



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Verteidigung,
Bevölkerungsschutz und Sport VBS

armasuisse

Wissenschaft + Technologie



Langfristiger Forschungsplan (LFP) 2021-2024

Forschungskonzept armasuisse mit
Forschungsschwerpunkten und prioritären Themen

Thun, 11. Januar 2020

www.sicherheitsforschung.ch

© **Copyright**

armasuisse
Wissenschaft und Technologie (W+T)
Forschungsmanagement und Operations Research
Feuerwerkerstrasse 39
CH-3602 Thun

Ansprechpersonen

Dr. Hansruedi Bircher; Tel.: +41 58 468 30 03
hansruedi.bircher@armasuisse.ch

Gaston Rubin; Tel.: +41 58 468 25 97
gaston.rubin@armasuisse.ch

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Zusammenfassung	6
1 Einleitung.....	9
1.1 Forschung in der Bundesverwaltung	9
1.2 Forschung für die Sicherheitspolitik.....	10
2 Überblick Politikbereich.....	14
2.1 Stand der Forschung und Kontext	15
2.2 Positionierung der Forschung im Amt.....	16
2.3 Strategische Umsetzungsgrundsätze	18
2.3.1 Anwenderorientierung.....	18
2.3.2 Kompetenzen durch Kooperationen.....	20
2.3.3 Mittel- bis langfristiger Zeitfokus.....	20
2.3.4 Technologiereifegrad	21
2.3.5 Technologie-Lebenszyklus.....	22
2.3.6 Interdisziplinäre Vernetzung.....	23
2.4 Gesetzlicher Auftrag und Grundlagen	24
2.5 Rückblick auf Periode 2017-2020.....	26
2.6 Finanzierung	28
2.7 Herausforderungen und Handlungsbedarf.....	29
3 Forschungsschwerpunkte und prioritäre Themen 2021-2024.....	32
3.1 Technologie-Früherkennung und Technologie-Monitoring.....	34
3.1.1 Veranlassung und Nutzen.....	34
3.1.2 Mehrwert der Forschungsergebnisse.....	36
3.1.3 Zielsetzungen	36
3.1.4 Potenzielle Partner – Nationale und internationale Zusammenarbeit	39
3.2 Technologien für Operationelle Fähigkeiten: Führungsunterstützung	40
3.2.1 Veranlassung und Nutzen.....	40
3.2.2 Mehrwert der Forschungsergebnisse.....	50
3.2.3 Zielsetzungen	51
3.2.4 Potenzielle Partner – Nationale und internationale Zusammenarbeit	58

3.3	Technologien für Operationelle Fähigkeiten: Wirkung und Schutz.....	61
3.3.1	Veranlassung und Nutzen.....	61
3.3.2	Mehrwert der Forschungsergebnisse.....	65
3.3.3	Zielsetzungen	66
3.3.4	Potenzielle Partner – Nationale und internationale Zusammenarbeit	69
3.4	Technologienintegration für Demonstratoren: Autonomie und Robotik	71
3.4.1	Veranlassung und Nutzen.....	71
3.4.2	Mehrwert der Forschungsergebnisse.....	74
3.4.3	Zielsetzungen	75
3.4.4	Potenzielle Partner – Nationale und internationale Zusammenarbeit	77
3.5	Technologie-Integration für Demonstratoren: Weltraumtechnologien und mögliche Alternativen	79
3.5.1	Veranlassung und Nutzen.....	79
3.5.2	Mehrwert der Forschungsergebnisse.....	82
3.5.3	Zielsetzungen	82
3.5.4	Potenzielle Partner – Nationale und internationale Zusammenarbeit	84
3.6	Innovation und Querschnittsthemen: Komplexitätsmanagement und Human Factors	86
3.6.1	Veranlassung und Nutzen.....	86
3.6.2	Mehrwert der Forschungsergebnisse.....	87
3.6.3	Zielsetzungen	88
3.6.4	Potenzielle Partner – Nationale und internationale Zusammenarbeit	90
3.7	Innovation und Querschnittsthemen: Materialwissenschaft und Energie	91
3.7.1	Veranlassung und Nutzen.....	91
3.7.2	Mehrwert der Forschungsergebnisse.....	92
3.7.3	Zielsetzungen	93
3.7.4	Potenzielle Partner – Nationale und internationale Zusammenarbeit	95
4	Finanzierung 2021 – 2024	96
5	Akteure und Schnittstellen	97
5.1	Beschreibung der wichtigsten Akteure.....	97
5.2	Schnittstellen zu anderen Bundesämtern	98
5.3	Internationale Zusammenarbeit.....	99

6	Organisation und Qualitätssicherung	100
6.1	Interne Organisation.....	100
6.2	Externe Beratung durch die wissenschaftliche Begleitkommission	101
6.3	Qualitätssicherung.....	101
6.4	Verbreitung des Wissens.....	103
Anhang	105
	Anhang 1: Abkürzungsverzeichnis	105
	Anhang 2: Ressortforschung des Bundes	110
	Anhang 3: Autoren und wissenschaftliche Begleitkommission	116
	Anhang 4: Gremien	116

Vorwort

Wir leben in einer Zeit des Umbruchs. Noch nie in der Menschheitsgeschichte haben Technologien in so kurzer Zeit so nachhaltige gesellschaftliche und ökonomische Veränderungen bewirkt. Der breite Zugang zu Technologien, welche in der Vergangenheit fast ausschliesslich staatlichen Akteuren vorbehalten war, ermöglicht Konfliktformen, die bisher undenkbar waren. Institutionen, welche nationale Sicherheit verantworten, tun gut daran, technologische Entwicklungen genau zu beobachten und hinsichtlich Chancen und Bedrohungen für die Gesellschaft auszuleuchten. Die Grundlage dazu ist ein vertieftes Verständnis derjenigen Technologien, welche sich auf die Austragung künftiger Konflikte disruptiv auswirken. armasuisse Wissenschaft und Technologie baut mit Hilfe der Forschung die dazu notwendigen technisch-wissenschaftlichen Kompetenzen auf.



Im heutigen Umfeld ist die Planung, die Beschaffung und der Betrieb von Mitteln für die Armee anspruchsvoller geworden. Dies ist nicht nur dem raschen technologischen Fortschritt geschuldet, sondern auch den Anforderungen an Robustheit, Resilienz und Interoperabilität in einem zunehmend heterogenen Einsatzumfeld. Die Märkte im Rüstungsbereich sind oftmals reguliert, was sich als innovationshindernd erweist und zu einem vermehrten Auseinanderdriften des zivilen und militärischen Technologiefortschritts führt. Es ist offensichtlich, dass der künftige Technologieeinsatz in Streitkräften von staatlichen Institutionen gesteuert werden muss, wenn man Kosten und Nutzen in ein ausgewogenes Verhältnis bringen will.

Dazu sind Kompetenzen notwendig, welche sowohl auf das militärische als auch auf das zivile Marktumfeld fokussiert sind. Die Forschung der armasuisse ist darauf ausgerichtet, den technologischen Fortschritt mit Relevanz für die Armee aufzuzeigen und sowohl den Nutzen für die eigenen Streitkräfte, aber auch neu entstehende Bedrohungen für die nationale Sicherheit zu identifizieren. Somit ist die Forschung sowohl ein Instrument zur Sicherstellung der künftigen Expertisefähigkeit von armasuisse als auch eine Grundlage zum Abbau von Planungs- und Beschaffungsrisiken. In diesem Sinne ist Forschung eine Investition in Kompetenzen, welche notwendig sind, um die mittel- bis langfristige Weiterentwicklung der Armee aus Technologiesicht zu unterstützen.

Der langfristige Forschungsplan legt die strategische Vorgehensweise und die Schwerpunkte für die Jahre 2021 bis 2024 fest. Diese orientieren sich an den sicherheitspolitischen Anforderungen, den Aufträgen und der mittel- bis langfristigen Weiterentwicklung der Armee sowie am MASTERPLAN Streitkräfte- und Unternehmensentwicklung der Schweizer Armee.

Bern, 11. Januar 2020

armasuisse
Der Rüstungschef


Martin Sonderegger

Zusammenfassung

Das vorliegende Forschungskonzept 2021-2024 legt dar, welche technisch-wissenschaftlichen Kompetenzen die armasuisse in den kommenden vier Jahren für das VBS und die Schweizer Armee mit Hilfe von Forschungsaktivitäten prioritär weiterentwickelt oder aufbaut. In der armasuisse und auch in der Folge dieses Dokuments verwendet man anstelle des Ausdrucks "Forschungskonzept" den Begriff "Langfristiger Forschungsplan" (LFP). Dieser setzt den Fokus auf den Nutznachweis für die Sicherheits- und Verteidigungspolitik. Es geht einerseits darum, die Dynamik der technologischen Entwicklung anhand von Megatrends zu erfassen und deren Auswirkungen für Sicherheitskräfte zu bewerten. Andererseits soll aber auch die Wissensbasis geschaffen werden, um die militärische Gesamtplanung und den Rüstungsablauf mit unabhängigen und neutralen Expertisen unterstützen zu können. Die Forschung der armasuisse ist eine Investition in das künftige technisch-wissenschaftliche Expertenwissen und damit eine Grundlage für Innovationen bei Sicherheitskräften. Eine solide Expertenkompetenz ist nicht nur die Basis zur Reduktion von Planungs- und Beschaffungsrisiken, sie dient auch der Vermeidung finanzieller Fehlallokationen.

Aufgrund des identifizierten technisch-wissenschaftlichen Kompetenzbedarfs zugunsten von Schweizerischen Sicherheitskräften werden im Rahmen des LFP 2020-2024 folgende **Forschungsschwerpunkte und prioritäre Themen** definiert:

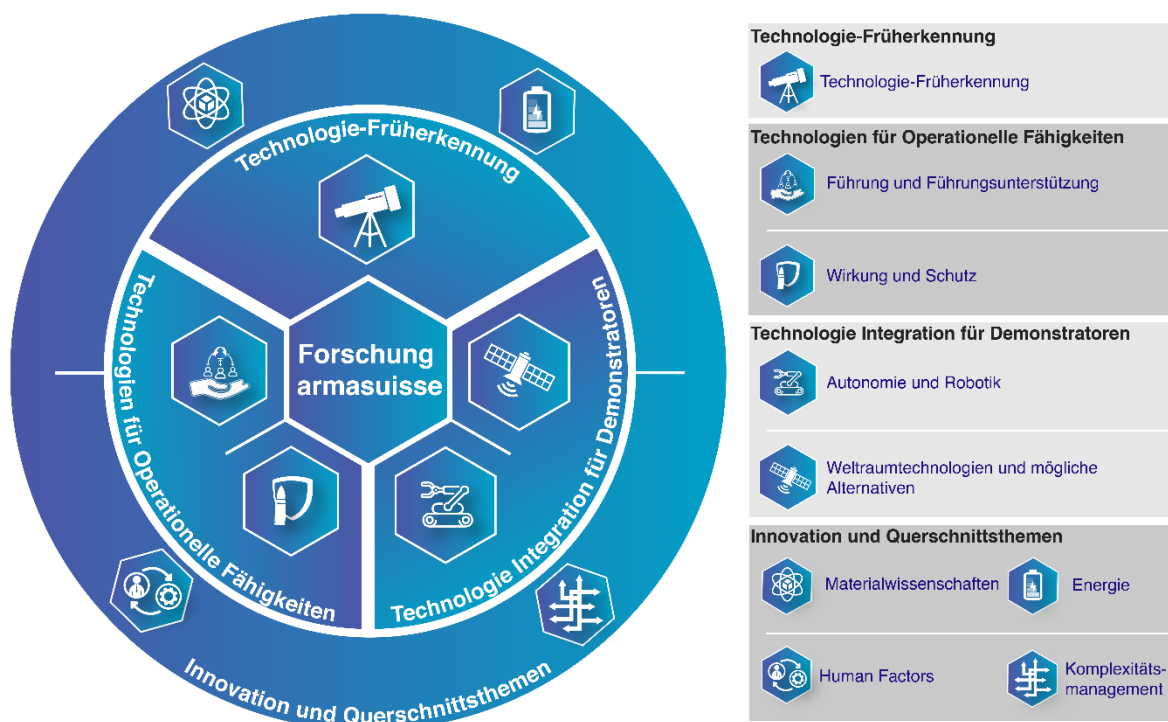


Abbildung 1: Forschungsschwerpunkte und prioritäre Themenfelder des langfristigen Forschungsplans 2021-2024

1. Der Forschungsschwerpunkt "**Technologie-Früherkennung**" dient der rechtzeitigen Erkennung von Technologieentwicklungen mit disruptivem Potenzial für die Fähigkeiten der Armee. Das Beobachtungsfeld ist breit, die Bearbeitungstiefe gering, der zeitliche Fokus eher langfristig.
2. Der Forschungsschwerpunkt "**Technologien für Operationelle Fähigkeiten**" setzt sich aus den beiden prioritären Themenfeldern Technologien für "Führung und Führungsunterstützung" sowie "Wirkung und Schutz" zusammen. Der primäre Fokus des prioritären Themenfelds "Führung und Führungsunterstützung" umfasst Technologien in den Bereichen Lagebilderstellung und Informationsmanagement, Aufklärung und Überwachung, Kommunikation und Cyber-Sicherheit, sowie Cyber-Defence. Im Rahmen des prioritären Themenfelds "Wirkung und Schutz" werden technologische Entwicklungen im Bereich der physischen Wirkung von Effektoren und Schutzkonzepte für Soldaten, Fahr- und Flugzeuge, Gebäude sowie für Geräte und Anlagen untersucht, mit der Absicht, sicherheits- und verteidigungsrelevante Aufgaben mit der gewünschten Verhältnismässigkeit erfüllen zu können.
3. Der Forschungsschwerpunkt "**Technologieintegration für Demonstratoren**" zielt darauf ab, durch die Integration von verschiedenartigen Technologien zu Demonstratorplattformen zu gelangen, welche dazu dienen, Anwendungsmöglichkeiten und Gefahren technischer Innovation für Sicherheitskräfte in konkreten Szenarien zu zeigen. Solche Plattformen haben das Potenzial, mehrere Operationelle Fähigkeiten gleichzeitig abzudecken. Ein wichtiges prioritäres Themenfeld in diesem Forschungsschwerpunkt ist "Autonomie und Robotik", in welchem die Einsatzmöglichkeiten von robotischen Systemen zu Land, zu Wasser und zur Luft aufgezeigt werden. Das zweite prioritäre Themenfeld zielt auf "Weltraumtechnologien und mögliche Alternativen" ab. Es geht darum Einsatzkräfte robust gegen Leistungsausfälle aus dem Weltall auszugestalten und einseitige Abhängigkeiten möglichst zu vermeiden. Aufgrund der technologischen Entwicklungen gilt es zu verfolgen, in wieweit sich Plattformen im Weltall für Kleinstaaten erschliessen. Zudem soll abgeklärt werden, ob es kostengünstige Alternativen zu heutigen Weltraumanwendungen gibt.
4. Der Forschungsschwerpunkt "**Innovation und Querschnittsthemen**" adressiert die Beobachtung technologischer Befähigungstechnologien wie Materialwissenschaften oder Energiethemen, welche technologischen Fortschritt auf der Ebene von Plattformen oder deren Komponenten erst ermöglichen. Ein weiteres prioritäres Themenfeld in diesem Forschungsschwerpunkt erschliesst den Umgang mit Komplexität und den Einfluss von "Human Factors". Es geht darum, die gegenseitige Beeinflussung von Mensch und Technik zu untersuchen, um zu verstehen, wie die Leistungsfähigkeit von Sicherheitskräften optimiert werden kann.

Für den LFP 2021-2024 gelten folgende strategische Umsetzungsgrundsätze:

- **Anwenderorientierung:** Ergebnisse von zukünftigen Forschungsaktivitäten müssen primär für die Auftragserfüllung der Departementsbereiche Verteidigung und armasuisse genutzt werden können. Aus diesem Grund werden die Forschungsschwerpunkte weitgehend auf die Aufgaben¹ und Operationellen Fähigkeiten der Armee ausgerichtet.

¹ Verteidigung, Unterstützung ziviler Behörden, Wahrung der Lufthoheit und Friedensförderung

- **Kompetenzen durch Kooperationen:** Um technisch-wissenschaftliche Kompetenzen zugunsten der Armee und anderer Instrumente der Sicherheitspolitik bereitstellen zu können, müssen alle relevanten Akteure zusammenarbeiten. Dazu wird ein Experten-Netzwerk bestehend aus Akteuren der Wissenschaft, der Wirtschaft, staatlichen Institutionen aus dem In- und Ausland, sowie aus internationalen Organisationen (z.B. EVA, NATO/PfP) strategisch auf den Kompetenzbedarf ausgerichtet.
- **Mittel- bis langfristiger Zeitfokus:** Die Forschung legt die Grundlage für den Aufbau von technisch-wissenschaftlichen Kompetenzen, die in Zukunft benötigt werden. Neben dem frühzeitigen Erkennen sicherheitsrelevanter Technologietrends und technologiebasierter Bedrohungsentwicklungen mit disruptivem Potenzial, müssen Substitutionstechnologien rechtzeitig erkannt werden, um Chancen und Risiken bei der Integration in bestehende Systeme oder Systemlandschaften beurteilen zu können.
- **Technologiereifegrad:** Das finanzielle Engagement in der Forschung von armasuisse orientiert sich an der Reife von Technologien. Interessant werden Technologien für die Bewertung ihres Potenzials und für den Kompetenzaufbau, sobald deren Anwendung beschrieben vorliegt und der Nachweis ihrer Funktionsfähigkeit im Umfeld von Sicherheitskräften zu erbringen ist. Diese Leistungen können mit einem moderaten Ressourceneinsatz erbracht werden. Mit zunehmender Ressourcenintensität werden Versuchsaufbauten im Labor und in der Einsatzumgebung realisiert. Der Bau von Prototypen und deren Weiterentwicklung zu qualifizierten Produkten kann mit den Ressourcen aus der Forschung armasuisse nicht alimentiert werden. Diese Schritte sind allenfalls im Zuständigkeitsbereich der Armeepfanungs- und Beschaffungsstellen.
- Der **Technologie-Lebenszyklus** bestimmt den Zeitpunkt der Substitution einer aktuell genutzten Technologie durch eine neue. Die Forschung armasuisse konzentriert sich primär auf Technologien in der Wachstums- und Reifephase (Schlüsseltechnologien), weil zu diesem Zeitpunkt innert nützlicher Frist wirksame Fortschritte für die Praxis zu erwarten sind. Beim Erreichen der Sättigungsphase einer Technologie wechseln die Forschungsaktivitäten, wenn möglich, zu erfolgsversprechenden Substitutionstechnologien, die sich im Idealfall schon in der Wachstums- respektive Reifephase befinden.
- **Interdisziplinäre Vernetzung:** Der fähigkeitsorientierte Bezug der Forschung armasuisse erfordert eine interdisziplinäre Bearbeitung der Themen. Auch Themen, welche im sicherheitspolitischen Gesamtkontext betrachtet werden müssen oder mehreren fähigkeitsorientierten Forschungsthemen zugeordnet werden können, sind nicht zu vernachlässigen. Expertenwissen in diesen Bereichen ermöglicht die Qualität und die Leistung von Systemen massgeblich zu erhöhen und zusätzlich ein erhebliches Potenzial zur Optimierung von Kosten und Nutzen auszuschöpfen.

Die Forschungstätigkeiten von armasuisse finden im Rahmen der Ressortforschung des Bundes statt. Diese basiert auf dem Bundesgesetz über die Förderung der Forschung und Innovation (FIFG SR 420.1, Art. 16, Art. 42 und Art. 45), sowie auf der entsprechenden Verordnung (V-FIFG SR 420.11). Die Koordination der Forschungstätigkeiten unter den verschiedenen Bundesämtern, zu den beiden ETHs und zu den Forschungsförderungsorganisationen des Bundes (Innosuisse und Schweizerischer Nationalfonds - SNF) wird durch den interdepartementalen Koordinationsausschuss für die Ressortforschung des Bundes unter der Leitung des Staatssekretariates für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI) sichergestellt. Im vorliegenden LFP werden zudem die wichtigsten Akteure beschrieben und für die Periode 2021-2024 Qualitätssicherungsziele festgelegt.

1 Einleitung

1.1 Forschung in der Bundesverwaltung

Die Bundesverwaltung initiiert und unterstützt selber wissenschaftliche Forschung, deren Resultate sie zur Erfüllung ihrer Aufgaben benötigt. Diese Forschung der Bundesverwaltung erfolgt im Kontext des Verwaltungshandelns im öffentlichen Interesse und wird im deutschsprachigen Raum gemeinhin als "Ressortforschung" bezeichnet. Dazu gehören z.B. das Erarbeiten von wissenschaftlichen Grundlagen für die Politikentwicklung und -ausgestaltung in den verschiedenen Politikbereichen, für Vollzugsarbeiten im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben, für legislative Arbeiten oder für die Beantwortung und Umsetzung von parlamentarischen Vorstössen. Die Forschung der Bundesverwaltung kann praktisch alle Ausprägungen von wissenschaftlicher Forschung umfassen, namentlich grundlagen- und anwendungsorientierte Forschung, aber auch Entwicklung, bspw. im Bereich des Einrichtens von Pilot- und Demonstrationsanlagen. Die Forschung der Bundesverwaltung richtet sich nach klaren gesetzlichen Grundlagen. Neben der Abstützung auf Art. 64 der Bundesverfassung ([SR 101](#)) ist das Forschungs- und Innovationsförderungsgesetz FIFG ([SR 420.1](#)) das Rahmengesetz für die Forschung der Bundesverwaltung.

Neben dieser Verankerung im FIFG ist die Forschung der Bundesverwaltung auf spezialgesetzliche Bestimmungen und die zugehörigen Verordnungen abgestützt. In diesen werden spezifische Verpflichtungen für die Durchführung von *Intramuros-Forschung* sowie für die *Beitragsgewährung* (Subvention) an Forschungseinrichtungen, -programme oder -projekte durch den Bund vorgegeben. Zudem setzen Verpflichtungen aus internationalen Vereinbarungen Forschung der Bundesverwaltung voraus, so dass diese auch eine wichtige Rolle auf der internationalen Ebene einnimmt.

Die übergeordnete Koordination der Forschung der Bundesverwaltung wird über einen permanenten interdepartementalen Koordinationsausschuss sichergestellt. Seine Hauptaufgaben sind das Koordinieren des Vorgehens beim Erarbeiten der Mehrjahresprogramme und die Erarbeitung von Richtlinien für die Qualitätssicherung. Die Mehrjahresprogramme werden in Form von ressortübergreifenden Forschungskonzepten ausgearbeitet für jeden der elf durch den Bundesrat bestimmten Politikbereiche. Hauptziele sind die optimale Abstimmung der Forschungsschwerpunkte unter den Bundesstellen und die Nutzung der Schnittstellen mit dem Hochschulbereich und den Forschungsförderungsinstitutionen. Im Rahmen der Arbeiten des Koordinationsausschusses konnten zudem fünf ressortübergreifende Forschungsthemen mit grossem Forschungsbedarf seitens der Bundesstellen identifiziert werden, welche in der BFI Periode 2021-2024 bearbeitet werden: (1) Nachhaltiges Verhalten, (2) Sharing Society, (3) Datensicherheit, (4) Smarte Regionen und (5) Gesundheit und Umwelt.

Mit der Qualitätssicherung soll garantiert werden, dass sich die Forschung der Bundesverwaltung an den Prinzipien der Gesetzmässigkeit, Zweckmässigkeit, Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit orientiert. Das Qualitätssicherungskonzept der Forschung der Bundesverwaltung basiert auf den drei Pfeilern Forschungsmanagement, Berichterstattung und Wirksamkeitsprüfung. Den Aspekten der strategischen Planung, der transparenten Vergabeverfahren

ren, der Projektinformation in der Datenbank ARAMIS, der Veröffentlichung der Forschungsergebnisse und der Forschungsbegleitung wird dabei besondere Beachtung geschenkt.

Die Aufwendungen für die jährlich in der Schweiz (Finanzierungsquelle Schweiz und Ausland) gesamthaft durchgeführte Forschung und Entwicklung beliefen sich im Jahr 2017 auf rund 22.6 Mia. CHF ([Statistik BFS](#)). Der Anteil der Forschung der Bundesverwaltung ist mit 1.2 Prozent gering (rund 264 Mio. CHF im Jahr 2017). Die Privatwirtschaft ist mit 67 Prozent die Hauptfinanziererin, gefolgt von Bund (15 Prozent), Kantonen (10 Prozent) und Ausland (5 Prozent).² Der Bund fördert gemäss FIFG schwergewichtig Forschung und Entwicklung im Hochschulbereich, Forschungsförderungsinstitutionen wie den Schweizerischen Nationalfonds, Forschungseinrichtungen von nationaler Bedeutung und die internationale Forschungszusammenarbeit. Der finanzielle Anteil der Forschung der Bundesverwaltung beträgt an den Gesamtaufwendungen des Bundes für Forschung und Entwicklung nur rund 7.6 Prozent. Die Bundesverwaltung ist bei der Erfüllung ihrer Aufgaben auf die Verhältnismässigkeit ihrer Forschungsaktivitäten bedacht.

1.2 Forschung für die Sicherheitspolitik

Die Schweizerische Eidgenossenschaft schützt die Freiheit und die Rechte des Volkes und wahrt die Unabhängigkeit und Sicherheit des Landes³. Zur Sicherstellung dieses Verfassungsauftrags verfolgt die Schweiz einen integrierten sicherheitspolitischen Ansatz⁴, welcher auf einer umfassenden Lageanalyse beruht. Das Ziel der schweizerischen Sicherheitspolitik ist es, die Handlungsfähigkeit, Selbstbestimmung und Integrität der Schweiz und ihrer Bevölkerung zu gewährleisten, ihre Lebensgrundlagen gegen direkte und indirekte Bedrohungen und Gefahren zu schützen sowie einen Beitrag zu Stabilität und Frieden jenseits der nationalen Grenzen zu leisten. Dazu verfügt sie über sicherheitspolitische Instrumente, welche aus Politikbereichen (Aussen- und Wirtschaftspolitik) sowie aus operativen Elementen (Armee, Bevölkerungsschutz, Nachrichtendienst, Polizei, Zollverwaltung und Zivildienst) bestehen.

Die beschriebene Zielsetzung der schweizerischen Sicherheitspolitik kann nur durch eine sorgfältige Abstimmung der verschiedenen Instrumente auf aktuelle und absehbare Bedrohungen sowie durch eine orchestrierte Zusammenarbeit der beteiligten Organisationen erreicht werden. Das Eidgenössische Department für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) leistet dabei mit der Armee, dem Bevölkerungsschutz und dem Nachrichtendienst wesentliche Beiträge. Dabei hat der Einsatz der operativen Elemente, wie beispielsweise der Armee oder des Bevölkerungsschutzes, in allen Fällen lage- und damit auch risikogerecht zu erfolgen. Um diesen Anforderungen zu genügen, sind stete Anpassungen an die teilweise rasche Entwicklung des Umfelds vorzunehmen und entsprechende Massnahmen hinsichtlich der strategischen Zielsetzungen, des Aufgabenportfolios, der Aufgabenwahrnehmung und der zur Verfügung stehenden Einsatzmittel zu ergreifen. Dabei ist es offensichtlich, dass in vielen Szenarien das Zusammenwirken der verschiedenen sicherheitspolitischen Instrumente die Beherrschung einer hohen Komplexität erfordert. Diese Si-

² Die Zahlen der Statistik, insbesondere jene für die Privatindustrie, sind mit einer Unsicherheit behaftet.

³ Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, Art. 2 (Stand am 1. Januar 2019)

⁴ Die Sicherheitspolitik der Schweiz – Bericht des Bundesrates 16.061 (2016)

situation wird gar noch verschärft, wenn private Akteure, kantonale oder kommunale Sicherheitskräfte oder ausländische Partner involviert sind. Bei der beschriebenen Dynamität⁵ kann eine wirksame Ausrichtung der sicherheitspolitischen Instrumente nur dann gelingen, wenn ein dynamisch adaptiver Ansatz gewählt wird. Dies setzt den Willen voraus, im Sinne von sicherheitspolitischen Gesamtlösungen die Zusammenarbeit und Vernetzung aller involvierten Sicherheitsinstrumente weiter voranzutreiben und an den Entwicklungen des Umfelds auszurichten. Es ist deshalb entscheidend, dass sowohl die Aufgabenbereiche der verschiedenen sicherheitspolitischen Akteure klar geregelt, als auch fundierte Kenntnisse der Schnittstellen und erzielbaren Wirkungen im Kontext des jeweiligen Umfelds vorhanden sind. Wissenschaft und Forschung leisten dazu einen wesentlichen Beitrag.

In der Ressortforschung des Bundes (vgl. Anhang 2) werden die Forschungstätigkeiten mit Relevanz für die Umsetzung der Sicherheitspolitik im Rahmen des Politikbereichs "Friedensförderung und Sicherheit" koordiniert und abgestimmt. Daran beteiligt sind das Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) und das Bundesamt für Rüstung (armasuisse), beide aus dem VBS, sowie die Abteilung für Sicherheitspolitik (ASP) aus dem Eidgenössischen Departement für auswärtige Angelegenheiten (EDA).

Das vorliegende Forschungskonzept legt in Form des Langfristigen Forschungsplans (LFP) für die Forschung armasuisse die entsprechenden strategischen Leitlinien fest und definiert die Forschungsschwerpunkte und prioritären Themen für einen Zeitraum von vier Jahren. Dabei wird die stete Entwicklung des Umfelds berücksichtigt und die inhaltliche Ausrichtung angepasst. Damit kann sichergestellt werden, dass diejenigen wissenschaftlichen Kompetenzen zeitgerecht zur Verfügung stehen, welche als Grundlage für eine adäquate Aufgabenbewältigung in einem künftigen sicherheitspolitischen Umfeld dienen. Während sich die Militärakademie (MILAK) und das Zentrum für Security Studies (CSS) der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich (ETHZ) primär auf Forschung im sozialwissenschaftlichen Bereich, wie Politikwissenschaften, Geschichte, Management, Führung und Ökonomie konzentrieren, ist der LFP der armasuisse technisch-naturwissenschaftlich ausgerichtet. Die inhaltliche Koordination und Zusammenarbeit wird durch eine Arbeitsgruppe sichergestellt, in welcher das Generalsekretariat des VBS, die MILAK, das BABS, die armasuisse und das CSS beteiligt sind.

Die Ableitung der Forschungsschwerpunkte und prioritären Themen basiert auf einem Prozess, der sowohl die relevanten Entwicklungstrends des Umfelds, die sicherheitspolitischen Forderungen mit den daraus abgeleiteten Elementen der militärischen Gesamtplanung, als auch die erwarteten Auswirkungen technologischer Entwicklung und der Stand der verfügbaren technisch-wissenschaftlichen Kompetenzen berücksichtigt.

Die Grundlagen zur Erstellung der langfristigen Forschungsplanung und der thematischen Fokussierung auf Forschungsschwerpunkte und prioritäre Themenbereiche werden definiert durch die Aufgaben der Armee, die Gesamtstrategie des Departementsbereichs Verteidigung (V), das Leistungsprofil der Armee gemäss der langfristigen Ausrichtung der Armee (LAA)⁶, dem Technologiehandbuch des Departementsbereichs V und dem aktuellen Masterplan Streitkräfte- und Unternehmungsentwicklung der Schweizer Armee.

⁵ Wechselwirkung von gleichzeitig zunehmender Dynamik und Komplexität bei wachsendem Risiko von Fehlentscheidungen

⁶ Vormals Zielbild 2030+



Abbildung 2: Vorgehensmodell für die Ableitung der Forschungsstrategie und der Forschungsschwerpunkte im Rahmen des Forschungskonzepts 2021-2024 mit der Zielsetzung die technisch-wissenschaftlichen Kompetenzen um künftige Beratungs- und Expertisefähigkeiten für die militärische Gesamtplanung und den Rüstungsablauf sicherzustellen.

Ferner müssen allgemeine strategische Vorgaben aus der Bundesverwaltung, wie die Rüstungspolitik⁷, die übergeordneten Forschungsleitlinien^{8,9} sowie die zur Verfügung stehenden Ressourcen berücksichtigt werden. Die Definition von konkreten Forschungsaktivitäten erfolgt durch die thematische Verknüpfung mit identifizierten Technologietrends. Diese basieren auf internen und externen technisch-wissenschaftlichen Erkenntnissen laufender Forschungsaktivitäten oder auf Einsatzerfahrungen und Versuchen.

Wissenschaft und Technik unterliegen in einigen Gebieten einer sehr raschen Entwicklung. So sind beispielsweise durch Fortschritte in Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), künstlicher Intelligenz, Robotik, additiver Fertigung oder in der Schaffung virtueller Realitäten grundlegende Innovations- und Veränderungsimpulse zu erwarten. Es ist sehr wahrscheinlich, dass durch die Kulmination technologischer Entwicklungen disruptive Effekte entstehen, welche soziale Interaktion, Geschäftsmodelle oder auch die Vorgehensweisen von Akteuren im sicherheitspolitischen Umfeld fundamental ändern. Mittels Technologie-Früherkennung werden Entwicklungen im nationalen und internationalen Umfeld kontinuierlich beobachtet. Ziel ist es Themen zu identifizieren, welchen man bis anhin im Zusammenhang mit Sicherheitskräften zu wenig Relevanz beigemessen hat, welche aber in Zukunft an Bedeutung gewinnen werden. Dies ermöglicht im Bedarfsfall, neu auftkommende Bedrohungen für eine Gesellschaft rechtzeitig zu erkennen und Massnahmen abzuleiten, um diesen zu begegnen, aber auch Opportunitäten zu nutzen, um künftigen Anforderungen gerecht zu werden. Sehr oft spielen technische Wissenschaften im Grundlagenbereich, wie beispielsweise die Material-, Computer- oder Informationswissenschaften eine Schlüsselrolle als Frühindikator und Auslöser technologischer Entwicklungen, welche sowohl ziviles wie auch militärisches Anwendungspotenzial haben und damit für die Sicherheit der Schweiz relevant sein können. Dazu wurden die wichtigsten Megatrends identifiziert (siehe Abbildung 3) und deren Auswirkungen auf den militärischen Kontext abgeleitet. Es ist offensichtlich, dass die meisten Megatrends sowohl militärisches als auch ziviles Anwendungspotenzial haben.



Abbildung 3: Identifizierte Megatrends im Technologiebereich mit Bedeutung für Sicherheitskräfte

⁷ Grundsätze des Bundesrates für die Rüstungspolitik des VBS, BBI 2018

⁸ Grundsätze für die Erstellung der Konzepte 2021–2024 betreffend die Forschungsaktivitäten der Bundesverwaltung in den 11 Politikbereichen

⁹ Qualitätssicherung in der Ressortforschung des Bundes, Richtlinien, 1. Revision vom 16. März 2014

2 Überblick Politikbereich

Wie bereits einleitend erwähnt, verfolgt die schweizerische Sicherheitspolitik das Ziel, die Handlungsfähigkeit, Selbstbestimmung und Integrität der Schweiz und ihrer Bevölkerung zu wahren sowie ihre Lebensgrundlagen gegen direkte und indirekte Bedrohungen und Gefahren zu schützen. Zusätzlich sollen Beiträge zur Stabilität und Frieden jenseits unserer Grenzen geleistet¹⁰ werden. Das Eidgenössische Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) erbringt einen wesentlichen Beitrag zur Bewältigung sicherheitspolitischer Aufgaben.

Der Departementsbereich Verteidigung (V) plant die mittel- bis langfristige Weiterentwicklung der Armee und die materielle Sicherstellung der Armee (MSA) im Rahmen der militärischen Gesamtplanung. Der jährlich aktualisierte Masterplan Streitkräfte- und Unternehmensentwicklung der Schweizer Armee ist ein Produkt der militärischen Gesamtplanung. Gemäss Organisationsverordnung für das VBS (OV-VBS¹¹) stellt die armasuisse technisch-wissenschaftliche Kompetenzen für die Armee und das VBS sicher. Im Speziellen wird darin dem Kompetenzbereich "Wissenschaft und Technologie" (W+T) die Funktion eines Technologiezentrums zugewiesen, welches den Wissenschafts- und Technologiebedarf auch im Rahmen von Netzwerken und Kooperationen mit nationalen und internationalen Partnern abdeckt. Laut der Geschäftsordnung des VBS (GO VBS¹²) erfolgt die Erschliessung der notwendigen Technologiekompetenzen durch angewandte Forschungstätigkeiten. Auch in den Grundsätzen des Bundesrates für die Rüstungspolitik des VBS¹³ wird auf das Instrument der angewandten Forschung, auf internationale Kooperationen und Innovationsförderung verwiesen, dies insbesondere mit dem Ziel einer Stärkung der sicherheitsrelevanten Technologie- und Industriebasis (STIB) und der Sicherstellung von wesentlich wissenschaftlich-technischen Kompetenzen gemäss dem Bedarf der Schweizer Armee. Um die Abhängigkeit vom Ausland zu beschränken, ist beabsichtigt, Kompetenzen in zentralen Technologiebereichen, wie beispielsweise Sensorik, Informations- und Kommunikationstechnik nach Möglichkeit in der Schweiz aufzubauen und zu sichern.

Die Aufgaben und Zusammenarbeit zwischen den Departementsbereichen V und armasuisse sind neu mittels der ZUVA¹⁴ geregelt. Die neue Verordnung des VBS über das Armeematerial verweist dabei auf die ZUVA, welche auf Stufe Weisung angesiedelt ist. Dabei wurde armasuisse W+T innerhalb der militärischen Gesamtplanung, die Rolle des Kompetenzaufbaus in technisch-wissenschaftlichen Bereichen zugunsten von armasuisse und der Armee zugewiesen. Dies wurde innerhalb der ZUVA mit der Rolle des Forschungsverantwortlichen abgebildet. Dies beinhaltet die Führung wie auch die strategische Planung der Forschung zugunsten von armasuisse und der Armee. Um anschliessend den Wissenstransfer aus der Forschung in die militärische Gesamtplanung und in die Beschaffungsprozesse zu optimieren, wurde die Funktion des Technologieverantwortlichen geschaffen und an armasuisse

¹⁰ Die Sicherheitspolitik der Schweiz – Bericht des Bundesrates 16.061 (2016)

¹¹ Organisationsverordnung für das Eidgenössische Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport, SR 172.215.1 (2015)

¹² Geschäftsordnung des Eidgenössischen Departements für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport vom 20. Februar 2015

¹³ Grundsätze des Bundesrates für die Rüstungspolitik des VBS, BBI 2018, 7253-7262

¹⁴ Weisungen über die Zusammenarbeit der Departementsbereiche Verteidigung und armasuisse, SR 514.20 (2018)

W+T übertragen. Damit soll in einer frühen Planungsphase sichergestellt werden, dass Technologieentwicklungen und Innovationen in Beschaffungsprojekte angemessen berücksichtigt werden. Gezielt durchgeführte Forschungsaktivitäten tragen zum Auf- und Ausbau und damit zur Sicherstellung dieser Kompetenzen bei. Insbesondere die Schlüsselkompetenzen leisten einen unverzichtbaren Beitrag zu den Fähigkeiten moderner Streitkräfte, wobei die Schweizer Armee aus Kostengründen je nach Fähigkeit ein differenziertes Technologieniveau anstrebt.

2.1 Stand der Forschung und Kontext

Ziel der Forschung armasuisse ist die Sicherstellung wissenschaftlicher Kompetenzen zur Beratung und Unterstützung des Armeestabs und der Beschaffungsstellen von armasuisse in Technologiefragen über alle Phasen der militärischen Gesamtplanung und des Rüstungsablaufes. Die korrekte Ausrichtung der vorhandenen Kompetenzen wird jährlich im Rahmen der Leistungs- und Wirkungsevaluation (Reporting VA, IAFP) bewertet. Dabei wird mittels strukturierter Umfragen und Interviews auf unterschiedlichen Stakeholderebenen erhoben, ob einerseits armasuisse W+T sein Kompetenzportfolio bedarfsgerecht ausgerichtet hat und andererseits, ob Beratungsleistungen und Expertisen zeitgerecht und in der erforderlichen Qualität geliefert wurden. In beiden Belangen konnte armasuisse W+T in den vergangenen Jahren gute Resultate erzielen. Aufgrund der Tatsache, dass es sich bei einem technisch-wissenschaftlichen Kompetenzaufbau um ein mittel- bis langfristiges Unterfangen handelt, kann die volle Wirkung auch erst langfristig, mit Verzögerung, festgestellt und beurteilt werden.

Dennoch können auch kurzfristige Indikatoren für eine zeitnahe Beurteilung herangezogen werden. So ist beispielsweise die Kooperationsfähigkeit auf Expertenebene zur Validierung der Qualität und der Vergleich mit Forschungsprogrammen anderer Nationen zur Abschätzung der korrekten fachlichen Ausrichtung der Forschung verwendbar. Dabei sind insbesondere die spezifischen nationalen Gegebenheiten aber auch die jeweilige Ressourcenlage zu berücksichtigen. Für die Schweiz als Nation mit einem vergleichsweise geringen Forschungsbudget im Bereich der sicherheitsrelevanten Technologien ist es somit zentral, Lücken bewusst in Kauf zu nehmen. Dies gilt für die Themenvielfalt und deren Bearbeitungstiefe. Der Vergleich mit den Forschungsthemen anderer westlichen Länder bzw. Organisationen und der Abgleich mit dem Masterplan Streitkräfte- und Unternehmensentwicklung der Schweizer Armee zeigt, dass die thematische Ausrichtung der Forschung weitgehend dem Bedarf wie auch den international erkannten technisch-wissenschaftlichen Trends entspricht. Weiter wird die Qualität des Kompetenzaufbaus durch die Einbindung von Experten in nationale und internationale Netzwerke gefördert und sichergestellt.

Generell wird beobachtet, dass die Entwicklung von Technologien, welche für Streitkräfte relevant sind, heute vielfach durch zivile Märkte getrieben wird. Bei der Überführung von Gütern vom zivilen in den militärischen Markt kommt es aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen vielfach zu zeitlichen Verzögerungen der militärischen Einsetzbarkeit und Mehrkosten, welche zusätzlich noch durch die staatliche Lenkung der militärischen Märkte (Oligopole und Monopole) verstärkt wird. Deshalb hat die Bedeutung einer umfassenden Beobachtung sowohl militärischer und ziviler Technologien zugenommen. Es geht darum, mögliche Risiken für die öffentliche Sicherheit rechtzeitig zu erkennen und technologische Fortschritte zeitgerecht in die Fähigkeitsentwicklung und Planungsprozesse der Armee mit einzubeziehen. Aus diesen Gründen wurde die Früherkennung technologischer wie auch

marktspezifischer Entwicklungen verstärkt und in die Entwicklungs- und Planungsprozesse integriert.

2.2 Positionierung der Forschung im Amt

Die Streitkräfte der Zukunft müssen in der Lage sein, Veränderungen der Umweltbedingungen abzuschätzen bzw. auf solche flexibel zu reagieren. Dies setzt die Fähigkeit voraus Aspekte zum Beispiel der Doktrin, Unternehmensentwicklung, Organisation, Ausbildung, Material und Personal rasch an eine veränderte Umwelt anpassen zu können. Die Forschung und Erkenntnisse aus den Expertennetzwerken führen zum Aufbau von Kompetenzen, welche es erlauben, diese Veränderungen zu erfassen und zu beurteilen sowie die daraus resultierenden Massnahmen ableiten und beschliessen zu können.

Der technisch-wissenschaftliche Forschungsbedarf orientiert sich an denjenigen Technologien, welche zur Gewährleistung der Operationellen Fähigkeiten, gemäss den strategischen Vorgaben für die Streitkräfteentwicklung¹⁵, notwendig sind. Dabei erfolgt eine Beurteilung hinsichtlich Wichtigkeit für die Leistungserbringung des Gesamtsystems der Armee und der Dringlichkeit einer allfälligen Beschaffung. Die Armee muss ferner in der Lage sein, ihre Aufgaben, Verteidigung, Unterstützung ziviler Behörden, Wahrung der Lufthoheit, Friedensförderung und die dafür benötigten Operationellen Fähigkeiten in allen Wirkungsräumen ausüben zu können.

Das Technologiehandbuch V definiert die Leitlinien für den gesamten Rüstungsprozess, insbesondere wie ein differenziertes Technologieniveau bei der Ausrüstung der Armee auf Stufe Fähigkeitsbereich umzusetzen ist. Damit werden auch die thematischen Schwerpunkte für den mittelfristigen technologischen Kompetenzaufbau und somit für die entsprechenden Forschungsaktivitäten gesetzt. Trotzdem ist eine klare Forschungsstrategie zum gezielten Einsatz der Finanz- und Personalressourcen unumgänglich, zumal die Komplexität wehrtechnischer Systeme zunimmt und sich der technologische Innovationszyklus stark beschleunigt hat. armasuisse W+T soll dabei mit Technologie-Früherkennung und Technologie-Monitoring beurteilen, ob die Integration einer neuen Technologie verzichtbar, sinnvoll oder nötig ist.

Die Forschung der armasuisse verfolgt das Hauptziel, diejenigen technisch-wissenschaftlichen Kompetenzen bereitzustellen, welche benötigt werden, um die Entscheidungsträger der Armee in Technologiefragen zu beraten, die Expertise- und Erprobungsfähigkeit entlang des Rüstungsablaufs sicherzustellen sowie Technologieentwicklungen und deren Einfluss auf die Operationellen Fähigkeiten der Armee im Sinne einer Früherkennung aufzuzeigen und zu bewerten. Um Chancen und Risiken technologischer Innovationen zu beurteilen, soll auch in Zukunft mit Hilfe von Demonstratoren das Potenzial neuer Technologien in einsatzähnlichen Situationen aufgezeigt werden.

Die Forschung der armasuisse ist Teil eines übergeordneten Technologiemanagement-Prozesses, dessen Ziel es ist, die Innovation der Streitkräfte transparent zu planen und zu steuern. Abbildung 4 zeigt einen solchen Zyklus, der als kontinuierlicher Prozess zu verstehen ist. Ausgangspunkt dieses Prozesses ist angewandte Forschung, mit welcher Trends systematisch erfasst und technisch-wissenschaftliche Kompetenzen für die folgenden Prozessschritte aufgebaut werden. Diese Kompetenzen werden anschliessend in sogenannte

¹⁵ Strategische Steuerung der Gruppe Verteidigung

Roadmaps, das heisst zeitliche Technologie-Entwicklungsszenarien, überführt. Die Verfügbarkeit solcher Szenarien, welche mit verschiedenen Anspruchsgruppen konsolidiert und validiert werden müssen, bilden eine notwendige Arbeitsgrundlage zur Wahl geeigneter Technologien in einem kurz- bis mittelfristigen zeitlichen Fokus. Zusätzlich zur Identifikation und Bewertung von Forschungstrends, sowie deren Implikationen für die militärische Fähigkeitsentwicklung, sind vertiefte Marktkenntnisse unabdingbar. Durch einen entsprechenden Informationsaustausch mit der Industrie werden die Erwartungen seitens der Forschung mit den Markttreibern und -hemmern (z.B. regulatorische oder wirtschaftliche) abgeglichen und mit dem industriellen Umfeld synchronisiert. So sollen mögliche Kompetenzlücken frühzeitig identifiziert sowie realisierbare Lösungen erarbeitet werden. Als kontinuierlicher Prozess wird so das Wissen laufend erweitert, mögliche Lücken minimiert und das Verständnis bezüglich der strategischen Technologieausrichtung der Industrie gefördert. Basierend auf diesen Informationen werden Technologien anschliessend bewertet und deren Relevanz für die Streitkräfte entsprechend der zukünftigen strategischen Ausrichtung analysiert. Damit ist die Basis geschaffen im Rahmen von ZUVA die Rolle der Technologieverantwortung wahrzunehmen und so technische Innovationen in die Armee optimal einzubringen.

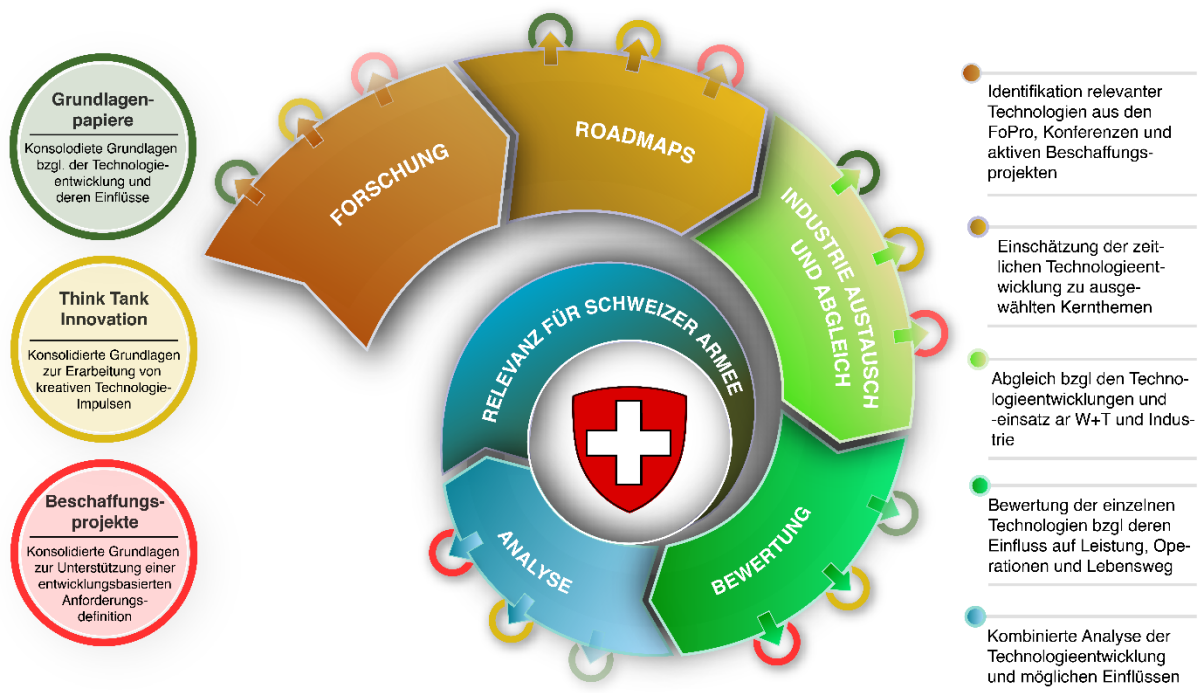


Abbildung 4: Technologiemanagement Zyklus armasuisse Wissenschaft und Technologie.

2.3 Strategische Umsetzungsgrundsätze

Folgende strategische Umsetzungsgrundsätze sind für die Wahl der Forschungsschwerpunkte und die operative Umsetzung der Forschungsaktivitäten im Rahmen des LFP 2021-2024 von zentraler Bedeutung:

- Anwenderorientierung
- Kompetenzen durch Kooperationen
- Mittel bis langfristiger Zeithorizont
- Technologiereifegrad
- Technologie-Lebenszyklus
- Interdisziplinäre Vernetzung

Diese Umsetzungsgrundsätze sollen in den nachfolgenden Unterkapiteln näher erläutert werden.

2.3.1 Anwenderorientierung

Unter Anwenderorientierung verstehen wir, dass Ergebnisse und technisch-wissenschaftliche Kompetenzen aus Forschungsaktivitäten primär für die Auftragserfüllung der Departementsbereiche Verteidigung und armasuisse genutzt werden können. Aus diesem Grund werden die Forschungsschwerpunkte primär auf die Operationellen Fähigkeiten der Armee und somit auf die langfristige Ausrichtung der Armee (LAA) und den MASTERPLAN Streitkräfte- und Unternehmensentwicklung der Schweizer Armee ausgerichtet. Der Zusammenhang zwischen Forschungsschwerpunkten und Operationellen Fähigkeiten der Armee kann aus Abbildung 13 (Kapitel 3) entnommen werden. Dabei wird eine Optimierung der Wirksamkeit und Effizienz eingeführter Technologien zur Gewährleistung der Operationellen Fähigkeiten und das Aufzeigen von technologischen Alternativen zur Abdeckung von Fähigkeiten oder Schliessung von Fähigkeitslücken der Armee angestrebt. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Minimierung von Planungs- und Beschaffungsrisiken sowie das Aufzeigen von möglichen Kosteneinsparungen.

Die Ressortforschung soll auf Effektivität und Effizienz ausgerichtet sein. Für die Forschungsplanung bedeutet dies, Forschungsschwerpunkte so festzulegen, dass deren Ergebnisse einerseits für die unterschiedlichen Aufgaben der Armee und deren Unterstützungsorganisationen wirksam anwendbar sind und andererseits die Effizienz der Armee steigern. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass die Steigerung der Effizienz in Bezug auf sicherheits- und verteidigungsrelevante Fähigkeiten stets an die Effektivität der verschiedenen DUOAMPFIS¹⁶-Entwicklungs- und Massnahmenbereiche gekoppelt ist. Die Forschung fokussiert auf technisch-wissenschaftliche Kompetenzen, welche primär in den Massnahmenbereichen Material und Doktrin relevant sind. Dabei sind alle Lebensweg-Phasen¹⁷ komplexer Systeme zu betrachten. Um der Komplexität des übergeordneten leistungserbringenden Gesamtsystems (LGS) der Armee gerecht zu werden, ist der Einfluss disruptiver Innovationen auf die Operationellen Fähigkeiten aufzuzeigen. Methoden wie Modellbildung und Simulation auf verschiedenen Stufen (Operations Research und Systemanalyse) aber auch

¹⁶ DUOAMPFIS: Doktrin, Unternehmensentwicklung, Organisation, Ausbildung, Material, Personal, Finanzen, Infrastrukturen (Immobilien und Informatik), Sicherheit

¹⁷ Planung, Beschaffung, Nutzung (Änderungsmanagement), Werterhalt, Ausserdienststellung und Entsorgung

CD&E¹⁸ zeigen Nutzen und Grenzen neuer Technologien im militärischen Umfeld auf und dienen somit der Entscheidungsunterstützung für Doktrin, Planung, Beschaffung und Logistik. Die weiterführende Nutzung technisch-wissenschaftlicher Erkenntnisse aus der Forschung durch zusätzliche Sicherheitskräfte wie Blaulichtorganisationen wird im Rahmen integrierter Lösungen angestrebt und gefördert.

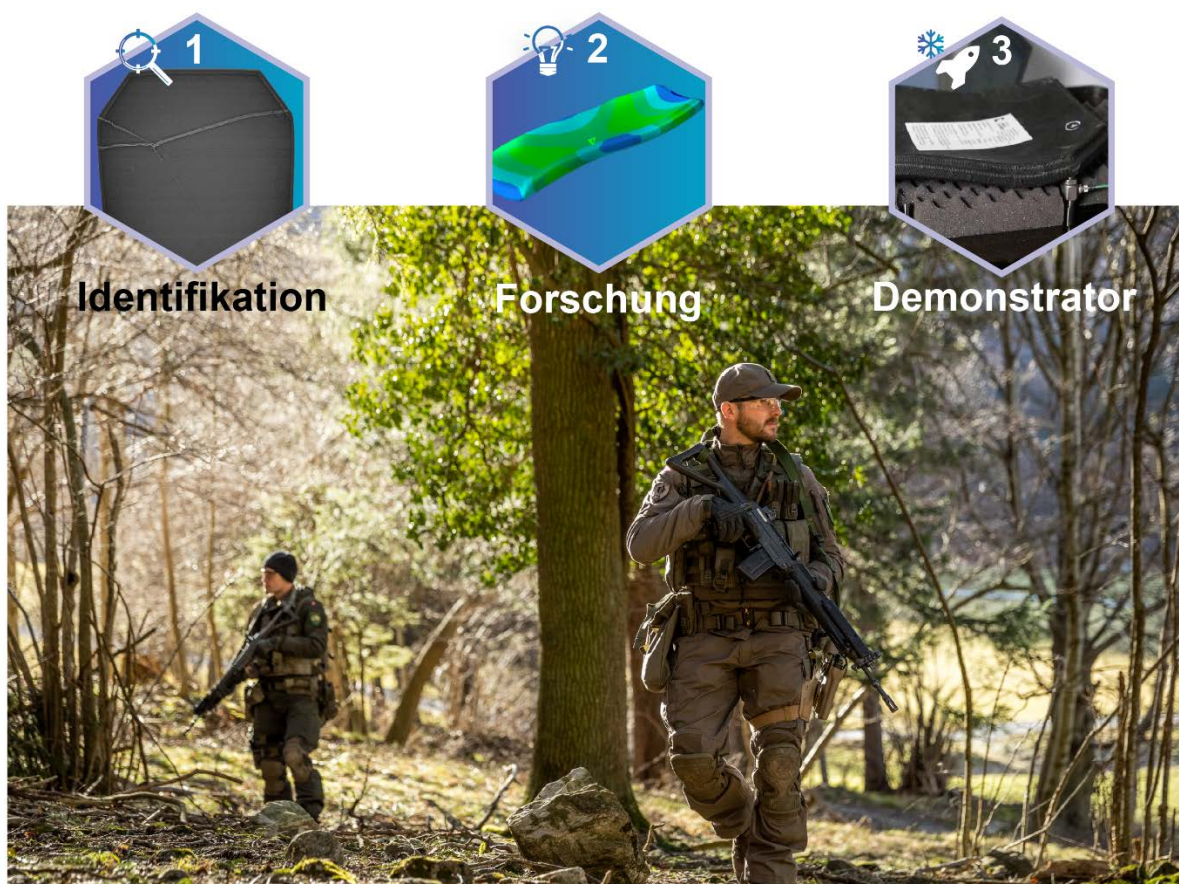


Abbildung 5: Anwenderorientierte Forschung beinhaltet die Identifikation eines Forschungsbedarfs (1), Durchführung der entsprechenden Forschungstätigkeiten (2) sowie die Überführung der Erkenntnisse in einen militärischen Nutzen (3). Das Bild zeigt auf, wie mit Hilfe von Forschung eine neue Methode zur zerstörungsfreien Prüfung von Schutzplatten erarbeitet werden konnte, welche mit geringem Aufwand die Überprüfung der ballistischen Anforderungen zulässt. Dadurch kann ein wesentlicher Beitrag zum Schutz von Einsatzkräften geleistet werden.

Die vernetzte und sichere Operationsführung ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor bei der Bewältigung künftiger Aufgaben und Einsätzen der Armee, sowohl im selbständigen Einsatz, wie auch gemeinsam mit Partnern aus dem In- und Ausland. Dies hat technologische Konsequenzen, die im Rahmen der Forschung zu berücksichtigen sind. Ziel der vernetzten Operationsführung ist ein bedarfsgerechter Informations-, Führungs- und Wirkungsverbund, in welchem Entscheidungsträger, Aufklärungs- und Wirkmittel möglichst unterbruchsfrei miteinander verbunden sind. Dabei muss die operationelle Einsatzfähigkeit von einzelnen Elementen gewährleistet bleiben, auch wenn ein Teil der Informationen aus dem Verbund nicht zur Verfügung steht. Im Grundsatz ermöglicht die vernetzte Operationsführung, unter Be-

¹⁸ z.B. CD&E: Concept Development and Experimentation

rücksichtigung der erforderlichen Interoperabilitätsanforderungen, militärische und zivile Sicherheitskräfte im Rahmen einer gemeinsamen Operationsführung effizient einzusetzen.

Um die bestmögliche Unterstützung der Einsatzkräfte und deren Fähigkeiten sicherzustellen, muss eine agile, sich möglichen Änderungen des Risikobildes anpassende, Forschungsausrichtung gewährleistet werden können. Somit muss die Forschungsplanung auf Ereignisse, veränderte Situationen oder neue Erkenntnisse aus der Früherkennung mit einer Neuausrichtung der Forschungsaktivitäten innerhalb bestehender Forschungsschwerpunkte reagieren können. Eine rollende Bedarfsermittlung stellt sicher, dass auf der Basis einer stabilen mittelfristigen Planung jährlich Anpassungen vorgenommen werden können, um erkannte Potenziale und neue Benutzeranforderungen frühzeitig, flexibel und zielgerichtet zu berücksichtigen.

2.3.2 Kompetenzen durch Kooperationen

Die Bereitstellung von technisch-wissenschaftlichen Kompetenzen für die Instrumente der Sicherheitspolitik, bedarf aufgrund der Komplexität in der Aufgabenumsetzung und den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, dass alle relevanten Akteure zusammenarbeiten. Der langfristig konzipierte Netzwerkaufbau und die Netzwerkpflege werden weiterhin gefördert, um die benötigte und zum Teil bereits vorhandene Kompetenzbasis mit Partnern aus Wirtschaft, Hochschulen, anderen staatlichen Einrichtungen und internationalen Organisationen (z.B. EVA, NATO/PfP) optimal nutzen zu können. Die Sicherstellung und die Kontinuität des Kompetenzaufbaus erfolgt durch gezielte Bildung von strategischen Partnerschaften. Die Qualitätssicherung erfolgt durch Organisation und Durchführung von nationalen und internationalen Kooperationsprojekten. Dies ermöglicht zudem den Einblick in Kompatibilität und Standardisierung von Technologien und Systemen. Weiter erschliessen Kooperationen den Zugang zu Schlüsseltechnologien, Einsatzerfahrungen und technischen Bedrohungsanalysen. Sie zeigen auch das Potenzial der Nutzung ziviler Technologien in Streitkräften auf. Etablierte Forschungsstellen werden nach Möglichkeit gemäss dem Add-On-Prinzip eingebunden. So kann auf bereits vorhandene Kompetenzen der Kooperationspartner aufgebaut werden. Somit erfolgt nur noch eine Beauftragung, welche auf spezifische Aspekte von Einsatzkräften oder neuen Bedrohungsszenarien fokussiert. Mit diesen Ansätzen werden die Kosten für die Forschungstätigkeiten der verschiedenen Kompetenz- und Kooperationspartner reduziert (Co-Finanzierung) und damit ein effizienter Ressourceneinsatz erzielt.

2.3.3 Mittel- bis langfristiger Zeitfokus

Die Forschung armasuisse dient dem Aufbau und der Sicherstellung von technisch-wissenschaftlichen Kompetenzen, welche zur Aufrechterhaltung der Expertise- und Beratungsfähigkeit im sicherheitspolitischen Umfeld benötigt werden. Dabei kann sich der Kompetenzbedarf aus dem Masterplanprozess der Armeepolitik oder den Aufgaben der Armee ergeben, wenn etwa bereits verfügbare Technologien oder deren Vernetzung eine effizientere Erfüllung von Aufgaben ermöglichen würden. Wichtig ist jedoch auch das Erkennen von technologiebasierten Bedrohungsentwicklungen, wie z.B. aggressive Cyberraum-Aktionen mit Auswirkungen im realen Umfeld. Im Weiteren sind die Chancen und Gefahren von Substitutionstechnologien (Technologien, die bereits bestehende und etablierte Technologien mittelfristig ersetzen werden) abzuschätzen. Dabei ist auch die Relevanz für den Ein-

satz in der Armee und allenfalls der Erhalt von Kompetenzen für obsoleete Technologien zu beurteilen. Das Zusammenspiel zwischen eingeführten und künftigen Systemen der Armee ist hinsichtlich der Kompatibilität und Leistungsfähigkeit stets zu beachten.

Im Rahmen der Technologie-Früherkennung verfolgt die Forschung armasuisse zudem einen langfristigen Zeitfokus. Primär sollen damit sicherheitsrelevante Technologietrends rechtzeitig erkannt und ihr Disruptionspotenzial im zivilen und militärischen Bereich aufgezeigt werden. So wird sichergestellt, dass Technologien, welche sich nachhaltig auf die Fähigkeiten von Streitkräften auswirken können, erkannt und rechtzeitig Massnahmen ergriffen werden. Oft wird eine disruptive Entwicklung erst wahrgenommen, wenn Fortschritte in den sogenannten "Enabler"-Technologien (indirekt systemwirksame Technologien, wie z.B. Nano- oder Informationstechnologie) relevant werden. Diese gelten als Disruptionsindikatoren und müssen daher im Sinne einer technologischen Früherkennung verfolgt werden.

2.3.4 Technologiereifegrad

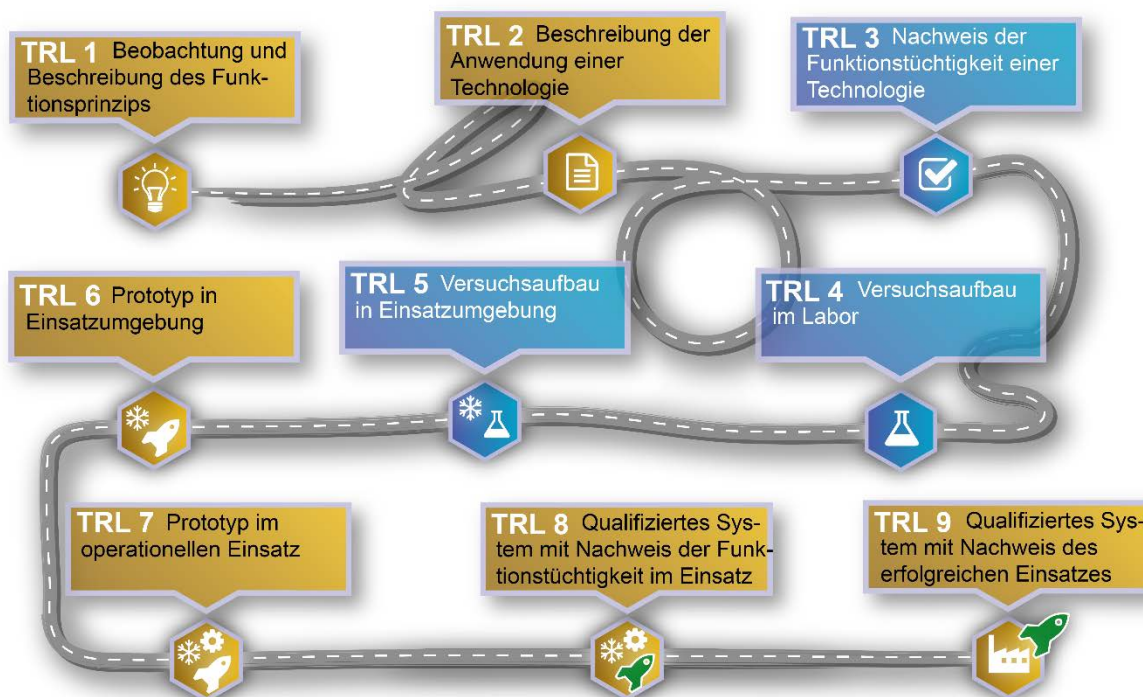


Abbildung 6: Schwerpunkt der Forschungsinvestitionen in Bezug auf den Technologiereifegrad (TRL steht für Technology Readiness Level).

Die Sicherstellung der technisch-wissenschaftlichen Kompetenzen erfolgt mittels Forschungsaktivitäten, welche sich von der Technologie-Früherkennung über ein Technologie-Monitoring und themenspezifische Programme bzw. Projekte bis hin zur Bereitstellung von Technologiedemonstratoren erstreckt. Das Forschungsmanagement legt die Bearbeitungstiefe fest, welche je nach Reife einer Technologie sehr unterschiedlich sein kann. Zur Bestimmung der Technologiereife dient das Technologiereifegrad-Modell der NASA (gemäss Abbildung 6), welches inzwischen in sehr vielen westlichen Streitkräften und deren Beschaffungsorganisationen etabliert ist. Dieses beschreibt auf einer neunstufigen Skala den Reifegrad einer Technologie, beginnend mit der "Beobachtung und Beschreibung eines Funkti-

onsprinzips" bis hin zur "Qualifikation eines Systems mit dem Nachweis eines erfolgreichen Einsatzes". Die Forschung der armasuisse fokussiert sich primär auf die Technologiereifegrade 3 bis 5, welche vom "Nachweis der Funktionstüchtigkeit einer Technologie" bis hin zum "Versuchsaufbau in der Einsatzumgebung" reichen. Mit dieser Einschränkung lassen sich Expertise- und Beratungskompetenz im sicherheitstechnischen Bereich ressourcenschonend, effizient und zeitgerecht sicherstellen. Der Technologiereifegrad (TRL) 5 ermöglicht die Mitarbeit in allfälligen CD&E¹⁸-Projekten. Die Entwicklung von Prototypen bis zur Beschaffungsreife (TRL 6-9) wird von der Forschung der armasuisse bewusst nicht abgedeckt und muss allenfalls im Rahmen des Rüstungsablaufs durch die Armeeplanung und die Beschaffungsstellen realisiert bzw. beauftragt werden.

2.3.5 Technologie-Lebenszyklus

In Analogie zum Produktlebenszyklus durchlaufen auch Technologien einen Lebensdauerzyklus, wobei der Entwicklungsstand einer Technologie einen wesentlichen Einfluss auf strategische Handlungsoptionen hat. Für Innovationen und die Weiterentwicklung von Substitutionstechnologien ist daher der Technologie-Lebenszyklus zu beachten. Der Lebenszyklus beginnt gemäss S-Kurven-Modell¹⁹ mit einer Schrittmachertechnologie (noch nicht verfügbar, zukünftig relevant), die sich zur Schlüsseltechnologie (wettbewerbsentscheidend) weiterentwickeln kann und endet als Basistechnologie (Standard), die allenfalls durch innovative Technologien verdrängt wird.

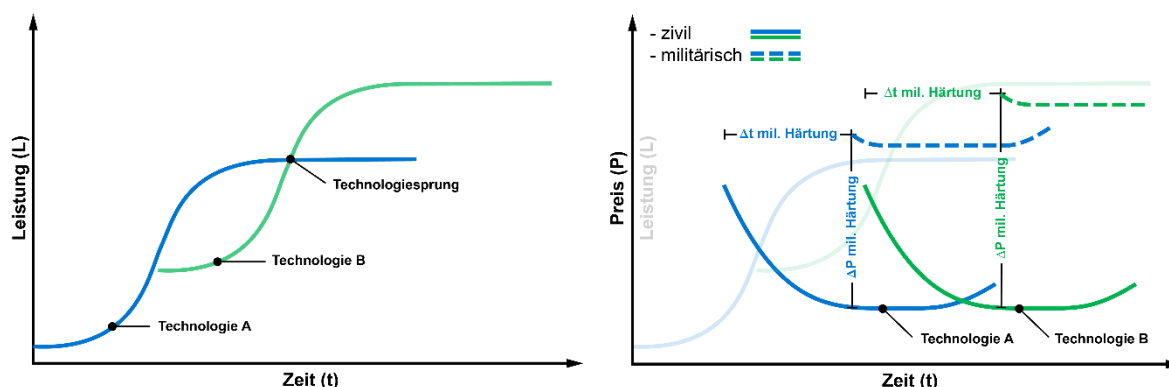


Abbildung 7: Exemplarische Preis- und Leistungsentwicklung zweier Technologien gemäss dem S-Kurven-Modell: In freien Märkten richtet sich der Preis nach Angebot und Nachfrage. Die breite Ablösung einer Technologie findet statt, wenn Konsumenten bereit sind, für die Mehrleistung einer Nachfolgetechnologie einen höheren Preis zu bezahlen. Aufgrund der wachsenden Konkurrenzsituation geraten die Preise vermehrt unter Druck und fallen. Bei Rüstungsgütern führen spezifische, militärische Anforderungen zur Bildung kontrollierter Märkte und damit zu höheren Preisen.

Wie Abbildung 7 zeigt, kann sich die Entwicklung der Preise im zivilen und militärischen Bereich grundlegend unterscheiden. Während im zivilen Bereich durch die Ablösung von Technologien mehr Leistung für ähnlich viel Geld zur Verfügung steht, sind militärische Produkte grundsätzlich teurer als zivile und auch die Ablösung von einer Technologie zur nächsten kostet oft nochmals zusätzlich.

¹⁹ I. Höcherl: Das S-Kurven-Konzept im Technologiemanagement, 2001

Die Forschung der armasuisse konzentriert sich aufgrund der beschränkten Ressourcen bei den Technologielebensphasen primär auf die Wachstums- und Reifephase (Schlüsseltechnologien), da vor allem hier innert nützlicher Frist wirksame und effiziente Fortschritte für den Einsatz in Rüstungsgütern zu erwarten sind. Beim Erreichen der Sättigungsphase einer Technologie wechseln die Forschungsaktivitäten, wenn möglich, zu erfolgsversprechenden Substitutionstechnologien, die sich im Idealfall schon in der Wachstums- respektive Reifephase befinden. Das Risiko, Technologien zum falschen Zeitpunkt (zu früh oder zu spät) einzuführen, wird durch Erkenntnisse aus der aufgebauten Kompetenz reduziert. Sowohl das Substitutionsrisiko durch neue Technologien, wie auch die verlässliche Verfügbarkeit bestehender Systemtechnologien sind wesentliche Aspekte zur Vermeidung von Fehlinvestitionen.

2.3.6 Interdisziplinäre Vernetzung

Die erarbeiteten Forschungsergebnisse erbringen einerseits einen direkten Nutzen für die Gewährleistung der Operationellen Fähigkeiten der Armee, andererseits sind sie auch systemwirksam, indem sie Systemtechnologien indirekt verbessern ("Enabler"-Technologien). Nicht zu vernachlässigen ist die Forschungsaktivität über Querschnittsthemen. Solche können sicherheitspolitisch relevante Gesamtsysteme betreffen oder mehreren fähigkeitsorientierten Forschungsthemen zugeordnet werden. Fundiertes Expertenwissen in diesen Bereichen kann sowohl die Qualität und die Leistung von Systemen als auch die Effizienz des Bedienungspersonals massgeblich erhöhen und damit Gesamtkosten reduzieren. Eine umfassende Betrachtung und die besondere Beachtung der Vernetzung erlauben es, zusätzlich erzielte Synergieeffekte zu nutzen. Wichtige Innovations- und Querschnittsthemen sind beispielsweise die Materialwissenschaften, Energie, Wissensmanagement und der Einfluss des Menschen auf das Gesamtsystem (Human Factors, z.B. Mensch-Maschine-Schnittstellen), wie auch die Evaluation der sicherheitspolitischen Relevanz von Trends, ökonomische Aspekte der Sicherheitstechnik sowie das Komplexitätsmanagement (mathematische und statistische Analysen, Modellbildung und Simulation, CD&E).



Abbildung 8: Interdisziplinäre Vernetzung am Beispiel eines Wargaming Ansatzes zur Evaluation von Technologien im militärischen Kontext. Dabei ist eine enge Zusammenarbeit mit unterschiedlichen Stakeholdern aus Verteidigung, Beschaffung, Wirtschaft, und Wissenschaft gefordert.

2.4 Gesetzlicher Auftrag und Grundlagen

Der Auftrag für die Forschung armasuisse ergibt sich hauptsächlich aus der Organisationsverordnung für das VBS, der Rüstungspolitik des VBS, den Weisungen über die Zusammenarbeit der Departementsbereiche Verteidigung und armasuisse (ZUVA), dem Armeebericht 2010, dem aktuellen Masterplan Streitkräfte- und Unternehmensentwicklung der Schweizer Armee und der Integrierten Aufgaben und Finanzplanung (IAFP) armasuisse 2019-2022. Folgende Vorgaben und Grundlagen sind zu beachten:

Stufe Bund

- Bundesverfassung (BV) SR 101, Art 57-60 Sicherheit, Landesverteidigung, Art 64 Forschung, 01. Januar 2018
- Bericht des Bundesrates an die Bundesversammlung über die Sicherheitspolitik der Schweiz, 24. August 2016
- Nationale Strategie zum Schutz der Schweiz vor Cyber-Risiken 2018-2022, April 2018
- Bundesgesetz über die Förderung der Forschung und Innovation (FIFG), SR 420.1, insb. Art. 16, Art 42, Art 45, 01. Januar 2019
- Verordnung zum Bundesgesetz über die Förderung der Forschung und der Innovation (V-FIFG), SR 420.11, 01. Januar 2019
- Verordnung über das Informationssystem ARAMIS über Forschungs- und Innovationsprojekte des Bundes (ARAMIS-Verordnung), SR 420.171, 01. Januar 2014.
- Verordnung über den Schutz von Informationen des Bundes (ISchV), SR 510.411, 01. Januar 2018
- Verordnung über den Schutz nicht ionisierender Strahlung (NISV), SR 814.710, 23. Dezember 1999
- Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen (BöB), SR 172.056.1, 01. Januar 2019
- Verordnung über das öffentliche Beschaffungswesen (VöB), SR 172.056.11, 01. Januar 2018
- Qualitätssicherung in der Ressortforschung des Bundes - Richtlinien, 1. Revision vom 26. März 2014
- Grundsätze für die Erstellung der Konzepte 2021-2024 betreffend die Forschungsaktivitäten der Bundesverwaltung in den 11 Politikbereichen, Oktober 2018

Stufe VBS

- Bundesgesetz über die Armee und die Militärverwaltung (Militärgesetz, MG), SR 510.10, Stand: 28. August 2018
- Verordnung des VBS über das Armeematerial (Mat-V), SR 514.20, 26. März 2018
- Organisationsverordnung für das Eidgenössische Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (OV-VBS), SR 172.214.1, 01. Januar 2018
- Geschäftsordnung VBS; GO-VBS, 20. Februar 2015
- Aktionsplan für Cyber-Defence VBS (APCD), 09. November 2017
- Aktionsplan Cyber-Defence VBS (APCD) - Teil 2: Umsetzung, Entwurf 23. November 2018
- Verordnung über die militärische Cyberabwehr, SR 510.921, 30. Januar 2019

- Bundesgesetz über den Nachrichtendienst (Nachrichtendienstgesetz, NDG), SR 121, 01. März 2018
- Verordnung über den Nachrichtendienst (Nachrichtendienstverordnung, NDV), SR 121.1, 01. September 2017
- Grundsätze des Bundesrates für die Rüstungspolitik des VBS, 24. Oktober 2018 (Genehmigung 01.01.2019)
- Beschaffungsstrategie des Bundesrates für das VBS, 31. März 2010
- Industriebeteiligungsstrategie, 31. März 2010

Stufe Departementsbereich Verteidigung

- Strategische Steuerung der Gruppe Verteidigung – Vorgaben 2020 (wird jährlich erneuert)
- Armeebericht 2010, 01. Oktober 2010
- Zusatzbericht zum Armeebericht 2010, Zusatzauftrag SiK-S vom 18.11.2010, 28. März 2011
- IKT Teilstrategie Verteidigung 2012-2025, 17. Februar 2012
- Teilstrategie Vernetzte Operationsführung, 01. Mai 2011
- Verordnung über den Nachrichtendienst der Armee (V-NDA), SR 510.291, 01. September 2017
- Verordnung des VBS über das Fliegerärztliche Institut (VFI), 01. Januar 2002
- Militärdoktrin 2017 - Doktringrundlagen der Armee (MD 17 DGA), 07. Juli 2019
- Masterplan 2019, Streitkräfte- und Unternehmensentwicklung 2019-2032 Planungsstand September 2019
- Technologiehandbuch 2017 der Schweizer Armee, 20. Oktober 2017
- Reglement 75.001 d Nachrichtendienst in der Armee (RNDA), 06. Dezember 2012
- Vorschlag für die Einführung des Konzepts CD&E. Genehmigte Fassung - GL PST A, 23. Oktober 2007
- Luftverteidigung der Zukunft, Sicherheit im Luftraum zum Schutz der Schweiz und ihrer Bevölkerung, Expertenbericht, Mai 2017
- Grundlagenbericht über die Weiterentwicklung der Fähigkeiten der Bodentruppen, Expertengruppe Grundlagenbericht Boden, Mai 2019

Stufe Departementsbereich armasuisse

- Weisungen über die Zusammenarbeit der Departementsbereiche Verteidigung und armasuisse (ZUVA), 28. März 2018
- Vereinbarung über die Zusammenarbeit zwischen dem Departementsbereich Verteidigung und armasuisse Wissenschaft und Technologie, 16. November 2017
- Geschäftsordnung Bundesamt für Rüstung (armasuisse), 15. August 2017
- Managementsystem armasuisse (IMS AR): Technologie- und Forschungsmanagement (Prozess Id 2.20.25 und Dok Id 40031)
- IAFP: Integrierte Aufgaben und Finanzplanung armasuisse 2019-2022, Leistungsgruppe Wissenschaft und Technologie (Entwurf)
- Langfristiger Forschungsplan (LFP 2017-2020, Wissenschaft und Technologie, armasuisse), 20. Januar 2016

2.5 Rückblick auf Periode 2017-2020

Basierend auf dem langfristigen Forschungsplan 2017–2020 wurden die Forschungsschwerpunkte "Technologien für Operationelle Fähigkeiten", "Technologieintegration für Einsatzsysteme" und "Innovations- und Querschnittsthemen" systematisch bearbeitet und Erkenntnisse in Form von Expertisen und Beratungsleistungen zur Verfügung gestellt. Dabei konnte der Wissenstransfer aus der Forschung in die Planungsprozesse der Armee dank der neuen Zusammenarbeitsregelung zwischen V und armasuisse (ZUVA) verbessert werden. So ist heute die Mitarbeit von Experten aus armasuisse W+T bei der Erstellung von Grundlagenpapieren (GLP) sichergestellt. Dank einer rollenden Bedarfsermittlung bei der Armeepanung, der Doktrin und bei der Truppe können Forschungsthemen so ausgerichtet werden, dass eine kompetente wissenschaftliche Unterstützung in Technologiefragen auch bei der Erarbeitung konzeptioneller Dokumente bei der Armeepanung gewährleistet ist. Dasselbe gilt auch hinsichtlich der Unterstützung von Vorhaben zur Beschaffung, zum Werterhalt und zur Liquidation von Armeematerial. Aus der Erkenntnis, dass eine übergeordnete Steuerung der eingesetzten Technologien auf Stufe Architektur für ein effizientes Engagement der finanziellen Mittel unabdingbar ist, wurde ein Technologiemanagement-Prozess aufgesetzt, dessen Ziel es ist, Roadmaps für die künftige Verwendung von Technologien in der Armee zu entwickeln. Im Rahmen des Forschungsschwerpunkts "Technologien für Operationelle Fähigkeiten" wurde das prioritäre Themenfeld "Informationsüberlegenheit" in drei Forschungsprogrammen bearbeitet, welche auf "Aufklärung und Überwachung", "Kommunikation" und "Cyberspace und Information" ausgerichtet sind. Im Rahmen dieser Forschungsprogramme wurden auch Aspekte zur Generierung von Lagebildern auf verschiedenen Stufen und in verschiedenen Räumen aufgenommen. Zudem konnten dank des Forschungsprogramms "Cyberspace und Information" diejenigen Kompetenzen aufgebaut werden, welche bei der Umsetzung des Aktionsplans Cyber Defence VBS²⁰ (APCD) zur Ansiedlung des Cyber-Defence-Campus bei armasuisse W+T führten. Das prioritäre Thema "unbemannte mobile Plattformen", welches im Forschungsschwerpunkt "Technologieintegration für Einsatzsysteme" bearbeitet wurde, hat eine strategische Neuausrichtung erfahren, indem die Verknüpfung zwischen akademischer Spitzenforschung und Anwendungen im militärischen Bereich intensiviert wurde. Um das Potenzial der Forschungsergebnisse für Einsatzkräfte im Katastrophenfall aufzuzeigen, wurde unter dem Label ARCHE²¹ ein regelmässig durchgeführter Anlass ins Leben gerufen, an dem in einer realistischen Einsatzumgebung die Leistungsfähigkeit robotischer Systeme einem interessierten Publikum demonstriert werden. Um der technologischen Entwicklung im Bereich der Robotik und der steigenden Nachfrage von Expertenleistungen genügend Rechnung zu tragen, wurde in armasuisse W+T das Schweizerische Drohnen- und Robotikzentrum (SDRZ) gegründet, dessen Ziel es ist, dem VBS das notwendige Wissen und geeignete Testinfrastruktur zur Verfügung zu stellen. Der Einsatz von Technologie-Demonstratoren in einsatzorientierten Szenarien hat sich auch im Bereich der Abwehr von Kleindrohnen (C-UAV²²) bewährt. Der Anlass, welcher unter Beteiligung von Hochschulen und Industrie durchgeführt wurde, konnte nicht nur den technologischen Entwicklungsstand aufzeigen, sondern die Teilnehmenden auch hinsichtlich des Bedrohungsrisikos sensibilisieren. Im Forschungsschwerpunkt "Innovation und Querschnittsthemen" wurde das Forschungsprogramm "Technologie-Früherkennung" neu aufgesetzt. Dazu wurden

²⁰ Aktionsplan Cyber Defence VBS, Teil 2: Umsetzung – Revision, 23.11.2018

²¹ ARCHE: Advanced Robotic Capabilities for Hazardous Environment

²² C-UAV: Counter Unmanned Air Vehicles

Instrumente zur Erkennung von Technologietrends, Methoden zur Technologiefolgeabschätzung, nationale und internationale Expertennetzwerke sowie verschiedene Kommunikationskanäle in Form von Newsletters, Anlässen, Workshops und Publikationen etabliert. Der Forschungsschwerpunkt "Innovation und Querschnittsthemen" umfasste aber auch sozio-technische Aspekte, welche für die Implementierung von Technologien in eine Organisation eine zentrale Rolle spielen. So wurde mit Hilfe der CD&E¹⁸-Methode der Einfluss von verschiedenen Technologien auf die Fähigkeiten von militärischen Verbänden untersucht. Zur Intensivierung der internationalen Zusammenarbeit wurden in Kooperation mit Deutschland und Österreich (DACH) zwei Expertengruppen in den Bereichen technologische Früherkennung und C-UAV eingesetzt. Zudem konnten im Rahmen des NATO-Programms Partnerschaft für den Frieden (NATO/PfP) in der "Science and Technology Organisation" (STO) erstmals zwei permanente Vertreter in den Panels "Sensors- and Electronics-Technologies" (SET) und "Modelling and Simulation Group" (MSG) etabliert werden. Auch in der Kooperation mit der Europäischen Verteidigungsagentur (EVA) wurde durch die Besetzung von Gremien zur fähigkeitsorientierten Ausrichtung von Technologieportfolios (CapTech's) die Grundlagen für mögliche Kooperationen geschaffen. Schliesslich wurde durch die Unterzeichnung eines RDT&E²³-Abkommens mit den USA die Türe für Kooperationen mit Forschungseinrichtungen der amerikanischen Streitkräfte geöffnet.



Abbildung 9: Der Cyber Defence Campus ist das wissenschaftliche Rückgrat der Cyberverteidigung für die Schweizer Armee. Er wurde 2019 gegründet und ist ab 2020 operativ.

²³ RDT&E: Research, Development, Test and Evaluation

2.6 Finanzierung

Der Forschungsaufwand in den Jahren 2017 bis 2020 setzt sich aus Eigenleistungen und der Finanzierung von Aufträgen an externe Forschungspartner zusammen. Die Eigenleistungen umfassen das Forschungsmanagement, die Führung von Forschungsprogrammen und die Durchführung von Projekten in Bereichen, in denen keine externen Partner zur Verfügung stehen. Eigenleistungen werden im Form von Vollkosten, also unter Berücksichtigung sämtlicher Zuschläge im Sinne der mehrstufigen Deckungsbeitragsrechnung und gemäss Aufwand an Personen und Maschinen (Geräte, Labors, Anlagen) ausgewiesen. Die Akzeptanz der Forschung im Departement konnte massiv gesteigert werden, weil mittels Forschung rechtzeitig Kompetenzen aufgebaut wurden, die in Expertisen zugunsten von Armee und Beschaffung eingeflossen sind. Dies hat sowohl fachlich wie auch terminlich zu einer guten Bewertung der Leistungen von W+T geführt. Die gute Reputation im Departement manifestiert sich auch in der Tatsache, dass armasuisse W+T den Personalbestand erhöhen konnte. Die herausfordernden und interessanten Aufgabenstellungen zu Forschungsthemen haben geholfen, fachlich qualifiziertes Personal zu gewinnen. Zudem konnte auch die Internalisierung der Forschungsprogrammleitungen weiter umgesetzt werden. Beides hat einen Einfluss auf den ausgewiesenen Intramuros-Forschungsaufwand, welcher seit 2016 kontinuierlich leicht erhöht werden konnte.

Die Finanzierung von Forschungsleistungen externer Partner erfolgt auftragsbezogen und projektbasiert. Dabei wählt armasuisse W+T seine Forschungspartner auf der Basis der vorhandenen Grundkompetenz aus und erteilt die Forschungsaufträge auf den spezifischen Bedarf von Schweizer Sicherheitskräften ausgerichtet, gemäss dem Add-On-Prinzip.



Abbildung 10: Forschungsaufwand der armasuisse für die LFP Periode 2016 – 2020, aufgeteilt nach Intramuros (gold) - und Extramuros (silber).

2.7 Herausforderungen und Handlungsbedarf

Die Schweizer Armee hat in den Jahren 2023 bis 2032 einen Investitionsbedarf von rund 15 Mrd. Franken. Dies bietet zwar die Chance, die verfügbare Ausrüstung massgeblich zu erneuern, ist aber auch mit zahlreichen Herausforderungen gekoppelt. So sind wir heute in einer Zeit des technologischen Umbruchs. Der technologische Fortschritt mit seinen kurzen Innovationszyklen in ausgewählten Technologiebereichen stellt sich der eher langfristig ausgerichteten Planung und Nutzung von Systemen der Armee entgegen. Hinzu kommt, dass die weitgehende Digitalisierung und Vernetzung von Dienstleistungen und Produktionsprozessen, welche in der zivilen Welt aktuell für einige gesellschaftliche und wirtschaftliche Umbrüche sorgt, im militärischen Bereich mit einigem Nachholbedarf erst angestossen wurde. Die meisten Streitkräfte haben die digitale Transformation erst noch vor sich, so auch die Schweizer Armee. Die digitale Kluft zwischen Zivilgesellschaft und Streitkräften stellt insbesondere eine Milizarmee vor grosse Herausforderungen, um für eine junge Generation von Wehrpflichtleistenden attraktiv zu erscheinen. Bei der digitalen Transformation geht es nicht nur darum, die steigende Komplexität der vernetzten Einsatz- und Unterstützungsmittel zu beherrschen, sondern auch die disruptiven Konsequenzen auf Organisation, Prozesse und Kultur in einer Armee in den Griff zu bekommen. Es ist also absehbar, dass die Digitalisierung der Streitkräfte mit einem Change-Prozess einhergehen muss, der eine grosse Flexibilität aller Beteiligten erfordert. Die Forderung nach Flexibilität zielt dabei nicht nur auf die Reaktionsfähigkeit ab, um Bedrohungs- und Risikopotenzialen digitaler Technologien adäquat zu begegnen, sondern auch auf die Herausforderung, rechtzeitig (nicht zu früh und nicht zu spät) in eine Technologie ein- bzw. aus ihr auszusteigen, Anforderungen aufgabengerecht zu adaptieren sowie personelle und finanzielle Mittel flexibler einzusetzen. Dabei muss vermehrt überprüft werden, ob es aus militärischen oder finanziellen Gesichtspunkten sinnvoll ist, eingeführte Systeme der Armee 1:1 zu ersetzen. Dies gilt auch dann, wenn damit ähnliche militärische Fähigkeiten betroffen sind.

Der technische Fortschritt, welcher im kommenden Jahrzehnt zu erwarten ist, erfordert ein hohes Mass an Innovation in fast allen DUOAMPFIS-Entwicklungs- und Massnahmenbereichen, wenn die Schweizer Armee den künftigen Herausforderungen gewachsen sein will. Eine unabdingbare Grundlage für Innovationen sind Kompetenzen in allen relevanten Gebieten. Der Langfristige Forschungsplan 2021-2024 stellt den Aufbau und die Entwicklung der Kompetenzen im technisch-wissenschaftlichen Bereich sicher. Dabei bleibt die Technologie-Früherkennung ein wichtiges Element, um technologische Trends rechtzeitig zu erkennen und in der Weiterentwicklung der Armee zu berücksichtigen. Technologie-Früherkennung soll aber auch erlauben, Forschungsthemen zu priorisieren und so den Kompetenzaufbau von armasuisse W+T zu optimieren. Die Instrumente der rollenden Bedarfsermittlung zur Ausrichtung und Koordination der Forschungstätigkeiten werden regelmässig überprüft und weiterentwickelt.

Damit Innovation in der Armee ermöglicht werden kann, gilt es sicherzustellen, dass der Transfer von Wissen und Erkenntnissen aus der Forschung in die militärische Gesamtplanung stattfindet. Die prozessualen Voraussetzungen dazu wurden im Rahmen von ZUVA geschaffen. Es ist aber zu beachten, dass Innovation immer auch Change bedeutet und dass es absolut normal ist bei der Diskussion und Umsetzung innovativer Ideen auf Widerstände zu stossen. Deshalb sind Innovationsgefässe, wie beispielsweise Think-Tanks, in denen militärische Planung und Technologiebetrachtungen gesamtheitlich bearbeitet wer-

den, zunehmend wichtig. Es geht darum, weitgehend unabhängig von bestehenden Strukturen und Prozessen, unkonventionelle Lösungsmöglichkeiten zu evaluieren, deren Vor- und Nachteile aufzuzeigen und dabei Sparpotenziale zu identifizieren. So muss aus Kostengründen vermehrt die Nutzung ziviler Informationen, Dienstleistungen, Güter und Infrastrukturen in Betracht gezogen werden, ohne dabei die Gefahren und Abhängigkeiten auszublenden. Es sind Konzepte zu erarbeiten, welche die Anforderungen der Armee an Robustheit und Resilienz szenarienbasiert berücksichtigen.

Der rasche technologische Wandel stellt aber auch hohe Anforderungen an das Technologiemanagement der Armee. Die technologische Transformation einer Armee bedarf einer strategischen Planung. Dazu müssen Technologielandkarten erstellt und aufgrund des jeweiligen Reifegrads entsprechende Roadmaps entwickelt werden. Es wird künftig notwendig sein, seitens staatlicher Behörden generische Architekturen festzulegen, um die Modularität und Kompatibilität ihrer Systeme zu erhöhen und die Abhängigkeit von einzelnen Herstellern zu verringern.

Die Dynamik technologischer Entwicklungen und die hohe Kadenz aufeinander folgender Technologiezyklen zeigt eine gewisse Asynchronität zum Zeitbedarf etablierter Beschaffungsprozesse. Das Problem verschärft sich bei disruptiven Technologieentwicklungen, weil dadurch die militärischen und technischen Anforderungen im Laufe der Beschaffung durch die technologische Entwicklung überholt werden. Daher ist es notwendig, dynamische Evaluationsprozesse zu etablieren, bei denen im Sinne eines "Spiral Developments" technisch Machbares und militärisch Erforderliches gegenseitig abgeglichen werden. Ein Instrument für diesen Abgleich ist CD&E. Dieses ist methodisch weiterzuentwickeln und anzuwenden. Der "Spiral Development"-Prozess ermöglicht Anforderungen zu schärfen und technologische Lösungen hinsichtlich Anwendbarkeit und Reife weiterzuentwickeln. Dabei sind strategische Partnerschaften mit Anbietern unter Einhaltung des Bundesgesetzes zur öffentlichen Beschaffung (BöB) und der entsprechenden Verordnung zu prüfen.



Abbildung 11: CD&E ist eine Methode um neue Technologie im Umfeld der Armee auf ihren Nutzen zu testen. Das Bild zeigt die Erfassung von Daten durch beteiligte Soldaten im Rahmen einer CD&E Kampagne.

Das Potenzial und der disruptive Charakter neuer Technologien soll mit Hilfe von Demonstratoren aufgezeigt werden. Dazu sollen realitätsnahe Szenarien identifiziert und ausgewählt werden, welche weitgehend dem Umfeld von Einsätzen der Armee entsprechen. Um das ganze Potenzial moderner Technologien auszuschöpfen, müssen diese in einer Milizarmee möglichst intuitiv einsetzbar sein. Deshalb ist die Interaktion des Menschen mit modernen Technologien rechtzeitig in die Betrachtungen mit einzubeziehen. Grundsätzlich können zur Demonstration moderner Technologien auch Simulationen und virtuelle Realitäten verwendet werden.

Der Einsatz moderner Technologien wird oftmals kontrovers diskutiert. Oft stellen sich gesellschaftlich-ethische Grundsatzfragen. Als Beispiel kann die Diskussion um den Einsatz künstlicher Intelligenz zur autonomen Steuerung von Fahrzeugen oder im Bereich der Entscheidungsunterstützung genannt werden. Hier muss der interdisziplinäre Diskurs gefördert und unterstützt werden, aber auch in die Umsetzung der Forschungsthemen einfließen.

Die Kooperation mit nationalen und internationalen Experten aus Hochschulen und der sicherheitsrelevanten Industrie muss weiter vertieft und situationsgerecht angepasst werden. Dabei sind die Auswirkungen des europäischen Verteidigungsfonds, welcher die Verteidigungsforschung der europäischen Mitgliedstaaten mit Milliardenbeiträgen unterstützt, auf etablierte bi- und trilaterale Zusammenarbeitsformen mit Schweizer Beteiligung noch nicht absehbar. Die Entwicklung dieser Situation gilt es aktiv zu beobachten und je nach Handlungsspielraum mögliche Massnahmen zu ergreifen.

3 Forschungsschwerpunkte und prioritäre Themen 2021-2024

Basierend auf den Vorgaben und den beschriebenen Prozessen (vgl. Abbildung 2) wurden durch die interne wissenschaftliche Begleitkommission und die verantwortlichen Experten des Fachbereichs "Forschungsmanagement und Operations Research" der armasuisse vier Forschungsschwerpunkte (FSP) für die Jahre 2021-2024 abgeleitet (vgl. Abbildung 12).

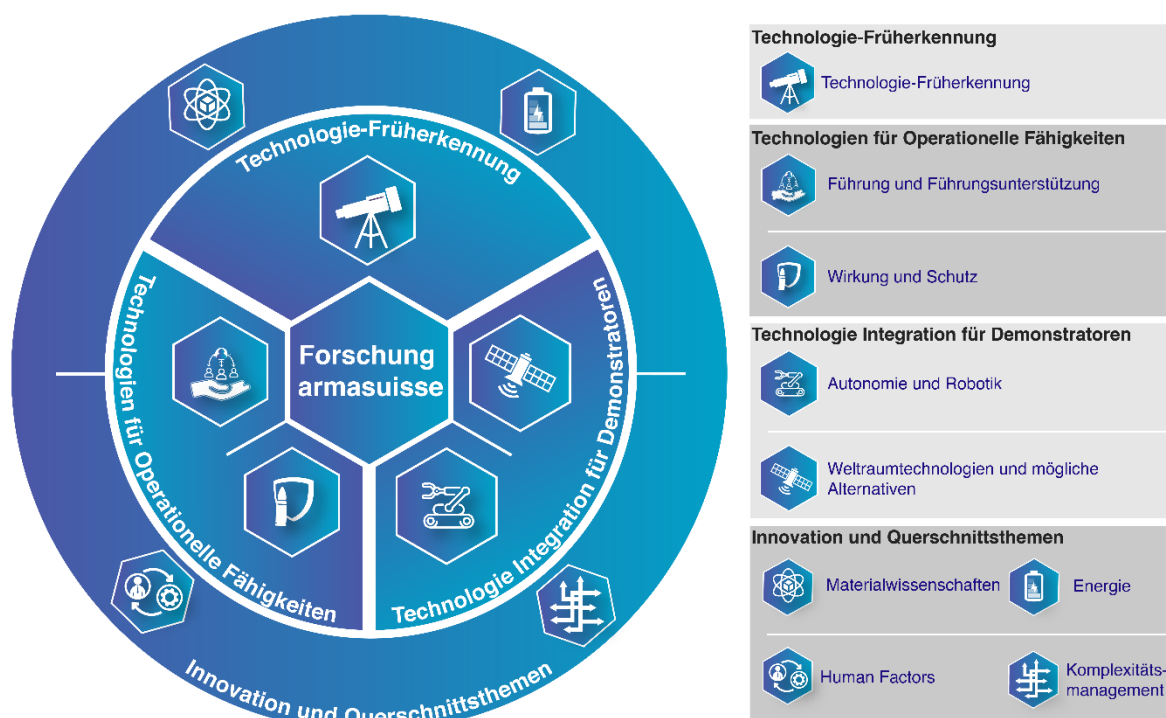


Abbildung 12: Geplante Forschungsschwerpunkte und prioritäre Themen für die Jahre 2021-2024

1. Der FSP "**Technologie-Früherkennung**" dient der rechtzeitigen Erkennung von Technologieentwicklungen mit disruptivem Potenzial für die Fähigkeiten der Armee. Das Beobachtungsfeld ist breit, die Bearbeitungstiefe gering, der zeitliche Fokus langfristig.
2. Der FSP "**Technologien für Operationelle Fähigkeiten**" setzt sich aus den beiden prioritären Themenfeldern Technologien für "Führung und Führungsunterstützung" sowie "Wirkung und Schutz" zusammen. Der primäre Fokus des prioritären Themenfelds "Führung und Führungsunterstützung" umfasst Technologien in den Bereichen Lagebilderstellung und Informationsmanagement, Aufklärung und Überwachung, Kommunikation und Cyber-Sicherheit, sowie Cyber-Defence. Im Rahmen des prioritären Themenfelds "Wirkung und Schutz" werden technologische Entwicklungen im Bereich der physischen Wirkung von Effektoren und Schutzkonzepte für Soldaten, Fahr- und Flugzeuge, Gebäude sowie für Geräte und Anlagen untersucht, mit der Absicht, sicherheits- und verteidigungsrelevante Aufgaben mit der gewünschten Verhältnismässigkeit erfüllen zu können.

3. Der FSP "**Technologieintegration für Demonstratoren**" zielt darauf ab durch die Integration von verschiedenartigen Technologien zu Demonstratorplattformen zu gelangen, welche dazu dienen, Anwendungsmöglichkeiten und Gefahren technischer Innovation für Sicherheitskräfte in konkreten Szenarien zu zeigen. Solche Plattformen haben das Potenzial, mehrere Operationelle Fähigkeiten gleichzeitig abzudecken. Ein wichtiges prioritäres Themenfeld in diesem Forschungsschwerpunkt ist "Autonomie und Robotik", in welchem die Einsatzmöglichkeiten von robotischen Systemen zu Land, zu Wasser und zur Luft aufgezeigt werden. Das zweite prioritäre Themenfeld zielt auf "Welraumtechnologien und mögliche Alternativen" ab. Es geht darum, Einsatzkräfte robust gegen Leistungsausfälle aus dem Weltall auszugestalten und einseitige Abhängigkeiten möglichst zu vermeiden. Aufgrund der technologischen Entwicklungen gilt es zu verfolgen, in wieweit sich Plattformen im Weltall für Kleinstaaten erschliessen. Zudem soll abgeklärt werden, ob es kostengünstige Alternativen zu heutigen Weltraumanwendungen gibt.
4. Der FSP "**Innovation und Querschnittsthemen**" adressiert die Beobachtung technologischer Befähigungstechnologien wie Materialwissenschaften oder Energiethemen, welche technologischen Fortschritt auf der Ebene von Plattformen oder deren Komponenten erst ermöglichen. Ein weiteres prioritäres Themenfeld in diesem Forschungsschwerpunkt erschliesst den Umgang mit Komplexität und der Einfluss von "Human Factors". Es geht darum, die gegenseitige Beeinflussung von Mensch und Technik zu untersuchen, um zu verstehen, wie die Leistungsfähigkeit von Sicherheitskräften optimiert werden kann.

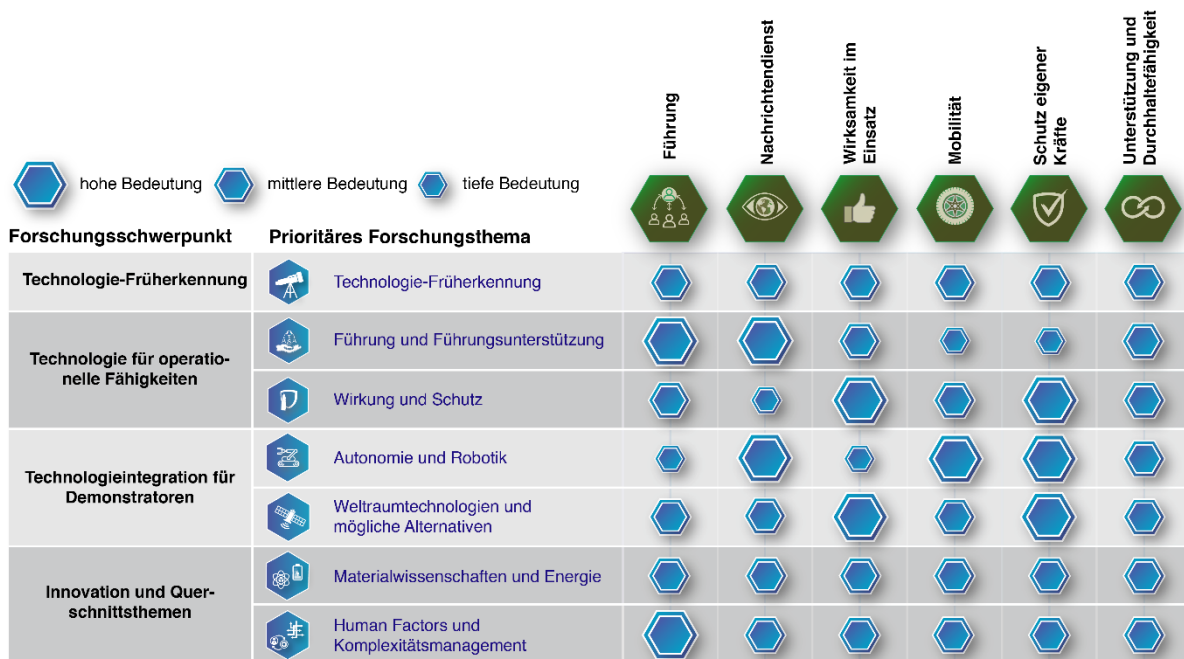


Abbildung 13: Geplante Forschungsschwerpunkte und deren prioritäre Themenbereiche 2021-2024 bezogen auf ihre Bedeutung für die zukünftigen Fähigkeitsbereiche der Armee.

Der LFP 2021-2024 ist auf Operationelle Fähigkeiten der Armee ausgerichtet. Damit soll die Anwendungsorientierung (vgl. Kapitel 2.3.1) von prioritären Themenfeldern gestärkt und der Nutzen für Sicherheitskräfte transparent dargestellt werden. Das Detail kann aus Abbildung 13 entnommen werden. In den folgenden Kapiteln werden die prioritären Themen innerhalb der Forschungsschwerpunkte einzeln dargestellt und erläutert.

3.1 Technologie-Früherkennung und Technologie-Monitoring

Stichworte

Analysen, Antizipation, blinde Flecken, Brainstorming, Crowdsourcing, Disruption, Dual-Use, Design-Thinking, Enabler-Technologien, Expertennetzwerke, Imagination, Informationsmanagement, Informationsquellen, Informationsverarbeitung, Innovationen, Inspiration, Kompatibilität, künstliche Intelligenz, nationales und internationales Kompetenznetzwerk, Kulmination, Neuigkeiten, Opportunitäten, Patente, Prognosen, radikaler Technologiewandel, Risikoabbau, schwache Signale, schwarze Schwäne, Science Fiction, Semantische Strukturen, Sicherheitsrelevante Technologie- und Industriebasis (STIB), Szenarien, Szenariotechnik, Technologieentwicklung, Technologie-Früherkennung, Technologie-Hype, Technologielandkarte, Technologiemic, Technologie-Monitoring, Technologiereifegrad, technologische Überlegenheit, Techno-War-Simulation, Tendenzen, Trends, Visionen, Wissenschaft, Wissensmanagement, Wissenstransfer, Workshops, Zukunft

3.1.1 Veranlassung und Nutzen

Bei der Weiterentwicklung von Streitkräften und deren Operationellen Fähigkeiten sind technologische Entwicklungen zwingend zu berücksichtigen. Dabei stehen Technologie und Doktrin in einer wechselseitigen Abhängigkeit zueinander. Während die Doktrin aufzeigt, wie Streitkräfte eingesetzt werden, hat die Verwendung von Technologien starken Einfluss darauf, mit welchen Mitteln dies geschieht. Technologische Überlegenheit führt nicht zwangsläufig zum Erfolg. Eine erfolgreiche Operationsführung ist viel eher auf eine gute Abstimmung zwischen Technologie und Doktrin angewiesen. Es gilt einerseits sicherzustellen, dass operative Vorteile, welche durch technologische Innovation entstehen können, doktrinal hinterlegt werden, um damit eine bestmögliche Ausschöpfung ihres Potenzials zu gewährleisten. Andererseits ist es unabdingbar, die eigene Doktrin regelmässig auf ihre Wirkung zu überprüfen, wenn ein Gegner neue technologische Möglichkeiten zur Anwendung bringt. Dies ist besonders in einem hybriden Umfeld relevant. Technologie-Früherkennung (Technologie-Scanning) und Technologie-Monitoring sind folglich zentral und zwar sowohl - im Sinne der Ausnutzung von Chancen - für die Ausgestaltung der eigenen Doktrin als auch - zur Vermeidung oder zumindest Minderung von Risiken - für die kontinuierliche Weiterentwicklung von Planungs- und Doktringrundlagen²⁴.

Es fällt auf, dass viele Staaten aber auch supranationale Organisationen in den letzten Jahren umfangreiche Programme zur Erkennung und Verfolgung von Technologieentwicklungen gestartet haben, mit dem Ziel allfällige Chancen und Risiken für Sicherheitskräfte abzuschätzen. Dabei werden Technologietrends relativ offen diskutiert, während man die daraus zu ziehenden Konsequenzen auf die Streitkräfteentwicklung bedeutend zurückhaltender kommuniziert. Eine wirksame Technologie-Früherkennung muss Sicherheitskräfte also nicht nur auf relevante Technologieentwicklungen aufmerksam machen, sondern auch mögliche Konsequenzen, d.h. daraus resultierende Chancen und Gefahren, aufzeigen.

Grundsätzlich sind zwei zeitliche Horizonte zu unterscheiden. Während mit Hilfe von Technologie- und Marktmonitoring ein mittelfristiger zeitlicher Fokus gesetzt wird, ist Technologie-

²⁴ Militärdoktrin 17 – Doktringrundlagen der Armee (MD17 DGA)

Früherkennung eher langfristig angelegt. Technologie- und Marktmonitoring bilden die Grundlagen für die Bewertungen von Technologien und für die Erstellung von Roadmaps. Auf dieser Basis können Sicherheitskräfte beraten werden, ob sie auf eine neue Technologie setzen sollten oder gar müssen (z. B. Ablösung einer Technologie) und wann der Zeitpunkt dazu ideal ist. Nur so kann der effiziente Einsatz finanzieller Mittel in adäquate Technologien gewährleistet werden.²⁵ Um das Risiko von Fehlinvestitionen zu minimieren, müssen Technologie-Beurteilungen bereits in den frühen Planungsphasen von Systembeschaffungen einfließen. Im Gegensatz dazu fließen Erkenntnisse aus der Technologie-Früherkennung primär in die Streitkräfteentwicklung ein und leisten daher einen Beitrag zur Reduktion von Planungsrisiken. In beiden Fällen sind die aktuellen Trends und Entwicklungen laufend zu beobachten. Der Fokus soll dabei nicht zu eng auf reine Rüstungstechnologien gesetzt werden; zivile Technologien mit Dual-Use-Potenzial sind in die Betrachtungen mit einzubeziehen.

Dieses Vorgehen hat vor allem mit einem Paradigmenwechsel in der Technologieentwicklung zu tun, der in den beiden vergangenen Dekaden stattgefunden hat. Waren es früher vor allem das Militär und die Weltraumforschung, welche die Technologien vorantrieben und immer nach besserer Ausrüstung strebten, so wird heute das Tempo des technologischen Fortschritts in vielen Bereichen durch den zivilen Markt diktiert. Da immer mehr Technologien sowohl zivil wie auch militärisch nutzbar sind, entsteht für Streitkräfte ein gewisser Druck, ihre Einsatzmittel dem Stand der Technik ziviler Märkte anzupassen. Dies kann für Sicherheitskräfte aus ökonomischer Sicht durchaus interessant sein. Sehr oft erfüllen jedoch zivile Produkte die Anforderungen von Einsatzkräften nicht vollständig, so dass teure Anpassungen notwendig werden, was wiederum zur Konsequenz hat, dass neuste Technologien weniger rasch zum Einsatz kommen als in der zivilen Welt. Während früher Streitkräfte über Ausrüstungen verfügten, die auf den neusten Technologien beruhten, scheinen sie heute vermehrt mit einem Technologierückstand konfrontiert zu sein. Dieser Rückstand kann in der Nutzungsphase zu höheren Betriebskosten führen.

Die Entwicklung von Technologien für zivile Anwendungen erfolgt in einigen Bereichen sehr dynamisch, in grosser Vielfalt und teilweise komplementär oder parallel zueinander. Daraus entstehen Produkte, welche neue Möglichkeiten und Vorgehensweisen erschliessen, aber auch neue Geschäftsmodelle generieren und alte zum Verschwinden bringen. Man spricht in diesem Zusammenhang von Disruption. Weil sich disruptive Entwicklungen nachhaltig auf das ökonomische, soziale, rechtliche, ethische und operationelle Umfeld auswirken können, müssen diese erkannt und in die Entwicklungs- und Planungsprozesse von Sicherheitskräften einbezogen werden, sei es um die Einsatzmöglichkeiten einer potenziellen Gegenseite zu kennen oder auch die Vorteile von Technologien mit hohem Disruptionspotenzial zu nutzen.

²⁵ Teilstrategie Technologie Verteidigung 2020

3.1.2 Mehrwert der Forschungsergebnisse

3.1.2.1 Mehrwert für VBS, A Stab, CdA, IBV, EDA

- Beratung und Unterstützung in Technologiefragen
- Aufzeigen der Verbindung von Operationellen Fähigkeiten der Armee zu Technologien
- Beurteilen des Reifegrads von Technologien
- Verfassen von Technologieberichten und Präsentation der Erkenntnisse an Veranstaltungen
- Organisation von Thementagen
- Sicherstellung der Technologieexpertise in verschiedenen Schweizer Delegationen
- Führung des Antizipationsprozesses (Think Tank Innovation, vgl. Abbildung 4) über neue Technologien und deren Konsequenzen auf die Sicherheitskräfte der Schweiz
- Entwicklung von Kenntnissen und Werkzeugen zur Prioritätensetzung von Technologien
- Betrieb einer Plattform mit strukturierter Ablage von Technologieinformationen
- Unabhängige Beratung in verschiedenen Technologiebereichen

3.1.2.2 Mehrwert für armasuisse

- Übersicht über verschiedene Zukunftstechnologien und deren Reifegrad
- Identifikation von Technologien, welche heute in armasuisse W+T noch nicht bearbeitet werden
- Technologische Wissensbasis zur Anpassung, Beendigung oder Start eines neuen Forschungsprogramms
- Integration von interessierten Kreisen in den Prozess der technologischen Antizipation
- Entwicklung einer spezifischen Technologie-Früherkennung für Schweizer Sicherheitskräfte.

3.1.3 Zielsetzungen

Das Ziel einer umfassenden Früherkennung und eines entsprechenden Monitorings von Technologieentwicklungen ist die Konsolidierung der Informationen aus den laufenden Forschungsprogrammen und die Identifikation von Technologien, welche sich thematisch ausserhalb der Ausrichtung laufender Forschungsprogramme befinden, aber dennoch relevant für die Aufgabenerfüllung von Sicherheitskräften werden können. Der Schwerpunkt bei der Technologie-Früherkennung fokussiert auf Technologien, die sowohl im zivilen als auch militärischen Umfeld ein Disruptionspotenzial besitzen.

Der effiziente Aufbau einer ausgewogenen 360°-Technologieübersicht ist nur mit Hilfe eines Netzwerkes aus nationalen und internationalen Partnern umsetzbar. Solche Netzwerke sind sehr nützlich, weil die meisten interessanten Technologien per se ziemlich universell betrachtet werden können, auch wenn es bei deren Implementierung im Umfeld von Sicherheitskräften je nach Land sehr unterschiedliche Lösungen geben kann. Ein Netzwerk hilft innert vernünftiger Zeit zu nützlichen Informationen zu kommen, um diese anschliessend hinsichtlich Verlässlichkeit und Relevanz bewerten zu können.

Wie unsere Erfahrung aus den letzten fünf Jahren zeigt, gibt es diverse öffentlich zugängliche Studien aus verschiedenen Ländern in sehr guter Qualität. Im Rahmen der Technologie-Früherkennung sollen aktuelle Studien, welche sich mit Antizipation und Entwicklung von Zukunftsperspektiven befassen, analysiert und ausgewertet werden. Dabei geht man über die rein technische Betrachtung hinaus und versucht damit verbundene Chancen und Bedrohungen für die nationale Sicherheit abzuleiten. Neben den rüstungspolitischen und militärökonomischen Auswirkungen, sind mögliche Konsequenzen auf die Operationellen Fähigkeiten der Schweizer Armee aufzuzeigen. Es sollen sowohl Aussagen bezüglich des Reifegrads von Technologien formuliert als auch ihr disruptives Potenzial abgeschätzt werden. Dabei geht es nicht so sehr darum die technologische Entwicklung zu prognostizieren, sondern eher mit Hilfe eines strukturierten und kontinuierlich vorangetriebenen Ansatzes mögliche Zukunftsszenarien zu skizzieren, mit den Interessierten zu diskutieren und für die Entwicklungs- und Planungsprozesse der Armee bereitzustellen. Die Armee soll rechtzeitig und möglichst genau wissen, welche neuen Technologien auftauchen und wie relevant diese für Rüstungsgüter sein können. Sie muss wissen, ob ein Einstieg auf eine neue Technologie verzichtbar, sinnvoll oder gar notwendig ist.

Dabei soll ein trans-disziplinärer Ansatz gewählt werden, bei dem die verschiedenen Akteure, welche die Zukunft nationaler Sicherheitsinstrumente gestalten, einbezogen werden. Die Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Perspektiven, Kompetenzen und Meinungen soll helfen, die Einschätzung der Auswirkungen künftiger Technologieentwicklungen zu objektivieren und breiter abzustützen. Es ist vorgesehen, in ausgewählten Bereichen mit grossem Disruptionspotenzial für die Schweizer Armee vertiefte Abklärungen vorzunehmen.

Die Ableitung von disruptiven Konsequenzen aus technologischen Entwicklungen erfordert Offenheit und Imagination der beteiligten Akteure. Dazu muss im Rahmen von Workshops ein Rahmen geschaffen werden, der innovatives und zukunftsorientiertes Denken fördert. Anhand von konkreten Szenarien und Kreativmethoden, wie Design-Thinking- oder spieltheoretischen Ansätzen, sollen disruptive Auswirkungen für die verschiedenen Akteure erlebbar gemacht werden. So kann es gelingen, das Disruptionspotenzial von technologischen Entwicklungen aufzuzeigen und an konkreten Beispielen zu demonstrieren, wie sich Vorgehens- und Verhaltensweisen durch disruptive Effekte ändern. Ziel ist es, bei den verschiedenen Akteuren ein nachhaltiges Bewusstsein zu schaffen, welche Konsequenzen disruptive Entwicklungen in ihrem Arbeitsumfeld haben könnten.

Erkenntnisse aus der Technologie-Früherkennung werden durch verschiedenste mediale Kanäle (Kongresse, Informationsveranstaltungen, Broschüren, Publikationen, Vorträge etc.) einem interessierten Publikum, prioritär aus dem VBS, zur Verfügung gestellt, um auch in der Breite das Bewusstsein für die Auswirkungen technologischer Entwicklungen zu schaffen.

3.1.3.1 Umsetzungsziele 2021-2024

Im Rahmen des Forschungsprogramms "Technologie-Früherkennung" sollen die technologischen Entwicklungen mit Relevanz für staatliche Sicherheitskräfte antizipiert und beschrieben werden. Auch die anderen Forschungsprogramme sind angehalten in ihren spezifischen Gebieten ihre Beiträge dazu zu liefern. Ein Informationssystem zur Identifikation und Klassifizierung neuer Technologien auf der Basis eines Crowdsourcing-Ansatzes soll helfen, die

Informationsfülle handhabbar und nutzbar zu machen. Die darin enthaltenen Informationen bilden die Basis für eine regelmässige Orientierung einschlägiger Kreise. Die Bewertung neuer Technologien hinsichtlich ihres Einflusses auf die Operationellen Fähigkeiten der Armee einerseits und den Bedarf an technologischen Leistungen aufgrund der Priorisierung von Operationellen Fähigkeiten andererseits, bilden den Wirkungskreis (vgl. Abbildung 14) sowohl für die Relevanz technologischer Entwicklungen für die Armee als auch für ihre Fähigkeitsentwicklung. Das internationale Netzwerk im Rahmen der EVA Technology Foresight und des NATO Core Teams soll weiterhin genutzt werden. Trans-disziplinäre Ansätze wie Techno-War-Simulation und Design Thinking, aber auch die Etablierung von Think-Tanks zu spezifischen Zukunftsthemen werden weiter vorangetrieben. Die Erkenntnisse aus der Technologie-Früherkennung werden durch Newsletter, Informationsveranstaltungen, Publikationen, Vorträgen und Expertisen interessierten Kreisen innerhalb des VBS zugänglich gemacht.

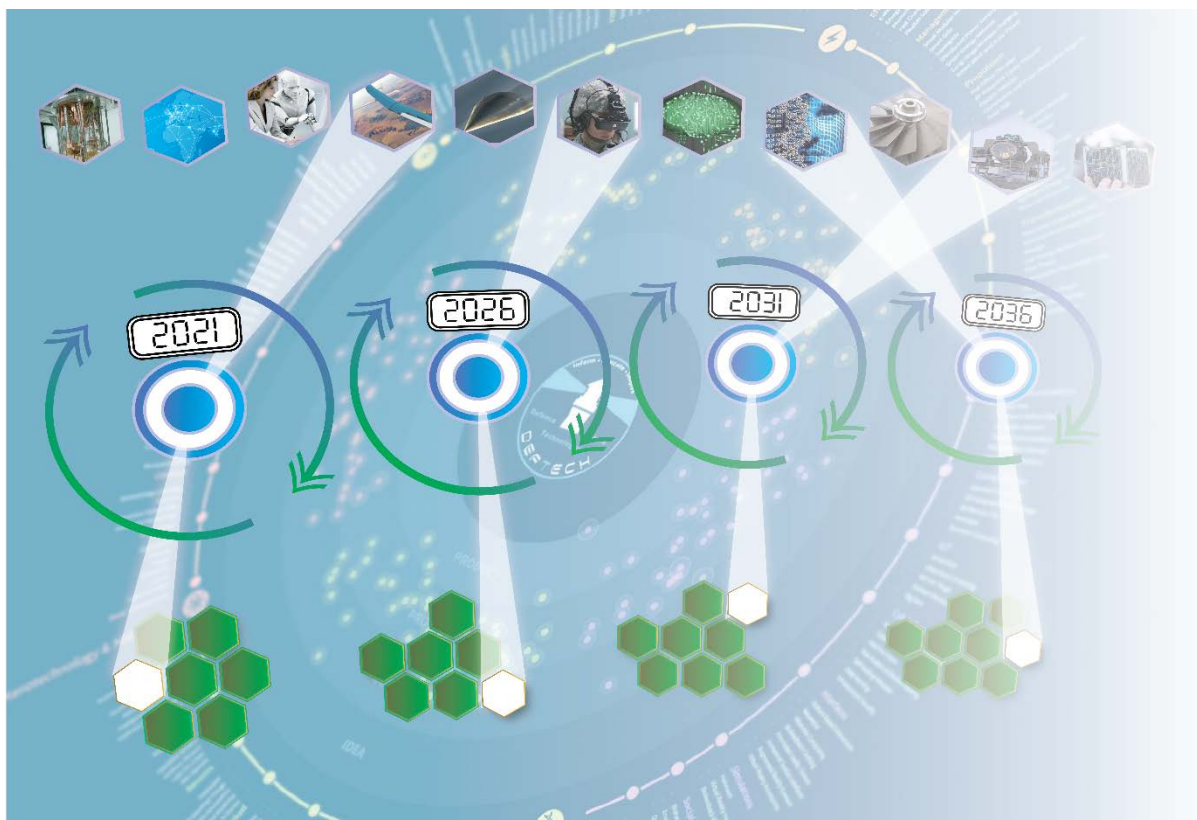


Abbildung 14: Basis für die Technologiefrüherkennung ist ein 360 Grad Radar zur Erfassung, Bewertung und Verfolgung von Technologietrends. Dabei sind auch Wechselwirkungen zwischen Technologien (obere Waben, Megatrends) und militärischen Fähigkeiten (untere, grüne Waben) im zeitlichen Verlauf zu beachten. Weisse Waben repräsentieren Fähigkeitslücken, welche durch Technologien verursacht werden und grüne Waben zeigen den Fähigkeitsbedarf, welcher durch Technologien abgedeckt werden soll.

3.1.4 Potenzielle Partner – Nationale und internationale Zusammenarbeit

3.1.4.1 Universitäten und Hochschulen

- ETH Zürich, Center for Security Studies
- EPF Lausanne
- emlyon Business School
- Haute école de gestion de Genève

3.1.4.2 Industrie

- Centredoc, Neuenburg
- Envisioning Ltd, Sao Paolo (BRA)
- Helvetia Games SA
- IHS Global Ltd. - IHS Markit
- Maison d'Ailleurs
- RAND Europe, Cambridge (UK)
- Strategic Business Insights Ltd, London (UK)
- Swissnex China und San Francisco
- Weiterdenken.ch

3.1.4.3 Bund

- VBS / Verteidigung / A Stab / Militärdoktrin
- VBS / Verteidigung / A Stab / Armeepanung
- VBS / GS-VBS / Verteidigung und Rüstungspolitik
- EDA / STS-EDA / Rüstungskontrolle und Abrüstung
- WBF / SBFI / Internationale Beziehungen – Swissnex

3.1.4.4 Staatliche Partner

- Agence de l'Innovation de Défense (FRA)
- Europäische Verteidigungsagentur – EVA
- Fraunhofer Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen, Euskirchen (DEU)
- Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH – IABG (DEU)
- Ingénieur de recherche CREC Saint-Cyr (FRA)
- NATO/PfP STO

3.2 Technologien für Operationelle Fähigkeiten: Führungsunterstützung

Stichworte

3D-Mapping, Abstandsaufklärung, Adaptive Antennen, Adaptatives Beamforming, Active Electronically Scanned Array (AESA), Akustik, Allwettertauglichkeit, Anonymität, Aufklärung, autonome Überwachung, Bandbreite, Bewegtzieldetektion, Big Data, bildgebende Verfahren, biologische Kampfstoffe, Blockchain, Breitbandtechnologie, C4I, Change Detection, Clutter, Codierung, Communication Intelligence (COMINT), Compressed Sensing, Computertechnik, Continuous Authentication, Crowdsourcing, Cyber-Defence, Cyber-Raum, Cyber-War, Datalink, Datenfusion, Datenschutz, Detektion und Identifizierung, Detektion mehrerer Ziele (multi-target tracking), Dismount Moving Target Indication (DMTI), Echtzeitinformation, elektromagnetisches Spektrum, Electronic Intelligence (ELINT), Firewall, Frequenzmanagement, Georeferenzierung, Hacking, Holografie, Honeytrap, Human Intelligence (HUMINT), Hyperspektral, Identification Friend Foe (IFF), Image Intelligence (IMINT) Informatiksicherheit, Information Operations, Informationsaufbereitung, Informationsschutz, Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), Interferometrie, Internet of Things, Intrusion Detection, ISTAR, Jamming, Kleindrohndetektion, kognitives Radar, kognitives Radio, Kommunikationsrelais, kompromittierende Signale, Kryptologie, Lagebild, Laser, lokale Intelligenz, Lokalisierung, Luftlagebild, Malware, Mapping, Multiple Input Multiple Output (MIMO), Miniaturisierung, mobile Kommunikationsnetze, mobiles Radar, Multifrequenz Antenne, multispektrale Sensorik, multistatisches Radar, Nachtsicht, Nanotechnologie, Nanosatelliten, Navigation, Open Source Intelligence (OSINT), Optronik, Ortung, Passivradar, Peilung, Polarimetrie, Postquantum-Encryption, Privacy, Quantencomputer, Quantum-Key-Distribution, Quantsensing, Radar Cross Section (RCS), Radar Intelligence (RADINT), Restlichtverstärker, Satelliten, Schutzalarmierung, Semantische Datenstrukturen, Sensorfusion, Sensorik, Sensornetzwerke, Signal Intelligence (SIGINT), Signal- und Datenverarbeitung, Signalformen, Signaturen, Simulation, Sniper detection, Social Media, Social Media Intelligence (SOCMINT), Software Defined Radio, Spektralanalyse, Sprachverständlichkeit, Spread Spectrum, Synthetic Aperture Radar (SAR), Tarnung, Telekommunikation, THz, Übermittlung, Überwachung-360°, Unlicensed Band, Visionik (Gated Viewing), Virtuelle Realität (VR), Visualisierung, Warnsensorik, Weitwinkelsensorik, Wellenausbreitung

3.2.1 Veranlassung und Nutzen

Unsere Gesellschaft steht in einem umfassenden Wandel, der massgeblich durch neue Informations- und Kommunikationstechnologien getrieben wird. Die sogenannte vierte industrielle Revolution betrifft die Wirtschaft, die Art der sozialen Interaktionen, die Geschwindigkeit der technologischen Entwicklungen, aber auch den Bedarf an Sicherheitsinstrumenten nachhaltig. Gleichzeitig ist ein Erstarren nationaler Machtpolitik und damit auch eine Schwächung der supranationalen Konsenspolitik zu beobachten. Längst bedienen sich Grossmächte wie Russland, China oder die USA modernster Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) in der Grauzone internationaler Reglementarien, um ihre Interessen

durchzusetzen. Dem gegenüber steht aber auch eine internationale Massenbewegung, welche Politik und Wirtschaft auffordert, Natur und Umwelt zu schonen, indem der sorgsame und nachhaltige Umgang mit Ressourcen und die Entwicklung von saubereren Technologien gefördert werden.

Der Hype um künstliche Intelligenz regt die öffentliche Diskussion um autonome Waffensysteme stark an. Dabei ist die Gesellschaft schon längst mit der Tatsache konfrontiert, dass mit Hilfe künstlicher Intelligenz (Social Bots) in sozialen Netzwerken die Meinungsbildung ganzer Bevölkerungsgruppen manipuliert und damit demokratische Prozesse beeinflusst werden. Längst ist die Verwertung grosser Daten- und Informationsmengen auch zum Geschäftsmodell global tätiger Konzerne und zur Quelle nachrichtendienstlicher Informationsbeschaffung geworden.

In der zivilen Gesellschaft ist die hohe Verfügbarkeit von Informationen und Wissen, welche jederzeit, von jedem Ort aus und jederzeit aktuell abrufbar sind, bereits weitgehend Tatsache. Dies führt zu einer Beschleunigung des Informationsaustauschs und aller damit verbundenen Prozesse, die darauf abzielen einen Informationsvorsprung nutzen zu können. Die Geschwindigkeit des Informationsaustausches birgt insbesondere in Gratis- und Online-medien die Gefahr von falschen, nicht-überprüften, einseitigen, mehrdeutigen oder widersprüchlichen Inhalten. Im kommerziellen Bereich werden die breitbandigen Übertragungstechnologien (z.B. 5G) die Kommunikation von Maschine zu Maschine (IoT²⁶) und von Mensch zu Maschine in grossem Massstab ermöglichen. Die Digitalisierung der Armee ist bedeutend weniger weit fortgeschritten als diejenige im zivilen Bereich. Auch auf internationaler Ebene ist eine Kluft zwischen zivilen und militärischen Anwendungen spürbar. Die besonderen Anforderungen hinsichtlich Robustheit und Resilienz im militärischen Umfeld ziehen Entwicklungskosten nach sich, die angesichts der hohen Marktregulierung im Rüstungsbereich für viele Firmen wenig attraktiv erscheinen. Obwohl Streitkräfte durch die Beschleunigung des OODA-Loops mit hoher Wahrscheinlichkeit in ihren Einsätzen einen komparativen Vorteil erlangen werden, stellt die operationelle Umsetzung nach wie vor eine grosse Herausforderung dar. Im zivilen Bereich ist dieser Wandel weiter fortgeschritten, weil sich die Wirtschaft und die Konsumenten an den Vorteilen neuer Geschäftsmodelle, Produkte und Produktionsprozesse orientieren. Eine derartige Umgestaltung von Streitkräften braucht offenbar mehr Zeit, zumal aus Einsatzerfahrungen aufgezeigt werden muss, dass die Nutzung dieser Technologien robuste und krisenresistente Leistungen garantieren. So bleibt für eine Armee die Aktualität von gesicherten Informationen je nach Szenar- und Umweltbedingungen nach wie vor eine Herausforderung.

Trotzdem ist absehbar, dass auch im militärischen Bereich, aufgrund der Technologieentwicklung im Informations- und Kommunikationsbereich, die Menge der auszuwertenden Daten und Informationen massiv zunehmen wird. Die Heterogenität der verschiedenen Quellen erhöht die Komplexität bei der Informationsaufbereitung. Damit steigen sowohl die Anforderungen an verfügbare Big-Data- und Cloud-Lösungen als auch der Bedarf an automatisierten Daten und an Informationsaufbereitung. Aufgrund der beschränkten Verfügbarkeit von Experten wird auf dem Hintergrund der zu erwartenden Daten- und Informationsmengen die Nutzung künstlicher Intelligenz eine wichtige Rolle spielen.

Der Anspruch unserer Gesellschaft auf eine stete Verfügbarkeit von Informationen und Wissen führt aber auch zu einer hohen Abhängigkeit, diese jederzeit uneingeschränkt nutzen zu

²⁶ IoT: Internet of Things

können. Diese Abhängigkeit macht unsere Gesellschaft und auch unsere Sicherheitskräfte verwundbar, zumal der Trend zu Cloud-Computing und Internet-of-Things (IoT) die Situation noch verschärfen dürfte. Die Verteilung und Übermittlung von Informationen auf einem ausgedehnten Netzwerk von Servern ist mit der Frage verbunden, wie die Integrität und Verlässlichkeit aber auch die Sicherheit und Verfügbarkeit von Daten und Informationen in Krisenzeiten gewährleistet werden kann.

Diese Entwicklungen haben auch eine unmittelbare Auswirkung auf die Schweizer Armee. Die Führungszyklen (OODA) werden durch die vernetzte Operationsführung zeitlich massiv verkürzt. Auch die klassische Kompetenzzuweisung muss aufgrund der Verfügbarkeit von Informationen auf unterster taktischer Stufe überdacht und angepasst werden. Insgesamt sind Entscheidungsträger in Einsätzen mit einer erhöhten Komplexität konfrontiert, in der die Verfügbarkeit von gesicherten, aktuellen und entscheidungsrelevanten Informationen zentral ist. Neben den klassischen Faktoren der militärischen Operationsführung – Kraft, Raum und Zeit – ist die Information zum entscheidenden vierten Faktor für die erfolgreiche Auftrags-erfüllung geworden. Um einer Informationsüberflutung entgegenzuwirken, muss geklärt werden, welche Informationen auf welcher Stufe entscheidungsrelevant sind. Dazu sind sowohl die Möglichkeit zur sensornahen Datenauswertung und automatisierten Informationsaufbereitung, als auch eine flexibel abgestufte Informationsfusion und -darstellung aus allen zur Verfügung stehenden Quellen erforderlich.

Eine Herausforderung von Streitkräften liegt in der Variabilität der möglichen gegnerischen Akteure. Einerseits muss sich eine Armee auf Konflikte unterhalb der Kriegsschwelle in einem hybriden Einsatzumfeld und einem unscharfen Bedrohungsbild vorbereiten. Andererseits sieht sie sich aufgrund der geopolitischen Entwicklung wiederum vermehrt mit klassisch-symmetrischen Bedrohungsszenarien konfrontiert. Beobachtungen aus den jüngsten Konflikten zeigen, dass sich das Schwergewicht in der Beschaffung von Informationen eher von rein technischen zu menschlichen Sensoren (HUMINT) und in Richtung taktischer Bildaufklärung (IMINT) mittels Drohnen verschoben hat. Fast alle (Konflikt)-Parteien nutzen heute digitale Medien und soziale Plattformen zu Propagandazwecken. Nicht staatliche Akteure mobilisieren und führen damit vermehrt ihre Anhängerschaft. Deshalb hat die nachrichtendienstliche Auswertung dieser Informationskanäle stark an Bedeutung gewonnen. Insbesondere eine gezielte Auswertung von sozialen Medien (SOCMINT) wie Twitter oder Facebook, scheint dabei sehr ergiebig zu sein. Ferner lassen Crowdsourcing-Ansätze zur Informationsgewinnung ein grosses noch weitgehend ungenutztes Potenzial vermuten. Dazu braucht es entsprechend geschultes Personal und Instrumente, welche die damit verbundenen Datenmengen bewältigen können.

Der Weltraum spielt für die Informationsüberlegenheit eine zunehmend wichtige Rolle. Seit rund zehn Jahren haben moderne Streitkräfte die militärischen Anstrengungen im Weltraum intensiviert. Die Schweizer Armee nutzt heute Navigationssignale aus dem Weltraum, Satellitenbilder und in Ausnahmefällen auch Satellitenkommunikation, welche in der Regel von kommerziellen Anbietern eingekauft wird. Sie betreibt keine eigenen militärischen Satelliten. Weil im Konfliktfall die Verfügbarkeit militärisch relevanter Leistungen nicht garantiert ist, darf sich die Schweiz nicht ausschliesslich auf die Unterstützung durch Dritte verlassen. Sicherheitskräfte müssen auch bei Teil- oder Totalausfällen handlungsfähig bleiben. Dies verlangt nach Resilienz und Redundanz, wobei vertieft zu analysieren ist, welche Schlüsselfähigkeiten in Autonomie anzustreben und wo Kooperationen möglich und sinnvoll sind.

Die zeit- und auftragsgerechte Bereitstellung und Bearbeitung von Informationen bzw. ein zielgerichteter Informationsfluss werden idealtypisch durch effiziente Informationsaufbereitung und effektives Informationsmanagement geleistet. Zu den formalen Verfahren der Informationsaufbereitung gehört die semantische Zusammenführung aller zur Verfügung stehenden Informationen aus unterschiedlichsten Bezugsmedien wie beispielsweise Bilder, Text, Ton, Geo-Tags oder Videos. Dabei bestehen die pragmatischen Mehrwertleistungen der Aufbereitung im Wesentlichen in Verfahren zur bedarfsorientierten Bereitstellung von Informationen, welche das Informationsverhalten der Beteiligten berücksichtigen und potenzielle Aufklärungsziele auch bei schwierigen Umgebungsbedingungen und unübersichtlicher Lage erschliessen.

3.2.1.1 Lagebild

Die Armee und andere Institutionen des Staates (Skyguide, Polizei etc.) sind auf zeitnahe Lagebilder in den sechs Wirkungsräumen (Boden, Luftraum, Weltraum, Elektromagnetischer Raum, Informationsraum und Cyber-Raum) und deren Konsolidierung angewiesen, um ihre hoheitlichen Aufgaben effizient und sicher erfüllen zu können. Ein aktuelles, vollständiges, stufengerechtes und übersichtliches Lagebild ist die Basis für fundierte Führungsentscheidungen und spielt daher als Führungsinstrument eine Schlüsselrolle.

In einem Lagebild werden Informationen zusammengefasst, welche zuvor durch einen Aufklärungsverbund, aber auch durch den Einbezug öffentlich zugänglicher Informationen (Crowdsourcing) erfasst, vor Ort oder zentralisiert ausgewertet, aufbereitet und konsolidiert werden. Es dient dazu, einem Entscheidungsträger die aktuelle Lage so genau wie möglich zur Verfügung zu stellen. Das gemeinsame Lagebild, bei dem alle Informationen über fremde Akteure und die eigenen Kräfte zusammenfliessen, spielt eine Schlüsselrolle für ein gemeinsames Lageverständnis und ein kohärentes Vorgehen verschiedener Verbände. Je nach Stufe, auf welcher das Lagebild erstellt wird, umfasst es die Informationen aller beteiligten militärischen Einheiten oder wird zusätzlich durch Informationen anderer Sicherheitsinstrumente des Staates (z.B. Nationale Alarmzentrale) zu einem gesamtstaatlichen Lagebild ergänzt.

Führungsinformationssystemen kommt beim Einsatz moderner Sicherheitskräfte eine besondere Rolle zu. Sie sind für alle Aufgaben der Schweizer Armee, sei es im Rahmen der Unterstützung ziviler Behörden, der Landesverteidigung, der Wahrung der Lufthoheit oder der militärischen Friedensförderung, gleichermassen wichtig. So könnten z.B. Informationen von Blaulichtorganisationen in einem Lagebild zusammengefasst und durch weitere Informationen aus dem militärischen Bereich, aber auch von öffentlichen Versorgungsunternehmen sowie von Betreibern kritischer Infrastrukturen im Sinne einer regionalen Differenzierung und Bildung von Redundanzen ergänzt werden. Das zentrale Ziel der Entwicklung von Führungsinformationssystemen ist ein georeferenziertes Echtzeitlagebild der eigenen und aufgeklärten gegnerischen sowie fremden Kräfte, gleichzeitig aber auch eine schnellstmögliche Integration aller Aufklärungsergebnisse.

Dass die Weiterentwicklung von Führungsinformationssystemen trotz scheinbar eindeutigen Anforderungen auch nach Jahrzehnten der Entwicklung nicht trivial ist, hat mehrere Gründe. Neben technischen Herausforderungen müssen auch Fragen der angemessenen Aggregation und Fusion zur Verfügung stehender Informationen, aber auch Aspekte des Datenschutzes oder einer adäquaten Visualisierung der Lage gelöst werden. Dabei wird rasch

deutlich, dass eine optimale Lösung auf die Einsatzform und Kommandoebene mit unterschiedlichen Detaillierungsgraden und Darstellungsformen ausgerichtet und mit potenziellen weiteren Partnern eine Standardisierung (z.B. Symbolik) angestrebt werden muss. Aufgrund der Fortschritte in der Sensor-, Navigations-, Übermittlungs- und Displaytechnik werden heute vermehrt lokale Lagedarstellungen auf unterster taktischer Stufe den einzelnen Soldaten zur Verfügung gestellt.

In der Erstellung einer ausgewerteten Luft- oder Bodenlage bestehen heute noch Fähigkeitslücken, welche in Zukunft geschlossen werden sollen. Eine übersichtliche, stufengerechte und konsolidierte Darstellung der aktuellen Lage und die Nutzung von integrierten Simulationswerkzeugen, kombiniert mit dem Wissen und der Erfahrung der Entscheidungsträger (z.B. regionale Differenzierung und Redundanzanforderungen), sind die Schlüsselemente für eine effiziente Informationsnutzung sowie für eine erfolgsversprechende Operationsplanung und -führung.

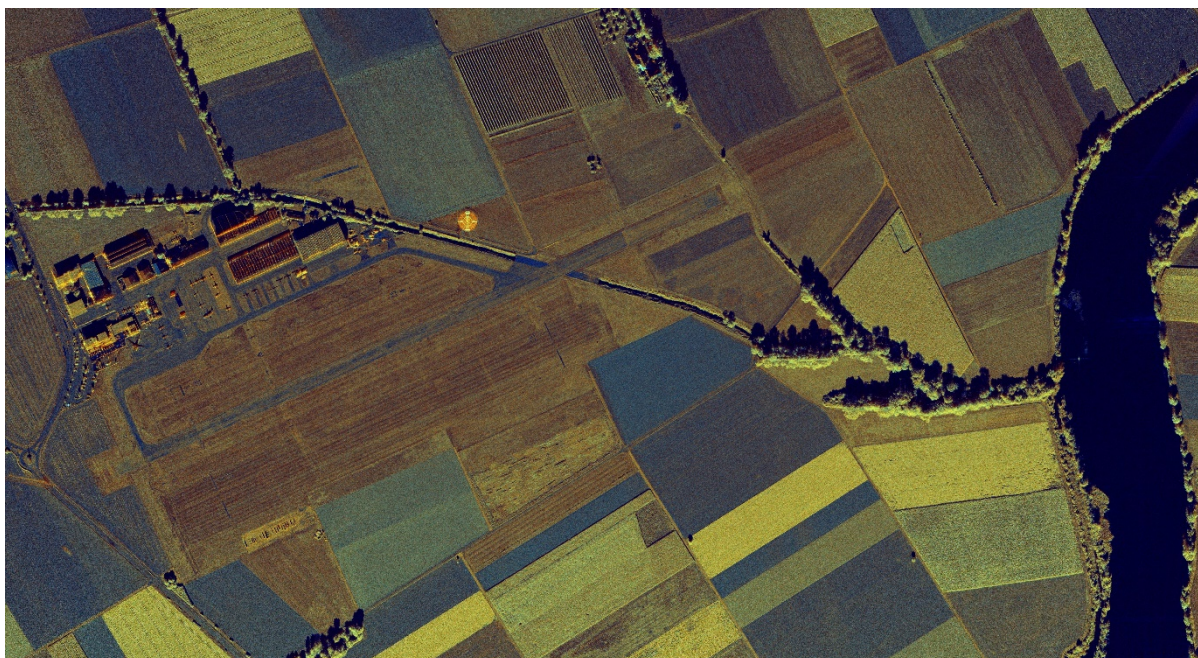


Abbildung 15: Bildliche Darstellung von polarimetrisch ausgewerteten 35 GHz SAR-Daten im Raum des Flugplatzes Grenchen.

3.2.1.2 Kommunikation

Kommunikationssysteme vernetzen Daten, Informationsquellen, Entscheidungsträger und Effektoren. Damit bilden sie das Rückgrat eines jeden Führungs- und Informationssystems, im militärischen genauso wie im zivilen Umfeld. Eine sichere, robuste, echtzeitnahe und mobile Übertragung von Daten (Sprache, Bilder, Text) ohne ungewollten Medienbruch sind essentielle Voraussetzungen zur Führung einer erfolgreichen Mission. Heterogene Kommunikationsnetzwerke sind bei der vernetzten Operationsführung von Bedeutung, weil keine der heute verfügbaren Technologien per se in der Lage ist, die verschiedenen und anspruchsvollen Anforderungen abzudecken. Die Interoperabilität zwischen den eigenen Kommunikationssystemen und denjenigen der Kooperationspartner spielt dabei eine wesentliche Rolle. Wie bereits eingangs bemerkt, werden Entwicklungstrends in der Informations- und Kom-

munikationstechnik (IKT) primär durch die Nachfrage in zivilen Märkten bestimmt. Damit ist ein stets zunehmender Bedarf nach mehr Bandbreite zur Übertragung von grossen Datenmengen verbunden, so dass Mobilfunkanbieter ihre Netze stets ausbauen und mit neuester Technologie versehen müssen. Aktuell investieren die zivilen Telekommunikationsanbieter in den Aufbau des 5G-Mobilfunknetzes, um die Voraussetzungen für smarte Anwendungen in Ökonomie, im privaten Bereich und in der öffentlichen Verwaltung zu schaffen. Dieser Trend ist mit enormen Investitionen verbunden, welche nur getätigt werden können, wenn entsprechende Märkte vorhanden sind. Die Anforderungen hinsichtlich Abdeckung, Bandbreiten, Verfügbarkeit und Preis werden durch die Marktteilnehmer definiert. Die Anforderungen von Sicherheitskräften, wie beispielsweise die Resilienz eines Netzes während einer Krise, das Vermeiden von Störungen und Unterbrechungen, der Schutz vor unberechtigtem Informationszugang oder vor Informationsmanipulation sowie die prioritäre Nutzung in Krisensituationen sind bei zivilen Anbietern ungenügend berücksichtigt. Diese Sicherheitsanforderungen lassen sich kaum zu marktfähigen Preisen in zivile Produkte integrieren, weshalb Sicherheitskräfte gezwungen sind, unter entsprechender Kostenfolge spezifische Lösungen zu entwickeln, welche die notwendigen Leistungen auch in nicht regulierter oder sogar feindlicher Umgebung sicherstellen. Auch wenn die Armee in einigen Szenaren durchaus auf die Leistungen ziviler Anbieter zurückgreifen könnte, ist sie im Notfall letztendlich auf autonom betriebene Netze angewiesen. Die Entwicklung von spezifischen Lösungen treibt aber nicht nur die Kosten in die Höhe, sondern führt auch zu Verzögerungen in der Realisierung von einsatztauglichen Systemen. Somit entspricht die Kommunikationstechnologie von Sicherheitskräften oftmals nicht der neusten Generation des zivilen Markts. Aufgrund der sehr raschen Entwicklung in diesem Gebiet kann es für Sicherheitskräfte durchaus Sinn machen, Technologieschritte zu überspringen. Auf alle Fälle sind diese Trends zu verfolgen und die Anschlussfähigkeit der militärischen Kommunikationsanwendungen an die zivilen Applikationen sicherzustellen.



Abbildung 16: Messaufbau zur Beurteilung der zeitlichen Degradationen von Kommunikationsantennen.

Der Trend, immer grössere Daten- und Informationsmengen zu übertragen und damit immer grössere Bandbreiten zu beanspruchen, wird den Druck erhöhen, Frequenzbänder, welche heute für Anwendungen im Sicherheitsbereich reserviert sind, für die zivile Nutzung zugänglich zu machen. Es gilt also die vorhandenen Frequenzressourcen möglichst effizient zu nutzen. Mit modernen Funktechnologien (Cognitive Radio) ist es möglich, die Wellenform und damit die räumliche Ausbreitung, die Frequenz sowie die benötigte Bandbreite der Belegung des Elektromagnetischen Raums anzupassen und auf den Bedarf an Informationsübermittlung zu optimieren. So können Netzwerke für Sicherheitskräfte nicht nur flexibler und zugleich robuster aufgebaut, sondern auch leistungsfähiger betrieben werden. Zudem ist es dank künstlicher Intelligenz möglich, das Routing von Daten und somit den Datenfluss zu optimieren. Die Übertragung grosser Datenmengen werden auch im militärischen Bereich den Betrieb zellulärer Netzwerke erfordern. Dabei ermöglicht vor allem die 5G-Netzwerktechnologie die Nutzung verteilter Rechenleistung innerhalb von lokalen Netzwerken, welche über semi-mobile Knoten an Hochleistungsinfrastruktur angebunden werden können. Damit werden rückwärtig generierte Dienste wie beispielsweise Bilderkennung, Übersetzungsleistungen oder die Identifikation von gegnerischen Systemen vor Ort verfügbar. Neuerdings lassen sich Kommunikationsempfänger auch zur Ortung elektromagnetischer Quellen und somit als Aufklärungsmittel nutzen.

3.2.1.3 Cyber- und Informationsraum

Mit dem Aktionsplan für Cyber-Defence (APCD) wie auch der nationalen Strategie zum Schutz der Schweiz vor Cyber-Risiken (NCS) hat der Bundesrat die Notwendigkeit einer verstärkten, umfassenden und differenzierten Bearbeitung der Cyber-Bedrohungen unterstrichen. Gleichzeitig wurden mit dem Nachrichtendienstgesetz (NDG) und dem revidierten Militärgesetz (MG) durch den Bund die gesetzlichen Grundlagen zum Ausbau und Ergreifen aktiver Massnahmen und Gegenmassnahmen im Rahmen der Cyber-Defence geschaffen. Sowohl im APCD wie auch der NCS wurde die Wichtigkeit des weiteren Wissensaufbaus durch eine enge Zusammenarbeit mit Wirtschaft und Forschung hervorgehoben. Dabei wurde die Forschung als wichtige Massnahme zur Früherkennung von Trends und Technologien sowie damit verbundenen Chancen und Risiken definiert. Die Forschung ist somit ein zentrales Element, um rechtzeitig über die notwendigen Entscheidungsgrundlagen zu verfügen.

Staatliche Stellen, kritische Infrastruktur, Wirtschaft und Gesellschaft sind bereits heute in hohem Grad digital vernetzt, was in den kommenden Jahren durch die weitere Verbreitung des Internet-of-Things (IoT) weiter zunehmen wird. Die Auswirkungen von Bedrohungen aus dem Cyber-Raum gestalten sich sehr mannigfaltig und reichen von kurzfristigen Operationen zur Störung kritischer Infrastruktur (z.B. Distributed-Denial-of-Service (DDoS) Angriffen), bis hin zur unerkannten, langfristig ausgerichteten Einbettung von Cyber-Waffen in IKT-Systemen, welche im Bedarfsfall ausgelöst werden. Die Armee als strategische Reserve des Landes leistet ihren Unterstützungsbeitrag auch im Fall einer Cyber-Krise. So kann die Armee beauftragt werden, wichtige Kommunikationsverbindungen sicherzustellen, ausgewählte kritische Infrastruktur und sensible Objekte gegen physische, virtuelle und elektromagnetische Angriffe zu schützen.

Längst nicht jeder Cyber-Angriff ist militärisch motiviert. Cyber-Kriminalität wird gemäss NCS durch zivile Behörden bekämpft. Dem gegenüber gibt es im Fall der Cyber-Spionage sowohl wirtschaftliche als auch militärische Aspekte. Cyber-Spionage findet laufend, verdeckt und unabhängig von Konflikten statt. Dabei sind Regierungsnetzwerke mit klassifizierten Informationen genauso betroffen, wie Unternehmen und Forschungsinstitutionen. Deshalb ist der Schutz von Informationen auch ausserhalb von Krisenzeiten eine permanente und wichtige Aufgabe. Rechtswidrige Angriffe nichtstaatlicher Akteure gegen Computer, Netzwerke, Informationen, Steuerungen von Anlagen und Infrastruktur, mit dem Ziel die Regierung und/oder die Bevölkerung eines Staates durch Einschüchterung oder Erpressung zu destabilisieren, können Vorstufen einer militärischen Eskalation sein. Aufgrund der Bedrohungslage und der potenziell negativen Auswirkungen auf die Schweiz ist das mögliche Schadensmass als sehr gross einzustufen. Daraus resultiert im Bereich "Informationsüberlegenheit" eine hohe Priorität für dieses Thema.

Auch wenn ein ausschliesslich im Cyber-Raum geführter Konflikt (Cyber-War) heute als unrealistisch erachtet wird, sind Cyber-Angriffe doch Bestandteil von militärischen Einsätzen. Dabei wird der Cyber-Raum für sicherheits- und verteidigungsrelevante Angriffs-, Abwehr- und Gegenmassnahmen genutzt. Ausserhalb offener Konflikte hat sich der Bereich der Computer Network Operations (CNO) in den letzten Jahren stark entwickelt. Ausländische Dienste nutzen diesen zur Beschaffung von Informationen. Aufgrund der neuen Möglichkeiten der geografisch uneingeschränkten und zeitverzugslosen Wirkung auch im Bereich des Social Engineerings, werden die Anforderungen an Analyse und Beurteilung von öffentlichen Quellen (OSINT) weiter steigen. Die Komplexität von Aktionen wird aufgrund der Weiterentwicklung von künstlicher Intelligenz (z.B. ChatBots) weiter steigen, was die Identifikation von Anomalien weiter erschweren wird. Aktionen lassen sich dadurch immer schwieriger detektieren, weil sie sich immer weniger vom ungestörten Zustand abheben.

Der zunehmende Einsatz von Informations- und Kommunikationsmitteln erfordert entsprechende Schutzmassnahmen, insbesondere was die Verfügbarkeit, Integrität und Vertraulichkeit der Informations- und Kommunikationssysteme betrifft. Dabei stellt die Verwendung ziviler Software und die Produktionskette wichtiger Hardwarekomponenten mit eingebetteten Softwarefunktionen ein schwer abschätzbares Verwundbarkeitspotenzial unserer Informations- und Kommunikationsinfrastruktur dar. Die Armeeführung erachtet mögliche Cyber-Angriffe auf die Schweiz als eine der aktuell gefährlichsten Bedrohungen für das Land.

Die Armee muss jederzeit in der Lage sein, Angriffe zu erkennen und ihre eigenen Systeme und Infrastrukturen zu schützen. Zur Abwehr von Cyber-Attacken können auch aktive Massnahmen eingesetzt werden. Die entsprechenden Mittel der Armee werden prioritär für den Eigenschutz eingesetzt. Bei Bedarf kann sie die zivilen Behörden subsidiär unterstützen, insbesondere in der Sicherstellung der Führungsfähigkeit mit Hilfe von geschützten und krisenresistenten Führungsunterstützungsmitteln.

Im Informationsraum sind die strategische, operative und taktische Stufe häufig kaum voneinander zu trennen. Auf der obersten Führungsebene ist Information Sache des Bundesrates, der dafür von der Bundeskanzlei unterstützt wird. Die Armee leistet Beiträge zur Erhaltung der Deutungshoheit im Informationsraum.

Im Informationsraum nimmt die Armee folgende Aufgaben wahr:

- Unterstützung in der Erarbeitung von zielgruppenorientierten Medienprodukten;
- Schutz und Massnahmen wider gegnerische psychologische Kampfführung;
- Intervention zur mediengerechten Verstärkung von Einsätzen.

Die Forschung soll mithelfen, den Aufbau von Kompetenzen für die Aufgabenwahrnehmung der Armee im Informationsraum sicherzustellen. Daraus entstehen auch Erkenntnisse, welche durch den Nachrichtendienst des Bundes und das Nationale Cyberkompetenzzentrum genutzt werden können.

3.2.1.4 Aufklärung und Überwachung

Informationsüberlegenheit ist auf eine nutzerorientierte Nachrichtenbeschaffung angewiesen. Eine effiziente Nachrichtenbeschaffung lässt sich nur durch eine zielgerichtete und zeitgerechte Informationsgewinnung gewährleisten. Schliesslich müssen die Informationen ausgewertet, gefiltert, plausibilisiert, stufengerecht weitergeleitet und entscheidungsunterstützend dargestellt werden. Die Aufklärung und Überwachung liefert einen wesentlichen Beitrag zur Beherrschung des Informationsverbunds zwischen Sensoren, Effektoren und Entscheidungsträgern mit dem Ziel, dank Informationsüberlegenheit die Entscheidungsträger zu befähigen, bessere Schutzmassnahmen und auch Wirkungsüberlegenheit zu erzielen. Dabei spielen verschiedenste Quellen, Sensoren und Plattformen sowie auch der partnerschaftliche Informationsaustausch eine wichtige Rolle. Neben den klassischen Möglichkeiten, wie beispielsweise Aufklärung und Überwachung durch den Menschen (HUMINT), sind Bild- (IMINT), Signal- (SIGINT) und Radar- (RADINT), raumbezogene (GEOINT), mess- und signaturtechnische (MASINT) sowie elektrooptische Aufklärung (VISINT) weitere wichtige Informationsquellen. Dabei spielen Multisensorsysteme, intelligente

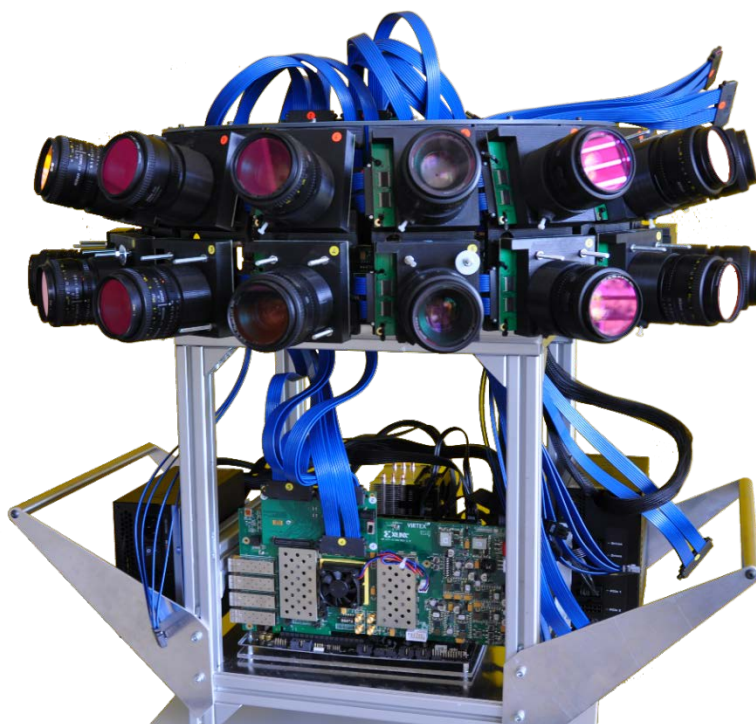


Abbildung 17: Bild einer hochauflösenden Rundsichtkamera (GigaEye).

sensornaher Auswerteverfahren und Sensordatenfusion bei der Aufarbeitung der Informationen eine zentrale Rolle. Insbesondere die frühe Digitalisierung von Sensordaten und die stetig steigenden Prozessorleistungen lassen Echtzeitanwendungen und Vorauswertungen in hoher Qualität zu, welche noch vor ein paar Jahren nicht für möglich gehalten wurden. Diese Entwicklung trägt wesentlich zur zeitnahen Gewinnung und Aufbereitung von Informationen und zur Erstellung aktueller Lagebilder bei. Unter Einbezug der zu erwartenden Entwicklungen im Bereich der Kommunikation und der daraus zu erwartenden Bandbreiten wird die Möglichkeit eröffnet, Sensordaten zentral zu fusionieren und für weitere Auswertungen nutzbar zu machen. Zusätzlich werden, beruhend auf der Verfügbarkeit von besseren Speichermedien, Big Data Datensammlungen und höheren Rechenleistungen die Anwendung von Ansätzen der Änderungserkennung zunehmen und auf neue Sensortypen erweitert. Die enormen finanziellen Mittel, welche in Forschung und Entwicklung moderner Sensor- und Aufklärungstechnologien auf internationaler Ebene investiert werden, zeigen die hohe Priorität, die der Nutzung des Potenzials künftiger Sensorgenerationen zur Generierung von Informationsüberlegenheit in einer vernetzten Operationsführung beigemessen wird. In diesem Zusammenhang lässt sich auch beobachten, dass weiterhin grosse Anstrengungen in den Bereichen elektronische Kriegsführung (EKF) und Gegenmassnahmen unternommen werden.

Sowohl im militärischen als auch im zivilen Bereich haben Menge und Qualität digitaler Sensordaten massiv zugenommen. Die Verbreitung entsprechender Informationen über soziale Medien und Netzwerke machen diese innert Kürze einer breiten Öffentlichkeit verfügbar. Es ist davon auszugehen, dass ortsfeste Installationen längst "aufgeklärt" und entsprechende Bilder öffentlich zugänglich sind. Im zivilen Bereich liegt der Fokus primär auf der Weiterentwicklung von kostengünstigen Sensoren für kurze und mittlere Reichweiten wie sie zum Beispiel die Automobilradare darstellen. Der heute wohl verbreitetste Sensortyp sind Kamerasysteme. Die aktuellen Entwicklungen in der Verwendung von Bild und Videodaten liegen dabei primär in der Nutzung und Entwicklung von intelligenten, automatisierten Verarbeitungsalgorithmen (z.B. robuste Erkennung und Identifikation von Gegenständen und Personen). Die fortschreitende Miniaturisierung von Sensoren trägt dazu bei, dass Daten von jedermann immer und überall aufgezeichnet werden können und untereinander kommunizieren (IoT). Für Sicherheitskräfte bedeutet dies, dass sie damit rechnen müssen, jederzeit in ihrem Handeln dokumentiert zu werden. Deshalb prägt die Einhaltung von "Rules of Engagement" immer mehr das Bild von Sicherheitskräften in der Öffentlichkeit. Andererseits bieten öffentlich zugängliche Informationen aus sozialen Netzen auch die Gelegenheit zur Nachrichtengewinnung, sofern man über die Fähigkeit verfügt mit grossen, nicht validierten Datenmengen umzugehen. Die Miniaturisierung von Sensoren und die Reduktion ihres Energiebedarfs trägt aber auch dazu bei, dass heute fast jedermann Mikrodrohnen verwenden kann, um an Bildinformationen aus der Luft zu gelangen. Dies bedeutet für Sicherheitskräfte, dass eine Aufklärung aus der Luft auch bei einer asymmetrischen Bedrohung sehr wahrscheinlich ist, wenn nicht Gegenmassnahmen ergriffen werden.

Obwohl Nachrichtenbeschaffung, Aufklärung und Überwachung wesentlich durch die Verfügbarkeit, Vernetzung und Weiterentwicklung der technischen Systeme beeinflusst werden, kann dieses Thema nicht bloss auf technische Fragestellungen reduziert werden. Die technische Kompatibilität ist oft eine wesentliche Voraussetzung für Interoperabilität. In multinationalen oder subsidiären Einsätzen spielen jedoch organisatorische und kulturelle Prägungen sowie doktrinerne Vorgaben im Umgang mit Informationen eine entscheidende Rolle.

Trotzdem sind Aufklärung und Überwachung für die Informationsgewinnung zentral und ermöglichen im militärischen Kontext gegenüber gegnerischen Kräften eine Informationsüberlegenheit zu erreichen. Der rasante Fortschritt in den Technologiegebieten zur Bereitstellung von Entscheidungsgrundlagen erfordert sowohl ein aktives Monitoring als auch eine dynamische Bereitstellung vertiefter Kompetenzen.

3.2.2 Mehrwert der Forschungsergebnisse

Die Resultate und Erkenntnisse aus Forschungstätigkeiten in diesem prioritären Thema unterstützen die Schweizer Armee in der Abschätzung von neuartigen Bedrohungen und im Aufbau und der Sicherstellung von entsprechenden informations- und kommunikationstechnischen Fähigkeiten, mit dem Ziel der vernetzten Operationsführung mit angemessener Informationsüberlegenheit.

3.2.2.1 Mehrwert für A Stab, Kdo Op, FUB, HKA, LBA, NDB, BABS (NAZ, Labor Spiez), Blaulichtorganisationen

- Beurteilungsfähigkeit des Leistungs- und Entwicklungspotenzials neuer Technologien
- Beitrag zur Weiterentwicklung der Interoperabilität und der vernetzten Operationsführung mit zivilen Partnern im nationalen Sicherheitsverbund
- Verstärkung des Nachrichtenverbundes
- Förderung des besseren Verständnisses für die Wechselwirkungen zwischen Entscheidungsträgern, Sensoren und Wirkmitteln
- Technologieprognosen und Beratung von der Informationsgewinnung bis zur Lagebild-darstellung
- Empfehlungen für den optimierten Einsatz der Wirkmittel
- Empfehlungen für Tarnung und Täuschung
- Empfehlungen für optimale Mensch-Maschine-Schnittstellen bei modernen Überwachungssystemen
- Verbesserung der Freund-Feind-Erkennung in einem Lagebild und die damit verbundene Optimierung der Operationsplanung
- Grundlagen für einen streitkräftegemeinsamen Ausbildungs- und Simulationsverbund
- Sensibilisierung bezüglich Gefährdung der eigenen Informationssicherheit und Entwicklung entsprechender Gegenmassnahmen
- Grundlagen zur Überwachung der Sicherheit von Computernetzwerken und cyberphysischen Systemen
- Technische Grundlagen für die Nachrichtenbeschaffung aus dem Cyber-Raum
- Empfehlungen für die Generierung eines Lagebilds im Cyber-Raum
- Kompetenzbeiträge zu Fähigkeitslücken gemäss Masterplan Streitkräfte- und Unternehmensentwicklung der Schweizer Armee
- Technologieberatung zugunsten Militärdoktrin und Systemmanager des A Stabs
- Empfehlungen für die Auswertung von Signaturen zugunsten des IMINT-Centers
- Technologieberatung zugunsten der Weiterentwicklung von sicherheitsrelevanten Kommunikationsnetzwerken

- Evaluation von neuen Technologien im Hinblick auf Reifegrad, Relevanz für die Sicherheitskräfte und "Time to Market"
- Unabhängige technologische Empfehlungen für die Weiterentwicklung von COMINT (ESM/ECM) -Systemen

3.2.2 Mehrwert für *armasuisse*

- Technische Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Sensoren (inkl. Radar) und von Gegenmassnahmen
- Reduktion von technischen Risiken bei Evaluationen und Beschaffungen
- Messung von Signaturen als Grundlage für Signaturmanagement und zur Beurteilung von eigenen und fremden Tarnmitteln und Tarnmassnahmen
- Früherkennung von Cyber-Risiken und Ableitung von Konsequenzen für die Verteidigung
- Nutzung eines nationalen und internationalen Expertennetzwerks für den einfachen Zugang (inkl. ausländische wehrtechnische Dienststellen und mit Forschungsinstitute)
- Unabhängige Technologiedemonstration zukünftiger Aufklärungsmittel
- Demonstratoren für die Datenanalyse und Auswertung von Information
- Methoden zum Schutz gegen Cyber-Risiken
- Technische Beurteilung neuer Cyber-Sicherheitstechnologien
- Qualifizierte Beurteilung der angebotenen Technologien für Kommunikation-Systeme nach den CH-spezifischen Bedürfnissen
- Bestimmung der technologischen Risiken und Schwachstellen von Kommunikations-Netzwerken
- Beurteilung der Tauglichkeit von "Command-and-Control"-Anwendungen (C2-Anwendungen) in einem Führungsverbund mit begrenzten Kommunikationsressourcen
- Unabhängige technologische Empfehlungen für die Weiterentwicklung von COMINT (ESM/ECM) Systemen

3.2.3 Zielsetzungen

Neue technische Möglichkeiten für die Führung und Führungsunterstützung sind entlang des militärischen Gesamtplanungsprozesses aufzuzeigen. Dazu ist der Aufbau von Fachkenntnissen auf dem aktuellen Stand der Technik und den zu erwartenden technologischen Entwicklungen weiter voranzutreiben, um Leistungsgrenzen aufzeigen und die Integration von Technologien für neue Einsatzmöglichkeiten demonstrieren zu können.

3.2.3.1 Lagebild

In einem Lagebild sind ausgewertete und aufbereitete Informationen dargestellt, die zuvor durch einen Informations- und Führungsverbund gesammelt wurden. Im Zentrum der Forschungsaktivitäten stehen hier Aspekte wie die Abstimmung zwischen Lagebildanforderungen und Architekturentwicklung, die Wechselwirkungen zwischen Informationsversorgung, -verarbeitung und -sammlung zugunsten der unterschiedlichen Führungsebenen, die Verdichtung und Aufbereitung von Daten aus unterschiedlichen Quellen und die eigentlichen Verfahren zur Lagebilddarstellung. Die Kette von der Daten- bzw. Informationsgewinnung

durch Sensoren bis hin zur Darstellung eines Lagebildes ist ein wichtiger Teil des Digitalisierungsprozesses einer Armee. Die zunehmende Flut an Informationen stellt Ansprüche an die Informationsaufbereitung, welche ohne weitgehende Automatisierung kaum mehr bewältigt werden kann. Der Einsatz künstlicher Intelligenz erlaubt kohärente Lagebilder mit hoher Kadenz in unterschiedlichen Abstraktionsstufen zu generieren.

Für die Lagebilddarstellung stehen je nach Stufe und Bedarf verschiedene technische Möglichkeiten zur Verfügung, die von den klassischen Darstellungen mittels Karten, Symbolen, Texten und Bildern bis hin zu virtualisierten 3D-Darstellungen und Hologrammen reichen. Dabei ist die Evaluation des Nutzens der verschiedenen Darstellungsarten für die jeweiligen Entscheidungsebenen nach wie vor ein Forschungsthema.

Die Freund-Feind-Erkennung (Identification Friend or Foe, IFF) ist ein Aspekt der Lagebilderstellung, der ebenfalls untersucht werden soll. Wichtig ist in diesem Zusammenhang vor allem die Kompatibilität der eigenen Identifizierungssysteme und -verfahren mit denjenigen der nationalen und internationalen Kooperationspartner. Die Forschenden sollen sich mit den IFF-relevanten Technologien auseinandersetzen, um deren Entwicklungsmöglichkeiten und die daraus resultierenden Einsatzoptionen beurteilen zu können.

Im urbanen Umfeld spielt das lokale Lagebild eine zunehmend wichtige Rolle. Lokale C2-Systeme erlauben vor Ort schnelle und angepasste Reaktionen. Dies betrifft sowohl lokale Luftlagebilder (z.B. für die Abwehr von Kleindrohnen beim Schutz von Konferenzen) wie auch Bodenlagebilder (z.B. zur Aufklärung in symmetrischen wie auch asymmetrischen Bedrohungssituationen). Dazu ist eine sensornahe Informationsgewinnung und -aufbereitung, die auch bei degenerierten Kommunikationsbedingungen einem lokalen C2-System zur Verfügung gestellt werden kann, ebenso wichtig, wie die Übermittlung aller Daten und Informationen an eine zentrale Auswertestelle, welche allenfalls zu einem späteren Zeitpunkt ihre Datenbasis komplettiert und eine vollumfängliche Analyse vornimmt. Heute verfügbare Systeme vermögen diese Anforderungen noch nicht im erwarteten Rahmen zu erfüllen. Im Rahmen der Forschung wird ein Multisensoransatz (optisch, akustisch und Radar) mit Datenfusion untersucht, um die Leistungsgrenzen zu erfassen und neue kostengünstige Möglichkeiten für verschiedene Szenarien aufzuzeigen.

3.2.3.2 Kommunikation

Themen wie Standardisierung künftiger Netze, Kommunikation ohne netzseitige Begrenzung, Sicherheit und Zuverlässigkeit sowie autonome Sensornetzwerke sind von hoher Relevanz. Dabei geht es um die kontinuierliche Analyse der technischen Entwicklungen und der daraus resultierenden Einsatzmöglichkeiten für staatliche Sicherheitskräfte. So wird beispielsweise verschlüsselte Datenkommunikation in drahtgebundenen und mobilen Netzwerken oder über Satelliten untersucht. Echtzeitanforderungen an die Kommunikation stellen eine wichtige Voraussetzung für die Führung der Streitkräfte im Einsatz, die Effektivität des Verbundes und für die Synchronisierung der verschiedenen Einheiten und Wirkmittel dar. Weiter sollen Daten stufen- und aufgabengerecht verteilt und eine regionale Differenzierung möglich sein. Forschungsaktivitäten in diesem Bereich sollen, basierend auf vorhandenen Übertragungskapazitäten und dem Bedarf an Echtzeitdaten der verschiedenen Nutzer, Auskünfte über die Weiterentwicklung des Netzwerkmanagements (Quality of Services, Priorisierung, Adressierung und Sicherheit) ermöglichen. Die vernetzte Operationsführung erfor-

dert mobile und dezentrale Kommunikationsnetze, welche aus kleinen, temporär einsetzbaren und flexiblen Einheiten bestehen. Das integrale Lagebild wird durch den Zusammenzug der Informationen aus diesen Einheiten und unter Einbezug aller Wirkungsräume erstellt. Bindet man dann noch weitere Akteure aus dem Sicherheitsumfeld in den Informationsverbund mit ein, erfordert dies das Management einer sehr heterogenen Kommunikationsinfrastruktur.

Forschung soll dabei insbesondere aufzeigen, wie Herausforderungen wie Abhörsicherheit, Störanfälligkeit und Verfügbarkeit in der mobilen Daten- und Kommunikationsübertragung angegangen werden können. In einem langfristigen Zeitfokus sollen die Auswirkungen neuer Generationen von Kommunikationsmitteln auf die Fähigkeiten von Streitkräften und auf ihre Systemlandschaft untersucht werden. Dabei gilt es weiter die Aspekte der Resilienz, der Anpassung (Ersatzverfahren) und der Robustheit in die Forschung miteinzubeziehen. Eher mittelfristig angelegt ist dagegen die Evaluation von Vor- und Nachteilen neuer Kommunikationstechnologien bei Einsätzen von Streitkräften. Deren spezifische Anforderungen sind dabei zu berücksichtigen. Um die Komplexität dieser Fragestellungen zu meistern, ist der Aufbau einer entsprechenden Simulationsumgebung notwendig.

3.2.3.3 Cyberspace und Informationsraum

Ein effektiver Schutz und die geeignete Abwehr von Angriffen aus dem Cyber-Raum stellt eine zentrale Komponente für die Sicherung kritischer Infrastrukturen dar. Die stetig steigende Proliferation von IKT-Mitteln mit Auswirkungen in alle Wirkungsräume stellt den Schutz vor Cyber-Risiken vor neue Herausforderungen. Aufgrund der zunehmenden Vernetzung und des Wegfalls der erforderlichen geografischen Nähe bei Bedrohungen aus dem Cyber-Raum verliert der klassische, militärische Perimeterschutz zunehmend an Bedeutung.

Die Forschung orientiert sich am Aktionsplan für Cyber-Defence (APCD) und der nationalen Strategie zum Schutz der Schweiz vor Cyber-Risiken. Mit dem Nachrichtendienstgesetz (NDG) und dem revidierten Militärgesetz (MG) verfügt der Bund heute über die notwendigen Rechtsgrundlagen zum Ausbau und Ergreifen aktiver Massnahmen und Gegenmassnahmen im Rahmen der Cyber-Defence. Besondere Schwerpunkte werden daher auf die Weiterentwicklung der militärischen Fähigkeiten in den Bereichen "Cyber-Defence" und "Computer Network Operations" (CNO) gesetzt. Damit sollen die Voraussetzungen für die Umsetzung der APCD im Rahmen des Cyber-Defence Campus und der Stärkung des militärischen Computer Emergency Response Teams (milCERT) geschaffen werden.

Mittels Forschung sollen aktuelle und zukünftige Angriffsvektoren im Cyber-Raum von der Erkundung bis hin zur Übernahme durch Dritte antizipiert und entsprechend untersucht werden. Dies beinhaltet zum Beispiel die Identifikation von absichtlich eingeschleusten Fehlern (z.B. Konfiguration und Code), deren Erkennung und den Umgang mit diesen Ereignissen. Es geht dabei um das Erkennen und Verhindern von unbefugtem Zugriff, um die Entwicklung von Metriken zur Quantifizierung der Verfügbarkeit, Vertraulichkeit und Integrität von militärischen Computernetzen. Zusätzlich sollen Methoden zur Fehlerreduktion bei der Identifikation von infizierten Computern mit existierenden Einbruchmeldesystemen analysiert werden können. Kompetenzen im Bereich der Cyber-Forensik gilt es weiter auszubauen, um künftig Instrumente für die Auswertung von Angriffsvektoren und für Wirkungsanalysen be-

reitzustellen. In der Forschung werden dabei Bedrohungen sowohl durch kabelgebundene als auch kabellose Übertragungsverfahren berücksichtigt.

In den letzten Jahren haben sich soziale Medien in der Gesellschaft weltweit etabliert. Durch die Verbreitung digitaler Medien und die Erfolge der Open Data Bewegung, deren Ziel es ist, Daten und Informationen weitgehend ungehindert einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen, werden täglich Unmengen an Informationen erhoben und weltweit zur Verfügung gestellt. Dank künstlicher Intelligenz (KI) und Big-Data-Technologie ist es heute möglich, Muster und Zusammenhänge aus unkorrelierten Informationsquellen zu erkennen und sowohl für die Identifikation als auch für die Voraussage von möglichen Bedrohungen zu nutzen. Gleichzeitig haben die Entwicklungen moderner Machine-Learning-Algorithmen in Verbindung mit den erforderlichen Rechenleistungen dazu geführt, dass sowohl Audio- wie auch Videodaten in hoher Qualität manipuliert werden können. Da diese Informationsquellen heute für nachrichtendienstliche Tätigkeiten unabdingbar sind, ist es sehr wichtig, dass die Authentizität der jeweiligen Informationen lageunabhängig gewährleistet werden kann. Der grosse Vorteil der Nutzung sozialer Medien, die geringe zeitliche Verzögerung, kann nur dann effektiv genutzt werden, wenn auch effiziente Ansätze zur Qualitätssicherung der Informationen vorliegen. Beruhend auf der freien Verfügbarkeit der Daten bieten diese Informationen natürlich staatlichen wie nichtstaatlichen Akteuren die Möglichkeit des Mikro-Targetings, das heisst des gezielten Verfolgens einzelner Personen oder Gruppen über den Cyber-Raum.

Bei der Analyse von öffentlich zugänglichen Informationsquellen und sozialen Medien stellen sich technologisch wie auch analytisch grosse Herausforderungen. Mit Hilfe der Forschung wird die Basis zur Beurteilung technischer Mittel geschaffen, welche zur Beschaffung, Beeinflussung und Gegenwirkung im Informationsraum eingesetzt werden. Ein Fokus liegt auf der anonymen Informationsbeschaffung aus öffentlichen Quellen, ein anderer auf der Identifikation von Möglichkeiten zur automatisierten Informationssuche in öffentlichen Netzen (OSINT) und in internen unstrukturierten Datenbanken. Unter anderem werden skalierbare Methoden geprüft, um grosse Datenmengen (Big Data) anonym und in Echtzeit zu erfassen sowie hinsichtlich zeitlicher und lageabhängiger Relevanz zu klassieren. Zur Verarbeitung von Informationen sind Möglichkeiten zur Filterung und automatisierten Fusion relevanter Daten und Inhalte, die Unterstützung von unterschiedlichen Datenstrukturen, Medienformate und Sprachen zu untersuchen. Dabei sind die automatisierte Integration und Digitalisierung von Informationen, die semantische Strukturierung gespeicherter Inhalte und Methoden zur Mustererkennung über verschiedene Informationsformen hinweg zentral.

Analytische Fähigkeiten sollen mit Hilfe von experimentellen Ansätzen auf der Basis von Demonstratoren und Prototypen angegangen und weiterentwickelt werden. So lässt sich das Potenzial solcher Anwendungen einem interessierten Nutzkreis darstellen.

3.2.3.4 Aufklärung und Überwachung

Aufklärungs- und Überwachungstechnologien (IMINT, RADINT, MASINT, SAR, SATINT, VISINT und ACOUSTICINT) sind unverzichtbare Mittel zur Informationsgewinnung und zur Erstellung von Luft- oder Bodenlagebildern heutiger Streitkräfte. Aufgrund ihrer zentralen Bedeutung und des raschen Fortschritts ist es notwendig, diese Technologien mit hoher Priorität zu untersuchen.

Sensoren und Detektoren dienen in einem vorbestimmten Interessensraum der Erkennung, Klassifikation und Identifizierung von aufzuklärenden Objekten, Infrastrukturen, Personen, Aktivitäten und gefährlichen Stoffen. Aufklärungsinformationen von Sensoren dienen der Missionsvorbereitung, der Beurteilung von Einsatzverhältnissen, der Zielzuweisung und der Evaluation von Wirkungen (Zustandsbeschreibungen von Objekten). Sensoren liefern aber auch Informationen bei Überwachungs- und Schutzaufgaben oder bei Zutrittskontrollen. Die erfassten Sensordaten müssen kalibriert, prozessiert und bei Bedarf georeferenziert werden, bevor sie fusioniert oder nachrichtendienstlich weiterverarbeitet werden können. Bei der Forschung im Sensorbereich geht es um die Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Sensoren unter Berücksichtigung verschiedener Rand- und Einsatzbedingungen, wie beispielsweise Wetterverhältnisse, Tageszeit und Einsatzraum (Topographie, Vegetation und Bebauung). Aber auch praktische Anforderungen wie die Echtzeitfähigkeit (Aktualität der Nachricht), der Schutz vor Gegenmassnahmen, der Energiebedarf, die Abhängigkeit von Satellitennavigationssystemen, die Anbindung an die bestehenden Datenkommunikationssysteme, die vorhandenen Platzverhältnisse oder geforderte Erkennungsdistanzen müssen betrachtet werden.

Neben der Betrachtung des einzelnen Sensors wird vermehrt die Multisensorik und die damit verbundene Datenfusion zum zentralen Thema. Durch Verfahren auf der Basis künstlicher Intelligenz (KI) besteht die Möglichkeit aus verschiedenen Sensordaten ein integrales Lagebild für C2-Anwendungen zu erzeugen. Mit Hilfe von Sensorarrays können auch Schallquellen geortet, Sichtfelder erweitert, Abstände permanent vermessen oder dreidimensionale Darstellungen von Interessensräumen generiert werden, in denen man sich in virtuellen Realitäten bewegen kann.

In der Sensor- und Radartechnik (im visuellen, ultravioletten, infraroten und hyper- bzw. multispektralen Bereich, aktive elektrooptische Systeme, aber auch bei Millimeterwellenradarsystemen, Such- und Trackingradarsystemen, abbildenden Radarsystemen, Passivradarsystemen, Suchkopfradarsystemen, Seismik und Akustik) werden regelmässig technische Fortschritte erzielt, welche die Aufklärungs- und Überwachungsleistung sowohl in der Luft als auch am Boden massiv steigern und so Lagebilder ergänzen. Die Fähigkeit, bewegte Objekte und Personen aus grosser Distanz bei allen Wetterlagen mit genauen Entfernungsinformationen zu erfassen, macht diese Sensorsysteme für den Einsatz sehr wertvoll. Die Ausnutzung spektraler Informationen zu visuellen Bildpunkten erlaubt die Unterscheidung getarnter Objekte und Personen von deren Umgebung, sei es im offenen, bedeckten oder überbauten Gelände. In naher Zukunft sind diverse neue Ansätze in der Radartechnologie zu erwarten. Dies betrifft zum einen die sogenannten intelligenten Radarsysteme (kognitive Radarsysteme), die eine bessere Detektion von Objekten in Umgebungen mit starker Clutter-Rückstreuung oder beim Einsatz gegnerischer Störsender (Jammer) zulassen. Multistatische und vernetzte aktive Radarsysteme (kohärente Radarnetzwerke), bi- und multistatische passive Radarsysteme, welche teilweise Frequenzen ziviler Kommunikationsnetzwerke nut-

zen und Rauschradarsysteme sind weitere Entwicklungen, welche international auf grosses Interesse in der militär-technischen Forschung stossen. Erwähnenswert sind in diesem Zusammenhang auch die internationalen Anstrengungen auf den Gebieten der automatischen Zieldetektion (ATR) mittels hochauflösender Entfernungstore und die Grundlagenabklärungen zu Quantenradarsystemen, die eine sehr hohe Sensitivität erwarten lassen. Es gilt die Leistungsgrenzen und Potenziale dieser neuen, aber auch komplexen Technologien zu erfassen und zu bewerten.

In der Luft-Boden- bzw. Abstandsaufklärung rücken künftig auf internationaler Ebene drei Themengebiete ins Zentrum der Betrachtungen:

1. Das erste betrifft das abbildende Radar (Synthetic Aperture Radar, SAR), das aufgrund der Fortschritte in der Hochfrequenztechnik und in der Signalverarbeitung hohe Bildauflösungen (kleiner als 10 cm) erzielen kann. Dank gesteigerten Rechenleistungen und Speichermöglichkeiten können vermehrt auch nicht lineare Flugpfade zu scharfen Bildern fokussiert werden. Sogenannte Mehrkanalsysteme scheinen zukünftig in der Lage zu sein, aus der Luft menschliche Aktivitäten am Boden zu detektieren. Auch die Detektion von bewegten Zielen am Boden (Moving Target Indication, MTI) und in der Luft (Air MTI) ist möglich. Im Ausland sind auch Forschungsaktivitäten zu bi- und multistatischen sowie zu passiven abbildenden Radarsystemen beobachtbar.
2. In der Luft-Bodenaufklärung ist in nächster Zeit auch mit dem Einsatz von Hyperspektralsensoren zu rechnen. Die klassische Bildinformation wird in verschiedene Wellenlängen aufgelöst zur Verfügung stehen. Mit Hilfe dieser Spektralinformation pro Bildpunkt können unterschiedliche Materialien identifiziert werden.
3. Ferner ist als Technologietrend in der Abstandsaufklärung noch die Weitwinkelsensorik zu nennen, welche im visuellen und thermischen elektromagnetischen Spektrum wie auch im Radarwellenbereich zur Anwendung kommt. Grundsätzlich erlauben moderne Weitwinkelsensoren einen grossen Suchraum in hoher Auflösung aufzuklären, was in der Vergangenheit nicht gleichzeitig möglich war.

Neben dem Erarbeiten von theoretischen Grundlagen sollen in den drei aufgeführten Themengebieten die Grenzen der Sensorik beschrieben und praktische Erfahrung mit Experimentalsensoren gewonnen werden.

Die Akustik hat als Aufklärungsmöglichkeit durch den Einsatz von Mikrofon-Arrays an Bedeutung gewonnen. Diese lassen die Ortung von Schallquellen zu, was beispielsweise zur bodengestützten Überwachung des Luftraumes oder zur Lokalisierung von Heckenschützen genutzt werden kann. Ferner können Mikrofon-Arrays bessere Empfangsleistungen aufweisen als klassische Richtmikrofone. In der Forschung wird man sich auf die Lokalisierung von Heckenschützen unter schwierigen akustischen Bedingungen, z.B. als Teil eines Selbstschutzsystems von Fahrzeugen oder Helikoptern, konzentrieren. Ferner sollen die Leistungsgrenzen von Mikrofonen mit ultra-niedriger Energieaufnahme für abgesetzte Überwachungsaufgaben evaluiert und deren Potenzial im Rahmen eines IoT-Sensorverbunds ermittelt werden.

Schliesslich geht es auch darum, die Rolle des Menschen und seine Interaktion mit den vorhandenen technischen Hilfsmitteln innerhalb eines C2-Prozesses zu verstehen. Dies ist die Voraussetzung für die Definition automatischer Unterstützungshilfen, welche durch maschi-

nelles Lernen in einer multi-Sensor Datenumgebung und künstlicher Intelligenz zur Informationsfusion bereitgestellt werden sollen. Die entsprechenden Leistungsgrenzen sind auszuloten und die Verlässlichkeit hinsichtlich Qualität und Robustheit gegen Manipulation zu überprüfen. Damit soll mittels eines iterativen Vorgehens die Effizienz der Datenauswertung und Informationsverarbeitung gesteigert und zugleich der Mensch-Maschine-Teaming-Prozess optimiert und gefördert werden (vgl. dazu auch Kapitel 3.6.1).

3.2.3.5 Umsetzungsziele 2021-2024

Der Kompetenzaufbau und -erhalt im Forschungsprogramm "Aufklärung und Überwachung" wird eine weitere Legislatur fortgeführt. Die thematischen Schwerpunkte und somit die im Programm definierten Kompetenzfelder werden mit den Stakeholdern periodisch überprüft und bei Bedarf angepasst. Das Potenzial von mehrkanaligen luft- und satellitengestützten abbildenden Radartechnologien und Hyperspektralsensoren für die automatische Detektion von Luft- und Bodenzielen wird untersucht. Dazu interessieren speziell neue Methoden der Polarimetrie, Interferometrie, Tomografie, Inverse Synthetic Aperture Radar und Refokussierung, Multi-Aspekt-Methoden oder Change Detection. In der Luftraumüberwachung in schwierigem Gelände scheinen vorwärtsstreuende und passive Radarsysteme eine Alternative zu herkömmlichem Radar darzustellen. Es können damit lokale Radarschattengebiete abgedeckt und der Schutz von Radarstationen erhöht werden. Das Potenzial und die Leistungsgrenzen dieser Systeme werden mit Hilfe von Experimentalsystemen evaluiert. Auch die technologische Entwicklung von kognitiven Radarsystemen, welche sich dank künstlicher Intelligenz ihrer Umgebung anpassen, oder von multistatischen Radarsystemen wird verfolgt und je nach Entwicklungsfortschritt experimentell validiert. Es gilt zudem die Technologiefortschritte zur Detektion und Überwachung von menschlichen Aktivitäten am Boden, in Vegetation und hinter Mauern durch intelligente Sensornetzwerke zu demonstrieren und zu beurteilen. Weiter werden die Leistungsgrenzen von Aufklärungsmitteln und die Entwicklung von Gegenmassnahmen evaluiert. Dazu gehört auch die Detektion, Verfolgung und Identifikation von Drohnen in schwierigem Gelände, wie z.B. im urbanem Umfeld. Ferner werden neue Forschungsfelder identifiziert, die zur Reduktion der Abhängigkeit von Weltraumanwendungen bei der Aufklärung und Navigation beitragen.

Auch das Forschungsprogramm "Kommunikation" wird weitergeführt und dessen Kompetenzfelder allenfalls neuem Bedarf der Stakeholder und den aktuellen technologischen Entwicklungen angepasst. Das Management eines mobilen heterogenen Kommunikationsnetzes zum Zweck der Sicherstellung der wichtigsten Dienste wird in einer Demonstrationsumgebung aufgezeigt. Die Machbarkeit und die Grenzen der Umsetzung von serviceorientierter Architektur (SOA) in Netzwerken mit begrenzten Ressourcen wird nachgewiesen. Die Effizienzerhöhung der Nutzung des Frequenzspektrums zur drahtlosen Kommunikation wird einerseits mittels Smart-Antennen, Übertragungs-Systemen für die Nutzung mehrerer Sendee- und Empfangsantennen (MIMO), Beamforming-Technologien und andererseits mit Hilfe von "kognitive Radio" in mobilen Netzwerken optimiert. Da die Entwicklung im zivilen Kommunikationsbereich ständig neue Verfahren und Systeme auf den Markt bringt, ist die Abschätzung, in wieweit sich solche zivilen Technologien in der militärischen Umgebung anwenden lassen und ob sich diese bewähren, unabdingbar. Es werden Nebenprodukte aus dem zivilen Bereich und ihr Potenzial für Sicherheitsaufgaben aufgezeigt und Simulationswerkzeuge bereitgestellt, um Skalierungseffekte in der konzeptionellen Phase von Projekten zu unter-

suchen und zu beherrschen. Als Forschungsprogramm übergreifendes Thema wird die Integration und Optimierung von C2 Anwendungen in Netzwerken mit begrenzten Ressourcen bearbeitet.

Das Forschungsprogramm "Cyberspace und Information" wird aufgrund der Bedeutung für die Führungs- und Einsatzfähigkeit von Sicherheitskräften ausgebaut. Aktive Verfahren für die Detektion und die Nachvollziehbarkeit von Cyber-Angriffen werden entwickelt und demonstriert. Bedrohungen werden durch neue Techniken untersucht, deren Schadenspotenzial für das VBS evaluiert und aktiv an die Stakeholder kommuniziert. Verfahren zur Informationsgewinnung aus dem Internet und aus sozialen Medien werden untersucht und anhand von Demonstratoren veranschaulicht. Neue Technologien und Verfahren für die Bereitstellung von Lagebildern werden evaluiert und mit Demonstratoren veranschaulicht. Erkenntnisse aus den Forschungsaktivitäten fließen zudem in den neu geschaffenen Cyber-Defence Campus ein. Dieser stellt mit breitem Know-how und internationalem Kompetenznetzwerk das Bindeglied zwischen VBS, der Industrie, der Akademie und Hacker Communities in allen cyberrelevanten Themen dar.

3.2.4 Potenzielle Partner – Nationale und internationale Zusammenarbeit

3.2.4.1 Universitäten und Hochschulen

- Consortio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni – CNIT (ITA)
- ETH Zürich, Institut für elektromagnetische Felder
- ETH Zürich, Institut für integrierte Systeme
- ETH Zürich, Institut für Statistik
- ETH Zürich, Institut für Informationssicherheit
- ETH Zürich, Institut für technische Informatik und Kommunikationsnetze
- ETH Zürich, ZISC (Zurich Information Security and Privacy Center)
- EPF Lausanne, Microelectronic Systems Laboratory
- EPF Lausanne, Laboratory of intelligent Systems
- EPF Lausanne, Artificial Intelligence Laboratory
- EPF Lausanne, Distributed Information Systems Lab
- EPF Lausanne, Security and Privacy Engineering Laboratory
- EPF Lausanne, Swiss Data Science Lab
- EPF Lausanne, Center for Digital Trust
- EPF Lausanne, Institute of Microtechnic ESPLAB
- EPF Lausanne, Laboratoire de Communications Mobiles
- EPF Lausanne, Microwave and Antenna Group MAG
- EPF Lausanne, Institute of Microengineering IMT, Neuchâtel
- HEIG VD - Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud, Yverdon
- IMDEA Network Institute (ESP)
- KU Leuven - ESAT-TELEMIC (BEL)
- Technische Universität Wien (AUT)
- Universität Bern, Geographisches Institut
- Universität Bern, Institut für angewandte Physik
- Université de Fribourg, Département d'informatique - eXascale Infolab
- Universität Kaiserslautern (DEU)

- Universität Zürich, Remote Sensing Laboratories (SARLab und SpektroLab)
- University of Brescia (ITA)
- University of Ljubljana (SLO)
- University of Oxford (UK)
- Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften, Winterthur (ZHAW)

3.2.4.2 Industrie

- Aalberts Surface Treatment AG, Altdorf
- Aerofem GmbH
- Aeroflight.ch
- Distran GmbH, Zürich
- Enkom AG, Bern
- Exeon Analytics GmbH
- Forventis GmbH, Zürich
- Gamma Remote Sensing AG
- IAV Engineering, Lausanne
- IBM Research, Rüschlikon
- Ing. Büro für Sensorik und Signalverarbeitung, Bexbach (DEU)
- Kudelski Security, Cheseaux
- MFB GeoConsulting GmbH, Messen
- Noser Engineering AG, Bern
- Palindrone Remote Sensing AG
- Precision Wave AG
- Rayzon Technologies AG, Ittigen
- Realvision Sàrl
- RUAG Schweiz AG
- Schwarz Technologies & Consulting LLC
- Sensefly GmbH, Cheseaux
- Sero Systems, Kaiserslautern (DEU)
- Syderal SA
- Thales Schweiz AG, Zürich
- Timios GmbH, Zürich
- Trivadis AG, Bern
- Trivo Systems GmbH

3.2.4.3 Bund

- VBS / BABS / Labor Spiez
- VBS / armasuisse / Bundesamt für Landestopografie swisstopo / Kompetenzzentrum für Geoinformationen des Bundes / Mil Geo Institut
- EMPA, Abteilung Akustik / Lärminderung
- METEO Schweiz AG
- Melde- und Analysestelle Informationssicherung MELANI

3.2.4.4 Staatliche Partner

- Army Research Laboratory - Research, Development and Engineering Command (USA)
- Defence, Peace, Safety and Security CSIR, Pretoria (SAF)
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Oberpfaffenhofen DLR (DEU)
- Finnish Defense Forces
- Fraunhofer Forschungsinstitut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR, Wachtberg (DEU)
- Fraunhofer Forschungsinstitut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB, Ettlingen (DEU)
- Fraunhofer Forschungsinstitut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie FKIE (DEU)
- NATO/PfP Forschungsarbeitsgruppen: Wehrtechnische Forschungsinstitute aus den Ländern Deutschland, Frankreich, Italien, Holland, England, Norwegen, Schweden, Kanada, USA, Tschechien, Polen
- NATO, Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence
- Swedish Defence Research Agency FOI (SWE)
- Wehrtechnische Dienststelle für Informationstechnologie und Elektronik WTD-81, Greiding (DEU)
- Wehrtechnische Dienststelle für Schutz und Sondertechnik WTD-52, Oberjettenberg (DEU)
- Wehrwissenschaftliche Institut für Schutztechnologien ABC-Schutz WIS, Munster, (DEU)

3.3 Technologien für Operationelle Fähigkeiten: Wirkung und Schutz

Stichworte:

Wirkung: Anzündung, Aussenballistik, Ballistik, biologische Kampfstoffe, Blindgänger, chemische Kampfstoffe, Detonik, Directed-Energy Weapons, Elektromagnetischer Puls (EMP), Endballistik, energetische Wirkmittel (inkl. Leistung, Alterung, Sicherheit, Lagerung, Transport, Einsatz, Entsorgung), Explosivstoffe, geformte Ladungen, High Power Electromagnetics (HPE), Hochleistungsmikrowellen (HPM), Hohlladungen, Hyperschallwaffen, Improvised Explosive Devices (IED), Innenballistik, insensitive Munition, intelligente Munition, Laser, Lenkwaffen, letale Wirkmittel, multifunktionale Munition und Waffen, Nuclear Electromagnetic Pulse (NEMP), nicht-letale Wirkmittel (NLW), Präzisionswaffen, Pulver, Pyrotechnik, radiologische Gefahren, Rohrwaffen, Splittertechnologie, Source Region Electromagnetic Pulse (SREMP), Sprengstoffe, Strahlenwaffen, Thermobare Sprengstoffe, Treibladungspulver, Wirkmittel, Wirkungsmodelle, Wuchtmunition, Zielgenauigkeit, Zündung;

Schutz: Abwehr von Drohnenschwärmen, Aktiver Schutz, Chaff (Düppel), Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Elektronische Kriegsführung (EKF), Flares, Keramik, Kollateralschaden, Minenräumung, Morphing, Nanopartikel, Nicht ionisierende Strahlung (NIS), passiver Schutz, Panzerungen (inkl. Leicht-, Reaktiv- und Kompositpanzerungen), Raketenabwehr, Schutz von Sensoren, Signaturmanagement, Stealth, Tarnung (multispektral) und Täuschung, Verbundwerkstoffe, Verwundbarkeitsmodelle, Weltraum, Wundballistik;

3.3.1 Veranlassung und Nutzen

Eine wichtige und entscheidende Grundfähigkeit der Armee besteht darin, Wirkung erzielen zu können. Diese muss gegen Kräfte, Mittel und Einrichtungen am Boden, im Luftraum, im elektromagnetischen Raum, im Informationsraum und im Cyber-Raum erbracht werden können. Sie unterstützt die Erreichung militärischer Ziele und dadurch die Durchsetzung von übergeordneten politischen Absichten. Neben der Wirksamkeit sind Zielgenauigkeit und Verhältnismässigkeit wichtige Anforderungen, die im aktuellen sicherheitspolitischen Umfeld an den Einsatz von Wirkmitteln gestellt werden. Zielgenauigkeit ist dabei die Fähigkeit, präzise zu wirken und sicher zwischen Beteiligten und Unbeteiligten sowie zwischen eigenen und fremden Kräften unterscheiden zu können. Verhältnismässigkeit beschreibt die Fähigkeit, die beabsichtigte Wirkung mit der verfolgten Zielsetzung abzustimmen und Kollateralschäden möglichst zu vermeiden. Die Erfüllung beider Kriterien ist wegweisend für die Legitimation des Einsatzes der Armee, im nationalen wie im internationalen Kontext. Die Skalierbarkeit der Wirkung z.B. von Gefechtsköpfen bietet den Vorteil, dass die Zerstörungskraft zukünftiger Wirkmittel an die Erfordernisse eines Einsatzes angepasst werden können.

3.3.1.1 Wirkung

Durch Fortschritte in der Aufklärung und durch die Integration der Wirkmittel in den Informationsverbund von Streitkräften wird die Effektivität und Effizienz von Einsätzen gesteigert. Mit Hilfe von Operations Research sollen die klassischen Erfolgsfaktoren wie die Mobilität von Wirkmitteln, Präzision dank autonomer Navigation ohne GPS, Reichweite, Wirksamkeit und Verwundbarkeit von Systemen optimiert und damit die Schlagkraft von Streitkräften bemessen werden. In urbanen Gebieten erlauben moderne Wirkmittel die Erzielung einer angemessenen Wirkung ohne dabei die zivile Bevölkerung mehr als notwendig zu beeinträchtigen. Mit der zunehmenden Urbanisierung der Schweiz ist absehbar, dass der Einsatz von vernetzten, mobilen und dezentral aufgestellten Effektoren mit abgestufter Reichweite, Wirkung und hoher Präzision an Bedeutung gewinnen wird, dabei müssen situationsangepasst bei abgestuftem Schutzgrad, Personen oder Gruppen auf Distanz gehalten oder weggewiesen werden können.

Die steigende Vernetzung durch die IoT-Technologien bietet im Cyber-Raum auch neue Wirkungsansätze, welche weitergehende Betrachtungen zur Verwundbarkeit zukünftiger Streitkräfte erfordern. Um unsere Systeme effektiv vor solchen Bedrohungen zu schützen, müssen die Wirkmechanismen untersucht werden. Da im Cyber-Raum militärische und zivile IKT immer stärker verschmelzen, gilt es die Angriffsvektoren sowohl im Bereich der militärischen wie auch zivilen Technologien in die Forschung miteinzubeziehen.

Trendbeobachtungen weisen darauf hin, dass Munition in Zukunft leistungsfähiger und gleichzeitig weniger empfindlich sein wird (insensitive Munition). Durch den Einsatz neuer energetischer Materialien und dank Optimierung der Verpackung ist moderne Munition sehr resistent gegen Hitze (langsame oder spontane Erwärmung) und mechanische Einflüsse. Die reduzierte Empfindlichkeit wirkt sich nicht nur auf die Sicherheit von Personen (Soldaten und Zivilbevölkerung) positiv aus, sondern hat auch Vorteile in einer vereinfachten Logistik und bei der sicheren Handhabung von Munition.

Es ist zudem festzustellen, dass sich durch kontinuierliche Verbesserung der Antriebe sowohl die Reichweite als auch die Präzision immer noch steigern lassen. Grosse Leistungssteigerungen sind insbesondere bei Zielerfassungssystemen zu erwarten, welche primär auf Fortschritten in Sensorik, Navigation, Signalverarbeitung und Steuerungsalgorithmik beruhen. Der Einsatz von Wirkmitteln aus dem Weltraum wird immer plausibler. Erste Hyperschallsysteme wurden erfolgreich getestet. Wegen ihrer sehr hohen Fluggeschwindigkeit stellen diese Flugkörper eine Bedrohung dar, welcher schwierig zu entgegnen ist.

Durch die zivil getriebenen technologischen Entwicklungen bei Laserquellen und angepasster Optik, rücken Laser als Waffen in den Bereich eines möglichen Anwendungsspektrums. Die Vorteile von Laserwaffen sind vielfältig: z.B. sind diese sehr präzise, rasch einsetzbar, skalierbar in der Wirkung (können als letale oder nicht-letale Waffen genutzt werden), signaturarm und ohne Munition betreibbar. In der Minenbekämpfung und bei nicht-letalen Wirkmitteln werden Laserwaffen bereits genutzt oder befinden sich in der Entwicklung. Die Lasertechnologie eignet sich aber auch zur Blendung von Sensoren (z.B. von Raketen) und damit zur Abwehr und dem Schutz eigener Kräfte und Mittel. Andererseits geht es aber auch darum, eigene Kräfte vor der Bedrohung durch Laserangriffe zu schützen. Mikrowellen eignen sich ebenfalls zur Erzeugung einer gezielten Wirkung. Auch diese wirken unsichtbar und geräuschlos. Dank Mikrowellen ist es möglich, auf kurze Distanzen elektronische Bauteile und auch Drohnen temporär zu stören oder auch nachhaltig zu schädigen. Im militärischen

Kontext sind Mikrowellenwaffen (High Power Microwave Systeme, HPM) auf dem Markt. Sie gehören zur Kategorie der Directed-Energy Weapons, einer neuen Generation von Waffensystemen, die mit gebündelter Energie Ziele ausser Funktion setzen, schädigen oder vernichten können.

Im Weltraum operierende und die Schweiz aufklärende Systeme müssen erkannt, verfolgt und allenfalls deren Auftragserfüllung durch geeignete Massnahmen verhindert werden. Dabei gilt es in Abhängigkeit des jeweiligen Aufklärungsmittels adäquate Gegenmassnahmen innerhalb der Forschung auf ihre Eignung zu untersuchen.

3.3.1.2 Schutz

Für moderne Streitkräfte sind die Kernfähigkeiten "Schutz und Überlebensfähigkeit" unerlässlich, damit die Aufgabenerfüllung der Armee sichergestellt werden kann. Die Einsatzbedingungen, die allgemeinen technologischen Entwicklungen (z.B. neue Werkstoffe) und die Charakteristik der gegnerischen letalen bzw. nicht-letalen Wirkmittel bestimmen Umfang und Ausmass des benötigten Schutzes.

Als wesentliche Gefahren und Bedrohungen für kritische Infrastrukturen in allen Sphären gelten in Friedenszeiten Naturkatastrophen und terroristisch oder kriminell motivierte Anschläge. So sind beispielsweise die Trinkwasserversorgung, Einrichtungen des Gesundheitswesens und der Nahrungsmittelversorgung, die Transport-Infrastruktur, die Energieversorgung oder Informations- und Kommunikationseinrichtungen speziell zu betrachten. Der Schutz moderner Informations- und Kommunikationsinfrastruktur gegen elektromagnetische Störung (EMP) und Mikrowellenwaffen (HPM) ist ebenso von Bedeutung. Kritische Infrastrukturen zeigen oftmals eine hohe gegenseitige Abhängigkeit. Dies kann bei Angriffen auf ein oder mehrere Infrastrukturelemente zu Kettenreaktionen führen. Diese Abhängigkeiten und ihre Risiken müssen genau untersucht und beschrieben werden, damit effektive Massnahmen zur Eindämmung und Handhabung von Schadensereignissen getroffen werden können.

Militärische Infrastrukturen im In- und Ausland müssen gegen unterschiedliche Gewalteinwirkungen wie Aufklärung und Störung aus dem Weltraum, militärische Waffenwirkung, terroristische Angriffe, Cyber-Attacken etc. geschützt werden. Der Bau von ortsfesten Schutzanlagen im Inland ist weitgehend abgeschlossen. Um die Werterhaltung dieser Infrastrukturen zu gewährleisten, müssen internationale Entwicklungstrends auf diesem Gebiet verfolgt werden, damit relevante Veränderungen oder Verbesserungen der Schutzkonzepte rechtzeitig erkannt werden. Im Ausland eingesetzte Truppen der Schweizer Armee weisen ein besonderes Schutzbedürfnis gegen terroristische Angriffe mit improvisierten Ladungen (Improvised Explosive Device, IED), Sprengfallen und Bomben auf, weil sie zumeist in provisorischen Einrichtungen (Camps) untergebracht werden und sich frei in der Einsatzumgebung bewegen müssen.

Das zunehmend zu beobachtende Risiko terroristischer Anschläge hat die Sensibilität für die Gefahren des Einsatzes biologischer und chemischer Waffen erhöht. Aufgrund ihres Schadenpotenzials muss der Schutz gegen biologische Kampfstoffe und Biotoxine evaluiert werden, obwohl diese eigentlich international geächtet sind. Da diese Kampfstoffe sehr schnell auf Umwelteinflüsse reagieren, dient die Forschung der Identifizierung und dem Nachweis biologischer und chemischer Stoffe durch Sensoren sowie der Entwicklung geeigneter Schutz- und Abwehrmassnahmen. Von besonderer Bedeutung sind dabei Fortschritte der

Bio- und Gentechnologie. Die Möglichkeit, Eigenschaften von Organismen zu verändern, bietet Chancen für den verbesserten Schutz, stellt aber auch das Risiko neuer Kampfstoffe dar. Bei radiologischen Waffen werden radioaktive Stoffe durch konventionelle Sprengstoffe freigesetzt. Man spricht von den sogenannten "Dirty Bombs". Die Schutzmassnahmen sind dieselben, welche bei der Freisetzung von Radioaktivität aus Unfällen von Kernkraftwerken vorzunehmen sind.

Trotz Fortschritten bei der Detektion und Neutralisierung von IEDs stellen improvisierte Sprengladungen für Einsatzkräfte und die Bevölkerung in asymmetrischen Konfliktsituationen eine latente Bedrohung dar. Daher ist es wichtig, dass die Detektion von IEDs und mögliche Neutralisierungstechniken weiter verbessert werden. Wie Erfahrungen aus Einsatzgebieten zeigen, kann die Verhinderung von Anschlägen sehr effektiv sein, wenn versucht wird, Anomalien in der Handels- und Logistikkette spezifischer Bauteile und Substanzen, welche für den Bau von IEDs verwendet werden, aufzuspüren. Damit lassen sich Hersteller von IEDs identifizieren und vor dem Auslösen einer Gewaltaktion neutralisieren.

Eine zentrale Fähigkeit der Armee, Soldaten, Einsatzmittel und Infrastrukturen einsatzfähig zu halten, ist der Schutz vor Granaten, Minen und Schusswaffen. Neben einem geeigneten Körperschutz für die Soldaten braucht es Schutzkonzepte für modulare mobile und stationäre Mittel. Dazu gehören auch Schutzbekleidungen und -westen, Panzerungen und spezifische Baustoffe. Sehr oft geht ein verbesserter Schutz von Mannschaft und Fahrzeugen mit einer Gewichtszunahme der Ausrüstung einher. Dies kann sich auf die Beweglichkeit, Mobilität und Durchhaltefähigkeit negativ auswirken. Deshalb wird in der Forschung nach Materialien gesucht, die bei niedrigerem Gewicht eine ähnliche Schutzwirkung oder bei gleichem Gewicht eine bessere Schutzwirkung erzielen. Anstelle schwerer passiver Schutzmassnahmen werden auch Konzepte des aktiven Schutzes verfolgt. Aktive Schutzmassnahmen sind darauf ausgerichtet, mögliche Gefahrenquellen frühzeitig zu erfassen und rasch Gegenmassnahmen einzuleiten. Bei aktiven Schutzmassnahmen ist zudem das Problem von allfälligen Kollateralschäden zu beachten. Dazu gilt es, bereits auf dem Markt erhältliche Systeme mit Informationen zu deren Zuverlässigkeit zu beobachten. Personenschutzsysteme werden dank modernen Kunststoffen und Keramiken immer effektiver. Es muss gewährleistet werden, dass die Schutzfähigkeit dieser Materialien über die Lebens- und Nutzungsdauer erhalten bleibt.

Der effektivste Schutz wird durch die Verschiebung der eigenen Mittel vor der Aufklärung durch einen Gegner erreicht. Tarnung und Täuschung sind dazu effektive Ansätze. Heute ist davon auszugehen, dass die meisten ortsfesten Installationen aufgeklärt und deren Koordinaten bekannt sind. Mobile Objekte können hingegen getarnt werden, indem man ihre elektromagnetische Signatur (Emission oder Absorption) der Umgebung anpasst und Emissionen, wie Lärm oder Rauch unterdrückt. Damit wird deren Ortung, Identifikation und Verfolgung durch einen Gegner erschwert. Insbesondere in der Luftfahrttechnik, aber auch vermehrt bei see- und landgestützten Plattformen bedient man sich zur Reduktion der Radarsignaturen der Tarnkappentechnologie, wobei der Tarnkappeneffekt durch den Einsatz bestimmter Verbundwerkstoffe, durch die Verwendung radarabsorbierender Materialien und Beschichtungen oder durch spezifische Plattformkonstruktionen erzielt wird. Dem gleichen Ziel dient das Morphing zur Veränderung von Oberflächeneigenschaften (z.B. Anpassung der Farbe) oder Oberflächenstrukturen (z.B. Veränderung eines Flugzeugflügels im Flug). Die Möglichkeiten des Morphings werden durch die Fortschritte der Nanotechnologie und der Materialwissenschaften beeinflusst.

3.3.2 Mehrwert der Forschungsergebnisse

3.3.2.1 Mehrwert für A Stab, Kdo Op: Mil Sicherheit, Kdo Ausb: Kompetenzzentrum ABC-KAMIR, BABS, Blaulichtorganisationen

- Grundlagen für Optimierung des Einsatzes der eigenen Wirkmittel
- Erkenntnisse für den Aufbau eines streitkräftegemeinsamen Wirkungsverbundes (dabei insbesondere Abstimmung der Beiträge der verschiedenen militärischen Verbände aufeinander)
- Vertieftes Verständnis der Zusammenhänge zwischen Risiken für Mensch und Material, Operationsdurchführung und passiven Schutzmassnahmen
- Beurteilung der Vor- und Nachteile nicht-letaler Wirkmittel
- Analyse der Einsatzmöglichkeiten und des Entwicklungspotenzials sowie der Chancen und Risiken nicht-letaler Wirkmittel
- Beurteilung der Einsatzdoktrin der eingesetzten Plattformen in Abhängigkeit möglicher gegnerischer Wirkmittel
- Verständnis der Leistungsfähigkeit und neuer gegnerischer Wirkmittel aus allen Räumen mit der Ableitung von künftigen Bedrohungsszenarien
- Grundlagen für den Schutz kritischer (militärischer und ziviler) Infrastruktur
- Grundlagen für den Personenschutz
- Wissenserhalt für die Bewirtschaftung der Schutzinfrastruktur
- Kompetenzbeiträge zu Fähigkeitslücken gemäss Masterplan Streitkräfte- und Unternehmensentwicklung der Schweizer Armee
- Unterstützung bei Ausbildung und Beratung des Kompetenzzentrums ABC-Kamir
- Grundlagen für passive Schutzmassnahmen
- Grundlagen zur Beurteilung von KAMIR-Tätigkeiten

3.3.2.2 Mehrwert für armasuisse

- Kompetenz für Munitionssicherheit und -überwachung
- Grundlagen und Wissen zu Alterungsverhalten, Lebensdauer, Transport, Lagerung, Einsatz und Entsorgung von Munition
- Grundlagen für die Detektion von Sprengstoffen
- Kenntnisse von Munitionssystemen (Innen-, Aussen- und Endballistik)
- Beurteilung von Optionen für die Leistungserhaltung und -steigerung von Wirkmitteln
- Grundlagen über insensitive Munition
- Kenntnisse über Schutzanforderungen (Personen, Fahrzeuge und Infrastruktur)
- Beurteilung unterschiedlicher Schutzoptionen
- Grundlagen für den Schutz kritischer (militärischer und ziviler) Infrastruktur
- Grundlagen und Überwachungsmethoden für den Personenschutz
- Wissenserhalt für die Bewirtschaftung der Schutzinfrastruktur
- Kompetenzerhalt für die Berechnung und Simulation von ballistischen Vorgängen
- Grundlagen für die Beurteilung von Munitions-Altlasten in Seen oder in früheren Munitionslagern wie Blausee-Mitholz
- Kompetenzerhalt / -ausbau NIS

- Technisches Wissen in Bereichen EMP / NEMP / HPM, u.a. Grundlagen zur korrekten Dimensionierung der Schutzmassnahmen vor NEMP und von elektromagnetischem Schutz
- Technisches Wissen und Erfahrungen für Ausführungsbestimmungen im Bereich NIS

3.3.3 Zielsetzungen

3.3.3.1 Wirkung

Um die zukünftigen Ablösungen und Beschaffungen von Wirksystemen für die Schweizer Armee auf technologischer Ebene begleiten und frühzeitig Technologierisiken erkennen zu können, wird die Erprobungs- und Beratungsfähigkeit im Bereich der Wirkmittel aufrechterhalten. Dazu gehören die Entwicklung von spezifischen Methoden zur Messung und Visualisierung hochdynamischer Prozesse, die Evaluation von repräsentativen Zielaufbauten, die Erarbeitung von Wirkungs- und Verwundbarkeitsmodellen für Parameterstudien, die Verfolgung von Technologietrends und die Analyse der Produktentwicklung in den entsprechenden Märkten. Ferner sollen Kompetenzen aufgebaut werden, die erlauben Einsatzverfahren zu beurteilen, wie z.B. ob es möglich ist, in naher Zukunft Wirkmittel mit grosser Reichweite dezentral aufzustellen, um dann gemeinsam zu wirken. Dabei ist der Verbund von Sensoren und Effektoren zentral, genauso wie die zu untersuchenden Einsatzverfahren.

Obwohl sich bei den letalen Wirkmitteln mittelfristig ein paar disruptive Neuerungen abzeichnen, setzt sich der Trend fort, die entsprechenden Plattformen hinsichtlich Gewicht und Leistungsfähigkeit zu optimieren. Es ist vorgesehen sich auf Wirkmittel im Zusammenhang mit neuen Bedrohungen, wie beispielsweise der Bekämpfung von unbemannten Plattformen (Drohnen), Hyperschallsysteme oder Loitering Ammunition (vgl. Kapitel 3.4.1), zu konzentrieren. Auch die Fortschritte in der Zielzuweisung und präzisen Zielbekämpfung müssen weiterhin beurteilt und in mögliche Einsatzkonzepte überführt werden können.

Die fundierten Kenntnisse über nicht-letale Wirkmittel sind entscheidend zur Beurteilung des Nutzens für die Unterstützung ziviler Behörden, für die Verteidigung und bei Einsätzen für die Friedensförderung. Deshalb sind aufgrund der anhaltenden Urbanisierung der Schweiz, neue technische Möglichkeiten zur Sicherstellung einer angepassten Wirkung mit möglichst geringen Kollateralschäden zu evaluieren. Dazu werden auch einsatzrelevante und rechtliche Aspekte einbezogen.

Die Eignung von Laserwaffen für den Einsatz gegen UAVs und Flugkörper soll weiter untersucht werden. Neben technischen Aspekten müssen auch rechtliche Fragen eines Lasereinsatzes geklärt werden.

Bei den Directed-Energy Weapons können mobile Laserwaffen künftig ein potentes Wirkmittel von Streitkräften werden. Dazu sind Kenntnisse aufzubauen, wie Laserwaffen gegen Mikro- und Minidrohnen eingesetzt werden können. Auch die Entwicklung von Directed-Energy Weapons (z.B. Jammer, Mikrowellen-Waffen) soll aktiv verfolgt werden um das Potenzial solcher Effektoren abschätzen zu können.

3.3.3.2 Schutz und Sicherheit

Kompetenzen zur Erhöhung des Schutzgrades von mobilen Objekten wie Fahrzeugen, Flugzeugen, Helikoptern und Containern werden weiterentwickelt. Dazu soll das ballistische Schutzpotenzial von neuen Werkstoffen und Werkstoffkombinationen als passive Schutzmassnahmen auch gegen Minen oder IEDs experimentell untersucht werden können. Zur Abschätzung von Potenzialen und Grenzen neuartiger Schutzsysteme werden Technologie-demonstratoren aufgebaut. Dabei sind sowohl aktive wie auch passive Systeme zu berücksichtigen. Weiter gilt es sowohl das Zusammenspiel zwischen Detektionssensoren und möglichen Gegenmassnahmen als auch die Vernetzung mit den verfügbaren Informations- und Führungssystemen einzubeziehen.



Abbildung 18: Experimentelle Charakterisierung der Schutzeigenschaften einer instrumentierten Testplattform durch Ansprenge. Die Versuchsparameter basieren auf realistischen Szenarien.

Die Kompetenzen bezüglich möglicher Schutzmassnahmen von Infrastrukturen wie Gebäuden, Brücken oder Tunnels sind weiterhin aufrechtzuerhalten. Dies umfasst die Bestimmung von Sicherheitsradien, die Beurteilung der Wirkung von Druckladungen und langsamen Penetratoren. Zudem muss das Wissen verfügbar sein, Infrastrukturen zu härten. Dies erfordert sowohl Kenntnisse in der Verstärkung von Baustrukturen (Tragmauern und Stützen) als auch von stahl- und kunststoffverstärkten Betonbaustoffen. Neben experimentellen Untersuchungsmethoden müssen dazu auch theoretische Grundlagen und Simulationswerkzeuge bereitgestellt werden. Die Simulation von hochdynamischen Ereignissen ermöglicht die Identifikation von Schadensmechanismen und die Erarbeitung von Massnahmen zur Härtung von Objekten. Dazu ist die experimentelle Bestimmung von Simulationsparametern unabdingbar. Weiter gilt es, die Entwicklung von Sprengstoffdetektoren für den nicht-invasiven Nachweis von Sprengmitteln zu verfolgen.

Die Kenntnisse moderner Schutzsysteme für Personen sind weiter zu vertiefen. Diese basieren weitgehend auf modernen Werkstoffen, die ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Schutzgrad und Gewicht ermöglichen. Entsprechende Prüfverfahren zur Beurteilung der Schutzleistung über die gesamte Lebens- und Nutzungsdauer müssen zur Verfügung stehen.

Weil improvisierte Spreng- und Brandvorrichtungen (IEDs) eine Gefahr in hybriden Operationen darstellen, ist ihr Gefährdungspotenzial experimentell und theoretisch zu evaluieren. Ziel ist die Ableitung geeigneter Präventions- und Schutzmassnahmen für die eigenen Kräfte sowie die Ausarbeitung von Empfehlungen zu deren Neutralisierung.

Die Sicherheit von Munition kann nur sichergestellt werden, wenn ihre Lager-, Transport- und Handhabungssicherheit, sowie auch ihr einwandfreies Funktionieren gewährleistet werden können. Dazu gehören auch Kenntnisse über unempfindliche Explosivstoffe, Konstruktionsprinzipien und Verpackungskonzepte zur Verringerung der Verwundbarkeit von Munition. Erkenntnisse aus der Forschung ermöglichen die Weiterentwicklung wissenschaftlicher Grundlagen, Methoden und Modelle zur Beschreibung der Alterung und Sicherheit von Munition zu Gunsten der Munitionsüberwachung. Die Prozesse der Munitionsüberwachung können so den neusten internationalen Erkenntnissen angepasst und deren Effizienz ohne Risikoerhöhung verbessert werden. Beruhend auf den erarbeiteten Fachkompetenzen kann der Zustand besser beurteilt und daraus die Lebensdauer von Munition genauer abgeschätzt werden. Dies kann zu längerer Nutzung führen, was insbesondere bei Lenk Waffen eine Kosteneinsparung bedeutet. Zusätzlich zum Aspekt der Nutzungsverlängerung werden durch die Munitionsüberwachung sowohl materialwissenschaftliche als auch sensorische Kompetenzen sichergestellt, welche für die Beurteilung möglicher Einflüsse auf Mensch und Umwelt notwendig sind.

Mit energetischen elektromagnetischen Pulsen (HPE) kann die Funktion elektronischer Geräte gestört werden. Zur Sicherstellung des Schutzes gegen elektromagnetische Pulse (EMP) wird die Test- und Evaluationsfähigkeit für heutige und kommende Systeme weiterentwickelt. Ergänzend dazu werden die technischen Fortschritte elektromagnetischer Generatoren und die damit verbundenen Risiken evaluiert. Daraus werden geeignete Schutzmassnahmen, insbesondere auch gegen Mikrowellenwaffen (HPM) abgeleitet.

Die NIS-Bundesverordnung²⁷ setzt den Kompetenzerhalt im Bereich der nichtionisierenden elektromagnetischen Abstrahlung voraus. Dazu gehören die Kompetenzen zum Nachweis der Konformität neuer militärischer Sendeanlagen mit den rechtlich verbindlichen Grenzwerten. Dazu sind Methoden für die Berechnung der Intensität des abgestrahlten elektromagnetischen Felds im Nahbereich von Antennen weiterzuentwickeln, um so dem Stand der Technik moderner Einsatzmittel zu folgen.

Der Kompetenzaufbau für den Schutz gegen CBRN-Gefahren konzentriert sich auf neue Technologien für die Detektion von biologischen Kampfstoffen. Die Entwicklung, Etablierung und Erprobung von molekularen und biochemischen Methoden zum Schnellnachweis von potenziellen B-Kampfstoffen haben angesichts der Bedrohungslage in Europa eine latent hohe Bedeutung, um rechtzeitig geeignete Schutzmassnahmen ergreifen zu können.

Zum Schutz eigener Plattformen sind die Kompetenzen im Bereich des Signaturmanagements weiter aufzubauen. Dabei sind die Grundlagen zur Beurteilung moderner Tarnung und Täuschung zu schaffen, welche heutzutage in allen Wirkungsräumen über ein breites Spektrum möglicher Anwendungen eine Rolle spielt.

²⁷ Verordnung über den Schutz vor nicht ionisierender Strahlung (NISV) vom 23.12.1999, SR 814.710

3.3.3.3 Umsetzungsziele 2021-2024

Der Kompetenzaufbau und -erhalt im Forschungsprogramm "Wirkung, Schutz und Sicherheit" wird eine weitere Legislatur fortgeführt. Die thematischen Schwerpunkte und somit die im Programm definierten Kompetenzfelder werden mit den Stakeholdern periodisch überprüft und bei Bedarf angepasst. Die Weiterentwicklung der letalen und nicht-letalen Wirkmittel wird in Form eines Technologie-Monitorings und durch die Beobachtung der Märkte verfolgt. Es sollen Einsatzkonzepte mit dezentraler Aufstellung von Effektoren grosser Reichweite (Rohr- oder Raketenartillerie bzw. Lenkwaffen) hinsichtlich ihrer Gesamtwirkung im Ziel untersucht werden. Die Bedrohung durch Hyperschallflugkörper ist mit Hilfe von Simulationen einer vertieften Betrachtung zu unterziehen. Die Bekämpfung unbemannter Plattformen wird sowohl theoretisch als auch experimentell untersucht. Dazu werden auch EMP- und Laserwaffen berücksichtigt. Der klassische Schutz von Personen, Infrastruktur und mobilen Objekten gegen Granaten, Minen, Wuchtmunition, IEDs und Flugkörper wird in Form von ausgewählten Fragestellungen weiterverfolgt. Durch breites Monitoring werden bereits am Markt erhältliche aktive und passive Schutzsysteme und deren Einsatzbedingungen beobachtet sowie Informationen über Einsatzerfahrungen gesammelt. Es sollen moderne Schutzkonzepte für Fahrzeuge wie z. B. die elektromagnetische Panzerung oder Aktivschutzsysteme in Form von Demonstratoren experimentell untersucht werden. Zudem werden die bestehenden Verwundbarkeitsmodelle für die Wirkungsräume Boden und Luft erweitert. Die Widerstandskraft von hochfesten Betonelementen gegen Beschuss und Sprengladungen wird durch Versuche evaluiert. Die Methoden zur Gewährleistung der Munitionssicherheit werden weiterentwickelt. Anwendungsorientierte Forschungstätigkeiten im Bereich NIS und HPE sind erforderlich, um Messmittel und Modelle an die Entwicklung der Technologie anzupassen und so dem Stand der Technik zu folgen. Im Bereich CBRN sollen Methoden zum Schnellaufweis von B-Kampfstoffen erarbeitet werden. Der Schutz durch Tarnung und Täuschung wird an den drei Schwerpunkten adaptive Tarnung, Unterdrückung der Zielzuweisung und der Effektivität von Täuschkörpern gegen Lenkwaffen untersucht.

3.3.4 Potenzielle Partner – Nationale und internationale Zusammenarbeit

3.3.4.1 Universitäten und Hochschulen

- Berner Fachhochschule, Technik und Informatik, Biel
- Berner Fachhochschule, Institut für Human Centered Engineering
- ETH Zürich, Computer Vision Lab
- EPF Lausanne, Centre of MicroNano Technology, Laboratory of Microsystems
- Universität Bern, Institut für Rechtsmedizin, Forensische Physik und Ballistik
- Université de Fribourg, Département de Chimie
- Université de Lausanne, Institut de Police Scientifique
- EMPA, Advanced Materials Processing, Thun und Acoustic/Noise Control, Dübendorf
- Haute école d'ingénierie et d'architecture de Fribourg, Institut de Chimie
- Haute école HE-Arc Ingénierie, Neuchâtel, Berne, Jura
- Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI), Dettaglio della ricerca
- University of Florida (USA)

3.3.4.2 Industrie

- Aalberts Surface Treatment AG, Altdorf
- AKTS AG, Siders
- bpk consultancy GmbH, Thun
- Dynamic Phenomena GmbH, Lausanne
- EMC Klaus, Stäfa
- EMProtec GmbH, Hinwil
- Forventis GmbH, Zürich
- General Dynamics European Land Systems, Kreuzlingen
- IABG Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH, DEU
- Ingenieurbüro Heierli AG, Zürich
- IMSD Sàrl, Montfaucon
- Mandanis angewandte Mechanik GmbH, Kriens
- Montena emc, Rossens
- Nitrochemie AG, Wimmis
- Pulsed Power Systems AG, Wallbach
- Rheinmetall Air Defence AG, Oerlikon
- RUAG Schweiz AG
- Saab Bofors Dynamics Switzerland, Thun
- Timios GmbH, Niederglatt
- Tymrex GmbH, Bern

3.3.4.3 Bund und Kantone

- VBS / BABS / Labor Spiez
- VBS / BABS / AG SKI
- VBS / Verteidigung / Kompetenzzentrum ABC-KAMIR der Armee
- VBS / Verteidigung / LBA
- VBS / armasuisse / Immobilien / SG SIM
- Bundesamt für Polizei / fedpol
- Forensisches Institut, Zürich (FOR)

3.3.4.4 Staatliche Partner

- Wehrwissenschaftliches Institut für Werk-, Explosiv- und Betriebsstoffe WIWEB, Erding (DEU)
- Wehrtechnische Dienststelle für Schutz und Sondertechnik WTD 52, Schneizlreuth (DEU)
- Wehrtechnische Dienststelle für Waffen und Munition WTD 91, Meppen (DEU)
- Institut franco-allemand de recherche pour la défense, Saint-Louis (FRA/DEU)
- Royal Military Academy, Department of Weapon Systems and Ballistics (BEL)

3.4 Technologienintegration für Demonstratoren: Autonomie und Robotik

Stichworte

Aerodynamik, Allwettertauglichkeit, Antriebstechnik, Automatisierung, Autonomie, Avionik, Bionik, COTS, C-UAV, Datenlink, Detect and Avoid, Energiemanagement, EOD-Roboter, Fernsteuerung, Flugmechanik, Geolokalisation, High Altitude Plattformen (HAP), Hinderniswarnung, Humanoide Roboter, Identification Friend or Foe (IFF), Indoor-Positionierung, Indoor Robotik, Kollaboration, Künstliche Intelligenz, Locomotion, Logistik, Loitering Ammunition, Luftfahrt, Luftraumintegration, LSS UAV, Machine-Machine Interface, MALE, Man-Machine Interface, Man-Machine Teaming, MUM-T, maschinelles Lernen, Mikrodrohnen, mobile Plattformen, MOTS, Navigation, Payloadintegration, Pfadplanung, Robotik, Schwarm, Swarmbots, Systemtechnik, Terramechanik, Transport, Umgebungsklassifizierung, Unmanned Aerial Systems (UAS), Unmanned Combat Aerial Vehicle (UCAV), Unmanned Ground Vehicles (UGV), unbemannte Plattformen, Zulassung

3.4.1 Veranlassung und Nutzen

Auf internationaler Ebene ist Forschung in der Robotik zu einem markanten Schwerpunkt geworden. Neben zahlreichen zivilen Anwendungen ergeben sich aus der Forschung in der Robotik auch zahlreiche militärische Einsatzmöglichkeiten in den physischen Operationsphären Luft, Boden, maritimer Raum und Weltraum. Primär geht es darum, den Soldaten aus gefährlichen und schmutzigen Einsatzumgebungen fernzuhalten und ihn von langweiligen und ermüdenden Tätigkeiten zu entlasten. Auch wenn die Schweiz nicht beabsichtigt robotische Systeme zu bewaffnen, müssen doch Überlegungen angestellt werden, wie die Bevölkerung und eigene Kräfte vor Angriffen durch unbemannte oder gar autonome Waffensysteme geschützt werden können. Für die Integration von unbemannten Systemen in Operationen von Sicherheitskräften müssen doktrinelles Vorgaben berücksichtigt werden. Dabei werden vermehrt flexible Einheiten mit hoher Reaktionsfähigkeit und Agilität gefordert, welche je nach Operation/Mission aus verschiedenen modularen Elementen zusammengestellt werden können. Die Planung solcher Operationen orientiert sich am militärischen Auftrag, den geografischen Gegebenheiten, den Plattformeigenschaften und dem Bedarf an Schutz für die eigenen Einsatzkräfte. Knappe Bestände teuer ausgebildeter Soldaten und Spezialisten und der Druck aus der Werterhaltung unserer Gesellschaft erfordern militärische Operationen, deren Risiken weitgehend minimiert werden. Der Einsatz von unbemannten Systemen deshalb naheliegend. Bis anhin wurden unbemannte Plattformen meistens aus einer rückwärtigen Position ferngesteuert eingesetzt. Die Fortschritte in der Sensortechnik, der Datenaufbereitung und in der Steuerungsalgorithmik weisen jedoch darauf hin, dass unbemannte Systeme vermehrt ihre Missionen autonom ausführen werden. Dies entlastet die Bedienungsmannschaften von monotoner Routinearbeit und lässt ihre volle Konzentration auf Kernelemente der Mission fokussieren, in denen der Mensch seine Stärken ausspielen kann. Intuitive Benutzerschnittstellen erleichtern die Bedienung durch Milizsoldaten. Um optimale Einsatzleistungen zu erzielen, muss sowohl eine weitgehende technische Interoper-

abilität mit der bestehenden Systemumgebung als auch eine nahtlose Integration in die operationellen Abläufe von Sicherheitskräften gewährleistet werden. Dies erfordert unter Umständen auch eine doktrinale Weiterentwicklung der operationellen Einsatzkonzepte.

Es ist absehbar, dass unbemannte Systeme als Plattformen in einem sehr weiten Spektrum Operationeller Fähigkeiten ihre Dienste leisten werden. Diese kommen überall dort zum Einsatz, wo Soldaten oder Zivilisten sehr grossen Gefahren ausgesetzt werden müssten, oder aufgrund der Dauer eines Einsatzes die Ermüdung der Besatzung zum Problem würde. Mit der Weiterentwicklung der Systeme (Flexibilität, Einsatzdauer, Beweglichkeit, Geschwindigkeit etc.) entsteht die Fähigkeit aus sicherer Distanz lange andauernde Missionen in gefährlicher oder unzugänglicher Umgebung durchzuführen, die mit bemannten Plattformen aufgrund der Risikoexposition nicht in Frage kommen würden. Diese Erweiterung des Missionsspektrums kann bei der Durchführung von Aufklärungs- und Überwachungseinsätzen durchaus ein Vorteil sein, erweist sich aber aus der Perspektive der Bedrohung als Nachteil, sobald ein Gegner unbemannte Offensivmittel einsetzt. Obwohl der Einsatz von unbemannten Systemen mit autonom agierenden Kampfmitteln umstritten ist und durch internationale Konventionen beschränkt werden soll, kann für die Schweiz eine solche Bedrohung nicht ausgeschlossen werden. Dabei ist zu beachten, dass Mikro- und Minidrohnen auch für konventionelle Streitkräfte ein Gefahrenpotenzial darstellen, das lange Zeit unterschätzt wurde. Insbesondere der Einsatz von sehr vielen kleinen Drohnen durch gegnerische Kräfte erfordert den Aufbau von Schutz- und Gegenmassnahmen (Counter Unmanned Air Vehicles, C-UAV) um sicherzustellen, dass Soldaten, teure Systeme und Infrastruktur genügend geschützt werden können. Die hohe Verfügbarkeit und die Möglichkeit ohne logistische Unterstützung den Transport von kleinen Drohnen zu gewährleisten, macht deren Einsatz auch in asymmetrischen Szenarien oder in Eskalationsstufen unterhalb der Kriegsschwelle wahrscheinlich.

Unbemannte Luftfahrtsysteme (Unmanned Air Systems, UAS) haben in den letzten Jahren international eine intensive Weiterentwicklung erfahren. Es sind primär die zivilen Märkte, welche in unbemannten Flugzeugen eine Möglichkeit sehen, neuartige Dienstleistungen zu erbringen oder Kosten zu optimieren. So werden in urbanen Umgebungen vermehrt City-Taxis für Personen angeboten, aber auch die Möglichkeit Pakete und Waren durch autonome Drohnen zu transportieren, wird vermehrt genutzt. Ebenfalls durch den zivilen Markt getrieben ist die Entwicklung von unbemannten Luftfahrzeugen, welche über Monate, teilweise sogar über Jahre ihre Mission erfüllen sollen. Fortschritte in der Effizienz von Solarzellen und Batterien werden es solchen Fluggeräten ermöglichen autark zu operieren. Dabei ist angedacht, dass derartige Flugplattformen aufgrund der günstigen Sonnen-, Wind- und Luftverkehrsbedingungen in die Stratosphäre ausweichen und als kostengünstiger Ersatz für Satelliten genutzt werden. Die Vernetzung mehrerer solcher High Altitude Platforms (HAP), z.B. in Schwärmen, ermöglicht selbst in infrastrukturschwachen und schwer zugänglichen Gegenden rasch Kommunikationsnetze aufzubauen und über längere Zeit zu betreiben. Grundsätzlich ergibt sich aus den zivilen Entwicklungen auch Potenzial für Anwendungen im Sicherheitsbereich, sei es für den Transport von Personen oder Waren, für den Aufbau von Kommunikationsnetzen oder auch für lange andauernde Aufklärungs- und Überwachungsmissionen.

Im militärischen Bereich der Grössenklasse MALE (Medium Altitude Long Endurance) wird die technologische Entwicklung genutzt um die Leistungsfähigkeit (Geschwindigkeit, Agilität und Durchhaltefähigkeit) zu verbessern und den aktiven und passiven Schutz der Systeme

auszubauen. Dazu werden auch Redundanzen (Global Positioning Systems GPS und GALILEO) oder Alternativen zur Navigation mittels Satelliten implementiert. Führende Nationen streben die Bildung von gemischten Einsatzformationen an, welche teilweise bemannt und teilweise unbemannt agieren. Man spricht von Manned-Unmanned-Teaming (MUM-T), bei dem beispielsweise der Co-Pilot aus einem AH-64 APACHE Helikopter ein GRAY EAGLE UAV steuert. Es ist auch ein Trend zu optional bemannten Luftfahrzeugen feststellbar. In wieweit solche Möglichkeiten künftige Luftoperationen beeinflussen werden und wie ein entsprechendes Schutzkonzept aussehen müsste, wird sich wohl in den kommenden Jahren konkretisieren. Für die Ausführung von präzisen Angriffen auf mittlere Distanzen werden autonom operierende Einwegdrohnen eingesetzt, für die man auch den Begriff Loitering-Ammunition verwendet. Auch hier stellt sich die Frage, ob der Einsatz von Loitering-Ammunition traditionelle Waffensysteme verdrängt oder eher ergänzend dazu genutzt wird.

Treiber für die autonome Mobilität am Boden sind die grossen Märkte der internationalen Automobilhersteller. Was wir heute als Fahrassistenzsysteme in modernen Fahrzeugen wahrnehmen, sind Elemente zum Aufbau von autonomen Systemen auf der Strasse. Obwohl bereits einzelne autonome Fahrzeuge (Unmanned Ground Vehicles, UGV) zugelassen sind, ist mit einer flächendeckenden Einführung nicht zu rechnen, bevor rechtliche Aspekte geklärt sind. Die technische Entwicklung wird zwar weitergehen, es ist jedoch vorläufig der Mensch, der als letzte Instanz für die korrekte Steuerung des Fahrzeugs verantwortlich bleibt und damit bei einem Unfall haftet. Um die Verkehrssicherheit zu erhöhen wird die Vernetzung und der Austausch von Daten zwischen verschiedenen Fahrzeugen notwendig sein. Das angestrebte kooperative Verhalten wird jedoch erst erreicht werden können, wenn entsprechende Standards definiert und die gesetzlichen Grundlagen für die Strassenverkehrszulassung angepasst sind.

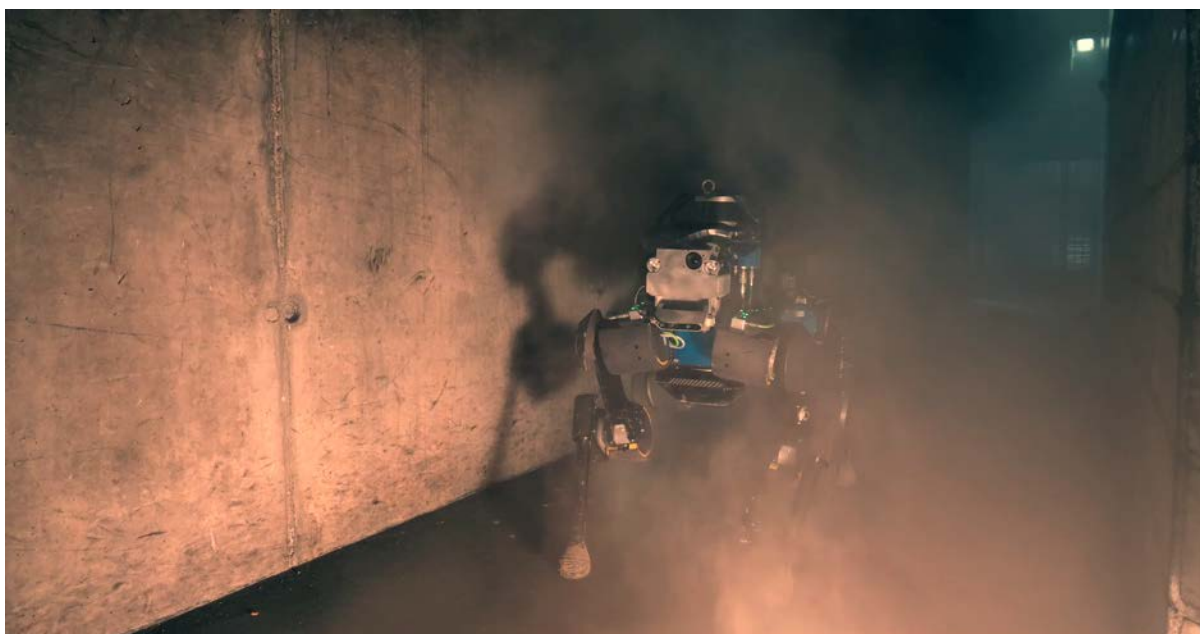


Abbildung 19: Test eines autonomen Roboters (ANYmal) im Übungsdorf Wangen an der Aare unter anspruchsvollen Bedingungen.

Unbemannte Plattformen am Boden reduzieren die Gefahrenexposition von Sicherheitskräften beispielsweise bei der Entschärfung von Bomben und Munition, Minenerkennung und -räumung (EOD, EOR, IED, HUMIR), der Aufklärung in urbanen Gebieten und in nicht direkt

einsehbaren Räumen (feindlich besetzte Gebiete, eingestürzte Bauwerke etc.), dem Transport von Verwundeten und Versorgungsgütern in Gefahrenzonen und der Aufklärung in CBRN-kontaminierten Gebieten.

Die Mobilität am Boden wird insbesondere bei kleineren Plattformen noch sehr grosse Fortschritte erzielen. Die klassischen Antriebskonzepte mittels Räder und Raupen werden weiterentwickelt und mit hybrider oder elektrischer Motorisierung und Einzelradansteuerung ergänzt. Damit werden signaturarme Schleichfahrten in anspruchsvollem Gelände möglich. Im Gegensatz zum klassischen Umfeld ziviler Strassenfahrzeuge sind die Anforderungen militärischer Fahrzeuge an die Navigationsleistung autonomer Systeme sehr viel höher. Die Mobilität auf unbefestigten, nicht markierten Strassen oder im Gelände erfordert die Fähigkeit, in der Umgebung passierbare und nicht passierbare Bereiche zu erkennen und zu unterscheiden. Diese Zusatzanforderung wird wohl eine Nische bei autonomen Fahrzeugen mit spezifischen Aufgaben bleiben und entsprechende Kosten zur Folge haben. Mit fortschreitender Entwicklung der Sensoren, der Datenverarbeitungsgeschwindigkeit und der Steuerungsalgorithmen rücken vermehrt sogenannte biomimetische Systeme in den Fokus, welche sich auf Beinen, mittels Schwimm- oder Kriechbewegungen fortbewegen. Damit kann - wie in der Natur - die Art der Fortbewegung auf die Umgebung angepasst und die Vorteile gegenüber einem Rad- oder Raupenantrieb genutzt werden. So wird eine stabile Fortbewegung im unwegsamen Gelände, auf einem Schadenplatz oder im Innern eines Gebäudes möglich und damit entsprechende Missionen durch autonome Systeme erst durchführbar.

Die Entwicklungsgeschwindigkeit leistungsfähiger autonomer Systeme basiert auf Systemkompetenzen, welche die geschickte Integration von Commercial of-the-shelf- und Military of-the-shelf-Komponenten (COTS bzw. MOTS-Komponenten) erlauben. Aber auch die Fortschritte in sogenannten "Enabler"-Technologien, wie beispielsweise in der Sensorik, Datenauswertung und Datenfusion, künstlicher Intelligenz und Algorithmik, Steuerungs- und Regelungstechnik, Kommunikationstechnik, präzise und verzugslos steuerbarer Antriebsaggregate, Navigation, Werkstoffen, Energiespeicherung und Energiemanagement sind entscheidend, wie rasch leistungsfähige autonome Systeme zur Verfügung stehen werden. Dabei dürften insbesondere die Werkstofftechnik und die Mikro- bzw. Nanotechnologie wichtige Impulse zur Miniaturisierung von Plattformen geben. Der Einsatz robotischer Systeme ist jedoch nicht nur von technischen Aspekten abhängig. Schliesslich wird das Vertrauen der Nutzer in diese Systeme, die Akzeptanz der Bevölkerung, die Entwicklung der rechtlichen bzw. völkerrechtlichen Situation und die ethisch-moralische Diskussion eine entscheidende Rolle spielen, ob und wie autonome Systeme eingesetzt werden.

3.4.2 Mehrwert der Forschungsergebnisse

3.4.2.1 Mehrwert für A Stab, Kdo Op, LBA, BABS, Blaulichtorganisationen

- Aufzeigen der Auswirkungen technologischer Entwicklungen auf Doktrin, Operationsführung und -planung
- Analyse der Einsatzmöglichkeiten und des Einsatzpotenzials unbemannter Plattformen
- Grundlage zur Erstellung einer künftigen Doktrin für den Einsatz und den Schutz gegen unbemannte Plattformen bzw. Systeme

- Beitrag zur Realisierung des Führungs-, Informations- und Wirkungsverbundes auf Stufe militärischer Verbände bzw. Sicherheitskräfte
- Erkennen der Voraussetzungen und Konsequenzen der Integration in den Führungs-, Informations- und Wirkungsverbund
- Aufzeigen der möglichen Konsequenzen neuer Technologien für logistische Unterstützung
- Kompetenzbeiträge zu Fähigkeitslücken gemäss MASTERPLAN Streitkräfte- und Unternehmensentwicklung der Schweizer Armee

3.4.2.2 Mehrwert für armasuisse

- Überprüfung der Einsatzmöglichkeiten und des Einsatzpotenzials verschiedener technologischer Entwicklungen im Hinblick auf künftige Beschaffungsvorhaben
- Beurteilungs- und Beschaffungskompetenz für unbemannte mobile Plattformen und Systeme
- Unterstützung bei Beschaffungsvorbereitung und Beschaffung (z. B. Mini-UAV für die Schweizer Armee)

3.4.3 Zielsetzungen

Der Einsatz unbemannter Systeme gewinnt in fast allen physischen Wirkungsräumen an Bedeutung. Primärer Grund dafür ist das Streben nach verbessertem Schutz der eigenen Einsatzkräfte und nach der zeitlichen Ausdehnung unterbruchsfreier Missionsausübung, wie etwa bei Überwachungseinsätzen. Unbemannte Systeme erlauben auch Einsätze, welche mit bemannten Mitteln ein zu hohes Risiko bergen. Sie erweitern bestehende oder erschliessen neue Operationelle Fähigkeiten, reduzieren Reaktionszeiten und haben das Potenzial die Effektivität oder Effizienz von Einsätzen zu erhöhen. So kann beispielsweise ein Roboter ein kontaminiertes Gebiet über lange Zeit und mit gleichbleibender Qualität autonom erkunden und gleichzeitig personelle Ressourcen einsparen. Zur Beurteilung der verschiedenen Einsatzmöglichkeiten unbemannter Systeme ist es daher notwendig, Entwicklungen in den Bereichen Fahrzeug- und Fortbewegungstechnik, Sensorik, Navigation (auch ohne satellitenbasierte Navigationssysteme), maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz zur Steigerung der Autonomie von robotischen Systemen und deren Nutzlast, robuste und latenzarme Kommunikation, intuitive Interfaces zur Steuerung von einzelnen Robotern und von Multi-Robotersystemen, Allwettertauglichkeit, Luftraum- und Strassenintegration, Zuverlässigkeit und flexible Nutzlastintegration zu verfolgen und auszuwerten.

Forschungsbedarf besteht auf vielen Systemebenen und insbesondere auch bezüglich der Gesamtintegration dieser einzelnen Ebenen in einsatzfähige Experimentalsysteme zur Verknüpfung der wissenschaftlichen Forschung mit den operationellen Bedürfnissen. Dabei sollten insbesondere die Anwendungsmöglichkeiten bei der Unterstützung der zivilen Behörden und die daraus resultierenden Herausforderungen berücksichtigt werden.

Weil der Einsatz von unbemannten Systemen das Spektrum möglicher Operationen erweitert, welche ohne den Einsatz unbemannter Systeme nicht möglich wären oder ein zu hohes Risiko in sich bergen würden, soll auf mögliche Konsequenzen für die Entwicklung der Doktrin hingewiesen werden. Dabei geht es auch darum, die Entwicklung des Autonomiegrades

unbemannter militärischer und ziviler Systeme genau zu beobachten und anhand von Demonstratoren deren Nutzen- und Gefahrenpotenziale aufzuzeigen.

Mit Blick auf eine mögliche Nutzung sind die Entwicklung der rechtlichen bzw. völkerrechtlichen Situation, der ethisch-moralischen Diskussion und der gesellschaftlichen Akzeptanz des Einsatzes von robotischen Systeme mit einem höheren Autonomiegrad aktiv zu beobachten und allenfalls zu unterstützen.

Darüber hinaus sollen die Anwendungsmöglichkeiten von autonomen Systemen als agile Kommunikationsknoten und Sensorplattformen (z.B. für die Nachrichtenbeschaffung, Aufklärung und Überwachung) vertieft untersucht werden. Auch sind die erforderlichen Massnahmen zu analysieren, um entsprechende Sensorinformationen in die Führungs- und Informationssysteme zu integrieren. Ein weiterer Schwerpunkt fokussiert auf den Einsatz von Robotiksystemen für die militärische Katastrophenhilfe (Brandbekämpfung, CBRN-Detektion, Genieaufgaben und Rettung) sowie auf Logistikaufgaben. Es sollen aber auch Technologien evaluiert werden, die es erlauben die Handhabung heutiger Systeme für die Beseitigung von improvisierten Sprengladungen (IED) und von Blindgängern (EOD) durch einen höheren Grad an Autonomie zu vereinfachen und dadurch sicherer zu gestalten.

Um das Potenzial solcher Anwendungen nutzergerecht aufzuzeigen, muss die Entwicklung von Technologien, welche die Durchhaltefähigkeit, die Robustheit und die Bedienerfreundlichkeit verbessern beobachtet werden. Bei elektrischen Antrieben kann die Einsatzdauer durch die Energiegewinnung mittels Solarzellen, moderner Batterietechnik und adäquatem Energiemanagementsystem massiv gesteigert werden. Dabei ist der Fokus auf neue Verfahren zur Optimierung des Energiehaushalts von Plattformen bzw. der auf den Plattformen installierten Komponenten zu lenken. Die Verwendung von virtueller oder erweiterter Realität verbessert das Situationsbewusstsein des Operators. Die Möglichkeiten additiver Fertigung erlauben den 3D-Druck von Verschleissteilen vor Ort, was sich positiv auf die Durchhaltefähigkeit auswirken kann. Internationale Entwicklungen auf diesen Gebieten sollen verfolgt und deren Potenziale und Grenzen aufgezeigt werden. Auch alternative Fortbewegungsformen sollen beobachtet und deren Potenzial für Einsatzszenarien von Sicherheitskräften evaluiert werden.

Im Bereich der Werkstoffe soll untersucht werden, welchen Beitrag neue Werkstoffe zur Verbesserung der Mobilität und Miniaturisierung leisten können. Dabei geht es u.a. um Gewichtsreduktion, verbesserte Wendigkeit oder optimierte Aerodynamik durch Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit. Diese Aspekte stehen in engem Zusammenhang mit Fortschritten in der Nano- und Mikrotechnologie, deren Entwicklung im Rahmen des Forschungsschwerpunkts "Innovations- und Querschnittsthemen" innerhalb des prioritären Forschungsfeldes "Materialwissenschaften und Energie" verfolgt wird.

Die Abwehr von tieffliegenden, kleinen, langsamen Drohnen (Low Small Slow Unmanned Air Vehicles, LSS UAV) wird auch für Streitkräfte zu einer Herausforderung um Soldaten, Systeme und Infrastrukturen zu schützen. Klassische Boden-Luft-Abwehrmittel sind dazu ungeeignet, weil die Anforderungen an die Sensorik wie auch an die Effektoren grundlegend verschieden sind. Es sollen die Technologieentwicklungen von Sensoren, Effektoren und Command-and-Control (C2) Einheiten verfolgt und deren Verbundleistung gegen aktuelle LSS UAV Bedrohungen beurteilt werden können.

3.4.3.1 Umsetzungsziele 2021-2024

Im Rahmen des Forschungsprogramms "Unbemannte Systeme und Robotik" werden alle Technologien verfolgt, welche in der Robotik grosse Fortschritte versprechen oder sogar disruptiv sind. Das Potenzial unbemannter Systeme für relevante Anwendungsfelder der Schweizer Armee wird aufgezeigt. Dabei wird die Integration ziviler Subsysteme zur Demonstration neuer oder erweiterter Fähigkeiten vorgesehen. Navigation ohne GNSS, die Implementierung von neuartigen Mensch-Maschinen-Schnittstellen für eine einfachere Bedienung, die Steigerung der Autonomie mit Hilfe maschinellen Lernens und die Optimierung des Energiemanagements für eine adäquate Durchhaltefähigkeit bilden wichtige Schwerpunkte. Ferner gilt es das Einsatz- und Bedrohungspotenzial von Multirobotersystemen (Schwärme) zu untersuchen und die Abwehr von LSS UAVs aus technologischer Sicht weiterzuverfolgen. Es werden Anlässe durchgeführt und Demonstratoren in militärische Übungen integriert, um das Potenzial robotischer Systeme aufzuzeigen, aber auch um Lehren hinsichtlich Stärken und Schwächen eingesetzter Technologien zu ziehen. Ethische, politische und rechtliche Entwicklungen hinsichtlich des Einsatzes von autonomen unbemannten Systemen werden aktiv verfolgt, völkerrechtliche Anstrengungen der Schweiz mit Hilfe von Expertisen unterstützt.

3.4.4 Potenzielle Partner – Nationale und internationale Zusammenarbeit

3.4.4.1 Universitäten und Hochschulen

- ETH Zürich, Autonomous Systems Laboratory
- ETH Zürich, Robotic Systems Laboratory
- ETH Zürich, Vision for Robotics Laboratory
- EPF Lausanne, Biorobotics Laboratory, Laboratory of Intelligent Systems
- EPF Lausanne, Computer Vision Laboratory
- EPF Lausanne, TOPO Geodetic Engineering Laboratory
- Universität Zürich, Robotics and Perception Group
- Universität Zürich, Digital Society Initiative
- Berner Fachhochschule, Technik und Informatik, Robotics Lab
- Hochschule für Technik Rapperswil, Institut für vernetzte Systeme
- Hochschule für Technik Rapperswil, Institute for Automation and Mechatronics
- IDIAP, Institut de recherche
- ZHAW Winterthur, Institut für mechanische Systeme und Zentrum für Aviatik
- FHNW Windisch, Institut für Automation
- CSEM Neuchâtel
- IDSIA Robotics Lab, Manno
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Oberpfaffenhofen DLR (DEU)
- Southwest Research Institute, San Antonio (USA)

3.4.4.2 Industrie

- RUAG Schweiz AG
- Bluebotics AG, Lausanne
- Forventis GmbH, Zürich
- Involi SA, Renens
- Moog GmbH
- MineWolf Systems AG, Pfäffikon
- Skysec GmbH
- PMRobotics GmbH
- Airbus Defence and Space, Bremen (DEU)
- Diehl BGT Defence, Überlingen (DEU)
- Rheinmetall AG, Düsseldorf (DEU)
- Arktis Radiation Detectors Ltd. (UK)
- QinetiQ Group plc, Farnborough (UK)
- Dassault Aviation (FRA)
- Insta Group Oy, Tampere (FIN)
- Aurora Flight Sciences, Manassas (USA)
- Black-I Robotics, Tyngsboro (USA)
- iRobot, Bedford MA (USA)

3.4.4.3 Bund

- VBS / GS
- VBS / Verteidigung / Kdo Ausb / Lehrverband Genie/rettung/ABC / Kompetenzzentrum ABC-KAMIR der Armee
- VBS / Verteidigung / A Stab
- VBS / armasuisse / KB LU
- VBS / swisstopo
- WBF, SECO
- EDA, Sektion Rüstungskontrolle
- Bundesamt für Polizei, FEDPOL

3.4.4.4 Staatliche Partner

- NATO/PfP
- NATO/SPS
- Finnish Defence Forces (FIN)
- Finnish Military Intelligence Centre (FIN)
- Fraunhofer Forschungsinstitut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie, Wachtberg (DEU)
- Deutsches Luftwaffenführungskommando - A 7 d (DEU)
- Universität der Bundeswehr, München (DEU)
- Militärische Zulassungsstelle für UAV-Systeme WTD-61 (DEU)
- US Department of Homeland Security
- US Department of Defence
- Defence Advanced Research Projects Agency (DARPA)

3.5 Technologie-Integration für Demonstratoren: Weltraumtechnologien und mögliche Alternativen

Stichworte

Antrieb, Atmosphäre, Atomuhr, Auflösung, Ausweichmanöver, Automatisierung, Bildaufklärung (IMINT), Bildauswertung, Bodenstation, Datenverarbeitung, Down-Link, Elektrooptische Sensoren, Erdbeobachtung, Führungsunterstützung, Geostationärer Orbit, Globales Navigationssatellitensystem (GNSS), High Altitude Plattform (HAP), Inklination, Jamming, kosmische Strahlung, Kommerzialisierung, Kollision, Konstellation, Künstliche Intelligenz, Lagebild, Laser, Low Earth Orbit (LEO), Miniaturisierung, Multifunktionalität, Nachrichtenbeschaffung, Nanosatelliten, Navigation, Nutzlast, Objekterkennung, Radaraufklärung (RADINT), Raumstation, Satellit, Satellitenkommunikation (SATCOM), Signalaufklärung (SIGINT), Signatur, Sonnenwind, Spoofing, Synchronisation, Synthetisches Apertur Radar (SAR), Trägersysteme, Überflugzeiten, Umlaufbahn, Up-Link, Weltraumschrott, Wettersatellit, Wiedereintritt, Wolkenabdeckung;

3.5.1 Veranlassung und Nutzen

Die Schweiz ist in vielen Bereichen darauf angewiesen, einen möglichst ungehinderten Zugriff auf Weltraumanwendungen zu nutzen. So sind unsere Elektrizitätsnetzwerke, die Flugsicherung, Kommunikationssysteme und auch der Zahlungsverkehr von Banken in hohem Masse von Zeit- und Navigationsinformationen von Satelliten abhängig. Die Wissenschaft, Unternehmen und auch Behörden sind auf Bildinformationen aus dem All angewiesen. Dies gilt insbesondere auch für Organisationen, welche mit der Umsetzung sicherheitspolitischer Aufgaben betraut sind. Die Schweiz betreibt zu diesem Zweck keine eigenen Satelliten, weil ein autonomer Betrieb eines ganzen Weltraumsystems die Möglichkeiten eines Kleinstaates bis jetzt gesprengt hat und auch nicht sinnvoll ist. Die Schweiz hat sich in der Vergangenheit im Rahmen der European Space Agency (ESA) an Satellitenprogrammen beteiligt. Es werden auch Angebote von Drittstaaten oder kommerziellen Anbietern genutzt. Der Zugriff auf solche Informationen könnte jedoch im Krisen- sowie Konfliktfall beschränkt werden oder ganz verwehrt bleiben. Diese Abhängigkeiten stellen ein sicherheitspolitisches Risiko dar.

Zur Wahrnehmung ihrer Aufgaben ist auch die Schweizer Armee auf Leistungen aus dem Weltraum angewiesen, dies insbesondere in Form von Beiträgen zur Nachrichtenbeschaffung, zur Führungsunterstützung, zur Präzisionsnavigation und zur Synchronisation ihrer Systeme. Um militärische Missionen genügend vor Aufklärung aus dem All zu schützen ist vermehrt ein Lagebild "Weltraum" erforderlich, in welchem Überflugbahnen, -zeiten und Aufklärungsleistung von Satelliten berücksichtigt werden. Schliesslich muss durch die Erfassung der Weltraumlage ein Mittel zur Verfügung stehen, welches abzuschätzen erlaubt, in wieweit Leistungen von Satellitensystemen im Fall von Kollisionen mit Schrottteilchen oder durch gezielte Zerstörung, verfügbar bleiben.

Die Anzahl der angemeldeten Patente im Bereich von Weltraumtechnologien war seit den 80er Jahren rückläufig, steigt aber in den letzten Jahren wiederum stetig an. Dieser Anstieg lässt darauf schliessen, dass das Interesse an Weltraumtechnologien auf internationaler Ebene wiederum zunimmt. Ein Grund dafür sind die technologische Entwicklungen, welche dazu führen, dass die Dominanz staatlicher Akteure vermehrt durch private Unternehmen

aufgebrochen wird. Insgesamt wird damit gerechnet, dass die Kosten für den Zugang zum Weltall stark sinken werden, so dass das Betreiben eigener Satellitensysteme in Zukunft auch für kleinere Nationen möglich ist. Dies ist sicherheitspolitisch sowohl hinsichtlich Opportunitäten wie auch potenzieller Risiken relevant.

Heute wird sowohl von staatlicher als auch von privater Seite an der Entwicklung wiederverwendbarer Raumtransportsysteme gearbeitet. Ziel ist es die Kosten für den Start von Satelliten um einen Faktor fünf bis zehn zu senken. Die Zukunft wird zeigen, ob die Zuverlässigkeit solcher Systeme soweit gesteigert werden kann, dass das Vertrauen der Kunden gewonnen und mittels Skaleneffekten die Kosten genügend gesenkt werden können. Aufgrund der Miniaturisierung von Komponenten ist es heute schon möglich, bedeutend kleinere Satelliten zu bauen. Während optische Aufklärungssatelliten mit einer räumlichen Auflösung unterhalb eines Meters ein Gewicht von mehreren 100 kg aufweisen, sollen künftig Satelliten der gleichen Leistungsklasse um die 50 kg wiegen. Diese Reduktion des Gewichts soll die Kosten, um Satelliten von der Erde in ihre Umlaufbahn zu bringen, um einen Faktor zwei bis fünf senken. Der Miniaturisierung von Aufklärungssatelliten, welche im optischen Bereich arbeiten, sind jedoch physikalische Grenzen gesetzt, wenn Auflösungen erreicht werden sollen, die sich für das Erkennen von Flugzeugen, Fahrzeugen oder Radaranlagen eignen. Deshalb ist es fraglich, ob Nanosatelliten (<10 kg) jemals für optische Aufklärung im militärischen Bereich verwendbar sind. Die Reduktion des Gewichts und die bessere Verfügbarkeit von Raumtransportsystemen ermöglichen den Aufbau grosser Konstellationen. Diese werden für SATCOM, elektronische Aufklärung sowie für die Erdbeobachtung eingesetzt. Während eine Konstellation von 24 Satelliten ein Zielgebiet alle zwei Stunden überfliegt, ist dies mit einer Konstellation aus 300 Satelliten alle fünf Minuten der Fall. Damit steigt sowohl das gesammelte Datenvolumen als auch die Robustheit des Systems beim Ausfall eines einzelnen Satelliten. Dank breitbandiger Inter-Satelliten-Kommunikation wird es möglich, sämtliche Daten zeitnah an eine einzelne Bodenstation zu übermitteln. Dazu wird in Zukunft wohl auch Laserkommunikation eingesetzt. Es ist ferner absehbar, dass grosse Konstellationen die Erde künftig mit einem flächendeckenden satellitengestützten Kommunikationsnetz überziehen werden. Um Konstellationen zu kommissionieren und später stabil zu halten, müssen die einzelnen Satelliten manövrierbar sein. Dabei sollen in Zukunft elektrische Antriebe, die bedeutend effizienter sind als konventionelle chemische Triebwerke, auch bei kleinen Satelliten helfen, aktive Manöver zu fahren und so ihre Einsatzdauer zu erhöhen. Zudem lassen solche Antriebe zu, dass ein Satellit am Ende eines operativen Einsatzes gezielt in die Erdatmosphäre gelenkt wird und verglüht oder dass Ausweichmanöver eine mögliche Kollision mit Weltraumschrott verhindern. Es ist zu erwarten, dass einzelne Satelliten oder Konstellationen in Zukunft multifunktional ausgelegt werden, also mehrere verschiedene Sensoren und auch Kommunikationselemente als Nutzlast mitführen. Diese Trends führen zu riesigen Datenmengen, die durch Analysten nicht mehr ohne weiteres bewältigt werden können. Eine sensornahe Auswertung an Bord des Satelliten, das Erkennen von Signaturen oder Objekten mit Hilfe künstlicher Intelligenz und die automatisierte Erkennung von detektierten Veränderungen aufgrund einer umfassenden Datenbasis bilden die Grundlage für aktuelle satellitengestützte Informationen und Dienstleistungsprodukte für Firmen und Behörden. Es ist also zu erwarten, dass aufgrund des Markteintritts kommerziell tätiger Firmen und deren Fokussierung auf Konstellationen die Zahl aktiver Satelliten massiv ansteigen wird. In den kommenden drei Jahren ist der Start von rund 1'600 Mikro- und Nanosatelliten geplant. Dies wird das Problem des Weltraumschrotts zusätzlich verschärfen, wenn nicht dafür gesorgt

wird, dass Satelliten am Ende ihrer Lebensdauer durch einen gezielten Wiedereintritt in die Erdatmosphäre verglühen.

Aufgrund der technischen und kommerziellen Entwicklungen im Weltraum ist es absehbar, dass auch kleinere Staaten mit einem vernünftigen Aufwand in der Lage sein werden, Aufklärungssatelliten mit guter räumlicher Auflösung oder gar kleine Konstellationen zu betreiben. Dies kann für die Schweiz eine Chance darstellen, aber auch eine Gefahr. Aufgrund der Tatsache, dass in Zukunft auch kleine Satelliten dank Ionenantrieben manövrierbar sein werden, wird es für Organisationen oder gegnerische Staaten mit einem moderaten Budget möglich sein, andere Satelliten zu bekämpfen und so GNSS-Navigation zu stören oder Kommunikationsverbindungen zu unterbrechen. Es ist damit zu rechnen, dass die Schweiz einer Quasi-Permanentüberwachung aus dem All ausgesetzt sein wird, wobei gegenüber optischen Aufklärungssatelliten eine Wolkenabdeckung von rund 60% und der Tag-/Nachtzyklus auch in Zukunft einen gewissen Schutz bietet. Anders ist die Situation bei bildgebenden Radar-Sensoren (SAR), vor welchen ein Schutz durch elektronische Gegenmassnahmen (ECM) aufgebaut werden müsste. Auf alle Fälle könnten Truppenbewegungen, Aktivitäten auf Flugplätzen oder Verschiebungen von Waffensystemen quasi in Echtzeit verfolgt werden. Ist Satellitenaufklärung heute primär als strategisches Aufklärungsmittel von Bedeutung, wird sie in Zukunft vermehrt auch taktisch-operativ eingesetzt werden. Die sinkenden Kosten für den Start von Satelliten, deren Miniaturisierung, Ionenantriebe für eine bessere Manövrierbarkeit von Kleinsatelliten zur rascheren Kommissionierung von Konstellationen und zur Verlängerung ihrer Einsatzdauer, sollte auch die Schweiz veranlassen genauer abzuklären, ob Leistungen aus dem Weltraum zumindest teilweise durch ein nationales Programm abgedeckt werden könnten. Dies würde in Krisen und bei Konflikten eine gewisse Unabhängigkeit von Dritten garantieren.



Abbildung 20: Die Nutzung von Weltraumtechnologien erfordert eine Herangehensweise, welche den Gegebenheiten eines Kleinstaates, wie der Schweiz, angepasst ist. Das Bild zeigt einen Ausschnitt aus "Rendez-vous Bundesplatz 2019".

3.5.2 Mehrwert der Forschungsergebnisse

3.5.2.1 Mehrwert für A Stab, Kdo Op, LBA, BABS, Blaulichtorganisationen

- Aufzeigen der Auswirkungen technologischer Entwicklungen in der Operationssphäre Weltraum auf die Aufgabenerfüllung der Armee
- Leistungsvermögen sowie -grenzen moderner Satellitenkommunikation und Satellitenbildaufklärung
- Bestimmung der Möglichkeiten und Grenzen in der Automatisierung der Satellitenbildauswertung, insbesondere in der Signaturerkennung im EO- und SAR-Bereich
- Einschätzung der Leistungsfähigkeiten neuer (kommerzieller) Satelliten und Satellitenkonstellationen
- Evaluation des Schutzes vor Satellitenaufklärung inkl. Berechnung und Beurteilung der Überflüge
- Analyse der Verwundbarkeiten in satellitenbasierten Navigationsanwendungen und davon abgeleiteten Diensten
- Evaluation alternativer Technologien zur Steigerung der Robustheit eigener Systeme, zur Reduktion der Abhängigkeit von Satellitendiensten oder zur Einsparung von Kosten
- Kompetenznetzwerk zur Bündelung von Expertenwissen aus dem In- und Ausland für die zeitnahe Erstellung von Expertisen
- Unterstützung beim Aufbau einer eigenen Nanosatelliten-, bzw. Kleinsatelliten-Fähigkeit, primär im Bereich der Nachrichtenbeschaffung
- Kompetenzbeiträge zu Fähigkeitslücken gemäss MASTERPLAN Streitkräfte- und Unternehmensentwicklung der Schweizer Armee

3.5.2.2 Mehrwert für armasuisse

- Überprüfung der Einsatzmöglichkeiten und des Einsatzpotenzials verschiedener technologischer Entwicklungen im Hinblick auf Beschaffungsvorhaben von Systemen oder Dienstleistungen
- Technologielandkarte mit Schweizer Universitäten und Unternehmen im Bereich der Weltraumtechnologien zur Unterstützung von STIB und Offset.

3.5.3 Zielsetzungen

Aus der Sicht von Sicherheitskräften sind Weltraumanwendungen in den Bereichen Wetter-, Umwelt- und Erdbeobachtung, Aufklärung und Überwachung, Kommunikation sowie Navigation und Zeitsynchronisierung wichtig.

Die Entwicklung von Technologien, welche für den Zugang zum Weltraum wichtig sind, müssen beobachtet werden. Dazu gehören die Möglichkeiten wiederverwendbarer Transportsysteme, die Miniaturisierung der Nutzlast von Satelliten und effiziente Antriebe für Bahnkorrekturen, um Satelliten länger im Einsatz halten zu können. Es soll die Fähigkeit aufgebaut werden, die Leistungsfähigkeit von künftig verwendeten Kleinsatelliten und deren Konstellationen zu beurteilen sowie die Preisentwicklung für deren Start in den Erdorbit abzuschätzen

Grenzen und Möglichkeiten von Satellitenaufklärung und -überwachung sollen unter Einbezug der technologischen Entwicklung von Sensoren im visuellen und infraroten Bereich, aber auch von bildgebenden Radarsensoren (SAR) aufgezeigt werden. Dabei sollen sowohl klassisch-militärische als auch zivile Quellen (geplante Programme und Services) betrachtet werden. Die Entwicklung der automatisierten Erkennung von Objekten im Sinne einer Vorwertung und die Detektion von Veränderungen bereits erfasster Objekte (Change Detection) soll aufgezeigt werden. Dazu soll exemplarisch das Potenzial von Big-Data-Ansätzen und künstlicher Intelligenz in der Auswertung von weltraumgestützten Aufklärungsdaten aufgezeigt werden. Falls sich der Interessenraum für die Aufklärung und Überwachung auf das Gebiet der Schweiz beschränkt, könnten hochfliegende unbemannte Plattformen (HAP) eine kostengünstige Alternative sein. Das Potenzial solcher Plattformen für Aufklärungs- und Überwachungseinsätze in allen Lagen ist zu prüfen.

Die Technologieentwicklung im Bereich breitbandiger Hochleistungskommunikation für Satelliten ist aufzuzeigen. Neben der Verfügbarkeit der Services (durch Firmen oder Staaten) soll ein besonderes Augenmerk auf die Resilienz von Konstellationen bei einem Vorfall und die Datensicherheit gelegt werden. Mögliche Redundanzen in der Nutzung von Services sollen beurteilt und mögliche Alternativen im Falle einer Krise aufgezeigt werden können.

Mit der satellitengestützten Navigation und der zeitlichen Synchronisation von Systemen, welche sowohl Sicherheitskräfte als auch die Armee direkt oder indirekt nutzen, entstehen Abhängigkeiten, die Alternativen erfordern, wenn die entsprechenden Leistungen nicht mehr zur Verfügung stehen. Einerseits kann dieser Herausforderung mit Hilfe der Nutzung redundanter GNSS-Systeme begegnet werden. Andererseits wird auf internationaler Ebene mit grossem Aufwand an möglichen Alternativen zu GNSS gearbeitet, sei dies im Bereich der bildbasierten Navigation oder an neuen Protokollen und Hardware zur Synchronisation von Systemen über Kommunikationsnetzwerke.

Schliesslich ist durch den Markteintritt von Unternehmen zu erwarten, dass die Preise für satellitenbasierte Dienstleistungen sinken werden. Es soll aufgrund der eingesetzten Technologien beurteilt werden können, in wieweit solche Daten und Services den qualitativen Ansprüchen von Sicherheitskräften genügen, welche Lücken diese Systeme aufweisen und in wieweit diese eine Alternative zur Kooperation mit anderen Staaten oder multinationalen Organisationen darstellen. Es ist darauf zu achten, Schweizer Firmen zu involvieren. Die Preisreduktion für den Abschuss kleiner Satelliten mit wiederverwendbaren Transportsystemen senkt die Schwelle für die Lancierung von nationalen Satellitenprogrammen.

3.5.3.1 Umsetzungsziele 2021-2024

Im Rahmen der bestehenden Forschungsprogramme werden technologische Aspekte der weltraumgestützten Aufklärung und Überwachung, Kommunikation, Datenauswertung, Objekterkennung und Datensicherheit erarbeitet. Ferner sind Kompetenzen aufzubauen, welche es zulassen, technologische Entwicklungen zu beurteilen, die allenfalls eine Alternative zu Weltraumanwendungen darstellen. Technologien für offensive Weltraumfähigkeiten sollen nicht aktiv verfolgt werden.

Es ist zu prüfen, ob ein Forschungsprogramm gestartet werden soll, welches die technologischen Entwicklungen im Weltraum überwacht und hinsichtlich Relevanz für Sicherheitskräfte der Schweiz beurteilt. Dazu soll das bestehende Netzwerk aus Universitäten, Firmen und

Behörden genutzt und weiter ausgebaut werden. Es soll die Fähigkeit aufgebaut werden, die Gesamtleistung von künftigen Satellitenkonstellationen zu evaluieren, um so die Grundlagen für redundante Beschaffungsquellen zu legen aber auch damit verbundenen Risiken wie beispielsweise Robustheit, Verfügbarkeit, Resilienz, Datenintegrität etc. abzuschätzen. Im Sinne der Technologieintegration geht es darum, in Kooperation mit den national zur Verfügung stehenden Ressourcen erste Demonstratoren zu bauen um Erfahrungen in der Handhabung und der potenziellen Nutzung von Weltraumtechnologien für Sicherheitskräfte zu sammeln. Ferner gilt es mögliche Alternativen zu evaluieren, welche Weltraumdienste für Schweizer Sicherheitskräfte bei Bedarf ersetzen könnten. Potenziale und Grenzen dieser Alternativen sollen mit Hilfe von Demonstratoren aufgezeigt werden.

3.5.4 Potenzielle Partner – Nationale und internationale Zusammenarbeit

3.5.4.1 Universitäten und Hochschulen

- CSEM, Neuchâtel
- EMPA, Dübendorf
- EPF Lausanne, eSpace
- EPF Lausanne, Microsystems for Space Technologies Lab (LMTS)
- ETH Zürich, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP)
- FHNW Windisch, Institut für Automation
- FHNW Windisch, Institut für Data Science (I4DS)
- FHNW Muttenz, Institut für Geomatik (IGEO)
- HES-SO Sion, Institut für System Engineering (HEI)
- HSLU Horw, Kompetenzzentrum Electronics
- Universität Bern, Fachbereich Physik und Astronomie
- Universität Neuenburg, The Time and Frequency Laboratory (LTF)
- Università della Svizzera Italiana, Advanced Learning and Research Institute (ALaRI)
- Universität Zürich, Remote Sensing Laboratories (RSL)
- Universität Zürich, UZH Space Hub

3.5.4.2 Industrie

- Almatech SA, Lausanne
- Apco Technologies SA, Aigle
- Astrocast SA, Ecublens
- Ateleris GmbH, Brugg
- ClearSpace SA, Ecublens
- Meggit SA, Villars-sur-Glâne
- Micos AG, Dübendorf
- Picterra Sàrl, Ecublens
- RUAG Schweiz AG
- Saphyrion, Sagl, Bioggio
- Sarmap SA, Caslano
- Solenix GmbH, Kappel

- Spectratime Orlia Switzerland SA, Neuchâtel
- Thales Alenia Space Schweiz AG, Zürich
- TSS InnovationsProjekte GmbH, Roveredo
- ViaSat Antenna Systems SA, Lausanne

3.5.4.3 Bund

- VBS / GS
- VBS / Verteidigung / Kdo Op DOKT, STVLW, IMINT-Center
- VBS / Verteidigung / A Stab
- VBS / militärischer Nachrichtendienst (MND)
- VBS / armasuisse / Beschaffung
- WBF / SBFi / Swiss Space Office (SSO)

3.5.4.4 Staatliche Partner

- Centre National d'Etudes Spaciales (CNES), Paris (FRA)
- Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), Köln (DEU)
- European Space Agency (ESA)
- Fraunhofer Institut für Hochfrequenz, Wachtberg (DEU)
- NATO/Science and Technology Organisation (STO)
- US Department of Defence (DoD), Air Force Research Laboratory, Dayton, OH (USA)

3.6 Innovation und Querschnittsthemen: Komplexitätsmanagement und Human Factors

Stichworte:

Aktionsplanung (AP), Anthropotechnik, Ausbildung, Ausbildungstechnologie, Concept Development and Experimentation (CD&E), Decision Making, Dynamische Systeme, Emergenz, Entscheidungsprozesse, Entscheidungsunterstützung, Ergonomie, Experimente, Fähigkeitsbasierte Planung, Human Behaviour Representation, Human Factors Analysis and Classification System (HFACS), Human Factors Management, Human Factors Quantifizierung, Individuum in vernetztem Umfeld, Informationsaufnahme, Informationsdarstellung, Informationsinterpretation, Interoperabilität, komplexe adaptive Systeme (CAS), Komplexität und Ambiguität, Komplexitätsmanagement, künstliche Intelligenz (KI), künstliches Leben (artificial Life, A Life), Lageverfolgung (LV), Lebenswegkosten (Life Cycle Cost, LCC), Mensch-Maschine Schnittstelle, Multinationalität, Naturalistic Decision Making, Normen, Operational Analysis (OA), Operations Research (OR), Planspiel, Prognose, Projektmanagement, Rekrutierung, Resilienz, Risikomanagement, Simulation (live, virtuell und konstruktiv), Sozio-Technische Systeme (STS), Standards, Stressbewältigung, Stressresistenz, Systemanalyse, System of Systems, Systems Engineering, Teameffektivität, Training, Unsicherheit, Unternehmensprozesse, Volatilität, Wargaming, Werteorientierung, Wirtschaftlichkeit, Zufall, zwischenmenschliches Verhalten;

3.6.1 Veranlassung und Nutzen

Moderne Sicherheitskräfte können als soziotechnische Systeme betrachtet werden. Erst dieser Ansatz, in dem Menschen, Organisation und Technik im Verbund betrachtet werden, ermöglicht eine Optimierung des Gesamtsystems, sei es für einen Einsatz von Sicherheitskräften, aber auch bei wirtschaftlichen Überlegungen im Rahmen der Fähigkeitsentwicklung. Das prioritäre Forschungsthema "Komplexitätsmanagement und Human Factors" befasst sich mit der Leistungsoptimierung und Resilienz soziotechnischer Systeme in einem Umfeld, welches durch Volatilität (instabil), Unsicherheit (wenig vorhersagbar), Komplexität (vernetzt) sowie Ambiguität (vieldeutig) gekennzeichnet ist. Im militärischen wie ökonomischen Kontext wird dies als VUKA-Umfeld bezeichnet.

Sicherheitskräfte sind vermehrt gefordert in solchem Umfeld ihre Aufgaben flexibel wahrzunehmen und adaptiv auf bestimmte Situationen zu reagieren. Dies bedingt vernetzte und ganzheitliche Ansätze. Die zentrale Eigenschaft eines soziotechnischen Systems ist die Erbringung einer spezifischen Leistung in einem Umfeld, das sich stetig wandelt. Eine ergänzende wichtige Eigenschaft ist die Resilienz. Darunter wird gemeinhin die Widerstandsfähigkeit bzw. Robustheit verstanden, mit der Systeme ihre Aufgaben in einem solchen Umfeld ausführen können. Resilienz geht über die Sicherheitsmassnahmen einzelner technischer Systeme hinaus und ist daher als gesamtheitlicher Ansatz unter Berücksichtigung von Flexibilität, Agilität, Robustheit und Adaptivität zu verstehen.

Zur Bearbeitung der soziotechnischen Gegebenheiten von Streitkräften sind drei Schwerpunkte relevant:

1. Teaming von Mensch und Maschine mit der Konsequenz der Delegation von Entscheidungsbefugnis;
2. Resilienz von Formationen bzw. Verbänden in Lagen mit länger andauernden Spannungen (hybride Bedrohung);
3. Human Factors als Grundlage von Agilität und Adaptivität.

Teaming von Mensch und Maschine bedeutet das gegenseitige Zusammenwirken von intelligenten autonomen technischen Systemen mit Menschen. Dies erfolgt beim Übergang von einem klassischen Führungsinformationssystem zu einem Expertensystem und bei autonomen Waffensystemen im Verbund mit Truppeneinheiten. Die Thematik wird auch stets zusammen mit ethischen Fragestellungen und Vorgaben betrachtet.

Resilienz bezeichnet die Eigenschaft einer Organisation, Ausfällen zu widerstehen und weiterhin ihre Aufträge erfüllen zu können. Streitkräfte sind zur Bewältigung von Krisensituationen auf resiliente Strukturen, Prozesse und Mittel angewiesen. Armeeverbände mit implementiertem Internet der Dinge (IoT) sind in allen Wirkungsräumen verwundbar und jederzeit durch Gegner in allen Wirkungsräumen angreifbar. So sind Ausfälle unvermeidbar, die aber nicht in Kettenreaktionen von Ausfällen münden dürfen.

Human Factors umfasst Aspekte der Organisation, der Arbeitsumgebung, der körperlichen, emotionalen und kognitiven Ressourcen von Menschen, welche ihr Verhalten und damit die Vorgehensweise bei der Lösung einer spezifischen Aufgabe steuern. Schnelle und gezielte Veränderungen werden von Menschen erkannt und umgesetzt. Die kognitive Belastung steigt wegen dem zunehmenden Informationsfluss aus den gegenseitig abhängigen Wirkungsräumen stark an. Die entsprechenden Systeme sind mit benutzerfreundlichen Schnittstellen und kognitiver Ergonomie zu versehen, um den Anforderungen einer Milizarmee zu genügen.

3.6.2 Mehrwert der Forschungsergebnisse

3.6.2.1 Mehrwert für A Stab, Kdo Op, Kdo Ausb, FUB, LBA, BABS

- Beurteilung der Auswirkungen neuer Technologien und wissenschaftlicher Erkenntnisse auf Operationsplanung sowie auf operationelle Fähigkeiten
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen auf den Prozessen gemäss den Weisungen über die Zusammenarbeit der Departementsbereiche Verteidigung und armasuisse (ZUVA)
- Unterstützung der strategischen Planung und Konzeptentwicklung
- Unterstützung der vernetzten Operationsführung im gesamten Sicherheitsverbund Schweiz (SVS)
- Kompetenzbeiträge zu Fähigkeitslücken gemäss Masterplan Streitkräfte- und Unternehmensentwicklung der Schweizer Armee
- Grundlagen für Doktrinentwicklung und Einsatzunterstützung
- Beschleunigung komplexer Entscheidungsprozesse
- Optimierung von Mensch-Maschine-Schnittstellen

- Wissenschaftliche Entscheidungs- und Beratungskompetenz am Fliegerärztlichen Institut der Luftwaffe
- Steigerung der Sicherheit und Effektivität militärischer Geräte durch nachhaltige Beurteilung von Human Factors in der Ausbildung und im Einsatz
- Gestaltung resilienter Strukturen in Einsatzverbänden

3.6.2 Mehrwert für armasuisse

- Gestaltung komplexer Beschaffungsprozesse
- Bereitstellen systemanalytischer Grundlagen zur Beurteilung von Beschaffungsoptionen
- Simulationsbasiertes System Engineering
- Simulationsbasiertes Requirement Engineering
- Unterstützung bei der Beurteilung und Optimierung der Mensch-Maschine-Schnittstelle bei Beschaffungsvorhaben
- Grundlagen für ergonomische Anforderungen an künftige technische Systeme
- Berücksichtigung von Human Factors bei der Innovation und Entwicklung von Technologiedemonstratoren

3.6.3 Zielsetzungen

Streitkräfte sind komplexe adaptive Systeme, die fähig sind, sich in einem VUKA-Umfeld agil anpassen zu können. Im Zentrum dieses Themenfelds steht der Mensch innerhalb eines sozio-technischen Systems. Komplexitätsmanagement unterstützt das Fähigkeits- und Anforderungsmanagement der Schweizer Armee mit Expertisen zum resilienten Sensor-Führung-Wirkung-Verbund (OODA-Loop) in hybriden Bedrohungslagen eines VUKA Umfelds. Dies erfordert die Bereitstellung geeigneter Mittel, Methoden und Konzepte, um Komplexitätsmanagement und Resilienz-Engineering nutzbringend für die Schweizer Armee einsetzen zu können. Als Mittel werden Werkzeuge zur Simulation und Entscheidungsunterstützung erarbeitet. Methodisch erfordert dies ein hohes Mass an vernetztem Denken, szenarienbasierte Ansätze, Kompetenzen in der Anwendung von Operations Research und Systemengineering. Für den effektiven Einsatz der Methoden und Mittel sollen unterschiedliche konzeptionelle Ansätze, wie zum Beispiel Systemdenken, Resilienz-Engineering, OODA-Loop und Kill-Chain, angewendet werden. Das Komplexitätsmanagement unterstützt zudem das Technologiemanagement bezüglich der Kosten-Nutzen Abschätzung neuer Technologien bei möglicher Nutzung durch die Schweizer Armee. Bei Beschaffungen wird der Technologieverantwortliche durch systemkontextspezifische Simulationen und multikriterieller Entscheidungsverfahren unter Unsicherheit unterstützt.

Konzeptentwicklung und deren experimentelle Überprüfung (Concept Development and Experimentation, CD&E) ist darauf ausgerichtet, soziotechnische Systeme in einem iterativen Prozess zu optimieren. Diese Optimierung ist ein komplexer Problemlösungsprozess, der sowohl die Armee als auch die Beschaffung einbezieht. Diese alternierenden Prozessschritte von Konzeptentwicklung und Experiment sind eine Analogie zur Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften. Der entscheidende Unterschied ist der Betrachtungsgegenstand: Die Naturwissenschaften betrachten die unbelebte Natur, während CD&E soziotechnische Systeme als Untersuchungsgegenstand hat. Daraus ergeben sich bedeutende Unterschiede

in der konkreten Vorgehensweise, die in diesem Themenfeld herausgearbeitet werden sollen, mit dem Ziel entsprechende Werkzeuge bereitzustellen. Die Konzepte werden mittels Experimente auf ihre operationelle Tauglichkeit und Mehrwert beurteilt. Dazu gilt es den CD&E Ansatz weiter zu entwickeln und geeignete Masse zu definieren, um die neuen Konzepte mit den heutigen Ansätzen zu vergleichen und damit eine mögliche Effizienzsteigerung auszuweisen.

Bei der Optimierung des menschlichen Leistungsvermögens im Einsatz mit hoch entwickelten Einsatzmitteln ist die Interaktion Mensch-Maschine zu beherrschen. Dabei interessiert das Zusammenspiel zwischen der Leistungsfähigkeit der Soldaten und der Fülle von entscheidungsrelevanten Informationen, die unter schwierigen physischen Bedingungen bewältigt werden müssen. Für Piloten werden flugmedizinische und flugpsychologische Aspekte sowie die Thematik des Crew Resource Managements untersucht. Weiter geht es darum Trainingsmethoden zu entwickeln, welche es Piloten ermöglichen, gefährliche Situationen (Hypoxie) rechtzeitig zu erkennen, um entsprechende Gegenmassnahmen einzuleiten. Zur Erfassung des medizinischen Zustands der Piloten im Flug, soll untersucht werden, wie Hirnstrommessungen ohne Beeinträchtigung des Menschen realisiert werden können.

3.6.3.1 Umsetzungsziele 2021-2024

Das Know-how über das Komplexitätsmanagement und Human Factors soll allen Stellen des VBS weiterhin zugänglich gemacht werden. Um das breite Spektrum dieses prioritären Themenfelds zu gewährleisten, ist das vorhandene Expertennetzwerk zu unterhalten und weiter auszubauen.

Das Komplexitätsmanagement soll definierte und abgestimmte Mittel, Methoden und Konzepte zur Variantenbildung und Entscheidungsunterstützung für das Fähigkeits- und Technologiemanagement zur Verfügung stellen.

Mit Hilfe des Resilience Engineerings sollen Einsatzverbände der Schweizer Armee mit wissenschaftlichen Methoden hinsichtlich Überlebens- und Durchhaltefähigkeit unterstützt werden. Hier gilt es ein Resilienzmodell mit geeigneten Indizes für Verbände der Schweizer Armee zu operationalisieren.

Im Bereich der "Human-Factors" sollen geeignete Masse zur Bestimmung der Effizienzsteigerung auf unterschiedlichen Stufen innerhalb eines soziotechnischen Systems zur Fähigkeitsentwicklung der Schweizer Armee bereitgestellt werden. Weiter sollen die Chancen und Risiken künftiger Zusammenarbeitsformen zwischen Mensch und Maschinen, auch autonomen intelligenten Systemen, in Einsatzverbänden aufgezeigt werden.

Die Fachkompetenz zum menschlichen Leistungsvermögen in der Luftfahrt sowie für spezifische Fragestellungen aus den Gebieten der Flugmedizin und Eignungsabklärung, Kontrollverfahren, Ergonomie, Flugphysiologie, Flugpsychologie und Flugsicherheit ist weiterhin mit Forschungsaktivitäten sicherzustellen. Methoden zur Eignungsabklärung bei der Personalrekrutierung bezüglich Kriterienerhebung, Gewichtung und Entscheidungsfindung sind wissenschaftlich zu validieren.

3.6.4 Potenzielle Partner – Nationale und internationale Zusammenarbeit

3.6.4.1 Universitäten und Hochschulen

- ETH Zürich, MILAK, Birmensdorf
- Universität St. Gallen, Centre for Security, Economy and Technology, St. Gallen
- Universität der Bundeswehr München, Institut für Theoretische Informatik, Mathematik und Operations Research, München,
- Cranfield University, Centre for Simulation and Analytics, Shrivenham (UK)
- Naval Postgraduate School, Monterey (USA)
- National Defence University Washington D.C. (USA)

3.6.4.2 Industrie

- RUAG Schweiz AG
- Die Ergonomen Usability AG, Zürich
- Forventis GmbH, Zürich
- Rüeegg Elektronik AG, Zürich
- Stiftung Risiko-Dialog, St. Gallen
- Zentrum für Arbeitsmedizin, Ergonomie und Hygiene (AEK) AG, Zürich
- IABG, Ottobrunn (DEU)
- Elektroniksystem und Logistik GmbH, München (DEU)
- Airbus Defence and Space, Bremen (DEU)
- Institut für Technik intelligenter Systeme – ITIS GmbH, Deutschland (DEU)
- RAND Europe, Cambridge (UK)

3.6.4.3 Bund

- VBS / BABS / Risikogrundlagen und Forschungskoordination
- VBS / Verteidigung / Kdo Op / Fliegerärztliches Institut FAI

3.6.4.4 Staatliche Partner

- Österreichisches Bundesheer, Amt für Rüstung und Wehrtechnik, Wien (AUT)
- NATO Communications and Information Agency, Operational Analysis, Brüssel (BEL)
- Bundesministerium für Verteidigung, Planungsamt der Bundeswehr, Berlin (DEU)
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR, Oberpfaffenhofen (DEU)
- Fraunhofer Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik, Kaiserslautern (DEU)
- Forschungsabteilung der norwegischen Streitkräfte, Kjeller (NOR)
- Schwedisches Forschungsinstitute für Verteidigung (FOI), Kista (SWE)
- Ministry of Defence, Defence Science and Technology Laboratory, Porton Down (UK)

3.7 Innovation und Querschnittsthemen: Materialwissenschaft und Energie

Stichworte

adaptive Werkstoffe, additive Manufacturing, Aerogele, alternative Energiequellen, alternierende Schichten, amorphe Metalle, Beschichtungen, Biofilme, Biopolymere, Brennstoffzellen, 3D Printing, Direct Metal Deposition, Elektrolyse, Energieeffizienz, Energieübertragung drahtlos, Energiemanagement, Energiespeicher, Energieversorgung, Energieversorgungskette, exfolierte Komposite, Farbstoffe, Faserverbundwerkstoffe, Flüssigkern-Fasern, flüssigkristalline Werkstoffe, Formgedächtnislegierungen, Fullerene, Funktionskeramiken, Generatoren, Gläser, Graphen, hochfeste Stähle, Hochleistungspolymere, Hochtemperatur-Supraleiter, Keramik, Klebtechnologien, Kohlefaser-Glasfaserverbundwerkstoffe, Kohlenstoffreduzierter Beton, Komposite, Kunststoffe, Magnete, Membranen, metallische Gläser, Metall- und Keramik-Matrix-Verbundwerkstoffe, Metamaterialien, Methanisierung, Mikrotechnik, Miniaturisierung, Multiferroics, multifunktionale Werkstoffe, Nanodrähte, Nanopartikel, Nanotechnologie, Nanotubes, Nanozellulose, Oberflächentechnik, optische Materialien, Peptide, Perowskite, Photovoltaik, Plasmonics, Polyelektrolyte, Polymere, Power to Gas (P2G), Power to Liquid (P2L), Quasikristalle, Schichtverbunde, Selektives Laserschmelzen, Self assembling materials, Smarte Textilien, Solarzellen, Textilien, Thermoelektrizität, Ultradünne Schichten, Ultraleichte Legierungen, Umformen, Wärmespeicher, Werkstofftechnik, Werkstoffprüfung, zerstörungsfreie Werkstoffprüfung.

3.7.1 Veranlassung und Nutzen

Materialwissenschaften und Werkstofftechnik, Mikro- und Nanotechnologie wie auch die Energietechnik stellen entscheidende Grundlagen künftiger Systementwicklungen dar. Als Querschnittstechnologien sind sie oftmals unverzichtbare Elemente für völlig neue und innovative Konzepte zur Leistungssteigerung von Systemkomponenten. Kompetenzen in diesen Bereichen sind notwendig, um die funktionale Effizienz von Systemen und die Integration neuer Systemkomponenten in Werterhaltungs- und Wertsteigerungsprogrammen, wie auch bei der umweltgerechten Entsorgung zu beurteilen. Ferner liefern Werkstoff- und Materialwissenschaften auch wichtige Beiträge zu Themen in weiteren Forschungsschwerpunkten.



Abbildung 21: Um Biotoxine in kleinsten Mengen herzustellen, werden Mikromischer benötigt. Das Bild zeigt den Ablöseprozess einer 250 Mikrometer dünnen Pin-Hole Membran von der Gussform bei der Herstellung eines Mikromischers.

Die Anforderungen an den Energiebedarf von Systemen und Plattformen wachsen in der Regel mit Einbezug zusätzlicher elektronischer Komponenten. Dies führt bei mobilen Plattformen und Geräten zu Herausforderungen bezüglich Energieerzeugung und -speicherung. Die Abhängigkeit von der Logistik, als mögliche Risikoquelle, ist durch neue Konzepte und Technologien für eine energietechnische Selbstversorgung zu reduzieren.

Aktivitäten und Auswirkungen, die wesentlich von Energieerzeugung, -speicherung und -verbrauch abhängig sind, müssen unter dem Gesichtspunkt der missionsorientierten Fähigkeiten der Einsatzkräfte und ihrer Ausrüstung betrachtet werden. Dies beinhaltet zum Beispiel auch Überlegungen zum Thema Energieautarkie, das heisst wie kann Energie verbrauchernah produziert und dadurch Übertragungsverluste minimiert sowie die Resilienz gesteigert werden. Folgende Themen sind hinsichtlich Energieversorgung für die Optimierung der Operationellen Fähigkeiten der Einsatzkräfte von besonderer Bedeutung:

- Energieversorgungskette und -vernetzung, Versorgungssicherheit (z.B. Autarkie) und Schutz
- Herausforderungen für Operationelle Fähigkeiten bei Energiemangel
- Energieeffizienz
- Energiespeicherung
- Alternative und autarke Energiegewinnung

3.7.2 Mehrwert der Forschungsergebnisse

3.7.2.1 Mehrwert für A Stab, Kdo Op, FUB, LBA

- Einsatzmöglichkeiten und Entwicklungspotenzial moderner Werkstofftechnologien
- Grundlagen und Erkenntnisse für die Überprüfung und Weiterentwicklung von Doktrin, Planung, Einsatzkonzepten und Einsatzlogistik der Armee
- Beurteilung der Auswirkungen neuer Erkenntnisse aus der Materialwissenschaft für das Lebenswegmanagement und die Lebenswegkosten
- Kompetenzbeiträge zu Fähigkeitslücken gemäss MASTERPLAN Streitkräfte- und Unternehmensentwicklung der Schweizer Armee

3.7.2.2 Mehrwert für armasuisse

- Expertisen für Beschaffungsvorhaben inkl. Kostensenkung
- Optimierung von technischen Systemen mittels Anwendung neuer Werkstoffe und Prüfverfahren
- Beurteilung von Zuverlässigkeit, Sicherheit, Schadensfällen, Versagenswahrscheinlichkeit und -mechanismen
- Grundlagen für die Prüfung neuer Technologien in systemanalytischen Modellen
- Grundlagen für eine umfassendere Sicherstellung der technisch-wissenschaftlichen Kompetenzen bei Forschungstätigkeiten und die Förderung von Innovationen bei der Entwicklung entsprechender Technologiedemonstratoren

3.7.3 Zielsetzungen

Die Entwicklungen in den Materialwissenschaften beeinflussen immer stärker die Möglichkeiten und Grenzen technischer Systeme. Die Mikro- und Nanotechnologie erlauben die Miniaturisierung und das funktionspezifische Design von Strukturen und Oberflächen. Entsprechendes Wissen und technische Fähigkeiten zu diesen Themen sind u.a. für die Beschaffung von Geräten und Systemen, die Materialprüfung, Schutzmassnahmen oder zur Beurteilung der Möglichkeiten und Grenzen von Wirkmitteln relevant.

Für die Streitkräfte massgebend ist z.B. die Frage, wie durch den Einsatz neuer Materialien oder durch die geeignete Kombination unterschiedlicher Werkstoffe, eine verbesserte Schutzwirkung oder eine Gewichtsreduktion zur Steigerung der Einsatzfähigkeit und zur Senkung des Energieverbrauchs erreicht werden kann. Für umfassende Schutzkonzepte interessant sind Werkstoffentwicklungen, die z.B. aktive Verformungen von Oberflächen erlauben und dadurch die Tarnung und Täuschung verbessern können sowie neue Ansätze zur Energiegewinnung ermöglichen. Die Weiterentwicklung von Materialien mit optischen Eigenschaften ist im Bereich der Informations- und Datenverarbeitung ebenfalls relevant.

Von hoher Bedeutung sind Entwicklungen von Werkstoffen im Hinblick auf ein verbessertes und steuerbares Leistungsprofil der funktionalen Eigenschaften. So wird den intelligenten Materialien ein beträchtliches Potenzial nachgesagt, welches es zu evaluieren gilt. Einige Materialien, z.B. elektroaktive Polymere, ändern ihre physikalischen, chemischen oder biologischen Eigenschaften durch äussere Reize und werden als intelligent bezeichnet, wenn diese Eigenschaften nützlich, reproduzierbar, kontrollierbar und bei Wegfall des Reizes wieder in ihrem ursprünglichen Zustand sind. Die Reize können mechanisch, thermisch, elektrisch, magnetisch oder chemisch sein. Sogenannte Formgedächtnislegierungen können sich durch Temperaturänderungen reversibel verändern. Mögliche Anwendungen von z.B. Flüssigkern-Fasern sind schockabsorbierende Kleider, ultraleichte Verbundstoffe oder schuss sichere Westen.

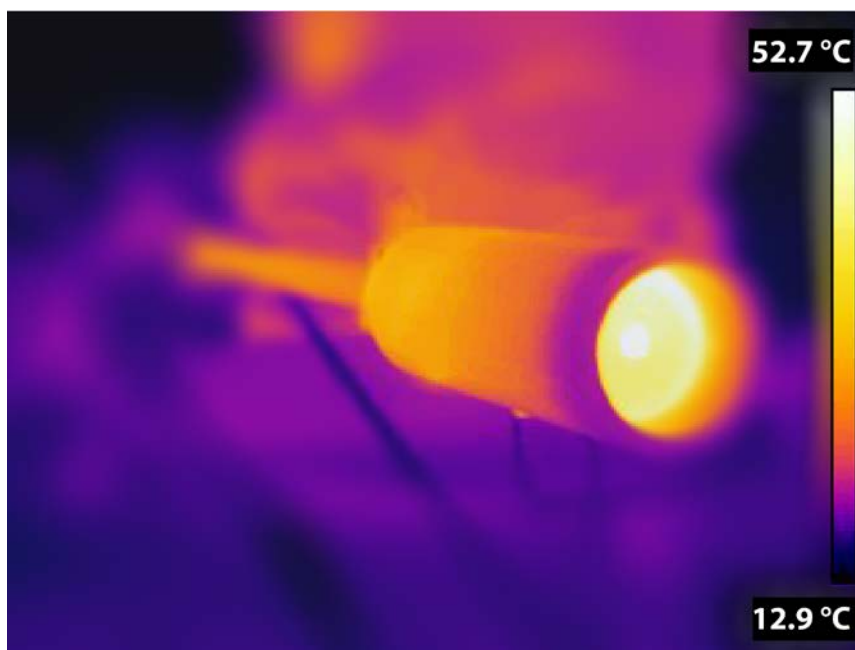


Abbildung 22: Infrarot-Darstellung eines Schalldämpfers. Gut sichtbar ist die wärmedämmende Wirkung des verwendeten Aerogel-Materials, welches die Wärme des Innenraums (hellgelb) gegen aussen (orange) abschirmt.

Veränderungen von Materialien und Werkstoffen aufgrund des Einsatzes der Nanotechnologie und Mikrotechnik haben Auswirkungen auf vielfältige sicherheits- und verteidigungsrelevante Anwendungen, die von verbessertem Schutz über logistische Vorteile z.B. durch Gewichtsreduktion bis hin zu neuen Explosivstoffen und Aufklärungsmethoden reichen. Gleichzeitig geht von solchen Technologien ein grundlegender Trend zur Miniaturisierung aus, der neben den technischen Aspekten, wie z.B. Beschaffung und Unterhalt, auch die vorgelagerten Themen wie Planung, Doktrin und Operationsführung betrifft. Ein intensives Monitoring der Entwicklungen im Bereich der Materialwissenschaft und punktuelle Untersuchungen sollen Aufschluss über die möglichen Einsatzpotenziale geben.

Um die Abhängigkeit der Operationellen Fähigkeiten der Schweizer Armee von Energieresourcen und insbesondere die logistische Abhängigkeit als mögliche Risikoquellen zu reduzieren, sind neue Konzepte zur autarken Selbstversorgung der mobilen Einsatzkräfte und Plattformen gefragt. Von besonderem Interesse sind dabei geeignete Energiequellen und ein optimales, missionsbezogenes Energiemanagement unter Berücksichtigung der Energieeffizienz und Nutzung alternativer Energieerzeugung und Energieversorgungsketten. Zudem sind die durch Energieerzeugung, -speicherung und -verbrauch verbundenen Emissionen unter dem Gesichtspunkt der Forderung nach verbessertem Schutz der Einsatzkräfte und ihrer Ausrüstung zu beachten.

3.7.3.1 Umsetzungsziele 2021-2024

Die Forschungstätigkeiten haben zum Ziel, neue Entwicklungen und Trends im Bereich der Materialwissenschaft aufzuzeigen und deren Bedeutung für sicherheitstechnisch relevante Schlüsseltechnologien zu identifizieren. Dabei interessiert vor allem das Anwendungspotenzial und der Einsatz neuer Materialien für Schutzsysteme gegen elektromagnetische Bedrohungen und kinetisch-thermische Einwirkungen. Dazu sind geeignete Messverfahren zur Bestimmung der mechanischen und elektromagnetischen Eigenschaften relevanter Werkstoffe zu entwickeln. Der stete Trend zur Miniaturisierung von Objekten und Komponenten führt zu einer wachsenden Nachfrage über ein detailliertes Verständnis der mechanischen Eigenschaften von Werkstoffen in kleinen Dimensionen. Neuartige Werkstoffe, insbesondere auch Verbundwerkstoffe (Komposite) sind zu untersuchen. Kompetenzen über Verfahren zur Werkstoffherstellung, -verarbeitung und Reparatur sind durch breites Monitoring zu halten. Das Wissen und die Anwendungssicherheit bei zerstörungsfreier Werkstoffprüfung sind auch für moderne Werkstoffe zu fördern.

Die Sicherstellung der ausreichend und zeitgerechten Verfügbarkeit von Energie für mobile Systeme und Plattformen erfordert ein Expertenwissen, welches weiter auf- und ausgebaut wird. Dabei sind geeignete Energiequellen und deren vernetzter Einsatz von Interesse. Die Trends und Fortschritte in den Energietechnologien sind zu verfolgen und die Konsequenzen für deren Einsatz in Systemen von Streitkräften müssen aufgezeigt werden.

Anwendungsorientierte Forschungstätigkeiten für Innovationen und Technologien in den Bereichen Materialwissenschaft und Energie werden in der Regel im Rahmen der Forschungsprogramme und Technologiedemonstratoren zu den beiden Forschungsschwerpunkten "Technologien für Operationelle Fähigkeiten" und "Technologieintegration für Demonstratorsysteme" durchgeführt.

3.7.4 Potenzielle Partner – Nationale und internationale Zusammenarbeit

3.7.4.1 Universitäten und Hochschulen

- ETH Zürich, Functional Genomics Center
- EPF Lausanne, Institut für Mikro- und Nanotechnologie
- Berner Fachhochschule, Technik und Informatik, Burgdorf und Biel
- Universität Bern, Institut für angewandte Physik
- Universität Bern, Institut für Infektionskrankheiten
- ZHAW - Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften, ICBC

3.7.4.2 Industrie

- RUAG Schweiz AG, Bern
- Aalberts Surface Treatment AG, Altdorf
- Airbus Defence AG, Ulm (DEU)

3.7.4.3 Bund

- EMPA, Werkstofftechnologie, Thun
- VBS / BABS / Labor Spiez
- Bundesamt für Energie BFE
- Paul Scherrer Institut (PSI)

3.7.4.4 Staatliche Partner

- Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik, Dortmund (DEU)
- Institut franco-allemand de recherche pour la défense, Saint-Louis

4 Finanzierung 2021 – 2024

Gemäss Artikel 6, Lit. e der Verordnung über den Schutz von Informationen des Bundes (ISchV, 510.411) sind Informationen vertraulich zu klassifizieren, wenn die Aufgabenerfüllung von Teilen der Bundesverwaltung oder von Teilen der Armee bei Bekanntwerden beeinträchtigt werden kann. Die Konferenz der Generalsekretäre legt gemäss Artikel 8 in einem Klassifizierungskatalog fest, welche häufig anfallenden Informationen des Bundes zu klassifizieren sind. Der langfristige Forschungsplan (Forschungskonzept) ist demnach als Gesamtdokument "vertraulich" zu klassifizieren. Als schützenswert gilt insbesondere die Information über die Verknüpfung der strategischen Forschungsausrichtung mit dem entsprechenden finanziellen Engagement.

Um eine möglichst umfassende Transparenz zu wahren, werden die finanziellen Kennzahlen in einer **klassifizierten Beilage** bereitgestellt. Das vorliegende Dokument unterliegt keiner Klassifizierung gemäss dem Gesetz- und der Verordnung über den Schutz von Informationen des Bundes.

5 Akteure und Schnittstellen

5.1 Beschreibung der wichtigsten Akteure

Die Forschung von armasuisse verfolgt das Ziel diejenigen Kompetenzen sicherzustellen, welche es erlauben für die Sicherheitskräfte der Schweiz, insbesondere für die Armee, unabhängige Expertisen auf dem neusten Stand von Wissenschaft und Technik zu erstellen. Dabei stellt armasuisse die Steuerung der Forschung bis auf Projektebene sicher, richtet das Kompetenznetzwerk bedarfsgerecht aus und sorgt für den Wissenstransfer aus den Forschungsprojekten in die Planungs- und Beschaffungsprozesse der Armee. Forschungsprojekte werden nur dann innerhalb von armasuisse durchgeführt, wenn kein adäquater Forschungspartner zur Verfügung steht, der dieselben Leistungen zeitgerecht, in der erforderlichen Qualität und zu tragbaren Kosten erbringen kann. Das umfangreiche Kompetenznetzwerk im Rahmen der jeweiligen Forschungsschwerpunkte bzw. prioritären Themenfelder ist in den jeweiligen Kapiteln "Potenzielle Partner – Nationale und internationale Zusammenarbeit" im Detail dargelegt.

Der Aufbau von Wissen mit Hilfe von Netzwerken erfolgt im Rahmen von Projekten und als Auftrag zur Klärung konkreter Forschungsaspekte (Auftragsforschung). Dabei wird der Forschungspartner im Voraus nach dem Add-On-Prinzip evaluiert. Dies bedeutet, dass sich die Auftragsvergabe primär an den bereits vorhandenen Kompetenzen des Forschungspartners orientiert und nach Möglichkeit nur diejenigen Aspekte als Forschungsgegenstand definiert werden, welche für Sicherheitskräfte spezifisch sind. Durch die Fokussierung auf einen Technologiereifegrad zwischen 3 und 5 (vgl. Kapitel 2.3.4.) vermeidet man zudem die Investition in Grundlagenforschung, welche grundsätzlich durch andere Quellen (z.B. SNF) zu speisen sind. Damit wird soweit als möglich an die allgemeine Forschungsförderung angeknüpft²⁸. Dieses Vorgehen stellt sicher, dass die Kompetenzen der Forschungspartner direkt in die Projekte von armasuisse einfließen und so Synergien im Aufbau von Wissen genutzt werden. Dies kann auch durch eine vertiefte Analyse der aktuell erhaltenen Fördermittel unserer Forschungspartner nachgewiesen werden.

Der Aufbau von Kompetenzen als Basis zur Erstellung unabhängiger Expertisen für Sicherheitskräfte, erfordert ein strategisch und nachhaltig aufgebautes Netzwerk. Die Partnerschaft wird mittel- bis langfristig ausgelegt und basiert neben den ursprünglich vorhandenen Kompetenzen der Forschungsinstitution auf gemeinsamen inhaltlichen Interessen, insbesondere für Technologien, welche bei Sicherheitskräften Anwendungspotenzial haben.

Neben den beiden Eidgenössischen Technischen Hochschulen in Zürich und Lausanne sind die Universitäten Zürich und Bern, sowie verschiedene Fachhochschulen wichtige Forschungspartner. Die hohe Dynamik der Entwicklung von Technologien mit Relevanz für Sicherheitskräfte erfordert, vermehrt kleinere Firmen und Startups in das bestehende Kompetenznetzwerk zu integrieren. Interessant sind aber auch grössere Firmen, die in der Schweiz über eigene Forschungs- und Entwicklungsabteilungen in relevanten Technologiebereichen verfügen.

²⁸ Bundesgesetz über die Förderung von Forschung und Innovations (FIFG, SR 420.1), Art. 45, Abs 3

5.2 Schnittstellen zu anderen Bundesämtern

Der Koordinationsausschuss-Ressortforschung (KoorA-RF) unterhält eine Arbeitsgruppe, welche sich hauptsächlich aus den Forschungsverantwortlichen der im Ausschuss vertretenen Ämter zusammensetzt. Prozesse zum Ausloten von Möglichkeiten zur Zusammenarbeit erfolgen in dieser Arbeitsgruppe, da die Forschungsverantwortlichen den Überblick über die Forschungsschwerpunkte in den entsprechenden Politikbereichen haben.

Mit der Identifikation der Schnittstellen zwischen den Bundesstellen sowie mit den bundeseigenen Forschungsanstalten sind Doppelspurigkeiten zu vermeiden bzw. die Synergien optimal auszunutzen. Für die Koordination der Forschungsaktivitäten innerhalb des Politikbereichs "Sicherheits- und Friedenspolitik" besteht eine Arbeitsgruppe, welche sich aus Vertretern des BABS, der Abteilung Sicherheitspolitik (ASP) des EDA und des Bundesamts für Rüstung (armasuisse) zusammensetzt. Darin werden unter anderem die Forschungsaktivitäten zum Nachweis und Schutz vor biologischen und chemischen Kampfstoffen des Labors Spiez mit der Forschungsstelle des BABS koordiniert und abgesprochen.

Im Dezember 2017 wurde auf der Basis einer Studie zur Methodik der Identifizierung von ressortübergreifenden Forschungsthemen²⁹ seitens des SBFI eine Erhebung zu möglichen politikübergreifenden Forschungsthemen gestartet, welche sich auf die neun Handlungsfelder der Bundesstrategie "Nachhaltige Entwicklung" 2016-2019 abstützen. Es konnten fünf zentrale Forschungsthemen identifiziert werden, welche für die teilnehmenden Bundesstellen von hohem Interesse sind und bei welchen ein Forschungsbedarf seitens Bund besteht: (1) Nachhaltiges Verhalten, (2) Sharing Society, (3) Datensicherheit, (4) Smarte Regionen und (5) Gesundheit und Umwelt. Daraus gibt es zwei Forschungsthemen, welche hinsichtlich des Kompetenzaufbaus für Expertisen zugunsten der Schweizer Armee einer vertieften Analyse zur interdepartementalen Zusammenarbeit unterzogen werden sollten: Nachhaltiges Verhalten (vgl. 3.7) und Datensicherheit (vgl. 3.2.1.3). Im Rahmen eines Pilotprojekts werden nun vorerst die Forschungsfragen der interessierten Bundesstellen beim Forschungsthema "Sharing Society" identifiziert (insb. zu den Themenbereichen Politikgestaltung, Chancen und Risiken, Rebound-Effekte, Datenhandhabung, Verhaltensänderung, Auswirkungen auf den Ressourcenverbrauch, Nachhaltigkeit, Geschäftsmodelle) und die Umsetzungsmöglichkeiten bspw. im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprogramms der Bundesstellen abgeklärt. Basierend auf den Erfahrungen mit dem Piloten sollen die weiteren vier ressortübergreifenden Forschungsthemen in der BFI-Periode 2021-2024 gestaffelt durch die Bundesstellen, welche einen expliziten Forschungsbedarf für ihre Aufgabenerfüllung ausweisen, bearbeitet werden.

²⁹ Methode zur Identifikation prioritärer ressortübergreifender Forschungsthemen, Schlussbericht, 6. November 2017, econcept AG.

5.3 Internationale Zusammenarbeit

Im Rahmen des NATO Programms "Partnerschaft für den Frieden" (PfP) hat die Schweiz die Gelegenheit an Forschungsaktivitäten der "Science and Technology Organisation" (STO) zu partizipieren. Die Teilnahme der Schweiz richtet sich an ihrem Bedarf aus, kann jedoch durch die NATO für bestimmte Aktivitäten eingeschränkt werden. Das Angebot erstreckt sich von Ausbildungskursen in bestimmten technisch-wissenschaftlichen Gebieten über Expertentreffen zu ausgewählten Themen bis hin zur Durchführung von gemeinsamen Studien und Forschungsprojekten. Der Austausch mit internationalen Experten und die gemeinsamen Forschungsaktivitäten erbringen eine sehr hohe Wertschöpfung und Erkenntnisse, welche sonst kaum mit vernünftigem Aufwand erschlossen werden können. Aufgrund der positiven Erfahrungen soll die Teilnahme an NATO/PfP STO Aktivitäten weiter gefördert werden.

Die Unterzeichnung einer administrativen Vereinbarung mit der Europäischen Verteidigungsagentur (Europäische Verteidigungsagentur, EVA) im Jahr 2012 ermöglicht der Schweiz an Forschungsaktivitäten der EVA teilzunehmen. Diese sind in fähigkeitsbasierten Technologiebereichen, sogenannten CapTechs, organisiert. Ziel dieser CapTechs ist die Koordination und Förderung der europäischen Forschungszusammenarbeit, insbesondere auch der Industrie, im Bereich der Verteidigungstechnologien. Die Schweiz ist heute in sechs CapTechs vertreten. Im Gegensatz zu den Forschungsrahmenprogrammen der europäischen Kommission erfolgt die Finanzierung von CapTech-Projekten durch Aufteilung der Kosten unter den beteiligten Ländern, was zu einem erheblichen Koordinationsaufwand führt. Die europäische Kommission wird im Jahr 2022 ein eigenes "Defence Research Program" (EDRP) starten, welches über den europäischen Verteidigungsfonds (European Defence Fund, EDF) alimentiert wird. Eine Teilnahme der Schweiz am EDRP steht nicht zur Diskussion.

Schliesslich findet internationale Zusammenarbeit auch im Rahmen von Staatsverträgen, bilateralen Kooperationsvereinbarungen und davon abgeleiteten technischen Vereinbarungen statt. Dabei wird die Kooperation mit staatlichen oder staatlich finanzierten Instituten im Ausland gesucht, welche sehr oft spezifische Kompetenzen in Technologien für Sicherheitskräfte ausweisen können, welche in der Schweiz nicht verfügbar sind. Neben der Zusammenarbeit mit dem nahen Ausland ist erwähnenswert, dass auch eine (Research, Development, Test and Evaluation, RDT&E) Vereinbarung besteht, welche Kooperationen mit Forschungslaboratorien der amerikanischen Streitkräfte erlaubt.

6 Organisation und Qualitätssicherung

6.1 Interne Organisation

In armasuisse ist der Kompetenzbereich "Wissenschaft und Technologie" für die Leitung und Durchführung der Forschung verantwortlich. Dies erfolgt im Rahmen der zugewiesenen NFB-Leistungsgruppe "Technologiemanagement und Expertisen". Das Technologiemanagement erstreckt sich von der Technologie-Früherkennung und -bewertung bis hin zur Festlegung von Technologien für mögliche Beschaffungen. Dadurch soll nicht nur eine abgestimmte und kohärente Nutzung von Technologien erreicht werden, sondern auch eine Reduktion von technologischen und finanziellen Risiken. Durch gezielte, angewandte Forschungstätigkeiten erschliesst armasuisse W+T für das VBS diejenigen Technologiekompetenzen, welche für die mittelfristige Aufgabenerfüllung des VBS unverzichtbar sind. Dabei sind auch Fähigkeitslücken zu identifizieren, welche aufgrund technologischer Entwicklungen entstehen. Um technologische Entwicklungen mit Relevanz für die Armee rechtzeitig zu erkennen und deren Planung möglichst prospektiv zu unterstützen, wird eine nationale und internationale Vernetzung mit Hochschulen, Industrie und Organisationen aus dem sicherheitstechnischen Bereich angestrebt. Die Grundlagen für die Abstimmung der Forschungstätigkeiten mit dem Bedarf der militärischen Gesamtplanung bilden die Weisungen über die Zusammenarbeit der Departementsbereiche Verteidigung und armasuisse³⁰ (ZUVA), sowie die Vereinbarung über die Zusammenarbeit zwischen dem Departementsbereich Verteidigung und armasuisse Wissenschaft und Technologie vom 16. November 2017.

Für die Erarbeitung des Langfristigen Forschungsplans (Forschungskonzept) und der jährlichen Umsetzungsplanung zeichnet der Fachbereich "Forschungsmanagement und Operations Research" verantwortlich. Der langfristige Forschungsplan (LFP) wird nach erfolgter Vernehmlassung innerhalb des Departements durch den Rüstungschef freigegeben. Der Kompetenzbereichsleiter W+T bewilligt die jährliche Umsetzungsplanung. Die geplanten Forschungsschwerpunkte mit den prioritären Themenbereichen des vorliegenden LFPs werden durch Forschungsprogramme bearbeitet, welche auf die erforderlichen und zukünftigen Fähigkeiten der Schweizer Armee ausgerichtet sind. Die Führung der Forschungsprogramme erfolgt durch designierte Forschungsprogrammleiter, die mittels systematischen Bedarfsanalysen bei den relevanten Anspruchsgruppen die Inhalte ihrer Programme priorisieren, präzisieren und für eine fähigkeitsorientierte Ausrichtung sorgen. Für die strategisch korrekte Ausrichtung des Programmportfolios und deren Finanzierung sorgt die Forschungsaufsicht, welche aus Vertretern des Armeestabs und armasuisse W+T zusammengesetzt ist. Sie richtet ihren Fokus auf die Zweckmässigkeit, die Wirksamkeit und die Wirtschaftlichkeit der Forschung in armasuisse W+T.

Forschungsprogramme umfassen in der Regel mehrere, mittel- bis langfristig zu bearbeitende Kompetenzfelder, in welchen mehrere Projekte thematisch zusammengefasst bearbeitet werden. Um den Wissenstransfer von der Forschung zugunsten der Expertisentätigkeit für Armee und Sicherheitskräfte bereitzustellen, erfolgt die Projektleitung innerhalb der Fachbereiche von armasuisse W+T. Die Umsetzung der Forschung in Form einer Matrixstruktur

³⁰ <https://intranet.vtg.admin.ch/de/wissen/geschaefte-und-prozesse/zuva.html>

führt nicht nur zu einer nachhaltigen Verankerung des damit verbundenen Expertennetzwerks über die gesamte Linienorganisation von W+T, sondern dient auch dazu, die benötigten Kompetenzen der internen Experten auf den aktuellen Stand von Technik und Wissenschaft zu bringen. Forschungsprojekte werden teilweise intramuros, in vielen Fällen aber in einem Netzwerk, bestehend aus Industrie, Hochschulen sowie staatlichen und nicht-staatlichen Instituten, im Rahmen sogenannter Auftragsforschung³¹ bearbeitet. Die Vergabe von Forschungsaufträgen basiert auf dem Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen (BöB). Forschungsverträge werden weitgehend auf der Basis der Allgemeinen Vertragsbedingungen des Bundes für Forschungsverträge vergeben, welche durch das Eidgenössische Finanzdepartement (EFD) und die Beschaffungskonferenz des Bundes (BKB) erarbeitet wurden. Abänderungen zu diesen Regelungen werden im Forschungsvertrag schriftlich festgehalten. Dies betrifft insbesondere die Publikationsrechte und die Verwertung des geistigen Eigentums, welches im Rahmen des Forschungsauftrags entsteht. Die Qualität der Projektführung wird durch die Einhaltung internationaler Projektmanagementstandards sichergestellt. Eine ex-ante Evaluation der zu beauftragenden Forschungsinstitution gibt eine gewisse Garantie für die wissenschaftliche Qualität der zu leistenden Forschungsarbeit. Die ex-post Evaluation eines Projektes zeigt neben der wissenschaftlichen Qualität der geleisteten Arbeiten auch den Erkenntnisgewinn und die Nutzung der Forschungsergebnisse auf.

6.2 Externe Beratung durch die wissenschaftliche Begleitkommission

Der langfristige Forschungsplan 2021-2024 wurde unter dem Beizug einer internen wissenschaftlichen Begleitkommission, einer erweiterten Begleitkommission mit Vertretern aus dem VBS und einem unabhängigen externen Fachexperten der Universität der Bundeswehr in München erstellt. Die Experten unterstützten die Erstellung und Umsetzung des Forschungsplanes in folgenden Aktivitäten:

- Überblick über den aktuellen Stand der Forschung
- Evaluation der einzelnen Forschungsprogramme und Forschungsprojekte
- Sicherung der wissenschaftlichen Qualität der vorgeschlagenen Forschungsvorhaben
- Beurteilung von Relevanz und Aktualität der Forschungsthemen und Prioritätensetzung
- Identifikation von Kooperationspotenzialen mit Bundesinstitutionen, Hochschulen, Förderinstitutionen und Industrie
- Informationsplattform für Betroffene und interessierte Nutzniesser

6.3 Qualitätssicherung

Der interdepartementale Koordinationsausschuss für die Ressortforschung des Bundes erlässt Richtlinien zur Qualitätssicherung in der Forschung der Bundesverwaltung.³² Diese Richtlinien sind insbesondere an Personen von Bundesstellen gerichtet, welche in die Forschung zur Erfüllung der Aufgaben der Bundesverwaltung direkt involviert sind. Die Bundesstellen mit Forschung sind angewiesen, die Richtlinien bei der Gestaltung ihrer eigenen amtspezifischen Qualitätssicherungskonzepte und -richtlinien anzuwenden. Die im Jahr 2014 revidierten Qualitätssicherungsrichtlinien berücksichtigen die Empfehlungen des

³¹ gemäss Bundesgesetz über die Förderung der Forschung und der Innovation (FIFG, SR 420.1), Art. 16, Abs. 2

³² „[Qualitätssicherung in der Ressortforschung des Bundes](#)“, Richtlinien des interdepartementalen Koordinationsausschusses-Ressortforschung, 26. März 2014.

Schweizerischen Wissenschaftsrats SWR:³³ Beim Forschungsmanagement wird der Forschungsbegleitung zur effizienten und effektiven Erarbeitung und Bewertung der Forschungsergebnisse besonderes Gewicht beigemessen. Die Nutzung der Forschungsergebnisse wird analysiert und dokumentiert. Zum Erhalt und Ausbau der Kompetenz der Bundesstellen als Auftraggeber und Verwerter der Forschungsergebnisse erfolgt das Zusammenwirken mit dem Hochschulbereich.

Innerhalb der Bundesstelle wurden in der Periode 2017-2020 folgende Qualitätssicherungsmaßnahmen umgesetzt:

- Die rechtzeitige Verfügbarkeit von Kompetenzen für die Erstellung von Expertisen, eine Hauptzielsetzung der Forschung, wird im Rahmen der VA/IAFP³⁴-Zielsetzungen der Leistungsgruppe "Technologiemanagement und Expertisen" erhoben, hinsichtlich Erreichungsgrad beurteilt und allenfalls Massnahmen abgeleitet.
- Die neu erarbeiteten Weisungen über die Zusammenarbeit der Departementsbereiche Verteidigung und armasuisse³⁵ (ZUVA) legt die Abstimmung der Forschungstätigkeiten mit dem Bedarf der militärischen Gesamtplanung fest.
- Die Prozesse der Forschung mit der entsprechenden Regelung der Zuständigkeiten sind im integrierten Managementsystem (IMS) der armasuisse hinterlegt. Die Prozesse werden einem regelmässigen Review unterzogen und im Rahmen der Re-Zertifizierung (ISO 9001) von einer unabhängigen Stelle auditiert.
- Zur korrekten Ausrichtung der Forschungsprogramme werden die entsprechenden Kompetenzfelder überprüft und Anpassungen mit den Stakeholdern und Nutzern abgestimmt. Die Überprüfung des Forschungsprogramm-Portfolios und der prioritären Themenfelder erfolgt jährlich durch die Forschungsaufsicht.
- Für die Gewährleistung eines gezielten Aufbaus von Wissensnetzwerken werden potenzielle Forschungspartner systematisch evaluiert. Für eine systematische ex-ante Evaluation steht eine "Technologie- und Marktmonitoring"-Applikation zur Verfügung.
- Die wissenschaftliche Qualität der Forschung wird sichergestellt, indem vorzugsweise mit Forschungspartnern zusammengearbeitet wird, welche auf internationaler Ebene in der Forschungsgemeinschaft über einen guten Namen und über eine hohe Präsenz in einschlägigen Fachzeitschriften und an Konferenzen verfügen.
- Forschungsarbeiten werden mit internen und externen wissenschaftlich tätigen Experten diskutiert, so dass die Qualität der Forschungsergebnisse durch Zweit- und Drittmeinungen verifiziert werden kann.
- Es wurde ein externes Audit durchgeführt, bei dem Prof. S. Pickl (Universität der Bundeswehr in München) die wissenschaftliche Qualität verschiedener Forschungspartner durch Interviews und Besuche vor Ort beurteilte³⁶.

³³ Abschlussbericht des Steuerungsausschusses-BFT "[Evaluation der Umsetzung der Qualitätssicherungsrichtlinien und der Nutzung der Forschungsergebnisse in der Ressortforschung](#)", April 2010.

³⁴ VA/IAFP: Voranschlag 2019 mit Integrierte Aufgaben und Finanzplanung 2020-2022, Band 2A, Seite 316

³⁵ <https://intranet.vtg.admin.ch/de/wissen/geschaefte-und-prozesse/zuva.html>

- Die Projektmanagementkompetenzen im Forschungsumfeld wurde gesteigert, indem weitere Forschungsbeteiligte das "Certificate of Advanced Studies in Research Management" erworben haben.

Für die Periode 2021-2024 sind folgende Massnahmen vorgesehen:

- Die Qualitätssicherungsmassnahmen der Periode 2017-2020 werden beibehalten bzw. fortgeführt. Dazu gehören sowohl der Review interner Prozesse und ihrer Schnittstellen, die Erfassung und Beurteilung der Wirksamkeit von Forschungstätigkeiten als auch die Sicherstellung der bedarfsgerechten Ausrichtung der Forschungsthemen und der wissenschaftlichen Qualität von Resultaten und Erkenntnissen.
- Die Weiterbildung der wissenschaftlich tätigen Mitarbeitenden werden sowohl auf der Fach- als auch auf der Managementebene aktiv gefördert.
- Zur Steigerung der Attraktivität von armasuisse W+T als Arbeitgeber für talentierte junge Wissenschaftler sollen in Kooperation mit akademischen Ausbildungsstätten gemeinsame Aktivitäten, z.B. Wettbewerbe oder Summerschools, in Gebieten gegenseitigen Interesses gefördert werden.
- Die Qualität laufender wissenschaftlicher Arbeiten von externen Partnern soll mit Hilfe geeigneter Instrumente beurteilt werden. Neben externen Audits ist grundsätzlich auch eine Erhebung mittels eines internen Erhebungssystems denkbar.
- Die Qualität des Wissens- und Erkenntnistransfers zur Förderung der Innovation im Umfeld von Sicherheitskräften soll durch die Schaffung von transdisziplinären Gefässen unter Einbezug moderner Kreativmethoden, agilem Projektmanagement und Think-Tank-Ansätzen weiterentwickelt werden.

6.4 Verbreitung des Wissens

Für die optimale Nutzung des erarbeiteten Wissens aus der Forschung werden die Resultate im Rahmen des Wissenstransfers möglichst breit zugänglich gemacht. Dies in Form von Forschungsberichten und anlässlich verschiedener Veranstaltungen wie Forschungsrapporte, Workshops, Projektpräsentationen, Informationstagungen und Symposien. Weiter sollen Erkenntnisse auch über den Think Tank Innovation (siehe Abbildung 4) ziel- und zeitgerecht in die Fähigkeitsplanung und über den Request for Information (RFI), den Request for Proposal (RFP) oder den Request for Quotation (RFQ) in die Beschaffung einfliessen. So soll der Transfer aus der Forschung und damit Innovationen via Armeeplanung in die Armee gewährleistet werden. Forschungsprojekte werden in armasuisse Wissenschaft und Technologie durch Mitarbeitende der Linienorganisation geführt. Damit werden die für Expertisen erforderlichen Kompetenzen über die Forschung aufgebaut und sichergestellt, ohne dass dazu spezielle interne Massnahmen getroffen werden müssen.

Projektinformationen wie umfassende Angaben zum jeweiligen Stand der Projekte und deren Resultate inkl. Forschungsberichte werden auf ARAMIS elektronisch abgelegt und aktualisiert. ARAMIS (Administration Research Actions Management Information System) ist das elektronische Informationssystem über die Forschungs- und Entwicklungsprojekte des

³⁶ Prof. Dr. S. Pickl, Qualitätsbewertung und Evaluation von armasuisse W+T Forschungskonzept, 20. August 2017

Bundes. Einen kurzen und übersichtlichen Gesamtblick der Forschungsaktivitäten von armasuisse kann aus den Fact Sheets zur Sicherheitsforschung der armasuisse entnommen werden. Die etwas umfangreichere Broschüre in Form von Fact Sheets gibt Auskunft zu den laufenden Forschungsprogrammen und ausgewählten Forschungsprojekten.

Anhang

Anhang 1: Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung	Abkürzung	Bedeutung
3D	Drei-Dimensional	BFS	Bundesamt für Statistik
5G	5. Generation (Mobilfunk)	BKB	Beschaffungskonferenz des Bundes
A Stab	Armeestab	BöB	Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen
ACOUSTICINT	Acoustic Intelligence	BRA	Brasilien
AESA	Active Electronically Scanned Array	BSV	Bundesamt für Sozialversicherungen
A Life	Artificial Life	BV	Bundesverfassung
AG	Aktiengesellschaft	BLW	Bundesamt für Landwirtschaft
AG SKI	Arbeitsgruppe Schutz kritischer Infrastrukturen	bzw	beziehungsweise
APCD	Aktionsplan für Cyber-Defence VBS	C-UAV	Counter Unmanned Air Vehicles
AP	Aktionsplanung	C2	Command and Control
ar	armasuisse	C4I	Command, Control, Communications, Computers and Intelligence
ARAMIS	Administration Research Actions Management Information System	CapTech	Capability Technology (Group of EVA)
ARCHE	Advanced Robotic Capabilities for Hazardous Environment	CAS	Complex Adaptive Systems
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung	CBRN	Chemisch, Biologisch, Radiologisch, Nuklear
Art	Artikel	CCDCoE	Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence
ASP	Abteilung für Sicherheitspolitik (des EDA)	CdA	Chef der Armee
ASTRA	Bundesamt für Strassen	CD&E	Concept Development and Experimentation
ATR	Automatic Target Recognition	CH	Confoederatio Helvetica
AUT	Austria (Österreich)	CHF	Schweizer Franken
B	biologisch	CNES	Centre National d'Etudes Spaciales (FRA)
BABS	Bundesamt für Bevölkerungsschutz	CNO	Computer Network Operations
BAFU	Bundesamt für Umwelt	COMINT	Communication Intelligence
BAG	Bundesamt für Gesundheit	COTS	Commercial of-the-shelf
BASPO	Bundesamt für Sport	CSEM	Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique
BAV	Bundesamt für Verkehr	CSS	Center for Security Studies (der ETH Zürich)
BBI	Bundesblatt	DACH	Deutschland, Österreich, Schweiz
BEL	Belgien		
BFE	Bundesamt für Energie		
BFI	Bildung, Forschung und Innovation		

Abkürzung	Bedeutung	Abkürzung	Bedeutung
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency	FAI	Fliegerärztliches Institut der Luftwaffe
DDoS	Distributed Denial of Service	FedPol	Federal Police (Bundespolizei)
DEU	Deutschland	FHNW	Fachhochschule Nordwestschweiz
DEZA	Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit	FHR	(Fraunhofer) Forschungsinstitut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik
DG	Doktringrundlage	FIFG	Forschungs- und Innovationsförderungsgesetz
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt	FIN	Finnland
DMTI	Dismount Moving Target Indication	FKIE	(Fraunhofer) Forschungsinstitut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie
DoD	Department of Defence	FOR	Forensisches Institut Zürich
Dok	Dokument	FRA	Frankreich
DUOAMPFIS	Doktrin, Unternehmensentwicklung, Organisation, Ausbildung, Material, Personal, Finanzen, Infrastrukturen (Immobilien und Informatik), Sicherheit	FSP	Forschungsschwerpunkt
EDA	Eidgenössisches Departement für auswärtige Angelegenheiten	FUB	Führungsunterstützungsbasis
EDF	European Defence Fund	GEOINT	Geospatial Intelligence
EDRP	European Defence Research Programm	GL	Geschäftsleitung
EFD	Eidgenössisches Finanzdepartement	GLP	Grundlagenpapier
EKF	Elektronische Kriegsführung	GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
ELINT	Electronic Intelligence	GNSS	Global Navigation Satellite Systems
EM	Elektromagnetisch	GO	Geschäftsordnung
EMP	Elektromagnetischer Puls	GPK-N	Geschäftsprüfungskommission des Nationalrates
EMPA	Eidgenössische Material Prüfungs Anstalt	GPS	Global Positioning System
ESA	European Space Agency	GS	Generalsekretariat
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit	HAP	High Altitude Platform
ECM	Electronic Counter Measures	HE-Arc	Haute Ecole Arc Neuchâtel Berne Jura
EO	Electro Optical	HEIG VD	Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud
EOD	Explosive Ordnance Disposal	HES-SO	Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale
EOR	Explosive Ordnance Reconnaissance	HFACS	Human Factors Analysis and Classification System
EPF	Ecole Polytechnique Fédéral	HKA	Höhere Kaderausbildung der Armee
ESM	Electronic Support Measures	HPE	High Power Electromagnetics
ESP	Espania (Spanien)	HPM	High Power Microwaves
etc	etcetera	HSLU	Hochschule Luzern
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule		
EVA	Europäische Verteidigungs Agentur		

Abkürzung	Bedeutung	Abkürzung	Bedeutung
HUMINT	Human Intelligence	Lab	Labor
HUMIR	Humanitäre Minenräumung	LBA	Logistikbasis der Armee
IABG	Industrieanlegen-Betriebsgesellschaft	LCC	Life Cycle Costs
IAFP	Integrierte Aufgaben und Finanzplanung	LEO	Low Earth Orbit
IBV	Internationale Beziehungen Verteidigung	LFP	Langfristiger Forschungsplan
ID	Identifikation	LGS	Leistungserbringendes Gesamtsystem
IDIAP	Institut Dalle Molle d'Intelligence Artificielle Perceptive	Lit	Littera (Buchstabe)
IDSIA	Istituto Dalle Molle di Studi sull'Intelligenza Artificiale	LSS UAV	Low Slow Small UAV
IED	Improvised Explosive Device	Ltd	Limited
IFF	Identification Friend Foe	LV	Lageverfolgung
ISO	International Standardisation Organisation	MALE UAV	Medium Altitude Long Endurance UAV
IHS	Information Handling Services	MUM-T	Man Unmanned Teaming
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien	MASINT	Measurement and Signature Intelligence
IMINT	Image Intelligence	Mat-V	Verordnung des VBS über das Armeematerial
IMS	Integriertes Managementsystem	MD	Militärdoktrin
Ing	Ingenieur	MELANI	Melde- und Analysestelle Informationssicherung
inkl	inklusive	MG	Militärgesetz
IOSB	Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (Deutschland)	mil	militärisch
IoT	Internet of Things	MILAK	Militär Akademie
ISchV	Informationsschutzverordnung	milCERT	Military Computer Emergency Response Team
ISTAR	Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance	Mil Geo	Militär geografisch
ITA	Italien	MIMO	Multiple Input Multiple Output
KAMIR	Kampfmittelbeseitigung und Minenräumung	Mio	Millionen
KB LU	Kompetenzbereich Luft (in armasuisse)	MND	Militärischer Nachrichtendienst
Kdo Ausb	Kommando Ausbildung	MOTS	Military of-the-Shelf
Kdo Op	Kommando Operationen	MSA	Materielle Sicherstellung der Armee
Kg	Kilogramm	MSG	Modelling and Simulation Group (of NATO/PfP STO)
KI	Künstliche Intelligenz	MTI	Moving Target Indication
KoorA-RF	Koordinationsausschuss-Ressortforschung	NASA	National Space Agency
LAA	Langfristige Ausrichtung der Armee	NATO	North Atlantic Treaty Organization
		NATO PfP SPS	Nato/PfP Science für Peace and Security
		NATO/PfP STO	NATO/PfP Science and Technology Organisation
		NAZ	Nationale Alarmzentrale
		NCS	Nationale Cyber Strategie

Abkürzung	Bedeutung	Abkürzung	Bedeutung
NDB	Nachrichtendienst des Bundes	SDRZ	Schweizer Drohnen- und Robotikzentrum
NDG	Bundesgesetz über den Nachrichtendienst	SECO	Staatssekretariat für Wirtschaft
NDV	Verordnung über den Nachrichtendienst	SET	Sensor- and Electronics Technology (of NATO/PfP STO)
NEMP	Nuclear Electromagnetic Pulse	SG SIM	Subgruppe Schutz von Immobilien
NFB	Neues Führungsmodell Bund	SIGINT	Signal Intelligence
NFP	Nationale Forschungsprogramme	SiK-S	Sicherheitspolitische Kommission des Ständerats
NFS	Nationale Forschungsschwerpunkte	SLO	Slovenien
NIS	Nicht-Ionisierende Strahlung	SNF	Schweizerischer Nationalfonds
NLW	Non-Lethal Weapons	SOA	Service Oriented Architecture
OA	Operational Analysis	SOCMINT	Social Media Intelligence
OODA	Observe-Orient-Decide-Act	SR	Systematische Rechtssammlung (der Schweiz)
OR	Operations Research	SREMP	Source Region Electromagnetic Pulse
OSINT	Open Source Intelligence	SSO	Swiss Space Office
OV	Organisationsverordnung	STA	Schweizerische Gesellschaft für Technik und Armee
P2G	Power to Gas	STIB	Sicherheitsrelevante Technologie- und Industriebasis
P2L	Power to Liquid	STO	Science and Technology Organisation (der NATO)
PfP	Partnership for Peace	STS	Staatssekretariat des EDA
PSI	Paul-Scherrer Institut	STS	Soziotechnisches System
PST A	Planungsstab der Armee	SUG	Subventionsgesetz
PTI	(Kommission für) Polizei, Technik und Informatik	SUPSI	Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana
RADINT	Radar Intelligence	SVS	Sicherheitsverbund Schweiz
RCS	Radar Cross Section	SWE	Schweden
RDT&E	Research, Development, Test and Evaluation (Contract)	SWR	Schweizerischer Wissenschaft- und Innovationsrat
RF	Ressortforschung (des Bundes)	THz	Terahertz
RFI	Request for Information	TNT	Trinitrotoluol
RFP	Request for Proposal	TRL	Technology Readiness Level
RFQ	Request for Quotation	TU	Technische Universität
RNDA	Reglement Nachrichtendienst der Armee	u.a.	unter anderem
SA	Société Anonyme	UAS	Unmanned Aerial System
SAF	Südafrika	UAV	Unmanned Aerial Vehicle
SAR	Synthetic Aperture Radar	UCAV	Unmanned Combat Aerial Vehicle
Sàrl	Société à responsabilité limitée	UGV	Unmanned Ground Vehicle
SATCOM	Satellitenkommunikation	UK	United Kingdom (Vereinigtes Königreich)
SATINT	Satellite Intelligence		
SBFI	Staatssekretariat für Bildung, Forschung und Innovation		

Abkürzung	Bedeutung	Abkürzung	Bedeutung
US	United States	W+T	Kompetenzbereich Wissenschaft und Technologie von armasuisse
USA	United States of America	WBF	Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung
UZH	Universität Zürich	WIS	Wehrwissenschaftliches Institut für Schutztechnologien
V	Departementsbereich Verteidigung	WIWEB	Wehrwissenschaftliches Institut für Werk-, Explosiv und Betriebsstoffe
V-FIFG	Verordnung zum Bundesgesetz über die Förderung der Forschung und Innovation	WTD	Wehrtechnische Dienststelle (Deutschland)
VA	Voranschlag	z.B.	zum Beispiel
VBS	Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport	ZISC	Zürich Information Security and Privacy Center
VFI	Verordnung des VBS über das Fliegerärztliche Institut	ZHAW	Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften
vgl	vergleiche	ZUVA	Weisungen über die Zusammenarbeit der Departementsbereiche Verteidigung und armasuisse
VISINT	Visual Intelligence		
VöB	Verordnung über das öffentliche Beschaffungswesen		
VR	Virtuelle Realität		
VUKA	Volatilität, Unsicherheit, Komplexität und Ambiguität		

Anhang 2: Ressortforschung des Bundes

A1. Definition der Forschung der Bundesverwaltung

Die "Forschung der Bundesverwaltung" kann jede Art von wissenschaftlicher Forschung beinhalten, deren Resultate die Bundesverwaltung zur Erfüllung ihrer Aufgaben benötigt und die sie initiiert, weil die entsprechende Forschung im Kontext des Verwaltungshandelns im öffentlichen Interesse liegt, wie z.B. das Verfügbarmachen von wissenschaftlichen Grundlagen für die Politikentwicklung und -ausgestaltung in den verschiedenen Politikbereichen (Kapitel A3). Die Forschung der Bundesverwaltung liegt damit an der Schnittstelle zwischen der wissenschaftlichen Forschung und der Politik bzw. Praxis. Es handelt sich um Forschung, welche die wissenschaftliche und technische Dimension in die politische Diskussion einbringt und die Grundlagen für die Formulierung der Ziele in den Politikbereichen bereitstellt. Sie wird legitimiert durch das Forschungs- und Innovationsförderungsgesetz FIFG ([SR 420.1](#)), welches als Rahmengesetz für die Forschung der Bundesverwaltung dient,³⁷ und durch die spezialgesetzlichen Bestimmungen (s. Kapitel A2). Sie steht im Einklang mit den Strategien der Bundesstellen und kann folgende Massnahmen umfassen:

- die Erteilung von *Forschungsaufträgen* (Auftragsforschung);
- den Betrieb bundeseigener Forschungsanstalten (*Forschung intra-muros*);
- die Durchführung eigener Forschungsprogramme, namentlich in Zusammenarbeit mit Hochschulforschungsstätten, Forschungsförderungsinstitutionen wie dem Schweizerischen Nationalfonds (SNF), der Innosuisse oder weiteren Förderorganisationen;
- *Beiträge* an Hochschulforschungsstätten für die Durchführung von Forschungsprojekten und -programmen;
- *Beiträge* von Bundesstellen an internationale Institutionen und Organisationen für Forschungsprojekte oder -programme.

Nicht zur Forschung der Bundesverwaltung gehören die Beiträge des Bundes an Forschungsorgane gemäss FIFG Art. 4 – namentlich die Forschungsförderungsinstitutionen (Schweizerischer Nationalfonds, Akademien), die Innosuisse, die Hochschulforschungsstätten (ETH-Bereich; Hochschulen und weitere Institutionen des Hochschulbereichs; Forschungsinfrastrukturen, -institutionen und Technologiekompetenzzentren nach FIFG Art. 15) – sowie Beiträge an internationale wissenschaftliche Institutionen und Organisationen zur Strukturfinanzierung .

In der Praxis beruht die Forschung der Bundesverwaltung auf den fünf Hauptprinzipien der Gesetzmässigkeit, Zweckmässigkeit, Wirksamkeit, Wirtschaftlichkeit und Einhaltung der wissenschaftlichen Qualitätsstandards. Die Hauptverantwortung liegt bei den einzelnen Bundesstellen, welche die Forschung entweder selber durchführen, in Auftrag geben oder Beiträge leisten.

³⁷ Totalrevision des FIFG vom 14. Dezember 2012.

A2. Gesetzlicher Auftrag

Rahmengesetz

Das Engagement des Bundes in der Forschung und Forschungsförderung wird durch Art. 64 der Bundesverfassung ([SR 101](#)) legitimiert, indem der Bund die wissenschaftliche Forschung und die Innovation fördert, bzw. Forschungsstätten errichten, übernehmen oder betreiben kann.

Mit der Totalrevision des [FIFG](#) vom 14. Dezember 2012 ist dieses zu einem Rahmengesetz für die Forschung der Bundesverwaltung (im FIFG wird der Begriff "Ressortforschung" verwendet) ausgearbeitet worden: Die Bundesverwaltung ist ein Forschungsorgan, soweit sie für die Erfüllung ihrer Aufgaben Forschung betreibt oder Aufgaben der Forschungs- und Innovationsförderung wahrnimmt (Art. 4 Bst. d). Der Bund fördert die Forschung und die Innovation nach FIFG sowie nach Spezialgesetzen durch eigene Forschung, einschliesslich der Errichtung und des Betriebs bundeseigener Forschungsanstalten (Art. 7 Abs.1 Bst. e). Die Zweckbestimmung und die Massnahmen der Forschung der Bundesverwaltung (s. oben) sowie Vorgaben wie beispielsweise zum Einwerben von Drittmitteln oder zu Overheadbeiträgen werden in Art. 16 dargelegt. Die Einrichtung von bundeseigenen Forschungsanstalten ist in Art. 17 geregelt. Ein wichtiger Aspekt der Forschung der Bundesverwaltung ist deren Koordination. Hierzu wird vom Bundesrat ein interdepartementaler Koordinationsausschuss (KoorA-RF) eingesetzt, der insbesondere Aufgaben im Bereich des koordinierten Vorgehens bei der Erstellung der Mehrjahresprogramme wahrnimmt und Richtlinien zur Qualitätssicherung erlässt (Art. 42). Die Mehrjahresprogramme der Forschung der Bundesverwaltung – ein Koordinations- und Planungsinstrument – werden in Form von ressortübergreifenden Forschungskonzepten erarbeitet, in welchen die bestehenden Forschungsschwerpunkte der Hochschulen, die im Auftrag des Bundes durchgeführten Förderprogramme des SNF sowie die Tätigkeit der Innosuisse berücksichtigt werden (Art. 45).

Spezialgesetzliche Grundlagen

Neben der Verankerung im FIFG ist die Forschung der Bundesverwaltung auf über 55 [spezialgesetzliche Bestimmungen](#) abgestützt. In diesen werden einerseits direkte Evaluations-, Erhebungs-, oder Prüfungsaufträge formuliert, welche die entsprechenden wissenschaftlichen Arbeiten voraussetzen. Andererseits werden mit spezialgesetzlichen "Kann"-Bestimmungen die rechtlichen Voraussetzungen geschaffen, dass der Bund in spezifischen Bereichen Forschung mit Beiträgen (Subvention) unterstützen kann. In den Spezialgesetzen werden die Fördergrundsätze nach Vorgabe des Subventionsgesetzes (SuG) präzisiert. Darüber hinaus setzt selbst dort, wo kein expliziter gesetzlicher Auftrag zur Forschung besteht, die Anwendung und Umsetzung geltenden Rechts oft Fachwissen voraus, welches aktuell sein soll und daher mittels Forschung erarbeitet werden muss (z.B. beim Erlass von Richtlinien und Verordnungen). Deshalb sind Forschungsverpflichtungen auch oft Teil der Leistungsvereinbarung nach dem neuen Führungsmodell für die Bundesverwaltung oder sie werden in departementalen Organisationsverordnungen für die verschiedenen Ämter festgelegt.

Verpflichtungen aus internationalen Vereinbarungen und parlamentarischen Aufträgen

Neben den spezialgesetzlichen Bestimmungen enthalten oder implizieren auch über 90 [internationale Verträge, Konventionen oder Mitgliedschaften](#) Verpflichtungen zur Forschung oder zu nationalen Forschungsanstrengungen in den jeweils relevanten Themenfeldern. Aber auch in Fällen, wo keine expliziten Forschungsverpflichtungen aus Verträgen existieren, ist die in Auftrag gegebene Forschung für einige Ämter zentral, um notwendige internationale Kontakte aufrecht erhalten zu können. Die Forschung der Bundesverwaltung ermöglicht so einen Austausch auf der Basis von Fachwissen, dem die eigenen aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse zu Grunde liegen.

Vom Parlament selber werden durch parlamentarische Initiativen, Motionen, Postulate, Interpellationen oder Anfragen Aufträge zur Erarbeitung von Erlassens-Entwürfen, von Prüfungsberichten und von Auskünften erteilt, deren Behandlung Aktivitäten in der Forschung der Bundesverwaltung nach sich ziehen kann.

A3. Koordination der Forschung der Bundesverwaltung

Gliederung der Forschung der Bundesverwaltung in Politikbereiche

Die Forschung der Bundesverwaltung wird im Interesse der guten Koordination und Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Bundesstellen nach politischen Bereichen gegliedert. Die Politikbereiche, für die eine strategische Forschungsplanung zu erstellen ist (FIFG Art. 45 Abs. 3), werden vom Bundesrat im Rahmen der jeweiligen Botschaft über die Förderung von Bildung, Forschung und Innovation festgelegt (FIFG Art. 46 Abs. 1 Bst. d). Dazu erarbeiten die betroffenen Bundesstellen unter der Leitung einer federführenden Bundesstelle und unter gezieltem Einbezug externer Expertise (in der Regel eine wissenschaftliche Begleitkommission/-gruppe) vierjährige Forschungskonzepte. Die Erstellung der Forschungskonzepte erfolgt nach den Grundsätzen des KoorA-RF.³⁸ Die Forschungskonzepte sind prägnante und umfassende Strategiedokumente. Sie dienen der Information von interessierten und betroffenen Forschungsakteuren inner- und ausserhalb des Bundes sowie der öffentlichen Hand generell, unterstützen die Koordination der Forschung und stellen ein Instrument der Planung und Legitimierung der Forschungstätigkeit des Bundes dar. Seit der BFI-Periode 2004-2007 werden für die folgenden 11 Politikbereiche Forschungskonzepte erstellt: 1. Gesundheit (Federführung BAG), 2. Soziale Sicherheit (BSV), 3. Umwelt (BAFU), 4. Landwirtschaft (BLW), 5. Energie (BFE), 6. Nachhaltige Raumentwicklung und Mobilität (ARE), 7. Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA), 8. Sicherheits- und Friedenpolitik (W+T, BABS, EDA/PD), 9. Berufsbildung (SBFI), 10. Sport und Bewegung (BASPO) und 11. Nachhaltiger Verkehr (ASTRA, BAV).

Interdepartementaler Koordinationsausschuss für die Forschung der Bundesverwaltung (KoorA-RF)

Einsitz in den KoorA-RF nehmen Mitglieder der Direktionen/Geschäftsleitungen der Bundesämter mit eigener Forschung und der Eidg. Finanzverwaltung sowie Vertreter des SNF, der Innosuisse und des Rats der Eidgenössischen Technischen Hochschulen (ETH-Rat). Der Ausschuss wird durch ein Geschäftsleitungsmitglied des Staatssekretariates für Bildung, Forschung und Innovation SBFI präsiert.

Gestützt auf das FIFG hat der KoorA-RF namentlich die Aufgaben der Koordination der Forschungskonzepte³⁸ sowie der Erarbeitung von Richtlinien für die Qualitätssicherung.³⁹ Des Weiteren stellt der KoorA-RF die strategische Koordination der Forschung der Bundesverwaltung sicher, ist eine aktive Plattform für den Austausch guter Praxen in der Qualitätssicherung, erhebt jährlich den Forschungsaufwand und den Budgetrahmen der Forschungsaktivitäten der Bundesverwaltung für die Berichterstattung an den Bundesrat (Informationsnotiz), nimmt Aufgaben wahr bei der Auswahl von Nationalen Forschungsprogrammen (NFP) und Nationalen Forschungsschwerpunkten (NFS), koordiniert zwischen der Forschung der Bundesverwaltung und den anderen Instrumenten der Programmforschung und kann Evaluationen initiieren zu übergeordneten Themen im Bereich der Forschung der Bundesverwaltung.

Die ämter- und departementsübergreifende Steuerung der finanziellen Ressourcen der Forschung der Bundesverwaltung fällt allerdings *nicht* in den Aufgabenbereich des KoorA-RF. Eine entsprechende Empfehlung der Geschäftsprüfungskommission des Nationalrates GPK-N zur Steuerung der Ressourcen in der Forschung der Bundesverwaltung wurde im Jahr 2006 durch den Bundesrat abgelehnt.⁴⁰ Diese Steuerung muss in letzter Verantwortung durch das Parlament über die Genehmigung der jeweiligen betroffenen Kredite der Ämter erfolgen und kann mit dem heutigen Verfahren vom Parlament im Rahmen der jährlichen Budgetentscheide effizient wahrgenommen werden.

Arbeitsgruppe und Sekretariat des KoorA-RF

Die Erarbeitung von Grundlagen, Richtlinien und Berichten betreffend die Forschung der Bundesverwaltung sowie die Vorbereitung der Sitzungen und Beschlüsse des KoorA-RF erfolgen in einer Arbeitsgruppe, in welche die Forschungsverantwortlichen der Bundesämter Einsitz nehmen. Die Arbeitsgruppe wird durch das Sekretariat des KoorA-RF geleitet, welches am SBFI angesiedelt ist. Das Sekretariat wiederum sichert den Informationsfluss unter den im KoorA-RF vertretenen Bundesämtern und betreut die Geschäfte. Es ist zuständig für die Website www.ressortforschung.admin.ch, welche Kurzinformationen zu Schwerpunkten der Forschung in den [Politikbereichen](#), die aktuellen Forschungskonzepte, Links zu den Forschungsseiten der Bundesämter und die Dokumentation über die [rechtliche Abstützung](#) der Forschung abbildet. Die Sites enthalten auch standardisierte und jährlich von den in den Politikbereichen federführenden Ämtern aktualisierte [Fact Sheets](#), welche die Öffentlichkeit

³⁸ „Grundsätze für die Erstellung der Konzepte 2021 – 2024 betreffend die Forschungsaktivitäten der Bundesverwaltung in den 11 Politikbereichen“, KoorA-RF, Oktober 2018.

³⁹ „[Qualitätssicherung in der Ressortforschung des Bundes](#)“, Richtlinien des interdepartementalen KoorA-RF, 26. März 2014.

⁴⁰ BBI 2007 847 (<http://www.admin.ch/ch/d/ff/2007/847.pdf>).

über erfolgreich verlaufene Forschungstätigkeiten ("success stories") sowie über die finanziellen Ressourcen informieren.

Datenbank ARAMIS

Das Informationssystem ARAMIS (www.aramis.admin.ch) enthält Informationen über Forschungsprojekte und Evaluationen, die der Bund selber durchführt oder finanziert. Die Ziele und Aufgaben des Systems werden in der ARAMIS-Verordnung ([SR 420.171](#)) beschrieben: (1) Schaffung von Transparenz hinsichtlich der Finanzflüsse im Bereich der Forschung und Innovation, (2) inhaltliche Koordination der vom Bund finanzierten oder durchgeführten Projekte, (3) Datenbeschaffung für die Statistik des Bundesamtes für Statistik (BFS) im Bereich "Forschung und Entwicklung in der Bundesverwaltung", (4) Planung und Steuerung auf dem Gebiet der Forschungs- und Innovationsförderung und (5) Unterstützung des Projektmanagements.

Das Informationssystem funktioniert als eine einfache Datenbankanwendung, in welcher alle Forschungsvorhaben und Wirksamkeitsüberprüfungen/Evaluationen der Bundesverwaltung als einzelne oder miteinander verknüpfte Projekte abgebildet werden. ARAMIS dient daher als ein Pfeiler in der Qualitätssicherung der Forschung der Bundesverwaltung und ist entsprechend in den Richtlinien des KoorA-RF über die Qualitätssicherung verankert. Für die Unterstützung der Forschungs- und Innovationskoordination und -planung sowie für einen effizienten Mitteleinsatz werden auf der Basis von ARAMIS jährlich detaillierte Informationen über die Art der Forschung (intramuros, Forschungsaufträge und -beiträge), die Auftragsnehmer sowie die Aufwände der Ämter im Rahmen der Forschungskonzepte zuhanden des Bundesrates und des KoorA-RF zusammengestellt. Damit wird garantiert, dass diese im Hinblick auf die Finanzplanung über die Mittelentwicklung und -verwendung bei den einzelnen Ämtern informiert sind.

A4. Ziele des KoorA-RF in der Periode 2021-2024

Für den KoorA-RF stehen in der Periode 2021-2024 folgende übergeordneten Ziele im Vordergrund:

(1) Die Forschungskonzepte für die 11 Politikbereiche wurden nach den Grundsätzen des KoorA-RF ausgearbeitet. Sie richten sich nach den Vorgaben im FIG (3. Abschnitt: Forschungs- und innovationspolitische Planung) und in den Qualitätssicherungsrichtlinien für die Forschung der Bundesverwaltung. Die Forschung der Bundesverwaltung wird, wenn sachlich möglich oder erforderlich, an die allgemeine Forschungs- und Innovationsförderung angeknüpft. Die in den Politikbereichen aufgegriffenen Forschungsthemen sind häufig fachbereichsübergreifend und betreffen die Zuständigkeit von verschiedenen Fachämtern und Departementen. Die Gliederung der Forschung der Bundesverwaltung in 11 Politikbereiche wird daher im KoorA-RF auf eine Anpassung hin geprüft.

(2) Im Hinblick auf Erstellung von *ressortübergreifenden* Forschungskonzepten 2021-2024 sind in der Periode 2017-2020 verschiedene Aktivitäten zur Identifizierung von ressortübergreifenden Forschungsthemen erfolgt: bei den Bundesstellen wurde eine Erhebung zu möglichen politikübergreifenden Forschungsthemen durchgeführt, welche sich auf die neun Handlungsfelder der Bundesstrategie "Nachhaltige Entwicklung" 2016-2019 abstützen. Es konnten 5 zentrale Forschungsthemen identifiziert werden, welche für die Bundesstellen von

hohem Interesse sind und bei welchen ein Forschungsbedarf seitens Bund besteht: (1) Nachhaltiges Verhalten, (2) Sharing Society, (3) Datensicherheit, (4) Smarte Regionen und (5) Gesundheit und Umwelt. In Rahmen eines Pilotprojekts werden die Forschungsfragen der interessierten Bundesstellen beim Forschungsthema "Sharing Society" unter Berücksichtigung der zu diesem Thema bereits vorliegenden Arbeiten identifiziert (insb. zu den Themenbereichen Politikgestaltung, Chancen und Risiken, Rebound-Effekte, Datenhandhabung, Verhaltensänderung, Auswirkungen auf den Ressourcenverbrauch, Nachhaltigkeit, Geschäftsmodelle) und die Umsetzungsmöglichkeiten bspw. im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprogramms der Bundesstellen abgeklärt. Basierend auf den Erfahrungen mit dem Pilotprojekt sollen die weiteren vier ressortübergreifenden Forschungsthemen in der BFI-Periode 2021-2024 gestaffelt durch die Bundesstellen, welche einen expliziten Forschungsbedarf für ihre Aufgabenerfüllung ausweisen, bearbeitet werden.

(3) Mit der Ausgestaltung des FIFG im Jahr 2012 als Rahmengesetz für die Forschung der Bundesverwaltung (im FIFG wird der Begriff "Ressortforschung" verwendet) wurde erwartet, dass die Rahmenregelung es erlauben würde, alle heutigen Spezialgesetze für die Forschung der Bundesverwaltung systematisch zu überprüfen bzw. allfällige neu geplante Spezialgesetze bezüglich Bestimmungen über die Forschung gemäss der Rahmenregelung des FIFG auszugestalten (Vereinfachung und verbesserte Kohärenz der Legiferierung). Die Umsetzung dieser Vorgabe wurde im Rahmen eines Expertenmandats untersucht:⁴¹ rein quantitativ sind keine grossen Anpassungen in den Spezialgesetzen erfolgt. Im Gutachten wird die Erarbeitung eines gemeinsamen Verständnisses im KoorA-RF von Art. 16 f. FIFG und das Bereitstellen von Vorgaben zur Bereinigung der Spezialgesetzgebung durch die zuständigen Departemente empfohlen. Im KoorA-RF sollen daher einerseits ein gemeinsames Verständnis bei der Auslegung der gesetzlichen Bestimmungen im Rahmengesetz FIFG erreicht werden und andererseits Unterstützung bei der Anpassung der Spezialgesetzgebung bei anstehenden Gesetzesrevisionen in Bezug auf Artikel betreffend die Forschung der Bundesverwaltung angeboten werden.

(4) Zur Verbesserung der Vertretung der Interessen der Bundesverwaltung bei NFP und zu deren besseren Nutzung durch die Bundesverwaltung ist das Pflichtenheft mit den Aufgaben und Funktionen der Vertreter/innen des Bundes in den Leitungsgruppen der NFP angepasst worden. Bei Bedarf können mehrere Bundesvertretungen aus verschiedenen Bundesstellen in die Leitungsgruppen Einsitz nehmen. SBFI und SNF achten bei der Vorbereitung und Durchführung der NFP themenspezifisch auf eine ausgewogene Förderung anwendungs- und grundlagenorientierter Forschung. Die von den Bundesstellen zur Verfügung gestellte Expertise wird von Beginn der NFP an systematisch genutzt.

⁴¹ Gutachten "Die Anpassung der spezialgesetzlichen Grundlagen für die Ressortforschung des Bundes nach Ausgestaltung des FIFG als Rahmengesetz für die Ressortforschung", Prof. F. Uhlmann, 4. Dezember 2017.

Anhang 3: Autoren und wissenschaftliche Begleitkommission

Externe Beratung

- Prof. Dr. Stefan Pickl, Universität der Bundeswehr, München

Die externe wissenschaftliche Begleitkommission setzt sich aus folgenden Mitgliedern zusammen:

- Dr. Renate Moning
- Dr. Anita Noli- Kilchenmann
- Dr. Daniel Fuhrer
- Oberst i Gst Rolf Gerster

Die Mitglieder der internen wissenschaftlichen Begleitkommission sind:

- Dr. Peter Wellig
- Dr. Quentin Ladetto
- Dr. Alain Jaquier
- Dr. André Koch
- Dr. Vincent Lenders
- Dr. Mark Höpflinger

Autoren

- Dr. Urs Böniger
- Gaston Rubin
- Dr. Hansruedi Bircher

Anhang 4: Gremien

Gremien mit Einsitznahme von armasuisse

- Konferenz der DACH⁴² Forschungsdirektoren
- NATO/PfP STO⁴³ Board und in diversen Arbeitsgruppen
- NATO Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence (CCDCoE)
- EVA⁴⁴, Research and Technology Directors Board
- Schweizerische Gesellschaft für Technik und Armee (STA)
- Polizeitechnik und Informatik (PTI)
- Koordinationsausschuss-Ressortforschung

⁴² DACH: Deutschland, Österreich, Schweiz

⁴³ STO: Science and Technology Organisation

⁴⁴ EVA: Europäische Verteidigungsagentur