

RMS⁺

**RENSEIGNEMENT
ARMASUISSE S+T
INTELLIGENCE ECONOMIQUE
FORMATION DES CADRES**

Revue Militaire Suisse



DEUTSCHE ÜBERSETZUNG



Das Forschungsprogramm „Technologiefrüherkennung“ von armasuisse Wissenschaft und Technologie hat zum Ziel, die erforderlichen Kenntnisse für das Verständnis neuer Technologien zu erwerben, die Chancen und Gefahren für den militärischen Kontext im allgemeinen und insbesondere für die Schweizer Armee mit sich bringen können.

Disruptive Technologien und Streitkräfte: zukunftsorientierte Entscheidungshilfe für komplexe Systeme

Dr. Quentin Ladetto, Dr. Philippe Luginbühl

armasuisse Wissenschaft + Technologie

«Wenn alles bleiben soll, wie es ist,
muss sich alles ändern.»
Der Leopard, Giuseppe Tomasi di Lampedusa

Der Zweck des Technologiefrüherkennungsprogramms von armasuisse Wissenschaft und Technologie, das im Artikel «Technologiefrüherkennung für die Sicherheit der Schweiz» der Märzangabe 2019 der Allgemeinen Schweizerischen Militärzeitschrift vorgestellt wurde, besteht im Aufzeigen der disruptiven Technologiebereiche sowie in der Vorwegnahme ihrer Auswirkungen auf das Militär im Allgemeinen und auf die Schweizer Armee im Besonderen. Da die Struktur bereits zu einem früheren Zeitpunkt beschrieben wurde, machen wir heute einen Abstecher in die wichtigsten Bereiche, die das Programm abdeckt. Manche dieser Bereiche sind genau genommen Technologien, während andere unter dem Begriff Fähigkeiten zusammenzufassen sind.

Wird heute – in der Zeit des Internets, des «Open Source» und des globalen Informationsaustauschs – von «disruptiven» Technologien gesprochen, führt dies möglicherweise zu überzogenen Erwartungen. Denn vielmehr als die Technologien sind heute ihre Kombination sowie ihre Anwendungen disruptiv. Dies kann auf den ersten Blick wie eine entwaffnende Selbstverständlichkeit erscheinen; dies war aber nicht immer der Fall. Die Unkenntnis des Gegners bestimmter Metalle (Eisen vs. Bronze) und Waffen (Feuerwaffen vs. Schwert, Pfeil und Bogen) ermöglichte einigen Ethnien die Eroberung und die Wahrung ihrer Vorherrschaft während eines mehr oder weniger langen Zeitraums. In einer Zeit des Wettlaufs um die wissenschaftliche Veröffentlichung und Sensationsnachricht sowie um die Patentierung, ist man sich der Existenz der Technologien bewusster denn je. Die wahre Herausforderung besteht heute deshalb darin, sie zu beherrschen, und zwar

sowohl ihre innovative Anwendung als auch ihre schnelle Anpassung.

Vielmehr als jeden dieser Bereiche zu beschreiben, präsentieren wir im Folgenden in knapper Form die entsprechenden Erwartungen sowie die eingegangenen Risiken bei einer asymmetrischen technologischen Reife in diesen Bereichen.

Da zu einem bestimmten Zeitpunkt Forschungsbereiche priorisiert werden müssen, die zukünftige Funktionen ermöglichen, stellen wir Ihnen zudem ein Analysebeispiel vor, das mit dem Entscheidungshilfsmittel CREDO durchgeführt wurde. Hiermit soll veranschaulicht werden, dass es zwar gut ist, eine Liste mit zu beobachtenden Technologien zu erarbeiten, es aber besser ist, in der Lage zu sein, ihre Bedeutung für ein neues System¹ oder für eine neue Fähigkeit zu quantifizieren (auch wenn dies unglaublich komplexer ist!).

Wir machen die Leserinnen und Leser darauf aufmerksam, dass der Schwerpunkt hier einzig auf den technologischen Aspekt der betrachteten Bereiche gelegt wird. Es liegt auf der Hand, dass die Technologie laufend mit den entsprechenden politischen, wirtschaftlichen, rechtlichen, ethischen, operativen und gesellschaftlichen Bereichen interagiert.

1 Der Begriff System steht in diesem Text für komplexe Produkte wie Flugzeuge, Panzer, Roboterfahrzeuge usw.

Technologiebereiche

Sie finden hier die Technologiebereiche, denen wir verstärkte Aufmerksamkeit widmen. Sie wurden in einer originellen Form im Dokument «Technologische Trends und Herausforderungen: An der Schnittstelle zwischen Fiktion und Realität»² vorgestellt. Wir werden hier die gleiche Auswahl beibehalten und die Informationen ergänzen. Wir sind uns bewusst, dass diese Auswahl bei weitem nicht abschliessend ist. Sie ermöglicht jedoch die Erfassung, Zusammenfassung und Strukturierung von zahlreichen gegenwärtigen Entwicklungen. Sie werden feststellen, dass in fast allen erwähnten Bereichen das von der kommerziellen Branche Entwickelte einfach in den militärischen Bereich übertragen werden kann. Man spricht ganz allgemein von Dual-Use-Technologien. Obwohl die Verteidigung aus technologischer Sicht lange zur Avantgarde gehörte, ist dies heute in zahlreichen Bereichen nicht mehr zwingend der Fall. So sind auch Technologien, die hauptsächlich staatlichen Akteuren vorbehalten waren (namentlich jene in Verbindung mit der Raumfahrt) heute privaten Akteuren zugänglich.

In der Folge soll nicht beurteilt werden, ob diese Entwicklungen gut oder schlecht sind, sondern bloss bewusst gemacht werden, dass sie nunmehr eine Tatsache sind.

Robotik

Die Forschungen im Bereich Robotisierung des Schlachtfelds sollen hauptsächlich dazu führen, dass durch die Fernsteuerung der Ausführenden (Roboter) die von den menschlichen Soldaten eingegangenen Risiken verringert werden. Diese Roboter können abhängig von den spezifischen Missionen (in der Luft, am Boden, im Wasser) die unterschiedlichste Form annehmen, sowohl draussen als auch in Gebäuden oder Galerien. Wo sich der Mensch noch in der Entscheidungsschleife befindet (man IN-ON-OUT of the loop) führt zu zahlreichen Herausforderungen. Auch wenn die Robotisierung für bestimmte Funktionen, wie beispielsweise die Navigation, akzeptabel scheint und akzeptiert ist, ist man beispielsweise noch weit von der vollständig automatisierten Bestimmung der Ziele und ihrer möglichen Vernichtung entfernt. Diese Automatisierung ist für die Streitkräfte keine Priorität, die eher eine Kooperation Soldat-Maschine bevorzugen, indem auf die spezifischen Stärken jedes einzelnen gebaut wird (Mensch: kognitiv, Maschine: schnelle Analyse und Sensoren).

Mögliche Risiken, wenn die Entwicklungen nicht verfolgt werden:

Menschliche Leben werden unnötig gefährdet (langweilige, gefährliche und schmutzige Aufgaben). Aufkommen von neuen, mit den aktuellen Systemen schwer bekämpfbaren Systemen (Abbildung 1). Asymmetrie in der Kampfeffizienz durch die Koppelung Mensch-Maschine vs. Mensch (ohne Maschine). Entscheidungsschleife (OODA-Loop) wird im

Verhältnis zu den neuen Standards verlangsamt. Neue Doktrin (erste Angriffswelle: nur robotisiert, zweite Angriffswelle: Soldat-Maschine).



Abbildung 1: Alleine oder im Schwarm, durch die eigenständige Verschiebung oder ferngesteuert kann die Drohne mit ihren zahllosen potenziellen nützlichen Lasten leicht in vielzähligen Situationen zum wichtigsten Akteur werden, da sie zudem nur schwer nachweisbar und leicht manövrierbar ist.

Menschliche Leistung

Die Steigerung der menschlichen Leistung kann auf verschiedene kumulative, mehr oder weniger invasive und umkehrbare Weise erreicht werden. Von der Psychologie bis zur Chirurgie, von der Biotechnologie bis zur Pharmakologie, von der Verwendung von Exoskeletten oder robotisierten Elementen bis zu einem ausgefeilteren Training werden alle Möglichkeiten parallel erforscht, um die Fähigkeiten und die menschlichen Sinne zu verbessern. Die wichtigsten Forschungsziele sind: ein besserer Umgang mit Emotionen, Stress, Ausdauer und Regeneration, begreiflicherweise eine Steigerung der Kraft und der Widerstandsfähigkeit in extremen Umgebungen, ein besserer Schutz und eine erleichterte Mobilität.

Mögliche Risiken, wenn die Entwicklungen nicht verfolgt werden:

Die Truppe als Ganzes kann dem Gegner in Bezug auf den Bereitschaftsgrad und die Leistung unterlegen sein. Suboptimale individuelle Widerstandsfähigkeit und Ausführungsgeschwindigkeit in Bezug auf die neuen Standards. Zahl der Fehler und Unfälle stabil, da aktuell einem schlechten Umgang mit Stress und Schlafmangel geschuldet. Negativer psychologischer Aspekt aufgrund des «verbesserten» Gegners.

² <https://deftech.ch/de/veroeffentlichungen/>



Abbildung 2: Die Sinne und Fähigkeiten eines Soldaten reparieren, verbessern, ergänzen, ihn stärker, widerstandsfähiger, belastbarer und weniger müdigkeitsanfällig machen – dies sind Bereiche der Verteidigung und Sicherheit, für die zivile Innovationen neue Horizonte eröffnen.

Erweiterte und virtuelle Realität

Die erweiterte Realität bringt dem Soldaten ergänzende und sachdienliche Informationen, die die durch ein digitales Objektiv wahrgenommene Realität überlagern (Abbildung 3).

Durch das Aufeinandertreffen der realen mit der digitalen Welt ermöglicht diese Technologie zudem die ferngesteuerte Ausführung von Aufgaben, die dem Bediener unbekannt sind. Eine nicht zu unterschätzende Herausforderung ist aber die zeitgemässe Lieferung einer situationsgerechten Information ohne dass der Soldat abgelenkt wird. Die virtuelle Realität bietet durch die Vereinfachung des Trainings und das Kennenlernen einer unbekannteren Umgebung einen Mehrwert für die Vorbereitung der Missionen. Das Nachspielen von bestimmten Situationen, die zu posttraumatischen Belastungsstörungen (PTBS) führten, ermöglicht die Reduktion und sogar die Heilung ihrer Auswirkungen.

Mögliche Risiken, wenn die Entwicklungen nicht verfolgt werden:

Geringeres Verständnis der Situation und der direkten Umgebung als der Gegner. Geringere Vertrautheit mit einem vor der Operation unbekanntem Ort. Eingeschränkte Interaktionen für den Fall, dass vor Ort neue Kompetenzen benötigt werden.



Abbildung 3: Die erweiterte Realität ermöglicht den schnellen Zugriff auf neue Kenntnisse und das Anleiten aus der Distanz bei delikaten Interventionen. Neue Materialien mit unzähligen Eigenschaften verbessern den physischen Schutz und machen die Ausrüstung leichter.

Additive Fertigung (3D-Druck)

Dank dieser Fertigungsmethode, die darin besteht, Schicht für Schicht Material aufzutragen (im Gegensatz zur «extrusiven» Bearbeitung, bei der Material entfernt wird), können Produkte mit neuen Formen geschaffen werden, indem beispielsweise ein Material nur dort aufgetragen wird, wo es in Bezug auf die darauf wirkenden Kräfte notwendig ist. Die Produkte werden so leichter und widerstandsfähiger. Es ist zudem möglich, mit digitalen Plänen ab Fotos schnell Ersatzteile zu generieren. Die Wahl des Materials hängt so direkt von den gewünschten Eigenschaften des Teils ab und nicht von dessen einfacher Verarbeitung.

Mögliche Risiken, wenn die Entwicklungen nicht verfolgt werden:

Schwerere und weniger widerstandsfähige Systeme und Produkte. Direkte Auswirkungen auf den Energieverbrauch, zu dem die Ermüdung kommt, wenn die Elemente von einem Soldaten getragen werden. Bei fehlenden Ersatzteilen für ein System: Ist ihre Erzeugung nicht möglich, wird die Überalterung beschleunigt, wodurch Ersatzkosten anfallen. Schwierigkeit bei der Anpassung und Verbesserung der Standardwaffen und -werkzeuge abhängig von der Erfahrung, vom Gelände und von der Einsatzart.

Künstliche Intelligenz

Die künstliche Intelligenz (KI) hat das Potenzial, in allen Bereichen transparent präsent zu sein. Ob für die Cyber-Sicherheit, die Analyse und die Abklärung von Objekten oder spezifischen Sequenzen in Bild, Ton, Video, die Klassifizierung von Elementen, als Entscheidungshilfe, Führungshilfe, als Hilfe zur Erzeugung und Beurteilung von Szenarien ... der Vielfalt scheint aktuell nur von der Fantasie Grenzen gesetzt. Die KI ist zudem die Grundlage für verschiedene Funktionen, die die Robotersysteme autonom machen. Gerade wegen dieser Automatisierung ist es notwendig, die Logik der künstlichen Intelligenz zu verstehen und fähig zu sein, die getroffenen Entscheidungen zu erklären (White Box), um die Systeme zu zertifizieren. Das Vertrauen in diese Systeme ist für ihre Akzeptanz und Verwendung in den Streitkräften grundlegend.

Mögliche Risiken, wenn die Entwicklungen nicht verfolgt werden:

Teilweises Verständnis und Interpretation der Situation aufgrund einer Analyse mit einer beschränkten Anzahl Parameter, Beziehungen usw. Die Verteidigungs- und Angriffssysteme sind weniger schnell und leistungsfähig als jene des Gegners. Schwierigkeit (und sogar Unmöglichkeit) der schnelleren Ausführung des OODA-Loops (observe, orient, decide, act) als der Gegner.

Internet der Dinge

Sensoren und Prozessoren werden immer weiter miniaturisiert, während ihre Empfindlichkeit und Auflösung einerseits und ihre Rechen- und Speicherleistung andererseits verbessert werden. Diese Gegenstände sind heute allgegenwärtig und ermöglichen den OODA-Loop direkt auf Objektebene. Durch ihren Anschluss ermöglichen sie die Analyse und Verfolgung in Echtzeit von «unendlich vielen» Phänomenen und dies unabhängig vom Ort, an dem sich der Bediener befindet. Ihre Präsenz in den Systemen helfen dabei, jeglichen Ausfall vorwegzunehmen und die Wartung zu planen. Ob Ziel oder Initiator, der in beiden eingebaute Prozessor macht sie zu privilegierten und unumgänglichen Akteuren des Cyberraums.

Mögliche Risiken, wenn die Entwicklungen nicht verfolgt werden:

Wenn man sie nicht finden, identifizieren und neutralisieren kann, ist es schwierig, sich vor Spionageformen zu schützen. Neue Formen des Cyberangriffs können die Gegenstände von früheren Generationen zu bevorzugten Zielen machen. Der Verzicht auf die laufende Messung von bestimmten Parametern wie Temperatur und Feuchtigkeit kann zu neuen Ungewissheiten in der möglichen Verwendung von bestimmten Produkten (Munition, Impfungen usw.) führen: Entweder wird als Sicherheitsmassnahme noch gesundes Material nicht mehr verwendet oder man verwendet veraltetes Material. Daraus entsteht ein wirtschaftlicher

Verlust für ersteren Fall und ein Sprung ins Unbekannte im zweiten.

Hyperschallraketen und -fluggeräte

Zwischen 7- und 27-fache Schallgeschwindigkeit (zwischen 2,5 km/s und 9 km/s!): Dies ist die Geschwindigkeit, mit der sich diese neuen Waffen fortbewegen (oder fortbewegt werden). Sie fallen aus dem Weltraum und ihre Flugbahn kann namentlich in der Endphase angepasst werden: die aktuellen Raketenabwehrsysteme aller Länder sind gegenüber dieser neuen Gefahr komplett überholt. Die Forschung in Bezug auf Material, Aerodynamik, Antrieb usw. geht gut voran und das Wettrüsten gleicht jenem der Atomwaffe. Tatsächlich scheint die abschreckende Wirkung bestätigt, vor allem als es scheint, dass diese neuen Fluggeräte mit einem Atomsprengkopf ausgerüstet werden können.

Mögliche Risiken, wenn die Entwicklungen nicht verfolgt werden:

Wie für den Besitz von Kernwaffen besteht die Herausforderung darin, zu wissen, wie man sich davor schützen kann. Aktuell sind nicht genügend zuverlässige Informationen zu diesem Thema verfügbar, aber es stellt eine ernsthafte Bedrohung dar.

Neue Materialien

Die Fortschritte in Nanotechnologie, Chemie, Physik sowie die gewonnenen Erkenntnisse aus der Beobachtung der Natur ermöglichen das Auftauchen von neuen Materialien mit aussergewöhnlichen Eigenschaften. Änderung der Form abhängig von Parametern wie Temperatur, Feuchtigkeit; Reaktion auf spezifische Reize; Auflösung im Organismus nach der Heilung einer Verletzung; immer widerstandsfähiger und gleichzeitig flexibel und leicht – es gibt unzählige Beispiele für eine unendliche Zahl von Anwendungen. In Pulverform dienen die (neuen oder alten) Materialien als Grundlage für den 3D-Druck.

Mögliche Risiken, wenn die Entwicklungen nicht verfolgt werden:

Die Unkenntnis der Materialien kann einen Einfluss auf die Signaturen (Radar, thermisch, Infrarot usw.) von bestimmten Systemen haben und ihre Erkennung sogar verunmöglichen (Abbildung 4).

Unmöglichkeit, bestimmte Vorsprünge in den Bereichen Raumfahrt (einschliesslich Hyperschallgeschwindigkeitsträger), Medizin, Informatik usw. zu konkurrenzieren. Beschränkte Verbesserungen von bestimmten Materialeigenschaften mit Auswirkungen auf das Gewicht, den Energieverbrauch, die Wirksamkeit, den Widerstand gegen unter anderem Stösse, von bestimmten Systemen sowie der Ausrüstung der Soldaten.



Abbildung 4: Einige neue Materialien bieten Eigenschaften, die sich aufgrund von verschiedenen Parametern wie Temperatur, Feuchtigkeit, Licht verändern. Dies kann namentlich für die Tarnung interessant sein.

Elektromagnetisches Spektrum

Ob Satellitensignale für die Positionierung, die Navigation von einem Ort zum andern, die Übermittlung und den Empfang von Information in irgendeiner Form, die Beobachtung von Phänomenen in sicht- oder unsichtbarer Form, in der Kälte oder in der Hitze, nah oder fern – all diese beobachteten Elemente hängen mit dem magnetischen Spektrum zusammen und verwenden (oder sind) Wellen, die allgemein über ihre Frequenz sowie über ihre Wellenlänge eingestuft werden. Die Beherrschung sowie ein aufmerksamer Umgang ermöglichen das Nebeneinander dieser Wellen, ohne dass sie einander in die Quere kommen. Die Manipulation dieser Wellen sowie des ursprünglich übermittelten Informationsinhalts kann drastische Folgen haben, wenn sie weder bemerkt noch korrigiert wird.

Mögliche Risiken, wenn die Entwicklungen nicht verfolgt werden:

Vergrößerung der Angriffsfläche für hochfrequente Beeinflussung und Identitätsbetrug (Spoofing). Verminderung der Fähigkeiten zur Erkennung, Kommunikation und Interoperabilität. Verletzlichkeit gegenüber von Cyberangriffen. Probleme für die Sicherstellung der Zuverlässigkeit der autonomen (und lernenden) Systeme.

Quanteninformatik

Die wahr gewordene Quanteninformatik würde eine Rechenleistung freisetzen, die alle traditionellen Verschlüsselungsmethoden augenblicklich hinfällig machen, die Datensicherheit in Frage stellen und den Druck durch Cyberangriffe erhöhen würde. Diese Rechenleistung würde zudem die Modellbildung und Simulation von neuen chemischen und pharmazeutischen Prozessen ermöglichen, die mit dem gegenwärtigen Stand der Technik nicht möglich sind. Eine Unmenge von Szenarien könnte gleichzeitig beurteilt werden und die Wahl einer optimalen Lösung für viele komplexe Probleme mit unzähligen Parametern ermöglichen (Stadtverkehrsführung und Finanzflüsse, kognitive Studien usw.).

Mögliche Risiken, wenn die Entwicklungen nicht verfolgt werden:

Erhöhte Verletzlichkeit im Bereich Informatik in Bezug auf Cyberangriffe. Verlust der Wettbewerbsfähigkeit bei der Entdeckung von neuen Materialien, Medikamenten, pharmazeutischen und chemischen Produkten. Relative Verlangsamung des OODA-Loops. Strategische Abhängigkeit von dem, der die Technologie hat.

Raumfahrttechnologien

Konstellationen von mehreren hundert Satelliten damit der gesamte Planet Internetanschluss hat, ermöglicht durch private Unternehmen! Die Weltraumindustrie erlebt auf allen Stufen eine Demokratisierung. Der Start von Satelliten, die Telekommunikation sowie die Erdbeobachtung mit Bildern und Videos mit sehr hoher Auflösung (Abbildung 5) sind Dienstleistungen, die nicht mehr ausschliesslich Regierungen zur Verfügung stehen. Diese veränderte Dynamik bietet zahlreiche Chancen, benötigt aber eine strikere Verwaltung des Weltraums: Dies nur schon aufgrund der steigenden Dichte der Gegenstände in der Umlaufbahn der Erde und der Tatsache, dass die Präsenz dieses Weltraumschrotts eine wahre Herausforderung für die Sicherheit und Resilienz dieser Dienstleistungen darstellt.



Abbildung 5: Die Demokratisierung der Raumfahrt führt zu einer Beschleunigung der Entwicklungen auf diesem Gebiet, namentlich mit der Schaffung von Beobachtungssatelliten für Bilder und Videos mit Auflösungen, die bis anhin Szenarien in Drehbüchern von Filmen vorbehalten waren.

Mögliche Risiken, wenn die Entwicklungen nicht verfolgt werden:

Abhängigkeit für den Zugriff auf bestimmte Dienstleistungen; es ist wichtig zu wissen, was von der Schweiz wie, wann, mit welcher Präzision sichtbar ist, um jegliche Aktion vorwegnehmen zu können. Die Raumfahrttechnologie ist die einzige Lösung, mit der der Start von Flugkörpern der neusten Generation genügend früh entdeckt werden kann, insbesondere im Hinblick auf die vorgehend erwähnten Hypergeschwindigkeitsträger.

Synthetische Biologie

Das Lebende so zu manipulieren, dass seine Leistung gesteigert wird, es widerstandsfähiger ist und so geformt wird, dass es spezifischen Bedürfnissen entspricht, ist ein gefährliches aber faszinierendes Spiel. Die Fähigkeit, bestimmte Komponenten biologisch herzustellen, bestimmte Viren zu verändern oder auszurotten, führt zu unendlichen Möglichkeiten. Aber die langfristigen Konsequenzen und Gefahren sind bei weitem noch nicht bekannt.

Mögliche Risiken, wenn die Entwicklungen nicht verfolgt werden:

Falsches Verständnis der eingegangenen Risiken und dadurch ungenügende oder unsachgemässe Vorbereitung auf die Bedrohungen, die einige neue Produkte darstellen. Unkenntnis der neuen Komponenten und biologischen Systeme, die in der Natur nicht vorkommen und die die Herstellung von einigen Produkten verändern oder optimieren, wodurch Eigenschaften (Gewicht, Beständigkeit usw.) im Vergleich mit den natürlichen verbessert werden können.

Für die Leserinnen und Leser, die sich die Frage der Cyber-Sicherheit, der Nutzung der Blockchain, der Kryptologie usw. stellen, sind diese Kompetenzen wohlgerne von grösstem Interesse, wie sie auch transversal zahlreiche in diesem Artikel erwähnte Bereiche betreffen. Bei armasuisse W+T werden diese Themen detailliert vom Cyber-Defence Campus betrachtet³.

Der Umgang mit der Ungewissheit der Antizipation

Es ist nicht nur wichtig, die verschiedenen Entwicklungen zu verfolgen. Auch die Vorwegnahme der möglichen Vorteile diese Technologien für ein bestehendes System oder eine vorhandene Fähigkeit sowie ihre Priorisierung ist von Bedeutung. Dies ist die Gelegenheit, Fachleute aus verschiedenen Bereichen (operativ, System, Technologie usw.) zusammenzubringen.

Dazu hat die Schweizerische Eidgenossenschaft zusammen mit IDSIA⁴, dem Institut für künstliche Intelligenz in Manno im Tessin, genauer gesagt mit einer Gruppe von Wissenschaftlern, die auf ungenaue Wahrscheinlichkeiten spezialisiert sind⁵, CREDO – ein Hilfsmittel für die Voraussage – entwickelt.

CREDO ist keine Kristallkugel, sondern eine Entscheidungshilfsmittel. Es ist ein Modellierungswerkzeug für den visuellen Bau und Darstellung eines Problems durch die Verbindung der verschiedenen Akteure, Faktoren, Parameter und verschachtelten Ursachen, die Teil der Situation sind.

Die Besonderheit von CREDO besteht darin, den Fachpersonen eines Bereichs die natürliche Möglichkeit zu geben, nicht sicher zu sein, zu zögern, Zweifel zu haben und nicht Allwissend zu sein. Denn wir können von dem, was wir nicht wissen, mehr lernen als von unseren Gewissheiten und die Zukunft versteckt sich oft hinter einem Schleier des Unvorhersehbaren.

³ <https://www.ar.admin.ch/de/armasuisse-wissenschaft-und-technologie-w-t/cyber-defence-campus.html>

⁴ <http://www.idsia.ch/>

⁵ <http://ipg.idsia.ch/>

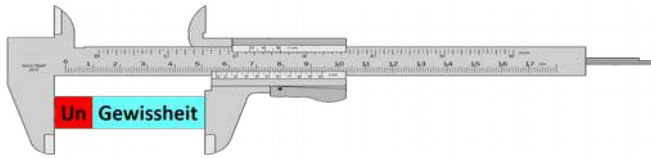


Abbildung 6: Berücksichtigung der Ungewissheit in der Vorhersage einer möglichen Zukunft. Der Unterschied zwischen dem Risiko und der Ungewissheit besteht darin, dass das Risiko mit einer Art Gewissheit verbunden ist, mit etwas, das man mehr oder weniger genau berechnen kann und folglich messbar ist. Die Ungewissheit hingegen ist, was wir nicht kennen, was wir nicht berechnen können: Man kann sie folglich nur einschätzen – ohne Gewissheit zu haben.

Für die Veranschaulichung der Verbindung zwischen der Technologiefrüherkennung und CREDO haben wir uns entschieden, die möglichen Auswirkungen auf die technische Eignung eines neuen Fahrzeugs einzuschätzen (Technologie Bewertung Bodensysteme 2030+). Konkret haben die Experten das Problem modelliert, indem sie einen Graphen ausgearbeitet haben, der den Einfluss von achtundvierzig Faktoren auf verschiedene intermediäre Aspekte hierarchisch darstellt, wobei er mit Kaskaden aus Ursache und Wirkung auf die zentrale Frage zufließt: *Wie gut ist dieses Infanteriekampffahrzeug für den Einsatz im überbauten Gebiet geeignet?*

Abbildung 7 kann ganz einfach als Baum verstanden werden: Unten stellt die zentrale Fragestellung den Stamm dar, darüber befinden sich sechs Äste, die die sechs wichtigsten Einflussbereiche symbolisieren (gelb), weiter oben sechszwanzig Funktionalitäten des Fahrzeugs (grün) und schlussendlich ganz oben die Blätter (blau), die wie Sensoren sind, die sensibel auf neue Technologien und Trends reagieren. Im Beispiel, in dem es darum geht, ob ein Fahrzeug für eine Verwendung in einem stark urbanisierten Gebiet zweckmässig ist, haben wir die wichtigsten Einflussbereiche eines Fahrzeugs gelb markiert: Mobilität, Schutz und Resilienz, Wirkung, Interoperabilität und Vernetzung, Lageerkennung (Situational Awareness) und Lebenswegkosten. In Bezug auf die Mobilität wurden folgende Funktionalitäten (grün) ausgewählt: Agilität, Lufttransport, Transportkapazität, Bewegungsführung und Trends Mobilität. Bei der Zusammenstellung dieser neuen Trends haben wir uns auf folgende Elemente (blau) beschränkt: neue Möglichkeiten des Radantriebs (nicht mit Raupen), Elektroantrieb, Autonomie, Fluggerät mit Senkrechtstart (VTOL), aktives Fahrwerk.

Mit den 48 Kriterien generiert CREDO 10^{14} Szenarien⁶, das heisst 100 000 Milliarden mögliche Zukünfte. Jede Zukunft verfügt über einen Plausibilitätsgrad, eine Wirkung auf die Fragestellung und eine Ungewissheit. Im Weiteren, und hier findet sich die wahre Neuigkeit und Leistungsfähigkeit von

⁶ Jeder Faktor verfügt über zwei verschiedene Zustände, was insgesamt $2^{48} \approx 2.8 \cdot 10^{14}$ mögliche Kombinationen generiert. Dies entspricht den Sternen in tausend mit unserer Milchstrasse vergleichbaren Galaxien ...

CREDO, können die Experten ein Anfangsszenario auswählen und erhalten danach automatisch die Liste mit den wichtigsten Kriterien, die für den raschen Erhalt eines gewünschten Szenarios berücksichtigt werden müssen. Anders gesagt schlägt CREDO ausgehend von einer gegebenen Ausgangslage den effizientesten Weg für die Erreichung einer gewünschten Situation vor. Dies ermöglicht die Priorisierung der Schlüsselfaktoren (Abbildung 8), die grösstmögliche Reduktion der Veränderungsetappen, die Minimierung der Risiken sowie die Einsparung von Geld und Zeit.

Dieser dank CREDO strukturierte Dialog zwischen Technologieexperten und operativen Experten ermöglicht folglich bei diesem Beispiel die Vorwegnahme der Bedeutung und der Wirkung der neuen Technologien auf die Entwicklung der zukünftigen Fahrzeuge für überbaute Gebiete. Allgemeiner und für jeden Fall können so abhängig von den Prioritäten und dem verfügbaren Budget die strategischen Technologiebereiche der Zukunft transparent und in Kenntnis der Sachlage identifiziert und priorisiert werden. Auch wenn die Technologiefrüherkennung bei weitem keine exakte Wissenschaft ist, ist es nun möglich, diese «Ungenauigkeit» zu materialisieren. Dies ist ein fundamentaler Parameter für jede Entscheidungsfindung (Abbildung 9). Wie Niels Bohr sagte: «Prognosen sind schwierig, besonders wenn sie die Zukunft betreffen»⁷; in Anbetracht der heutigen Welt und der neuen Interaktionen, die täglich unzählige Innovationen und Erfindungen zusammenschliessen, hatte er sicher nicht unrecht!

Abbildungen:

Die Abbildungen 1 bis 5 stammen aus dem Comic «CH-2050 Der Soldat der Zukunft», der auf <https://deftech.ch/de/veroeffentlichungen/> verfügbar ist. Illustration Matthieu Pellet und Grafik Annie Seiko Rubattel.

Links:

armasuisse Wissenschaft und Technologie:

<https://armasuisse.ch/wt>

Programm Technologiefrüherkennung: <https://deftech.ch/wt>

Produkte des Früherkennungsprogramms: <https://deftech.ch>

⁷ dänischer Physiker (1885–1962). Einer der Väter der Quantenmechanik. Nobelpreisträger Physik 1922.

CREDO Modell Technologiebewertung Bodensysteme 2030+

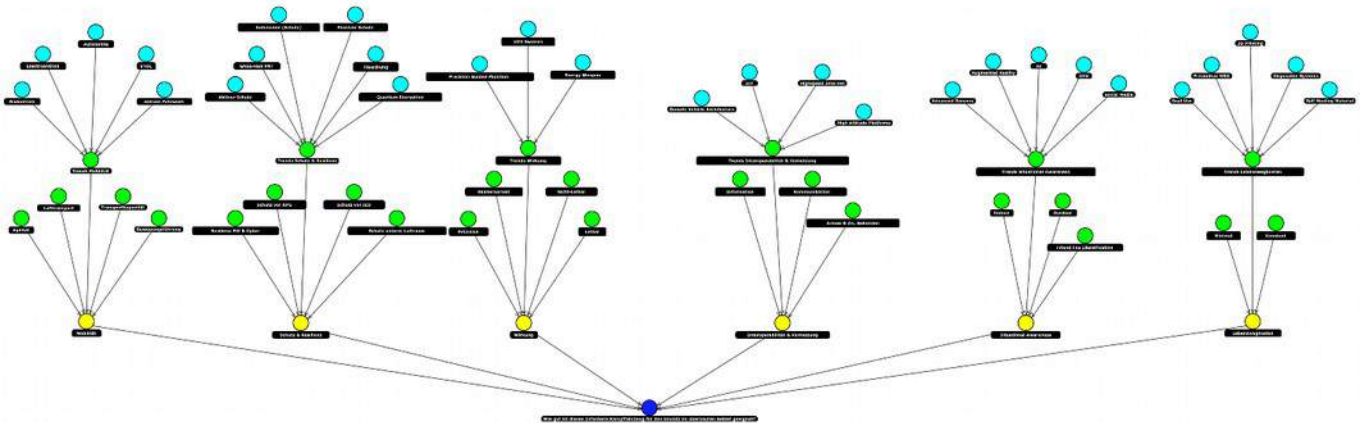


Abbildung 7: Grafische kausale Darstellung der zentralen Frage: «Wie gut ist dieses Infanteriekampffahrzeug für den Einsatz im überbauten Gebiet geeignet?» Erklärung der Kriterien nach Farben: blau (ganz oben): 28 Schlüsseltechnologien der Zukunft, welche die Wahl des Fahrzeugs beeinflussen können; grün (Mitte): 26 Aspekte in Verbindung mit der funktionalen Eignung der Fahrzeuge; gelb (unten): 6 Einflussbereiche; und ganz unten: die zentrale Frage.

Das Bild zeigt den Screenshot der Webanwendung 'CREDO Modell Technologiebewertung Bodensysteme 2030+'. Die Seite ist in zwei Hauptbereiche unterteilt: 'Configuration' und 'Results'. In der 'Configuration'-Sektion sind sechs Faktoren mit ihren zugehörigen Fragen und Zuständen dargestellt:

Faktor	Frage	Zustand
Elektroantrieb: #36	Hat ein Elektroantrieb disruptive Auswirkungen auf die Mobilität ?	Tief
Autonomie: #28	Hat Autonomie disruptive Auswirkungen auf die Mobilität?	Tief
VTOL: #13	Hat VTOL disruptive Auswirkungen auf die Mobilität? Wie stark verbessert sich die Mobilität in überbautem Gebiet wenn ein Fahrzeug fliegen kann.	Tief
Aktives Fahrwerk: #36	Hat ein aktives Fahrwerk disruptive Auswirkungen auf die Mobilität ?	Tief
Transportkapazität: #8	Wie stark beeinflusst die Transportkapazität die Mobilität in überbautem Gebiet ? Tiefe Transportkapazität: Nur der Fahrer Hohe Transportkapazität: > 4 Personen inkl. Ausrüstung	Ho
Bewegungsführung: #3	Wie stark beeinflusst die Bewegungsführung die Mobilität in überbautem Gebiet? Bewegungsführung beschreibt die Fähigkeit der freien Bewegung in überbautem Gebiet trotz Hindernissen (Minen, Blockaden, Trümmer, Menschen, etc.) Hohe Bewegungsführung: Fahrzeug hat kleine Abmessungen, ist leicht, weist eine gute Umsicht auf (Personen in Fahrzeughöhe, und kann sich über Hindernisse rasch fortbewegen (Vgl. Panzersperre))	Ho

Die 'Results'-Sektion zeigt die 'Stored Configurations' mit einer Auswahl von 'Best case without trends' und 'Delete'. Es gibt auch 'Export' und 'Save' Buttons. Am unteren Rand sind die Navigationsoptionen 'Configuration', 'Results', 'Compute' und 'Show Change' zu sehen.

Abbildung 8: CREDO Online. Möglichkeit, aus 100 000 Milliarden Szenarien eines auszuwählen und seine Wirkung auf die gestellte Frage in Echtzeit zu visualisieren. Das Szenario wird ausgewählt, indem für jeden der 48 Faktoren rechts vom Bild der Zustand «Tief» oder «Hoch» gewählt wird (hier sind nur sechs Faktoren sichtbar). Für jedes Szenario ist im «Einflussspiel» die Bedeutung der Faktoren proportional zur Länge der blauen Balken. Beispiel: Der Faktor «Bewegungsführung» ist an dritter Stelle (#3), während der «Elektroantrieb» auf dem 36. von 48 Plätzen liegt. Der grüne Balken zeigt an, dass dieser Faktor einen positiven Beitrag leisten kann, wenn sein Zustand verändert wird («Hoch» statt «Tief»). Je länger der grüne Balken ist, umso positiver ist der Beitrag dieses Faktors, wenn sein Zustand verändert wird. Hier bedeutet dies, dass das Fahrzeug besser in ein stark urbanisiertes Gebiet passt. Der rote Balken bedeutet, dass der Beitrag negativ ist, wenn sich der Zustand dieses Faktors ändert («Tief» statt «Hoch»).

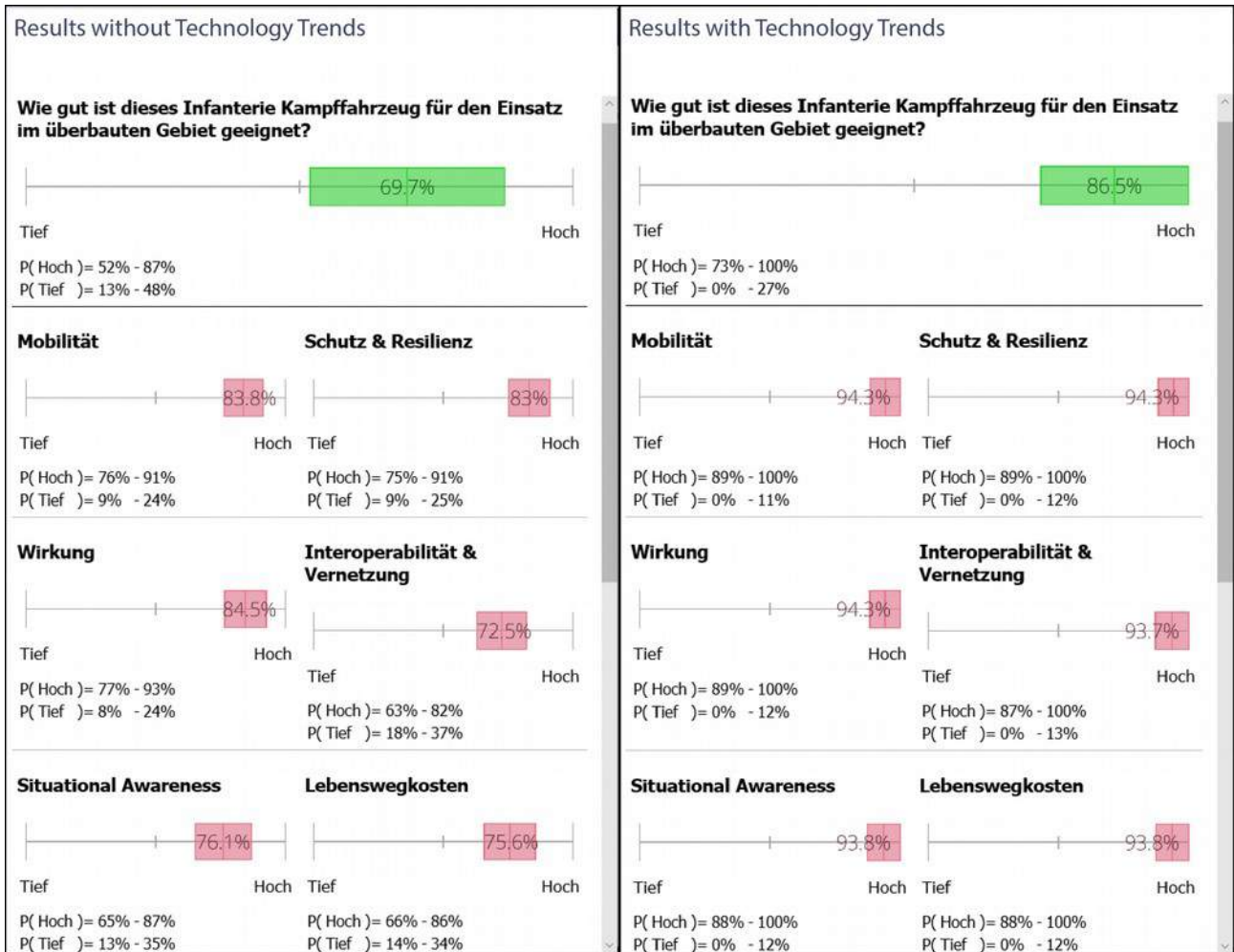


Abbildung 9: CREDO Online. Visualisierung der Ergebnisse für zwei unterschiedliche Situationen: **mit** und **ohne** zukünftige Technologien. Die Antwort auf die zentrale Frage findet sich ganz oben (grün); jene in Bezug auf die sechs Bereiche darunter. Die Ungewissheit jedes Results wird mit farbigen Rechtecken gezeigt. Je länger das Rechteck, umso grösser ist die Ungewissheit. Die angezeigten Werte entsprechen den Durchschnittswerten (Intervallmitte). Man sieht klar, dass die Technologien der Zukunft einen grossen Einfluss auf die gestellte Frage haben.