dieser Informationen mögliche Ziele detektiert und verfolgt, und das UAS wird auf diese Zieltracks eingewiesen. Die mit Hilfe von Bildauswerteverfahren gewonnenen IMINT- (Imagery Intelligence) Tracks werden in einem Fusionszentrum in Echtzeit mit den GMTI-Tracks korreliert und fusioniert. Dabei wird bei der Korrelation festgestellt, ob die beiden Tracks ein- und dasselbe Ziel darstellen. Erfolgreich korrelierte Tracks werden mit Hilfe einer Fusion kinematisch zusammengeführt, um zu höherwertigen Informationen wie einer besseren Trackgenauigkeit zu kommen. Die so fusionierten Tracks werden wiederum an das UAS gesendet und dienen der weiteren Aufklärung sowie der Einweisung und Steuerung der Sensoren und Effektoren. Zusätzlich können mit Hilfe der optischen Sensoren aufgenommene Bilder einem Track zugeordnet werden, um einen Operateur am Boden bei einer manuellen Zielidentifikation zu unterstützen.

Die vom Fraunhofer FKIE bereitgestellten Softwarekomponenten für GMTI-Tracking und Track-to-Track-Fusion wurden in die Netzwerkarchitektur des Systemdemonstrators integriert und während der Realübung erfolgreich eingesetzt. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte u. a. mit Hilfe der in der Bundeswehr eingesetzten Auswertesoftware VPPQ (Video Picture Publishing Querschnittlich). Die erzielten Ergebnisse zeigen, dass die entwickelten Fusionsmethoden und -technologien auch für agile UAV in vernetzter Umgebung hervorragend geeignet sind.

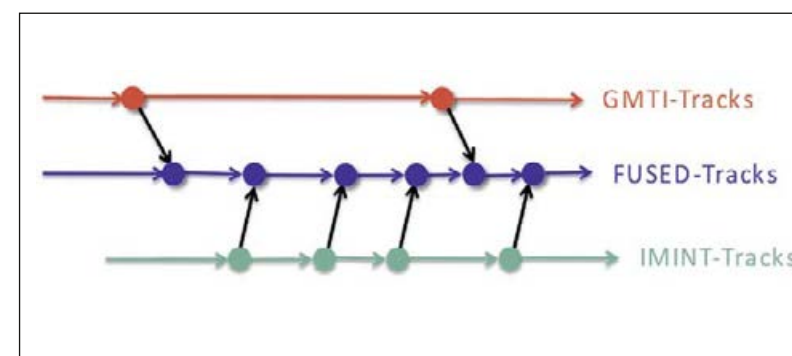


Abb. 3: Sensor-Track-to-System-Track-Fusion. GMTI- und IMINT-Tracks (farbige Kreise) treffen asynchron und mit jeweils unterschiedlicher Frequenz ein und werden jeweils mit entsprechenden System-Tracks (FUSED) assoziiert und fusioniert

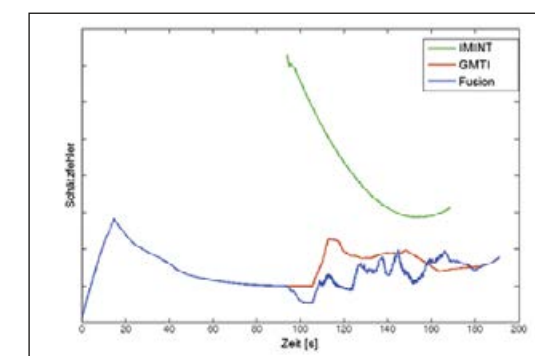


Abb. 4: Positionsunsicherheiten für GMTI, IMINT und Fusion. Sobald IMINT-Daten assoziiert werden können, wird ein Fusionsgewinn, visualisiert durch eine niedrigere Unsicherheit, erzielt



Dipl.-Phys. Alwin Dimmeler
Fraunhofer-Institut für Optronik,
Systemtechnik und Bildauswertung,
Ettlingen
alwin.dimmeler@iosb.fraunhofer.de



Dipl.-Phys. Hendrik Schilling
Fraunhofer-Institut für Optronik,
Systemtechnik und Bildauswertung,
Ettlingen
hendrik.schilling@iosb.fraunhofer.de

Das EDA-Vorhaben DUCAS –
Detection in Urban scenario using Combined Airborne imaging Sensors

Militärische Operationen finden immer häufiger in urbanen Gebieten statt. Vor jedem dieser Einsätze muss ein genaues Lagebild erstellt und während der Operation aktualisiert werden. Ziel von DUCAS ist, den potenziellen Nutzen von kombinierter luftgestützter bildgebender Sensorik mit hoher räumlicher und spektraler Auflösung bei militärischen Anwendungen in urbanen Einsatzgebieten zu untersuchen.

Um den Nutzen kombinierter luftgestützter Sensorik in urbanen Einsatzgebieten zu untersuchen, haben sieben Nationen (Schweden, Belgien, Niederlande, Italien, Frankreich, Norwegen und Deutschland) das EDA (European Defence Agency) – Vorhaben DUCAS ins Leben gerufen. Die für die Aufgabenstellung erforderlichen Daten wurden 2011 in einer gemeinsamen Feldmesskampagne in Zeebrugge, Belgien, erfasst. Hierbei wurde versucht, möglichst einsatzrelevante Szenarien zu simulieren, wie z. B.:

- die Unterstützung herkömmlicher Truppen und Spezialeinheiten,
- die Detektion von IED (Improvised Explosive Device),
- die Detektion, Verfolgung und das Wiederauffinden von Objekten.

Die luftgestützte Datenerfassung erfolgte mit Hyperspektralsensoren und mit räumlich hochauflösenden Kameras, die den Bereich vom Sichtbaren (VIS) und nahen Infrarot (NIR) bis zum langwelligen Infrarot abdeckten. Zusätzlich wurden Laserhöhendaten erfasst. Der Beitrag des Fraunhofer-Instituts für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB bei den Messungen war:



Abb. 1: Wing-Pod mit Hyperspektralsensor an Motorsegler der OHB System AG

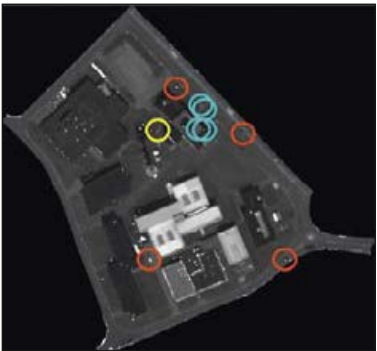


Abb. 2: Anomaliedetektion in Hyperspektraldaten (VIS-NIR), Markierungen sind „echte Ziele“



Dipl.-Math. techn. Wolfgang Groß
Fraunhofer-Institut für Optronik,
Systemtechnik und Bildauswertung,
Ettlingen
wolfgang.gross@iosb.fraunhofer.de



Dr. rer. nat. Wolfgang Middelmann
Fraunhofer-Institut für Optronik,
Systemtechnik und Bildauswertung,
Ettlingen
wolfgang.middelmann@iosb.fraunhofer.de

- der Betrieb eines Hyperspektralsensors (VIS-NIR) in einem Motorsegler der Firma OHB System AG, Abbildung 1,
- die Messung von Umweltdaten und spektraler Oberflächeneigenschaften.

Zunächst wurden bei der Datenanalyse verschiedene Auswerteverfahren auf die Datensätze einzelner Sensoren und ausgewählter Szenarien angewandt. Bei den Verfahren handelt es sich um die Anomaliedetektion, Klassifikation, Änderungsdetektion und das „Spectral Matching“.

Ein Beispiel für die Anomaliedetektion in Hyperspektraldaten (VIS-NIR) zeigt Abbildung 2. Ziel war es, Fahrzeuge, Personen und Gegenstände zu detektieren. Die Anomaliedetektion wurde hierbei mit einem vom Fraunhofer IOSB entwickelten Algorithmus durchgeführt. Anhand statistischer Analysen werden hierbei Pixel gesucht, die sich von ihrer Umgebung signifikant unterscheiden. In diesem Beispiel wurden sowohl Fahrzeuge (rote Kreise) und Personen (türkis), als auch eine Mauer aus Sandsäcken (gelb) richtig erkannt. Generell ist die Detektionswahrscheinlichkeit von Objekten, deren Fläche kleiner als die räumliche Auflösung des Sensors ist, sehr gering. Die meisten Anomalien sind zwar keine gesuchten Objekte, stellen aber auch keine Fehldetektionen dar, da dies „echte

Anomalien“ sind, wie Lüftungsauslässe, Gebäudekanten oder ähnliches. Wie dieses Beispiel zeigt, ist die Anomaliedetektion deshalb allein nicht für Anwendungen in urbanen Gebieten geeignet, kann jedoch einem Operator Hinweise auf interessante Gebiete geben, die daraufhin mit anderen Methoden analysiert werden können.

Ein anderes Auswerteverfahren stellt die Klassifikation dar. Bei dieser soll das zu untersuchende Gebiet in verschiedene Klassen, wie Gebäude, Wiese, Straße oder ähnliche, eingeteilt werden. Durch die hohe spektrale Auflösung kann zusätzlich auch zwischen unterschiedlichen Materialien unterschieden werden. Die Klassifikation erfolgt anhand dieser Trainingsdaten. Abbildung 3 zeigt eine manuell generierte Maske des Messgebiets mit zwölf Klassen, Abbildung 4 die mittels Klassifikation durch eine „Support Vector Machine“ erstellte, mit einer sehr guten Übereinstimmung. Zusätzlich sind in Abbildung 4 die Schattenbereiche mit einer Schattenmaske ausgeblendet.

Nachdem nun die Ergebnisse für die einzelnen Sensoren und Verfahren vorliegen, ist das nächste Ziel, Sensor- und Algorithmen-Kombination(en) zu finden, welche eine potenziell höhere Leistungsfähigkeit bei der Erfüllung der jeweiligen Aufgabe besitzen als die „Einzelresultate“.



Abb. 3: Manuell generierte Masken der Objektklassen



Abb. 4: Automatische Klassifizierung von Objektklassen aus Hyperspektraldaten (VIS-NIR)



Dipl.-Math. Yvonne Fischer
Fraunhofer-Institut für Optronik,
Systemtechnik und Bildauswertung,
Karlsruhe
yvonne.fischer@iosb.fraunhofer.de



Dipl.-Inform. Michael Teutsch
Fraunhofer-Institut für Optronik,
Systemtechnik und Bildauswertung,
Karlsruhe
michael.teutsch@iosb.fraunhofer.de

Innovative Maßnahmen zur Gewährleistung der maritimen Sicherheit

Die zunehmende Bedeutung des Frachtschiffverkehrs in der globalisierten Wirtschaft und die fortschreitende Nutzung der Meere zur Rohstoffgewinnung erfordern erweiterte Maßnahmen zur Sicherung von Menschen und Gütern auf See. Diese umfassen insbesondere auch den Einsatz von vorhandener und neuartiger Sensorik. Das Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB entwickelt innovative Verfahren zur Auswertung und Fusion dieser Sensordaten.

Schwerpunktthemen der maritimen Sicherheit sind die Eindämmung von Piraterie, die Sicherung von Offshore-Anlagen, Prävention und Hilfsmaßnahmen für Seenotfälle aber auch im Bereich der zivilen Sicherheit die Aufdeckung von Schmuggel oder illegaler Immigration sowie die Überwachung von Fischereizonen und Umweltschutzaufgaben. Innovative Sensorik stellen Infrarot-Videosensoren auf maritimen Plattformen für kleinräumige Beobachtungsbereiche dar, während Erdbeobachtungssatelliten auch großflächige Seegebiete erfassen können. Zur Auswertung und Fusion dieser Sensordaten hat das Fraunhofer IOSB Verfahren entwickelt, die großes Potential für die automatische Überwachung und damit die Entlastung und Unterstützung menschlicher Auswerter bieten.

Radarsatelliten: Zur wetter- und tageszeitunabhängigen Überwachung großer Seegebiete sind Radarsatelliten im Einsatz. Schiffspositionen oder eisfreie Zonen im Polarmeer sind über kommerzielle Dienste abrufbar. Moderne Satelliten wie der deutsche TerraSAR-X liefern darüber hinaus Radarbilder hoher Auflösung, aus denen Länge und Breite von Schiffen sowie Strukturinformation über Deckaufbauten

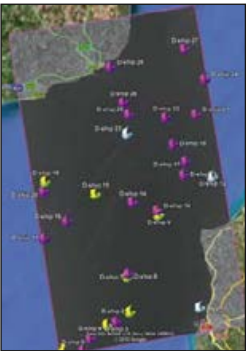


Abb. 1: Radarbildauswertung für TerraSAR-X: Extrahierte Schiffspositionen im Ärmelkanal bei Dover (Hintergrundbild aus Google Earth)

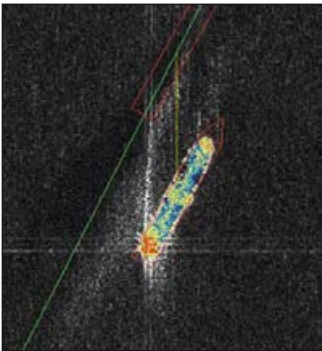


Abb. 2: Radarsignatur eines Schiffes und abgeleitete Parameter mit Intensitätsprofil (Screenshot)

Pos. North, East	50.8671 N, 1.4615 E
Real Pos. North, East	50.8704 N, 1.4607 E
Length	353 m
Width	58 m
Eccentricity	98.62 %
Convexity	79.3 %
Area	15269 m²
Heading (Image)	61 DEG
Heading (World)	038 DEG
Ship Azimuth Displacement	371 m
Speed	14.1 km/h (7.6 kn)
Wake Normal	152.7 DEG
Wake Offset	-169 m
Wake Significance	5.3
Mean Backscatter	757 (1.2 %)
Max. Backscatter	32929 (50.2 %)
Image Mean	51
Image Median	35
Image StDev	247
Profile:	(Stern to Bow)

und die Heckwelle extrahiert werden können (Abbildung 1 und Abbildung 2). Eine automatischer Analyse und Klassifikation ermittelt Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit sowie Hinweise auf den Schiffstyp.

Infrarot-Videoauswertung: Infrarot-Videokameras erfassen die Meeresoberfläche über mehrere Kilometer, auch bei Dunst und Dunkelheit. Aufgrund von Wellen und unterschiedlichen Wettersituationen stellt die robuste Erkennung kleiner Boote in dieser Entfernung eine besondere Herausforderung dar. Im Falle schwimmender Kameraträger wie z. B. Bojen sind zudem Horizontmarkierung und Hintergrundstabilisierung erforderlich.

Durch räumlich-zeitliche Fusion unterschiedlicher Algorithmen gelingt es, Objekte bis 5 km Entfernung robust zu entdecken und zu verfolgen. Maschinelle Lernverfahren trennen irrelevante Objekte (Bojen, große Schiffe) und kleine Boote, wie sie meist für illegale Immigration, Piraterie oder Schmuggel eingesetzt werden (Abbildung 3). Die Verarbeitung läuft in Echtzeit und die Leistung hängt im Wesentlichen von Kamerabewegung, Objektentfernung, Umwelteinflüssen und Sensorrauschen ab.

Fusionsarchitektur: Das Objekt-Orientierte Weltmodell (OOWM) ist eine Fusionsarchitektur für Überwachungssysteme, welches eine konsistente Gesamtansicht des beobachteten Gebietes liefert. Dabei dient das OOWM als Informationsdrehscheibe zwischen Signalverarbeitungsalgorithmen und Situationsanalysediensten (Abbildung 4). Es nimmt asynchron eingehende Objektbeobachtungen über eine einheitliche Schnittstelle entgegen, welche durch entsprechende Fusions-

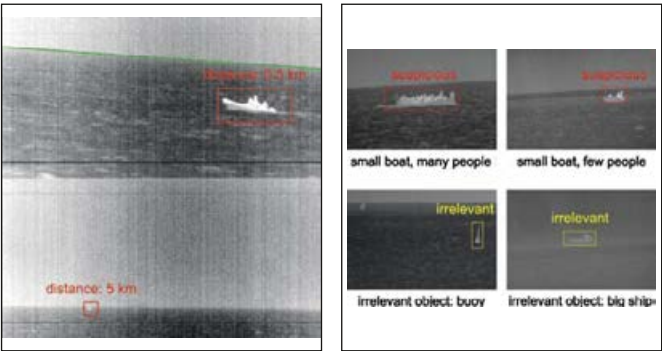


Abb. 3: Beispiele für Detektion und Klassifikation von Objekten in Infrarot-Videos (Screenshot)

algorithmen unter Berücksichtigung von Unsicherheiten in ein probabilistisches Objektmodell überführt werden. Weiter entscheidet das OOWM über die Instanziierung neuer Objekte oder das Löschen veralteter Objektinstanzen und bietet eine einheitliche Schnittstelle für Situationsanalysedienste. Diese greifen auf den Inhalt des OOWM zu und werten die aktuelle Lage über die Zeit hinweg aus. Als Methode für die Situationsanalyse dient ein probabilistisches Verfahren, ein sogenanntes dynamisches Bayes-Netz. Die erkannten und in einem Lagebild visualisierten Situationen unterstützen menschliche Entscheider hinsichtlich ihrer nächsten Handlungen.

Die von der Wehrtechnischen Dienststelle 81 geförderten Forschungsaufgaben für diese Aufgaben wurden begleitet durch Projekte der zivilen Sicherheitsforschung: DeMarine, AMASS (Autonomous Maritime Surveillance System) und WiMA²S (Wide Maritime Area Airborne Surveillance).

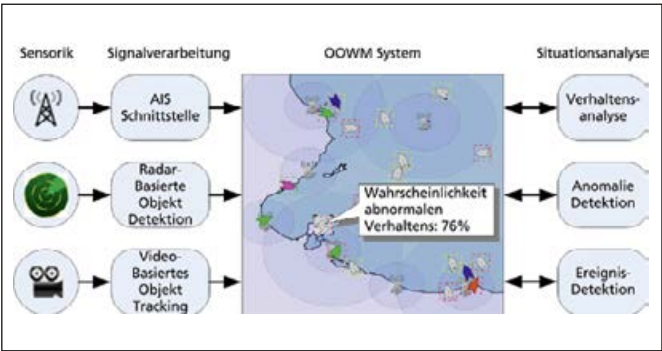


Abb. 4: Das Objekt-Orientierte Weltmodell als Informationsdrehscheibe



Dr. Christoph Nebel
Fraunhofer-Institut für Angewandte
Festkörperphysik, Freiburg

christoph.nebel@iaf.fraunhofer.de

Neuartiges Detektionsverfahren für gefährliche Alpha-Strahler in Trinkwasser

Radionuklide, die α -Strahlung (Helium-Kerne) emittieren, sind bei Inkorporation extrem schädlich für die menschliche Gesundheit. Die krankmachende Wirkung tritt zeitverzögert auf und ist medizinisch kaum behandelbar. Derartige Nuklide können nur sehr schwer erkannt werden, da α -Strahlung eine sehr geringe Reichweite in Materie besitzt und durch ein einfaches Behältnis vollständig abgeschirmt werden kann.

Die wichtigsten α -Strahler finden sich in der Gruppe der Actinoide, das sind Elemente mit Ordnungszahlen zwischen 89 und 103. Alle Actinoide sind Metalle, radioaktiv und giftig. Eine besonders hohe Gefährdung kann durch das Zerfallsprodukt Polonium 210 entstehen, da es ebenfalls hochradioaktiv ist und fast ausschließlich α -Strahlung emittiert. Daher ist eine einfache Detektion über die den radioaktiven Zerfall normalerweise begleitende hochenergetische Röntgenstrahlung (γ -Strahlung) nicht möglich.

Die biologische Schadwirkung dieser schnellen Heliumkerne ist 20-mal höher, als die von γ -Strahlung, wenn derartige Radionuklide in den menschlichen Körper gelangen. Die kinetische Energie eines Alphateilchens liegt typischerweise in der Größenordnung von 2 bis 5 MeV. Alphateilchen aus künstlich erzeugten Nukliden können sogar Energien von über 10 MeV besitzen. Traurige Berühmtheit hat der Fall Alexander Litwinenko erlangt, aber auch andere prominente Todesfälle mit derzeit noch ungeklärter Ursache werden diesbezüglich neu untersucht. Außerhalb des Körpers schadet die Strahlung dagegen kaum, da α -Partikel bereits in den oberen toten

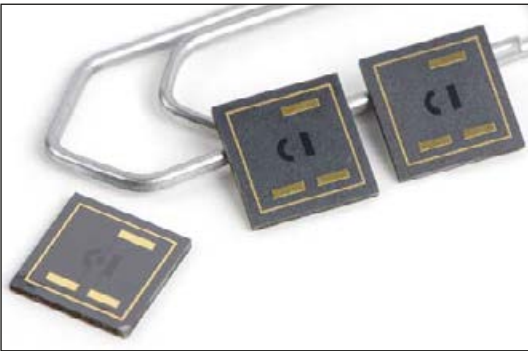


Abb. 1: Erste Sensor-Prototypen im Größenvergleich

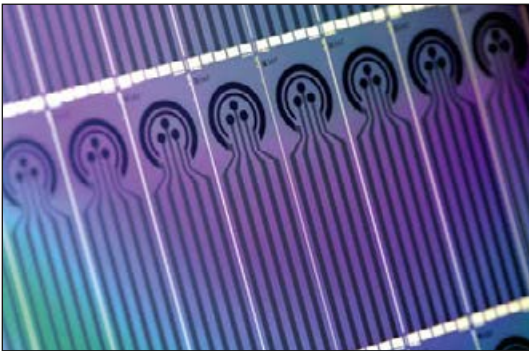


Abb. 2: Ausschnitt eines Wafers mit Sensorstrukturen

Hauschichten absorbiert werden und damit keine lebenden Zellen schädigen.

Für einen Attentäter ist der Transport dieser Substanzen in einem einfachen Behältnis völlig ungefährlich. Eine schnelle Detektion ist nicht möglich. Derartiges Material kann somit risikolos transportiert und auch in überwachte Bereiche eingeschleust werden. Zusätzlich tritt die medizinische Wirkung, z. B. über eine Kontamination von Trinkwasser, zeitverzögert mit zunächst recht unspezifischen Symptomen auf. Ein Anschlag kann daher fast ohne Risiko für die eigene Gesundheit oder der frühzeitigen Enttarnung durchgeführt werden.

Für Streitkräfte im Auslandseinsatz ist die Versorgung mit sauberem Trinkwasser eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Missionsdurchführung. Es existieren ausgereifte Anlagen, die aus beliebigen Quellen hygienisch einwandfreies Trinkwasser aufbereiten können. Eine absichtliche Kontamination der Entnahmestelle mit α -Strahlern kann derzeit jedoch nicht automatisiert und zeitnah festgestellt werden. Aufbauend auf dem nachfolgend beschriebenen Projekt der zivilen Sicherheitsforschung wird ein System zum besseren Schutz von Soldaten im Auslandseinsatz entwickelt.

Im Rahmen des BMBF geförderten Projekts „System zur Spurendetektion von α -Partikeln in Wassernetzwerken“ wird ein Echtzeit-Messsystem realisiert, welches es erlaubt, eine Actinoid-Verunreinigung von Trinkwasser in wenigen Minuten zu ermitteln. Dies wird durch die Kombination einer elektrochemischen Elektrode aus Diamant und einem Si-basierten α -Teilchendetektor erreicht. Eventuell vorhandene Actinoid-Atome werden an der Elektrode chemisch ausgefällt und so

auf dem Sensor angereichert. Der Nachweis erfolgt durch den integrierten α -Teilchen-Detektor, der auch die Energie der Strahlung misst. Da α -Strahlung eine für das jeweilige Radionuklid charakteristische Energie besitzt, erhält man über diesen Wert eine aussagekräftige Information über die Art und den möglichen Ursprung der radioaktiven Kontamination.

Der neuartige Sensor wird in enger Zusammenarbeit des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Festkörperphysik IAF, mit dem Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT, dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT), dem Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) und Canberra France entwickelt. Besondere Forschungsherausforderungen sind die Kombination der Diamant-Abscheidung auf Si-basierten α -Teilchen-Sensoren, die bei niedrigen Temperaturen und auf großen Flächen erfolgen muss. Hinzu kommt die Entwicklung eines chemischen Actinoid-Akkumulationsschritts auf der Diamantelektrode und deren Reinigung nach der Messung durch einen Regenerierungsprozess. Damit wird eine kontinuierliche Messung zur Überwachung von Trinkwassernetzen und -Quellen möglich.

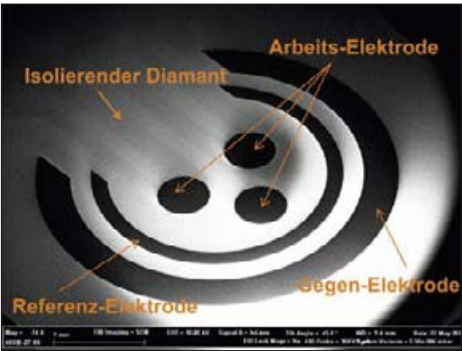


Abb. 3: Der Sensor im Detail

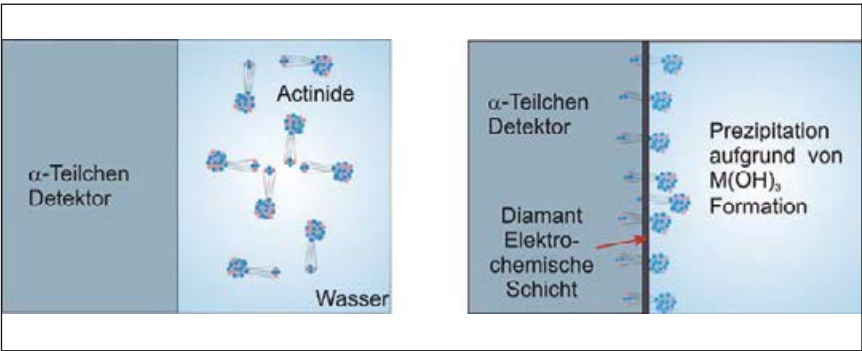


Abb. 4: Funktionsprinzip des Sensors.
Linke Seite: Aufgrund der geringen Reichweite von α -Strahlung in Wasser kann diese normalerweise nicht nachgewiesen werden.
Rechte Seite: Durch eine gezielte Anreicherung von Actinoiden in der Nähe des Detektors kann die Strahlung detektiert werden



Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Lukas Deimling
Fraunhofer-Institut für Chemische
Technologie, Pfinztal-Berghausen

lukas.deimling@ict.fraunhofer.de



Dipl.-Ing. Volker Weiser
Fraunhofer-Institut für Chemische
Technologie, Pfinztal-Berghausen

volker.weiser@ict.fraunhofer.de

Entwicklung und Charakterisierung neuer pyrotechnischer Scheinziele

Pyrotechnische Scheinziele bilden einen wichtigen Bestandteil der Schutzausrüstung komplexer Plattformen vor der steigenden Bedrohung durch infrarotgesteuerte Lenkflugkörper. Neue spektral auflösende Suchköpfe gefährden den Erhalt dieser Schutzwirkung und machen es erforderlich, neue Scheinzielwirkmassen zu entwickeln, die besser an die Strahlungssignatur des zu schützenden Objekts angepasst sind.

Das Abstrahlungsverhalten eines pyrotechnischen Scheinziels wird im Wesentlichen von der Temperatur, Flammgeometrie und den emittierenden Komponenten des Flammenkörpers bestimmt. Derzeit konzentriert sich die Forschung und Entwicklung auf spektrale Scheinziele, deren Emission die Signatur des Abgasstrahls der zu schützenden Plattform möglichst genau imitiert. Das Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT arbeitet besonders mit dem selbstentwickelten Ansatz von pyro-organischen Mischungen, der die spektrale Charakteristik bei der Verbrennung von geeigneten Kohlenwasserstoffen mit hochenergetischen, pyrotechnischen Sätzen kombiniert, um größere Strahlungsleistungen zu erreichen. Die Komponentenauswahl bei der Entwicklung neuer chemischer Ansätze wird dabei von thermodynamischen Rechencodes als Eingabeparameter in ein spektrales Simulationsmodell unterstützt (Abbildung 1).

Daraus ergeben sich zahlreiche chemische Formulierungen, aus denen zuerst Presslinge im kleineren Maßstab hergestellt werden, die im Verbrennungslabor in unterschiedlichen Testeinrichtungen detailliert auf ihre Abbrandeigenschaften und

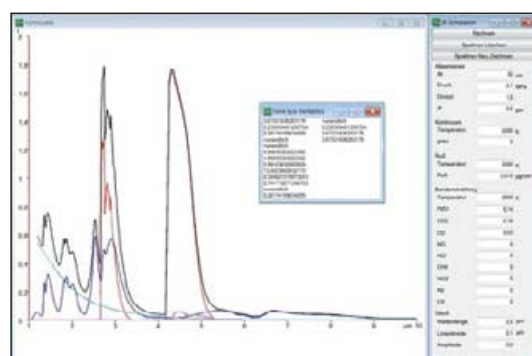


Abb. 1: Rechnergestützte Simulation von Scheinzielspektren (Screenshot)



Abb. 2: Abbrand eines Prüfsatzes in Luft

ihr Abstrahlungsverhalten sowohl im offenen als auch im geschlossenen Abbrand bei verschiedenen auch subatmosphärischen Druckbedingungen charakterisiert werden können (Abbildung 2).

Die Beurteilung der Flammenbilder und die messtechnische Ermittlung von Abbrandgeschwindigkeiten, Abbrandtemperaturen und spektralen Emissionen liefern wichtige Einblicke in das pyrotechnische Abbrandverhalten und erlauben es besonders vielversprechende Formulierungen auszuwählen. Nach Simulation mit räumlichen Abbrandmodellen, die neben dem Umsatz auch den zeitlichen Verlauf der thermischen Abstrahlung berücksichtigt, werden die berechneten Formkörper im Realmaßstab hergestellt. In diesem Stadium der Entwicklung gilt es bereits, eine geeignete Anzündung der neuen Wirkmasse zu entwerfen.

Die weitere Überprüfung der Scheinziele im Realmaßstab hinsichtlich der wirkungsrelevanten Kriterien beim operativen Einsatz ist für eine zielorientierte Entwicklung von zentraler Bedeutung. Das Fraunhofer ICT betreibt zu diesem Zweck einen speziellen Scheinzielprüfstand mit Luftanströmung, um die neuen Wirkmassen unter möglichst realitätsnahen Bedingungen charakterisieren zu können (Abbildung 3).

Die erforderliche Luftströmung für den Prüfstand wird durch vorgefüllte Druckbehälter erzeugt. Der zeitliche Verlauf der Anströmgeschwindigkeit wird dabei den Verhältnissen bei einem realen Scheinzielabwurf nachgebildet. Für die Charakterisierung stehen derzeit drei unterschiedliche Geschwindigkeitsprofile für die Kategorien Helikopter, Transportflugzeug und Kampffjet zur Verfügung. Die Scheinzielprobe wird im

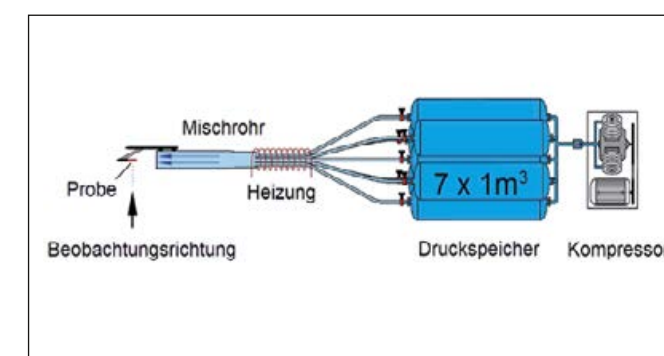


Abb. 3: Skizze des Scheinzielprüfstands

Kernbereich des gerichteten Düsenfreistrahls auf dem Prüfstand fixiert, wodurch die Strahlungsemission der brennenden Wirkmasse stationär vermessen werden kann.

Neben der realitätsnahen Anströmung besitzt die originale Anzündung der Scheinziele einen hohen Stellenwert, da diese entscheidenden Einfluss auf die Zuverlässigkeit des Anbrennvorgangs und auf die Anbrennzeit aufweisen.

Die Abbrandversuche werden mit spektral auflösenden und bildgebenden Messsystemen aufgezeichnet und auf die Zuverlässigkeit der Anzündung, den Intensitätsanstieg der Strahlungsleistung, die spektrale Strahlungsverteilung und die Gesamtstrahlung hin charakterisiert (Abbildung 4).

Beginnend mit der Formulierung der Wirkmassen bis hin zur Herstellung von Scheinzielen im Realmaßstab und deren Untersuchung unter realitätsnahen Bedingungen, kann das ICT alle Stufen der Entwicklung neuer Scheinzielwirkmassen begleiten.



Abb. 4: Angeströmter Abbrand eines Scheinziels im Realmaßstab



Dr. Monika Risse
Fraunhofer-Institut für
Naturwissenschaftlich-Technische
Trendanalysen, Euskirchen

monika.risse@int.fraunhofer.de



Hermann Friedrich
Fraunhofer-Institut für
Naturwissenschaftlich-Technische
Trendanalysen, Euskirchen

hermann.friedrich@int.fraunhofer.de

Das Messfahrzeug DeGeN – unser System zur Prävention von Nuklearterrorismus

Das Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen INT hat das Messfahrzeug DeGeN (DEtektion Gamma Einschließlich Neutronen) entwickelt und in 2012 modernisiert. Damit sind Nachweis und Identifikation radioaktiver und insbesondere nuklearer Stoffe möglich. Messungen erfolgen sowohl in der Vorbeifahrt als auch stationär. Das System ist in Fahrzeuge ab einer Größe eines typischen PKW-Kombis einbaubar.

Die Bundeswehr steht im Auslandseinsatz vielfältigen Gefahren gegenüber. In den Verteidigungspolitischen Richtlinien vom 27. 5. 2011 wird hervorgehoben, dass „der internationale Terrorismus eine wesentliche Bedrohung für die Freiheit und Sicherheit unseres Landes und unserer Bündnispartner“ bleibt. Im Bereich des Terrorismus hob Bundeskanzlerin Merkel in ihrer Regierungserklärung zum Einsatz der Bundeswehr in Afghanistan vom April 2010 die Bedrohung durch den Atomterrorismus hervor. Er „gehört zu den größten Bedrohungen für die Sicherheit der Welt. Organisationen wie al-Qaida versuchen, in den Besitz von Nuklearwaffen zu kommen oder nukleares Material zu erlangen, um damit als sogenannte schmutzige Bomben nuklear angereicherte konventionelle Waffen zu bauen.“ Um für Einsätze mit derartiger Risikolage gerüstet zu sein, ist es unumgänglich entsprechende Fähigkeiten für das Auffinden und Identifizieren von nuklearem Material vorzuhalten.

Nukleares und radioaktives Material kann durch Messung der von ihm ausgehenden Strahlung nachgewiesen und identifiziert werden. Hierzu sind im Messfahrzeug (Abbildung 1)



Abb. 1: Messsystem im Fahrzeug eingerüstet

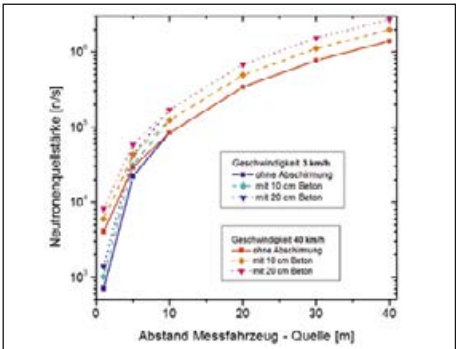


Abb. 2: Nachweisgrenze für Neutronenmessungen für 3 und 40 km/h für unterschiedliche Abschirmungen

Gamma- und Neutronendetektoren eingebaut. Zur Gammamessung sind zwei 5 l große Plastiksintillationsdetektoren mit NBR (Natural Background Rejection) Funktionalität enthalten. Sie ermöglichen eine Unterscheidung zwischen natürlicher und künstlicher Radioaktivität. Durch den Einbau je einer Sonde auf beiden Seiten kann unterschieden werden, auf welcher Fahrzeugseite sich die aufgefundene Quelle befindet. Für die genaue Identifizierung befindet sich ein hochauflösender, elektrisch gekühlter Germaniumdetektor im Fahrzeug, welcher sowohl während der Fahrt als auch in einer nachgeordneten abgesetzten Messung eine Identifikation des gefundenen Materials ermöglicht.

Im Jahr 2012 wurde das INT Messfahrzeug modernisiert und ausgebaut. Hierzu gehörte die Neubeschaffung eines PKW-Kombi, die Integration neuer Systemkomponenten (robuster PKW-PC und robuster Monitor) und die bessere Anbindung des Germaniumdetektors zur Nutzung während der Fahrt.

Von nuklearem Material werden Gammastrahlen und Neutronen ausgesandt. Die überwiegend niederenergetische Gammastrahlung ist oft so stark abgeschirmt, dass ein Nachweis unmöglich ist. In solchen Fällen ist die Neutronenmessung die einzige Möglichkeit zum Nachweis des nuklearen Materials. Dazu werden zwei großvolumige Detektorreihen mit je 6 ³He-Slab-Countern auf beiden Fahrzeugseiten eingesetzt. Die Nachweisgrenze ist für Abstände oberhalb 5 m von der Fahrtgeschwindigkeit unabhängig (Abbildung 2). Beispielsweise können in 10 m Abstand mit einer Abschirmung von 20 cm Beton etwa 3 kg waffengrädiges Plutonium nachgewiesen werden. Die Information, ob es sich bei einem Fund um Nuklearnmaterial oder eine industrielle Neutronenquelle



Abb. 3: Screenshot der Monitoranzeige mit einem Gammaquellenfund auf der linken Fahrzeugseite

handelt, kann durch eine ergänzende stationäre Koinzidenzmessung erhalten werden.

Die Messwerte laufen getrennt für die beiden Detektorseiten in Balkendiagrammen auf dem Monitor ein (Abbildung 3). Das Überschreiten einstellbarer Schwellen wird optisch und akustisch signalisiert. Alternativ kann während der Fahrt ein Datenwert in einem farbkodierten Fahrweg in einer Kartendarstellung betrachtet werden. Neben üblichem Kartenmaterial können auch eingescannte Karten oder Satellitenbilder genutzt werden (Abbildung 4).

Das Energiemanagement des Messsystems ermöglicht die Energieversorgung durch Aufladung mittels Lichtmaschine während der Fahrt, bis zu 10 h aus dem Akkumulator und auch über einen Anschluss an 230 V für vorbereitende Arbeiten. Das System ist normalerweise in einem PKW-Kombi integriert, es kann jedoch auch in andere ausreichend große Fahrzeuge eingebaut werden. So können die Systemkomponenten einzeln verlastet und dann am Bestimmungsort in ein Fahrzeug eingerüstet werden.

Mit dem Messfahrzeug DeGeN steht ein valides System im Kampf gegen den Nuklearterrorismus zur Verfügung, welches flexibel eingesetzt werden kann.



Abb. 4: Messwerte Gammadosisleistung als farbkodierter Fahrweg in einem Satellitenbild dargestellt. Es sind bei einer Suchfahrt vier Gammaquellen an den Positionen A bis D gefunden worden. Die Symbole markieren die Quellorte



Dr. Dirk Thorleuchter
Fraunhofer-Institut für
Naturwissenschaftlich-Technische
Trendanalysen, Euskirchen

dirk.thorleuchter@int.fraunhofer.de

Semantische Analyse technischer Probleme in Einsatzberichten von Soldaten

Berichte von Soldaten im Auslandseinsatz beinhalten die Beschreibung technischer Probleme, die bei der Anwendung wehrtechnischer Systeme aufgetreten sind. Aus der großen Anzahl dieser Berichte wird mit semantischer Textanalyse eine halbautomatische Erkennung der technischen Probleme realisiert. Erkenntnisse können zur Steigerung der Zuverlässigkeit künftiger Systeme genutzt werden.

Einsatzberichte von Soldaten im Auslandseinsatz stellen eine wertvolle Informationsquelle für die Bewertung der Zuverlässigkeit dort verwendeter wehrtechnischer Systeme dar. Die Berichte enthalten Beschreibungen von Ereignissen vor Ort. Sind im Rahmen dieser Ereignisse auch technische Probleme aufgetreten, dann werden diese ebenfalls als Textphrase (Textmuster) erwähnt. Aufgrund der Vielzahl an Einsatzberichten von Soldaten wird unter Verwendung der semantischen Indexierung (Latent Semantic Indexing, LSI) die Möglichkeiten einer teil-automatisierten Erkennung von Textmustern untersucht, die technische Probleme beschreiben. Die Berücksichtigung der Semantik stellt sicher, dass bedeutungsähnliche Textmuster zusammengefasst werden, auch wenn die verwendeten Wörter zur Beschreibung eines technischen Problems unterschiedlich sind. Die Zusammenfassung erfolgt unter Anwendung der nicht-negativen Matrixzerlegung (Non-negative Matrix Factorization, NMF), einer Methode aus der multivariaten Analysis und linearen Algebra. Aus den so automatisiert berechneten Textmustern werden diejenigen manuell ausgewählt, bei denen die enthaltenen Wörter einen Bezug zu technischen Begriffen aufweisen.

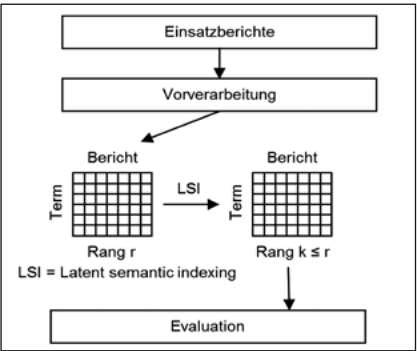


Abb. 1: Verwendete Methode

NMF

$$A = U \cdot V^t$$

mit nicht negativen Matrixen
 $U = [u_{ij}]$ und $V^t = [v_{ij}]$

$$A \approx A_k = U_k \cdot V_k^t$$

mit

$$a_i \approx \sum_{j=1}^k u_j v_{ij}$$

Abb. 2: Non-negative Matrix Factorization

Im Rahmen einer Fallstudie sind Berichte aus dem Afghanistanereinsatz analysiert worden. Die Berichte beinhalten die Beschreibung von insgesamt 42.374 Ereignissen. Aus diesen Beschreibungen wird eine Matrix erstellt, die das gewichtete Vorkommen von Wortgruppen in den einzelnen Ereignissen darstellt. Der Rang dieser Matrix wird mit LSI, NMF und einer spezifischen Prozedur zur Parameterauswahl reduziert. Damit können die semantischen Textmuster automatisiert zusammengefasst werden. Experten wählen diejenigen Textmuster aus, die technologische Problemstellungen beschreiben. Diese Textmuster werden verglichen mit einem Bericht, in dem die Daten bereits nach technologischen Problemstellungen manuell ausgewertet worden sind.

Ein semantisches Textmuster, das mit einer Vielzahl an unterschiedlichen Ereignissen zusammenhängt, beschreibt Abstürze bei kleinen, ferngesteuerten, unbemannten Luftfahrzeugen (UAVs). Das Textmuster enthält mehrere UAV-Typenbezeichnungen. Daraus lässt sich erkennen, dass UAVs unterschiedlicher Typen von den Abstürzen betroffen sind. Weiterhin zeigen die dem Textmuster zugehörigen Wörter eine Vielzahl unterschiedliche Gründe für die Abstürze auf. Als technische Ursachen für die Abstürze sind allgemeines Systemversagen, Berechnungsfehler besonders im Bereich der Navigation und Fehler in der Sensorik des Luftfahrzeuges genannt. Nichttechnische Ursachen liegen im Beschuss des Luftfahrzeuges oder in der menschlichen Fehlbedienung der Fernsteuerung.

Die Häufigkeit des Auftretens der jeweiligen Wortgruppen zeigt, dass die technischen Ursachen häufiger auftreten als die nichttechnischen Ursachen. Aus diesen Erkenntnissen heraus lassen sich z. B. künftige Forschungsvorhaben zielgerichteter planen.

Weitere Ergebnisse werden hier in Kürze erwähnt: Technische Probleme treten in unterschiedlichen Ereignissen auch bei größeren, bemannten Luftfahrzeugen auf. Als Ursache werden vorwiegend hydraulische Probleme genannt wie z. B. Probleme beim Ein- und Ausfahren des Fahrwerks. Auch der Ausfall von Landfahrzeugen wird als semantisches Textmuster dargestellt, wobei sich die technischen Fehler hier vorwiegend auf Probleme im Bremssystem beziehen.

Insgesamt konnten die gewonnenen Erkenntnisse aus der semantischen Textanalyse durch Erkenntnisse aus einer manuellen Auswertung (Zeitungsbericht) bestätigt werden. Demnach stellt die hier beschriebene Methode die Möglichkeit dar, technische Probleme aus einer Vielzahl an Einsatzmeldungen heraus zu extrahieren und diese für die strategische Planung zur Verfügung zu stellen.

Datenquelle	Einsatzberichte aus Afghanistan
Datum	Januar 2008 bis Dezember 2009
Anzahl der Berichte	42.374
Datenformat	Text
Größe der Berichte	Von einigen Bytes bis 25 kB
Evaluation	Vergleich mit Ergebnissen aus manueller Auswertung

Abb. 3: Daten der Fallstudie



Christian Adami
Fraunhofer-Institut für
Naturwissenschaftlich-Technische
Trendanalysen, Euskirchen
christian.adami@int.fraunhofer.de



Michael Jöster
Fraunhofer-Institut für
Naturwissenschaftlich-Technische
Trendanalysen, Euskirchen
michael.joester@int.fraunhofer.de

Ein HPM-Detektor mit Richtungserkennung

Mit Hochleistungsmikrowellen (engl. HPM) können aus kurzer bis mittlerer Distanz elektronische Systeme in wichtiger stationärer Infrastruktur und Fahrzeugen gestört und sogar zerstört werden. Das Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen INT hat die Entwicklung eines HPM-Detektors weitergeführt und mit parallelen Detektionskanälen eine Richtungs-erkennung realisiert.

Heute definiert sich die Infrastruktur von Bundeswehreinrichtungen durch komplexe Elektroniksysteme, die die weitestgehend digitalisierte Kommunikation, den schnellen Austausch großer Datenmengen und Versorgung mit Energie, Licht und Wärme regeln. Auch Bundeswehrfahrzeuge sind in den Grundfunktionen wie Antriebsstrang-Management unverzichtbar mit komplexer Elektronik ausgestattet.

Mit Absichtlicher Elektromagnetischer Beeinflussung (engl. IEMI) wird der Vorgang bezeichnet, solche Elektroniksysteme elektromagnetischen Feldstärken im Mikrowellen-Frequenzbereich auszusetzen, die über den Grenzen der systemspezifischen Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) liegen. Ziel ist es dabei, temporär oder dauerhaft Fehlfunktionen im System auszulösen. Die EMV-Grenzpegel ergeben sich aus der alltäglichen elektromagnetischen Umgebung des Systems am Einsatzort. Diese EMV-Festigkeit wurde entsprechend in die Elektronik hineinentwickelt, und lässt sich nachträglich nur mit Zusatzmaßnahmen verändern. Zu erwähnen ist auch die Tatsache, dass IEMI im Allgemeinen nicht wahrnehmbar ist und somit unauffällig durchgeführt werden kann.



Abb. 1: Demonstrator-Gesamtsystem

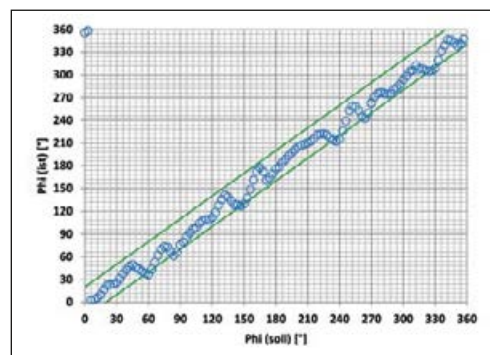


Abb. 2: Aus dem Antennendiagramm berechneter Richtungswinkel versus Zielwinkel bei der Frequenz $f = 2,5 \text{ GHz}$ und Toleranzgrenzen $\pm 20^\circ$



Dr. Hans-Ulrich Schmidt
Fraunhofer-Institut für
Naturwissenschaftlich-Technische
Trendanalysen, Euskirchen
hans-ulrich.schmidt@int.fraunhofer.de



Dr. Michael Suhrke
Fraunhofer-Institut für
Naturwissenschaftlich-Technische
Trendanalysen, Euskirchen
michael.suhrke@int.fraunhofer.de

In einer früheren Arbeit wurde am Fraunhofer INT ein Detektor entwickelt, der Hochleistungsmikrowellen mit hohen Feldstärken in einem großen Dynamikbereich messen kann. Darauf aufbauend wurde die Funktionalität erweitert. Vier um jeweils 90° versetzte Richtantennen und parallel arbeitende Detektionskanäle können nun HPM-Angriffe aus jeder Richtung in der Ebene erfassen (Abbildung 1). Durch die Antennenanordnung und Richtcharakteristik ist nun zusätzlich eine Richtungsbestimmung möglich, dabei liegt der Fehlerwinkel im typischen Mikrowellen-Frequenzbereich unter 20° (Abbildung 2).

Das Gesamtsystem besteht aus der Antennenanordnung, der Hochfrequenzaufbereitung, einem USB-Oszilloskop und einem Computer mit Auswertesoftware. Als Antenne dient eine rückseitig geschirmte Spiralantenne, die polarisationsunabhängig ist, in einem großen Frequenzbereich einen gleichmäßigen Antennenfaktor besitzt und eine ausgeprägte Richtcharakteristik zeigt. In der geschirmten Hochfrequenzaufbereitung (Abbildung 3) wird dann die aufgenommene Leistung auf einen auswertbaren Pegel abgeschwächt, dieser für eine große Messdynamik logarithmisch gewichtet und schließlich in eine Hüllkurvenspannung gleichgerichtet. Die vier parallel erzeugten Spannungen werden dann mit dem Oszilloskop erfasst und hier bereits bezüglich der Puls-

parameter analysiert. Über eine USB-Verbindung werden die Pulsparameter und Rohdaten zu einem Computer übertragen. Die Daten werden dort in einer Signalverarbeitungs-Softwareumgebung zur Richtungsbestimmung und Pegelbeurteilung weiterverarbeitet und mit einem anwenderspezifischen Informationsumfang auf einem Bildschirm dargestellt.

Der Informationsumfang der grafischen Anwenderschnittstelle richtet sich nach dem Prozess des Schutzkonzeptes, in dem der Detektor eingebettet ist. Im allgemeinen Fall ist die Meldung einer Grenzpegelüberschreitung und der Richtung ausreichend, um schnell Maßnahmen zur Sicherung der Infrastruktur ergreifen zu können. Die Ausgabe der Rohdaten und Pulsparameter sind im zweiten Schritt zur Analyse des Angriffs für Fachleute interessant. Beide Ausgaben sind im vorgestellten erweiterten Detektor-Demonstrator realisiert (Abbildung 4).

Da der Detektor mit Batterien versorgt werden kann, ist das System für einen stationären Einsatz in festen und mobilen Bundeswehreinrichtungen und Fahrzeugen geeignet.

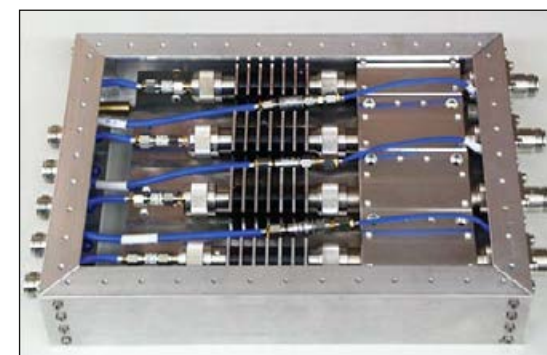


Abb. 3: Hochfrequenzaufbereitung mit Abschwächung, Pegelgewichtung und Hüllkurvengleichrichtung im Schirmgehäuse



Abb. 4: Beispiel einer Darstellung von Pegelwarnstufen und Richtungsanzeige (Screenshot)



Sabine Müller
Fraunhofer-Institut für
Naturwissenschaftlich-Technische
Trendanalysen, Euskirchen
sabine.mueller@int.fraunhofer.de



Britta Pinzger
Fraunhofer-Institut für
Naturwissenschaftlich-Technische
Trendanalysen, Euskirchen
britta.pinzger@int.fraunhofer.de

Intelligente Mobile Systeme für Indoor-Search And Rescue (SAR)-Anwendungen

Mobile Roboter werden zukünftig in zahlreichen zivilen und militärischen Anwendungsbereichen zum Einsatz kommen, um beispielsweise Menschen in Gefahrensituationen zu unterstützen. Mit der Technologie-Roadmap „Intelligente Mobile Systeme (IMS) für Indoor-SAR-Anwendungen“ wird die Entwicklung von fliegenden und bodengebundenen Systemen für Such- und Rettungseinsätze bis zum Jahr 2025 dargestellt.

Weltweit werden autonome und vernetzte mobile Systeme für vielfältige Anwendungen entwickelt. Das Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen INT beobachtet und bewertet die hierfür erforderlichen technologischen Entwicklungen seit vielen Jahren. In den vergangenen Jahren ist die Leistungsfähigkeit bereits deutlich gestiegen. Wettbewerbe wie „RoboCup Rescue“ stimulieren die Forschung und Entwicklung insbesondere an Universitäten. Nach dem Erdbeben und Tsunami im März 2011 in Japan hat das Thema eine hohe Aufmerksamkeit bekommen. Denn im realen Einsatz müssen die Systeme ihre Zuverlässigkeit beweisen. Die wichtigsten Aufgaben in Gebäuden, Tunneln oder Höhlen sind das Navigieren durch strukturierte wie auch unstrukturierte Bereiche, das Erkennen und Lokalisieren von Opfern und Gefahrenherden sowie die Erstellung, Aktualisierung und Übermittlung eines umfassenden Lagebilds.

Eine am INT bereits bewährte Methode, um mögliche Pfade zukünftiger Technologie-Entwicklungen von der Grundlagenforschung über die angewandte Forschung bis zur Einsatzreife und der industriellen Vermarktung aufzuzeigen, ist das Er-

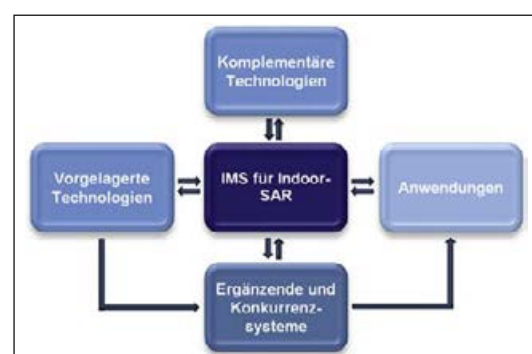


Abb. 1: Vereinfachtes Schema des Technologiekomplexes



Abb. 2: Liste der vorgelagerten und komplementären Technologien von IMS für Indoor-SAR



Martin Müller
Fraunhofer-Institut für
Naturwissenschaftlich-Technische
Trendanalysen, Euskirchen
martin.mueller@int.fraunhofer.de

stellen einer Technologie-Roadmap (TRM), bei der auch veränderbare, nicht-technische Rahmenbedingungen berücksichtigt werden können. Bei einem mehrtägigen Workshop tauschten Experten aus verschiedenen Forschungsbereichen ihr Fachwissen aus. Zusätzlich wurden Fragebögen erstellt und Telefon-Interviews geführt.

Die Technologiebeschreibung anhand des Technologie-Komplexes (Abbildung 1), d. h. anhand der vorgelagerten und der komplementären Technologien (Abbildung 2) sowie potentieller konkurrierender Systeme und Lösungen, ist der Ausgangspunkt der TRM und charakterisiert den Ist-Zustand.

Der Entwicklungsverlauf der verschiedenen Teiltechnologien (Abbildung 2) bis zum Jahr 2025 ist eines der wesentlichen Ergebnisse der TRM. Dies wird mit zahlreichen Grafiken unterstützt. Wichtige Technologietreiber sind hierbei die Automobil- und die Elektronikindustrie, so dass in den nächsten Jahren vor allem im Bereich der Navigation und Kommunikation weitere Fortschritte zu erwarten sind. Beispielhaft ist die Entwicklung der Antriebe und deren Bezug zu anderen Teiltechnologien dargestellt (Abbildung 3).

Die Leistungsfähigkeit des gesamten Systems hängt von der Weiterentwicklung der verschiedenen Teiltechnologien ab,

wie z. B. der Energieversorgung oder der Sensordatenfusion. Es ist zu erwarten, dass bis zum Jahr 2025 IMS für Indoor-SAR-Anwendungen ihre Umgebung detailliert erfassen können und darin auch unter ungünstigen Bedingungen autonom navigieren werden. Die maximale Betriebsdauer kabelloser Systeme wird sich bis zum Jahr 2025 deutlich erhöhen. Aufgrund des gestiegenen Autonomiegrades könnte sich die Zahl der Bediener von heute drei auf einen Operator reduzieren lassen, der ggf. auch mehrere Systeme parallel bedienen kann. Der (autonome) Einsatz von Manipulatoren ist hingegen erst nach 2025 wahrscheinlich. Hinsichtlich der Fortentwicklung der Künstlichen Intelligenz sind bis zum Jahr 2025 keine sprunghaften Verbesserungen zu erwarten. Ein voll-autonomes System wird es bei SAR-Einsätzen nicht geben. Der Mensch wird weiterhin die Bewertungs- und Entscheidungsinstanz sein.

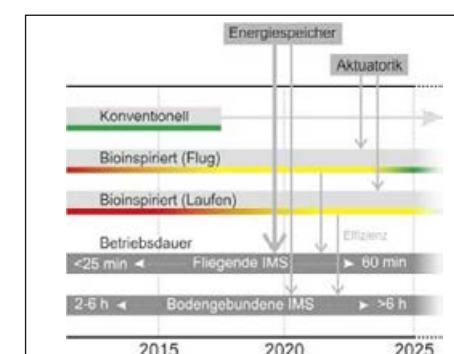


Abb. 3: Zeitlicher Verlauf der Entwicklung des Antriebs als Schema. Die Farbskala zeigt den Übergang vom Status der Grundlagenforschung (rot), über die Prototypenentwicklung (gelb) bis hin zur Marktreife (grün). Die Pfeile signalisieren Einflüsse



Dr. Dagi Geister
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt, Institut für Flugführung,
Braunschweig

dagi.geister@dlr.de



Dr. Frederik Meysel
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt, Institut für Flugführung,
Braunschweig

frederik.meysel@dlr.de

Mensch-Maschine-Schnittstelle für UA-Schwarmführung

Das Institut für Flugführung am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt führt im Bereich „Zukünftige Führungsfunktionen für UAS“ verschiedene Forschungsvorhaben durch, deren Zielsetzung die Weiterentwicklung von Fähigkeiten und Funktionen für unbemannte Luftfahrzeuge ist. Der Kern der Arbeiten innerhalb dieses Vorhabens liegt in dem Anwendungsfeld der UA-Schwarmführung.

Ziel des Forschungsbereiches „Zukünftige Führungsfunktionen für UAS“ ist es, die Fähigkeiten und Funktionen von UA (Unmanned Aircraft) weiter zu entwickeln sowie die Integrationsfähigkeit von UAS (Unmanned Aircraft Systems) in den zivilen Luftraum zu erhöhen. Bei den Anforderungen an wehrtechnische Systeme stehen hierbei der Schutz der Soldaten, eine vernetzte Operationsführung sowie die weltweite Aufklärung an erster Stelle.

Ein wesentlicher Bestandteil zukünftiger Führungsfunktionen und Fähigkeiten bei der Steuerung unbemannter Luftfahrzeuge sind insbesondere Funktionen zur UA-Schwarmführung. Eine effiziente Schwarmführung setzt eine optimale Aufgabenverteilung zwischen einzelnen UAS während einer Mission und eine verzugslose Auswertung gesammelter Sensordaten zur dynamischen Anpassung von Missionszielen voraus (Abbildung 1).

Die Basis zur Realisierung dieser Aufgaben bildet eine generische UA-Bodenkontrollstation (BKS). Eine BKS zur effizienten Planung, Durchführung und Auswertung von UAS-Missionen

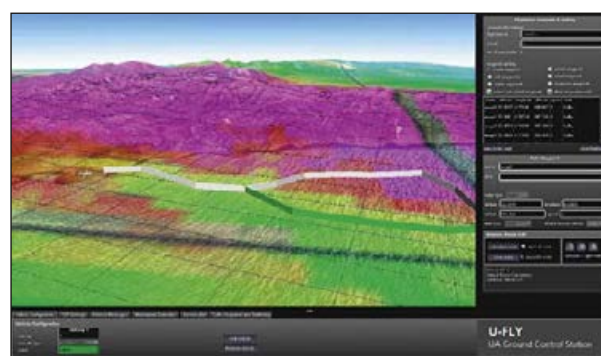


Abb. 1: Sensor-adaptive UA-Führung im Schwarm (Screenshot)

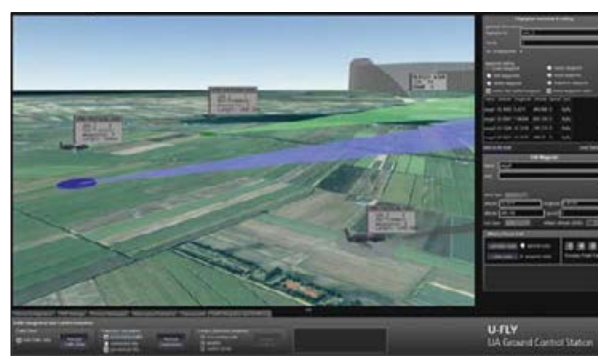


Abb. 2: Missionsplanung und Evaluierung UA-Schwarm (Screenshot)



Dr. Bernd Korn
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt, Institut für Flugführung,
Braunschweig

bernd.korn@dlr.de

sollte auf einem universellen Verständnis existierender Interoperabilitäts-Standards basieren und sollte diese in den zur Verfügung gestellten Kontroll- und Führungsfunktionen realisieren. Die Interoperabilität in einem Gesamtsystem aus UA und C4I (Command, Control, Communication, Computers and Intelligence) erhöht nicht nur die Flexibilität und Effizienz über eine variable Einsetzbarkeit von alternativen Simulations- und Forschungsanlagen, sondern vereinfacht ebenfalls eine gemeinsame Auswertung und Verarbeitung von Missionsdaten. Dies bedeutet, dass die BKS auf Basis von einheitlichen Interoperabilitätsstandards (wie z. B. STANAG 4586) mit unterschiedlichen Typen an UA während einer Mission gekoppelt werden kann. Die BKS kann hierbei nicht nur verwendet werden, um die Mission eines einzelnen UA zu planen und deren Durchführung zu steuern, sondern beinhaltet zudem die Möglichkeit mehrere UA gleichzeitig i. S. d. Schwarmführung zu überwachen (Abbildung 2).

Für verschiedene mögliche Formationen eines Schwarms können in der BKS schwarmfähige 4D-Trajektorien für die Missionsteile, die in Formation geflogen werden, generiert werden. Weiterhin wurden vordefinierte Landeverfahren (Standard Operating Procedures), die an die verwendeten Landeplätze, Betriebsrichtung, Platzrundenverkehr etc. in Echtzeit angepasst werden können, konzeptioniert. Die

Grundfunktionalitäten wurden modular implementiert und in verschiedenen Simulationsstudien getestet. Unter Verwendung einer Schwarmtrajektorie und einer gegebenen Formation berechnet ein Modul Einzeltrajektorien aller UA (Abbildung 3).

Das Verfahren zur Schwarmführung wird bei der letztlich angestrebten Technologiereife u. a. auch bei der Begegnung von Gruppen von UA mit anderen Luftfahrzeugen einsetzbar sein. In zukünftigen Versionen soll die Schwarmtrajektorie so abgefliegen werden können, dass z.B. in Kurven die Formation so koordiniert werden kann, dass durch den Wechsel von Echelon „links“ auf „rechts“ in einer Rechtskurve die Flugwege der einzelnen Luftfahrzeuge geringere Anforderungen an die Flugleistungen stellen und damit engere und effizientere Manöver möglich werden (Abbildung 4).

Bei der Konzeption und Implementierung der Bodenkontrollstation wurde insbesondere auf eine intuitive Mensch-Maschine Schnittstelle für den UAS-Operator Wert gelegt. Um dies sicherzustellen, sind regelmäßige Evaluationen mit Anwendern eingeplant.



Abb. 3: Schwarmführung als eine Einheit, Aufteilung zur Landung mit Einzel-Trajektorienführung und Sequenzierung (Screenshot)

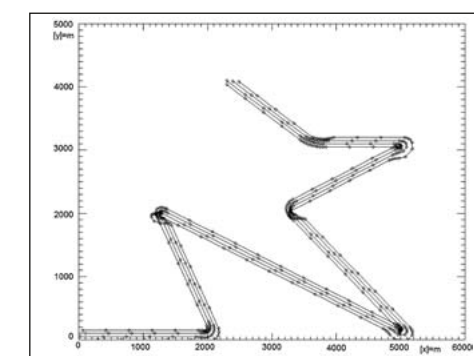


Abb. 4: Demultiplexen einer Schwarmtrajektorie zur Bestimmung individueller Trajektorien für alle Einheiten einer Formation



Dipl.-Ing. Harald Anglberger
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt,
Institut für Hochfrequenztechnik und
Radarsysteme, Oberpfaffenhofen

harald.anglberger@dlr.de



Dr. Rainer Speck
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt,
Institut für Hochfrequenztechnik und
Radarsysteme, Oberpfaffenhofen

rainer.speck@dlr.de

Verfahren zur Simulation von raumgestützten SAR Systemen mit hoher Auflösung

Am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme werden Methoden zur Simulation von raumgestützten abbildenden Radarsystemen mit hoher Auflösung entwickelt. Das Anwendungsgebiet umfasst nicht nur parametrische Untersuchungen zur Entwicklung zukünftiger Radarmissionen, sondern stellt ebenfalls Methoden zur Hilfestellung in praktischen Aufgaben wie Signaturanalyse oder Zielerkennung bereit.

Ein Radarsystem mit synthetischer Apertur (SAR) ermöglicht Erdbeobachtung mit sehr hoher räumlicher Auflösung, selbst bei widrigen Wetterverhältnissen und unabhängig von der Tageszeit. Die hohe Komplexität solcher Systeme, gepaart mit den zahlreichen radarspezifischen Bildeffekten, macht die Interpretation des Bildmaterials zu einer schwierigen Aufgabe. Aus diesem Grund werden am Institut für Hochfrequenztechnik des DLR Verfahren zur Simulation von SAR Systemen entwickelt, welche ein besseres Verständnis des Systemverhaltens ermöglichen und dem Bildauswerter Werkzeuge zur Verfügung stellen, um praktische Aufgaben besser lösen zu können.

Die entwickelten Simulationstechniken wurden in einer experimentellen Softwareumgebung realisiert, welche aus drei Hauptmodulen besteht (siehe Abbildung 1): Der SAR-Effekte Simulator (SAREF) enthält die Kernfunktionalität, der SAR-Bildsimulator (SARBIS) erzeugt Bilder aus simulierten Rohdaten oder Reflektivitätskarten und das Radar Bildanalysewerkzeug (RADIAN) ermöglicht, neben vielseitigen Operationen zur Bildauswertung, die Überlagerung von real gemessenen und simulierten Signaturen.

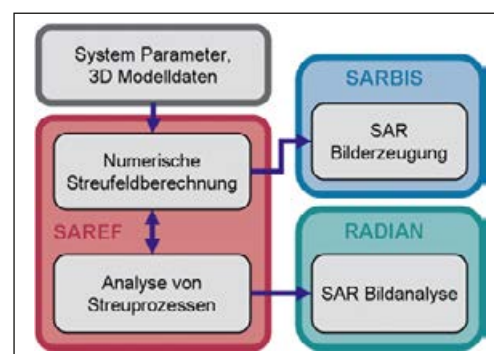


Abb. 1: Simulationskonzept

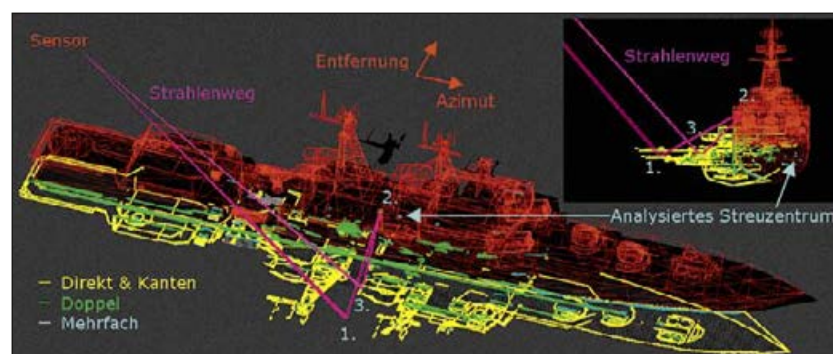


Abb. 2: Möglichkeiten von SAREF zur Signaturanalyse



Prof. Dr. Helmut Süß
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt,
Institut für Hochfrequenztechnik und
Radarsysteme, Oberpfaffenhofen

helmut.suess@dlr.de

Die Benutzeroberfläche von SAREF stellt eine Vielzahl an Funktionen zur detaillierten Auswertung und Analyse von Signaturen komplexer Zielobjekte zur Verfügung. Abbildung 2 zeigt diese Möglichkeiten am Beispiel einer simulierten Schiffssignatur. SAREF liefert als Simulationsergebnis eine sogenannte Reflektivitätskarte, welche als ideales SAR-Bild verstanden werden kann. Diese 2D Reflektivitätskarte wird mit einer optischen Gitteransicht des Zielobjekts in einem 3D Kontext kombiniert visualisiert. Zusätzlich kann die Reflektivitätskarte farblich kodiert werden, um die verschiedenen Streumechanismen besser identifizieren zu können. Eine weitere Funktionalität ermöglicht die Analyse einzelner Streueffekte, indem deren zugehöriger Strahlenweg angezeigt werden kann. Ein solcher Strahlenpfad wurde in Magenta für das gekennzeichnete türkisfarbene Streuzentrum in Abbildung 2 visualisiert.

Als weiteres anschauliches Beispiel wurde SAREF zur nutzer-gestützten Zielerkennung am Beispiel einer TerraSAR-X Flugzeugsignatur (siehe Abbildung 3) verwendet. Eine Identifikation des Zielobjektes wird durch radarspezifische Effekte wie Überlagerungen, Mehrfachausbreitung oder Speckle-Rauschen erheblich erschwert bzw. unmöglich.

Durch Nutzung von SAREF kann eine farblich kodierte Reflektivitätskarte erzeugt werden, welche eine sehr gute Übereinstimmung mit der realen Signatur aufweist (siehe Abbildung 4). Dadurch wird dem Bildauswerter neben der klaren Identifikation des Flugzeugtyps zusätzlich das Verständnis um das Streuverhalten des Zielobjekts ermöglicht. Außerdem kann mit Hilfe von RADIAN eine spezielle optische Ansicht des Zielobjekts direkt mit der realen Signatur transparent überlagert werden (siehe Abbildung 5). Diese Funktionalität verbessert die visuelle Interpretation durch den Nutzer maßgeblich und ermöglicht eine Verbindung der Streumechanismen mit den zugehörigen Geometrietteilen des Zielobjektes.

Zusammenfassend erlauben die entwickelten Simulationsverfahren ein vielfältiges Spektrum an möglichen praktischen Anwendungen in der SAR-Bildauswertung. Durch die nutzerfreundliche und einfach zu bedienende Benutzeroberfläche kann SAREF ebenfalls zur zielgerichteten Ausbildung von Radarbildauswertern verwendet werden, um die Grundzüge des SAR-Verfahrens und deren spezifischer Bildeffekte besser zu verstehen.

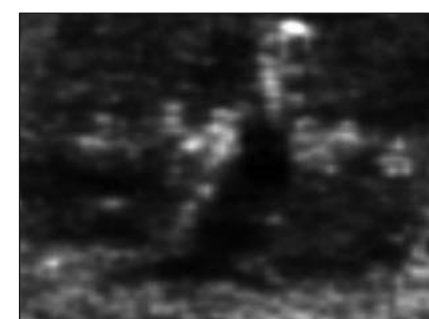


Abb. 3: TerraSAR-X Flugzeugsignatur

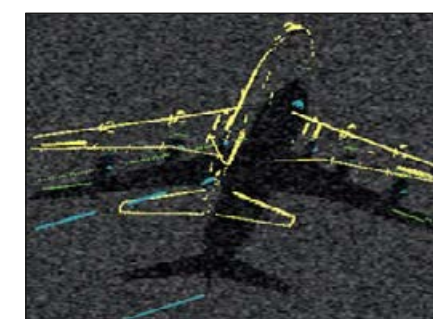


Abb. 4: Simulierte farblich kodierte Signatur



Abb. 5: Transparente Überlagerung von Signatur mit optischer Gitteransicht



Dipl.-Ing. Stephan Dill
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt,
Institut für Hochfrequenztechnik und
Radarsysteme, Oberpfaffenhofen
stephan.dill@dlr.de



Dr. Markus Peichl
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt,
Institut für Hochfrequenztechnik und
Radarsysteme, Oberpfaffenhofen
markus.peichl@dlr.de

SUMIRAD – ein schneller MMW-Radiometerscanner zur verbesserten Aufklärungsfähigkeit militärischer Fahrzeuge

Heutzutage müssen Streitkräfte in unterschiedlichen Einsatzszenarien bestehen. In urbaner Umgebung ist der Führer der Vorhut eines Konvois mit einer komplexen Bedrohungssituation konfrontiert. Erkennung von Bedrohungen durch geeignete Aufklärungssensoren ist daher wichtig. Das Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) hat hierfür das SUMIRAD-System entwickelt, ein radiometrisches Abbildungsgerät im Millimeterwellenbereich (MMW) zur fahzeuggestützten Aufklärung.

Für Militärfahrzeuge besteht in urbaner Umgebung häufig eine asymmetrische Bedrohung durch sogenannte IED (Improvised Explosive Devices – unkonventionelle Spreng- oder Brandvorrichtungen), die in vielen Ausführungsformen existieren. Um riskante Situationen zu vermeiden ist eine möglichst vorausschauende Kenntnis der aktuellen Bedrohungslage notwendig. Daher sollte der Konvoiführer durch echtzeitfähige Aufklärungsinformationen aus seiner näheren Umgebung über ein geeignetes Mensch-Maschine-Interface (MMI) unterstützt werden.

Im Rahmen des SUM-Projekts (Surveillance in an Urban environment using Mobile sensors) wurde von vier europäischen Partnern (u. a. das DLR) ein kostengünstiges, fahzeugmontiertes Multisensor-System entwickelt, das auch unter widrigen Sichtbedingungen arbeiten kann (z. B. Nebel, Regen, Staub, Rauch). Das System umfasst optische Kameras im sichtbaren und infraroten Wellenlängenbereich, deren Bilder leicht vom Operateur interpretiert werden können. Zusätzlich sind ein abbildendes Radar und ein abbildendes Radiometer im MMW-Bereich unter nahezu allen Sicht- und Wetterbedin-

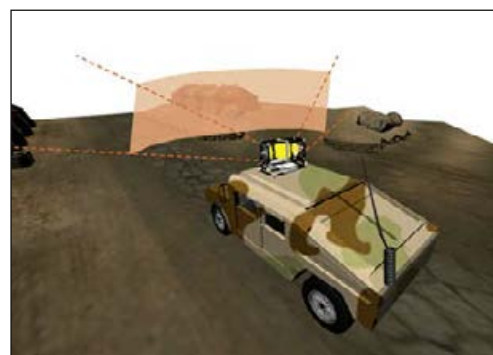


Abb. 1: Illustration zum beabsichtigten Betrieb des SUM-Systems



Abb. 2: Photographie des aufgebauten SUMIRAD-Systems



Abb. 3: Installation des SUM-Systemdemonstrators auf einem militärischen Fahrzeug

gungen einsatzfähig und können komplementäre Information liefern, die eine Art von 3D-Abbildung und die Nutzung des Eindringvermögens von Mikrowellen erlauben. Die verfügbaren Sensordaten werden durch hochentwickelte Datenfusion so kombiniert, dass nur relevante Informationen extrahiert und auf dem MMI angezeigt, sowie die Genauigkeit und Verlässlichkeit der einzelnen Sensoren gesteigert wird.

Zur beabsichtigten Anwendung wird das SUM-System gemäß Abbildung 1 auf einem Fahrzeug montiert und beobachtet fortwährend das interessierende Szenario. Das abbildende Radiometersystem SUMIRAD bietet den Vorteil, Objekte oder Personen unter atmosphärischen Sichteinschränkungen sowie hinter nichtmetallischen Materialien wie z. B. Kleidung oder dünnen dielektrischen Wänden oder leichter Vegetation detektieren zu können.

SUMIRAD ist gemäß Abbildung 2 als leichtgewichtiges vollmechanisches Scannersystem mit nur zwei Radiometerempfängern ausgeführt, welches die Abdeckung eines großen Gesichtsfeldes mit hoher Leistungsfähigkeit bei geringen Systemkosten erlaubt. Die innovative Scanmechanik ermöglicht die fortwährende Aufnahme quasi-optischer Mikrowellenbilder in nahezu Echtzeit.

Zur finalen Systemdemonstration mit bewegtem Fahrzeug wurden gemäß Abbildung 3 alle SUM-Sensoren auf das Dach eines Unimog-LKW montiert. Als Versuche wurde eine Vielzahl von Objekten zur IED-Simulation in verschiedenen Szenarien ausgewählt. Die Abbildungen 4a bis 4c zeigen das softwareautomatisierte Detektionsergebnis eines solchen Szenarios mit und ohne Bedrohung. Abbildung 4a zeigt das optische Bild der

Szene mit einer Kartonschachtel neben dem rechten Straßenrand. Abbildung 4b zeigt das zugehörige Radiometerbild, wobei hier die Schachtel leer war (also keine Bedrohung) und sich damit kaum vom Hintergrund unterscheiden lässt. Auch die Straße, der Grasbereich sowie Gebäude sind im Bild deutlich zu identifizieren. Abbildung 4c zeigt das identische Szenario, wobei hier die Schachtel mit einem metallischen Gegenstand als möglichem IED (also als Bedrohung) gefüllt ist. Nun ist die Signatur der Schachtel deutlich vom Hintergrund separierbar, was als ein Indiz für eine mögliche Bedrohung gedeutet werden kann. In den zugehörigen optischen Bildern ist dazu aber kein Unterschied feststellbar.

Das Projekt wurde von der European Defence Agency (EDA) im Rahmen des Joint Investment Program on Force Protection (JIP-FP) gefördert. Der finale Systemdemonstrator wurde von EDA und weiteren militärischen Beobachtern als erfolgreich bewertet. Zukünftige Aktivitäten sollten sich auf die Systemoptimierung hinsichtlich eines volloperationellen Reifegrades konzentrieren.



Abb. 4a: Videoaufnahme eines Szenarios mit einer Kartonschachtel als Testobjekt für eine mögliche Bedrohung am Straßenrand



Abb. 4b: Zugehöriges Radiometerbild mit leerer Schachtel (simuliert keine Bedrohung)



Abb. 4c: Zugehöriges Radiometerbild mit Metallobjekt in der Schachtel (simuliert eine Bedrohung)



Robin Lantzsch
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt,
Institut für Flugsystemtechnik,
Braunschweig
robin.lantzsch@dlr.de



Steffen Greiser
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt,
Institut für Flugsystemtechnik,
Braunschweig
steffen.greiser@dlr.de

ALLFlight: Assistierter bodennaher Flug bis hin zur Landung in unvorbereitetem Gelände

Das Projekt ALLFlight zielt auf die Entwicklung einer Pilotenassistenz ab, die das Fliegen eines bemannten Hubschraubers vom Start über den bodennahen Flug bis hin zur Landung in unvorbereitetem Gelände bei degradierter Sicht erlaubt. Es ermöglicht, die Prozesskette von der Sensordatenerfassung und -fusion bis hin zur Bahnplanung bei Verwendung moderner Flugregelungsgesetze in Echtzeit im Flug zu erproben.

Hubschrauber zu fliegen ist im Gegensatz zum Fliegen mit einem Verkehrsflugzeug verhältnismäßig unsicher. 2007 lagen die Unfallzahlen in den USA pro 100.000 Flugstunden für Hubschrauber bei 4,9, während sie bei kommerziell genutzten Verkehrsflugzeugen nur 0,139 betragen. Hauptfaktoren für diese hohe relative Unfallzahl sind Fehleinschätzungen der Piloten und die daraus resultierenden Aktionen bedingt durch extrem hohe Arbeitsbelastungen und schlechtes Wetter. Dementsprechend ist die Entwicklung neuer Ansätze zur Pilotenunterstützung wichtig, um die Sicherheit zu erhöhen.

ALLFlight ist nicht das erste Projekt, welches versucht, die Unfallzahlen zu reduzieren, indem die Arbeitsbelastung des Piloten verringert wird. In den letzten Jahren wurde eine Vielzahl von Pilotenassistenzsystemen entwickelt. All diesen Projekten ist gemein, dass sie sich entweder nur auf einen ganz bestimmten Unterstützungsaspekt beziehen oder, wie beispielsweise bei unbemannten Fluggeräten oft der Fall, keine Mensch-Maschine-Interaktion aufweisen.

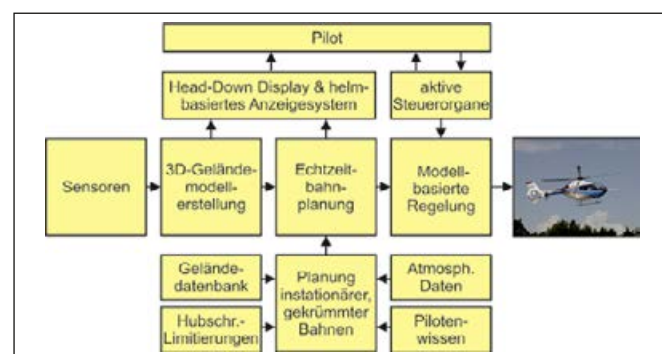


Abb. 1: ALLFlight Systemarchitektur

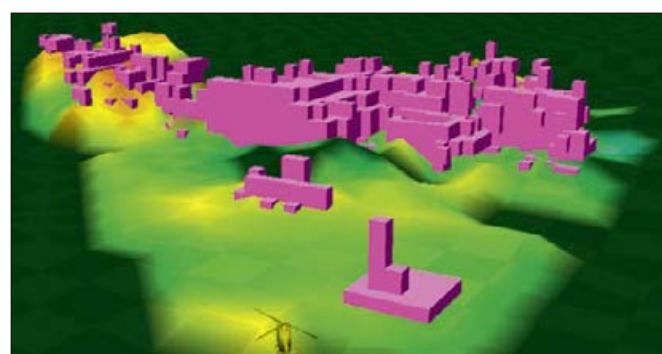


Abb. 2: Digitales 3D-Geländemodell zur Bahnplanung basierend auf ersten Flugversuchsdaten

Das Ziel von ALLFlight ist es, den sicheren und effektiven 24-Stunden Allwettereinsatz eines Hubschraubers, durch eine optimale Kombination von Unterstützungssystemen zu erreichen. Abbildung 1 zeigt die Systemarchitektur des ALLFlight-Pilotenassistenzsystems.

Dieses System besteht aus den folgenden sechs Komponenten:

Sensoren → Zur Erfassung der Außenwelt wurde der DLR-Forschungshubschrauber ACT/FHS (Active Control Technology/Flying Helicopter Simulator) mit Laser, Radar und Infrarotsensoren ausgerüstet.

3D-Sensordatenfusion → Die verschiedenen Informationen der Sensoren und Datenbanken werden fusioniert, um eine digitale Karte (3D-Geländemodell) der Außenwelt zu erstellen; siehe Abbildung 2. Dieses erzeugte Geländemodell kann von der Bahnplanung und für das helmbasierte Anzeigesystem genutzt werden.

Bahnplanung → Es ist möglich, für alle Flugphasen unter beliebigen Bedingungen (Tag, Nacht, eingeschränkte Sicht) eine fliegbare Flugbahn (in Raum und Zeit) zu generieren. Die Berechnung der Flugbahn soll die Anforderungen und Entscheidungsprozesse des Piloten sowie die Witterung und die flugmechanischen Grenzen des Hubschraubers berücksichtigen. Zusätzlich kann der Pilot für den vollautomatischen Flug einen Autopiloten benutzen. In diesem Fall steuert er den Hubschrauber indirekt, indem er die resultierenden Flugbahnen vorgibt. Bei der Vorausplanung basiert die instationäre, gekrümmte Flugbahn auf Informationen aus einer Geländedatenbank, die aber während des Fluges aktualisiert wird,

wenn Hindernisse auf der Flugbahn erkannt werden; siehe Abbildung 3.

Modellbasierte Regelung → Der Wunsch nach einer Verbesserung der Flugeigenschaften treibt die Entwicklung von Regelungsalgorithmen und weiterer Assistenzfunktionen (visuelle und haptische Unterstützung) voran. Ihre Kombination erlaubt dem Piloten, den Hubschrauber abhängig von der gegenwärtigen Flugphase und den aktuellen Umweltbedingungen intuitiv zu fliegen.

Aktive Steuerorgane → Der ACT/FHS ist mit zwei aktiven Steuerorganen für die zyklischen und die kollektive Achse und optional für die Giersteuerung ausgestattet; siehe Abbildung 4. Die aktiven Steuerorgane bilden zusammen mit einer haptischen Rückkopplung zum Piloten einen zusätzlichen Informationskanal. Diese Steuerorgane können dem Piloten die geplante Flugbahn anzeigen oder ihn warnen, bestimmte Grenzen nicht zu überschreiten (z. B. max. Drehmoment).

Head-Down Display sowie helmbasiertes Anzeigesystem → Im Projekt ALLFlight werden dem Piloten Informationen mit konventionellen Anzeigesystemen dargestellt. Am Ende des Projektes wird zusätzlich mit der Nutzung eines helmbasierten Anzeigesystems begonnen. Dieses zeichnet sich durch die binokulare, kopfbewegungskompensierte Darstellung auf einem großen Anzeigefeld (80° x 40°) aus.

Die Forschungsumgebung für Pilotenassistenzsysteme ist komplett und einsatzbereit, um eine Kombination der zuvor erwähnten Pilotenunterstützungssysteme in Echtzeit und unter realen Einsatzbedingungen im Flug zu untersuchen.

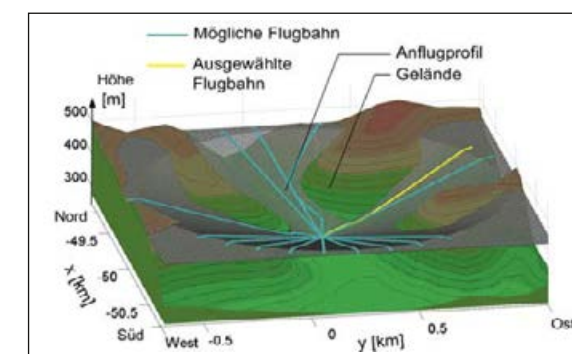


Abb. 3: Geplante Flugbahn für eine Landung



Abb. 4: ACT/FHS aktive Steuerorgane



Dr. Stephan Anders
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt,
Institut für Technische Physik, Stuttgart
stephan.anders@dlr.de



Dr. Hans-Albert Eckel
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt,
Institut für Technische Physik, Stuttgart
hans-albert.eckel@dlr.de

Lasersicherheit im Freiraum

Die Ausbreitung von Laserstrahlung im Freiraum kann Menschen, Tiere und Sensoren gefährden. Bisher existieren weder ausreichende Untersuchungen zu diesen Risiken, noch ist der Einsatz von Lasern im Freiraum eindeutig geregelt. Es gilt die gegenwärtigen gesetzlichen Rahmenbedingungen zu klären sowie die Gefährdungen durch Laserstreustrahlung zu modellieren und experimentell zu validieren.

Den Fragen und Anforderungen hinsichtlich des Einsatzes von Lasern im Freien, insbesondere von Hochleistungslasern, kommt künftig eine wachsende Bedeutung zu.

War bisher der Einsatz von Lasern überwiegend auf geschlossene Räume beschränkt, also auf Stätten, in welchen die Gefährdung durch Laserstrahlung auf einen baulich abgeschlossenen Bereich begrenzt ist und der durch eine Reihe von genau festgelegten und systematisch angewendeten Maßnahmen vollständig begegnet werden kann, so stellt der Einsatz von Lasern im Freien durch das Fehlen jeglicher physikalischer Barrieren gänzlich neue Herausforderungen an die Sicherheit der Allgemeinheit, der Angehörigen der Streitkräfte, des Flugverkehrs und die Unversehrtheit von Satelliten etc. dar.

Am Institut für Technische Physik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) laufen derzeit umfangreiche Studien zum Thema Lasersicherheit im Freiraum.

Diese Arbeiten umfassen theoretische Modellierungen zur Streuung von Laserstrahlung in der Atmosphäre sowie

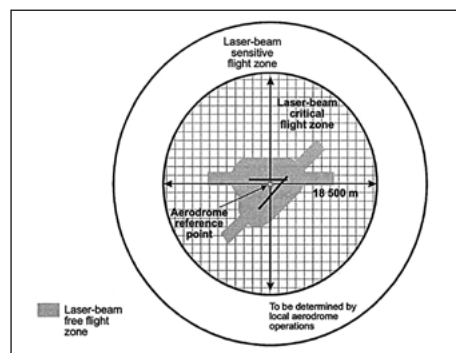


Abb. 1: Zonen in und um eines Flughafenareals, innerhalb derer nur maximal zulässige, von der ICAO festgelegte Grenzwerte für Laserstrahlung gelten (offizielle Darstellung der ICAO)

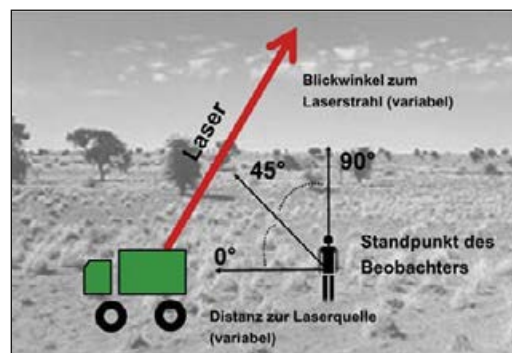


Abb. 2: Distanz und Blickwinkel des Beobachters relativ zur Laserquelle

entsprechende Experimente kombiniert mit einer Analyse gesetzlicher Bestimmungen.

Die Analyse der gesetzlichen deutschen, französischen und US-amerikanischen sowie der internationalen Vorschriften (International Civil Aviation Authority, ICAO) hat ergeben, dass der Einsatz von Lasern im Freiraum grundsätzlich möglich ist. Voraussetzungen hierfür sind Genehmigungen seitens der Luftsicherheit und der öffentlichen Verwaltungen, in deren Verantwortungsgebieten die Laseraktivitäten stattfinden sollen.

Der Einsatz von Lasern im Freiraum hat in einer solchen Entfernung von Flughäfen stattzufinden, dass die von der ICAO festgelegten Grenzwerte für eine maximal zulässige Laserstrahlung auf Flughäfen nicht überschritten werden (Abbildung 1). Zusätzlich sind Mindestentfernungen zu Flugrouten einzuhalten.

Zum Schutz der Allgemeinheit sind gemäß den derzeit gültigen Normen Sicherheitszonen um die Laseranlagen einzurichten.

Ziel der hier durchgeführten Studie ist es weiterhin, ein physikalisch fundiertes Bild über die Gefährdungen, die bei der Ausbreitung von Laserstrahlung in der Atmosphäre entstehen könnten, zu erhalten. Von Interesse ist die Streuung an den Luftmolekülen und den in der Luft enthaltenen Aerosolen (z. B. Dunst, Staub). Dazu entwickelt das Institut für Technische Physik Modelle um die Stärke und Richtung der Streustrahlung z. B. für einen 100 kW Laserstrahl zu ermitteln. Um daraus dann die Gefährdung z. B. für das menschliche Auge zu ermitteln,

wird die gestreute Laserleistung am Ort eines Beobachters berechnet (Abbildung 3), der sich in einer bestimmten Entfernung zur Quelle des Laserstrahles befindet und letzteren unter einem bestimmten Winkel betrachtet (Abbildung 2).

Die Gefährdungen infolge dieser Streuung, insbesondere für die Augen und die Haut, sind nach den ersten Ergebnissen durch die bisher zur Verfügung stehenden Schutzmaßnahmen handhabbar. Dies gilt auch unter der Annahme sich eintrübender Wetterverhältnisse, die mit einem raschen Anstieg der Streustrahlung einhergeht.

Die theoretisch ermittelten Ergebnisse werden durch Experimente auf der Freistrahlsstrecke des Instituts für Technische Physik am Standort Lampoldshausen validiert (Abbildung 4).

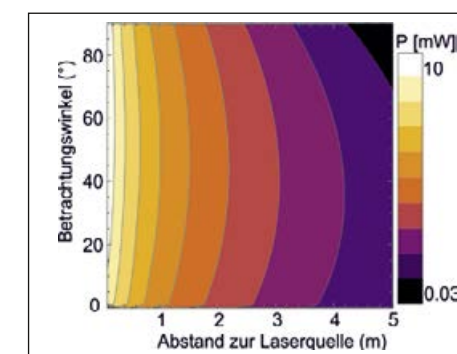


Abb. 3: Laserleistung, die in das Auge eines Betrachters mit einem Pupillendurchmesser von 7 mm gestreut wird, dargestellt als Funktion des Abstandes des Beobachters von der Laserquelle und des Betrachtungswinkels, gerechnet für einen 100 kW-Laserstrahl



Abb. 4: Laser-Freistrahlsstrecke des Instituts für Technische Physik am Standort Lampoldshausen



Frank Lehmann
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt,
Institut für Robotik und Mechatronik,
Berlin

frank.lehmann@dlr.de

3D Kamerasystem für Tornado

Die Einrichtung Optische Informationssysteme am Institut für Robotik und Mechatronik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Berlin Adlershof entwickelt optische Aufnahmesysteme für Satelliten und luftgetragene Plattformen. Die Systemkonzepte, die Datenvorverarbeitung und die Datenprodukte werden im Entwicklungsprozess aufeinander abgestimmt und optimiert. Datenendprodukte sind hochlagegenaue 2D- und 3D-Darstellungen als Bild-, Vektor- und Kartendarstellungen.

Das DLR befaßt sich unter anderem mit der Entwicklung neuer hoch-spezialisierter Luftbildkamerasysteme, sowie deren photogrammetrischer Verarbeitung und Auswertung.

In den letzten Jahren wurde eine neue Familie von Luftbildkameras (MACS – Modular Airborne Camera System) konzipiert, entwickelt und erprobt. Diese Kamerasysteme erfüllen hohe radiometrische Anforderungen bei hohen Bildfolgegeschwindigkeiten. Ziel ist es durch eine hohe Bildaufnahme-frequenz den Anteil der Abschattungen in den Bildszenen zu reduzieren um einen hohen Informationsgehalt zu gewährleisten und somit eine gute 3D-Darstellung aus unterschiedlichen Perspektiven zu ermöglichen. Die daraus abgeleiteten Datenprodukte erfüllen jeweils die höchsten Anforderungen an Informationsgehalt und Lagegenauigkeit.

Im Rahmen eines Kooperationsprojekts mit der Luftwaffe entwickelte das DLR in 2010/2011 ein neuartiges digitales Luftbild-Kamerasystem für schnell fliegender Träger. Ziel war die Aufnahme radiometrisch und geometrisch hochwertiger Luftbilddaten bei hohen Fluggeschwindigkeiten und die



Abb. 1: Tornado mit Kamerapod in zentraler Position



Abb. 2: Ansicht des Kamerasystems im Pod

Ableitung hochlagegenauer 2D und 3D Bild-, Karten- und Vektordaten. Die Flugerprobungen wurden in 2011 durchgeführt, die Softwareentwicklung und die Auswertungen der Daten zu 3D-Welten konnte 2012 erfolgreich abgeschlossen werden.

Zum Einsatz kamen Panavia Tornados (Abbildung 1), welche mit einem Recce-Pod (Abbildungen 2 und 3) zur abbildenden Luftaufklärung ausgestattet wurden. Drei Kameras mit jeweils 11 Megapixeln blicken durch ein 8 cm breites Sichtfenster. Die CCD-Sensoren liefern trotz der Fluggeschwindigkeiten von bis zu 400kn scharfe Abbildungen und erreichen eine Bodenauflösung von 25 cm bei 9000 ft über Grund.

Die Bedienung des Systems erfolgt an Bord durch den Waffensystemoffizier. Er betätigt lediglich zwei Schalter: System an/aus und Bildaufnahme an/aus. Alles Weitere übernimmt das Kamerasystem. Alternativ kann eine GPS-gestützte Bildaufnahme des Zielgebiets aktiviert werden.

Nach dem Flug werden aus den an Bord gespeicherten Rohbilddaten (14 bit) lagegenaue 3D-Modelle gerechnet, welche die reale Oberflächenbeschaffenheit detailliert wiedergeben (Abbildung 4). Jedem Pixel im Modell ist eine geographische 3D Koordinate zugeordnet, so dass sich eine Vielzahl relevanter Informationen ableiten lassen.

Die kalibrierten Kameras genügen photogrammetrischen Eigenschaften und ermöglichen ebenfalls eine echtzeitnahe Erstellung von lagegenauen 2D-Karten. Mittels Funkstrecke und inertialer GPS-gestützter direkter Georeferenzierung können die Luftbilddaten am Boden ad hoc zu einem Mosaik

zusammengesetzt und von einem Auswerter interpretiert werden. Die hohe Lagegenauigkeit der Daten ermöglicht eine schnelle und automatisierte Auswertung der Daten.

In Kooperation mit der Wehrtechnischen Dienststelle für Luftfahrzeuge – Musterprüfwesen für Luftfahrtgerät der Bundeswehr (WTD 61) konnte das System auf verschiedenen Tornados erfolgreich erprobt werden. Das Luftbild-Kamerasystem ermöglicht hochwertige Aufnahmen aus sicherer Entfernung. Exemplarisch wurden verschiedene Gebiete im Einsatz beflogen und modelliert.



Abb. 3: Seitenansicht des Kamerasystems im geöffneten Pod

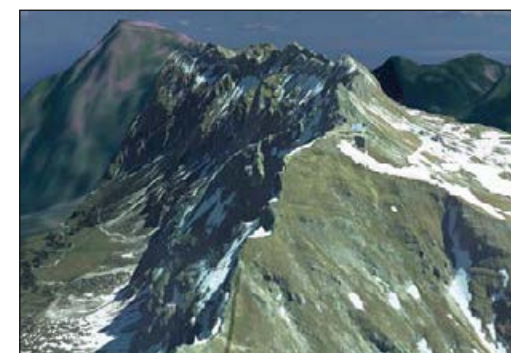


Abb. 4: 3D Welt des überflogenen Testgebietes



Hptm Dipl.-Wi.-Ing. Andreas Breinfeld
Helmut-Schmidt-Universität /
Universität der Bundeswehr, Hamburg,
Fakultät für Maschinenbau

andreas.breinfeld@hsu-hh.de



M. Eng. Holger Freyer
Helmut-Schmidt-Universität /
Universität der Bundeswehr, Hamburg,
Fakultät für Maschinenbau

holger.freyer@hsu-hh.de

Abstandsfähiges, bodengebundenes Lage-, Ziel- und Wirkungsaufklärungssystem WOERMS

Mit dem Lage-, Ziel- und Wirkungsaufklärungssystem WOERMS (Wireless self-organised electrorheological Micro-Sensorsystem) wird durch das Institut für Konstruktions- und Fertigungstechnik der Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg ein abstandsfähiges, operatives Aufklärungsmittel für echtzeitnahe und durch-haltetfähige Lage-, Ziel- und Wirkungsaufklärung vorrangig für urbanes Gelände entwickelt.

Sowohl luftgestützte als auch bodengebundene unbemannte Aufklärungssysteme (AufklSys) spielen bei der Deckung des Informationsbedarfs der militärischen Führung in modernen Einsatzszenarien eine immer wichtiger werdende Rolle. Die Fähigkeit hochentwickelte, den menschlichen Sinnen über-legene Sensorik ohne Gefährdung eigener Kräfte einsetzen zu können, macht den Einsatz von unbemannten AufklSys inte-ressant. Vor allem die Vermeidung eigener und ziviler Opfer, sowie die Reduzierung von Unterstützungspersonal zu Gunsten anderer Kräfte in den Einsatzkontingenten sprechen für den Einsatz dieser Systeme.

Das modulare operative AufklSys WOERMS soll dem Truppen-führer ein durchhaltetfähiges Einsatzmittel zur abstandsfähigen Informationsgewinnung in allen Phasen der Operationsplan-nung und -durchführung, zur echtzeitnahen Zielaufklärung im urbanen Gelände und zur Wirkungsaufklärung nach dem Einsatz von Steilfeuer oder Luftkriegsmitteln bieten.

Dabei bildet das AufklSys WOERMS den konzeptionellen Rahmen für die Entwicklung eines mehrgliedrigen, mini-

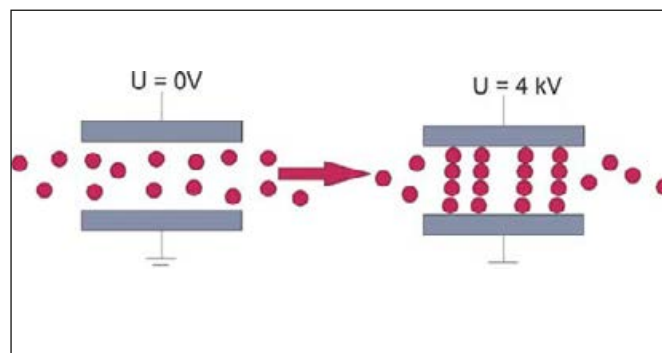


Abb. 1: Elektrorheologischer Effekt

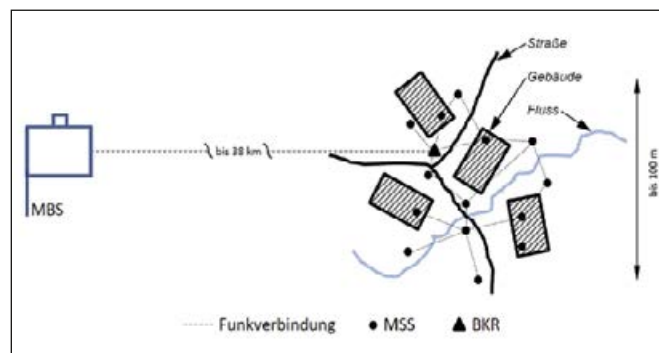


Abb. 2: Einsatzoption des AufklSys WOERMS



Prof. Dr.-Ing. Jens Wulfsberg
Helmut-Schmidt-Universität /
Universität der Bundeswehr, Hamburg,
Fakultät für Maschinenbau

jens.wulfsberg@hsu-hh.de



Prof. Dr.-Ing. Rainer Bruns
Helmut-Schmidt-Universität /
Universität der Bundeswehr, Hamburg,
Fakultät für Maschinenbau

rainer.bruns@hsu-hh.de

aturisierten Antriebs- und Bewegungssystems auf Basis elektrorheologischer (ER-) Flüssigkeiten. Dem Initiator des Forschungsprojektes, das Wehrwissenschaftliche Institut für Werk- und Betriebsstoffe (WiWeB), kommt es in diesem Zusammenhang besonders auf die Erforschung von Einsatz-möglichkeiten und Grenzen der ER-Technologie in Mikro-hydrauliksystemen- als Grundlage für die Entwicklung neuartiger Mikroaktorenkonzepte an.

Das AufklSys WOERMS besteht aus folgenden Komponenten:

- Modulare Basisstation (MBS),
- Bodenkontroll- und Relaiseinheit (BKR),
- Mobile Sensorsysteme (MSS).

Das System kann mit dem Artilleriesystem MARS verschossen oder aus Luftfahrzeugen mit Hilfe von Streubehältern ab-gesetzt werden. Nach der Verbringung bilden die MSS ein redundantes ad-hoc Funknetzwerk, um die eigene Position bzw. Aufklärungsergebnisse zu melden und Bewegungsbefehle zu empfangen. Jedes MSS ist mit einem Kamerasystem für die optische Aufklärung und die Bewegungsteuerung ausgestattet. Durch den modularen Aufbau können in das System weitere Sensortypen (Akustik, ABC usw.) auftragsangepasst integriert werden.

Um Aufklärungsergebnisse auch innerhalb von Gebäuden gewinnen zu können, sind die MSS in der Lage sich mit Hilfe einer schlangenähnlichen Kinematik fortzubewegen. Die Bewegung wird dabei nicht über konventionelle Hubkol-benzylinder und Hydromotoren, sondern über elastische Aktoren erzeugt. Durch die dadurch erreichte Verringerung der Einzelteile des Gesamtsystems wird ein funktionsinte-gratives und gegen äußere Einflüsse besonders robustes Bewegungssystem realisiert. Eine weitere Reduzierung der Einzelteile des Antriebssystems wird durch die Verwendung einer elektrorheologischen Flüssigkeit als Hydraulikmedium erreicht. Im Vergleich zu elektromechanischen Antrieben bietet der Einsatz von Hydraulik im Bereich der Mikrorobotik Vorteile bezüglich der erzielbaren Leistungsdichte, der Robust-heit, sowie der Schmutzunempfindlichkeit.

Im weiteren Verlauf des Forschungsprojektes werden aus-gehend von gewonnen Erkenntnissen über die Skalierbarkeit des ER-Effektes die einzelnen Funktionsmodule der MSS konstruiert, intermodulare Schnittstellen konzipiert sowie die Steuerung ausgelegt. Langfristig soll das AufklSys WOERMS mit der Entwicklung der Komponenten BKR und MBS vervoll-ständigt werden.

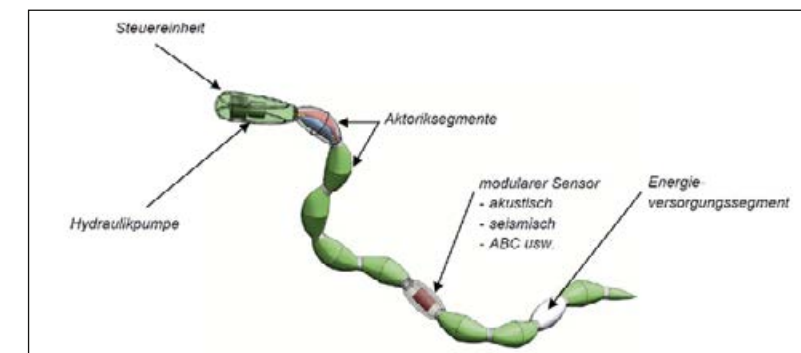


Abb. 3: Mobile Sensorsystem MSS

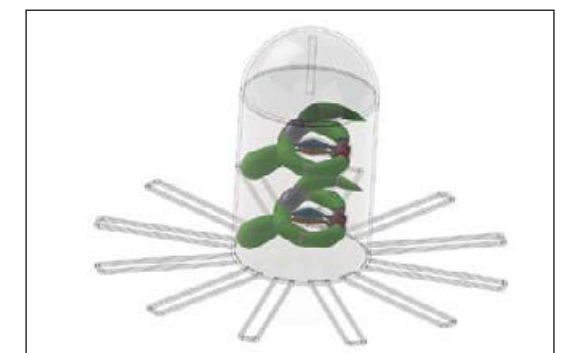


Abb. 4: 2 MSS in Transportstellung in AT-2 Hülle



Dr.-Ing. Lars Ole Fichte
Helmut-Schmidt-Universität /
Universität der Bundeswehr, Hamburg,
Fakultät für Elektrotechnik

lars-ole.fichte@hsu-hh.de



Prof. Dr. rer. nat. habil. Marcus Stierner
Helmut-Schmidt-Universität /
Universität der Bundeswehr, Hamburg,
Fakultät für Elektrotechnik

marcus.stierner@hsu-hh.de

Bedrohung militärischer Rechnersysteme durch EMP

Militärische Rechnersysteme können durch elektromagnetische Wellen beeinflusst, ge- oder sogar zerstört werden. Das Bedrohungspotential wird dabei auch von Objekten in Umgebung des Rechners beeinflusst, z. B. Wände oder Kabelschächte. Die Verteilung der elektromagnetischen Felder wurde in einem Betoncontainer in Originalgröße untersucht, um die mögliche Gefährdung durch Störungen abschätzen zu können.

Die Sicherheit von Kommunikationssystemen spielt in der heutigen Zeit eine entscheidende Rolle. Da die Kommunikation und die Datenverwaltung über große Rechnernetze erfolgen, ist deren Unempfindlichkeit gegenüber gewollten äußeren Einflüssen von hoher Priorität. Zu diesen Einflüssen gehört neben Angriffen durch Software (Viren oder Würmer) auch die Bedrohung durch leistungsstarke elektromagnetische Strahlung. Prinzipiell unterscheidet man zwischen ungewollten Störungen (z. B. durch Sendemasten in der Nähe) und Störungen, die durch Dritte gewollt erzeugt werden. Diese Bedrohung nimmt immer weiter zu, da inzwischen leistungsfähige tragbare Quellen zur Erzeugung von Störpulsen zur Verfügung stehen. Die Professur für Theoretische Elektrotechnik der Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg (HSU) führte zusammen mit dem Wehrwissenschaftlichen Institut für Schutztechnologien – ABC-Schutz – in Munster Messungen an einem Betoncontainer (Raummodul) durch. An diesem Betonmodul im Originalmaßstab konnten erstmals die Einflüsse der Umgebung auf die Verteilung der elektromagnetischen Felder im Raum realistisch untersucht werden (Abbildung 2). Bisherige Unter-



Abb. 1: Positionierungssystem und Feldsonde im Container

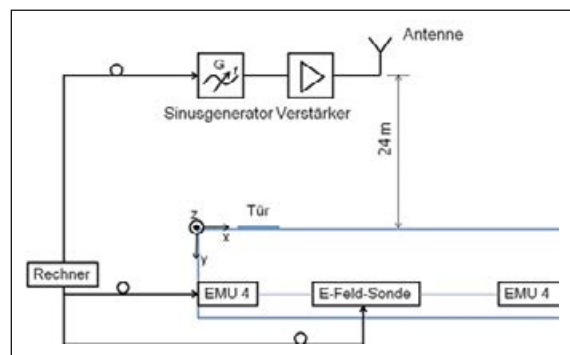


Abb. 2: Messaufbau



Dipl.-Phys. Ronald Rambousky
Wehrwissenschaftliches Institut für
Schutztechnologien – ABC-Schutz,
Munster

ronaldrambousky@bundeswehr.org

suchungen der Kopplung von EM Wellen durch bauliche Strukturen wurden an verkleinerten Labormodellen durchgeführt, bei denen nicht die Originalmaterialien verwendet wurden. Diese Modellierungsfehler führen besonders bei Beton zu großen Abweichungen im Messergebnis. Das Ziel der Messkampagne war die Untersuchung von Führungs- und Informationssystemen gegen ihre Empfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Bedrohungen. Mit den gewonnenen Erkenntnissen sollen technische und organisatorische Schutzmaßnahmen erarbeitet werden. Die Untersuchungen wurden von theoretischen Betrachtungen begleitet, die ebenfalls weitere Rückschlüsse auf potentielle Bedrohungen und den Schutz militärisch relevanter Strukturen lieferten.

Als Bedrohungssignal wurde ein doppelt-exponentieller Puls mit einer Maximalfrequenz von 300 MHz verwendet. Dieses Signal entspricht dem Puls, der bei einer Kernwaffendetonation in großer Höhe erzeugt wird. Um genaue Aussagen über die Feldverteilung zu erhalten, darf der Abstand der Messpunkte eine halbe Wellenlänge der eingestrahnten elektromagnetischen Welle nicht überschreiten. Zur hochauflösenden, dreidimensionalen Vermessung wurde ein automatisches 3D-Positionierungssystem (Abbildung 1: EMU 4, entwickelt an der Professur für Grundlagen der Elektrotechnik der HSU) verwendet, mit dessen Hilfe eine 3D-Feldsonde innerhalb des Containers

millimetergenau positioniert wurde. Insgesamt drei Ebenen im Abstand von 75 cm wurden vermessen; der Abstand der Messpunkte in der Ebene betrug 25 cm und war damit deutlich niedriger als gefordert. Mit einem Sinusgenerator wurden monofrequente Dauerstrich- (Continuous Wave bzw. CW) Signale erzeugt, mit denen die einzelnen Frequenzkomponenten eines elektromagnetischen Pulses hinsichtlich ihres Koppelverhaltens ausgewertet wurden. Diese Signale wurden verstärkt, über eine Antenne abgestrahlt und erzeugten nach Durchdringung der Containerwand in dessen Inneren ein elektromagnetisches Feld. Der Abstand zwischen Antenne und Container betrug 24 m und wurde so groß gewählt, dass sich der Container im sogenannten Fernfeld der Antenne befand.

Die Messergebnisse wurden dazu verwendet, die räumliche Feldverteilung im Container zu untersuchen und mit den Ergebnissen aus Simulationen zu vergleichen. Im besonderen wurde die Einkopplung von Wellen durch die Tür und die Fenster untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass der Betoncontainer in überraschend guter Näherung durch einen Hohlraumresonator mit durchgehenden Wänden ersetzt werden kann, wobei Fenster und Türen als Aperturen zusätzlich berücksichtigt werden müssen.



Abb. 3: Innenansicht des Betoncontainers mit elektrischer Installation

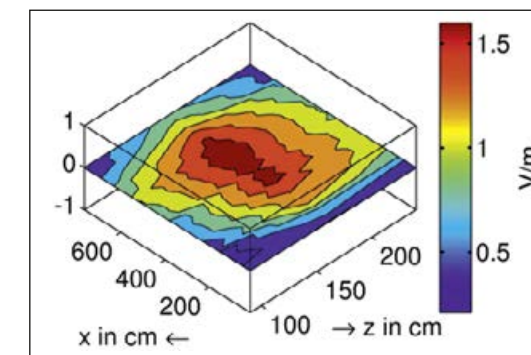


Abb. 4: Elektrische Feldstärke in der horizontalen Symmetrieebene des Containers bei $f = 44$ MHz



OLt M. Sc. Sebastian Clauß
Universität der Bundeswehr München,
Institut für Flugsysteme

sebastian.clauss@unibw.de



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Axel Schulte
Universität der Bundeswehr München,
Institut für Flugsysteme

axel.schulte@unibw.de

Kognitives Missions- und Systemmanagement an Bord von UAV

Der Einsatz von UAV ist durch die räumliche Trennung des Operators vom Luftfahrzeug gekennzeichnet. Die Aufgabe des Bedieners besteht dabei im Management der Mission sowie Überwachung und Steuerung der an Bord installierten Systeme. Im Hinblick auf Einsatzkonzepte, die mehr UAV und weniger Bedienpersonal involvieren, untersucht und erprobt das Institut für Flugsysteme neuartige Konzepte zur Automatisierung von UAV mittels künstlicher Kognition.

Heutige militärische UAV werden durch den abgesetzten Bediener mittels direkter Befehle (z. B. die Übertragung von Wegpunkten) kommandiert und kontinuierlich überwacht. Das darauf aufgebaute Führungskonzept ist in höchstem Maße auf die einwandfreie Funktionstüchtigkeit und kontinuierliche Verfügbarkeit der installierten Flug- und Missionssysteme angewiesen. Bei Verlust des Datenlinks (z. B. durch Jamming) verliert das Luftfahrzeug daher jegliche Entscheidungsfähigkeit an Bord als auch die Fähigkeit missionsrelevante Sensordaten an den Bediener zu übertragen. Dies führt zum Einbruch der Missionsleistung, dem Verlust der Mission, oder gar dem Verlust des UAV. In unerwarteten Aufgabensituationen sowie in künftigen multi-UAV und MUM-T Szenarien („Manned-Unmanned Teaming“) ist zudem mit Überforderung der Besatzung im Bereich komplexer mentaler Aufgaben zu rechnen.

Die Forschungsarbeiten am Institut für Flugsysteme zielen darauf ab, diesen Problemen entgegenzuwirken. Dazu werden sowohl Ansätze und Methoden zur Aufwertung der kognitiven Fähigkeiten an Bord, als auch Konzepte zur Mensch-Maschine Interaktion umgesetzt und erprobt.



Abb. 1: Die mobile Bodenkontrollstation beherbergt den Operator-Arbeitsplatz bei Flugversuchen. Sie umfasst die Operator-Konsole, eine eigene Stromversorgung, sowie Rechnerplattformen für Assistenzfunktionen. Ein Kamera-Verfolger auf dem Dach der Bodenkontrollstation erweitert den Radius der Funkverbindung über die Nachführung von Richtantennen



Abb. 2: Ein Hubschrauber-UAV dient als Versuchsträger zur Erprobung verschiedener Missions- und Flugführungssysteme. Eine modulare Nutzlastplattform ermöglicht die Verwendung variabler Rechner- und Sensorkonzepte

Die kognitive Systemarchitektur (Cognitive System Architecture with Centralized Ontology and Specific Algorithms, COSA²), welche im Auftrag des BWB (heute: BAAINBw) bereits in zweiter Generation am Institut entwickelt wird, ist die Grundlage für die Programmierung kognitiver Softwareagenten (sog. „Artificial Cognitive Units“, ACU), welche an Bord von UAV installiert werden. In Analogie zu einem menschlichen Piloten, der über fliegerische wie auch Systemkenntnisse verfügen muss, wird dem kognitiven Agenten entsprechendes Wissen durch den Entwickler zur Designzeit bereitgestellt. Dieses verarbeiten die in COSA² bereit gestellten Algorithmen dann zur Laufzeit.

Aufbauend auf den Erkenntnissen der MUM-T Forschungsstudie, in der die Führung mehrerer UAV als abgesetzte Sensorträger vom Kommandanten eines bemannten Hubschraubers im Simulator untersucht wurde, führte das Institut für Flugsysteme eine Reihe von Realflugexperimenten durch.

In 2010 fand daher am Institut der erste durch einen kognitiven Softwareagenten an Bord gesteuerte Flug eines turbinengetriebenen mini-Hubschrauber-UAV statt. Der Bediener erteilte dem sogenannten „Knowledge Configured Vehicle – KCV“ einen Auftrag, der von der ACU ausgewertet und unter Nutzung der Fähigkeiten des Autopiloten umgesetzt wurde. In 2011 wurde diese Grundfähigkeit der ACU auf die Ansteuerung eines komplexen Trajektorienplaners und Reglers mit L1-Augmentierung der Naval Postgraduate School (NPS) in Monterey, Kalifornien erweitert.

Schließlich erfolgten in 2012 Flugversuche am Institut für Flugsysteme, bei denen ein kognitiver Agent ein Elektro-

segler-UAV an Bord kontrollierte. Dabei wurden die folgenden Fähigkeiten im Fluge demonstriert:

- Auftragsbasierte Führung, d. h. ein Bediener in einer mobilen Bodenkontrollstation (mBKS) erteilt einen Missionsauftrag, welcher dann an Bord mittels KI-basierter -Algorithmen ausgeplant wird;
- Situationsgerechte Routenplanung;
- Flugmanagement, d. h. die ACU bedient den Autopiloten an Bord mittels Wegpunkten;
- Datenlinkmanagement, d. h. die ACU sowie darunter gelagerte Verarbeitungsprozesse konfigurieren die Videodatenströme entsprechend der Verfügbarkeit und Güte der Datenlinkverbindung.

Dem eingespielten Fall eines Missionsdatenlinkverlusts über dem Aufklärungsziel begegnete das UAV vollautomatisch, indem es die Videodaten an Bord aufzeichnete, die Mission in ein Gebiet mit Datenlinkabdeckung umplante, den Autopiloten anwies dorthin zu fliegen und die gespeicherten Aufklärungsdaten sodann ablieferte.

Im Rahmen des in 2012 beauftragten Projekts CASIMUS sollen am Institut für Flugsysteme die Forschungsergebnisse von MUM-T und den Realflugexperimenten miteinander kombiniert und insbesondere hinsichtlich der Mensch-Maschine Interaktion weiter entwickelt werden.



Abb. 3: Das Elektrosegler-UAV des Instituts für Flugsysteme der Universität der Bundeswehr München dient zur Demonstration und Erprobung von kognitiven Softwareagenten zur Missionsführung



Abb. 4: Sensordaten werden während der Flugversuche live zur Bodenkontrollstation übertragen und dort mit Fluglagedaten des UAV überlagert dargestellt, um die Situation Awareness des Operators zu erhöhen. Die Qualität des Videostreams wird dynamisch an die aktuelle Bandbreite der Funkverbindung angepasst



Oberst i. G. Dipl.-Kfm. Thomas Hönig
Bundesministerium der Verteidigung
thomashoenig@bmvg.bund.de



Dipl.-Vw. Jochen Lax
Gesellschaft für Entwicklung,
Beschaffung und Betrieb mbH,
Köln
jochen.lax@gebb.de

„Im Einkauf liegt der Gewinn“ – Grundlagen für ein Lieferantenmanagement in der Beschaffung der Bundeswehr

Angesichts der jährlichen Ausgaben in Höhe von knapp 11 Mrd. € für militärische Beschaffungen und der Abhängigkeit von Zulieferungen aus der Industrie gewinnt eine professionelle Steuerung ihrer Lieferantenbasis für die Bundeswehr (Bw) zunehmend an Bedeutung. Die Entwicklung eines klar strukturierten Lieferantenmanagementsystems im Rahmen des Modernisierungsprojektes Optimierung der Beschaffung Bw legt hierfür einen wesentlichen Grundstein.

Für militärische Beschaffungen verausgabt die Bw jährlich knapp 11 Mrd. €. Diese verteilen sich auf die Beschaffung von materiellen Lösungen, welche nach dem novellierten Customer Product Management Verfahren (CPM nov.) realisiert werden,

- auf die Beschaffung betriebsbedingter Bedarfe (Einkauf Bw) sowie
- auf die Beschaffung von komplexen Dienstleistungen.

Knapp 40 % der Ausgaben entfallen auf den Einkauf Bw. Die Bw ist also zur Erfüllung ihres Auftrags in hohem Maße auf Zulieferungen aus der Industrie sowie auf deren hohe Leistungsfähigkeit angewiesen. Um sowohl ihren Bedarf möglichst wirtschaftlich zu decken, als auch um ihren Auftrag optimal zu erfüllen, wird eine professionelle Steuerung der Lieferantenbasis für die Bw immer bedeutsamer.

Die Grundlage bildet die Entwicklung eines Lieferantenmanagementsystems, welches folgende Ziele umfasst:

- Strukturierung der Lieferantenlage,
- Bündelung unterschiedlicher Verträge bei demselben Auftragnehmer,

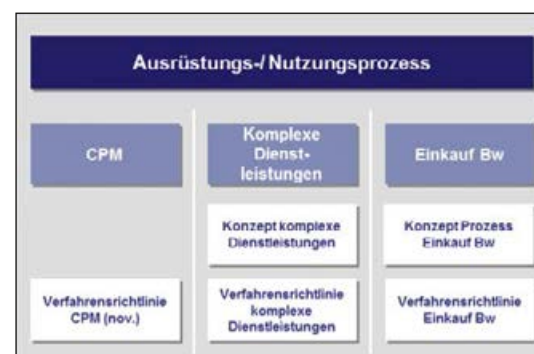


Abb. 1: Einkauf Bw als Teil des Ausrüstungs- und Nutzungsprozesses der Bundeswehr

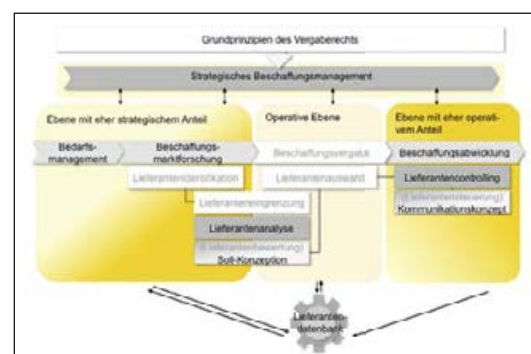


Abb. 2: Einordnung der Phasen des Lieferantenmanagements in den Prozess des strategischen öffentlichen Beschaffungsmanagements



Univ.-Prof. Michael Eßig
Universität der Bundeswehr München,
Professur für Materialwirtschaft
& Distribution
michael.essig@unibw.de



Dipl.-Kffr. Sandra Tandler
Universität der Bundeswehr München,
Forschungszentrum für Recht und
Management öffentlicher Beschaffung
sandra.tandler@unibw.de

- Erhöhung der Versorgungssicherheit durch Erstellung von Rahmenverträgen mit Anbietern breiter Artikelspektren,
- Beschleunigung der Beschaffungs- und Bedarfsdeckungswege sowie
- Weiterentwicklung des Lieferantenmanagements durch eine kontinuierliche Beschaffungsmarktforschung.

Gleichzeitig ist die Bw als öffentlicher Auftraggeber an vergabe- und wettbewerbsrechtliche Regeln gebunden. So ist jüngst die Vergabeverordnung für die Bereiche Verteidigung und Sicherheit in Kraft getreten. Hierbei sei das Gesetz zur Änderung des Vergaberechts für die Bereiche Verteidigung und Sicherheit genannt, welches Vorgaben der entsprechenden EG-Richtlinie in nationales Recht umsetzt. Ein praktikables Lieferantenmanagement muss sich innerhalb dieses gesetzlich gesteckten Rahmens bewegen.

Die Abteilung Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung im Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) hat gemeinsam mit dem Bundesamt für Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung (BAAINBw), der Gesellschaft für Entwicklung, Beschaffung und Betrieb (g.e.b.b.) mbH sowie der Transferstelle Defence Supply Chain Management (UniBw München) die Aufgabe gestellt, mögliche Handlungsfelder eines Lieferantenmanagementsystems der Bw zu identifizieren.

Ziel war die Einbettung der Phasen eines klassisch-privatwirtschaftlichen Lieferantenmanagements in den Prozess des strategischen öffentlichen Beschaffungsmanagements. Nicht alle Phasen können vollständig adaptiert werden. Die Inhalte wurden daher unter den Aspekten der betriebswirtschaftlichen Eignung sowie der Konformität mit dem Vergabe- und Wettbewerbsrecht auf ihre Tauglichkeit als konkrete Instrumente eines Lieferantenmanagements in der Bw untersucht.

Folgende Handlungsfelder eines Lieferantenmanagementsystems wurden identifiziert:

- Lieferantenanalysen,
- strategische Maßnahmen,
- Überwachen der Entwicklung der Materialsegmente,
- Kommunikation mit Lieferanten und Marktteilnehmern sowie
- Übergabe der Lieferanteninformationen.

Diese wurden durch verschiedene Instrumente umgesetzt und zunächst den Anwendern im BAAINBw sowie – in den nächsten Schritten – auch weiteren Anwendern zur selbständigen Analyse ihrer Materialsegmente und zur Ableitung strategischer Maßnahmen zur Verfügung gestellt. Damit hat die Bw bereits einen wesentlichen Grundstein für die Optimierung ihres Einkaufs gelegt.



Abb. 3: Excel-Tool Lieferantenmanagement (Screenshot)



TRDir'in Dr. Elke Reifer
Wehrwissenschaftliches Institut für
Schutztechnologien – ABC-Schutz,
Münster

elkereifer@bundeswehr.org



TORR Dipl.-Chem. Thomas Harwardt
Wehrwissenschaftliches Institut für
Schutztechnologien – ABC-Schutz,
Münster

thomas1harwardt@bundeswehr.org

Kollektivschutz in der Bundeswehr – neue Möglichkeiten mit katalytischen und regenerierbaren Filtersystemen

Geschützte Bundeswehrfahrzeuge sind mit ABC-Schutzbelüftungsanlagen auf Aktivkohlebasis ausgerüstet. Diese stoßen bei einem Gefahrstoffspektrum aus ABC-Kampfstoffen, toxischen Industriegasen und Schussgasbestandteilen an ihre Leistungsgrenzen. Neue katalytische bzw. regenerative Filtersysteme bieten die Möglichkeit, das Schutzspektrum zu erweitern und die Nutzungsdauer der Filter zu verlängern.

ABC-Kollektivschutzsysteme stellen saubere Atemluft durch Filterung der Außenluft auch unter rigiden Einsatzbedingungen zur Verfügung. Diese Außenluft kann in militärischen Szenarien mit nuklearen, radiologischen, biologischen und chemischen (ABC)-Kampfstoffen, toxischen Industriechemikalien (TIC) oder gesundheitsschädlichen Schussgasbestandteilen aus Waffensystemen belastet sein. Eine besondere Herausforderung stellt das Kohlenmonoxid (CO) aus den Schussgasen dar. Handelsübliche CO-Filter sind für die militärische Anwendung nicht geeignet, da sie eine zu geringe Einsatz- und Lagerdauer aufweisen. Neue Filtersysteme auf katalytischer und regenerativer Basis versprechen für eine lange Einsatzdauer einen Schutz vor CO, den ABC-Kampfstoffen und TIC. Diese Filtersysteme werden am Wehrwissenschaftlichen Institut für Schutztechnologien – ABC-Schutz (WIS) anhand von Demonstratoren unter militärischen Einsatzbedingungen auf ihre Eignung als Schutzbelüftungssysteme in geschützten Fahrzeugen untersucht.

Drei verschiedene Lösungswege wurden betrachtet, die alle auf der Eliminierung von CO durch einen Katalysator basieren. Dieser Katalysator wird insbesondere durch die anderen Be-

standteile der Schussgase geschädigt („Katalysatorgifte“), so dass er durch technische Maßnahmen geschützt werden muss. Dies könnte einerseits durch einen Betrieb bei hoher Temperatur, andererseits durch einen Vorfilter erfolgen. Als Vorfilter wurden nicht regenerierbare und regenerierbare Systeme untersucht.

Bei der so genannten CATOX-Technologie erfolgt die Luftreinigung durch katalytische Oxidation auf einem 280 – 350 °C heißen Katalysator. Dabei wird CO zu Kohlendioxid (CO₂) oxidiert und chemische Kampfstoffe und TIC in weniger toxische Produkte umgesetzt, die in einem chemisorptiven Filter abgeschieden werden. Während die Eliminierung von CO durch Ergebnisse des WIS belegt wurde, stehen Untersuchungen zur chemischen Stabilität gegenüber verschiedenen Katalysatorgiften noch aus.

Eine Kombination aus einem konventionellen Vorfilter auf Aktivkohlebasis mit einem bei niedrigeren Temperaturen arbeitendem Katalysator war bisher nicht erfolgreich, da der Aktivkohlefilter keine ausreichende Rückhaltefähigkeit für Katalysatorgifte zeigte. Es wird untersucht, ob spezifische Vorfilter oder gegen Katalysatorgifte gehärtete Katalysatoren eine geeignete Lösung darstellen. Beide Strategien werden am WIS parallel verfolgt.

Da Vorfilter auf Aktivkohlebasis regelmäßig ausgetauscht werden müssen, ist ein regenerierbares Filtersystem anzustreben, welches eine quasi unbegrenzte Einsatzdauer bietet. Als regenerierbares Filtersystem bietet sich z. B. die Druckwechseladsorption, (Pressure Swing Adsorption, PSA) an. Zwei Adsorberbetten werden eingesetzt, von denen eines

gereinigte Luft zur Verfügung stellt, während das andere zur gleichen Zeit regeneriert wird. Nach einigen Sekunden wechseln die Adsorberbetten automatisch ihre Funktion, so dass stets ein gereinigtes Filterbett zur Verfügung steht. Diese Technologie ist zur Rückhaltung vieler Schadstoffe über einen großen Siedepunktbereich konzipiert. WIS-Untersuchungen belegen, dass einen Katalysator beeinträchtigende Schussgasbestandteile sehr effektiv mittels PSA aus dem Luftstrom entfernt werden können. Jedoch lässt sich CO durch PSA selbst nicht zurückhalten. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist die komplexe Technik, die z. B. die Bereitstellung der Rohluft mit einem Überdruck von ca. 2,7 bar erfordert.

Neben den hier vorgestellten Technologien sind auch künftig Entwicklungen, wie z. B. die Plasmatechnologie, zu betrachten, die ähnliche Vorteile wie regenerative Systeme bieten könnten. Weitere Untersuchungen beschäftigen sich mit der Frage der Langzeitstabilität des Katalysators unter den klimatischen Bedingungen, die von der Bundeswehr gefordert werden.



Abb. 1: Schussgase am Beispiel eines gepanzerten Fahrzeugs



Abb. 2: Die CATOX-Technologie



Abb. 3: Testaufbau für die PSA-Technologie

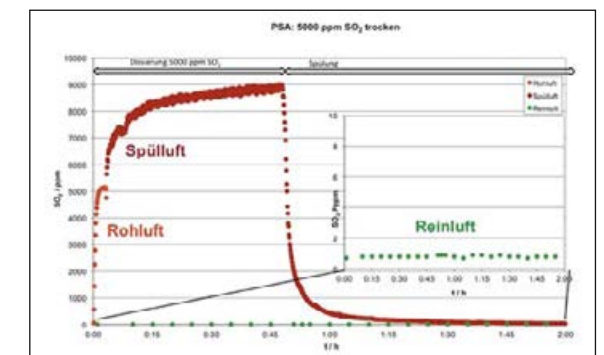


Abb. 4: PSA-Testergebnisse mit SO₂



TRDir Felix Kümmerlen
Wehrwissenschaftliches Institut für
Schutztechnologien – ABC-Schutz,
Münster

felixkueimmerlen@bundeswehr.org



TROI Jan-Wilhelm Brockmann
Wehrwissenschaftliches Institut für
Schutztechnologien – ABC-Schutz,
Münster

janwilhelmbrockmann@bundeswehr.org

Brandunterdrückungsanlagen in geschützten Landfahrzeugen

Brandunterdrückungsanlagen schützen in militärischen Fahrzeugen das Leben und die Gesundheit der Soldaten vor den Gefahren eines Brandes. Obwohl die Technologie an sich ausgereift ist, erfordern geänderte Umweltgesetzgebungen und neue Einsatzszenarien die Leistungsfähigkeit von Brandunterdrückungsanlagen immer weiter zu steigern. Am Wehrwissenschaftlichen Institut für Schutztechnologien – ABC-Schutz (WIS) werden dazu die technologischen Grundlagen erforscht und weiterentwickelt.

Die größtmögliche Sicherheit der Soldaten im Einsatz zu gewährleisten ist einer der wichtigsten Grundsätze der Bundeswehr. Neben anderen Schutzzielen spielt dabei auch der Schutz vor Bränden eine wichtige Rolle.

Brandschutzmaßnahmen sind jedem auch aus dem zivilen Bereich bekannt. Üblicherweise wird dabei unterschieden in Maßnahmen des vorbeugenden Brandschutzes, wie die Vermeidung von Zündquellen oder die Auswahl wenig brennbarer Materialien, und in Maßnahmen des abwehrenden Brandschutzes, wie die Bereitstellung von Löschgeräten oder automatisch wirkenden Löschanlagen.

Betrachtet man den Bereich der militärischen Landfahrzeuge, so wird schnell klar, dass diese ein über die zivilen Standards hinausgehendes Brandschutzniveau benötigen. Denn im militärischen Bereich muss zum einen mit Bränden als Nebenwirkung von Beschuss gerechnet werden, und zum anderen kann ein brennendes Fahrzeug nicht immer sofort von der Besatzung verlassen werden – beispielsweise in einer Gefechtssituation. Daher sind zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich, zu



Abb. 1: Wirkung eines Wurfbrandmittels auf ein gepanzertes Fahrzeug mit offener Heckklappe



Abb. 2: Brandversuch im Modell des Innenraums eines GTK BOXER

denen auch automatisch wirkende Löschanlagen oder Brandunterdrückungsanlagen gehören.

Eine Besonderheit von militärischen Landfahrzeugen sind die sogenannten Brandunterdrückungsanlagen. Durchdringt ein Geschoss die Panzerung des Fahrzeugs, so kann es im Innenraum Kraftstoffe oder Öle fein vernebeln. Werden diese Kraftstoffnebel z. B. durch heiße Splitter gezündet, verbrennen sie explosionsartig. Zum Schutz der Besatzung sind Löschanlagen vonnöten, die eine entstehende Verpuffung in wenigen Millisekunden erkennen und löschen können, bevor die Fahrzeuginsassen lebensgefährlich verletzt werden. Derartige Löschanlagen sind unter der Bezeichnung Brandunterdrückungsanlage schon seit einigen Jahrzehnten in der Bundeswehr eingeführt. Dennoch sind Brandunterdrückungsanlagen ein aktueller Gegenstand der Forschung. Dies hat im Wesentlichen zwei Gründe.

Erstens sind für den schnellen Löscherfolg hoch wirksame Löschmittel erforderlich. Aufgrund teilweise ähnlicher chemischer Mechanismen entsprechen diese Löschmittel aber häufig nicht mehr künftigen verschärften Umweltauflagen. Hier gilt es Ersatzstoffe zu finden und die teilweise verschlechterte Löschwirkung der Chemikalien durch verbesserte Ausbringmechanismen und verkürzte Detektionszeiten zu kompensieren.

Der zweite Grund liegt in den sich ändernden militärischen Anforderungen. Ursprünglich wurden Brandunterdrückungsanlagen für den Einsatz von Fahrzeugen in festen Frontlinien konzipiert. Aufgrund der Bedrohung durch einen potenten Gegner wurden die Fahrzeuge immer mit geschlossenen Türen

und Luken eingesetzt. Heute liegt der Schwerpunkt auf asymmetrischen Bedrohungen. Hier sind im Einsatz Türen und Luken häufig geöffnet, da so bei einer Fahrt durch größtenteils friedliches Gebiet die Übersicht der Soldaten besser ist und auch ein gewisser „Show of Force“-Effekt erwünscht ist. In diesen Situationen bedrohen dann aber Wurfbrandmittel und IED (Unkonventionelle Spreng- oder Brandvorrichtung) die Besatzung.

Diese Bedrohungsszenarien müssen zusätzlich zu den „klassischen“ Szenarien von den Brandunterdrückungsanlagen abgedeckt werden, d. h. entsprechende Brände müssen gelöscht werden. Um dies sicherzustellen untersucht das WIS GF 340 die Wirkung von Angriffen mit verschiedenen Brandkampfmitteln auf Fahrzeuge in unterschiedlichen Missionszuständen. Dabei werden Brandversuche sowohl in Fahrzeugmodellen als auch in realen – ausgedienten – Fahrzeugen durchgeführt. Durch ein besonderes Messverfahren können an mehreren Messpunkten im Innenraum Löschzeiten im Bereich von wenigen zehn Millisekunden erfasst werden. Dies ist die Basis für die Analyse des Löschvorgangs, beispielsweise mit Methoden der numerischen Simulation. Aus den Ergebnissen ergeben sich Ansätze für die Entwicklung neuer Löschmethoden.

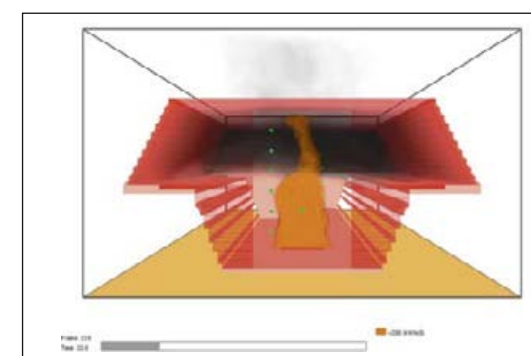


Abb. 3: Screenshot der Simulation eines Brandes im Innenraum eines GTK BOXER mit FDS 5 und Smokeview

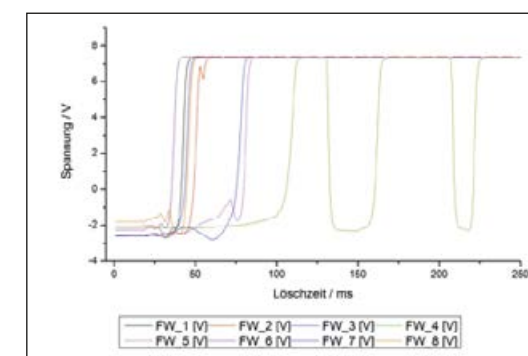


Abb. 4: Messung der Löschzeiten in einem typischen Brandversuch



KptLt Dr.-Ing. Sebastian Lange
Wehrwissenschaftliches Institut für
Schutztechnologien – ABC-Schutz,
Munster

sebastian8lange@bundeswehr.org



LTRDir Dr.-Ing. Frank Sabath
Wehrwissenschaftliches Institut für
Schutztechnologien – ABC-Schutz,
Munster

franksabath@bundeswehr.org

Numerische Modellierung zur Festlegung von Hf-Schutzbereichen an Bord von Schiffen

Das wissenschaftliche Rechnen ist neben Theorie und Experiment als zusätzliche Forschungsdisziplin in Form der numerischen Simulation etabliert. Das WIS verfolgt einen Aufbau von Analyse- und Bewertungsfähigkeit in diesem Bereich. Vorgestellt wird der Anteil an Strahlenschutzuntersuchungen der in Nutzung befindlichen Klassen F122 und F123.

Der Fokus unserer Forschungsarbeiten liegt in der numerischen Analyse des elektromagnetischen Feldes. Das wissenschaftliche Rechnen wurde 1992 als Forschungsthema aufgegriffen und wird seitdem am Wehrwissenschaftlichen Institut für Schutztechnologien – ABC-Schutz (WIS) in Munster verfolgt. Hierdurch verfügt der Rüstungsbereich über leistungsstarke Methoden der Feldberechnung, welche auf die speziellen Bedürfnisse komplexer militärischer Systeme und Infrastrukturen optimiert sind. Das im Rahmen eines Amtsauftrages entstandene Programmpaket PROTHEUS vereint diese Feldberechnungsmethoden auf Basis einer Softwarelösung und bildet die Grundlage der Analyse- und Bewertungsfähigkeit im Bereich des wissenschaftlichen Rechnens für den Elektromagnetismus.

Die hier vorgestellte Untersuchung der Schutzbereiche auf den Fregatten der Klassen F122 und F123 zeigt beispielhaft wie PROTHEUS bereits jetzt für Anwendungen in der Nutzungsphase von schwimmenden Einheiten der Marine unterstützend eingesetzt wird. Die numerische Analyse ist hierbei begleitend zur messtechnischen Untersuchung durch die Wehrtechni-

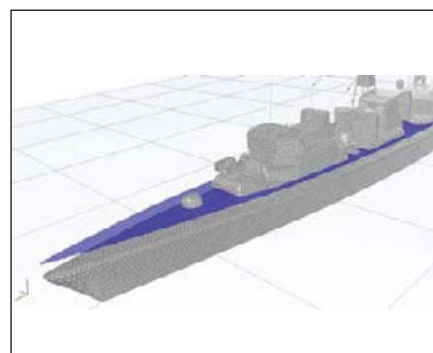


Abb. 1: Äquidistante Nahfeldpunkte über Deck (Screenshot)

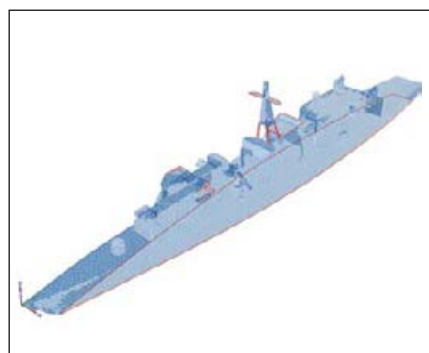


Abb. 2: Netz der Fregatte F122 (Screenshot)

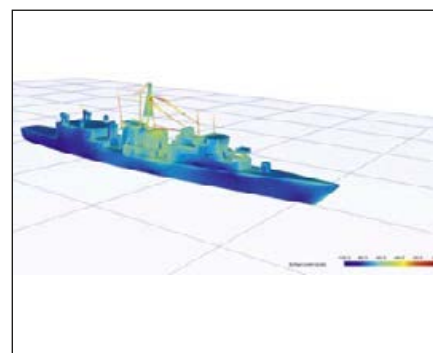


Abb. 3: Verteilung des Oberflächenstroms auf Fregatte F122 (Screenshot)

sche Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung (WTD 71) durchgeführt worden. Zu diesem Zweck wurde ein neues Nahfeldschema entwickelt, welches eine Platzierung der Nahfeldmonitore in einem äquidistanten Abstand zum Oberdeck erlaubt (Abbildung 1). Dies entspricht dem Verwenden eines Stativs während der Messung. Diese durch die Praxis motivierte Idee des Nahfeldschemas stellt die Flexibilität eines eigenen und somit offenen Feldberechnungsprogramms dar. Ein solches Vorgehen erlaubt die Betrachtung des gesamten Oberdecks durch die Verwendung von zwei (F123) bis drei (F122) Nahfeldbereichen mit einer Anzahl von Punkten in der Größenordnung von 106 – 107. Die Berechnung der Feldwerte dominiert die Gesamtrechnungszeit, so dass ein beschleunigtes Verfahren zur Berechnung von Nahfeldern implementiert worden ist, was eine effiziente Berechnung erlaubt. Ferner verfügt PROTHEUS über eine Stabilisierung für den niederfrequenten Bereich, die eine Berechnung elektrisch kleiner Strukturen ermöglicht. Die betrachteten Frequenzen liegen zwischen 2 – 30 MHz, was einer Wellenlänge von 10 – 150 m entspricht. Demgegenüber steht eine Schiffslänge von 130 m. Sowohl die Stabilisierung als auch das Nahfeldschema sind unerlässliche Komponenten für eine robuste Bearbeitung der Problemstellung.

Abbildung 2 zeigt das Netz und die Nahfeldpunkte der F122. Die berechneten Oberflächenströme sind in Abbildung 3 dargestellt und Abbildung 4 zeigt die dazugehörigen elektrischen Nahfelder. Entsprechend zeigen die Abbildungen 5 und 6 die Feldbilder für die F123. Insgesamt konnte gezeigt werden, dass komplexe Strukturen mit hinreichender Genauigkeit berechnet werden können, so dass die Güte der Ergebnisse einzig von der Modellbildung abhängt. Mit den Messungen wurden diskrete

Frequenzen und Positionen untersucht. Die Simulation betrachtet das gesamte Oberdeck und den kompletten Frequenzbereich. Eine fundierte Aussage ist bei Vergleich möglich. Der messtechnische Vergleich ist jedoch unerlässlich, so dass die Simulation der Abdeckung des nicht gemessenen Frequenzbereiches dient und sich beide Aussagen ergänzen.

Eines der Ziele künftiger Arbeiten ist die Erweiterung der vorliegenden Frequenzbereichsmethoden um Verfahren im Zeitbereich. Hierbei stehen Anwendungen im Bereich High-Power Electromagnetics (HPEM) im Fokus der Arbeiten. Neben schwimmenden Einheiten der Marine stehen Infrastrukturen im Vordergrund der angestrebten virtuellen Tests. Im ersten Schritt wurde bereits ein Verfahren implementiert, welches eine Bewertung der elektromagnetischen Felder im menschlichen Körper auf der Grundlage von Anatomie-modellen ermöglicht.

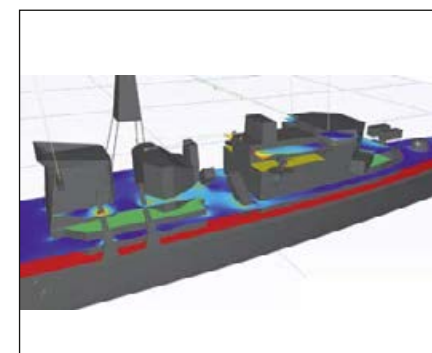


Abb. 4: Elektrische Nahfelder auf Fregatte F122 (Screenshot)

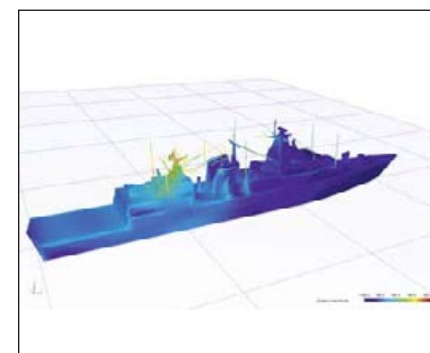


Abb. 5: Verteilung des Oberflächenstroms auf Fregatte F123 (Screenshot)

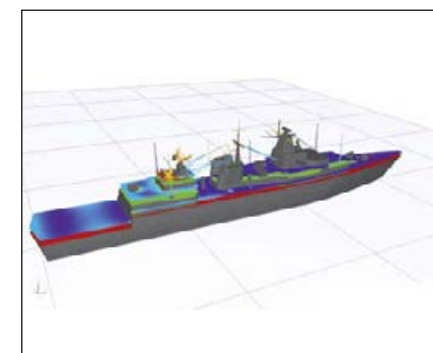


Abb. 6: Elektrisches Nahfeld auf Fregatte F123 (Screenshot)



Dr.-Ing. Wolfgang Kreuzer,
Wehrwissenschaftliches Institut für
Werk- und Betriebsstoffe, Erding
wolfgangkreuzer@bundeswehr.org



Dr.-Ing. Ines Schneider
Wehrwissenschaftliches Institut für
Werk- und Betriebsstoffe, Erding
inesschneider@bundeswehr.org

Nanostrukturierte Metalle: Eine interessante Perspektive für die Wehrtechnik

Durch neuartige Herstellungstechnologien ist es möglich bekannte Werkstoffe in ihren Eigenschaften gezielt zu verändern. Insbesondere die Entwicklung von Nanomaterialien, bei denen große Verbesserungen erwartet werden, ist im Hinblick auf technische Anwendungen außerordentlich vielversprechend. Ziel der Forschungsarbeiten ist es, dieses Potential auszuloten und für die Bundeswehr zu nutzen.

Die Fortschritte in wichtigen industriellen Bereichen, wie z. B. Leichtbau in der Luftfahrt- oder Automobilindustrie, sind häufig durch die Eigenschaften der derzeit verfügbaren Werkstoffe begrenzt. Neuere Forschungsergebnisse zeigen, dass ultrafeinkörnige (Ultra Fine Grained, UFG) oder nanostrukturierte Gefüge von metallischen Werkstoffen häufig Eigenschaften ermöglichen, welche deutlich die von konventionell hergestellten Metalllegierungen übertreffen. Aus diesem Grund engagiert sich das Wehrwissenschaftliche Institut für Werk- und Betriebsstoffe (WIWeB) seit vielen Jahren mit renommierten Partnern aus Industrie und Forschung sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene. Hierbei sollen die grundlagenorientierten Forschungsergebnisse in reale, für die Bundeswehr nutzbare Anwendungen überführt werden. Das Hauptaugenmerk der Arbeiten liegt auf den Anwendungsgebieten Leichtbau, Wirkung und Schutz.

Zur Herstellung neuartiger, ultrafeinkörniger Gefüge bis in den Nanometerbereich gibt es zwei Herangehensweisen: bottom-up (d. h. Herstellung von UFG-Pulvern oder Flakes und deren Kompaktierung zu Komponenten) oder top-down (d. h. schritt-

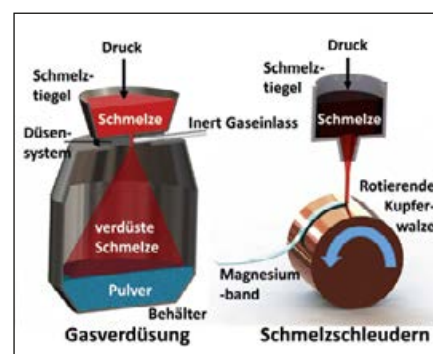


Abb. 1: Verfahren zur Herstellung von UFG-Pulver, Bändern oder Flakes

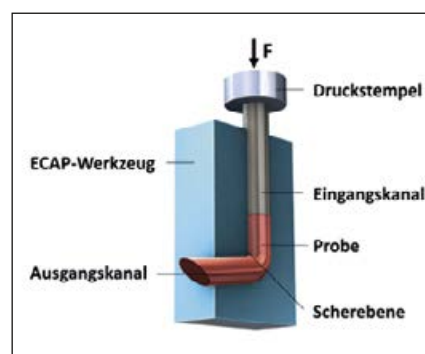


Abb. 2: ECAP, eine Methode zur Herstellung von UFG-Halbzeugen

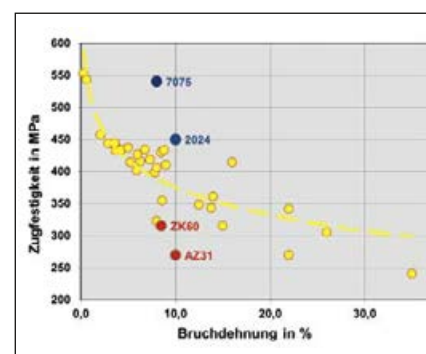


Abb. 3: Vergleich der Festigkeit und Zähigkeit von UFG-Magnesiumlegierungen (gelb) mit den Aluminiumlegierungen AA7075/AA2024 (blau) und den eingeführten Magnesiumlegierungen AZ31/ZK60 (rot)



Dipl.-Ing. Michael Schuch
Wehrwissenschaftliches Institut für
Werk- und Betriebsstoffe, Erding
michaelschuch@bundeswehr.org



Dipl.-Ing. Heinz Macke
Wehrtechnische Dienststelle für Waffen
und Munition, Meppen
heinzmacke@bundeswehr.org

weise Verfeinerung der Gefügestruktur durch Umformprozesse ausgehend von konventionellen Halbzeugen). Eine typische Methode zur Herstellung von UFG-Pulvern ist die Gasverdüsung. Das Schmelzschleudern (Melt Spinning) wird zur Herstellung von schnell abgekühlten Bändern oder Flakes verwendet. Diese Ausgangsmaterialien müssen anschließend unter Beibehaltung der erreichten, feinen Kornstruktur kompaktiert werden. Im Rahmen dieser Prozesse ist zusätzlich das Einbringen von Verstärkungskomponenten – z. B. SiC-Nanopulver – möglich (Abbildung 1). Bei den top-down Prozessen haben sich Verfahren der hochgradigen plastischen Verformung (severe plastic deformation) etabliert. Als besonders aussichtsreich gilt das ECAP-Verfahren (Equal Channel Angular Pressing), mit dem bereits die Umformung größerer Halbzeuge umgesetzt wurde (Abbildung 2).

Abbildung 3 zeigt als Beispiel die erreichten Verbesserungen der mechanischen Eigenschaften von Magnesiumlegierungen. Es wird deutlich, dass sich mit diesen UFG-Legierungen ähnliche Festigkeiten einstellen lassen, wie sie in Aluminiumlegierungen für den militärischen Flugzeugbau üblich sind. Alternativ lassen sich auch Werkstoffe mit extremer Zähigkeit produzieren. Auf Grund der geringeren Dichte der Magnesiumlegierungen bedeutet das eine erhebliche Gewichtsreduzierung in späteren Bauteilen.

Abbildung 4 zeigt die EBSD-Analyse (Electron Back Scatter Diffraction) einer mittels ECAP verformten Kupferlegierung, in der Korngrößen von einigen hundert Nanometern eingestellt werden konnten. Abbildung 5 zeigt eine Modellhohlladung des Kalibers 40 mm, in der dieser Werkstoff als Linermaterial eingesetzt wurde. Von der Wehrtechnischen Dienststelle für Waffen und Munition (WTD 91) wurde eine Verbesserung der Eindringleistung um ca. 15 % gegenüber dem normalerweise eingesetzten Kupfer nachgewiesen.

Derzeit werden in laufenden Forschungsvorhaben an besonders aussichtsreichen Magnesiumlegierungen einsatzrelevante Eigenschaften, wie z.B. Betriebsfestigkeit, Korrosionsverhalten und ballistische Schutzwirkung untersucht. Im Bereich der Hohlchargen wird an Verfahren zur Umsetzung der bisher erreichten Ergebnisse – auch zur Herstellung größerer Kaliber – und der Übertragung auf andere Werkstoffe gearbeitet.

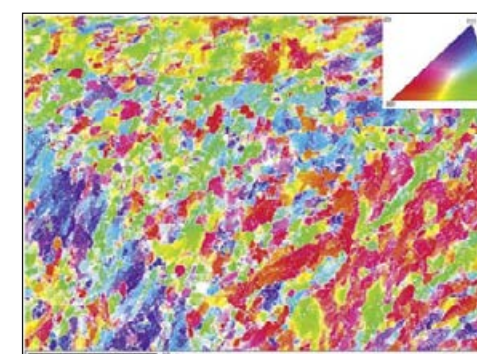


Abb. 4: Durch Elektronenrückstreubeugung bestimmte Kornorientierungskarte für hochreines Kupfer nach 4 ECAP-Durchgängen. Gebiete mit gleicher Färbung besitzen gleiche Kristallorientierung



Abb. 5: Hohlladung mit UFG-Kupfer als Linermaterial (links) und getestete Panzerplatte (rechts)



Dr. Carsten Zimmermann
Wehrwissenschaftliches Institut für
Werk- und Betriebsstoffe, Erding
carsten1zimmermann@bundeswehr.org



Dr. Wolfgang H. Uedelhoven
Wehrwissenschaftliches Institut für
Werk- und Betriebsstoffe, Erding
wolfganguedelhoven@bundeswehr.org

Korrelation zwischen thermophysiologicalen Simulationsverfahren und dem selbstempfundenen klimatischen Tragekomfort von Fußbekleidung

Der klimatische Tragekomfort der Fußbekleidung ist ein wesentlicher Teilaspekt in der Bewertung der Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems Einsatzbekleidung für den Soldaten. Im Rahmen einer Studie konnte durch die Korrelation von Ergebnissen thermophysiologicaler Simulationsverfahren mit subjektiven wie objektiven Tragekomfortdaten von Probanden die Prognosequalität validiert und verbessert werden.

Das grundlegend veränderte Aufgabenspektrum der Bundeswehr mit Einsätzen auch unter extremen klimatischen Bedingungen hat die Anforderungen an leistungsfähige Bekleidung gerade auch für den Fußbereich deutlich erhöht. Neben dem primären Schutz des Fußes vor äußeren mechanischen Einflüssen spielt der klimatische Tragekomfort, d. h. die Gewährleistung eines möglichst optimalen Mikroklimas im Schuh eine wesentliche Rolle. Mit Hilfe von thermophysiologicalen Simulationen unter Verwendung von klimatisierten Fußmodellen können Parameter wie das thermische Isolationsverhalten und der Feuchtetransport von Fußbekleidung prognostiziert werden. In Hinblick auf eine gesicherte Prognose für den klimatischen Tragekomfort ist es jedoch nicht ausreichend, die textilen Klimaeigenschaften nur durch Wärme- und Feuchtetransportgrößen zu spezifizieren. Hierfür sind validierte Korrelationen zwischen Empfindungs- und Mikroklimagrößen notwendig.

In einem Projekt des Wehrwissenschaftlichen Instituts für Werk- und Betriebsstoffe (WIWeB) und der Hochschule für angewandte Wissenschaften München mit Unterstützung



Abb. 1: Thermophysiologicals Prüfsystem CYBOR (Cybernetic Body Regulation) zur Simulation von mikroklimatischen Zustandsverläufen (T/r. F.) in Fußbekleidungssystemen



Abb. 2: Prüfsystem SWEATOR, eingesetzt in einen Stiefel, zur Messung und Bilanzierung der trockenen und feuchten Wärme-flüsse bei Fußbekleidungssystemen



Abb. 3: Trageversuche mit Probanden auf einem Laufband-Ergometer zur Aufnahme von objektiven und subjektiven Tragekomfort- sowie Empfindungsdaten bezogen auf den Fußbereich



Prof. Dr. Bernhard Kurz
Hochschule für angewandte
Wissenschaften, München
bernhard.kurz@hm.edu

durch die Fa. W. L. Gore wurden Untersuchungen an ausgewählten Fußbekleidungssystemen mit Laborprüfverfahren sowie Trageversuche mit Probanden durchgeführt. Die daraus gewonnenen Daten dienten dann für Korrelationsanalysen zwischen den Mess- und Empfindungsgrößen. Als Simulationsverfahren wurden dabei das thermophysiologicals Prüfsystem CYBOR (Cybernetic Body Regulation; Abbildung 1) und das System SWEATOR zur Bilanzierung der trockenen und feuchten Wärme-flüsse eingesetzt (Abbildung 2). Daneben wurde das Verfahren WBCT (Whole Boot Comfort Test) der Fa. Gore als einfache, meist produktionsbegleitend zur Qualitätssicherung eingesetzte Messung zur Klassifizierung der Schuhe hinsichtlich ihrer Wasserdampfdurchgangsrates (MVTR) einbezogen. In den Trageversuchen durchliefen die Probanden ein definiertes Belastungsprofil. Dabei wurden Temperatur und relative Feuchte des hautnahen Mikroklimas an definierten Messstellen im Schuh erfasst und die Temperatur-, Feuchte- und Komfortempfindungen der Probanden in Form eines mehrstufigen Ratings abgefragt (Abbildung 3).

Im Ergebnis der Laboruntersuchungen konnten verfahrensspezifisch z. T. deutliche Unterschiede in den MVTR-Werten, der Feuchtespeicherung wie auch der thermischen Isolation der Schuhmodelle ermittelt werden. Auch der Einfluss der Socke auf den klimatischen Tragekomfort der Fußbekleidung

wurde deutlich. Die Differenzen in den mikroklimatischen Zustandsverläufen, wie sie in den CYBOR-Simulationen zwischen den Schuhen ermittelt wurden, waren dagegen nur gering. Dieses Ergebnis korrelierte gut mit den Daten der Trageversuche. Hier zeigte sich, dass es signifikanter Unterschiede in den MVTR-Werten von mehr als 2 g/h zwischen Schuhen bedarf, um auch einen objektiv messbaren und für den Träger spürbaren Komfortunterschied zu generieren. Daneben konnten objektive Komfortgrenzen für die Temperatur ($< 35,5^{\circ}\text{C}$) und Feuchte (etwa $< 75\%$ r. F. bzw. $< 45\text{ hPa}$) bezogen auf das hautnahe Mikroklima im Schuh aus den Korrelationsanalysen abgeleitet werden (Abbildung 4). Gleichzeitig führten die Trageversuche auch zu grundlegenden Erkenntnissen der sehr unterschiedlichen Rezeption von objektiven Komfortveränderungen im Fußbereich durch den Menschen (Abbildung 5). Mit diesen Untersuchungen konnte ein zusätzliches Maß an Sicherheit in der Klimakomfortprognose durch Simulationen erreicht werden, welches Soldaten im Einsatz ganz gezielt in ihrer Leistungsfähigkeit und Durchhaltefähigkeit unterstützen und damit auch vor Verletzungen schützen kann.

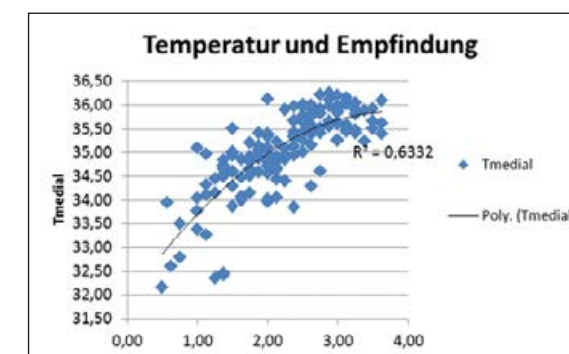


Abb. 4: Korrelation der medialen Temperaturmesswerte mit der Bewertung des Temperaturempfindens

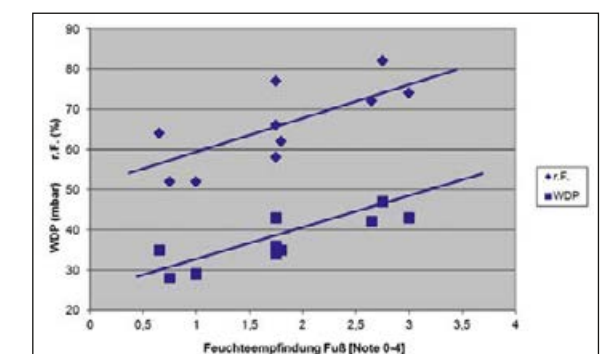


Abb. 5: Messwerte der relativen und absoluten Feuchte im Fußbereich als Funktion der Feuchteempfindung, bezogen auf einen Probanden



TORR'in Dr. Alexandra Schäfer
Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe
und Marinewaffen,
Maritime Technologie und Forschung,
Forschungsbereich für Wasserschall und
Geophysik, Eckernförde

alexandraschaefer@bundeswehr.org



ORR Dr. Arne Stoltenberg
Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe
und Marinewaffen,
Maritime Technologie und Forschung,
Forschungsbereich für Wasserschall und
Geophysik, Eckernförde

arnestoltenberg@bundeswehr.org

Ein Ozean im Wassertank: Physikalische und numerische Simulationen zur Schallausbreitung

Die Entwicklung und Validierung eines Schallausbreitungsmodells für moderne Unterwasseranwendungen wird durch hochpräzise Messungen im Rahmen von Tankexperimenten entscheidend unterstützt. Das Zusammenspiel von physikalischer und numerischer Simulation erlaubt es, gezielt Effekte einzelner Parameter zu studieren und ermöglicht so zuverlässige Vorhersagen auch in komplexen, realistischen Szenarien.

Unter Wasser ist Schall aufgrund seiner geringen Dämpfung der wichtigste Informationsträger. Er kommt unter anderem bei der Navigation (Echolot), bei der Detektion und Ortung von Objekten (Sonar) und neuerdings auch bei der digitalen Unterwasserkommunikation zum Einsatz. Dabei unterliegt das Ausbreitungsverhalten von Wasserschall vielfältigen Einflüssen durch Umgebungsparameter wie Schallgeschwindigkeitsprofile in der Wassersäule, Oberflächenwellen, Bodenprofile und geakustische Eigenschaften des Meeresbodens.

Mit dem im Forschungsbereich für Wasserschall und Geophysik (FWG) der Wehrtechnischen Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung (WTD 71) entwickelten MOCASSIN (Monte Carlo Schall-Strahlen-Intensitäten) besitzt die deutsche Marine auf ihren Einheiten ein leistungsstarkes Werkzeug zur Vorhersage von Entdeckungswahrscheinlichkeiten und zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Sonaranlagen. MOCASSIN arbeitet mit einem stochastischen Schallstrahlenmodell, das nur energetische Aussagen erlaubt.

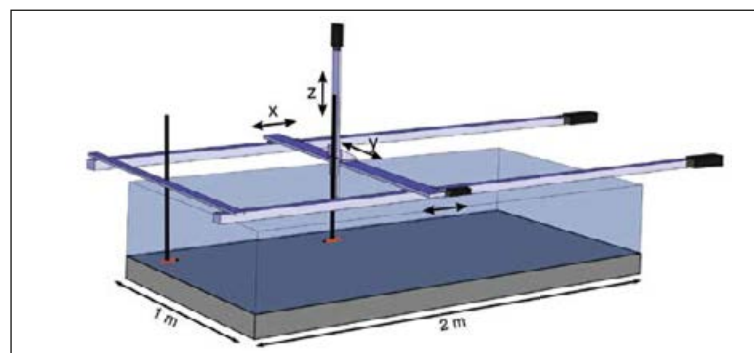


Abb. 1: Mechanischer Aufbau des Tankexperiments mit hochpräziser dreidimensionaler Positionierung des Empfangshydrofons

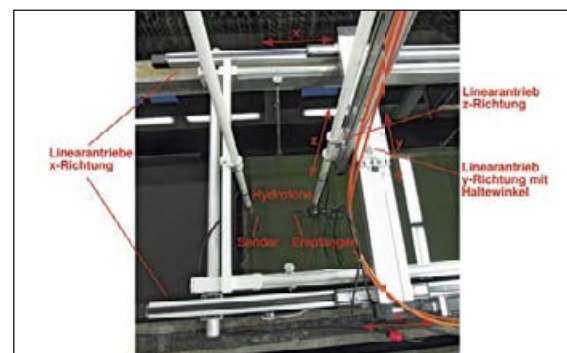


Abb. 2: Durchführung von Messungen im Tankexperiment

Moderne Anwendungen, wie die digitale Unterwasserkommunikation, benötigen aber mehr als nur energetische Vorhersagen. Daher wird ein phasengenaues Modell erforderlich, das nicht nur den inkohärenten Ausbreitungsverlust des Wasserschalls sondern das eigentliche Schalldruckfeld berechnet. Ziel des Forschungsvorhabens „Virtueller Ozean“ ist die Entwicklung und Validierung eines solchen Modells für die Schallausbreitung. Das neu entwickelte Modell PESSim (Parabolic Equation Sound Simulation) basiert auf einer Näherung der Wellengleichung als parabolische Differentialgleichung und erlaubt eine phasenrichtige Berechnung des Schalldruckfeldes.

Das neue Schallausbreitungsmodell muss tiefen- und entfernungsabhängige Wasser- und Bodeneigenschaften beinhalten. Insbesondere werden Druck- und Scherwellen im Meeresboden, beliebige Schichtungen der Wassersäule und des Bodens sowie eine entfernungsabhängige Bathymetrie berücksichtigt.

Der reale Ozean ist mit seiner Vielzahl an aufwendig zu erfassenden, stark variablen und schlecht reproduzierbaren Umgebungsparametern zu komplex, um eine detaillierte Validierung eines Schallausbreitungsmodells in Seeexperimenten zu erlauben. Deshalb wurde parallel zur Entwicklung des numerischen Modells in einem Tankexperiment ein im Maßstab 1 : 100 skaliertes, vereinfachtes Modell des Ozeans realisiert. Dabei wird ausgenutzt, dass bei gleichzeitiger Skalierung der räumlichen Dimensionen und der Frequenzen die Physik der Schallausbreitung invariant bleibt.

Ein solcher Aufbau stellt hohe Ansprüche an die Messgenauigkeit, die vom gewählten Maßstab abhängig sind. Um diese zu erreichen, wurde ein Rahmen mit hochpräzisen Linear-

antrieben realisiert, an dem der Sender fest montiert ist, während das Empfangshydrofon in allen drei Raumrichtungen auf 0,2 mm genau positioniert werden kann. Als Meeresboden dient im Basisszenario eine waagerechte, homogene PVC-Platte.

Messdaten aus den physikalischen Simulationen mit dem Tankexperiment dienen dazu, die numerischen Simulationen und das dazugehörige Modell zu validieren. Entscheidend dabei ist, dass die Komplexität der beiden Simulationen (numerisch und physikalisch) schrittweise für jeden einzelnen Parameter kontrolliert gesteigert werden kann. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass das numerische Modell den Einfluss jedes relevanten Parameters auf die Schallausbreitung korrekt beschreibt.

Erste einfache Variationen des Basisszenarios sind eine Neigung der PVC-Platte oder das Aufbringen einer Sedimentschicht. Später werden komplexere Bodenprofile, Oberflächenwellen und eine geeignete Schichtung der Wassersäule folgen.

Letztendlich muss sich das Schallausbreitungsmodell unter realen Bedingungen im Rahmen von Seeexperimenten bewähren. Der Umfang an benötigten Seeexperimenten und die damit verbundenen Kosten können jedoch durch das beschriebene Zusammenspiel von numerischen und physikalischen Simulationen deutlich reduziert werden.

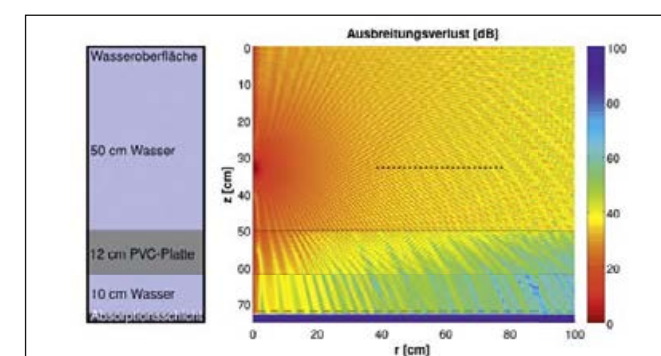


Abb. 3: Kohärenter Ausbreitungsverlust bei 185 kHz aufgetragen über der Entfernung und der Tiefe des Empfangshydrofons für das Basisszenario berechnet mit PESSim. Die gestrichelte Linie kennzeichnet die Positionen des Empfangshydrofons für die in Abb. 4 dargestellten Daten

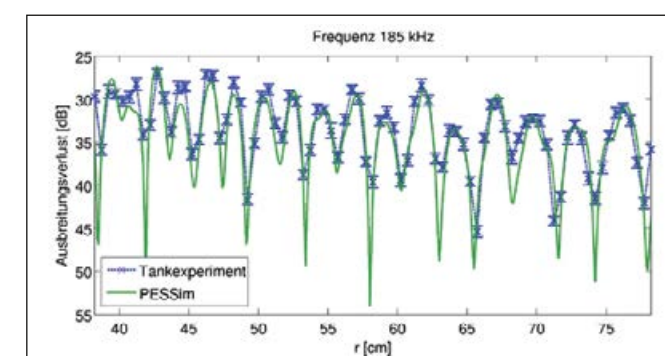


Abb. 4: Vergleich von Messdaten des Tankexperiments (physikalische Simulation) mit Ergebnissen der numerischen Simulation im Frequenzbereich bei 185 kHz entlang der gestrichelten Linie in Abb. 3



Dipl.-Phys. Stefanie Dengler
Fraunhofer-Institut für Optronik,
Systemtechnik und Bildauswertung,
Ettlingen
stefanie.dengler@iosb.fraunhofer.de



Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Bernd Eberle
Fraunhofer-Institut für Optronik,
Systemtechnik und Bildauswertung,
Ettlingen
bernd.eberle@iosb.fraunhofer.de

Schutz des menschlichen Auges vor Zerstörung durch Laserstrahlung

Der Schutz des menschlichen Auges aber auch von Technik vor Zerstörung durch Laserstrahlung im optischen und infraroten Spektralbereich gewinnt zunehmend an Bedeutung, denn heute kann jede Laserwellenlänge mit großer Leistung erzeugt werden. Es werden Materialien benötigt, die Laserstrahlung unabhängig von Intensität und Wellenlänge effizient dämpfen. Nanopartikel bieten hier einen Lösungsansatz.

Die Vielzahl heute verfügbarer Laserquellen erfordert zwingend innovative Schutzkonzepte, um das Auge und die Technik gegen jede Art von Laserstrahlung zu schützen. Trotz weltweiter Anstrengungen wurden bisher nur wenig befriedigende Ergebnisse erzielt, so dass immer noch konventionelle Schutzfilter eingesetzt werden müssen, die einen nur begrenzten oder gar keinen Schutz bieten. Wünschenswert ist eine Schutztechnik, die die auftreffende Laserstrahlung in Abhängigkeit von ihrer Intensität und unabhängig von der Wellenlänge dämpft. Dadurch ließe es sich vermeiden, mehrere verschiedene Schutzbrillen vorrätig zu halten und die Gefahr, eine falsche, wirkungslose Laserschutzbrille zu benutzen, wäre gebannt.

Im Gegensatz zum aktiven Verfahren gegen Blendung durch Laserstrahlung, welches im Jahresbericht Wehrwissenschaftliche Forschung 2010 vorgestellt wurde, dient das hier erläuterte, passive und breitbandig wirkende Konzept dem Schutz vor Zerstörung. Ein auf Strahlungsintensität basierendes Schutzkonzept kann z. B. durch die Nutzung nichtlinearer optischer Effekte realisiert werden. Dadurch lassen sich zusätzlich zur linearen Absorption weitere Absorptionsbereiche erschließen,

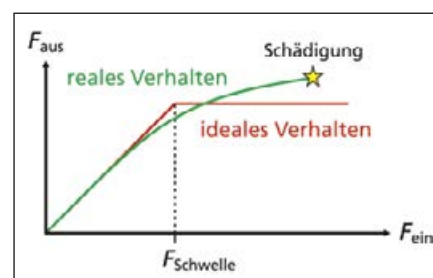


Abb. 1: Prinzip der optischen Leistungsbegrenzung



Abb. 2: Zerlegtes Zielfernrohr mit Schutzfilter



Abb. 3: Blick durch ein Zielfernrohr mit Filterschäden



TORR Dr. rer. nat. Sebastian Teich
Wehrtechnische Dienststelle für
Informationstechnologie und Elektronik,
Greding
sebastian1teich@bundeswehr.org



Dr. rer. nat. Dipl. Phys. Gunnar Ritt
Fraunhofer-Institut für Optronik,
Systemtechnik und Bildauswertung,
Ettlingen
gunnar.ritt@iosb.fraunhofer.de

was mit steigender Intensität zu einer Verminderung der Filtertransmission führt. Ein solches Verhalten wird als optische Leistungsbegrenzung beschrieben, wobei idealerweise die transmittierte Strahlung auf einen konstanten Wert begrenzt wird. In der Praxis wird diese ideale Begrenzung jedoch nicht erreicht. Das Prinzip der optischen Leistungsbegrenzung ist in Abbildung 1 dargestellt, rot – die ideale Leistungsbegrenzung, grün – der reale Verlauf. Damit die notwendig hohen Intensitäten erreicht werden, muss ein solches Filter in einer Zwischenbildebene einer Optik, z. B. in einem Zielfernrohr, siehe Abbildung 2, positioniert werden. Bei sehr hohen Intensitäten tritt unvermeidlich eine lokale Materialzerstörung ein, was aber nicht nachteilig ist. Im Gegenteil: eine lokale Filterschädigung signalisiert den Beschuss durch Laserstrahlung und somit fungiert das Filter auch als einfacher Warnsensor.

Ein vielversprechender Ansatz für einen von der Wellenlänge unabhängig wirkenden Schutz basiert auf der Verwendung von Nanopartikeln. Das Absorptionsverhalten metallischer Nanopartikel ist gekennzeichnet durch lichtinduzierte kollektive Schwingungen der an der Partikeloberfläche angesiedelten Elektronen, welche als Plasmonenschwingung bezeichnet wird. Die Stärke der Plasmonenschwingung hängt von der eingestrahnten Wellenlänge ab und lässt sich für ein bestimmtes Material über die Partikelgröße und -geometrie gezielt einstel-

len, so dass sich farbneutrale Filter verwirklichen lassen. Abbildung 4 zeigt die Absorptionsgebiete für sphärische Nanopartikel aus Gold, Silber und einer Gold-Silber-Legierung, Abbildung 5 das Absorptionsspektrum von Nano-Goldwürfeln.

Die Nanopartikel werden am Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB durch chemische Verfahren oder durch Laserablation hergestellt sowie optisch und geometrisch charakterisiert. Ausgangsbasis sind Suspensionen, aus denen Festkörperfilter hergestellt werden. Zur Charakterisierung der Nanopartikel wird deren Größe, bzw. deren Größenverteilung bestimmt, während deren geometrische Form elektronenmikroskopisch analysiert wird.

Die hier vorgestellten Forschungsarbeiten leisten wichtige Beiträge für den Schutz von Leib und Leben unserer Soldaten. Zudem können derartige Filter, eingesetzt in elektronischem Aufklärungs- und Beobachtungsequipment, die Durchhaltefähigkeit unsere Streitkräfte wesentlich erhöhen.

Das Vorhaben CF196 wird im Rahmen der wehrwissenschaftlichen Forschung durch die Wehrtechnische Dienststelle für Informationstechnologie und Elektronik (WTD 81) betreut.

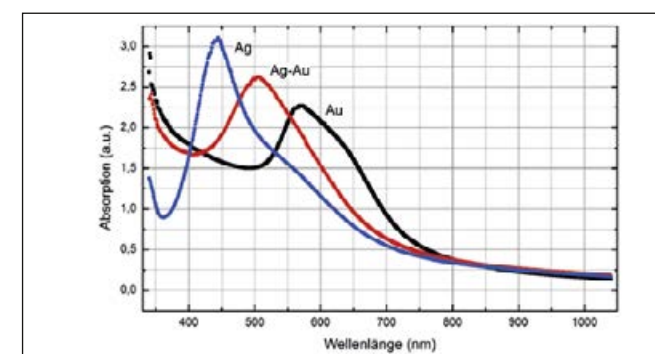


Abb. 4: Absorption durch Plasmonenschwingungen bei sphärischen Nanopartikeln von ca. 50 nm Durchmesser

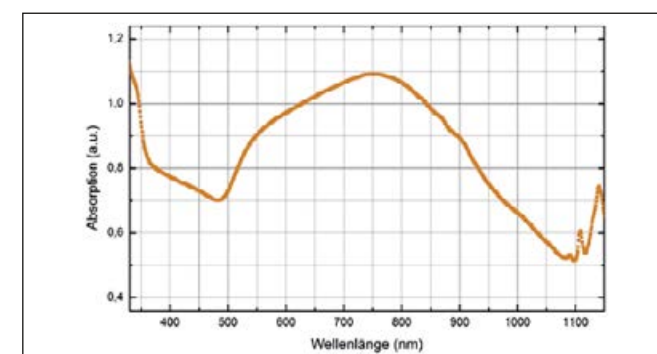


Abb. 5: Absorption durch Plasmonenschwingungen bei Nano-Goldwürfeln mit ca. 100 nm Kantenlänge



TORR Dr.-Ing. Volker Krebs
Bundesamt für Ausrüstung,
Informationstechnik und Nutzung
der Bundeswehr, Koblenz

volkerkrebs@bundeswehr.org

Führung von Roboterschwärmen

Welchen Mehrwert hat ein Roboterschwarm? Wie kann er sinnvoll eingesetzt und geführt werden und wie sehen die technischen Randbedingungen aus? Das sind Fragestellungen und Aufgaben, die im Rahmen eines wehrtechnischen Forschungsvorhabens in 2012 untersucht und demonstriert werden.

Teilautonome Systeme werden bei der Bundeswehr bereits in vielfältiger Weise eingesetzt: An Land, zu Wasser und in der Luft. Hierbei können diese teilautonomen Systeme per Remotesteuerung bedient werden (Abbildung 1).

Der Einsatz von Roboterschwärmen hat gegenüber Einzelsystemen gerade im militärischen Umfeld große taktische Vorteile: Gleichzeitige Überwachung und Aufklärung von größeren Gebieten, bessere Objektklassifikation durch unterschiedliche Beobachtungsrichtungen und Redundanz bei Verlust von Einzelsystemen. Gerade der Einsatz von bodengebundenen autonomen Fahrzeugen im Verbund mit Drohnen ist hier sehr vielversprechend.

Allerdings kann ein Roboterschwarm (Abbildung 2) nicht mehr so direkt gesteuert werden wie ein Einzelsystem, was eine große Herausforderung darstellt. Hier werden kurz die Ziele vorgestellt und Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt, die auch in dem Forschungsvorhaben „Führungsprozess autonome Systeme“ untersucht werden:



Abb. 1: Drohnen mit Remotesteuerung



Abb. 2: Teile eines Schwarms (Bodenfahrzeug und Drohne)

Ein Roboterschwarm kann aus unterschiedlichen autonomen Systemen bestehen, die vernetzt werden müssen. Jedes Einzelsystem hat naturgemäß unterschiedliche hardwarenahe Betriebssysteme für spezielle Echtzeitanforderungen (z. B. Routenplanung, Steuerung von Antriebssystemen). Interoperabel werden diese Einzelsysteme, wenn als Middleware eine Standardsoftware zur Steuerung von Robotersystemen (hier ROS: Roboter Operating System) verwendet wird, in dem die unterschiedlichen Dienste (z.B. Bereitstellung von Kamerabildern) verwaltet werden.

Der Mensch muß am Leitstand nicht mehr jeden Roboter einzeln steuern, sondern kann sich auf die Steuerung des Schwarms konzentrieren. Hierfür wird eine formale Sprache verwendet – die Battle Management Language (BML) – die auch zur Führung von simulierten militärischen Einheiten verwendet wird und eine eindeutige Interpretation der Sprache gewährleistet. Die BML-Befehle werden im Schwarm durch eine künstliche Intelligenz (KI) interpretiert, ausgewertet, in weitere Unterbefehle aufgeteilt und überwacht (Abbildung 3). Damit wird der Soldat von Routineaufgaben entlastet und kann sich auf die Zielerfüllung konzentrieren. Die direkte Steuerung von einzelnen Robotern im Schwarm ist weiterhin möglich, sollte aber die Ausnahme bleiben.

Sensordaten (Abbildung 4) werden möglichst sensornah ausgewertet und standardisiert über BML-Reports an den Leitstand geschickt und angezeigt. Die Sensordatenfusion übernimmt ebenfalls die KI, z. B. soll ein Objekt nur einmal angezeigt werden, auch wenn es von unterschiedlichen Sensoren aus unterschiedlichen Richtungen aufgenommen wurde. Welche Sensordaten tatsächlich angezeigt werden,

soll auch in Abhängigkeit von der Aufgabe interpretiert werden.

Die Kommunikationsforderungen an diesen Informationsverbund sind groß. Wünschenswert wäre eine hochdatenratige mobile ad-hoc Kommunikation (MANET) für große Entfernungen, für die es allerdings noch keine technische Lösung gibt. Daher setzen wir in der prototypischen Erprobung auf zellenbasierte zivile Mobilfunkstandards wie LTE und kommerziell verfügbare Dienstmerkmale wie z. B. mobile-to-mobile Verbindungen, feste IP-Adressen und geschlossene Benutzergruppen (Abbildung 5).

Die Sensordaten, die im Leitstand dem Bediener angezeigt werden, sollen auch den Führungsinformationssystemen zur Verfügung gestellt werden. Hierzu kann der Bediener im Leitstand z. B. diese Daten mit weiteren Information anreichern und standardisiert in Datenbanken ablegen, was die Anbindung an das streitkräftegemeinsame Führungsinformationssystem erlauben wird.

Von diesen technischen Randbedingungen soll der Bediener des Systems vor seinem Leitstand möglichst wenig mitbekommen, das System wird durch eine grafische Benutzeroberfläche einfach und intuitiv zu bedienen sein. Geplant ist ebenfalls eine vereinfachte Version eines Leitstandes auf einem Tablet für den mobilen Einsatz. Bevor es jedoch zu einem militärischen Einsatz eines Roboterschwarmes kommt, sind noch einige Hürden zu überwinden.

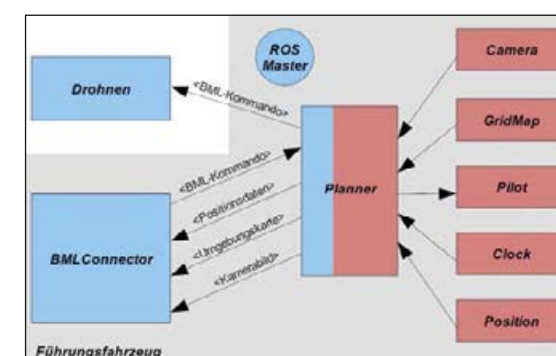


Abb. 3: Prinzip der Kopplung von Roboter Operating Systems (ROS) mit der Battle Management Language (BML)



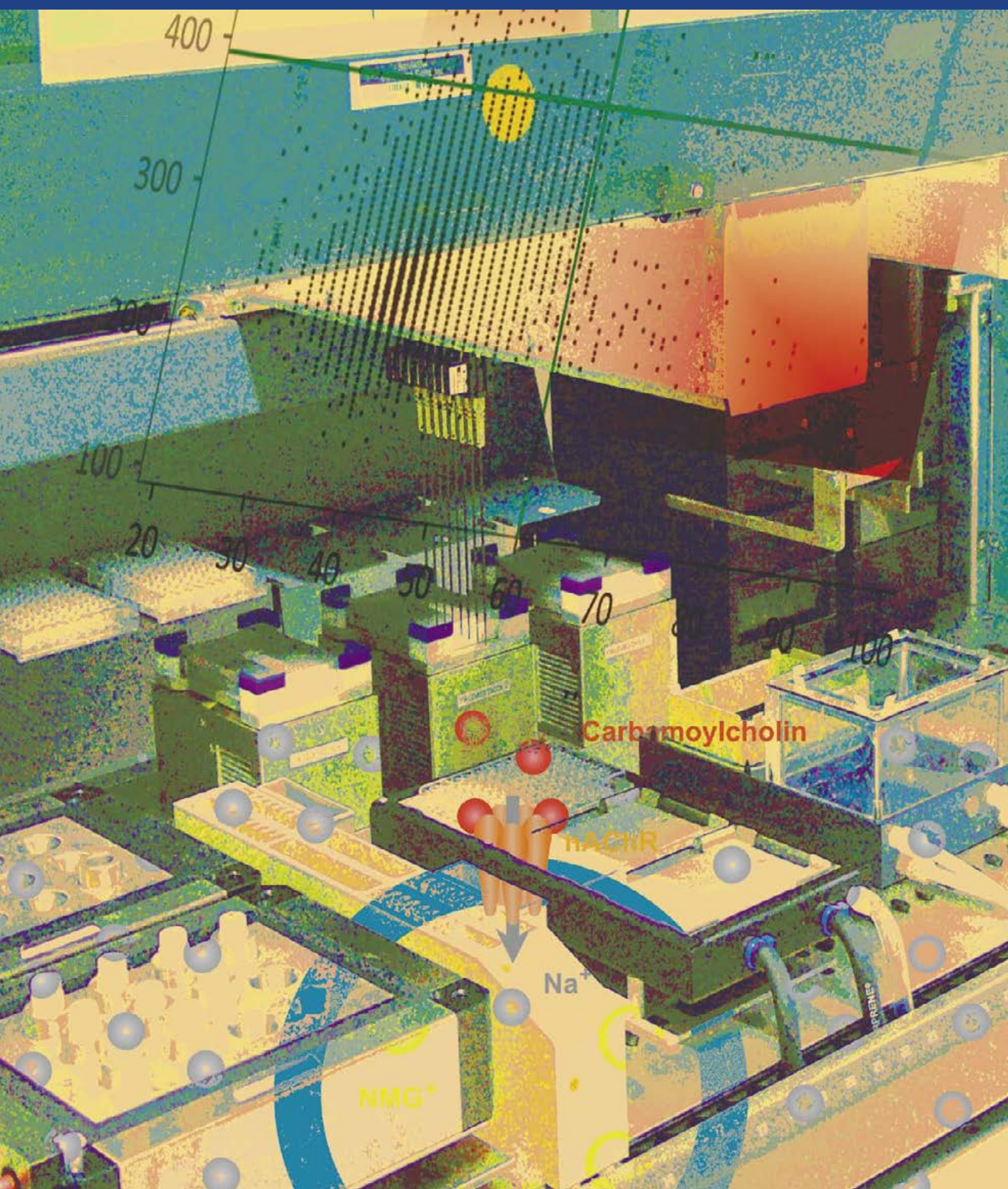
Abb. 4: Sensorik für teilautonomes Fahren (Laserscanner)



Abb. 5: Autonomes Bodenfahrzeug mit Sensorik und Kommunikation

2

Wehrmedizinische und Wehrpsychologische Forschung





ORR Dr. Markus H. Antwerpen
Institut für Mikrobiologie der
Bundeswehr, München

markusantwerpen@bundeswehr.org

Das Portfolio wird größer – MLVA für *F. tularensis* etabliert

Mit der Etablierung der MLVA-Methodik für den Organismus *Francisella tularensis* kann das Institut für Mikrobiologie der Bundeswehr München (InstMikroBioBw) nun einen weiteren wichtigen Baustein der Typisierung im Bereich hochpathogener Bakterien in sein Portfolio aufnehmen. In Kombination mit den Fähigkeiten für *B. anthracis*, *C. burnetii* und *Y. pestis* bietet das Institut nun ein für Deutschland einzigartiges breites Typisierungsangebot an.

Die Notwendigkeit, zwischen den verschiedenen Isolaten einer bestimmten Bakterienart zu unterscheiden, ist sehr wichtig, sowohl in Bezug auf Epidemiologie als auch im Bereich der mikrobiellen Forensik. Nie wurde dies deutlicher als in der Zeit nach dem Jahr 2001 mit seinen Bioterrorismus-Attacken. Die Bedeutung der Entwicklung von geeigneten Verfahren, um die Identität der bei solchen Angriffen verwendeten Stämme festzustellen, kann nicht überschätzt werden.

Multiple-Locus Variable-number tandem repeat (VNTR)-Analyse (MLVA) ist eine hervorragend geeignete Methode zur Bestimmung phylogenetischer Beziehungen zwischen den verschiedenen Isolaten einer Bakterienart. MLVA bietet dabei eine höchst diskriminierende molekulare Typisierungsmethode für wichtige pathogene Erreger, die neben der Schnelligkeit und der Robustheit viele Vorteile gegenüber anderen Methoden bietet.

Die MLVA-Methode basiert auf den methodischen Prinzipien des Vaterschaftsnachweises. Die Längen 12 ausgewählter Genabschnitte von *F. tularensis* werden bestimmt, die aus

sich wiederholenden, sehr kurzen DNA-Sequenzmotiven – sogenannten tandem repeats – aufgebaut sind. Die Anzahl dieser Wiederholungen und damit die Länge des jeweiligen Marker unterscheidet sich von Stamm zu Stamm. Aus der Untersuchung der 12 Marker errechnet sich der repeat-code, der für den untersuchten Stamm spezifisch ist. Beim Vergleich verschiedener Stämme weist der repeat-code umso weniger Gemeinsamkeiten auf, je weiter entfernt die untersuchten Stämme voneinander sind.

Bei dieser technisch aufwändigen Methode wird mit fluoreszierenden DNA-Fragmenten mittels Polymerasen-Kettenreaktion der jeweils gewünschte Genabschnitt des Bakteriums markiert und gleichzeitig vervielfältigt. Die Produkte werden durch Kapillargelelektrophorese aufgetrennt und deren Längen durch Vergleich mit einem bekannten Standard bestimmt. Aufgrund der Länge ist es nun rechnerisch möglich, auf die Anzahl der an diesem Genabschnitt vorkommenden repeats zu schließen.

Die Auswertung geschieht dabei vollautomatisiert über programmierte Software der sogenannten „Allele-Caller-Software“. Der Abgleich des so erhaltenen repeat-codes mit bereits bekannten Daten anderer Stämme erfolgt über eine Datenbank.

Der FtMLVA-12-Assay wurde entwickelt, um zwischen den verschiedenen Isolaten der Spezies *Francisella tularensis* zu unterscheiden. Standard-bakteriologische Isolierung und Identifizierung der Gram-negativen unbeweglichen Coccobacilli, welche typisch für *F. tularensis* sind, ist vor der Durchführung dieses Tests empfohlen. Dabei basiert dieser Test hauptsächlich auf einem bekannten FtMLVA-11-

Assay sowie einem weiteren ausgewählten Marker zur Erhöhung der Diskriminierungsfähigkeit.

Während man mit dieser Methode in der Lage ist zwischen den verschiedenen Stämmen von *F. tularensis*, wie *F. tularensis* LVS oder *F. tularensis* SchuS4 zu differenzieren, ist die Trennschärfe dieses Verfahrens in der Regel nicht in der Lage, Isolate des gleichen Stammes zu unterscheiden. Auch lassen sich zwar Mischproben von Stämmen in Verhältnissen bis zu 1 : 3 als solche erkennen, jedoch ist eine eindeutige Zuordnung eines Allel-Profiles für die in der Mischprobe enthaltenen Stämme nicht zuverlässig möglich.

Die jetzt nun aufgebaute und verwendete Methode bildet die optimale Ergänzung zu den bereits etablierten MLVA-Typisierungsmethoden für die Erreger *B. anthracis* und *C. burnetii*, da sie nicht nur auf dem gleichen methodischen Ansatz beruhen, sondern auch auf dieselben Reagenzien-systeme und Auswertungsroutinen zurückgreifen. In einem nächsten Schritt ist nun geplant, neben dem qualitätsgesicherten Ausbau der *F. tularensis*-Datenbank mit zusätzlichen Stamm-Allel-Codes im Rahmen einer Qualitätssicherungs-initiative standardisierte Protokolle und vollautomatisierte Skripte für alle drei Organismen zu erstellen und zu implementieren. Die Adaption des Systems für weitere hochpathogene Organismen ist geplant.

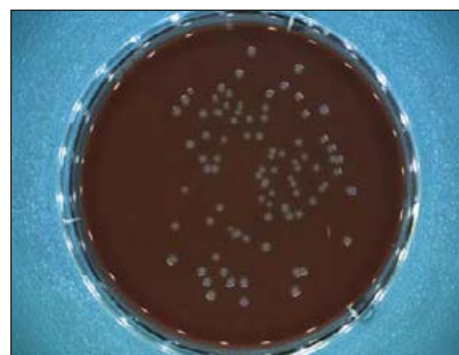


Abb. 1: *F. tularensis* auf Herz-Cystein-Agar



Abb. 2: Gewonnene DNA von *F. tularensis*

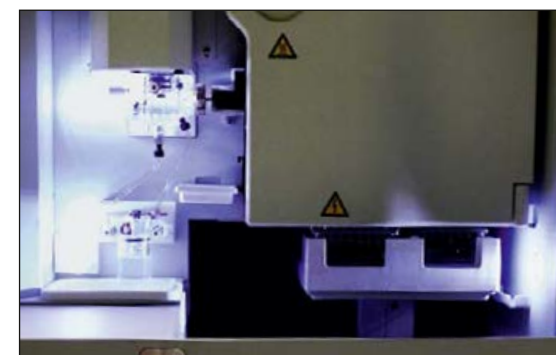


Abb. 3: Kapillargelelektrophorese im Arbeitsmodus

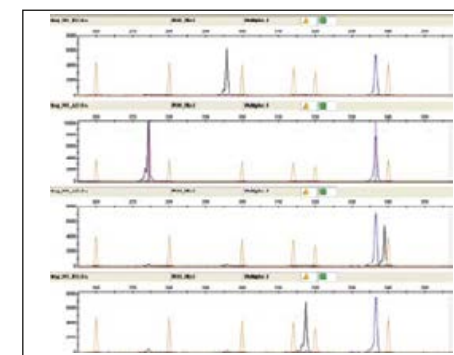


Abb. 4: Längenbestimmung zweier Marker (schwarz und blau) von vier unterschiedlichen Stämmen im Vergleich zum Größenstandard (orange)



OSTVet Dr. Julia Riehm
Institut für Mikrobiologie der
Bundeswehr, München

juliariehm@bundeswehr.org



OStArzt Enrico Georgi
Institut für Mikrobiologie der
Bundeswehr, München

enrico1georgi@bundeswehr.org

Neue Methode zur molekulargenetischen Typisierung von *Clostridium botulinum* Stämmen mittels Multilocus-VNTR-Analyse

Clostridium botulinum-Neurotoxine (BoNT) zählen zu den stärksten Giften überhaupt und haben eine Bedeutung als biologische Kampfstoffe. Moderne Sequenzanalysen konnten die Erkenntnisse zur Phylogenie der BoNT-produzierenden Bakterien erweitern. Ein neu entwickeltes Typisierungsverfahren für *Clostridium botulinum* berücksichtigt auch die unterschiedliche Toxinbildungsfähigkeit und ermöglicht eine Zuordnung unbekannter Isolate.

Clostridien sind grampositive, anaerobe, sporenbildende Bakterien, die weltweit vorkommen und beim Menschen eine Vielzahl von Erkrankungen wie Gasbrand oder Tetanus hervorrufen können (Abbildung 1). Die vorliegende Studie beschäftigte sich mit *Clostridium botulinum*, einer Art, die hochtoxische Neurotoxine produziert. Mittels klassischer Mikrobiologie lassen sich phänotypisch vier Gruppen (I bis IV) unterscheiden (Abbildung 2). Eine Einteilung aufgrund antigener Eigenschaften der verschiedenen Neurotoxine resultiert in 7 Serotypen (A bis G), die sich wiederum in verschiedene Untertypen differenzieren lassen. Humanpathogen bedeutsam sind dabei die Typen A, B, E und F.

Botulismus ist in Deutschland aufgrund hoher Hygienestandards sehr selten geworden. Sporadisch gibt es Fälle von Säuglingsbotulismus, lebensmittelbedingten Botulismus oder Wundbotulismus. Ohne intensivmedizinische Maßnahmen und Antitoxingabe führt die Erkrankung auch noch im 21. Jahrhundert durch Lähmung der Atemmuskulatur zum Tod. Die BoNT zählen zu den giftigsten bekannten Substanzen überhaupt. Die letale Dosis für Menschen beträgt bei oraler

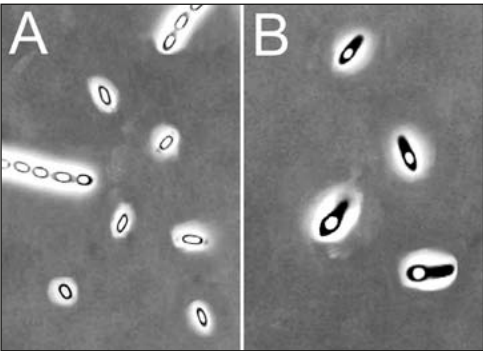


Abb. 1: Phasenkontrastmikroskopie von Sporen (A) und sporenbildenden Zellen (B) von *C. botulinum*. Charakteristisch sind kurze Stäbchenbakterien mit subterminaler Sporenbildung

Spezies	Gruppe	Toxintyp	Anzahl ¹
<i>C. botulinum</i>	I	A	35
<i>C. botulinum</i>	I	B	37
<i>C. botulinum</i>	I	AB	4
<i>C. botulinum</i>	I	F	13
<i>C. sporogenes</i>	I	ohne	5
<i>C. botulinum</i>	II	E	0
<i>C. botulinum</i>	II	F	0
<i>C. butyricum</i>	II	E	0
<i>C. botulinum</i>	III	C	0
<i>C. botulinum</i>	III	D	0
<i>C. haemolyticum</i>	III	ohne	0
<i>C. novyi</i>	III	ohne	0
<i>C. botulinum</i>	IV	G	0
<i>C. argentinense</i>	IV	G	0

¹Anzahl an Stämmen, die mittels MLVA-15 analysiert wurden

Abb. 2: Listung von Spezies der Gattung *Clostridium*. Einteilung in die Phänogruppen I bis IV und in Serogruppen, die durch die jeweils ausgebildeten Toxintypen definiert werden (A-F)



RDir PD Dr. Holger Scholz
Institut für Mikrobiologie der
Bundeswehr, München

holger1scholz@bundeswehr.org

Aufnahme 1 µg, bei aerogener Aufnahme noch weniger. Daher werden die BoNT von Fachgremien wie dem amerikanischen Center for Disease Control and Prevention (CDC) als biologische Agenzien der Kategorie A – also mit höchster Relevanz im bioterroristischen Kontext – bewertet.

In einer internationalen Studie wurden unter Beteiligung des Institutes für Mikrobiologie der Bundeswehr zunächst 16S rRNA Gensequenzdaten einer umfangreichen, nach Isolierungsdatum stratifizierten Sammlung von *Clostridium botulinum*-Stämmen verschiedener geographischer Regionen sowie deren nahverwandte Arten wie *C. sporogenes*, *C. butyricum*, *C. argentinense*, *C. haemolyticum*, *C. novyi* und *C. proteolyticus* generiert. In die Untersuchung wurden insbesondere Toxinbildner der human- und veterinärmedizinisch bedeutsamen BoNT A bis F eingeschlossen. Die molekularbiologische Sequenzanalyse erbrachte neue Erkenntnisse zur Phylogenie von Clostridien und bestätigte die Vermutung, dass die Gattung *Clostridium* derzeit keiner korrekten Taxonomie unterliegt.

Ein zweiter Schwerpunkt der Studie lag in der Entwicklung eines neuen Typisierungsansatzes für *Clostridium botulinum*, der auch die Toxinbildung berücksichtigen sollte. Dazu wurden 15 Genorte (Loci) identifiziert und mittels der VNTR (Variable Number of Tandem Repeats)-Methode analysiert. Mit der als

MLVA-15 bezeichneten Analyse wurden insgesamt 89 toxinbildende Bakterienstämme von *C. botulinum* Gruppe I sowie fünf engverwandte, nicht toxinbildende *C. sporogenes*-Stämme untersucht. Als Ergebnisse konnte ein Stammbaum mit sieben Hauptclustergruppen rekonstruiert werden, die mit den in vivo exprimierten BoNT A, B, AB oder F korrelieren. In dieser Arbeit gelang es mit dieser neuen Methode zum ersten Mal, einen molekulargenetischen Stammbaum zu erstellen, der auch die Fähigkeit zur unterschiedlichen Toxinbildung berücksichtigt (Abbildung 3).

Ziel ist es nun, den Aufbau einer MLVA-15-Datenbank mit Informationen zu *C. botulinum*-Stämmen aus der ganzen Welt systematisch voranzutreiben. Dadurch können beispielsweise bei bioforensischen Untersuchungen unbekannte Isolate schnell zugeordnet werden. Weiterführende Vollgenomanalysen sollen in die Datenbank integriert werden und in Zukunft einen noch tieferen Einblick in die molekulare Organisation von Toxingenen ermöglichen. Die hier beschriebene Arbeit wurde in Kooperation mit internationalen Kollegen im Rahmen eines von der European Defence Agency (EDA) geförderten Projekts durchgeführt und publiziert.

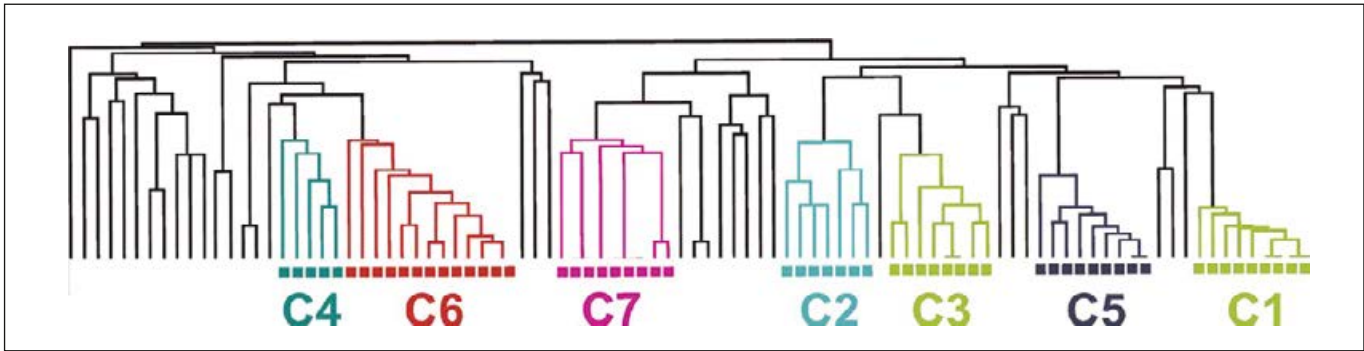


Abb. 3: Stammbaum nach den ausgewerteten MLVA-15 Analysen. Die Clustergruppen korrelieren mit dem Toxin-Bildungsvermögen (Gruppen C1 bis C7)



OFAP Karin Veronika Niessen
Institut für Pharmakologie und
Toxikologie der Bundeswehr,
München

karinniessen@bundeswehr.org



ORR Dr. Thomas Seeger
Institut für Pharmakologie und
Toxikologie der Bundeswehr,
München

thomasseeger@bundeswehr.org

Antidot-Suche auf molekularpharmakologischer Ebene

Für derzeit schlecht behandelbare Nervenkampfstoffvergiftungen müssen neue Wege der Pharmakotherapie gefunden werden. Eine Möglichkeit des zielgerichteten Therapieansatzes wäre die direkte Beeinflussung einer wesentlichen Zielstruktur der Giftwirkung, des nikotinischen Acetylcholinrezeptors. Für die Entwicklung solcher potentiellen Antidote wurden Hochdurchsatz-Screening-Methoden etabliert.

Vergiftungen durch phosphororganische Verbindungen, seien es Nervenkampfstoffe oder hochgiftige Pestizide, führen zu einer lebensbedrohlichen Lähmung der Atemmuskulatur, die bei einigen problematischen Giften (z. B. Nervenkampfstoffe Tabun oder Soman) mit der derzeit verfügbaren Therapie nicht adäquat behandelt werden kann. Ein innovativer Therapieansatz wäre die direkte Beeinflussung einer entscheidenden Zielstruktur der Giftwirkung, des sogenannten nikotinischen Acetylcholinrezeptors, damit trotz bestehender Vergiftung eine suffiziente Atemmuskelfunktion wieder erreicht werden kann.

Bei der Suche nach derartigen potentiellen Antidoten bietet es sich an, die Forschung direkt auf den nikotinischen Acetylcholinrezeptor als Zielstruktur zu fokussieren, d. h. die Gift- und Antidotwirkung zunächst auf molekular-pharmakologischer Ebene zu untersuchen. Bereits relativ kleine körpereigene Moleküle wie Acetylcholin entfalten ihre Wirkung an ganz bestimmten Stellen des Rezeptors, der im Vergleich zu ihnen ein sehr großes Protein mit einer komplexen Struktur ist.

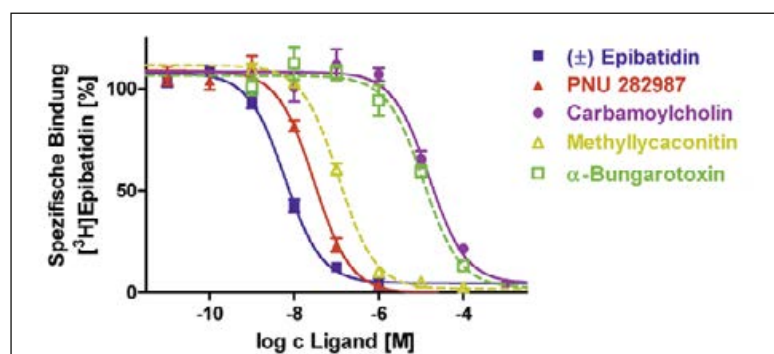


Abb. 1: Kompetitionsassay mit nikotinischen Acetylcholinrezeptoren. Sowohl Agonisten (ganze Linie) als auch Antagonisten (gestrichelte Linie) binden an der $[^3\text{H}]$ Epibatidin-Bindungsstelle



Abb. 2: Pipettier- und Inkubierplattform für Radioliganden-Bindungsassays im Hochdurchsatzverfahren

Der Einsatz von radioaktiv markierten Substanzen (Marker) bietet eine Möglichkeit, die Interaktion von Liganden (potentielle Gegengifte) mit den Rezeptoren sichtbar zu machen. In sogenannten Kompetitionsassays wird untersucht, inwieweit eine Testsubstanz (Ligand) den radioaktiv markierten Marker, in diesem Fall $[^3\text{H}]$ Epibatidin (funktionelles Analogon des Acetylcholins), aus seiner Bindungsstelle verdrängt. Je geringer die dazu erforderliche Konzentration ist, desto stärker bindet der Ligand am Rezeptor (Abbildung 1). Analog können auch Marker anderer Bindungsstellen untersucht werden, so dass Aussagen getroffen werden können, welche Bindungsstellen spezifisch adressiert werden und mit welcher Affinität die jeweiligen Liganden dort binden. Auf diese Weise kann ein umfassendes Bild hinsichtlich der Wirkung eines neuen Antidots auf seine Bindungseigenschaften am Rezeptor gewonnen werden. Da es hier rein um die Besetzung der Bindungsstelle geht, können allerdings noch keine Aussagen darüber getroffen werden, was die Substanz am Rezeptor bewirkt, ob sie also agonistisch, antagonistisch oder modulatorisch wirkt.

Um solche Aussagen zu treffen, können Funktionalitätsassays eingesetzt werden, die direkt die molekulare Transduktion beleuchten, d. h. die durch Agonisten gesteuerte Durchleitung von Natrium-, Kalium- oder Calciumkationen. Aus geeignetem Gewebe oder Zellen werden Membranvesikel hergestellt, welche nikotinische Acetylcholinrezeptoren enthalten. Dann werden sie auf einem Goldsensor aufgebracht, der mit einer Lipidschicht bestimmter Zusammensetzung, einer sogenannten „solid supported membrane“ (SSM) präpariert wurde. Die Vesikel sind so beschaffen, dass sie im Inneren protonierte N-Methylglucamin-Moleküle (NMGH^+), welche weder rezeptor- noch membrangängig sind, und kaum Natriumionen (Na^+)

enthalten, währenddessen in der Flüssigkeit außerhalb der Vesikel Na^+ in vergleichsweise hoher Konzentration vorliegt (Abbildung 3). Zum Zeitpunkt der Zugabe des Agonisten Carbamoylcholin (ebenfalls ein funktionelles Analogon von Acetylcholin) öffnet sich der Rezeptor, so dass Na^+ dem chemischen Gradient folgend in das Vesikelinnere strömen kann. Diese Ladungsverschiebung bewirkt eine kapazitive Umladung, die aufgezeichnet wird (Abbildung 4). Somit ist es möglich, die Aktivierung des nikotinischen Acetylcholinrezeptors in Abhängigkeit der Ligandenkonzentrationen sowie die Auswirkung von Testsubstanzen auf dieses Signalmuster direkt zu untersuchen (Abbildung 5).

Beide hier vorgestellten Screeningmethoden sind im Institut für Pharmakologie und Toxikologie als Hochdurchsatzmethoden (Abbildung 2) etabliert. So ist es möglich, aus einer hohen Anzahl chemischer Verbindungen relativ schnell Substanzen mit dem optimalen Pharmakophor zu identifizieren und Korrelationen mit physiologischen Methoden herzustellen.

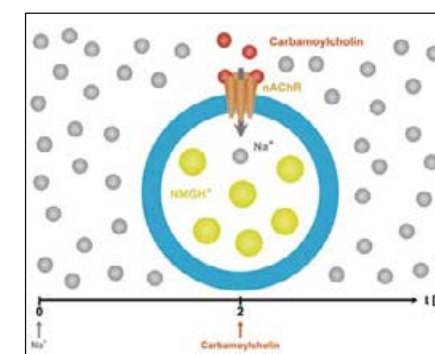


Abb. 3: Funktionalitätsmessung der molekularen Transduktion. Die Öffnung des nikotinischen Acetylcholinrezeptors (nAChR) durch den Agonisten Carbamoylcholin erlaubt einen Na^+ -Einstrom in das Innere des Zellmembranvesikels

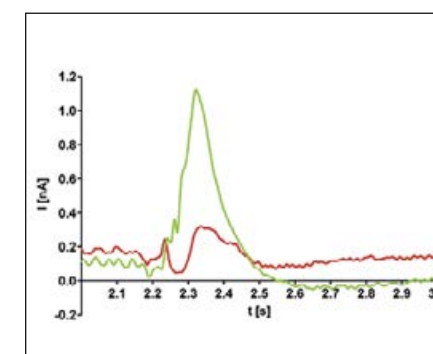


Abb. 4: Funktionalitätsmessung von nikotinischen Acetylcholinrezeptoren. Der Agonist Carbamoylcholin aktiviert den Rezeptor (grüne Linie), was ohne Agonist ausbleibt (rote Linie)

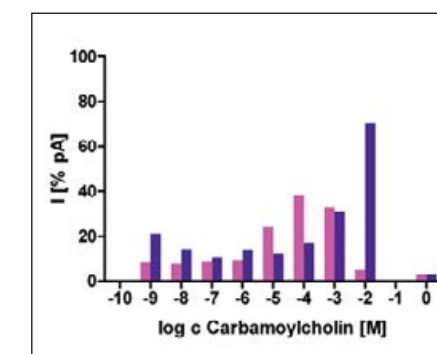


Abb. 5: Stromstärken in Abhängigkeit steigender Carbamoylcholin-Konzentrationen ohne (lila Balken) und in Gegenwart einer modulatorisch wirkenden Testsubstanz (blaue Balken)



Oberfeldarzt Dr. med. Harald Dörr
Institut für Radiobiologie der
Bundeswehr in Verbindung mit
der Universität Ulm, München
haralddoerr@bundeswehr.org



Oberstabsarzt Dr. med.
Andreas Lamkowski
Institut für Radiobiologie der
Bundeswehr in Verbindung mit
der Universität Ulm, München
andreaslamkowski@bundeswehr.org

Radioepidemiologische Untersuchung prognostischer Parameter des Verlaufs der akuten Strahlenkrankheit unter Verwendung des Datenbanksystems SEARCH

Im medizinischen Strahlenunfallmanagement ist die Abschätzung von Strahlenschäden von großer Bedeutung. Dabei erfolgt eine systematische Auswertung klinischer Daten der Datenbank SEARCH (System for Evaluation and Archiving of Case Histories), um anwendbare Verfahren zur Abschätzung von Strahlenschäden zu entwickeln. Diese werden dann unmittelbar durch den Task Force Anteil Med. A-Schutz bei der Versorgung von Strahlenunfallpatienten eingesetzt.

Die Datenbank SEARCH ist eine Sammlung detaillierter klinischer Daten von derzeit 824 Strahlenunfallpatienten.

Erfahrungen aus Strahlenunfällen zeigen, dass initial meist ausschließlich die klinischen Befunde und Symptome des Patienten zur Beurteilung von strahlenbedingten Gesundheitsstörungen zur Verfügung stehen. Die prognostische Abschätzung des zu erwartenden Krankheitsverlaufs hat jedoch entscheidende Bedeutung für die Planung notwendiger therapeutischer Maßnahmen und muss daher möglichst frühzeitig erfolgen. Am Institut für Radiobiologie der Bundeswehr (InstRadBioBw) erfolgt hierzu eine systematische Auswertung der in dem Datenbanksystem SEARCH enthaltenen klinischen Daten. Diese Auswertungen umfassen derzeit die Organsysteme Haut, Gastrointestinal Trakt sowie Hämatopoese. Weitere Auswertungen erfolgen hinsichtlich der Wirksamkeit verschiedener therapeutischer Optionen (z. B. Transplantation hämatopoetischer Stammzellen) bei Patienten mit akuten Strahlensyndromen.

Das Ziel der Auswertungen ist das Identifizieren von prognos-

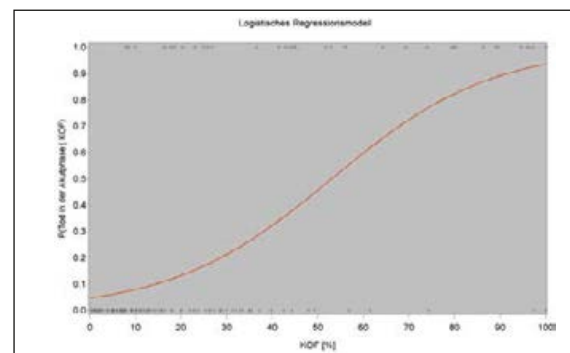


Abb. 1: Logistisches Regressionsmodell: Letalität in der Akutphase in Beziehung zur von strahlenbedingter Schädigung betroffenen Körperoberfläche (KOF)

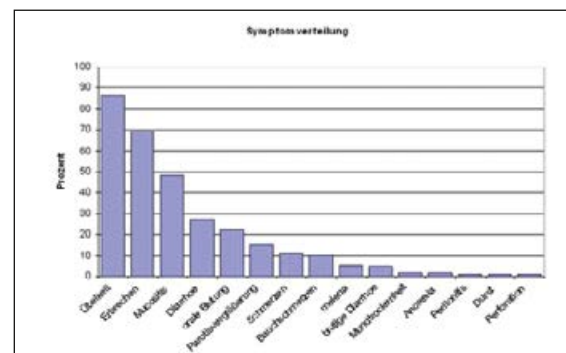


Abb. 2: Prozentuale Verteilung strahleninduzierter gastrointestinaler Symptome bei Patienten mit Akuter Strahlenkrankheit (ASK)

tischen Parametern aus klinischen Befunden und Symptomen unterschiedlicher Organsysteme, die durch Konzentration auf wenige und einfach zu erfassende klinische Parameter eine schnelle Abschätzung von Strahlenschäden auch bei einem Massenanfall von Verletzten ermöglichen.

Die Analysen der klinischen Daten aus SEARCH fließen im Ergebnis stetig in die praktischen Verfahrensweisen des Task Force-Anteils Medizinischer A-Schutz bei der Versorgung zukünftiger Strahlenunfälle ein. Der Task Force-Anteil Medizinischer A-Schutz ist eine Einsatzkomponente, die in ihrer Struktur, ihrem Fähigkeitsprofil und ihrem Aufgabenspektrum weltweit einmalig ist.

Das Aufgabenfeld schließt die Versorgung von Patienten bei allen denkbaren Expositionen mit ionisierender Strahlung (z. B. „dirty bomb“) ein.

Dies umfasst die Untersuchung und Diagnostik von strahlenexponierten Patienten, sowie eine bereits präklinisch eingeleitete Behandlung. Auf Basis der Befunde und der Rekonstruktion des Expositionsszenarios erfolgt die Abschätzung der Strahlenschäden, sowie des zu erwartenden Verlaufs der Akuten Strahlenkrankheit. Dieses initiale Assessment bei strahlenexponierten Patienten ist der Ausgangspunkt für die Koordinierung der weiteren Behandlung.

Um eine möglichst genaue Einschätzung über die individuellen Schweregrade der Strahlensyndrome ohne relevante Zeitverluste zu erarbeiten, ist der Task Force-Anteil Medizinischer A-Schutz weltweit innerhalb von 24 h verlegbar und führt direkt vor Ort eine Begutachtung durch.

Die Komplexität radionuklearer Szenarien erfordert einen breiten interdisziplinären Ansatz (Medizin, Radiobiologie, Strahlenphysik und Radiochemie).

Im Falle einer potentiellen Kontamination werden durch Bestimmung von Dosisrate und Differenzierung zwischen verschiedenen Strahlungsarten (Alpha-, Beta- und Gammastrahlung) Ausmaß und die Verteilung der Kontamination bestimmt. Im Anschluss erfolgt die Radionuklididentifizierung mittels hochauflösender Gammaskopie. Bei Anhalt für eine Inkorporation von Radionukliden wird umgehend eine gezielte Dekorporationstherapie eingeleitet. Da dieser Schritt aufgrund des tendenziellen Einbaus von Radioisotopen in gesundes Körpergewebe zeitkritisch ist, hält der Task Force-Anteil Medizinischer A-Schutz einen Pool von Dekorporationsmedikamenten vor.

Um eine Abschätzung der exponierten Strahlendosis zu gewährleisten, werden durch die Soldaten der Task Force vor Ort Patientenproben für die spezialdiagnostischen Methoden der biologischen Dosimetrie gewonnen.

Die bei der Versorgung von Strahlenunfallpatienten gewonnenen Erkenntnisse und klinische Daten können wiederum in das Datenbanksystem SEARCH aufgenommen und bei zukünftigen Analysen berücksichtigt werden.



Abb. 3: Einsatztaktische Übung des Task Force-Anteil Medizinischer A-Schutz in einem radioaktiv-kontaminierten Raum



Abb. 4: Simulierte Patientenbehandlung in einem „dirty bomb“-Übungsszenario



Dr. Thomas Rüther
Deutsche Sporthochschule Köln
ruether@dshs-koeln.de



OTA Prof. Dr. Dr. Dieter Leyk
Zentrales Institut des Sanitätsdienstes
der Bundeswehr, Koblenz
dieterleyk@bundeswehr.org

Leistungsphysiologische Evaluation des BFT-Bewertungssystems und Aufbau des Qualitätsmanagements

Die militärische Auftragserfüllung erfordert gute körperliche Voraussetzungen. Mit dem Basis-Fitness-Test (BFT) steht bundeswehrweit ein einheitliches Testsystem für militärisch relevante körperliche Leistungsmerkmale zur Verfügung. Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Datengrundlage und das BFT-Bewertungsverfahren zu evaluieren und ein spezifisches Qualitätsmanagement aufzubauen.

Gesundheit und adäquate körperliche Leistungsfähigkeit sind Voraussetzung für die erfolgreiche Wahrnehmung militärischer Alltags- und Einsatzaufgaben. Die regelmäßige Überprüfung der individuellen körperlichen Leistungsfähigkeit stellt eine notwendige Maßnahme dar, um diese im Rahmen soldatischer Grundfertigkeiten gewährleisten zu können und relevante Leistungsänderungen sicher zu erkennen. Deshalb wurde im Jahr 2010 basierend auf der Weisung des Generalinspektors der Bundeswehr zur Ausbildung und zum Erhalt der Individuellen Grundfertigkeiten der Basis-Fitness-Test zur Feststellung und Überprüfung soldatischer Grundfähigkeiten eingeführt. Das mit dem BFT bundeswehrweit einheitliche und einmal jährlich von jedem Soldaten/jeder Soldatin zu absolvierende Testsystem erfasst Ausprägungen militärisch relevanter Leistungskomponenten (Abbildung 1).

Die Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit erfolgt im BFT über standardisierte sportmotorische Tests und ermöglicht vor Ort die individuelle, alters- und geschlechtsangepasste Leistungsbewertung. Zur übergreifenden Betrachtung werden alle BFT-Ergebnisse in der Laborabteilung IV – Wehrmedizin-



Abb. 1: Basis-Fitness-Test – Sportmotorische Erfassung militärisch relevanter Leistungsmerkmale



Abb. 2: Informations- und Datenfluss im BFT-Qualitätsmanagement



Lt zS Lars Kahl
Zentrales Institut des Sanitätsdienstes
der Bundeswehr, Koblenz
larskahl@bundeswehr.org



OTL Harald Dobmeier
Dipl.-Sportwiss.
Kommando Streitkräftebasis Bonn
haralddobmeier@bundeswehr.org

sche Ergonomie und Leistungsphysiologie – des Zentralen Instituts des Sanitätsdienstes der Bundeswehr Koblenz zusammengeführt. Diese umfangreiche und stetig zu aktualisierende Datengrundlage bietet vielfältige Bewertungsoptionen und stellt ein zentrales Element dar, um gemäß der Weisung IGF geforderte Kontroll-, Steuerungs- und Verbesserungsmaßnahmen zu realisieren (Abbildungen 2 und 3).

Die Einführung des BFT erfolgte mit der Maßgabe, die in der initialen Phase erhobenen Leistungsdaten sowie die Bewertungsalgorithmen methodisch und leistungsphysiologisch zu überprüfen und Maßnahmen für eine stetige Qualitätssicherung zu implementieren. Dazu müssen die Berechnungsverfahren validiert und deren Richtigkeit in der Anwendung nachgewiesen werden. Des Weiteren ist ein spezielles Datenverwaltungssystem zu etablieren, das Qualitätsmanagementroutinen und Funktionen zur standardisierten Erstellung von Übersichten und Statistiken zur Verfügung stellt. Um diesen, aus der Weisung IGF abgeleiteten Auftrag zu erfüllen, wird derzeit die nichttechnische Studie „Leistungsphysiologische Evaluation des BFT-Bewertungssystems und Aufbau des Qualitätsmanagements“ durchgeführt. Das zivil-militärische Verbundforschungsprojekt der Laborabteilung IV des Zentralen Instituts des Sanitätsdienstes der Bundeswehr Koblenz in Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe Leistungs-

epidemiologie der Deutschen Sporthochschule Köln verfolgt zwei Ziele:

1. Durchführung wissenschaftlicher Analysen zur Re-Evaluation der Datengrundlage und Feinanpassung der Bewertungsverfahren. Sie erfolgen auf Basis bisheriger Erkenntnisse und Erfahrungen sowie durch den Vergleich mit leistungsphysiologischen Referenzdaten.
2. Konzeption und Aufbau einer spezifischen Qualitätsmanagementstruktur. Hierzu wird eine zentrale BFT-Datenbank mit Funktionen zur Datenkonsolidierung und teilautomatisierten Erstellung von statistischen Analysen, Leistungsprofilen und Kollektivvergleichen neu konzipiert und implementiert.

Mit Abschluss der Studie wird der Bundeswehr ein leistungsfähiges Datenbanksystem zur Verfügung stehen, in der die Basis-LeLeistungsdaten aller Soldatinnen und Soldaten zusammengefasst, verwaltet und analysiert werden können. Dadurch wird es möglich sein, militärisch relevante körperliche Leistungsmerkmale nach flexiblen Kriterien zu bewerten, Veränderungen zu erkennen, Verbesserungsmaßnahmen zu formulieren und deren Wirkung zu kontrollieren (Abbildung 4).

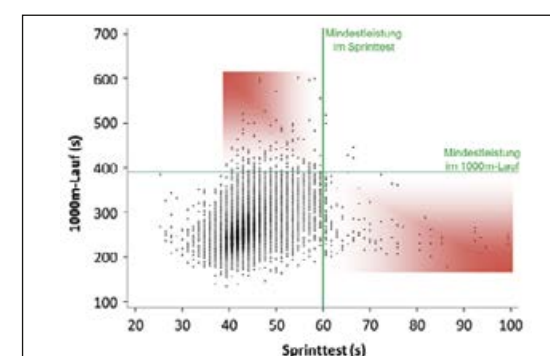


Abb. 3: Prüfung und Vergleiche körperlicher Leistungsdaten

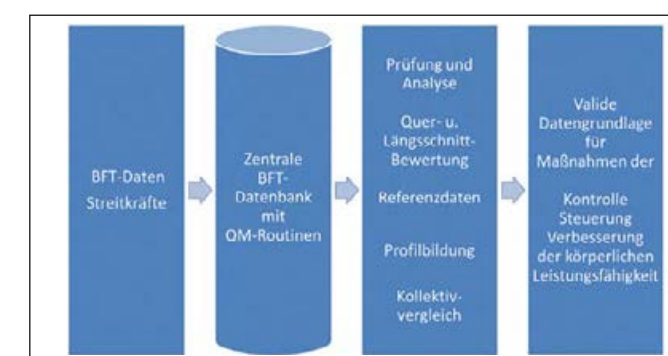


Abb. 4: Konzeption der BFT-Qualitätsmanagementstruktur



Oberfeldarzt Dr. Andreas Werner
Flugmedizinisches Institut der Luftwaffe,
Abteilung Flugphysiologie,
Königsbrück,

andreas4werner@bundeswehr.org



Dr. Bernd Johannes
Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt,
Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin,
Köln

bernd.johannes@dlr.de

Monitoring von Vitalparametern in der realen Umwelt mit einem flexiblen modularen tele-physiologischen System

HealthLab, ein modulares, flexibles und intelligentes System, das zugleich eine Vielzahl physiologischer und umweltbezogener Daten verarbeiten kann, ermöglicht das Monitoring von Soldaten während realer Einsätze. Besser als mit bisheriger Methodik kann mit diesem System die Weiterentwicklung von Ausrüstung und Ausbildung auf eine solide wissenschaftliche Basis gestellt werden.

Kennzeichen militärischer Einsätze sind hohe Anforderungen und extreme Umweltbedingungen. Soldaten sind dabei großen physischen und psychischen Belastungen ausgesetzt. Die Kombination von körperlicher Anstrengung, umfangreicher Ausrüstung, Gefahren und Bedrohung, unbekannter Umgebung, harschen Klimabedingungen, Zeitdruck und Verantwortung für Menschen hat erheblichen Einfluss auf das Befinden, die Einsatz- und Leistungsfähigkeit und kann das Risiko für Fehlhandlungen und Unfälle erhöhen.

Studien zum Einfluss arbeitsplatzbedingter Belastungen wurden zumeist im Labor durchgeführt und in die Realität übertragen. Dort ergeben sich aber nicht selten völlig andere Ergebnisse. Im Labor werden Umweltparameter aktiv als „Störgrößen“ unterdrückt, um grundlegende Erkenntnisse zu erlangen. Empirische Untersuchungen zeigen jedoch, dass gerade Klimafaktoren erheblichen Einfluss haben. Für Untersuchungen „im Feld“ stellt auch die Beeinflussung durch unkontrollierbare physische Aktivitäten eine besondere Herausforderung dar. In Symptom-Kontext-Analysen haben neben den Setting-Merkmalen insbesondere auch subjektive



Abb. 1: HealthLab bestehend aus einem Master und mehreren Satelliten, die kombiniert werden. Multiple Messmöglichkeiten von physiologischen Parametern, einfache Bedienbarkeit mittels Laptop, Tablet oder Smartphone



Abb. 2: Demonstration des HealthLab im Rahmen des mobilen physiologischen Labors. Funkübertragung der Parameter in einen Container zum Monitoring von Soldaten im Feldeinsatz. Aufnahmegeräte inkl. Umweltsensorik in eine Weste integriert, physiologische Sensorik am Körper unter der Kleidung, am Kopf und an der rechten Hand



Dipl.-Phys. Frank Fischer
Spacebit GmbH – Ges. für medizinische
und technische Signalverarbeitung,
Eberswalde

fischer@spacebit.de



Prof. Dr. Dipl.-Geol.
Hanns-Christian Gunga
Charité Universitätsmedizin Berlin
– Campus Charité Mitte – Crossover,
Institut für Physiologie und Zentrum
für Weltraummedizin Berlin

hanns-christian.gunga@charite.de

Situationsbewertungen erheblichen Einfluss auf die Messgrößen. Insgesamt ergeben sich ganz eigene, komplexe physiologische Belastungsprofile.

Die bisherige Feldforschung litt unter noch unzureichender Methodik. Systeme zur Messung physiologischer Parameter waren umfangreich, groß und schwer und somit nicht mobil, oder aber klein, dann jedoch auf wenige Parameter beschränkt. Notwendig ist aber ein komplexes, hochflexibles und mobiles System.

Mit dem HealthLab, welches durch das Institut für Physiologie der Charité Berlin entwickelt, durch Spacebit programmiert und durch das DLR gefördert wurde, steht mittlerweile ein System zur Verfügung, das aus flexiblen Einzelkomponenten besteht, die kontinuierlich psycho-physiologische und synchron Umweltparameter aufzeichnen. Es basiert auf einem Multiprozessorsystem, welches mittels „plug and play“ ein Netzwerk von „intelligenten Satelliten“ mit einem „Master“ bildet. Flexibel können das Setting auf die jeweilige Situation angepasst und jegliche Sensoren integriert werden. Neben Einsätzen in Bergwerken, im Wasser oder in Langzeituntersuchungen zum zirkadianen Rhythmus wird es aktuell in eigenen Experimenten auf der Internationalen Raumstation angewandt.

Das Flugmedizinische Institut der Luftwaffe nutzt dieses System bereits seit geraumer Zeit und konnte damit die Beanspruchung von Cockpit Crews im Simulator wie im realen Flug objektivieren.

Ein aktuelles eigenes Projekt beschäftigt sich mit Höhenfallschirmspringern. Diese werden in Höhen bis 35.000 ft mit ihrer Schutzausrüstung in einer extremen Umwelt abgesetzt. Je nach Absetzverfahren sind unterschiedlich lange Flugzeiten zu absolvieren. Niedrige Sauerstoffpartialdrücke in Kombination mit sehr kalter Umgebung (– 52 °C) verringern die Verfügbarkeit und Abgabe von Sauerstoff ans Gewebe. Dies kann zu messbarer physischer und kognitiver Leistungsminderung führen. Sicherheit und Gesundheit der Soldaten, wie auch die Auftragserfüllung, könnten beeinträchtigt werden. Schützende Ausrüstung und Ausbildung haben sich bewährt. Zudem werden dem Soldaten Voratemzeiten von Sauerstoff gemäß dienstlicher Vorschriften vorgegeben und während der Sprünge muss ebenfalls Sauerstoff geatmet werden. Ergebnisse zu diesem Thema wurden bislang fast nur empirisch erhoben und wissenschaftlich an sich nur im Labor untersucht. Mit der neuen Methodik gelingt es nunmehr, wertvolle feldphysiologische Daten unter komplexen Einsatzbedingungen zu gewinnen. Dies ermöglicht Impulse zur Optimierung von Ausrüstung und Ausbildung zu erhalten.



Abb. 3: HealthLab in einer zur persönlichen Ausrüstung des Soldaten gehörenden Weste. Aufnahmegeräte und Umweltsensorik in der Weste, physiologische Sensorik am Körper unter der Kleidung und an der linken Hand

3

Militärgeschichtliche und Sozialwissenschaftliche Forschung





Dr. Markus Pöhlmann
Militärgeschichtliches Forschungsamt,
Potsdam

markuspoehlmann@bundeswehr.org

* Seit dem 1. 1. 2013 sind das Militärgeschichtliche Forschungsamt und das Sozialwissenschaftliche Institut der Bundeswehr zum Zentrum der Bundeswehr für Militärgeschichte und Sozialwissenschaften mit Sitz in Potsdam zusammengefasst.

Panzerwaffe und Mechanisierung des Krieges in Deutschland 1890 – 1945

2016 wird das Waffensystem Panzer einhundert Jahre alt. Das Militärgeschichtliche Forschungsamt (MGFA) untersucht deshalb seine Geschichte in Deutschland. Im Vordergrund stehen militärische Operationen, Strategie und Kriegsbild im Zeitalter der Weltkriege. Ebenso wird nach den sozialen Kontexten und dem Stellenwert des Panzers in der kollektiven Kriegserinnerung gefragt. Ein entsprechendes Forschungsprojekt konnte das MGFA 2012 in wesentlichen Teilen abschließen.

Die Darstellung folgt zunächst der Chronologie. Die Vorgeschichte der Panzerentwicklung geht bis 1890 zurück, als sich ein spezifischer militärtechnischer Entwicklungsknoten auszuformen begann. Die klassischen Parameter des Waffensystems – Beweglichkeit, Feuerkraft und Panzerung – nahmen von nun an maßgeblich auf die Rüstung und Organisation des Heeres Einfluss. Beim Ausbruch des Ersten Weltkrieges 1914 hätte der militärtechnische Entwicklungsstand die Erfindung und Einführung des Panzers bereits möglich gemacht. Warum dies nicht geschah und das preußisch-deutsche Heer ohne das Waffensystem in den Krieg eintrat, bildet eine der zentralen Fragen.

Während des Ersten Weltkrieges entwickelten zunächst die britischen Streitkräfte den Panzer (Tank) und setzten ihn ein. Hier gilt es zu analysieren, wie die deutsche Seite militärisch und rüstungsmäßig auf diese Herausforderung reagierte. Unabhängig von der teils erheblichen psychologischen Wirkung, die britische Tanks an der Westfront entfalteten, stellt sich die Frage, welche militärische Bedeutung dem Panzer tatsächlich für den Kriegsverlauf zukam.



Abb. 1: Ein deutscher Panzer aus dem Zweiten Weltkrieg findet bei der Ausstellungskonzeption des Militärhistorischen Museums in Dresden Verwendung



Abb. 2: Modelle von Kampfpanzern der Bundeswehr in der Dresdener Dauerausstellung

Zwischen 1919 und 1935 verbot der Versailler Vertrag der Reichswehr den Ausbau einer Panzerwaffe. Dies hatte eminente Folgen für die Entwicklung und die Doktrinbildung. Beides gewann erst zu Beginn der 1930er Jahre und dann in der Folge der nationalsozialistischen Machtergreifung von 1933 erneut an Fahrt. Bis 1939 baute die deutsche Militärführung die Panzerwaffe systematisch aus und verfügte beim Überfall auf Polen 1939 über ein schlagkräftiges Instrument, das die mechanisierte Kriegführung in bislang unbekannter Reichweite und Intensität ermöglichte. Während des Zweiten Weltkrieges wurde die Panzerwaffe insbesondere im Frankreichfeldzug und während des als „Blitzkrieg“ geplanten Einmarsches in die UdSSR zur Trägerin deutscher Angriffskriege schlechthin. Dies wird anhand der Operationsgeschichte und der Kriegsrüstung der Jahre 1939 bis 1945 nachvollzogen.

Für den angesprochenen Zeitraum analysiert das Projekt das jeweilige Kriegsbild, um zunächst die militärischen Erwartungen an die Panzerwaffe aufzuzeigen. Damit eng verknüpft wird die Doktrinbildung als diskursiver Prozess untersucht. Dass dieser Diskurs beispielsweise in der Reichswehr unter dem Eindruck der Niederlage im Ersten Weltkrieg und unter den Bedingungen des Versailler Vertrages stattfand, hatte zur Folge, dass er mit besonderer Zielstrebigkeit und unter Antizipierung möglicher internationaler Reaktionen ablief.

Der Komplex Forschung, Entwicklung und Rüstung bildet einen weiteren Erkenntnisgegenstand. So stellt sich etwa die Frage, ob für eine militärische Innovation von der Dimension des Panzers ab 1916 bereits eine etablierte Organisation für Forschung und Entwicklung bzw. Rüstung bereit stand. Die entsprechenden institutionellen Rahmenbedingungen

veränderten sich vor allem durch die seit 1940 initiierte Neuorganisation der Heeresrüstung seitens der NS-Führung entscheidend und hatten den Erfordernissen des laufenden Krieges zu dienen.

Schließlich nimmt der Panzer auch in der kollektiven Kriegserinnerung erheblichen Raum ein. Dem Waffensystem kommt eine herausragende Bedeutung in militärkultureller Hinsicht, etwa im Zusammenhang mit der Frage des militärischen Ethos (Kampf Mensch vs. Maschine, Wille vs. Material) zu. Hierzu zählen auch Aspekte der Traditionsbildung (Traditionslinie aus der Kavallerie) bis hin zum Eindringen des Panzers in die populäre Kultur.

Im Ergebnis entsteht eine Geschichte des Panzers als Waffe und Symbol. Erstmals wird hier der Versuch unternommen, das Zeitalter der Weltkriege in seinen militärgeschichtlichen Grundzügen über die Entwicklung, Anwendung und kulturelle Widerspiegelung eines einzelnen militärischen Artefakts darzustellen. Den Angehörigen der Bundeswehr und nicht zuletzt den Soldaten der immer kleiner werdenden Panzertruppe vermittelt die Studie damit Hilfestellung bei der kritischen historischen Standortbestimmung.



Abb. 3: Aufarbeitung von Operationsgeschichte am MGFA



Dr. Gerhard Kümmel
Sozialwissenschaftliches Institut der
Bundeswehr, Strausberg*

gerhardkummel@bundeswehr.org

* Seit dem 1. 1. 2013 sind das Militärgeschichtliche Forschungsamt und das Sozialwissenschaftliche Institut der Bundeswehr zum Zentrum der Bundeswehr für Militärgeschichte und Sozialwissenschaften mit Sitz in Potsdam zusammengefasst.

Soldatenfamilien: Wie bekommt man Dienst und Familie zusammen?

Die meisten Bundeswehrangehörigen vollführen jeden Tag einen beachtlichen Spagat, der an jenen erinnert, den Truffaldino, die Hauptfigur in Carlo Goldonis Komödie „Il servitore di due padroni“ leisten muss. Sie müssen der Diener zweier Herren gleichzeitig sein und Ansprüchen der Bundeswehr UND der Familie genügen. Damit liegt häufig genug nicht nur eine Situation vor, die problematisch ist, sondern auch eine Situation, die ein Dilemma konstituieren und Konflikt begründen kann.

Dieses Dilemma wurde der Bundeswehr und ihrer politischen Leitung wie militärischen Führung, aber auch der deutschen Gesellschaft insgesamt im Jahr 2012 durch den Bericht des Wehrbeauftragten des Deutschen Bundestages, eindrucksvoll nahegebracht. So spricht der Bericht von teilweise hohen Trennungs- und Scheidungsraten bei deutschen Soldaten und Soldatinnen, die auf das Problem der Vereinbarkeit von Dienst und Familie verweisen. Die Schwierigkeiten, Familie und Dienst miteinander zu harmonisieren, sind dabei keineswegs exklusiv militärische, sondern sind in anderen Berufsfeldern und bei anderen Arbeitgebern in ähnlicher Weise vorzufinden. Angesichts einiger Spezifika des Soldat-Seins sind die Bundeswehrangehörigen vielleicht jedoch überdurchschnittlich von dem Problem der Vereinbarkeit dienstlicher und familiärer Belange betroffen. So können Spannungsfelder in der Harmonisierung der Bereiche Partnerschaft/Elternschaft und Dienst aufgrund besonderer Arbeitsbedingungen in der Bundeswehr auftreten, wie z. B. längere Abwesenheiten durch Auslandseinsätze, Übungen, Lehrgänge oder Seefahrten, Zusatzdienste und relativ häufige Versetzungen.



Abb. 1: Der Abschied fällt schwer



Abb. 2: Partner im Einsatz – Ernstfall für die Familie

Die Vereinbarkeitsproblematik ergibt sich aus dem Zusammentreffen von allgemein-gesellschaftlichen Entwicklungen einerseits und Veränderungen in den Streitkräften andererseits. Zum einen verändern sich die Familienstrukturen moderner Gesellschaften infolge von Modernisierungsprozessen. Die Großfamilie wird immer seltener, Ein-Kind-Haushalte nehmen ebenso zu wie Patchwork-Familien, und die Partnerinnen und Partner der Soldaten und Soldatinnen sind häufiger als früher selbst berufstätig. Demnach wohnen die Familien immer seltener am Dienort, wodurch es zu längeren, wiederholten Trennungsphasen kommt. Gleichzeitig bedeutet die Berufstätigkeit beider Partner, dass männliche Soldaten stärker als früher in Kinderbetreuung und -erziehung eingebunden sein müssen. Für die Vereinbarkeit von Familie und Dienst relevant sind zum anderen auch die Erweiterung der Aufgaben der Bundeswehr und die damit zusammenhängenden Prozesse der Neuausrichtung in Richtung einer weiteren Verbesserung der Einsatzfähigkeit.

Insgesamt haben damit Themen wie Schwangerschaft, Kinderbetreuung, Elternzeit oder Teilzeit eine größere Bedeutung in den deutschen Streitkräften gewonnen. Mit dem Soldaten- und Soldatinnengleichstellungsdurchsetzungsgesetz (SGleG) aus dem Jahr 2005, der Einrichtung von Angeboten zu Elternzeit, Teilzeit, Telearbeit und Kinderbetreuung und der Familienbetreuungsorganisation hat die Bundeswehr auf diese Veränderungen reagiert, weil erkannt worden ist, dass im Wettbewerb um die Besten auch auf diesem Feld Anstrengungen unerlässlich sind.

Bei der Bestimmung dessen, was zur Erleichterung der Vereinbarkeitsproblematik künftig möglich ist und möglich sein

kann, wurde das Sozialwissenschaftliche Institut der Bundeswehr (SWInstBw) im Herbst 2012 mit der Durchführung einer Studie zu diesem Themenfeld beauftragt. In dem modular angelegten Forschungsprojekt geht es

- um Fragen nach der beruflichen Belastung von Soldaten und Soldatinnen im Vergleich mit anderen Berufsgruppen,
- um Fragen nach den Belastungen für die Familien durch den militärischen Dienst im Vergleich zu anderen Arbeitgebern, und
- um die Identifizierung von Maßnahmen, die geeignet sind, diese Belastungen zu reduzieren.

Das SWInstBw setzt dabei qualitative und quantitative Verfahren ein und untersucht zudem vergleichend die Situation in anderen Ländern und Streitkräften. Bis Ende 2012 wurden darüber hinaus für eine Bevölkerungsumfrage und eine Streitkräfteumfrage die Fragebögen entwickelt und an 6.000 Soldaten und Soldatinnen, 3.000 Zivilbeschäftigte der Bundeswehr und 2.600 Personen außerhalb der Bundeswehr verschickt. Ebenso wurden Freiwillige für Interviews und für die Abfassung von schriftlichen Zeugnissen („Tagebüchern“) gesucht. Insgesamt soll damit durch sozialwissenschaftliche Politikberatung ein Beitrag zu sachgerechten Entscheidungen der politischen Leitung und militärischen Führung der Bundeswehr geleistet werden. Die Forschungsergebnisse werden voraussichtlich Mitte des Jahres 2013 vorgelegt.



Abb. 3: Soldat mit Familie

[illegible]



ORR'in Dipl.-Geogr. Doreen Brandt
Amt für Geoinformationswesen der
Bundeswehr, Euskirchen

Doreen1Brandt@bundeswehr.org

Fragile Staaten: Erläuterung und Anwendbarkeit des Konzeptes

Zerfallene, schwache oder fragile Staaten gelten als zentrale entwicklungs- und sicherheitspolitische Herausforderung. Eine Studie, die im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungs- (FuE) Arbeiten zur Steigerung der Effizienz der Geo-Info-Beratung auf dem Gebiet der Geopolitik 2012 erstellt wurde, kommt zu dem Ergebnis, dass die Verwendung dieser Bezeichnungen nur eingeschränkt, in einem abgegrenzten Theorierahmen zu empfehlen ist.

Seit dem 11. September 2001 werden sogenannte fragile Staaten innerhalb von Wissenschaft und Politik als Sicherheitsproblem wahrgenommen. Es wird angenommen, dass diese u. a. einen guten Nährboden für internationalen Terrorismus, die unkontrollierte Verbreitung von Massenvernichtungswaffen und den Ausbruch oder die Ausweitung von innerstaatlichen Konflikten bilden. Damit werden sie nicht nur als eine Bedrohung für die Bevölkerung vor Ort bewertet, sondern auch als Gefährdung der regionalen und oft auch der globalen Sicherheit.

Die Debatte wird von unterschiedlichen Begriffen wie fragile, schwache oder zerfallen(d)e Staaten (englisch auch failing/failed states) geprägt, für die es eine Vielzahl von Definitionen gibt, die sich im Wesentlichen an einem idealen Staat orientieren. In der deutschsprachigen Diskussion hat sich der Begriff fragiler Staat als Sammelbegriff für Länder mit defekten staatlichen Strukturen etabliert. Als fragil bezeichnete Staaten sind im Allgemeinen dadurch gekennzeichnet, dass es ihnen weder gelingt, ihre Bürger vor Gewalt zu schützen, noch sie mit grundlegenden Leistungen zu versorgen.

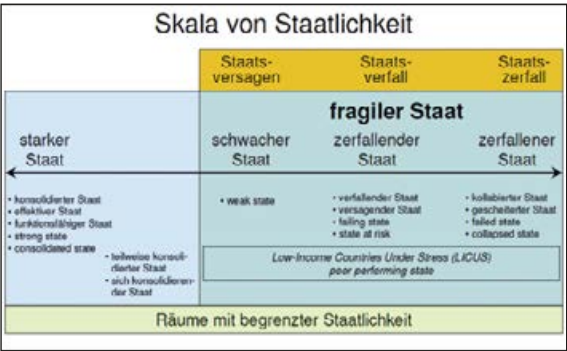


Abb. 1: Einordnung von Begriffen im Konzept fragiler Staatlichkeit

Failed States Index 2012	
1.	Somalia
2.	DR Kongo
3.	Sudan/Südsudan
4.	Tschad
5.	Zimbabwe
6.	Afghanistan
7.	Haiti
8.	Jemen
9.	Irak
10.	Zentralafrikanische Republik

Abb. 2: Die 10 fragilsten Staaten im Failed States Index 2012

Das Konzept der staatlichen Fragilität ist nicht unumstritten. Die Kritik bezieht sich im Wesentlichen auf die Verwendung eines idealtypischen Staatsbegriffes als Maßstab, welcher nicht ohne Weiteres auf alle Staaten übertragen werden kann. Des Weiteren wird kritisiert, dass OECD-Staaten als generelle Norm politischer Organisation vorausgesetzt werden.

Obwohl die Thematik in den vergangenen Jahren intensiv untersucht wurde, weiß man bislang nur wenig über die Ursachen, den Verlauf und die Folgen der Erosion staatlicher Institutionen. Aufgrund der wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen naturräumlichen, politischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Faktoren sind die Wirkungszusammenhänge äußerst komplex. Die meisten Untersuchungen beschreiben lediglich, was vom Idealbild abweichende Staaten nicht sind. Wie Staatlichkeit konstituiert wird und welche Faktoren zu deren Destabilisierung führen, wird jedoch nicht erfasst.

Um fragile Staaten identifizieren zu können und das Ausmaß fragiler Staatlichkeit zu messen, wurden zahlreiche Indizes (z. B. Failed States Index) entwickelt, welche anhand von Indikatoren den Grad der Fragilität unterschiedlicher Länder bestimmen und in Relation zueinander setzen. Die Namen der Länder, welche übereinstimmend als am stärksten fragil klassifiziert werden, überraschen jedoch nicht. Damit erbringen diese Indizes keinen Mehrwert gegenüber weniger systematischen Klassifizierungen. Fragilitätsindizes können als Momentaufnahmen einen generellen Überblick über mögliche fragile Staaten verschaffen und damit eine Orientierung für vertiefende Untersuchungen bieten. Sie können Staatlichkeit immer nur im Rückblick betrachten und Versuche, daraus Prognosen über zukünftige Entwicklungen abzuleiten, sind

mit äußerster Vorsicht zu betrachten. Die Kennzeichnung von Staaten als fragil (oder dementsprechend auch als stark, schwach oder gescheitert) kann nicht auf Basis empirischer Untersuchung erfolgen, da keine einheitlichen Kriterien und vergleichbare Indikatoren existieren. Aus Perspektive der derart klassifizierten Staaten, kann diese Bezeichnung als stigmatisierend empfunden werden. Die verstärkte Aufmerksamkeit und Unterstützung, die diesen Staaten zuteil wird, führt dazu, dass diese eigene Anstrengungen zur Stärkung der Staatlichkeit als nicht lohnenswert einschätzen. Ebenso besteht die Gefahr, destabilisierende Entwicklungen in als (relativ) stabil eingestuftten Staaten, zu verkennen.

Fallstudien und Indizes fragiler Staaten sind für die Beantwortung geopolitischer Fragestellungen nur begrenzt nutzbar und die Begriffe starker, schwacher, gescheiterter Staat etc. sollten nur in einem klar abgegrenzten Theorierahmen und unter Erläuterung der verwendeten Klassifizierung verwendet werden.



Abb. 3: Flucht vor den Kämpfen in Syrien



Abb. 4: Zerstörte Gebäude in Mogadishu, Somalia



OTL Dipl.-Ing. Hermann List
Amt für Geoinformationswesen der
Bundeswehr, Euskirchen

hermannlist@bundeswehr.org



Lt Dipl.-Ing. Martin Stahr
Amt für Geoinformationswesen der
Bundeswehr, Euskirchen

martinstahr@bundeswehr.org

Das Global Area Reference System (GARS)

In multinationalen Einsätzen ist die „gleiche Sprache“ bei der Angabe von Positionen von essentieller Bedeutung. Seit 2006 wurde das „Global Area Reference System“ (GARS) von den USA als ein weiteres, neben den bereits eingeführten Meldesystemen UTMREF und GEOREF, entwickelt und multinational abgestimmt. Bedarf sowie Vor- und Nachteile des in der NATO zwischenzeitlich standardisierten GARS wurden 2012 im Rahmen einer angewandten Forschungsarbeit im Amt für Geoinformationswesen der Bundeswehr (AGeoBw) näher untersucht und sind im Folgenden erläutert.

Im NATO-standardisierten GARS (STANAG 2577) werden Punkte oder Flächen mit Hilfe von Zellen eindeutig identifiziert und können so Dritten „gemeldet“ werden. Bis zu diesem Punkt ähneln sich die Meldeverfahren GARS, UTMREF und GEOREF. In der weiteren Betrachtung unterscheidet sich GARS jedoch von den bisherigen Meldeverfahren dadurch, dass dieses als ein überaus einfach handhabbares „Battlespace Management Tool“ grober Auflösung für die globale Operationsführung konzipiert wurde.

Bei GARS wird, anders als im Fall von UTMREF, ein rechtwinkliges Gitter über die gesamte Erdoberfläche gelegt, wobei erstmals der Südpol als Ursprung des Systems genutzt wird. Die Längengrade werden in 30 Minuten (kurz: 30') -Streifen eingeteilt. Der Nullmeridian liegt – erstmals derart festgelegt – am 180 Grad Meridian im Pazifik. Die Zählung verläuft ostwärts. Dabei werden die Nummerierungen 001 bis 720 benutzt. Diese drei Zahlen bilden den Anfang der GARS-Meldung. Bei einer Bewegung beispielsweise vom Nullmeridian 180° 00' nach Osten zu 179° 30' W würde die Nummerierung 001 und weiter von 179 30' W zu 179 00' W die Nummer 002 lauten. Im An-

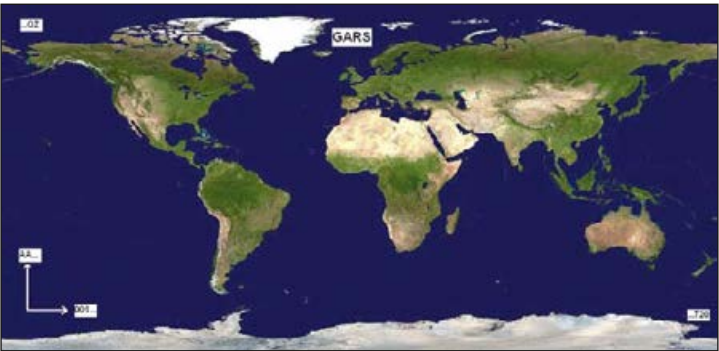


Abb. 1: Global Area Reference System - GARS

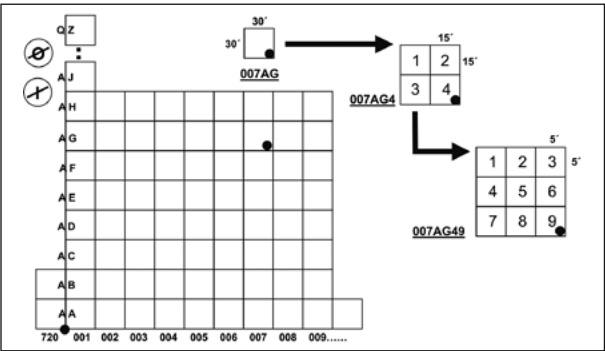


Abb. 2: Positionsbestimmung mittels GARS

schluss daran erfolgt die Beschreibung der Position auf den Breitengraden. Auch hierbei wird mit 30 Minuten-Feldern gearbeitet, beginnend am Südpol in Richtung Norden. Die Bänder werden mit Buchstaben beschrieben, beginnend mit AA bis hin zu QZ (ohne I und O). Somit ist der Bereich 90° 00' S zu 89° 30' S das AA-Band und weiter der Bereich von 89° 30' S zu 89° 00' S als AB-Band bezeichnet (vgl. Abbildung 1). Ist bei der zweiten Buchstabenreihe das „Z“ erreicht, springt die erste Reihe um einen Buchstaben weiter. Im Anschluss daran werden die 30'-Zellen in vier 15' x 15'-Quadrate geteilt, wobei zeilenweise von links oben nach rechts unten mit den Zahlen 1 – 4 durchnummeriert wird. Den Abschluss bildet eine Unterteilung der 15'-Quadrate in 5' x 5'-Quadrate. Hierbei werden die Zahlen 1 – 9 ebenfalls wieder von links oben nach rechts unten verteilt (vgl. Abbildung 2). Somit lautet beispielhaft eine GARS-Meldung wie folgt: 007AG49.

Bei diesem Beispiel liegt die Auflösung des GARS-Systems bei weniger als 9 km. Die Meldeverfahren UTMREF und GEOREF erreichen dagegen bis zu 1 m bzw. 1/100 min (vgl. Abbildung 3).

GARS bietet Vorteile z. B. im Fall von maritimen-großräumigen Operationsplanungen oder groben Lagedarstellungen, bei denen UTMREF oder GEOREF-Angaben länger ausfallen (vgl. Abbildung 3).

Ein maßgeblicher Vorteil des GARS-Systems zeigt sich am Äquatorübergang von der Süd- zur Nordhalbkugel und umgekehrt. Hier treffen bei UTMREF-Nutzung für die Nordhalbkugel Nordwerte, die bei 0 beginnen und nach Norden anwachsen, auf eine für die Südhalbkugel mit einem Nordwert von 10000000 beginnende Angabe, die nach Süden hin abnimmt.



Abb. 3: Koordinatentransformation in CONTRA (Screenshot)

Die Vor- und Nachteile des GARS-Meldeverfahrens im Vergleich zu bestehenden Verfahren lassen sich zusammengefasst wie folgt beschreiben (vgl. Abbildung 4): Die Vorteile des GARS-Systems werden sichtbar, wenn ein global eindeutiges universales Generierungsverfahren zum Einsatz kommen soll, das insbesondere beim Äquatorübergang keine Versetzung des Nordwertes erforderlich macht. Des Weiteren ist die Nutzung von GARS z. B. im Fall einer Start-Zielangabe die im Westen beginnt und sich nach Osten erstreckt, sehr einfach mit aufsteigenden Zahlenfolgen zu gestalten – ein weiterer Aspekt, der sich aufgrund der Einfachheit als sehr vorteilhaft auswirkt.

GARS wurde im Oktober 2012 in der NATO standardisiert und kann somit eingesetzt werden. Aus diesem Grund ist zur Herstellung der Interoperabilität zwischen Deutschen und Verbündeten in einem multinationalen Einsatz, die notwendige Ausbildung für die praktische Nutzung des Meldesystems zu gewährleisten. Dazu wurde die Bildung von und die Umformung in GARS-Angaben in das GeoInfo-Softwaremodul zur Koordinatentransformation und -umformung CONTRA 2.3 integriert (vgl. Abbildung 3).

Pro	Kontra
➤ Keine Verwechslungsgefahr durch kurze Zeichenfolge (Problem bei UTMREF/GEOREF)	➤ Kein Ersatz für bestehende Meldesysteme
➤ Einfache Handhabung	➤ Zusätzliche Implementierungskosten
➤ Weltweit unterbrechungsfrei nutzbares Meldesystem (UTMREF nur von 84° N – 80° S)	➤ Nicht für hochauflösende Aufgaben geeignet
➤ Stetige Nordwertkennung über den Äquator hinweg	

Abb. 4: Vor- und Nachteile von GARS



Major Dipl.-Geol. Christine Ewen
Amt für Geoinformationswesen der
Bundeswehr, Euskirchen

christineewen@bundeswehr.org

Prognose der Geländemobilität von Bundeswehrfahrzeugen

Die Beweglichkeit von Einsatzfahrzeugen abseits von Straßen und Wegen hängt im Wesentlichen von der Geländebeschaffenheit ab und ist ein wichtiger Faktor für die Planung von Operationen und für die Sicherheit im Einsatz. Orientiert an einem US-amerikanischen Lösungsansatz wurde ein Datenmodell entwickelt, mit dem die Geländemobilität prognostiziert werden kann.

Das Amt für Geoinformationswesen der Bundeswehr (AGeoBw) hat in einer ersten Testphase einen Algorithmus für die Prognose von Geländebefahrbarkeit entwickelt, der in Form einer Toolbox in eine Geoinformationssystem-Umgebung (GIS-Umgebung) implementiert wurde (Abbildung 1). Die Tools ermöglichen es, die Datenaufbereitung und -vorbereitung der Eingangsdaten von der eigentlichen Befahrbarkeitsberechnung zu entkoppeln. Alle relevanten Informationsebenen werden in mehreren Aufbereitungs-Schritten erarbeitet, sodass die Befahrbarkeitsprognose im Anforderungsfall nahezu in Echtzeit erfolgen kann.

Das Ergebnis der Berechnung wird in einem Kartenausschnitt als Ampelkarte dargestellt. Dabei werden die befahrbaren Geländebereiche in Grün, die nicht befahrbaren in Rot, und die eingeschränkt befahrbaren in Gelb ausgewiesen (Abbildung 2).

Als Eingangsdaten wurden Vektordaten, digitale Geländemodelle, Bodenübersichtskarten und technische Fahrzeugdaten sowie Wettervorhersagen zur Ermittlung der Bodenfeuchte und -temperatur herangezogen (Abbildung 3). Der Prototyp

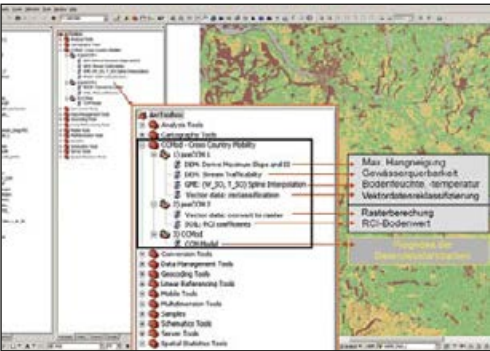


Abb. 1: Die Toolbox zur Datenaufbereitung und Geländemobilitätsberechnung wurde in ein GIS implementiert

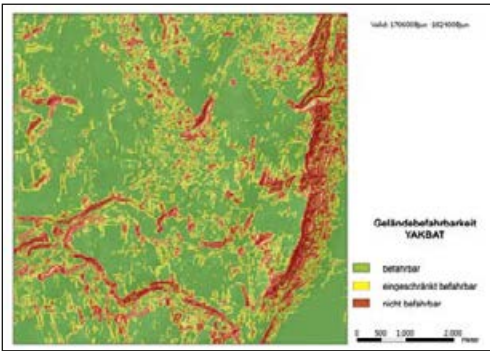


Abb. 2: Darstellung der Geländebefahrbarkeit in einer Karte

des Modells wurde bei einer Übung angewendet und im operativen Übungsbetrieb mit Erfolg getestet.

Auf der Grundlage des ersten Ansatzes soll das Datenmodell zur Prognose der Geländebefahrbarkeit den Anforderungen zukünftiger Einsätze entsprechend weiterentwickelt werden. Die Herausforderungen hierbei sind, einen robusten und praxisnahen Algorithmus zu entwickeln, der in einem Führungsinformationssystem und online als GIS-Tool verwendet werden kann. Die Geobasisdaten sollen global und zudem hochauflösend sein, um einen Zielmaßstab im Kartenausschnitt von 1 : 50 000 und eine weltweite Lauffähigkeit des Algorithmus zu ermöglichen.

In der kommenden Projektphase ist geplant, weit mehr Faktoren als in der Testphase für die Modellierung zu berücksichtigen. Dazu zählen die Integration weiterer bodenkundlich-geologischer Eingangsparameter sowie hydrologischer Niederschlags-Abflussmodelle. Reliefparameter sollen abgeleitet werden und Oberflächenrauigkeitsparameter hinzugezogen werden. Die Implementierung weitere Klimadaten zur Berücksichtigung von Parametern wie der Schneebedeckung sind ebenfalls von Interesse. Desweiteren sollen Informationen über die Vegetation und Landnutzung für die Berechnung vorgegebener Fahrzeuge für ein definiertes Gebiet zu einem bestimmten Zeitpunkt mit eingehen. (Abbildung 4).

Ziel ist es, die Datenvorbereitung weiter zu automatisieren und die Berechnung für den Endanwender zu beschleunigen. Das Ergebnis soll als operational einsetzbare, einfach zu bedienende Software konzipiert werden. Der Endnutzer definiert den Einsatzraum und den Zeitraum für den die Wettervor-

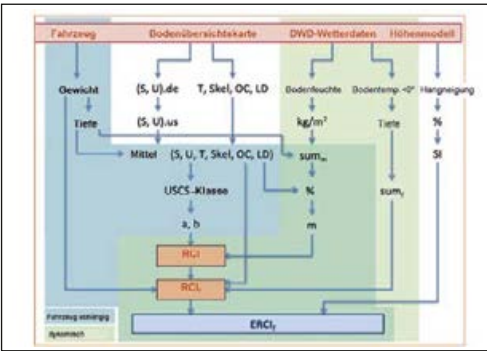


Abb. 3: Das Modellkonzept zur Berechnung der Geländemobilität

hersage gültig ist. Die an der Operation beteiligten Fahrzeuge werden durch den Nutzer ausgewählt. Schließlich wird die Befahrbarkeit für den gewählten Ausschnitt in nahezu Echtzeit auf „Knopfdruck“ in einem Führungsinformationssystem berechnet. Das Resultat, eine einfach lesbare, „Ampelkarte“, ist ein dynamisches, aktuelles Online-Produkt, basierend auf der Geoinfodatenbasis des Geoinformationsdienstes der Bundeswehr, dem zentralen, interdisziplinären Fachdienst der Streitkräfte.

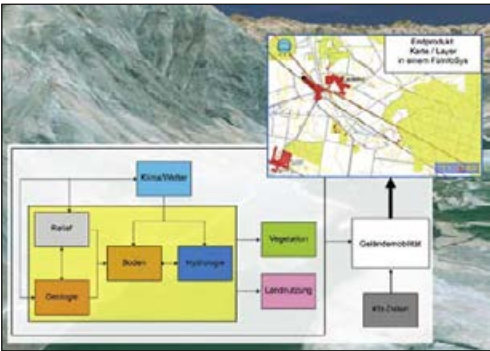


Abb. 4: Darstellung der Umweltfaktoren, die in das Modell mit einfließen



5

Anhang





Bundesministerium
der Verteidigung

Bundesministerium
der Verteidigung
Postfach 13 28
53003 Bonn
Internet: www.bmvg.de

Abteilung Ausrüstung, Informationstechnik
und Nutzung - AIN II 1
Tel.: +49 (0) 228 / 99 24 - 41 23
Fax: +49 (0) 228 / 99 24 - 35 94
E-Mail: BMVgAINII1@bmvg.bund.de

Abteilung Führung Streitkräfte - FüSK II 4
Tel.: +49 (0) 30 / 18 24 - 8 96 34
Fax: +49 (0) 30 / 18 24 - 68 13
E-Mail: BMVgFueSKII4@bmvg.bund.de

Abteilung Führung Streitkräfte - FüSK II 6
Tel.: +49 (0) 30 / 18 24 - 8 96 61
Fax: +49 (0) 30 / 18 24 - 8 97 00
E-Mail: BMVgFueSKII6@bmvg.bund.de

Abteilung Strategie und Einsatz - SE I 2
Tel.: +49 (0) 228 / 99 24 - 96 50
Fax: +49 (0) 228 / 99 24 - 77 87
E-Mail: BMVgSEI2@bmvg.bund.de

Abteilung Personal - P I 5
Tel.: +49 (0) 30 / 18 24 - 8 95 31
Fax: +49 (0) 30 / 18 24 - 8 95 40
E-Mail: BMVgPI5@bmvg.bund.de

Abteilung Personal - P III 5
Tel.: +49 (0) 228 / 99 24 - 74 05
Fax: +49 (0) 228 / 99 24 - 13 35
E-Mail: BMVgPIII5@bmvg.bund.de



Bundesamt für Ausrüstung, Informations-
technik und Nutzung der Bundeswehr
(BAAINBw)
Ferdinand-Sauerbruch-Straße 1
56073 Koblenz
Tel.: +49 (0) 261 / 400 - 0
Fax: +49 (0) 261 / 400 - 3866
E-Mail: BAAINBwPosteingang@bundeswehr.org
Internet: www.baainbw.de



Helmut-Schmidt-Universität /
Universität der Bundeswehr Hamburg
Postfach 70 08 22
22008 Hamburg
Tel.: +49 (0) 40 / 65 41 - 1
Fax: +49 (0) 40 / 65 41 - 28 69
E-Mail: pressestelle@hsu-hh.de
Internet: www.hsu-hh.de

Universität München

Universität der Bundeswehr München
Werner-Heisenberg-Weg 39
85577 Neubiberg
Tel.: +49 (0) 89 / 60 04 - 0
Fax: +49 (0) 89 / 60 04 - 35 60
E-Mail: info@unibw.de
Internet: www.unibw.de



Wehrtechnische Dienststelle
für Kraftfahrzeuge und Panzer
(WTD 41)
Kolonnenweg
54296 Trier - Grüneberg
Tel.: +49 (0) 651 / 91 29 - 0
Fax: +49 (0) 651 / 91 29 - 26 00
E-Mail: WTD41@bwb.org
Internet: www.bwb.org/wtd41



Wehrtechnische Dienststelle
für Schutz- und Sondertechnik
(WTD 52)
Oberjettenberg
83458 Schneizlreuth
Tel.: +49 (0) 86 51 / 79 - 0
Fax: +49 (0) 86 51 / 16 - 00
E-Mail: WTD52posteingang@bwb.org
Internet: www.bwb.org/wtd52



Wehrtechnische Dienststelle
für Luftfahrzeuge - Musterprüfwesen
für Luftfahrtgerät der Bundeswehr
(WTD 61)
Flugplatz
85077 Manching
Tel.: +49 (0) 84 59 / 80 - 1
Fax: +49 (0) 84 59 / 80 - 20 22
E-Mail: WTD61@bwb.org
Internet: www.bwb.org/wtd61



Wehrtechnische Dienststelle
für Schiffe und Marinewaffen,
Maritime Technologie und Forschung
(WTD 71)
Berliner Straße 115
24340 Eckernförde
Tel.: +49 (0) 43 51 / 467 - 0
Fax: +49 (0) 43 51 / 467 - 15 0
E-Mail: WTD71posteingang@bwb.org
Internet: www.bwb.org/wtd71



Forschungsbereich für Wasserschall
und Geophysik (FWG) der WTD 71
Berliner Straße 115
24340 Eckernförde
Tel.: +49 (0) 431 / 607 - 0
Fax: +49 (0) 431 / 607 - 41 50
E-Mail: WTD71F&TKoordinator@bwb.org
Internet: www.bwb.org/wtd71



Wehrtechnische Dienststelle
für Informationstechnologie und Elektronik
(WTD 81)
Bergstraße 18
91171 Greding
Tel.: +49 (0) 84 63 / 65 20
Fax: +49 (0) 84 63 / 65 26 07 - 707
E-Mail: WTD81posteingang@bwb.org
Internet: www.bwb.org/wtd81



Wehrtechnische Dienststelle
für Waffen und Munition
(WTD 91)
Am Schießplatz
49716 Meppen
Tel.: +49 (0) 59 31 / 43 - 0
Fax: +49 (0) 59 31 / 43 - 20 91
E-Mail: WTD91@bwb.org
Internet: www.bwb.org/wtd91



Wehrwissenschaftliches Institut
für Schutztechnologien - ABC-Schutz
(WIS)
Humboldtstraße 100
29633 Munster
Tel.: +49 (0) 51 92 / 136 - 201
Fax: +49 (0) 51 92 / 136 - 355
E-Mail: WISposteingang@bundeswehr.org
Internet: www.baainbw.org/wis



Wehrwissenschaftliches Institut
für Werk- und Betriebsstoffe
(WIWeB)
Postfach 14 32
85424 Erding
Tel.: +49 (0) 81 22 / 95 90 - 0
Fax: +49 (0) 81 22 / 95 90 - 39 02
E-Mail: WIWEB@bwb.org
Internet: www.bwb.org/wiweb



Amt für Geoinformationswesen
der Bundeswehr
Frauenberger Straße 250
53879 Euskirchen
Tel.: + 49 (0) 22 51 / 953 - 0
Fax: + 49 (0) 22 51 / 953 - 50 55
E-Mail:
AGeoBwEingang@bundeswehr.org



Zentrum für Militärgeschichte und
Sozialwissenschaften der Bundeswehr
Zeppelinstraße 127/128
14471 Potsdam
Tel.: +49 (0) 331 / 97 14 - 550
Fax: +49 (0) 331 / 97 14 - 507
E-Mail: ZMSBWEingang@bundeswehr.org
Internet: www.zmsbw.de



Institut für Mikrobiologie der Bundeswehr
Neuherbergstraße 11
80937 München
Tel.: + 49 (0) 89 / 31 68 - 39 82
Fax: + 49 (0) 89 / 31 68 - 39 83
E-Mail:
InstitutfuerMikrobiologie@bundeswehr.org



Institut für Pharmakologie und Toxikologie
der Bundeswehr
Neuherbergstraße 11
80937 München
Tel.: +49 (0) 89 / 31 68 - 29 26
Fax: +49 (0) 89 / 31 68 - 23 33
E-Mail:
InstitutfuerPharmakologieundToxikologie
@bundeswehr.org



Institut für Radiobiologie der Bundeswehr
in Verbindung mit der Universität Ulm
Neuherbergstraße 11
80937 München
Tel.: + 49 (0) 89 / 31 68 - 22 51
Fax: + 49 (0) 89 / 31 68 - 22 55
E-Mail:
InstitutfuerRadiobiologie@bundeswehr.org



Flugmedizinisches Institut der Luftwaffe
Postfach 1264 / KFL
82242 Fürstenfeldbruck
Tel.: + 49 (0) 81 41 / 53 60 - 20 00
Fax: + 49 (0) 81 41 / 53 60 - 29 99
E-Mail: FIMedInstLwLtr@bundeswehr.org



Schiffahrtmedizinisches Institut
der Marine
Kopperpahler Allee 120
24119 Kronshagen
Tel.: + 49 (0) 431 / 54 09 - 17 00
Fax: + 49 (0) 431 / 54 09 - 17 78
E-Mail: SchiffMedInstM@bundeswehr.org
Internet: www.marine.de



Zentrales Institut des Sanitätsdienstes der
Bundeswehr Koblenz
Laborabteilung IV – Wehrmedizinische
Ergonomie und Leistungsphysiologie –
Andernacher Straße 100
56070 Koblenz
Tel.: + 49 (0) 261 / 896 - 74 04
Fax: + 49 (0) 261 / 896 - 74 09
E-Mail: LEE@ZINSTKOB.de
Internet:
www.sanitaetsdienst-bundeswehr.de



Deutsch-Französisches
Forschungsinstitut Saint-Louis
Postfach 1260
79547 Weil am Rhein
5, rue du Général Cassagnou
F-68300 Saint-Louis
Tel.: + 33 (0) 389 / 69 50 - 00
Fax: + 33 (0) 389 / 69 50 - 02
E-Mail: isl@isl.eu
Internet: www.isl.eu



Fraunhofer-Verbund
Verteidigungs- und
Sicherheitsforschung VVS
Eckerstraße 4
79104 Freiburg
Tel.: +49 (0) 761 / 27 14 - 351
Fax: +49 (0) 761 / 27 14 - 400
E-Mail:
thoma@emi.fraunhofer.de
Internet: www.vvs.fraunhofer.de



Fraunhofer-Institut für
Kurzzeitdynamik,
Ernst-Mach-Institut, EMI
Eckerstraße 4
79104 Freiburg
Tel.: +49 (0) 761 / 27 14 - 351
Fax: +49 (0) 761 / 27 14 - 400
E-Mail: info@emi.fraunhofer.de
Internet: www.emi.fraunhofer.de



Fraunhofer-Institut für
Hochfrequenzphysik und
Radartechnik FHR
Fraunhoferstraße 20
53343 Wachtberg
Tel.: +49 (0) 228 / 94 35 - 227
Fax: +49 (0) 228 / 94 35 - 627
E-Mail: info@fhr.fraunhofer.de
Internet: www.fhr.fraunhofer.de



Fraunhofer-Institut für
Kommunikation, Informations-
verarbeitung und Ergonomie
FKIE
Fraunhoferstraße 20
53343 Wachtberg
Tel.: +49 (0) 228 / 94 35 - 219
Fax: +49 (0) 228 / 94 35 - 685
E-Mail: info@fkie.fraunhofer.de
Internet: www.fkie.fraunhofer.de



Fraunhofer-Institut für
Angewandte Festkörperphysik
IAF
Tullastraße 72
79108 Freiburg
Tel.: +49 (0) 761 / 51 59 - 458
Fax: +49 (0) 761 / 51 59 - 714 58
E-Mail: info@iaf.fraunhofer.de
Internet: www.iaf.fraunhofer.de



Fraunhofer-Institut für
Chemische Technologie ICT
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 7
76327 Pfinztal
Tel.: +49 (0) 721 / 46 40 - 401
Fax: +49 (0) 721 / 46 40 - 442
E-Mail: info@ict.fraunhofer.de
Internet: www.ict.fraunhofer.de



Fraunhofer-Institut für
Naturwissenschaftlich-
Technische Trendanalysen INT
Postfach 14 91
53864 Euskirchen
Tel.: +49 (0) 22 51 / 18 - 0
Fax: +49 (0) 22 51 / 18 - 277
E-Mail: info@int.fraunhofer.de
Internet: www.int.fraunhofer.de



Fraunhofer-Institut für
Optronik, Systemtechnik und
Bildauswertung IOSB
Standort Karlsruhe
Fraunhoferstraße 1
76131 Karlsruhe
Tel.: +49 (0) 721 / 60 91 - 210
Fax: +49 (0) 721 / 60 91 - 413

Standort Ettlingen
Gutleuthausstraße 1
76275 Ettlingen
Tel.: +49 (0) 7243 / 992 - 131
Fax: +49 (0) 7243 / 992 - 299

E-Mail: info@iosb.fraunhofer.de
Internet: www.iosb.fraunhofer.de



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Institut für Antriebstechnik DLR AT
Linder Höhe
51147 Köln
Tel.: +49 (0) 2203 / 601 - 21 44
Fax: +49 (0) 2203 / 673 - 10
E-Mail: michel.wienand@dlr.de
Internet: www.dlr.de/at



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Institut für Faserverbundleichtbau und
Adaptronik DLR FA
Lilienthalplatz 7
38108 Braunschweig
Tel.: +49 (0) 531 / 295 - 21 08
Fax: +49 (0) 531 / 295 - 21 05
E-Mail: martin.wiedemann@dlr.de
Internet: www.dlr.de/fa



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Institut für Flugführung DLR FL
Lilienthalplatz 7
38108 Braunschweig
Tel.: +49 (0) 531 / 295 - 2500
Fax: +49 (0) 531 / 295 - 2550
E-Mail: dirk.kuegler@dlr.de
Internet: www.dlr.de/fl



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Institut für Flugsystemtechnik DLR FT
Lilienthalplatz 7
38108 Braunschweig
Tel.: +49 (0) 531 / 295 - 26 00
Fax: +49 (0) 531 / 295 - 28 64
E-Mail: stefan.levedag@dlr.de
Internet: www.dlr.de/ft



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Institut für Hochfrequenztechnik und
Radarsysteme DLR HR
Oberpfaffenhofen
82234 Weßling
Tel.: +49 (0) 81 53 / 28 23 05
Fax: +49 (0) 81 53 / 28 11 35
E-Mail: hf@dlr.de
Internet: www.dlr.de/hr



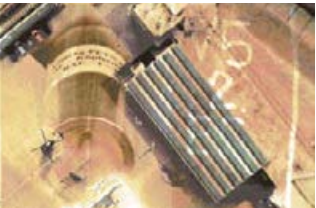
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin
DLR ME
Linder Höhe
51147 Köln
Tel.: +49 (0) 22 03 / 601 - 35 24
Fax: +49 (0) 22 03 / 69 62 12
E-Mail: thomas.weber@dlr.de
Internet: www.dlr.de/me



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Programmkoordination Sicherheitsforschung
DLR PK-S
Linder Höhe
51147 Köln
Tel.: +49 (0) 2203 / 601 - 40 30
Fax: +49 (0) 2203 / 601 - 40 33
E-Mail: info-pks@dlr.de
Internet: www.dlr.de/sicherheit



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Institut für Technische Physik DLR TP
Pfaffenwaldring 38-40
70569 Stuttgart
Tel.: +49 (0) 771 / 68 62 - 302
Fax: +49 (0) 771 / 68 62 - 788
E-Mail: adolf.giesen@dlr.de
Internet: www.dlr.de/tp



HERAUSGEBER

Bundesministerium der Verteidigung
Unterabteilung AIN II
Fontainengraben 150
53123 Bonn

GESTALTUNG UND REALISATION

Konzeptbüro Schneider, Erfstadt

INHALTLICHE BETREUUNG

Fraunhofer INT, Euskirchen

DRUCK

Warlich Druck Meckenheim GmbH, Meckenheim

STAND

April 2013

FOTOS

© Bundeswehr/Andreas Freude
© Bundeswehr/Bienert
© Bundeswehr/Dahmen
© Bundeswehr/Fischer
© Bundeswehr/Linden
© Bundeswehr/Mandt
Bundesamt für Ausrüstung, Informationstechnik und Nutzung der Bundeswehr, Koblenz
Bundesministerium der Verteidigung, Bonn
Charité Universitätsmedizin Berlin
Deutsche Sporthochschule Köln
DLR, Institut für Flugführung, Braunschweig
DLR, Institut für Flugsystemtechnik, Braunschweig
DLR, Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme, Weßling
DLR, Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, Köln
DLR, Institut für Robotik und Mechatronik, Berlin
DLR, Institut für Technische Physik, Stuttgart/Lampoldshausen
Flugmedizinisches Institut der Luftwaffe, Fürstenfeldbruck
Fraunhofer EMI, Freiburg i. Br.
Fraunhofer FHR, Wachtberg
Fraunhofer FKIE, Wachtberg
Fraunhofer IAF, Freiburg i. Br.
Fraunhofer ICT, Pfinztal
Fraunhofer INT, Euskirchen
Fraunhofer IOSB, Karlsruhe, Ettlingen
Gesellschaft für Entwicklung, Beschaffung und Betrieb, Köln
Google Earth
Helmut-Schmidt-Universität / Universität der Bundeswehr Hamburg
Hochschule für angewandte Wissenschaften, München
Institut für Mikrobiologie der Bundeswehr, München
Institut für Pharmakologie und Toxikologie der Bundeswehr, München
Institut für Radiobiologie der Bundeswehr, München
International Civil Aviation Authority, ICAO
Kommando Streitkräftebasis Bonn
Militärgeschichtliches Forschungsamt, Potsdam
Sozialwissenschaftliches Institut der Bundeswehr, Strausberg
Spacebit GmbH, Eberswalde
Universität der Bundeswehr München
WIWeB, Erding
WTD 52, Oberjettenberg
WTD 71, Eckernförde
WTD 81, Greding
WTD 91, Meppen
Zentrales Institut des Sanitätsdienstes der Bundeswehr, Koblenz