

Wettbewerbsfaktor

Verteidigungsforschung in der Zeitenwende



Aktueller Stand

Verteidigung und damit auch Verteidigungsforschung sind wesentliche Komponenten unserer Daseinsvorsorge. Wie die medizinische Forschung schützt die Verteidigungsforschung im Ernstfall Leben und Gesundheit. Eine leistungsfähige Verteidigungsforschung ist wichtig für die strategische und technologische Souveränität und die Verteidigungsfähigkeit Deutschlands und Europas. Dies gilt umso mehr angesichts der angespannten geopolitischen Lage. Deutschland muss seine militärische Durchsetzungs- und Durchhaltefähigkeit stärken, auch als Verpflichtung gegenüber seinen Bündnispartnern, was eine Beteiligung an der Entwicklung von technologisch überleginem Wehrmaterial und eigene fachliche Exzellenz zwingend erforderlich macht. Forschung und Technologie (F&T) sind essenziell für unsere künftige Verteidigungsfähigkeit. Mittel für F&T müssen deshalb langfristig ausreichend bereitgestellt werden. Sie sollten keinesfalls abgesenkt werden und bei einer Steigerung des Verteidigungsetats mindestens proportional mitwachsen.

Trends in Naturwissenschaft und Technologie tragen in unterschiedlichem Maße zur Zukunft militärischer Fähigkeiten und Bedrohungen bei. Aktuelle interdisziplinäre, wehrtechnische Top-Trends umfassen u. a. die Erschließung des Weltraums, neue Wirkmittel wie Hyperschallwaffen,

Künstliche Intelligenz (KI), cyber-physische und biologisch-technische Konvergenz, Autonome Systeme und Robotik, Quantentechnologien, Materialdesign und die post-fossile Energieversorgung. Daneben sind selbstverständlich weitere wehrtechnische Themen wie die Digitalisierung des Gefechtsfelds, Quantensysteme und auch die hybride Kriegsführung mittels Cyberangriffen, Desinformation und Sabotage an zivilen Infrastrukturen (z.B. in Form der jüngsten Seabed Warfare in der Ostsee) von besonderem Belang.

Die hohe Dynamik technologischer Neuerungen mit militärischer Relevanz sowie deren Kombinationen führen derzeit zu einer schwer überschaubaren Menge an neuen Möglichkeiten, deren Beurteilung und zweckgerichtete Entwicklung erfordern eine starke, verlässlich finanzierte und agile Verteidigungsforschung. Die Vielzahl der relevanten Themenfelder lässt sich leider nicht gänzlich in einem Papier abbilden. Daher liegt der Fokus dieses Positionspapiers auf den Themenfeldern **Organisation der Verteidigungsforschung in Deutschland**, die **militärische Nutzung des Weltraums und integrierte Luftverteidigung** sowie **Autonome Systeme und KI**.

Unsere forschungspolitischen Empfehlungen



Im Fokus: Organisation der Verteidigungsforschung in Deutschland

Die Verteidigungsforschung in Deutschland steht vor der Herausforderung, sich an dynamische sicherheitspolitische Rahmenbedingungen anzupassen und gleichzeitig innovative Technologien effizient entwickeln und bereitstellen zu müssen. Um dies zu erreichen, ist ein integrativer Ansatz erforderlich, der verschiedene Aspekte berücksichtigt, darunter die enge Verzahnung zwischen Forschung und Anwendung sowie die Rolle der Industrie und des öffentlichen Sektors in Zeiten neuer Produktions- und Beschaffungsanforderungen.

Die strikte Trennung zwischen ziviler und militärischer Forschung ist zunehmend hinderlich für Innovationen, technologische Fortschritte und praktische Aufgabenfelder (z. B. bei der zivilen Verteidigung). Ob strikte Zivilklauseln in diesem Kontext weiterhin zeitgemäß sind, ist Teil der politischen Debatte. In einer Zeit, in der viele Technologien sowohl im zivilen als auch im militärischen Bereich Anwendung finden, ist aus Sicht der Fraunhofer-Gesellschaft eine **pragmatische Handhabung** sinnvoll. Ein Abbau der Barrieren zwischen ziviler und militärischer Forschung hilft dabei, Verteidigungsforschung effizienter und Innovationen aus dem zivilen Sektor schneller militärisch nutzbar zu machen. Zudem sollte die Hochskalierung von Prototypen in Serienproduktionen von Anfang an mitgedacht werden. Dies kann durch interdisziplinäre Teams erreicht werden, die militärische, industrielle und wissenschaftliche Expertise bündeln. Zusätzlich müssen Prozesse zwischen Forschung, Industrie und Militär beschleunigt und bürokratiearm gestaltet werden. **Eine effiziente Pipeline von der Verteidigungsforschung über industrielle Partner bis hin zur operativen Nutzung in der Truppe ist notwendig.** Hierbei ist es erforderlich, Anreize zu schaffen, um Unternehmen zur aktiven Mitgestaltung des Innovationsprozesses über die gesamte Wertschöpfungskette des Verteidigungssektors zu motivieren. Hinzu kommt, dass sich die Anforderungen an die Produktion im Verteidigungssektor stark gewandelt haben. Aspekte wie Energieeffizienz, nachhaltige Materialverwendung, resiliente Lieferketten und Kostensenkung sind heute von zentraler Bedeutung. Eine Fokussierung z. B. auf Dekarbonisierung kann dazu beitragen, die Souveränität zu stärken und gleichzeitig langfristige Kosten zu senken.

Die Frage nach dem Produktionsstandort ist ebenfalls von besonderer Bedeutung für die strategische Souveränität Deutschlands und Europas. Während globale Lieferketten zwar Vorteile hinsichtlich Kosten und Verfügbarkeit bieten, birgt eine Abhängigkeit von externen Quellen Risiken für die nationale Sicherheit. Daher gilt es, ein ausgewogenes Verhältnis zwischen lokaler Produktion in Deutschland bzw. Europa und globalen Beschaffungsstrategien anzustreben. Insbesondere bei Schlüsseltechnologien ist es wichtig, eine robuste europäische Industrie aufzubauen, um kritische Fähigkeiten unabhängig sichern sowie Dual-Use-Potenziale identifizieren und deren Synergieeffekte nutzen zu können. Deutschland sollte verstärkt auf eine gemeinsame,

europäische Beschaffung hinwirken, um Effizienz sowie Innovationskraft zu maximieren und notwendige Interoperabilität zu gewährleisten. Programme wie das Future Combat Air System (FCAS) und das Main Ground Combat System (MGCS) bieten hervorragende Beispiele für eine erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen den Mitgliedstaaten. Durch die Bündelung von Ressourcen und Know-how können nicht nur Kosten gesenkt, sondern auch die Entwicklung fortschrittlicher Technologien beschleunigt werden.



Unsere Empfehlungen im Fokus

- Eine **pragmatische Handhabung der Trennung von ziviler und militärischer Forschung**. Ein Abbau von Barrieren ist sinnvoll und steigert Innovations- und Effizienzpotenziale.
- Eine **koordinierte Beschaffungsstrategie**, die es den Mitgliedstaaten ermöglicht, ihre militärischen Fähigkeiten zu stärken und gleichzeitig einen europäischen Verteidigungsmarkt aufzubauen, der in der Lage ist, Schlüsseltechnologien unabhängig zu entwickeln und bereitzustellen.
- **Aufbau von Echtzeitfähigkeiten zur Aufklärung sowie zur Lagebildbestimmung bei der militärischen Nutzung des Weltraums** auf Grundlage funktionierender Satellitensysteme, Bodenstationen und Startmöglichkeiten.



Im Fokus: Militärische Nutzung des Weltraums und integrierte NATO-Luftverteidigung

Die **sicherheitspolitische Relevanz des Weltraums** nimmt vor dem Hintergrund aktueller Konflikte und Spannungen stetig zu. Die wachsende Bedrohung durch ballistische Raketen, Lenkflugkörper und Drohnen erfordert leistungsfähige Abwehrmaßnahmen von der lokalen bis zur globalen Ebene. In der heutigen geopolitischen Landschaft hat sich der Weltraum zu einer neuen militärischen Dimension entwickelt, die neben den herkömmlichen Dimensionen Land, Luft und Wasser sowie dem Cyber- und Informationsraum eine entscheidende Rolle spielt. Im Weltall installierte Systeme sind als Infrastruktur für das Leben auf der Erde bereits unverzichtbar. In Zukunft werden dort aber nicht mehr nur Informationen gesammelt oder versendet. Vielmehr werden die physische Nutzung von Infrastrukturen und Systeminteraktionen an Bedeutung gewinnen. Die Bundeswehr ist bereits heute in vielfältiger Weise von verlässlichen Satellitendiensten abhängig. Nahezu alle Teilstreitkräfte nutzen weltraumgestützte Daten, Dienste und Produkte. Diese reichen von der Navigation über Satellitenkommunikation bis hin zur Erstellung präziser Gelände- und Höhenmodelle. Militärische Stützpunkte und Operationen können aus dem Weltall mühelos aufgeklärt und beobachtet werden.

Fraunhofer empfiehlt daher **den Aufbau von Echtzeitfähigkeiten** zur Aufklärung sowie zur Lagebildbestimmung auf Grundlage funktionierender Satellitensysteme, Bodenstationen und Startmöglichkeiten. Zum Schutze unserer Gesellschaft müssen außerdem zahlreiche Sensorsysteme, Wirkmittel und Führungseinrichtungen als überregionaler Verbund funktional miteinander vernetzt werden und koordiniert wirken (**Integrierte NATO-Luftverteidigung**). Im Weltall installierte Sensorsysteme zur frühzeitigen Erkennung eines Angriffs durch moderne ballistische oder Hyperschallwaffen sind für unsere Sicherheit deshalb essenziell. Weltrauminfrastruktur muss als kritische Infrastruktur angesehen werden, und zwar in ihrer Gesamtheit: Bodensegment, Raumsegment, die Verbindungskanäle dazwischen sowie die gesamte Wertschöpfungskette, die die Nutzung von Services aus dem All ermöglicht. Die militärische Nutzung des Weltraums muss daher als **integraler Bestandteil einer umfassenden Sicherheits- und Verteidigungsstrategie** betrachtet werden. Es gilt

nicht nur, eigene Fähigkeiten auszubauen und zu sichern, sondern auch proaktive Maßnahmen zum Schutz vor potenziellen Bedrohungen aus dem All zu ergreifen.

Hyperschallflugkörper (HyFLK) verfügen trotz ihrer enormen Geschwindigkeit, die mehr als das Fünffache der Schallgeschwindigkeit (Mach 5) betragen kann, über eine deutlich höhere Manövrierbarkeit und erschweren so der erweiterten Luftverteidigung die frühzeitige Erkennung. Aufgrund dieser Eigenschaften sind diese Waffensysteme potenzielle Game Changer geworden. Sie können in kürzester Zeit große Entfernungen zurücklegen und dabei schwer vorhersehbare Flugbahnen einschlagen, was sie zu einer ernsthaften Bedrohung macht. Bisher ist es nur in begrenztem Maße gelungen, solche Bedrohungen rechtzeitig zu erfassen und darauf zu reagieren. Im Verteidigungsfall könnten HyFLK kritische Infrastrukturen und militärische Einrichtungen angreifen – mit verheerenden Folgen. Die Entwicklung effektiver Abwehrstrategien wird somit immer dringlicher. In diesem Kontext ist aus Fraunhofer-Perspektive die interdisziplinäre Forschung von zentraler Bedeutung. Seit Jahren arbeiten Forschende der Fraunhofer-Gesellschaft an innovativen Ansätzen zur Erfassung und Abwehr von Hyperschallbedrohungen. Diese Forschungsanstrengungen zielen darauf ab, Technologien zu entwickeln, die eine frühzeitige Detektion und präzise Reaktion auf Hyperschallangriffe ermöglichen. Dabei werden sowohl sensorische als auch defensive Systeme betrachtet, um ein umfassendes Schutzkonzept zu entwickeln. Tatsächlich finden sich Hyperschallwaffen weltweit bereits in vielen Arsenalen. Die Fähigkeit dieser Waffen, mit Geschwindigkeiten jenseits von Mach 5 zu operieren, erfordert eine Neubewertung bestehender Luftverteidigungsstrategien. Während Systeme mit moderater Überschallgeschwindigkeit (Mach 1 bis Mach 5) und Unterschallflug (unter Mach 1) bereits durch etablierte Systeme bekämpft werden können, müssen neue Technologien entwickelt werden, um den spezifischen Herausforderungen des Hyperschalls gerecht zu werden.



Im Fokus: Autonome Systeme und KI

Autonome Systeme (UxS), darunter mobile Plattformen und Roboter, gewinnen sowohl im militärischen als auch im zivilen Bereich zunehmend an Bedeutung und werden in naher Zukunft verstärkt in Alltagsszenarien zum Einsatz kommen. Während sie im zivilen Sektor dazu beitragen können, Arbeitskräftemangel zu kompensieren und Kosten in Branchen wie der Agrarwirtschaft, Bauindustrie und Logistik zu senken, bieten sie im militärischen Bereich entscheidende Vorteile: Sie erweitern die Fähigkeiten von Streitkräften trotz eventueller Ausrüstungsengpässe und verringern gleichzeitig das Einsatzrisiko für Soldaten.

Die schnelle und kostengünstige Entwicklung von UxS mit unterschiedlicher Größe und Leistungsfähigkeit hängt wesentlich von der Fähigkeit ab, diese Systeme entweder zuverlässig zu steuern oder sie in die Lage zu versetzen, ihre Aufgaben autonom zu erfüllen. Dazu empfiehlt die Fraunhofer-Gesellschaft die Förderung von erweiterter Sensorik sowie die Bereitstellung der dafür erforderlichen fortschrittlichen IT, um kognitive Fähigkeiten in den Bereichen Navigation, Kooperation, Kommunikation und Missionsdurchführung zu ergänzen.

Die zentrale Herausforderung liegt dabei in der Entwicklung von KI-gestützten Systemen, die in der Lage sind, Umweltinformationen zu erfassen und darauf basierend Entscheidungen zu treffen. Diese Entscheidungen müssen taktische und strategische Ziele ebenso berücksichtigen wie rechtliche Vorgaben und ethische Normen. Der Fortschritt im KI-Bereich ist daher von entscheidender Bedeutung für den effektiven und verantwortungsvollen Einsatz von UxS. KI-Methoden spielen eine Schlüsselrolle bei der Datenverarbeitung und -analyse, der Kooperation verteilter Systeme, der Entscheidungsfindung, der Missionsplanung und der Sicherstellung eines konformen Betriebs. Wenn der Kontakt zur bedienenden Person abreißt, müssen diese Systeme zudem in der Lage sein, eigenständig bestimmte Entscheidungen zu treffen, einschließlich der Möglichkeit, eine Mission abzubrechen. Den Aufbau und die Verfestigung entsprechender Fähigkeiten betrachtet die Fraunhofer-Gesellschaft als essenziell für die technologische Weiterentwicklung unserer Streitkräfte.

Schnittstellen

	Innovative Gesundheitsforschung	Circular Economy	Zukunftsfähige Wasserversorgung	Energiesystem der Zukunft	Leistungsfähige und nachhaltige Mobilitätswirtschaft	Digitaler Industriestandort	Cybersicherheit	Quantentechnologien	Verteidigungsforschung in der Zeitenwende	Luft- und Raumfahrt	ZukunftsMission Bau. Sicher.nachhaltig. bezahlbar
● Hauptbezug											
○ Nebenbezug											
Innovative Gesundheitsforschung	●					○					
Circular Economy		●	○	○	○	○				○	○
Zukunftsfähige Wasserversorgung	○		●			○					
Energiesystem der Zukunft	○			●	○	○				○	○
Leistungsfähige und nachhaltige Mobilitätswirtschaft	○			○	●	○				○	
Digitaler Industriestandort	○	○	○	○	○	●	○	○	○		○
Cybersicherheit						○	●	○			
Quantentechnologien						○	○	●			
Verteidigungsforschung in der Zeitenwende					○				●	○	
Luft- und Raumfahrt		○		○	○				○	●	
ZukunftsMission Bau. Sicher.nachhaltig. bezahlbar.		○		○		○					●

Über die Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Deutschland ist eine der führenden Organisationen für anwendungsorientierte Forschung. Im Innovationsprozess spielt sie eine zentrale Rolle – mit Forschungsschwerpunkten in zukunftsrelevanten Schlüsseltechnologien und dem Transfer von Forschungsergebnissen in die Industrie zur Stärkung unseres Wirtschaftsstandorts und zum Wohle unserer Gesellschaft.

Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 76 Institute und Forschungseinrichtungen. Die gegenwärtig knapp 32 000 Mitarbeitenden, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Finanzvolumen von 3,4 Mrd. €. Davon fallen 3,0 Mrd. € auf den Bereich Vertragsforschung.

Kontakt

Herausgeber

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.
Im Auftrag des Vorstands
Hansastraße 27 c, 80686 München
<https://www.fraunhofer.de>

Ansprechperson

David Rausch
Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft, Abteilung
Wissenschaftspolitik
Telefon: +49 89 1205-1622
E-Mail: david.rausch@zv.fraunhofer.de

Verzeichnis der Mitwirkenden

Prof. Dr. Jürgen Beyerer

Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und
Bildauswertung IOSB

Dr. Birgit Geier

Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft

Dr. Anja Haslinger

Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft

Dr. Guido Huppertz

Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische
Trendanalysen INT

Prof. Dr. Michael Lauster

Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische
Trendanalysen INT

Dr. Ulrik Neupert

Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische
Trendanalysen INT

Hans-Martin Pastuszka

Fraunhofer-Institut für Naturwissenschaftlich-Technische
Trendanalysen INT

David Rausch

Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft

Dr. Caroline Schweitzer

Fraunhofer-Leistungsbereich Verteidigung, Vorbeugung und
Sicherheit VVS