

armasuisse

Wissenschaft und Technologie

Dank Forschung mehr Sicherheit für die Schweiz

Dezember 2020

Schüssen auf der Spur

Neue Ortungssysteme für die Schusslokalisierung

S. 08

Wir holen die ganze Schweiz ins Labor

S. 32

Forschung der armasuisse, ein Erfolgsmodell?

S. 04



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Verteidigung
Bevölkerungsschutz und Sport VBS
armasuisse
Wissenschaft und Technologie

EDITORIAL



Dr. Thomas Rothacher

Geschätzte Leserinnen und Leser

In den Händen halten Sie die neue Forschungsbroschüre von armasuisse Wissenschaft und Technologie! Sie fragen sich vielleicht, was wir Ihnen mit dieser Broschüre vermitteln möchten. Unser Ziel ist es, Ihnen unsere wissenschaftlichen und oftmals komplexen Inhalte so verständlich und ansprechend wie möglich näherzubringen. Deshalb haben wir uns bei diesem Printprodukt für einen neuen Auftritt entschieden. So lockern anschauliche Bilder sowie Kurzinterviews den Lesefluss auf. Und das ansprechende Layout lehnt sich an ein Magazin an.

Wir wollen Ihnen mit diesen Beiträgen die Bereiche unserer täglichen, spannenden und vielfältigen Arbeiten vorstellen. Mehr noch, wir zeigen Ihnen auf, welche Erfolge und welcher Nutzen aus unserer Forschung zusammen mit unseren Forschungspartnern resultieren.

Sie erfahren in dieser Broschüre unter anderem, wie dank der Arbeit unserer Expertinnen und Experten der Datenaustausch sensibler Informationen über Satellitenkommunikation sicherer wird. Oder etwa wie neue Ortungssysteme Schüsse auch bei Hindernissen detektieren und dadurch Pilotinnen und Piloten vor Gefahren frühzeitig gewarnt werden können. Auf diese Weise hoffen wir, Ihnen zeigen zu können, dass die Aussage «Forschung ist eine Investition in die Zukunft» sowohl im VBS, insbesondere aber auch innerhalb der armasuisse, ihre Gültigkeit hat.

Ich wünsche Ihnen viel Spass beim Lesen dieser neuen Broschüre! Und sollten die Beiträge bei Ihnen etwas auslösen, das Sie uns fragen oder mitteilen möchten, so zögern Sie nicht, uns zu kontaktieren. Wir von armasuisse Wissenschaft und Technologie sind gespannt auf Ihr Feedback und Ihre Rückmeldungen.

Dr. Thomas Rothacher,
Stv. Rüstungschef und Leiter armasuisse Wissenschaft und Technologie



wt@armasuisse.ch

INHALT

S. 12



Cyber-Sicherheit bei der Satellitenkommunikation

Privatpersonen wie auch Firmen profitieren heutzutage von einer schnellen Satellitenkommunikation. Forschende des Cyber-Defence Campus armasuisse haben eine Lösung gefunden, wie Datentransfer über Satelliten schnell aber dennoch geschützt verlaufen kann.

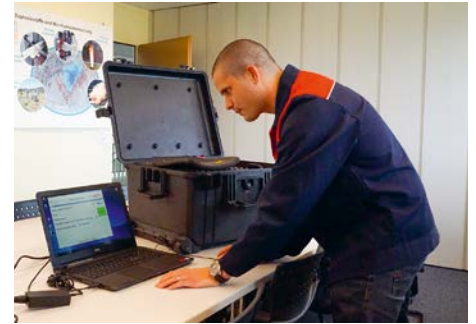
S. 22



Der digitale Zwilling der Schweizer Bevölkerung im Kampf gegen Covid-19

Die Applikation SimCo-19 liefert realistische Voraussagen zur Covid-19-Lage in der Schweiz und leistet somit einen Beitrag im Kampf gegen die Pandemie und zur Beantwortung weiterer Fragestellungen.

S. 44



Schutzwesten im Sicherheitstest

Die Schutzwesten der Schweizer Armee werden in einem neuen Testverfahren geprüft, damit die Sicherheit der Angehörigen der Armee noch besser gewährleistet ist.



Forschung

Forschung der armasuisse, ein Erfolgsmodell?

S. 04

Früherkennung, Technologien und Science-Fiction

S. 18

Schweizer Robotik für die Katastrophenhilfe der Zukunft

S. 26

Zusammenarbeit während Corona

S. 36

Leistungsvermögen in der Luftfahrt

S. 40



Sensorik

Detektion und Lokalisierung von Schüssen

S. 08



Cyber-Info

Satellitenkommunikation

S. 12



Simulation

SimCo-19

S. 22



Kommunikationssysteme

Wir holen die ganze Schweiz ins Labor

S. 32



Ballistik

Schutzwesten im Sicherheitstest

S. 44

Interviews

S. 16 | S. 30

IMPRESSUM

Herausgeber: armasuisse Wissenschaft und Technologie, Feuerwerkerstrasse 39, CH-3602 Thun, wt@armasuisse.ch

Realisation und Design: by the way communications AG

Bildernachweis: Wo nicht anders vermerkt: Quelle VBS/DDPS, Getty Images, Adobe Stock, Fabrice Ducrest (Universität Lausanne)

Druck: Druckerei AG Suhr | **Auflage:** 500 Exemplare | **Nachdruck:** Nur mit Genehmigung der Redaktion | **ISBN** 978-3-9525175-4-3





Forschungspartner sind ein wichtiger Pfeiler der Forschung von armasuisse. Im Bild ist ein Akustiklabor des Forschungspartners EMPA zu sehen, in dem Sensoren zur Detektion von Mikrodrohnen vermessen werden.

Forschung der armasuisse, ein Erfolgsmodell?

Text: Dr. Hansruedi Bircher

Als ich vor einiger Zeit mit meiner Tochter auf einem Sonntagspaziergang war, hat sie mich gefragt, weshalb die armasuisse überhaupt Forschung betreibt und wie ich als Verantwortlicher für den Bereich Forschungsmanagement feststellen könnte, ob die armasuisse damit erfolgreich ist. Vielleicht waren Sie auch schon in der Situation, dass simple Fragen gar nicht so einfach zu beantworten waren. So erging es mir auch auf diesem Sonntagspaziergang.

Technologiekompetenz dank Forschung

Nun, die armasuisse betreibt Forschung, um abzuschätzen, wie sich Technologietrends auf die zukünftige Arbeit von

Streitkräften auswirken. Betrachtet man die Entwicklung von Technologien aus dem Blickwinkel der Armee, ist es grundsätzlich möglich, dass diese zwar die Sicherheitsaufgaben des Staates erleichtern, zugleich aber auch eine Gefahr für die öffentliche Sicherheit darstellen können. Beides ist möglich. Deshalb müssen bei der Abschätzung von Technologietrends und ihren Folgen jeweils beide Aspekte berücksichtigt werden. Bei dieser Betrachtung kommt hinzu, dass die technologischen Entwicklungen in vielen Gebieten durch zivile Akteure vorangetrieben werden. Trotzdem können sie relevant sein für Sicherheitskräfte und tatsächlich auch zum Einsatz kommen. In diesem Fall spricht man von Dual-Use-Technologien.



Forschungsdemonstratoren zeigen das Potenzial von Technologien auf. Hier eine 360° Kamera zur gleichzeitigen Beobachtung der Umgebung in alle Himmelsrichtungen und zwar in Echtzeit.

Kompetenzen der Mitarbeitenden sowie eigene Labor- und Messinfrastruktur sind unabdingbar für unabhängige Expertisen. Forschung ist die Basis zum Aufbau dieser Kompetenzen.



Digitale Transformation und ihre unabsehbaren Folgen

Dual-Use-Technologien sind im Bereich der Information und der Kommunikation bereits heute allgegenwärtig. Sie haben unser gesellschaftliches Gefüge und damit auch unsere Ökonomie nachhaltig verändert. Traditionelle Geschäftsmodelle verschwinden zusehends, eine neue digitale Ökonomie ist entstanden und Informationen sind zum Handelsgut mit monetärem Wert geworden. Die Gesellschaft sieht sich mit einem Wertewandel und mit tiefgehenden Unsicherheiten konfrontiert. Im Gegensatz zur Zivilgesellschaft haben viele Streitkräfte erst jetzt begonnen, die digitale Transformation umzusetzen. Dieser Transformationsprozess ist äusserst anspruchsvoll. Und so wird sich der digitale Wandel grundlegend auf Aufgaben, Strukturen und Prozesse von Sicherheitskräften auswirken. Es ist noch nicht absehbar, welche Konsequenzen daraus resultieren. In Phasen von derart folgenschweren Veränderungsprozessen ist wissenschaftlich fundiertes Wissen elementar für eine gute Entscheidungsfindung darüber, wie Streitkräfte künftig aufzustellen sind. Die Forschung von armassuisse stellt die dazu notwendigen Technologiekompetenzen sicher.

In Phasen von derart folgenschweren Veränderungsprozessen ist wissenschaftlich fundiertes Wissen elementar für eine gute Entscheidungsfindung darüber, wie Streitkräfte künftig aufzustellen sind.

Zurecht kann man sich die Frage stellen, ob die Forschung für Sicherheitskräfte nicht auch an die Industrie oder sogar an Hochschulen ausgelagert werden kann, so wie dies im soziologischen Bereich bereits der Fall ist. Betrachtet man die Schweizer Hochschullandschaft, stellt man fest, dass diese weitgehend zivil und eher auf wissenschaftliche Exzellenz als auf konkrete Anwendungen ausgerichtet ist. Zudem ist sie nach wissenschaftlichen Disziplinen organisiert. Das Wissen, wie Sicherheitskräfte operieren, liegt oftmals nur sehr fragmentiert vor. Somit fehlt es den meisten Schweizer Hochschulen an Hintergrundkenntnissen über mögliche Anwendungen von Technologien im Sicherheitsbereich.

Symbiose zwischen Industrie, Akademie und Verwaltung

In der Industrie hingegen sieht das Bild etwas anders aus. Dort gibt es Industriezweige, welche Güter im Sicherheits- und Rüstungsbereich anbieten. Um konkurrenzfähig zu bleiben, sind diese Zweige stark auf die Weiterentwicklung ihrer Produkte fokussiert und verfügen über sehr wertvolles, fundiertes Wissen. Die Industrie wird jedoch nie die notwendige



Die Zielerreichung der Forschung von armasuisse ermitteln wir regelmässig mit Umfragen bei unseren Partnern und Empfängern unserer Expertisen.

technologische Breite, welche für Sicherheitskräfte relevant ist, mit ihren Forschungs- und Entwicklungsabteilungen abdecken können und wollen. Hier kommt die armasuisse ins Spiel.

Die Forschungstätigkeiten von armasuisse vernetzen wissenschaftliche Exzellenz der Hochschulen, Fähigkeiten der Industrie und Domänenwissen des Bundes im Sicherheitsbereich. Ferner verfügt armasuisse über einzigartige Infrastrukturen und Messmittel. So lassen sich bestehende Aussagen zu Technologien objektiv überprüfen. Mit diesen Alleinstellungsmerkmalen schafft die Forschung von armasuisse ein fundiertes Expertenwissen für die Beurteilung von Technologien und für die Innovation zugunsten der Schweizer Sicherheitskräfte.

Mit Innovation zum Erfolg

Nun bleibt noch die Frage zu klären, woran der Erfolg der Forschung zu messen ist. Die Zielerreichung der Forschung der armasuisse – der Aufbau von Wissen für Sicherheitskräfte – ermitteln wir regelmässig mit Beurteilungsumfragen bei unseren Partnern und Empfängern der Expertisen. In den letzten Jahren haben wir hierzu überwiegend sehr gute Feedbacks erhalten.

Daraus leiten wir ab, dass wir in der Vergangenheit auf die richtigen Themen gesetzt haben. Natürlich stellen wir auch Lücken fest. Diese versuchen wir schnell und erfolgreich zu schliessen. Sehr oft ziehen wir dazu unser stetig wachsendes nationales und internationales Netzwerk bei. Dabei müssen aber auch bundesintern entsprechende Strukturen geschaffen werden. So wurde in den letzten Jahren das Schweizerische Drohnen- und Robotik-Zentrum und der Cyber-Defence Campus geschaffen. Beide Strukturen verdanken ihre Existenz dem Wissen, welches durch die Forschung bei armasuisse aufgebaut wurde. Sie ermöglichen Innovationen für Schweizer Sicherheitskräfte, nicht zuletzt, weil sie wissen, wie agile Innovationsmethoden angewendet werden. Dabei ist agil nicht mit ziellos zu verwechseln. Der Ausdruck «agil» bezieht sich auf die Vorgehensweise, nicht die Zielsetzung.

Simulationen und künstliche Intelligenz

Dank Simulationen ist es auch gelungen, die Auswirkungen von Technologien im Sicherheitsumfeld besser zu beurteilen. Dabei helfen äusserst leistungsfähige Rechner, sämtliche Möglichkeiten durchzuspielen, welche eine neue Technologie in einem bestimmten Szenario leisten kann oder soll. Solche



Forschungsdemonstratoren verbinden verschiedene Technologien miteinander. Auf dem Bild ist ein Experimental-Radargerät zu sehen, welches dank künstlicher Intelligenz bedeutend leistungsfähiger wird.

Simulationen führen zu riesigen Datenmengen. Künstliche Intelligenz hilft dabei, die Flut an Daten zu analysieren und somit Informationen über den Einsatz der Technologien zu erhalten. Dieses Vorgehen wird Data-Farming genannt. Es ermöglicht voraussagen, was eine Technologie im Einsatz zu leisten vermag, ohne dass sie direkt verfügbar ist. Damit schliessen wir den Kreis zwischen Forschung im Technologiebereich und deren Auswirkungen im Einsatz, was für die Festlegung künftiger Forschungsthemen wichtig ist. Data-Farming kann aber bedeutend breiter eingesetzt werden. So unterstützen wir dank Data-Farming den Einsatz von Angehörigen der Armee bei der Bewältigung der Covid-19-Pandemie.

International anerkannte Qualität als Erfolgsindikator

Schliesslich erkennt man den Erfolg der Forschung auch daran, ob Qualität und Ausrichtung dem internationalen Vergleich standhalten. Die Vielzahl wissenschaftlicher Publikationen an Kongressen und Fachtreffen lassen darauf schliessen. Auch Studien von internationalen Organisationen zu den Auswirkungen technologischer Entwicklungen auf Streitkräfte zeigen auf, dass armasuisse die wichtigsten Trends erkannt hat. Damit ist eine wichtige Grundlage für die Wahl der Forschungsthemen gesetzt, bei welchen aber auch spezifisch schweizerische Gegebenheiten mit berücksichtigt werden müssen. Auf dem internationalen Parkett ist armasuisse ein sehr geschätzter Kooperationspartner. Die Zusammenarbeit ist meistens langfristig ausgelegt – ein Zeichen dafür, dass unsere Forschungspartner die Gemeinschaftsarbeit schätzen. Gemessen an der Anzahl neuer Forschungsprojekte erkennen wir, dass das Interesse anderer Nationen an einer

Forschungskooperation mit armasuisse in den letzten Jahren zugenommen hat. Dies spricht für die Qualität der geleisteten Arbeit der Mitarbeitenden von armasuisse. Auch wenn die Forschung von armasuisse nicht alle Themen in der gleichen Tiefe abdeckt, wie dies andere Nationen tun, erschliesst sich wertvolles Wissen, welches in der Schweiz nur mit einem sehr grossen Aufwand aufgebaut werden könnte.

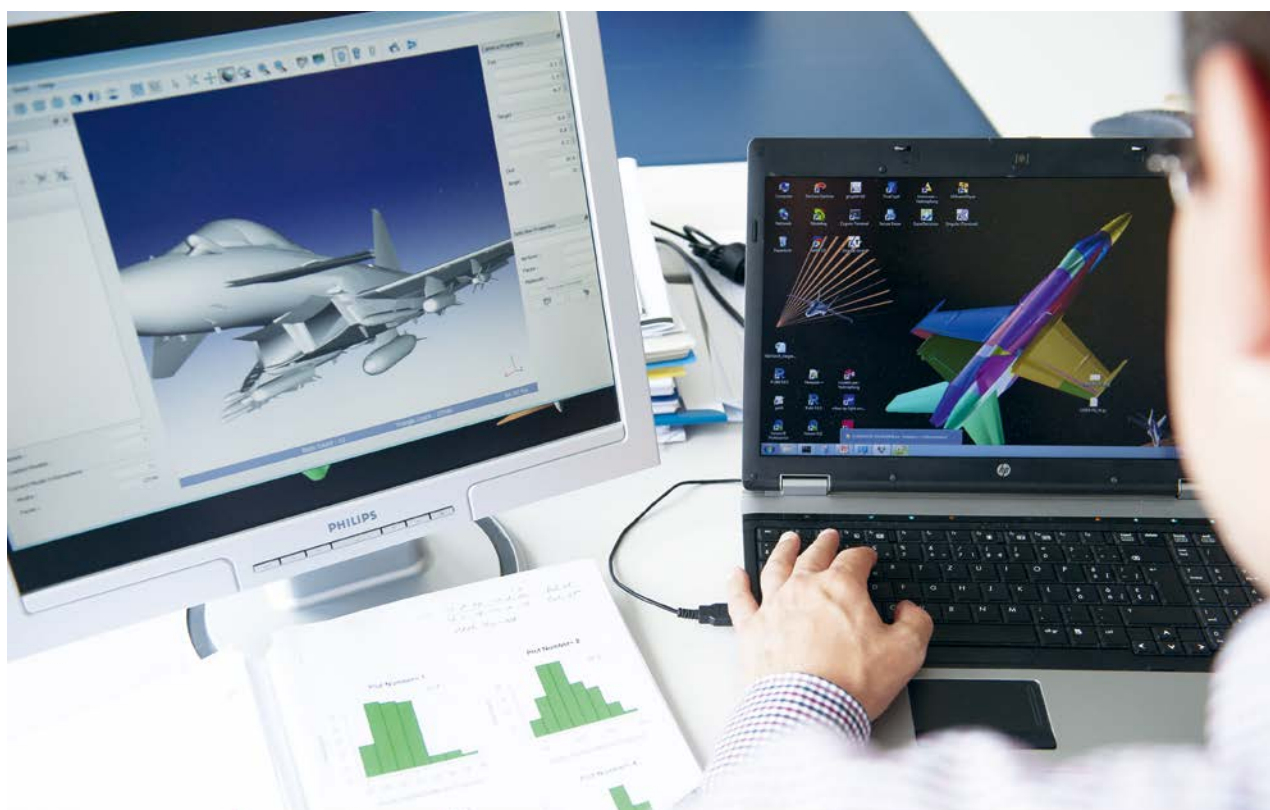
Aus einer Frage beim Sonntagsspaziergang mit meiner Tochter ist unerwartet ein Denkanstoss über die Forschung der armasuisse entstanden. Es sind gerade die einfach anmutenden Fragen, welche bei genauer Betrachtung sehr substanzvoll sind. Genau diesen Fragestellungen müssen wir uns regelmässig stellen, wenn wir in einer volatilen, komplexen und mehrdeutig gewordenen Welt bestehen wollen.



DR. HANSRUEDI BIRCHER

Leiter Forschungsmanagement und Operations Research, Stv. Leiter armasuisse Wissenschaft und Technologie

Seit 1992 ist Hansruedi Bircher bei der armasuisse tätig. Nach einigen Jahren als Leiter des Fachbereichs Munition und Explosivstoffe hat er die Geschäftseinheit Evaluation und Expertisen übernommen. Heute leitet er die Forschung und das Technologiemanagement von armasuisse W+T.



Modellbildung und Simulation sind wichtige Instrumente zur Bewertung des Nutzens von Technologien für Sicherheitskräfte.



Schüssen auf der Spur – Neue Ortungssysteme für die Schusslokalisierung

Heutige technische Hilfsmittel haben in bebauter Umgebung noch immer Mühe, Personen wie etwa Scharfschützen zu orten. Auch fehlen in heutigen Helikoptern Frühwarnsysteme, um Pilotinnen und Piloten in gefährlichen Situationen vor abgefeuerten Schüssen zu warnen. In Zusammenarbeit mit Forschungspartnern stellen wir von armasuisse Wissenschaft und Technologie neue Wege zur Warnung und Ortung vor und zeigen, wie unsere Truppen zukünftig vor Scharfschützen gewarnt werden können. Zudem testen wir Technologiedemonstratoren in nicht alltäglichen Experimenten.

Text: Dr. Peter Wellig

Erinnern Sie sich an das tragische Ereignis von Las Vegas im Oktober 2017, als ein unbekannter Mann Schüsse in eine Menschenmenge abfeuerte? Überall herrschte grosse Panik und totales Chaos. Dabei wurden 58 Personen tödlich und weitere 869 leicht bis schwer verletzt. Der Täter war dabei in einem Hotelzimmer verschanzt und schoss von seinem Hotelbalkon aus in die Menschenmenge. In den ersten Minuten des Geschehens wusste jedoch niemand woher geschossen

wurde, geschweige denn, um wie viele Schützen es sich dabei handelte.

Ortungssysteme und ihre Tücken

Auch für Soldaten der Schweizer Armee ist es nicht immer einfach, in einer unbekanntem Gegend einen schnellen Überblick über die aktuelle Situation zu gewinnen. Sie hätten ebenfalls Mühe einen potenziellen Scharfschützen



Bei den Schussversuchen auf der Allmend in Thun haben die Spezialisten des Fachbereiches Testcenter, armasuisse W+T, die Gewehre auf einer Lafette fix montiert. Der Helikopter flog über die Schussalven oder schwebte in Bodennähe in konstanter Höhe.

i

MÜNDUNGS- UND GESCHOSSKNALL

Mikrofone messen in der Regel beim Abfeuern eines Gewehr-schusses einen Doppelknall, den Geschossknall und den Mündungsknall. Beim Abschuss wird der sogenannte Mündungsknall erzeugt. Dieser breitet sich in alle Richtungen um die Mündung aus. Die Ausbreitung des Mündungsknalls geschieht auf einer Kugeloberfläche, wobei die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schallgeschwindigkeit entspricht. Zusätzlich zum Mündungsknall erzeugt das Gewehrprojektil einen Geschossknall. Er entsteht durch die Luftverdrängung des schnell fliegenden Geschosses. Der Geschossknall breitet sich mit hoher Geschwindigkeit auf einem Kegelmantel aus.

zu lokalisieren, insbesondere in einer urbanen Umgebung. Zwar gibt es Hilfsmittel wie Mikrofonsysteme, die einen Schuss bzw. das Knallereignis aufnehmen und den Schützen orten, aber diese Systeme funktionieren nur in unbauten Gebieten zufriedenstellend. Denn in überbauten Gebieten verunmöglichen Reflexionen der Schallwellen an Hauswänden eine genaue Ortung. Andere technische Hilfsmittel für die Lokalisierung sind Radarsysteme, visuelle Kameras und Wärmebildkameras. Aber auch diese Systeme sind in urbaner Umgebung ungeeignet, da die Umgebung oft unübersichtlich ist und eine exakte Ortung so verunmöglicht wird.

Personenlokalisierung dank weiterentwickeltem Mikrofonsystem

Wir von armasuisse W+T betrachten die Weiterentwicklung von Mikrofonsystemen als eine erfolgversprechende Lösung für die Scharfschützenortung in urbanen Gebieten. Bereits heutige im Einsatz stehende Systeme, bestehend aus Mikrofonen und Elektronik, detektieren ein Knallereignis präzise. Im Gegensatz zu Radargeräten oder Kameras müssen Mikrofone nicht speziell ausgerichtet werden, da sie den Schall eines Knalls von allen Richtungen gleich gut wahrnehmen können. Ein Mikrofon benötigt zudem keine direkte Sicht zum Schützen, denn ein Schuss ist auch dann hörbar, wenn dieser hinter einem Haus abgefeuert wurde. Um die genaue Schussrichtung zu bestimmen und den Schützen zu orten, messen stets mehrere Mikrofone den Knall. Da sich Schall wellenförmig ausbreitet, trifft er zuerst auf das nächstgelegene Mikrofon, danach auf das zweit nächstgelegene und so weiter. Die gemessenen Zeitunterschiede des Knalls erlauben die Rückverfolgung der Schallwelle und somit die Bestimmung der Schussrichtung und der Position des Schützen.

Schallwellen im urbanen Gelände

In einer urbanen Umgebung trifft aber nicht nur eine Wellenfront des Knallereignisses auf die Mikrofone, sondern hunderte oder gar tausende. Der Grund sind Reflexionen der Schallwellen an Gebäuden. Der neue Weg zur Lokalisierung des Schützen besteht nun darin, die Reflexionen und die komplexe Schallwellenausbreitung im urbanen Gelände auf einem Computer zu simulieren und mit den Mikrofonmessungen zu vergleichen. Genau das haben unsere Experten im Armeedorf des Waffenplatzes Walenstadt getestet. Scharfschützen der Schweizer Armee schossen aus den Strassenschluchten und Häusern auf einen Zielhang am Rande des Armeedorfes. Mikrofone waren im Übungsdorf verteilt und nahmen die Knallereignisse auf. In der Tat konnten aufgrund der Computersimulationen und gemessenen Knallereignissen die Positionen des Scharfschützen auf einen Meter genau bestimmt werden. Allerdings waren die Computersimulationen äusserst rechenintensiv und die Ergebnisse waren nicht sofort bekannt. Deshalb untersuchen wir nun, wie ein Mikrofonsystem ein Ergebnis in Echtzeit direkt bestimmen kann.

Schusslokalisierung auch für Helikopter

Auch für einen anderen Fall wären bessere Ortungs- und Warnsysteme äusserst hilfreich, etwa beim Helikopterfliegen.

Computersimulationen und gemessene Knallereignisse konnten die Positionen des Scharfschützen auf einen Meter genau bestimmen.



Armeeangehörige schossen aus Strassenschluchten und aus Häusern im Armeedorf in Walenstadt. Dabei haben sie verschiedene Gewehre und auch Schalldämpfer eingesetzt. Die Position der Schützen konnte mittels moderner Mikrofone auf einen Meter genau bestimmt werden.



Der laute Helikopterlärm über-tönt das Knallereignis. Aus diesem Grund braucht es hier sehr sensitive Mikrofone.

In der Regel hört der Helikopterpilot oder die -pilotin gar nicht, wenn ein Schuss in Richtung Helikopter oder direkt am Helikopter vorbeifliegt. Dabei wäre es für den Piloten oder die Pilotin wichtig zu wissen, woher die Schüsse kommen, um in eine andere, sicherere Fluchtrichtung wegzufiegen. Die Herausforderung einer mikrofonbasierten Lösung für die Erkennung eines Schusses liegt allerdings im lauten Helikopterlärm, welcher ein Knallereignis übertönt. Aus diesem Grund braucht es hier sehr sensitive Mikrofone. So sensitiv, dass sie trotz starkem Lärm und starken Vibrationen des Helikopters einwandfrei funktionieren und einen Schuss detektieren können. Die Forschungsfirma IAV Engineering aus Tannay (VD), welche auf solche hochtechnologischen Mikrofonensysteme spezialisiert ist, hat einen Technolgie-demonstrator für den

Schweizer Armeehelikopter Cougar realisiert. Der Technolgie-demonstrator besteht aus einer Box mit Mikrofonen und Elektronik und wird an der Unterseite des Helikopters angebracht. Die Box weist eine Dimension von 45cm x 45cm x 4.5cm auf.

Tests mit einem Technolgie-demonstrator

In Zusammenarbeit mit weiteren Partnern testeten wir bei armasuisse diesen Technolgie-demonstrator auf der Allmend des Waffenplatzes Thun. So hatten beispielsweise Spezialisten des Fachbereiches Testcenter von armasuisse am Boden Gewehre auf einer sogenannten Lafette, einem Gestell für Waffen, installiert. Damit konnten sie sehr genau und sicher am Helikopter vorbeischiessen. Die Flugerprobungsingenieure am Boden und im Helikopter des Fachbereichs Flugerprobung von armasuisse koordinierten mit Funkgeräten die zeitlichen Abläufe. Dadurch konnte der Cheftestpilot von armasuisse zum richtigen Zeitpunkt auf den definierten Flugwegen über die Schuss-salven fliegen. Die im Helikopter aufgenommenen Mikrofondaten zeigten, dass Schüsse in verschiedenen Flugmanövern gut detektiert werden konnten. Allerdings sind Detektionen und somit Alarmierungen bei sehr hohen Fluggeschwindigkeiten vermutlich auch in Zukunft nur beschränkt möglich.

Erkenntnisse und Nutzen

armasuisse und ihre Forschungspartner konnten mit den neuen und technisch besser ausgestatteten Mikrofonensystemen, Computersimulationen und nicht alltäglichen Experimenten erfolgreich aufzeigen, wie unsere Truppen zukünftig vor Beschuss gewarnt werden können. Die gewonnenen Erkenntnisse helfen uns auch in zukünftigen Erprobungen von neu zu beschaffenen Systemen.



INTERVIEW MIT DEM CHEFTESTPILOTEN VON ARMASUISSE, RUDOLF ENGELER

Herr Engeler, Sie waren als Helikopterpilot bei den Flugtests über der Allmend in Thun beteiligt. Dabei wurde nahe am Helikopter vorbeigeschossen. Was war für Sie wichtig in der Vorbereitung und Durchführung der nicht alltäglichen Tests?

Die Flugtests müssen sicher durchgeführt und Risiken vor-gängig erkannt und vermindert werden können, etwa durch einen ballistischen Schutz am Helikopter, das Tragen von Schutzwesten durch die Besatzung sowie der Einhaltung der Minimalhöhen und -abständen. Die Absprache, Koordination und professionelle Ausführung der Versuche mit den Spezialisten von armasuisse W+T war dazu entscheidend.

Haben Sie die Schüsse während den Flugmanövern gehört? Und wenn ja, konnten Sie auch die Richtung, von wo geschossen wurde, rein akustisch feststellen?

Die Schüsse des 12.7mm Scharfschützengewehrs konnten aus der Nähe akustisch wahrgenommen werden, aufgrund des beachtlichen Geräuschteppichs des Helikopters war eine Lokalisierung jedoch nicht möglich. Diese Erfahrung unterstreicht das Bedürfnis nach einem zuverlässigen Hostile-Fire-Indicator, also einem Indikator für feindliches Feuer.

Welche Kriterien sollte ein Warnsystem vor Gewehrschüssen erfüllen, damit es Sie als Pilot unterstützen kann? Und wie schätzen Sie die Resultate des in Thun eingesetzten Technolgie-demonstrators ein?

Damit ein Warnsystem als zuverlässig gilt, muss es in Echtzeit und auf Distanzen warnen können, die noch Ausweichmanöver erlauben. Zu diesem Zweck muss das Human-Machine-Interface der Besatzung ein verzugsloses Situationsbewusstsein, also Situational Awareness, ermöglichen, beispielsweise mittels eindeutigen Anzeigegeräten und 3D-Audio. Weiter muss es über eine hohe Deklarationswahrscheinlichkeit und gleichzeitig auch eine tiefe Falschalarmrate verfügen.

Das im Flug getestete System hatte noch keine Echtzeitdarstellung, aber die Resultate der Nachflugauswertung sind vielversprechend.



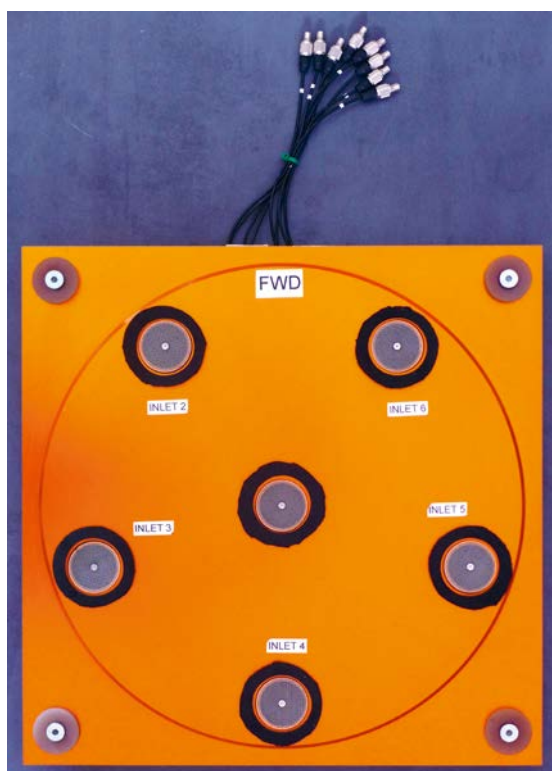
DR. PETER WELIG

Leiter Forschungsprogramm

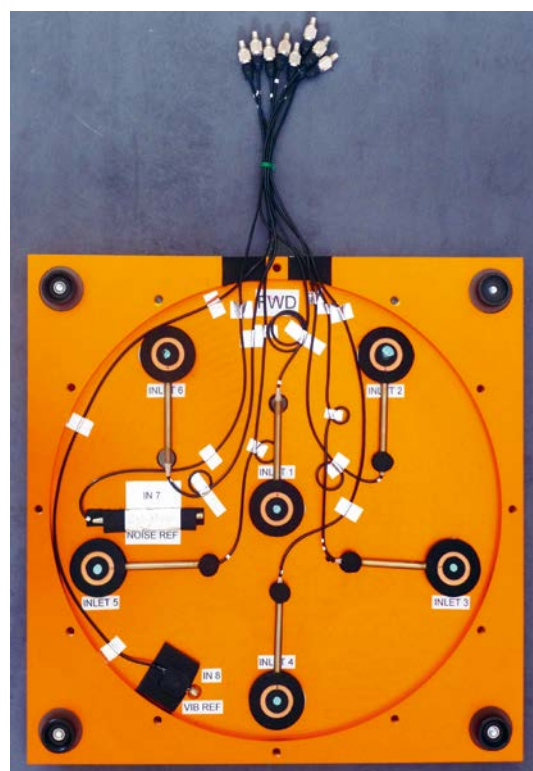
Seit 2008 leitet Dr. Peter Wellig bei armasuisse Wissenschaft und Technologie das Forschungsprogramm Aufklärung und Überwachung. Er zeigt in dem Forschungsprogramm neue Möglichkeiten zur Informationsbeschaffung auf, beispielsweise für die Luftraumüberwachung oder für die wetterunabhängige Bildaufklärung. Aber auch neue Wege für die Erkennung und Ortung von Gefahren, wie von Drohnen oder Scharfschützen, sind Themen des Forschungsprogramms. So werden die Technologieentwicklungen zu Detektoren, künstlicher Intelligenz wie auch Datenkommunikation eine bessere Zielerkennung und Zielverfolgung ermöglichen, als es heute der Fall ist. Und dies auch unter schwierigen Bedingungen wie zum Beispiel bei Wolken, Regen und mit wenig Personal. Allerdings gilt es die Leistungsgrenzen dieser Technologieentwicklungen zu beurteilen und auch mögliche Gegenmassnahmen zu untersuchen.



Der Technologiedemonstrator war an der Unterseite des Helikopters angebracht.



Aussenansicht des Technologiedemonstrators. Er ist unter allen Flug- und Wetterbedingungen betriebsfähig.



Innenansicht des Technologiedemonstrators. Die integrierten Mikrofone erfassen den Geschosknall und bestimmen die Herkunftsrichtung des Knalls.



Cyber-Sicherheit bei der Satellitenkommunikation

Privatpersonen wie auch Firmen profitieren heutzutage von einer schnellen Satellitenkommunikation. Dabei nehmen sie in Kauf, dass ihre Daten unverschlüsselt versendet werden und somit abhörbar sind. Forschende des Cyber-Defence Campus armasuisse haben eine Lösung gefunden, wie Datentransfer über Satelliten schnell aber dennoch geschützt verlaufen kann.

Text: Dr. Vincent Lenders



CYBER-DEFENCE CAMPUS (CYD)

Der CYD Campus wurde im Januar 2019 unter der Federführung von armasuisse Wissenschaft und Technologie gegründet. Er ist ein Element des «Aktionsplan Cyber-Defence VBS» und zielt darauf ab, den Schutz vor Cyber-Angriffen zu optimieren sowie den Herausforderungen im Cyber-Raum künftig angemessen zu begegnen. Hierfür versorgt er das VBS mit Informationen zu rasanten Entwicklungen, angewandter Forschung, Ausbildung und Technologie-Monitoring im Bereich der Cyber-Abwehr. Das primäre Ziel des CYD Campus ist die Antizipation von Cyber-Entwicklungen. Als Cyber-Kompetenzzentrum agiert er als Plattform zur Identifizierung und Bewertung von Technologien, kommerziellen und sozialen Cybertrends sowie den daraus resultierenden Nutzungsszenarien. Dadurch ist er ein Bindeglied zwischen VBS, der Industrie und der Wissenschaft in allen cyber-relevanten Themen.

Schneller Datentransfer, aber fehlender Datenschutz

Eine Satellitenkommunikation ist sehr praktisch und für Anwenderinnen und Anwender äusserst bequem. Das liegt daran, dass diese Art der Kommunikation von jedem Ort auf der Erde funktioniert, solange kein Hindernis zwischen einer Antenne auf der Erde und dem dazugehörigen Satelliten im Weltall besteht. So setzen auch grosse Schweizer Konzerne und Betreiber kritischer Infrastrukturen diese Technologie ein, um sich mit ihren Aussenstellen auszutauschen oder Verbindungen mit Schiffen und Flugzeugen sicherzustellen. Neben diesen Vorteilen hat die Kommunikation via Satellit aber auch einen wesentlichen Nachteil: Die sehr grossen Distanzen zu den Satelliten, welche ca. 36 000 km betragen, führen zu spürbaren Zeitverzögerungen in der Datenübertragung. Das ist für Anwendungen wie zum Beispiel Fernsehen oder auch Geolokalisierung kein Problem. Aber beim Surfen im Web führen diese Verzögerungen zu sehr langen Ladezeiten der Webseiten. Darum setzen heutige Satellitenbetreiber gerne sogenannte Beschleunigungs-Proxies ein, um die Surfgeschwindigkeit zu steigern. Solche Proxies arbeiten als Vermittler zwischen Sender und Empfänger und können durch gezielte Anpassung des Kommunikationsprotokolls die langen Verzögerungen kompensieren.

Aber genau da liegt die Krux. Wenn Firmen ihre Daten zum Beispiel mit einem VPN, also einem privaten virtuellen

Satellitenkommunikation gewinnt im zivilen und militärischen Bereich zunehmend an Bedeutung.

Kaum jemand verwendet heute noch ein WLAN ohne Verschlüsselung, denn ohne Schutz könnte der Nachbar oder eine unbekannte Drittperson den Datenverkehr abhören. Doch was für das WLAN schon seit langem üblich ist, scheint für die Satellitenkommunikation noch wenig beachtet zu sein, wie Dr. Vincent Lenders, Leiter des Cyber-Defence Campus bei armasuisse feststellt. Noch immer senden grosse internationale Konzerne und selbst Betreiber kritischer Infrastrukturen ihre schützenswerten Daten über Satellitenkommunikation völlig unverschlüsselt. Im Extremfall kann hier nicht nur der Nachbar mithören, sondern Millionen von neugierigen Personen, denn Satellitensignale können problemlos über grosse Flächen empfangen und mit einfachen Mitteln abgehört werden. Wie kann das sein?

Die sehr grossen Distanzen zu den Satelliten führen zu spürbaren Zeitverzögerungen in der Datenübertragung.



«Viele Firmen sind sich der Problematik nicht bewusst, weil sie denken, dass der Satellitenbetreiber eine Verschlüsselung einsetzt.»

Netzwerk, verschlüsseln, schaffen es diese Proxies nicht, den Datenverkehr zu beschleunigen, weil sie den Schlüssel dazu nicht haben. Deswegen besteht die Gefahr, dass viele Anwender und Anwenderinnen sowie auch grosse Firmen auf gängige Verschlüsselungsmethoden verzichten, in der Hoffnung, dass keine Unbefugten den Verkehr abhören.

Fehlendes Bewusstsein für die Folgen einer fehlenden Datenverschlüsselung

Genau zu dieser Erkenntnis kommen die Forschenden des Cyber-Defence Campus von armasuisse. Sie zeigen auf, dass der Datenverkehr vieler Firmen, hierzu zählen auch sensible Daten, nicht verschlüsselt ist. Mehr noch, sie können mit einem Software Defined Radio, welches drahtlose Signale von Kommunikationssystemen mittels Software verarbeiten kann, problemlos abgehört werden. Es ist also anzunehmen, sagt Dr. Martin Strohmeier, ein Experte des Cyber-Defence Campus, dass Firmen heute systematisch über Satellitenkommunikation ausspioniert werden. Und er fügt hinzu: «Viele Firmen sind sich der Problematik nicht bewusst, weil sie denken, dass der Satellitenbetreiber eine Verschlüsselung einsetzt.» Dem ist aber in den meisten Fällen nicht so.

Erarbeitung neuer und sicherer Verschlüsselungsmethoden dank Kooperationen

Heutzutage müssen sich Firmen also noch entscheiden zwischen Geschwindigkeit und Sicherheit. Dies könnte sich in der Zukunft aber ändern. Denn Mitarbeitende des Cyber-Defence Campus forschen seit 2019

zusammen mit nationalen und internationalen Hochschulen an neuen Lösungen. Bereits im Frühling dieses Jahres konnten die Forschenden einen ersten Prototyp eines neuen Proxies in Thun vorstellen, der in der Lage ist, den Datenverkehr zu verschlüsseln ohne dass dabei an Geschwindigkeit eingebüsst werden muss. Anwenderinnen und Anwender von Satellitenkommunikation sollen also in Zukunft, wie heute schon bei der Kommunikation über WLAN der Fall, schnelle und sichere Kommunikation geniessen können. Insbesondere Privatpersonen sowie Betriebe mit sensiblen und schützenswerten Daten, zu denen auch die Armee gehört, könnten davon stark profitieren. Bis zur weltweiten Anwendung bedarf es aber noch Anpassungen und Abklärungen. Ein erster Einsatz dieses neuen Proxies ist für das Jahr 2021 bei armasuisse in Thun geplant.



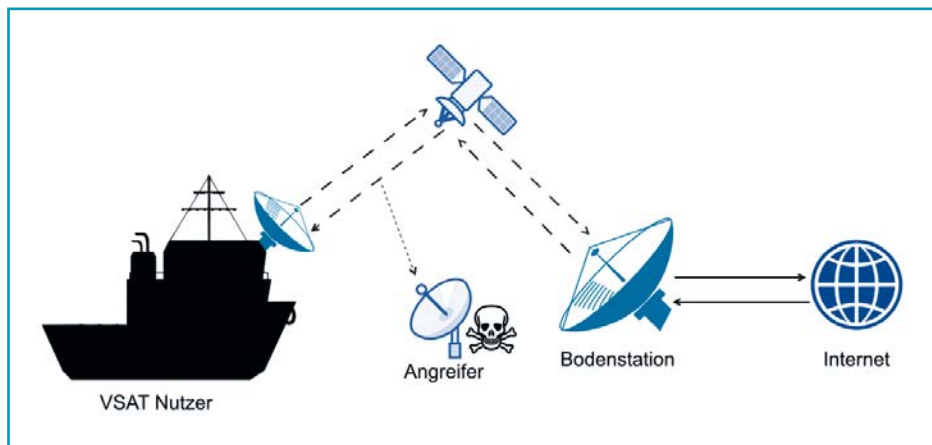
DR. VINCENT LENDERS
Leiter Fachbereich und Direktor CYD Campus

Dr. Vincent Lenders arbeitet seit 2008 bei armasuisse Wissenschaft und Technologie. Als Leiter des Fachbereichs Cyber Sicherheit und Data Science und Direktor des Cyber-Defence Campus stehen die Beobachtung der technologischen Entwicklungen und Bedrohungen im Cyberraum auf dem täglichen Programm. Hierbei werden Einsatzsysteme auf deren Sicherheit geprüft und laufend neue Technologien erforscht, um die grösstmögliche Cyber Sicherheit zu gewährleisten.



FORSCHUNGSPROGRAMM CYBERSPACE UND INFORMATION

Das Forschungsprogramm «Cyberspace und Information» stellt den Aufbau von Fachkompetenzen im Bereich der Cyber- und Informationstechnologien sicher. Hierzu gehören auch die Analyse von Informationen aus dem Cyberspace wie auch die Beurteilung der damit zusammenhängenden Risiken, insbesondere im militärischen Umfeld. Die Forschungsfelder erstrecken sich von der Cyber Sicherheit, zu Informationsmanagement bis hin zu Machine Learning und Data Science.



Eine Form der Satellitenkommunikation ist die Schiff-Land-Kommunikationstechnologie, auch VSAT genannt, welche in dieser Grafik abgebildet ist. Ein Angreifer kann problemlos die VSAT Kommunikation abhören, wenn diese nicht mit einer Verschlüsselung geschützt ist.



Forschungsdemonstrator in Thun: Eine auf dem Dach montierte Satellitenschüssel, welche Daten verschlüsselt sendet und empfängt ohne an Geschwindigkeit einzubüßen.



INTERVIEWS



Divisionär Claude Meier

Divisionär Claude Meier, Chef Armeestab

Wie empfinden Sie die Zusammenarbeit mit armasuisse Wissenschaft und Technologie (W+T)?

Ausgezeichnet! Der Basketballspieler Michael Jordan hat einmal gesagt: «Talent gewinnt Spiele, aber Teamwork und Intelligenz gewinnen Meisterschaften.» Auf Dauer sind wir also auf Teamwork und Intelligenz angewiesen. Unter «Meisterschaft» verstehen wir im Kontext der Armee das Führen erfolgreicher Einsätze. Und genau das sind wir der Schweizer Bevölkerung und den Armeeangehörigen schuldig. Ich schätze die offene und hilfsbereite Art der Mitarbeitenden dieses Kompetenzbereichs.

Welche Kompetenzen zeichnen armasuisse W+T besonders aus und machen sie einzigartig?

armasuisse W+T ist ein Key-Partner des Armeestabs im Bereich der Technologieerkennung und -verfolgung. In diversen Bereichen stellt armasuisse W+T wichtige Informationen und Entscheidungsgrundlagen für die Armee bereit, insbesondere im Zusammenhang mit der Technologieentwicklung. Dies ist eine Schlüsselkompetenz für die Streitkräfteentwicklung und damit für die längerfristige Ausrichtung der Armee. Besonders das Technologiemanagement ist für mich als Chef Armeestab von grossem Wert. Auch die regelmässig stattfindenden Informationstransfer-Veranstaltungen wie etwa die DEFTECH-Days, ARCHE usw. schätze ich sehr.

Welche Erfolgserlebnisse konnten Sie dank armasuisse W+T im Rahmen Ihrer Arbeiten erfahren?

Ein Erfolgsprojekt der jüngeren Vergangenheit ist sicher der Cyber-Defence Campus. Die Digitalisierung ist auch im sicherheitspolitischen Umfeld ein prioritäres Thema. armasuisse W+T unterstützt uns tatkräftig auf dem Weg zu gesteigerter Agilität und zunehmender Digitalisierung. Das maximiert unser Potential und hilft uns, unsere Leistungsfähigkeit zu steigern. Sehr positiv in Erinnerung sind mir auch Beiträge im Bereich Operations Research bei der Entwicklung des Instruments CREDO zur Entscheidungsunterstützung in komplexen Situationen. Der Nutzen dieses Instruments hat sich im Umfeld der Planung und Umsetzung der Weiterentwicklung der Armee WEA sehr gut bewährt.



Dr. Bernhard Knechtenhofer

Dr. Bernhard Knechtenhofer, Leiter Kompetenzbereich Führungs- und Aufklärungssysteme, armasuisse

Wo sehen Sie die Stärken von armasuisse Wissenschaft und Technologie (W+T)?

armasuisse W+T verfügt über einzigartiges Wissen, über einzigartige Expertisen, welche in der Schweiz nicht anderweitig beschafft werden können, z.B. das Wissen zu Radar, Cyber oder Robotik. Das VBS hat einen direkten Einfluss auf die Forschungsgebiete von armasuisse W+T und kann so bewusst und direkt inhaltliche Schwerpunkte bilden. Ein weiterer sehr wichtiger Punkt ist die Unabhängigkeit der armasuisse W+T von den jeweiligen Lieferanten wie auch vom Bedarfsträger.

Wie empfinden Sie die Zusammenarbeit mit armasuisse W+T?

Die Zusammenarbeit mit armasuisse W+T empfinde ich als professionell in jeder Hinsicht. Die Spezialistinnen und Spezialisten aus Thun unterstützen uns in der Beschaffung mit ihrer Expertise in mehreren Projekten. Dabei hat armasuisse W+T eine Expertenrolle, während wir aus dem Kompetenzbereich Führungs- und Aufklärungssysteme die Rolle der Beschaffung übernehmen. Dies führt dazu, dass wir nicht immer einer Meinung sind. Unterschiedliche Perspektiven gilt es auszudiskutieren. Insgesamt kommen wir gemeinsam dank dieser Zusammenarbeit in den Projekten massgeblich zu besseren Ergebnissen, als wenn wir am Markt versuchen würden, allfällige fehlende Expertisen auf unserer Seite einzukaufen.

Nennen Sie ein Erfolgserlebnis aus Ihrem Arbeitsalltag, welches Sie dank der Zusammenarbeit mit armasuisse W+T erfahren haben.

In den Grundlagenpapieren der Gruppe Verteidigung, z.B. zum Thema Cyber, welche jeweils anlässlich des Planungsrapportes der Gruppe Verteidigung besprochen werden, ist offensichtlich, dass die armasuisse W+T fundierte und wichtige Hinweise gibt. Davon profitieren wir als armasuisse, aber auch das gesamte VBS.

Prof. Dr. Marco Hutter, Professor für Robotik, ETH Zürich

Welche Kompetenzen zeichnen armasuisse W+T besonders aus und machen sie einzigartig?

Die armasuisse W+T hat einen sehr guten Einblick in Bedürfnisse in der Schweiz und im Ausland für den Einsatz von Robotertechnologie in der Armee und hat gleichzeitig ein gut etabliertes Netzwerk zu den Fachkräften aus Forschung und Entwicklung. Neben der Forschung bietet armasuisse W+T zusammen mit der Armee Versuchs- und Testgelände für neue Technologien. Ein grossartiges Beispiel dafür ist ARCHE, ein Event der durch armasuisse W+T ins Leben gerufen wurde und heute ein wichtiges Instrument für Technologiescreening und -evaluation darstellt.

Wo sehen Sie die Stärken von armasuisse W+T?

Speziell durch den Aufbau des Schweizer Drohnen- und Robotik-Zentrums (SDRZ) konnte ein Leuchtturmprojekt gestartet werden, welches die Schweizer Forschung an der Basis unterstützt, um zukünftig hoffentlich verstärkt ihr weltweit führendes Know-how aus der Forschung in die Anwendung zu bringen. Projekte mit armasuisse W+T konnten bis anhin ohne übermässige Bürokratie durchgeführt werden, wodurch alle Beteiligten nur profitieren.

Welche Wünsche haben Sie für armasuisse W+T?

Die armasuisse W+T kann eine sehr wichtige Rolle spielen, die Entwicklungen von Schweizer Technologien nachhaltig zu beeinflussen und den Standort zu stärken, damit das gesamte VBS langfristig profitieren kann. Ich wünsche der armasuisse W+T, dass sie noch agiler und flexibler handeln kann.

Technologie ist Macht. Entsprechend ist es wichtig, dass armasuisse W+T zukünftig eine noch wichtigere Rolle innerhalb der armasuisse einnimmt. Ein sehr gutes Beispiel ist das ehemalige Munitionsdepot in Mitholz: Da wir jetzt schon wissen, dass die Altlast in Zukunft beseitigt werden muss, ist es wichtig, dass armasuisse W+T bereits heute intensiv mit Partnern die nötige Technologie aufbaut. Die notwendige Kompetenz dafür ist in der Schweiz zweifelsohne vorhanden.

Was konnten Sie dank der Zusammenarbeit mit armasuisse W+T für sich und für Ihren Bereich gewinnen?

Die Zusammenarbeit mit armasuisse W+T hat uns geholfen, die wichtigen und richtigen Problemstellungen und Forschungsfragen zu untersuchen. Die Forschungsprojekte mit armasuisse W+T erlauben uns, reine akademische Grundlagenforschung, die in der Schweiz gut gefördert wird, vom Labor in Technologiedemonstrationen im Feld weiterzuentwickeln. Dabei konnten wir zudem von der Infrastruktur von armasuisse profitieren und wichtige Tests in relevanten Umgebungen durchführen. Und zu guter Letzt hat der Austausch mit Fach- und Einsatzkräften der Armee dazu beigetragen, Probleme der bestehenden Forschung zu sehen und neue Ideen zu entwickeln.



Prof. Dr. Marco Hutter

Sarah Schüpbach, Leiterin Fachbereich Aussenbeziehungen, armasuisse

Wo sehen Sie die Stärken von armasuisse Wissenschaft und Technologie (W+T)?

Eine der grossen Stärken von armasuisse W+T ist aus meiner Sicht die Vernetzung. Es ist eindrücklich, über welchen Ruf die Spezialistinnen und Spezialisten von armasuisse W+T in ihren jeweiligen Domänen verfügen – gerade auch im internationalen Kontext. Dies setzt natürlich die entsprechende Offenheit der Organisation aber auch der Mitarbeitenden voraus.

Wie empfinden Sie die Zusammenarbeit mit armasuisse W+T?

Die Zusammenarbeit empfinde ich als sehr angenehm, durchwegs professionell und zielorientiert.

Erzählen Sie uns von einem Erfolgserlebnis, welches aufgrund der gemeinsamen Arbeit resultierte.

Wir verstehen uns als Unterstützung für die Kompetenzbereiche von armasuisse. Erfolg heisst für uns immer, wenn wir ihnen in unserem Zuständigkeitsbereich eine Plattform bieten und die jeweiligen Interessen wahren können. Bei armasuisse W+T fällt das besonders leicht: Die Themen sind attraktiv, die Prioritäten klar.

Welche Wünsche haben Sie für armasuisse W+T?

Vielleicht wäre armasuisse W+T eine noch grössere Visibilität auch ausserhalb von Fachkreisen zu wünschen: Die Kompetenzen von W+T sind ein enormes Asset für das VBS und die Bundesverwaltung im Allgemeinen.



Sarah Schüpbach



Früherkennung, Technologien und Science-Fiction

25. April 2050, die Sonne scheint auf eine weitgehend vernetzte Schweiz. Alle Verkehrsmittel des energietechnisch autarken Landes werden mit Strom angetrieben und durch die laufende Messung der Aktivitäten und Bewegungen aller Einwohnerinnen und Einwohner optimiert. Eine künstliche Intelligenz koordiniert die Prozesse und stellt den Verkehrsfluss und die Sicherheit der Bevölkerung sicher. Die Ruhe ist jedoch trügerisch – die Armee befindet sich in höchster Alarmbereitschaft, da alle Solarpaneele landesweit ausser Betrieb gesetzt worden sind...

Text: Dr. Quentin Ladetto

2050 erscheint uns als das Jahr, in dem alles möglich ist und alle Science-Fiction-Technologien Realität geworden sind. Vieles hat sich verändert, entwickelt. Allerdings nicht überall gleich schnell und im gleichen Ausmass. Werden die Digitalisierung und das Verschmelzen der verschiedenen Technologie- und Wissenschaftsbereiche die Veränderungen so schnell herbeiführen, wie erhofft oder befürchtet wird?

Technologiebereiche erkannt sowie ihre Auswirkungen auf die Streitkräfte im Allgemeinen und die Schweizer Armee im Besonderen vorweggenommen werden.

Das Programm Deftech setzt auf drei Aktivitäten, um die Zukunft auszuloten und ihre Herausforderungen zu beschreiben.

Werden die Digitalisierung und das Verschmelzen der verschiedenen Technologie- und Wissenschaftsbereiche die Veränderungen so schnell herbeiführen, wie erhofft oder befürchtet wird?

In einer stabilen Welt kann man sich auf Vorhersagen stützen, um die künftigen Entwicklungen aufzuzeigen, den kommenden Wandel vorwegzunehmen und eine zweckdienliche Strategie zu entwerfen. In Zeiten des Umbruchs, wie wir sie dieser Tage erleben, schrumpft der legitime Bereich der gleichen Vorhersage deutlich. Neu müssen mehrere Zukunftsmöglichkeiten betrachtet werden. Diese entsprechen ebenso vielen neuen Blickwinkeln auf die kommenden, noch nie dagewesenen Herausforderungen und Chancen, die in der Gegenwart bereits keimen, aber vielleicht bis anhin nicht beachtet wurden.

Um sich in die Zukunft zu versetzen, verfügt armasuisse Wissenschaft und Technologie (W+T) über ein Früherkennungsprogramm, das unter dem Namen Deftech – Defence Future Technologies – bekannt ist. Damit können die disruptiven

1. Welches sind die neuen Kompetenzen des Soldaten der Zukunft? – Neue Worte für die Beschreibung der Zukunft.
2. In welcher technologischen Umgebung wird sich der Soldat bewegen? – Eine interaktive Erzählung, um in eine mögliche Zukunft einzutauchen.
3. Welche taktischen Vorteile bringen diese neuen Technologien? – Ein Kriegsspiel, um den Einsatz dieser Technologien zu simulieren.

Welche neuen Kompetenzen hat der Soldat der Zukunft?

Das Schaffen wie auch das Verschwinden von Wörtern ist ein Merkmal jeder lebenden Sprache. Beides ist unumgänglich, da die Sprache auf aktuelle menschliche Bedürfnisse eingeht. Oft weiss man nicht, ob die neuen Wörter zufällig entstanden sind oder sie jemand erfunden hat. Wenn ein Wort erfunden wird, beginnen die dahinterliegenden Ideen



i

DER DATENPRAKTIKER

Ein Therapeut, der sich auf die Schäden spezialisiert, die durch einen Missbrauch der digitalen Medien entstehen. In der Armee veränderte die Digitalisierung das Handeln, Denken und Leben im Alltag. Dadurch sind verschiedene Störungen aufgetaucht. Der Datenpraktiker beobachtet, analysiert und korrigiert die negativen Auswirkungen.

Die häufigsten Störungen sind: Zombismus, das Syndrom, wenn physisch anwesende Personen mental abwesend sind; Binärismus oder binäres kognitives Verhalten; Robophobie, die Angst vor den Robotern; KI-Sucht, die Abhängigkeit von der künstlichen Intelligenz.



Der Datenpraktiker – Illustration: Olivier Fontvieille.

und der bezeichnete Gegenstand zu existieren. Ein Wort zu erschaffen heisst, die Zukunft zu erfinden. Mit Anne-Caroline Paucot, einer Zukunftsschriftstellerin, verfassen wir bei armasuisse W+T das «Wörterbuch des Soldaten der Zukunft», ein Onlinewörterbuch, um eine gemeinsame Reflexion über den Soldaten der Zukunft zu betreiben. Die neuen Wörter konzentrieren sich etwa auf Militärberufe, die entstehen könnten, auf die neuen Technologien sowie auf die darauf aufbauenden zukünftigen Systeme. Der Soldat wird hier in seiner Gesamtheit betrachtet. Die Betrachtungen beziehen sich folglich auf einen Bereich, der weit darüber hinausgeht, wie wir uns einen modernen klassischen Soldaten vorstellen.

Das Wörterbuch des Soldaten der Zukunft

Jedes neue Wort verfügt über eine Identitätskarte mit einem illustrierten Passfoto. Darin sind die im Folgenden ausgeführten Informationen enthalten.

Abgesehen von der Beschreibung, die das neue Wort erklärt, beschreibt die «Perspektive des Soldatologen», warum das Dargestellte für die Armee von Interesse ist. Die Herausforderungen konzentrieren sich ihrerseits auf die zu lösenden technologischen Fragen, damit diese Neuigkeit auf den Markt gebracht werden kann. Die Indikatoren zeigen den Stand der aktuellen Entwicklung auf.

Es bleiben selbstverständlich Fragen offen, die mit unterschiedlichen Überlegungen – unter einem soziologischen, ethischen oder organisatorischen Blickwinkel – formuliert werden. Die Rubrik «Heute ist morgen» des Wörterbuchs präsentiert die bereits bestehenden Entwicklungen sowie den gegenwärtigen Stand der Technik im Militärbereich. Damit soll darauf aufmerksam gemacht werden, dass bereits heute Elemente dieser Zukunft verwendet werden.

Schliesslich berichten die «Nachrichten aus der Zukunft» aus einer anderen Zeit, in der das beschriebene Element beziehungsweise das erfundene Wort ein integraler Bestandteil des Soldatenlebens ist, und sie beschreiben eine mögliche Verwendung.

Dieses Wörterbuch, das es auch in gedruckter Form gibt, ermöglichte zudem die Zusammenarbeit mit der französischen Agentur für Innovation in der Verteidigung (Agence de l'Innovation de Défense AID), die am Prozess der Wortschöpfung sowie an der Organisation eines partizipativen digitalen Workshops beteiligt war.

In welcher Umgebung bewegt sich der Soldat der Zukunft?

In der Vorstellung der meisten Menschen wird im Jahr 2050 die Technologie eine dominante Rolle spielen. Wenn nichts Unvorhergesehenes den Verlauf der Entwicklungen auf den Kopf stellt, ist es mehr als wahrscheinlich, dass sich bis dahin zahlreiche Bereiche bedeutend weiterentwickelt haben. Im Rahmen der Zukunft der Soldaten haben wir verschiedene Forschungsfelder betrachtet: Robotik, künstliche Intelligenz, Mobilität und Versorgungskette sind nur einige Beispiele dafür. Diese Arbeiten wurden im Rahmen des Projekts Soldat der Zukunft durch die Firma Envisioning durchgeführt, wobei man zur Darstellung der Information verschiedene Themenradare verwendet hat.

Damit war es möglich, die Wichtigkeit, die Akzeptanz und den Reifegrad verschiedener Technologien übersichtlich darzustellen. Die Themenradare fassen Themen wie Robotik, Versorgungskette, Filme und Computerspiele zusammen. Diese Forschungsaktivitäten bildeten die Grundlage für diverse Kooperationsmöglichkeiten mit Institutionen wie dem International Institute for the Management of Logistics and



Supply Chain (IML) der ETH Lausanne. Mit diesen Fachpersonen wurden verschiedene technologische Zukunftsmöglichkeiten analysiert und besprochen. Dieser Austausch bietet wichtige Elemente für die Vorwegnahme in der Strategie der Kompetenzentwicklung der Streitkräfte, für die unter anderem die Logistik eine wichtige Rolle spielt.

Allerdings ist keines der innovativen Elemente auf einem dieser Themenradare explizit mit seinem Nachbarn verbunden. Deshalb ist es schwierig, sich eine mögliche Zukunft vorzustellen, in der mehrere dieser Innovationen gleichzeitig vorkommen. Wie kann diese Herausforderung bewältigt werden?

Die von uns entwickelte Lösung heisst «narrative Zukunft». Mit ihr sollen in Form von Science-Fiction-Erzählungen Bruchstücke der Zukunft geschaffen werden, die Technologien mit einem ähnlichen Reifegrad enthalten. Diese Erzählungen ermöglichen den Lesenden, die verschiedenen Optionen zu erleben, die sich möglicherweise aus der Verwendung von bestimmten Technologien ergeben.

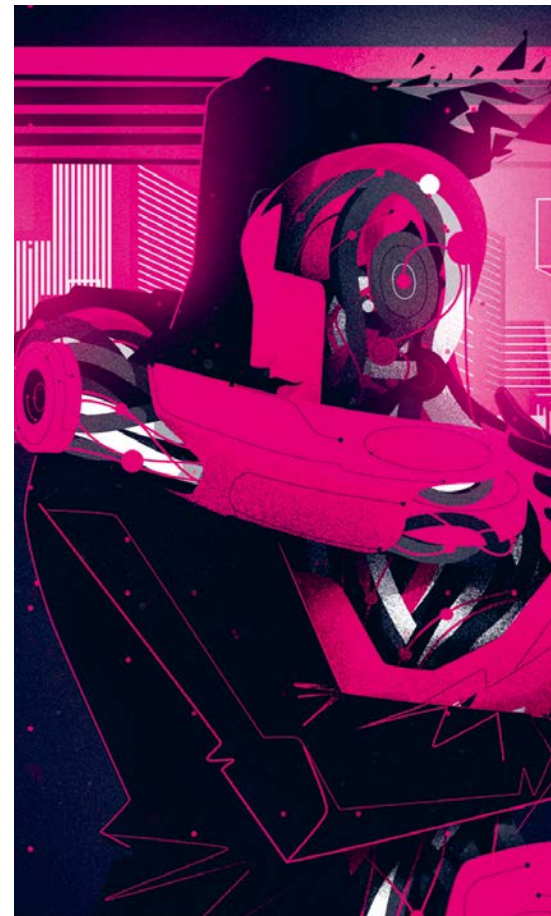
Der Verlauf der Geschichte, in der Sie die Hauptperson spielen, hängt davon ab, ob Sie technophil, das heisst gegenüber der Technologie positiv eingestellt oder technophob sind. Aber das Ziel bleibt dasselbe: Dass Sie sich Gedanken über die Chancen und Gefahren von bestimmten Innovationen machen. Die ersten vier Geschichten konzentrieren sich auf die Interaktion zwischen Mensch und Maschine. Drei technologische Horizonte definieren die Zukunftsmöglichkeiten, in denen die Figuren angesiedelt sind:

1. Der Mensch nutzt die Technologien nur: Die Werkzeuge und Technologien machen den Menschen das Leben leichter. Es ist der Beginn einer ständigen Interaktion in neuen Umgebungen wie dies etwa bei intelligenten Häusern oder selbstfahrenden Autos bereits der Fall ist.
2. Der Mensch verschmilzt mit der Technologie: Mit Hilfe der Chirurgie kann die Technologie in den menschlichen Körper integriert werden. Diese elektronisch-organische Mischung eröffnet neue Möglichkeiten der Zusammenarbeit.
3. Die Technologie gewinnt die Oberhand: Die Werkzeuge, die Maschinen sind zu Gefährten geworden. Immer mehr Entscheide werden von Algorithmen und künstlicher Intelligenz getroffen, was zu zahlreichen ethischen Problemen führt.

Welche taktischen Vorteile hat der technologische Soldat?

Die laufenden Entwicklungen in zahlreichen Bereichen verheissen technologische Revolutionen und Disruptionen. Bringen sie aber tatsächlich einen Wettbewerbsvorteil? Der zivile Bereich kann auf frühzeitige Anwendende, sogenannte Early Adopters, zählen, die indirekt bestimmte Elemente testen; das Militär steht der Zuverlässigkeit der verwendeten Produkte im Normalfall kritischer gegenüber. Eine Grundvoraussetzung ist, dass die Neuheit einen taktischen oder strategischen Vorteil bringen muss. Wie kann dies beurteilt werden, wenn es die fraglichen Produkte noch nicht gibt? Eine Möglichkeit ist, die (noch) nicht fassbare Wirklichkeit mit einem ernsthaften Spiel zu erkunden!

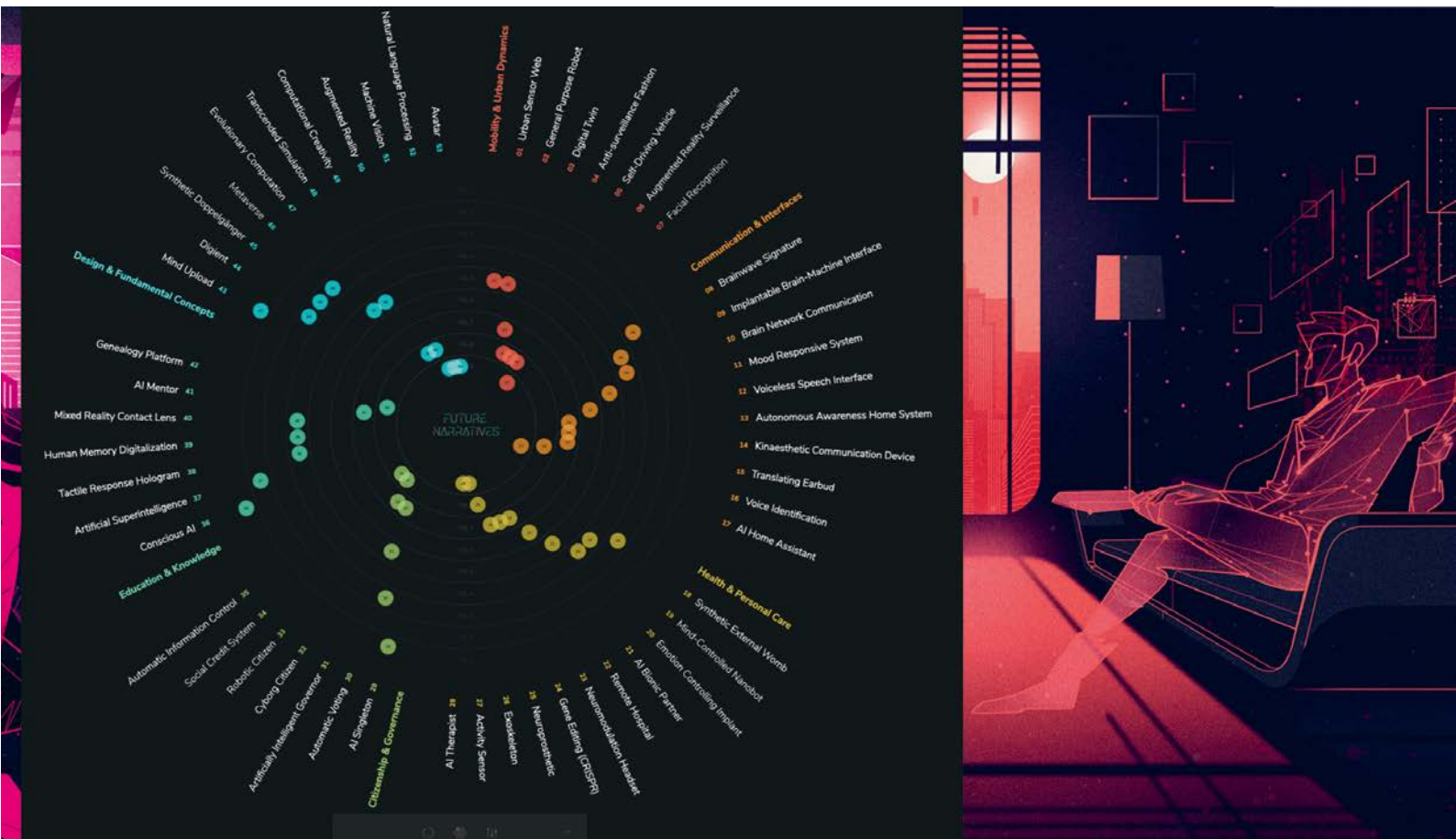
Das von armasuisse W+T initiierte Serious Game ermöglicht, die Zukunft ohne Risiko und – was nicht unbedeutend ist – mit geringen Kosten zu erkunden. Es ermöglicht den Teilnehmenden, den positiven oder negativen Mehrwert einer neuen Technologie zu messen. Bei diesem Spiel geht es folglich nicht direkt darum, zu gewinnen, sondern durch Diskussionen besser zu verstehen, welche Stärken und Schwächen diese zukünftigen Systeme in bestimmten taktischen Szenarien haben. Nach einigen Durchläufen in



Besseres Verständnis von zukünftigen Technologien durch fiktionale Erzählungen.

Die Version des Serious Game «New Techno War» ist als Brettspiel im Handel erhältlich.





Bezug auf das Spielformat wurde ein Brettspiel in Form eines Kriegsspiels gewählt. Für die Entwicklung der Szenarien sowie die Wahl der verwendeten Technologien wurden verschiedene Einheiten des Stabs der Schweizer Armee direkt eingebunden. Wir haben zudem darauf geachtet, dass sich alle Simulationen der Verteidigung an die Genfer Kriegskonvention halten. Die Bestätigung der verschiedenen technologischen Parameter durch Fachpersonen stellt eine Fantasiewelt mit realistischen Werten für die nächsten Jahre sicher – was beim Spiel aber niemanden vom Träumen abhalten soll!

Nach einigen Versuchen resultierten diese Bestandteile im Spiel «New Techno War» des Unternehmens Helvetia Games. Und die digitale Version? Um zu verstehen, wie eine neue Technologie im militärischen oder zivilen Bereich optimal genutzt werden kann, müssen alle möglichen Anwendungen berücksichtigt werden. Dies kann nur mit einer Computersimulation erreicht werden. Gestützt auf einen Ansatz mit mehreren digitalen Agenten, die in der virtuellen Welt spielen, bilden wir verschiedene Versionen des Spiels, bei denen es möglich sein wird, entweder mit künstlicher Intelligenz zu interagieren oder sie zu bekämpfen. Diese Art der Simulation erlaubt es, die verschiedenen taktischen Optionen zu analysieren und Schlüsse daraus zu ziehen. Die Entwicklungen werden derzeit umgesetzt und eröffnen neue Möglichkeiten für das Verständnis und die Analyse der Vor- und Nachteile der zukünftigen Systeme.

«Investieren Sie niemals in eine Technologie, ausser Sie haben sie zuerst in einem Videospiel gesehen.»

Schlussfolgerung

Ob mit einem Wort, einer Erzählung oder einer Simulation – die Früherkennung entsteht dadurch, dass man sich in das Unbekannte versetzt und sich dabei nicht auf eine, sondern auf eine Vielzahl von Zukunftsvarianten vorbereitet. Mit der parallelen Arbeit an den technologischen Megatrends wollen wir die Änderungen vorwegnehmen, die einen Einfluss auf die Schweizer Armee haben könnten, und sie darauf aufmerksam machen. Ob Chance oder Gefahr, die Nutzung der Technologien hat mehrere Gesichter und wird uns noch viele Überraschungen bieten. Informieren, Ausbilden und Inspirieren sind die Kernthemen: Wir bleiben wachsam und bereiten die Schweizer Armee auf das Unvorhersehbare vor. Bis und nach 2050!



DR. QUENTIN LADETTO
Leiter Forschungsprogramm

Dr. Quentin Ladetto arbeitet seit 2013 bei armasuisse W+T, wo er das Forschungsprogramm «Technologiefrüherkennung» leitet. Das Ziel seiner Arbeiten ist es, disruptive Entwicklungen im Bereich der Technologien zu erkennen. Dabei werden Auswirkungen in einem militärischen Kontext beurteilt und mögliche Konsequenzen für die Schweizer Armee aufgezeigt.



SimCo-19: Der digitale Zwilling der Schweizer Bevölkerung im Kampf gegen Covid-19

Forschende des Bereichs Forschungsmanagement und Operations Research, armasuisse Wissenschaft und Technologie (W+T), entwickelten SimCo-19, eine Webapplikation, welche auf einer Simulation der Schweizer Bevölkerung basiert. Die Applikation liefert realistische Voraussagen zur Covid-19-Lage in der Schweiz und leistet somit einen Beitrag im Kampf gegen Covid-19 und zur Beantwortung weiterer künftiger Fragestellungen.

Text: Dr. Michael Rügsegger

Die Basis von SimCo-19 bildet ein sogenanntes synthetisches Bevölkerungsmodell der Schweiz oder kurz digitaler Zwilling.

Die Abkürzung SimCo-19 steht für Simulation Covid-19. Sie liegt in Form einer Webapplikation vor und bildet die Covid-19-Ausbreitung in der Schweiz digital nach. Entwickelt wurde sie vom Team Operations Research und System Analyse (ORSA), armasuisse W+T, in Zusammenarbeit mit ihrem Forschungspartner Scensei GmbH. SimCo-19 basiert auf einer sogenannten multi-agenten Simulation menschlichen Verhaltens und der Verbreitung von Covid-19.

Die Basis von SimCo-19 für die Berechnungen zur Ausbreitung des Virus und der benötigten Ressourcen bildet ein sogenanntes synthetisches Bevölkerungsmodell der Schweiz oder kurz digitaler Zwilling. Darin wird die Schweizer Bevölkerung gemäss ihrer Zusammensetzung, also Alter, Geschlecht, Wohnort etc. abgebildet, ohne jedoch auf spezifische Personen hinzuweisen. Statistisch betrachtet können keine Unterschiede zwischen den Echtdateen und diesen synthetischen Daten festgestellt werden. Rückschlüsse auf reell lebende Personen

können aber nicht gezogen werden. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass das menschliche Verhalten einer grossen Menschengruppe, hier die gesamte Schweizer Bevölkerung, kostengünstig und präzise simuliert werden kann.

Um den Verlauf der Covid-19-Ausbreitung mit der Webapplikation nachzubilden, werden die digital simulierten Daten der Schweizer Bevölkerung zusätzlich mit Daten zu Gegenmassnahmen wie Social Distancing, Einschränkung der Mobilität, das Tragen von Gesichtsmasken und das Durchführen von SARS-CoV-2-Tests angereichert. Zudem wird der Ressourcenbedarf simuliert, welcher das Notfallärztliche- und Sanitätspersonal benötigt, um an Covid-19 Erkrankten zu helfen. Hierzu gehören die persönliche Schutzausrüstung, mobile Beatmungsgeräte und Intensivstationsbetten.

Der Nutzen von SimCo-19 liegt in der Gegenüberstellung der Daten zur realistischen Darstellung der Ausbreitungsdynamik von Covid-19 mit den Daten der erforderlichen Ressourcen zur Bekämpfung der



Die Applikation hilft damit Krisenstäben, medizinische Engpässe frühzeitig zu erkennen und die Wirksamkeit verschiedener Gegenmassnahmen abzuschätzen.

Pandemie. Basierend auf Ist-Werten der Verbreitung und des Ressourcenbedarfs erstellt die Webapplikation Prognosen für die Zukunft und beantwortet wichtige Fragestellungen wie beispielsweise: Wie viele weitere Menschen könnten sich mit dem Coronavirus infizieren und steht dem Spitalpersonal genügend Schutzmaterial zur Verfügung? Die Applikation hilft damit Krisenstäben, medizinische Engpässe frühzeitig zu erkennen und die Wirksamkeit verschiedener Gegenmassnahmen zu einem bestimmten Zeitpunkt abzuschätzen.

Mittels Datenfusion, also dem Zusammenschluss unterschiedlicher Datensätze, können die synthetischen Bevölkerungsdaten stetig angereichert und ergänzt werden, zum Beispiel mit Daten zu Vorerkrankungen und Covid-19-Symptomen, Anzahl bestätigter Fälle und Anzahl Verstorbener. Diese statische Momentaufnahme der Schweizer Bevölkerung kann nun in Zeiten von Covid-19 zum Leben erweckt werden, indem man das tägliche Ver-

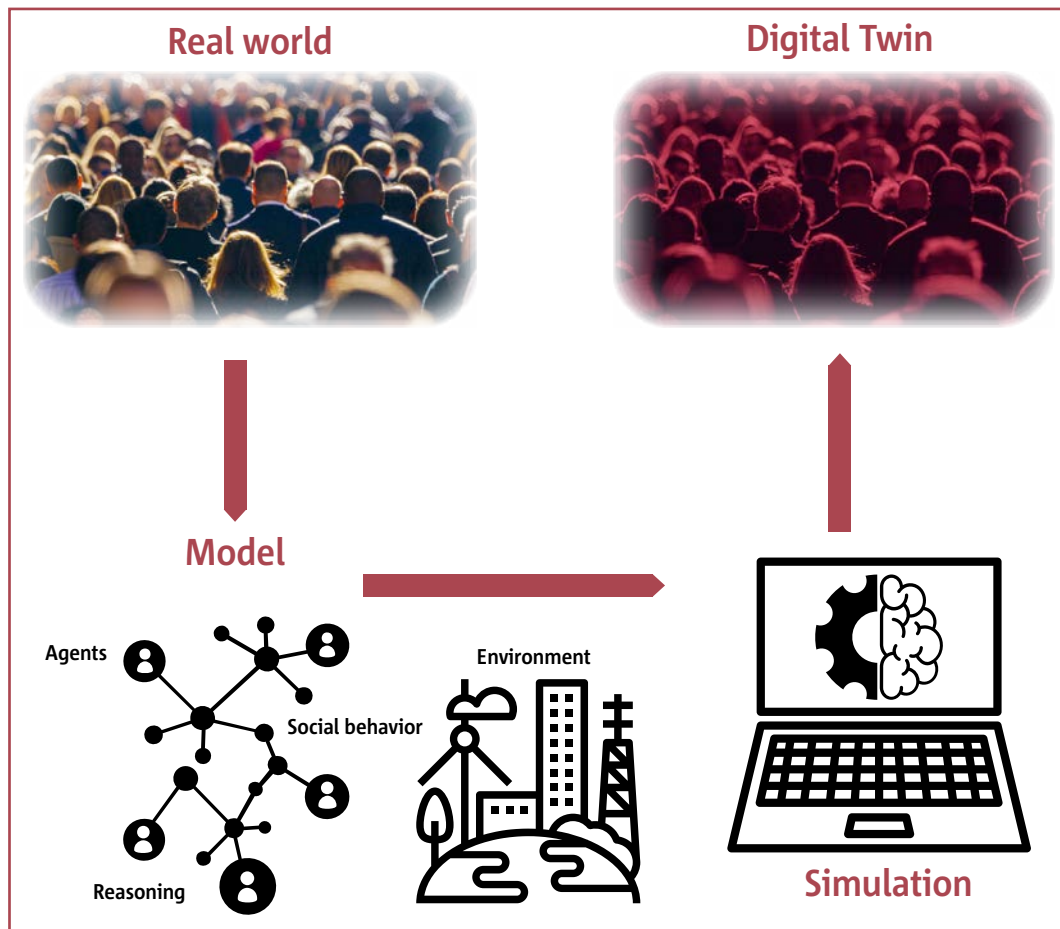


DR. MICHAEL RÜGSEGGER

Stv. Leiter Fachbereich und Leiter ORSA

Michael Rügsegger ist seit 2019 Leiter Operations Research und System Analyse (ORSA) bei armasuisse Wissenschaft und Technologie.

Zusammen mit seinem Team unterstützt er Führungskräfte der Schweizer Armee beim Treffen von Entscheidungen. Dazu simuliert er mögliche Einsatzszenarien im Bereich der Verteidigung und Katastrophenhilfe, um die Wirksamkeit von neuen Technologien, Systemen sowie taktischen Vorgehensweisen zu untersuchen.



Prinzip des digitalen Zwillings der Schweizer Bevölkerung zur Simulation der Ausbreitung von Covid-19 und Überprüfung von Gegenmassnahmen.



Projects | Views | Dashboards

Dashboards

- Population
- Demographics
- Interventions
- Do nothing
- Current
- All-in

Views

- Configuration
- Projections
- Map

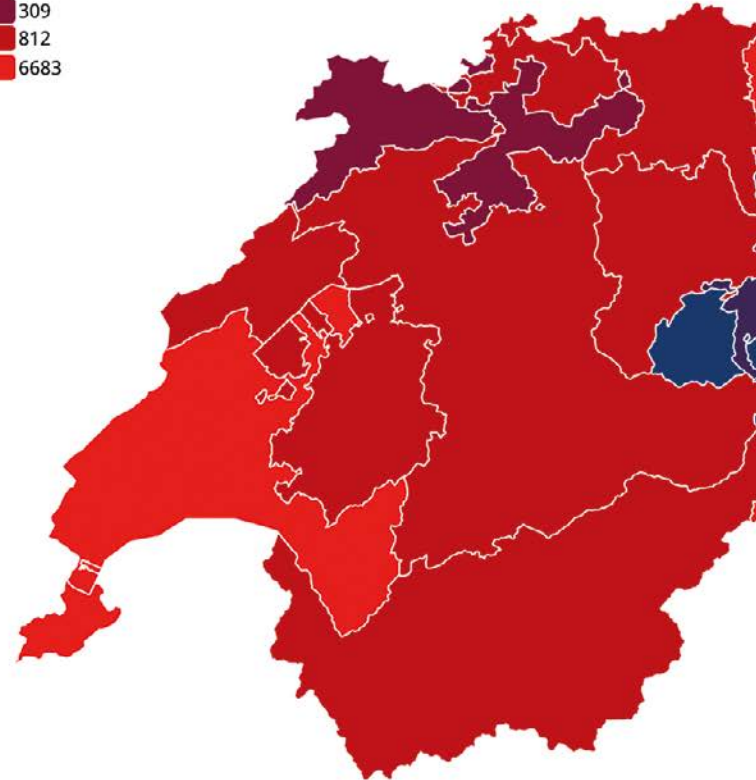
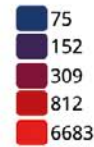
Days into epidemic



Map layers

- Canton
- District
- Resources
- Statuses
- Asymptomatic
- Symptomatic
- Recovered
- Dead
- Rates

Symptomatic

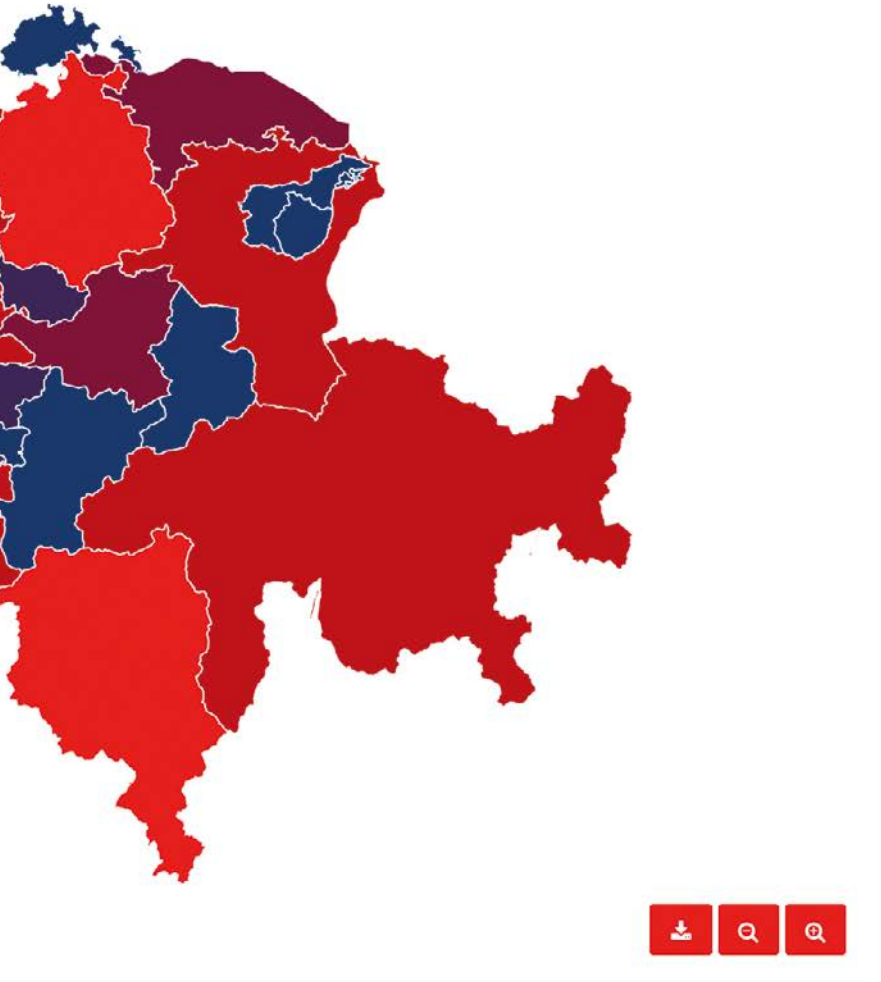


halten der Menschen, welche im digitalen Zwilling abgebildet sind, in das Modell integriert. So können Beziehungen in der Familie, Verhalten mit Menschen aus dem eigenen Quartier oder am Arbeitsplatz und die jeweilige Mobilität mit berücksichtigt werden. Das Virus SARS-CoV-2 verbreitet sich in der Realität über soziale Interaktionen mit einer messbaren Wahrscheinlichkeit. Dies kann die Webapplikation explizit modellieren.

Fragestellungen wie der Einfluss möglicher Mehrfachansteckung auf die Auslastung des Gesundheitssystems oder eine optimale Verteilung eines Impfstoffes können nun mit dem digitalen Zwilling der Schweizer Bevölkerung analysiert werden. Die offene Architektur erlaubt das Einbinden von Echtzeiten betreffend Mobilität und Contact Tracing. Des Weiteren kann SimCo-19 verschiedene Szenarien, z.B. Exit-Szenarien aus dem Lockdown aufgrund verursach-



Logout



SimCo-19 erlaubt es auch, den Bedarf an medizinischen Mitteln vorherzusagen.

ter Wirtschaftskosten sowie nötiger Interventionskosten simulieren und einander gegenüberstellen.

SimCo-19 erlaubt damit nicht nur den Verlauf von SARS-CoV-2 Infektionen und Covid-19-Erkrankungen in der Bevölkerung darzustellen, sondern zusätzlich auch den Bedarf an medizinischen Mitteln verlässlich vorherzusagen und verschiedene Szenarien miteinander zu vergleichen.

Screenshot der Webapplikation SimCo-19. Prognose der Anzahl symptomatischen und asymptomatischen Infizierten, der Verstorbenen und der Genesenen pro Bezirk und Kanton.

Um auch Entscheidungs- und Notfallpersonal anderer Nationen in dieser schwierigen Zeit zu unterstützen, hat ORSA die Methoden und Algorithmen von SimCo-19 über das NATO Science and Technology Netzwerk anderen Nationen zur Verfügung gestellt.

Wie geht es weiter nach Covid-19?

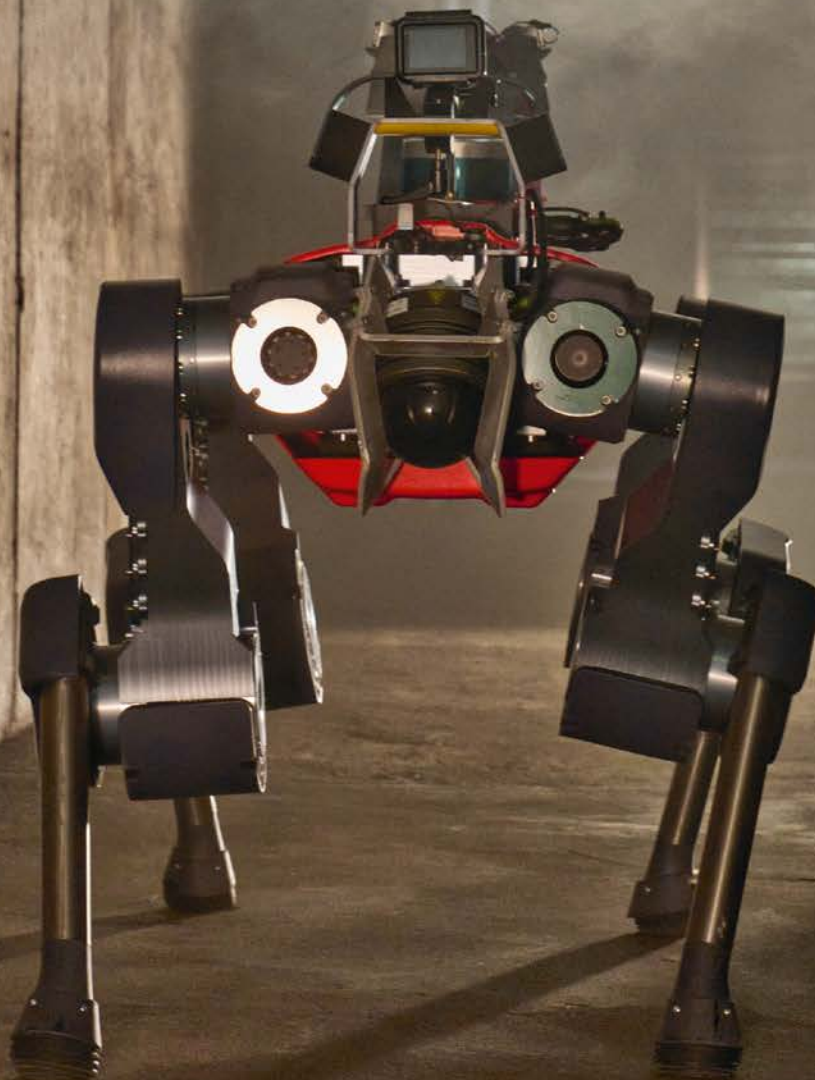
Beim Aufbau der Applikation SimCo-19 wurde darauf geachtet, dass die Architektur in eine Plattform überführt werden kann, welche auch zukünftige Entscheidungsfindungen besser und schneller unterstützen soll. Egal ob man Simulationen zur Bekämpfung eines Virus, zur Katastrophenhilfe oder im Falle einer hybriden Bedrohung einsetzt, ein digitaler Zwilling der Schweizer Bevölkerung bringt viele Vorteile mit sich: Die Webapplikation simuliert kostengünstig menschliches Verhalten und kann eine Vielzahl verschiedener Massnahmen vorhersagen und testen, bevor sie umgesetzt werden.



Schweizer Robotik für die Katastrophenhilfe der Zukunft

Fast täglich erscheinen Nachrichten zu neuen Robotern und Drohnen. Ferngesteuert oder gar autonom sollen sie für verschiedenste Anwendungen einsetzbar sein – irgendwann.

Text: Dr. Markus Höpfinger





Ein vierbeiniger Laufroboter navigiert autonom in der Atemschutz-Ausbildungsanlage der Schweizer Armee.

Es überschlagen sich Meldungen über Roboter und Drohnen auf fast allen Medienkanälen. Wir lesen über die zukünftige autonome Luftlieferung von warmen Speisen praktisch bis an den Tisch, oder über Taxis, welche uns bei Magenbeschwerden selbständig ins Krankenhaus fahren. Wir erfahren von humanoiden Robotern, welche uns in Hotels einchecken oder beim Einkaufen unterstützen. Und von solchen, die ohne direkten menschlichen Nutzen Hindernisbahnen bewältigen oder auch Saltos schlagen. Wir sehen Videos von dem besonders menschlich aussehenden Roboter «Sophia» beim Debattieren und beim Halten von Reden. Wir erfahren auch davon, dass «Sophia» 2017 als erster Roboter der Welt in Saudi Arabien eine Staatsbürgerschaft erhielt.

Die Robotik-Technologie scheint bereits heute sehr fortgeschritten zu sein.

Mehr Schein als Sein

Doch ein genauerer Blick hinter die Kulissen ist oft ernüchternd. «Sophia» beispielsweise wird von Experten für künstliche Intelligenz und Robotik eher als Puppe angesehen, als Marionette ohne Intelligenz, ohne eigene Gefühle und ohne Verständnis davon, was sie von sich gibt. Als Roboter ohne Beine, welcher für das Halten von Reden manuell auf die Bühne geschoben werden muss und nur das wiedergibt, was ihr ein Mensch im Hintergrund eingibt. Es zeigt sich: Solche Maschinen sind definitiv noch nicht im zivilen Alltag angekommen.

Im militärischen Umfeld wird die Robotik als disruptives Technologiefeld betrachtet. Es verändert die Art der Kriegsführung, läutet eine neue Ära ein. Roboter werden teilweise

i

ARCHE

ARCHE steht für Advanced Robotic Capabilities for Hazardous Environments und beinhaltet eine jährlich stattfindende Veranstaltung des Schweizer Drohnen- und Robotik-Zentrums des VBS (SDRZ VBS). Das Ziel ist, den Stand der Technologie und die Anwendungstauglichkeit der Schweizer Robotik für die Katastrophenhilfe der Zukunft zu beurteilen. Dabei sollen Roboter den Menschen bei sogenannten 4D-Aktivitäten (dull, dirty, dangerous, denied) unterstützen. Auf diese Weise sollen Effizienz und Effektivität der Katastrophenhilfe erhöht und Einsatzrisiken vermindert werden.

sogar als Massenvernichtungswaffen der nächsten Generation bezeichnet. Aber ähnlich wie im zivilen Umfeld sind autonom agierende Roboter noch nicht im militärischen Alltag angekommen.

Wann Roboter Einzug in Armeen halten und wie und wozu sie zukünftig eingesetzt werden könnten, untersucht das Schweizer Drohnen- und Robotik-Zentrum des VBS (SDRZ VBS) von armasuisse W+T zusammen mit weiteren Partnern. In enger Zusammenarbeit mit dem Lehrverband Genie/Rettung/ABC der Schweizer Armee beurteilt das SDRZ VBS die Robotik für die militärische Katastrophenhilfe der Zukunft. Der Einsatz von Robotern für die Katastrophenhilfe scheint ideal: Roboter könnten Aufgaben erfüllen, die für Soldatinnen und Soldaten gefährlich oder nicht ausführbar sind. Sie könnten wertvolle Unterstützung leisten, um Leben schneller und schonender zu retten ohne dabei Einsatzkräfte

Roboter könnten im Katastrophenfall Aufgaben erfüllen, die für Soldatinnen und Soldaten gefährlich oder nicht ausführbar sind.



Eine Forschungsdrohne dient zur dreidimensionalen Vermessung der Umgebung. Die Karte kann anschliessend zur Planung von Missionen verwendet werden.

Oft ist es nötig, dass Roboter mit Objekten aus der Umgebung interagieren, beispielsweise zum Öffnen von Türen.





in Gefahr zu bringen. Zur besseren Untersuchung solcher Anwendungen initiierte das SDRZ VBS zusammen mit der Schweizer Armee und der ETH Zürich die Arbeitsgruppe «ARCHE - Schweizer Robotik für die Katastrophenhilfe der Zukunft». Diese ARCHE-Gruppe soll Robotik-Forschende und militärische Endnutzer enger zusammenbringen, um die Robotik-Forschung und deren zukünftige Nutzung aufeinander abstimmen zu können. Es ermöglicht zudem den universitären Partnern, ihre Roboter-Demonstratoren nicht nur im Labor, sondern auch in einer realistischeren Katastrophenumgebung zu testen und zu prüfen. Der jährliche Höhepunkt für alle Beteiligten bildet die gleichnamige Veranstaltung ARCHE.

ARCHE – die grösste Feldrobotik-Veranstaltung der Schweiz

Forschungspartner aus Akademie, KMUs und Start-ups erhalten jedes Jahr eine Woche lang eine Übungsumgebung beziehungsweise ein ganzes Übungsdorf der Schweizer Armee zur Verfügung gestellt. Dieses Übungsdorf beinhaltet Trümmer- und Brandhäuser sowie Anlagen für Grossbrand-

oder Überflutungssimulationen. Hier können die Forschenden mit Fokus auf die Katastrophenhilfe ihre neusten Roboter testen und dabei Daten, Erfahrungen und Ideen zur weiteren Forschung oder Entwicklung sammeln. So waren am diesjährigen ARCHE-Anlass sowohl ein wurmfähnlicher Rettungsroboter als auch vierbeinige Laufroboter für Such- und Rettungseinsätze sowie Multikopter zur Vermessung von Beschädigungen an Bauobjekten oder zur Detektion von radioaktiver Strahlung im Einsatz.

Die Schweizer Armee wiederum erhält die Möglichkeit, den aktuellen Stand der Robotik-Technologie hautnah zu erleben. Obwohl mit Fokus auf die Katastrophenhilfe, lassen sich Erkenntnisse zu anderen militärischen Anwendungen ableiten: Ist ein vierbeiniger Roboter mit dem Aussehen eines Hundes fähig in einem Trümmerfeld eine verwundete Person zu finden, kann man dieselben Technologien nutzen,

Zur besseren Untersuchung initiierte das SDRZ VBS die Arbeitsgruppe «ARCHE - Schweizer Robotik für die Katastrophenhilfe der Zukunft».

Der grösste vierbeinige Roboter des SDRZ VBS wurde mit einem Greifer ausgestattet, welcher das Bewegen von tonnenschweren Objekten ermöglicht.





Vertreter des LVb G/ Rttg/ABC der Schweizer Armee, aus Akademie und Industrie treffen sich zu der ARCHE Woche.



um Überwachungs- oder Kampfaufgaben in einer ähnlich komplexen Umgebung wahrzunehmen. Somit liefert ARCHE Erkenntnisse über weitere Anwendungen und auch über potenzielle Bedrohungen durch Roboter. ARCHE findet seit 2018 jährlich statt – und wächst seither stetig. Mit rund hundert Studierenden, Forschenden und Entwickelnden gleichzeitig auf dem Übungsdorf und einer Vielzahl von Robotik-Demonstratoren ist ARCHE der grösste Schweizer Anlass zur Untersuchung von Robotik-Anwendungen.

Ein stetig wachsendes Themengebiet

Die Arbeitsgruppe ARCHE untersucht vermehrt auch weitere Anwendungen neben jener der Katastrophenhilfe. Ab 2019

wurde etwa das Thema «Abwehr von Minidrohnen» hinzugefügt und ab 2020 wird die Bergung von Verwundeten und die Räumung von Munition noch intensiver berücksichtigt. Dank ARCHE kann die Anwendungsreife von spezifischen Robotik-Technologien beurteilt werden.

So ist aus heutiger Sicht die breite Technologie der mobilen Robotik noch zu wenig ausgereift, um Ersthelfende bei der Bergung oder bei lebensrettenden Sofortmassnahmen spürbar zu entlasten. Roboter bieten aber gerade im Bereich der Katastrophenhilfe ein grosses Potenzial, um schnell und sicher die Rettungskräfte zu unterstützen. Dieses Potenzial gilt es künftig unbedingt zu nutzen.

Die Arbeitsgruppe ARCHE untersucht vermehrt auch weitere Anwendungen neben jener der Katastrophenhilfe.



DR. MARKUS HÖPFLINGER
Leiter Forschungsprogramm und Leiter SDRZ VBS

Dr. Markus Höpflinger ist Leiter des Forschungsprogrammes Unbemannte Mobile Systeme wie auch Leiter des Schweizer Drohnen- und Robotik-Zentrums SDRZ VBS, armasuisse Wissenschaft und Technologie. Seine Arbeiten fokussieren auf den möglichen Einsatz von Roboter- wie auch Drohnen-Technologien im militärischen Umfeld. Dazu gehört die Beurteilung von Chancen und Risiken von unbemannten Systemen für Anwendungen am Boden, unter Wasser und in der Luft. Dr. Markus Höpflinger absolvierte ein Masterstudium in Elektrotechnik und Informationstechnologie an der ETH Zürich, arbeitete danach im Bereich der Weltraum-Robotik und promovierte anschliessend im Bereich der Laufrobotik.

Das Übungsdorf der Schweizer Armee in Wangen an der Aare bietet diverse Möglichkeiten zum Testen von Robotern in einsatznaher Umgebung.

INTERVIEWS



Divisionär Rolf Siegenthaler

Divisionär Rolf Siegenthaler, Stv Chef Kommando Operationen

Wie empfinden Sie die Zusammenarbeit mit armasuisse Wissenschaft und Technologie (W+T)?

Die Zusammenarbeit ist ausgezeichnet und sie bedeutet mir viel.

Welche Kompetenzen zeichnen armasuisse W+T besonders aus und machen sie einzigartig?

Für die Armee ist es wichtig, ihre Entscheide basierend auf harten Fakten fällen zu können. Physikalische Gegebenheiten können nicht wegdiskutiert werden. Hier ist das wissenschaftlich fundierte Wissen bzw. die Erkenntnis von armasuisse W+T aus Tests und Versuchen unersetzlich.

Welche Wünsche haben Sie für armasuisse W+T?

Die Forschung benötigt ein planbares Budget, damit die oftmals mehrjährigen Projekte zu einem wirksamen Wissen führen. Ich wünsche armasuisse W+T, dass sie sich auf einen angemessenen und stabilen Forschungskredit abstellen kann. armasuisse W+T ist auf die Zusammenarbeit mit Hochschulen und Industrie angewiesen. Hier wünsche ich für armasuisse W+T eine noch grössere Akzeptanz der Rüstungsforschung von Seiten der zivilen Forschung. Die Projekte von armasuisse W+T dienen der Sicherheit der Schweizer Bevölkerung und damit auch der Forschungsinstitutionen in der Schweiz.

Nennen Sie ein Erfolgserlebnis aus Ihrem Arbeitsalltag, welches Sie dank der Zusammenarbeit mit armasuisse W+T erfahren haben?

Es ist gar nicht so einfach, sich auf ein einzelnes Erfolgserlebnis zu beschränken – es sind deren viele. Ein Beispiel aus unmittelbarem Anlass ist die rasche und sehr effektive Arbeit von Herrn Dr. Michael Jäger, die dieser in der Modellierung der Ansteckungen im Rahmen des Armeeeinsatzes zur Bekämpfung der Folgen der Corona-Pandemie leistete. Seine Modellierungen, erarbeitet auch in Zusammenarbeit mit Universitäten und der ETH Zürich, trugen wesentlich zur Versachlichung unserer Entscheide bei und sie füllten ein offensichtliches Vakuum auf Bundesebene.



Prof. Anja Skrivervik

Anja Skrivervik, Professorin EPF Lausanne, Bereich Elektrotechnik und Elektronik

Welche Fähigkeiten und Fertigkeiten zeichnen armasuisse W+T besonders aus?

armasuisse W+T hat sehr kompetente Fachleute, die wirklich am wissenschaftlichen Resultat einer Studie interessiert sind. Falls im Laufe eines Projekts ein Problem auftritt, ist das armasuisse-Team sehr professionell und lösungsorientiert. Die administrativen Bedingungen eines armasuisse-Projekts zeichnen sich in der heutigen Forschungswelt durch ihre Einfachheit und ihren gesunden Menschenverstand aus. Das ist heute ungemein erfrischend.

Wie empfinden Sie die Zusammenarbeit mit armasuisse W+T?

Die Zusammenarbeit ist sehr gut. armasuisse W+T hat optimale Bedingungen, um gute Resultate zu erreichen. Ich schätze auch die Tagungen, die armasuisse W+T organisiert: Man erfährt, was in anderen Projekten geschieht, und gleichzeitig wird dadurch die Zusammenarbeit vertieft.

Was konnten Sie dank der Zusammenarbeit mit armasuisse W+T für sich und für Ihren Bereich gewinnen?

Durch eine der Tagungen von armasuisse W+T wurde ein grosses Unternehmen auf eines unserer Antennendesigns aufmerksam. Auf dieses armasuisse-Projekt folgte schliesslich ein Innosuisse-Projekt mit der Ruag zusammen. Generell sind die Forschungsthemen zeitgemäss und interessant. armasuisse W+T liefert auch Resultate, die im internationalen Forschungsbereich von Interesse sind und zu guten Publikationen führen.

Welche Wünsche haben Sie für armasuisse W+T?

Ich hoffe, dass armasuisse W+T weiterhin kompetentes Personal einstellt, welches am Resultat interessiert ist. Und dass armasuisse W+T seine Mittel weiterhin für gute Forschung verwenden wird, ohne ein bürokratisches Monster zu entwickeln, wie es heutzutage leider zu oft geschieht. Und ich wünsche armasuisse W+T alles Gute für die Zukunft!

Brigadier Marco Schmidlin, Chef Armeepanung und Stv Chef Armeestab

Welche Erfolgserlebnisse konnten Sie dank armasuisse Wissenschaft und Technologie (W+T) im Rahmen Ihrer Arbeiten für sich und/oder Ihren Arbeitsbereich erfahren?

Dank armasuisse W+T konnten in verschiedenen Grundlagenpapieren rüstungstechnologische Trends detailliert erklärt und abgebildet werden, wodurch die Entscheidungsfindung zur Weiterentwicklung von Fähigkeiten der Armee im Luftraum und am Boden auf eine solide wissenschaftliche Basis gestellt werden konnte. Zuletzt konnten in einer Kooperation zwischen Armeepanung, armasuisse W+T und einer in der Schweiz ansässigen Firma mittels ausgeklügelten Simulationen Überlegungen zum Einsatz geschützter Mittel am Boden überprüft und validiert werden, wobei eine bisher nicht dagewesene Realitätsnähe erreicht wurde. Diese Möglichkeit wollen wir inskünftig systematisch in der militärischen Gesamtplanung nutzen.

Welche Kompetenzen zeichnen armasuisse W+T besonders aus und machen sie einzigartig?

armasuisse W+T bietet über die militärische Gesamtplanung eine breite Palette an Kompetenzen. Zu diesen gehören die Antizipation und Beurteilung technologischer Trends genauso wie die langfristige Schwerpunktforschung in ausgewählten Themen. Dazu kommen die wissenschaftliche Unterstützung in der Grundlagenplanung mittels Expertisen und Beschreibung von Trends sowie schliesslich die experimentelle Überprüfung militärischer Anforderungen in Beschaffungsprojekten mit Prinzipversuchen. Insgesamt machen die vielen verschiedenen Forschenden mit einer breiten Palette an Wissen und Erfahrung armasuisse W+T aus.

Wie empfinden Sie die Zusammenarbeit mit armasuisse W+T?

Die Zusammenarbeit ist heute auf einem sehr guten Niveau, weil die Expertinnen und Experten der armasuisse W+T bereits früh in die militärische Gesamtplanung eingebunden werden können. Zudem findet ein regelmässiger Austausch zu ausgewählten Forschungsschwerpunkten statt, es werden Fachtagungen durchgeführt, Studienergebnisse präsentiert und die Methoden zur Überprüfung von Konzepten werden gemeinsam auf- und ausgebaut. Die Armeepanung profitiert so gesamtheitlich von den Forschungsprogrammen und Kompetenzen der armasuisse W+T. Insbesondere die Grundlagenplanung wie etwa im Bereich Weiterentwicklung der Armee basiert stark auf der engen Zusammenarbeit mit den verschiedenen Fachbereichen der armasuisse W+T.

Welche Wünsche haben Sie für armasuisse W+T?

Inskünftig möchten wir noch innovativere Lösungen für die Weiterentwicklung der operationellen Fähigkeiten der Armee. Dazu müssen wir einerseits früher und gezielter in einen Dialog mit armasuisse W+T treten, lange bevor das Nutzungsende von fähigkeitsrelevanten Hauptsystemen absehbar wird. Andererseits müssen wir armasuisse W+T noch stärker in unsere konzeptionellen Überlegungen miteinbeziehen, damit die Forschungsschwerpunkte in Zukunft gezielter festgelegt werden können. Zusätzlich wollen wir die Kompetenzen von armasuisse W+T im Bereich Operations Research vermehrt für die iterative Überprüfung unserer Überlegungen einsetzen, damit wir rascher zu innovativeren Lösungen kommen können.



Brigadier Marco Schmidlin



Die ganze Schweiz im Labor

Funklöcher gehören trotz neuester Technologie noch immer zu unserem Alltag. Einer der Hauptgründe dafür sind Reflexionen, die beispielsweise an Bergen vorkommen. Bei neuen Funksystemen muss daher frühzeitig getestet werden, ob sie den Einsatzbedingungen gewachsen sind. Dafür holen wir uns die Schweiz ins Labor.

Text: Dr. Christof Schüpbach

Zwar werden sie immer seltener, aber es gibt sie noch: die Funklöcher in der Mobilfunkversorgung. So hat vermutlich jede und jeder schon verzweifelt nach einem Ort mit besserem Empfang gesucht und sich dabei gereckt und gestreckt, nur um der Funknetzanzeige einen Balken mehr an Signalstärke abzurufen. Ebenfalls kennen sicher alle die Situation, dass trotz genügend Empfangsbalken auf dem Display die Datenübertragung nur im Schneckentempo oder gar nicht funktioniert. Solche Funklöcher zu vermeiden, ist das Ziel jedes Netzbetreibers. Deshalb ist es wichtig zu verstehen, was genau für ihre Entstehung verantwortlich ist.

Hindernisse bei der Kommunikation

Funklöcher können in jedem Funksystem vorkommen. Auch militärische Funkgeräte können unter gewissen Umständen ihre Gegenstation nicht erreichen. Im Gegensatz zum zivilen Mobilfunk, wo die Nutzerin bei Bedarf auch einen Ort mit besserem Empfang suchen kann, ist der Spielraum dafür bei militärischen Systemen weniger gross. In der Schweiz spielt die Topografie der Landschaft eine wichtige Rolle für Funkverbindungen. Es ist offensichtlich, dass es für Funksignale schwierig ist von einem Tal in das andere zu gelangen, da sich dazwischen hohe Berge auftürmen. Dies ist aber bei weitem nicht der einzige Grund für erschwerte Funkkommunikation.

Für die Übertragung von Daten digitalisieren moderne Funksysteme zunächst die zu übertragende Information und codieren diese in so genannte Funksymbole. Ein Symbol enthält dadurch eine bestimmte Informationseinheit und ist vergleichbar mit einem Wort einer Sprache. Je nach Übertragungsgeschwindigkeit sind diese Symbole von unterschiedlicher Dauer. Auf ihrem Weg vom Sender zum Empfänger werden die Signale an Objekten wie etwa Bergen oder Häusern in alle Richtungen reflektiert. Dadurch kommen sie, wie ein Echo, entsprechend ihrem zurückgelegten Weg, mit einer grösseren oder kleineren Verzögerung beim Empfänger an – man spricht von Mehrwegausbreitung. Ist der Unterschied der Ankunftszeiten der Symbole so gross, dass sich aufeinanderfolgende Symbole überlagern, wird es für das Empfangsgerät schwierig zu entziffern, um welches Symbol es sich tatsächlich handelt. Gibt es zu viele Fehlinterpretationen, geht eine gesendete Nachricht verloren, da sie nicht mehr korrekt rekonstruiert werden kann. Deshalb ist die maximal tolerierbare Verzögerungszeit eines Funksymbols eine zentrale Charakteristik eines Funksystems.

Somit stehen die Schweizer Berge für die Funkkommunikation nicht nur im Weg, sondern verhalten sich für Funksignale auch wie riesige Spiegel. Besonders im Mittelland sind die Echos an den weit entfernten Alpen problematisch.

Funksignale werden an Bergen reflektiert und treffen so verzögert beim Empfangsgerät ein. Dies kann zu Verbindungsproblemen führen.



i

FORSCHUNGSPROGRAMM KOMMUNIKATION

Im Forschungsprogramm Kommunikation werden die Kompetenzen zur fachlichen Beurteilung von Technologien zukünftiger militärischer Kommunikationssysteme aufgebaut. Dies ist besonders aufgrund der stets kürzeren Entwicklungszyklen von Informations- und Kommunikationstechnologien immer wichtiger. Systeme sind heute stets stärker vernetzt und haben so fast immer grosse Abhängigkeiten zu Kommunikationstechnologien.

Die Kompetenzfelder des Forschungsprogramms erstrecken sich von integrierten mobilen Kommunikationsnetzwerken über Methoden zur effizienten Anwendung des elektromagnetischen Raums bis zur umfassenden Modellierung und Simulation von Kommunikationsnetzwerken.

Ausbreitungsbedingungen für Funksignale können im Labor mit einem Kanalemulator nachgestellt werden.

Durch ihre Grösse sind die an ihnen reflektierten Signale von bedeutender Stärke und durch die grosse Entfernung entstehen lange Verzögerungen. Solche topografischen Gegebenheiten sind weltweit relativ selten anzutreffen und so ist es nicht verwunderlich, dass sie viele Funksysteme, die in anderen Ländern entwickelt wurden, in die Knie zwingen. Deshalb ist es bei der Beschaffung und Entwicklung neuer Funksysteme enorm wichtig, dass bereits früh getestet wird, ob und wie gut diese Systeme in der Schweiz funktionieren.

Labor- versus Feldtest

Für das Testen von Funksystemen scheint es deshalb auf den ersten Blick naheliegend, Feldtests in realer Umgebung durchzuführen. Dies hat aber gegenüber Labortests einige erhebliche Nachteile. Denn bei einem Feldtest können viele wichtige Parameter nur begrenzt oder gar nicht kontrolliert werden und so ist die Reproduzierbarkeit der Resultate oft schwierig. Dass Tests unter gleichen Bedingungen wiederholt werden können, ist jedoch essenziell, um eine Aussage zur Glaubwürdigkeit der Resultate machen zu können. Diese Probleme bestehen bei Labortests nicht, da die Bedingungen kontrollierbar sind. Dadurch sind die Tests reproduzierbar und der Personal- und Materialaufwand ist im Vergleich zu Feldtests gering. Die Herausforderung besteht aber darin, die Ausbreitungsbedingungen für die Signale im Labor so nah wie möglich an die Realität zu bringen.

Ausbreitungsbedingungen für Funksignale können im Labor mit einem sogenannten Kanalemulator nachgestellt werden. Dabei gibt man dem Gerät die definierten Verzögerungszeiten und die Stärke der unterschiedlichen Signalanteile vor. Diese Funksignale werden anschliessend via Kabel vom Sender zum Emulator geleitet, der sie entsprechend den Vorgaben verändert. Von dort gelangen sie über ein weiteres Kabel zum Empfänger. So kann genau festgestellt werden, unter welchen Bedingungen die Verbindung abbricht oder erheblich beeinträchtigt ist.

Reale Ausbreitungsbedingungen für Funksysteme simulieren

Um die realen Ausbreitungsbedingungen in der Schweiz erfassen zu können, haben wir im Rahmen des Forschungsprogramms «Kommunikation» ein System zur Vermessung von Funkkanälen entwickelt. Dieser sogenannte Channel-Sounder sendet ein speziell hierfür entworfenes Signal aus, welches bei einer Messstation empfangen wird. Anhand des empfangenen Signals können die Ankunftszeit und die Stärke jedes reflektierten Signalanteils bestimmt und damit die Charakteristik des Kanals genau vermessen werden.

Die Messungen zeigen deutlich, wo und weshalb es zu Verbindungsabbrüchen kommt. Sie bestätigen, dass gerade im Mittelland starke Reflexionen an Alpen- und Juraketten für Signalanteile mit grossen Laufzeitverzögerungen sorgen.



Das Messsystem kann in einen speziell für Messungen ausgerüsteten Puch Geländewagen installiert werden. Es besteht aus einem Sender, der ein speziell entworfenes Signal aussendet und einer mobilen Empfangsstation, die alle Signalanteile und deren Verzögerungen misst.

Kanalemulatoren sind in der Lage, einen Funkausbreitungskanal mit beliebiger Charakteristik nachzustellen. Dafür werden die Funksysteme über Kabel mit dem Emulator verbunden. Die Funksignale laufen dann anstatt durch die Luft durch den Emulator, der die Signale beliebig verzögern und abschwächen und so die echten, zuvor gemessenen Ausbreitungsbedingungen nachstellen kann.





Tests von Funksystemen im Labor erlauben die genaue Kontrolle der Bedingungen und sind reproduzierbar.

Die mit dem Kanalmesssystem und dem Kanalemulator gewonnenen Erkenntnisse sind eine grosse Hilfe bei der Evaluation von Funksystemen. So kann beispielsweise bei der Beschaffung und Entwicklung neuer Funksysteme schon früh im Labor festgestellt werden, ob diese aufgrund der einzigartigen Landschaft erhebliche Probleme haben werden.

Neben der Anwendung für Labortests bringen die gewonnenen Erkenntnisse noch weiteren Nutzen für Forschung und Entwicklung. So zum Beispiel bei der Verbesserung von Computermodellen: Die Landesvermessung wird immer genauer und mittlerweile sind sehr exakte dreidimensionale Modelle der Landschaft und sogar der Bebauung vorhanden. Diese Daten können verwendet werden, um mithilfe von Computermodellen die Ausbreitung der Funksignale vorherzusagen. Modelle sind immer eine vereinfachte Abbildung der Realität und, um deren Genauigkeit zu verbessern, sind Messungen sehr wertvoll. Die Computermodelle wiederum ermöglichen eine genaue Planung von Funknetzen, damit die gewünschte Abdeckung möglichst effizient und optimal erreicht wird.

Das Wissen über die Kanäle hilft auch wesentlich bei der Optimierung von neuen Signalformen. Jede Wellenform hat sehr viele Parameter, die für jede Situation und jeden Anwendungsfall separat optimiert werden müssen. Viele davon hängen auch stark von den Ausbreitungsbedingungen ab. Bei Kenntnis der Verzögerungszeiten, kann man die Wellenform an den konkreten Kanal anpassen und optimieren.

Wellenformen der neusten Generation, wie zum Beispiel für 5G vorgesehen, sind resistenter gegen Mehrwegausbreitung. Dafür muss hier mehr in die Signalverarbeitung investiert werden, was jedoch mit immer leistungsfähigeren Prozessoren möglich geworden ist.

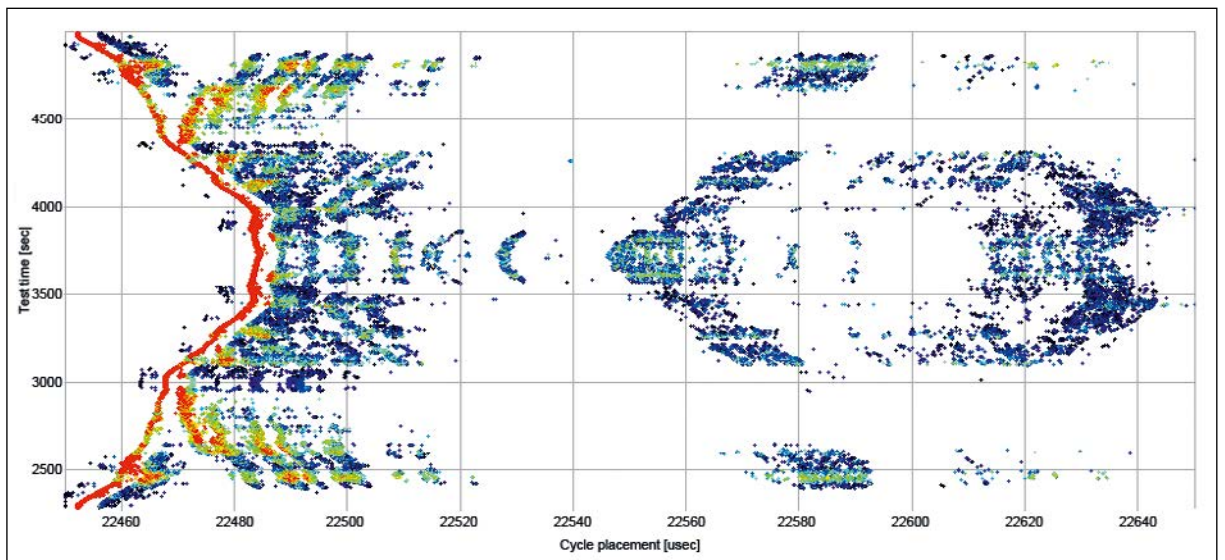
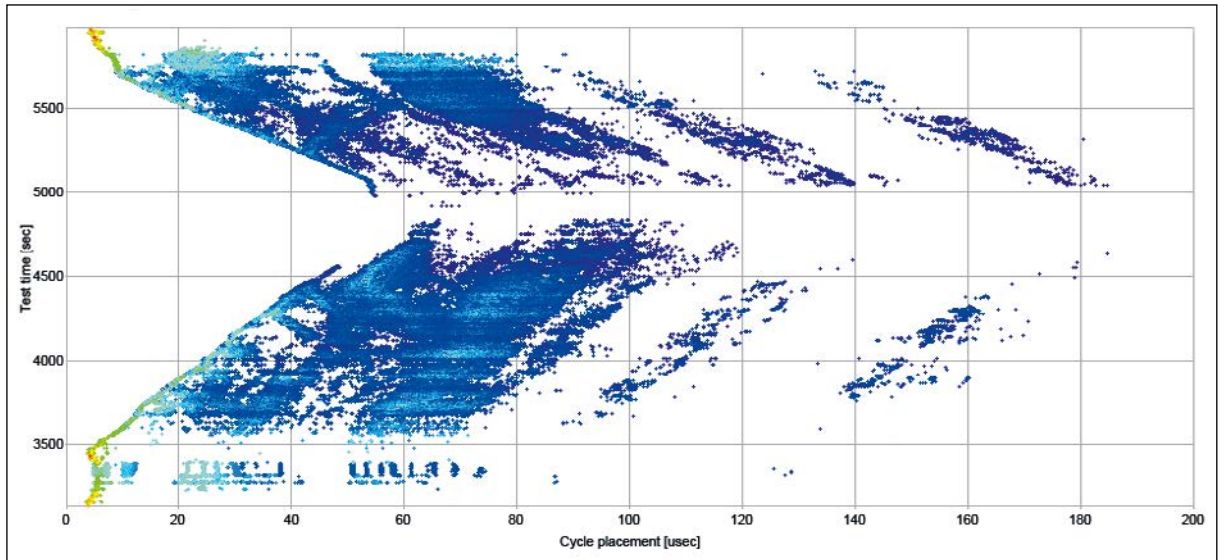
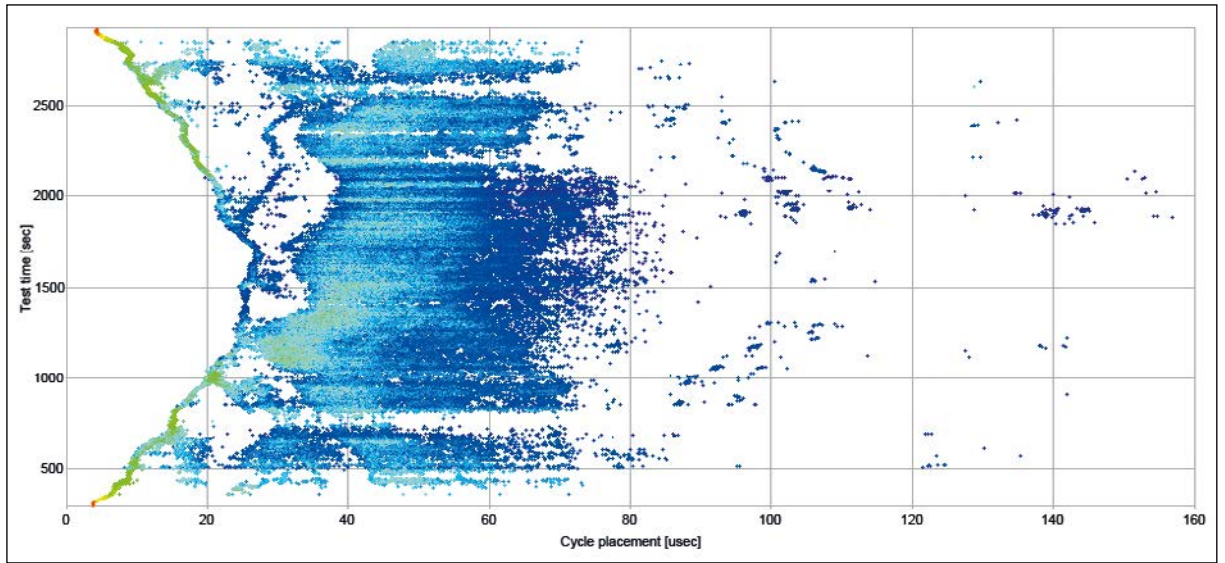
Dank der bisher gemachten Messungen wurden bereits einige der für die Funkausbreitung schwierigen Orte ausfindig gemacht. Die Messresultate werden laufend um neue Orte und Frequenzbereiche erweitert und in Datenbanken festgehalten. Somit kann hoffentlich bald mit Fug und Recht behauptet werden, dass wir die ganze Schweiz ins Labor geholt haben.

Die mit dem Kanalmesssystem und dem Kanalemulator gewonnenen Erkenntnisse sind eine grosse Hilfe bei der Evaluation von Funksystemen.



DR. CHRISTOF SCHÜPBACH
Leiter Forschungsprogramm und Stv. Leiter Fachbereich

Christof Schübach arbeitet seit 2012 bei armasuisse Wissenschaft und Technologie im Fachbereich Kommunikation und elektromagnetischer Schutz. Seine bisherigen Tätigkeiten umfassen Projekte im Bereich Funkaufklärung und elektronische Kriegsführung, Funktechnologien und Passivradar. International ist er in mehreren NATO Arbeitsgruppen und als Associate-Editor des IEEE AESS Magazin tätig. Die Leitung des Forschungsprogramms übernahm er 2020.



Resultate von Messfahrten in der Region Thun (oben und mitte) und im Waadtland (unten). Auf der senkrechten Achse wird die Zeit der Messung aufgetragen. Die farbigen Punkte zeigen auf, mit welcher Verzögerung ein Signalanteil beim Empfänger eintrifft. Je weiter rechts ein Punkt erscheint desto grösser war der Umweg, welcher das Signal zurücklegen musste. Die grössten Verzögerungen betragen bis zu 160 Mikrosekunden, was einem Umweg von fast 50 Kilometer entspricht.



«Können Sie uns unterstützen?»

Als die Anzahl der Infizierten und Todesfälle durch das neuartige Coronavirus auch in der Schweiz zu steigen begann, war es für die Schweizer Armee wichtig, rasch einen Überblick über die aktuelle Situation zu erhalten. Um Angehörige der Armee optimal einzuplanen, musste der Ressourceneinsatz über die gesamte Schweiz antizipiert werden. Dieser Aufgabe nahm sich die aufgrund der Corona-Pandemie neu gegründete Arbeitsgruppe «Operational Research» des Kommando Operationen zusammen mit der Expertengruppe «Operations Research und System Analyse» (ORSA) an.

Text: Dr. Michael Jäger



Die Schweizer Armee rief die Arbeitsgruppe Operational Research ins Leben, um die knappen personellen Armeeresourcen zur Eindämmung der Pandemie optimal einzuplanen und einzusetzen.

Als das Bundesamt für Gesundheit BAG im Februar dieses Jahres ihre ersten Corona-Infizierten vermeldete, handelte die Schweizer Armee schnell: Sie rief kurze Zeit später die Arbeitsgruppe Operational Research ins Leben mit dem Ziel, die knappen personellen Armeeresourcen für bevorstehende Einsätze zur Eindämmung der Covid-19-Pandemie optimal einzuplanen und einzusetzen. Breite Unterstützung holte sich diese temporäre Fachgruppe bei armasuisse Wissenschaft und Technologie (W+T). Und so kam zeitnah nach Entstehung des Teams eine Anfrage zur Unterstützung, worauf nur Stunden später der erste W+T-Mitarbeitende seine Arbeit aufnahm, um die Auswirkungen der vom Bundesrat getroffenen Massnahmen gegen die Ausbreitung des Covid-19-Virus in der Schweiz und – noch wichtiger – auf Kantonebene zu simulieren.

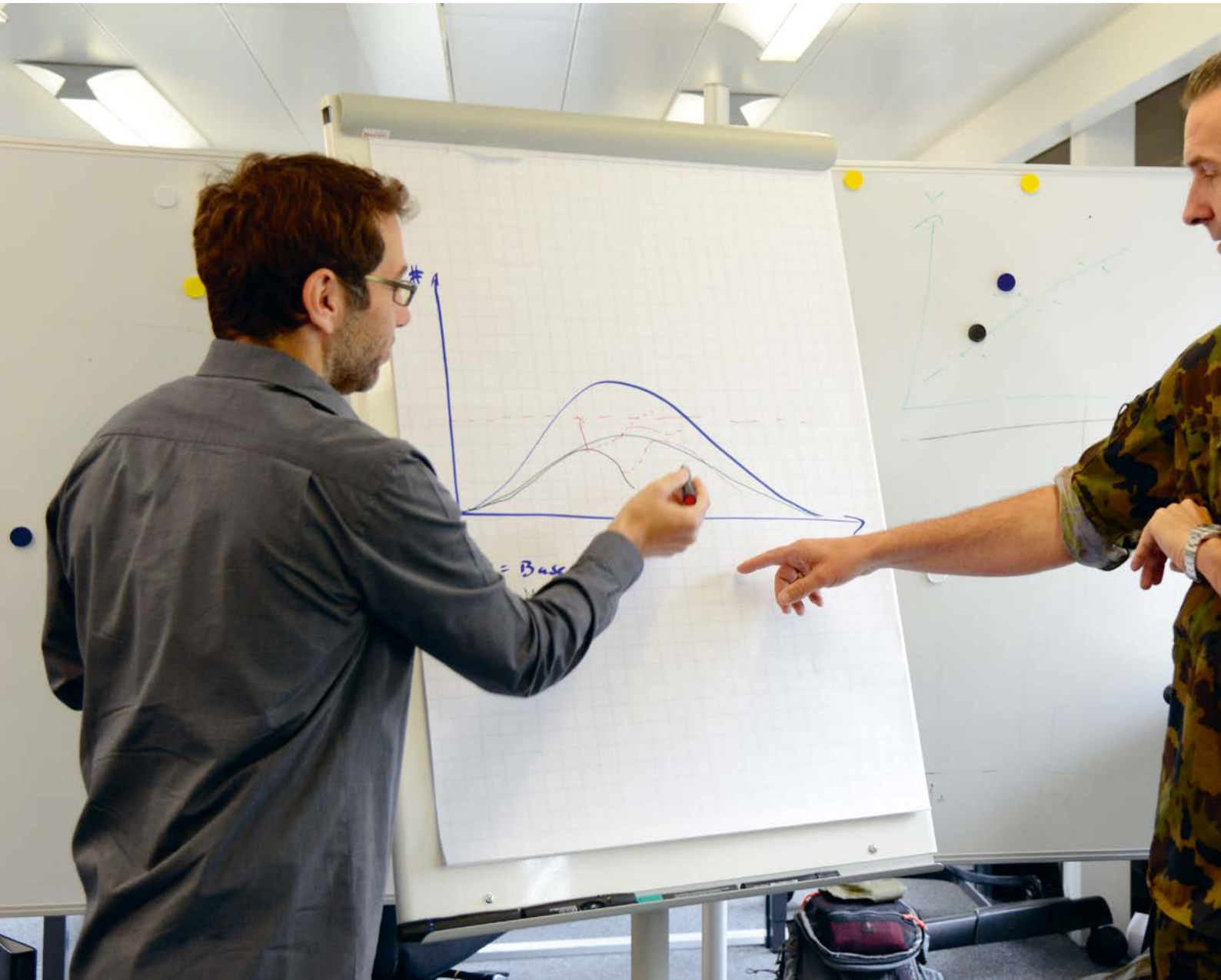
Hierfür sammelte die Arbeitsgruppe zuerst aus verschiedensten Datenquellen Informationen und Angaben zur derzeitigen Situation, etwa zur Anzahl bestätigter Infizierter oder zur Belegung von Spitalbetten, um ein umfassenderes Bild der aktuellen Lage zu erhalten. Mit diesen Daten erstellte das Team in einem nächsten Schritt optimistische wie auch pessimistische Zukunftsszenarien des weiteren Verlaufs der Virusausbreitung und der vorhandenen personellen wie auch materiellen Ressourcen in der Armee und im Gesundheitswesen.

Gemeinsames Verständnis dank vertieften Diskussionen
Die Grundlage zur Erstellung solcher Szenarien bildete ein Prognosetool, welches die Arbeitsgruppe und armasuisse in iterativer Zusammenarbeit entwickelte. Einer der

Dr. Michael Jäger erläutert Anwesenden der Arbeitsgruppe Operational Research die unterschiedlich simulierten Ausbreitungsszenarien des Coronavirus.



Teamwork – Mitglieder des Covid-19-Projektteams von armasuisse Wissenschaft und Technologie. V.l.n.r.: Michael Rügsegger, Nicola Venturi, Étienne Voutaz, Michael Jäger und Alessio Vaghi.



Die Arbeitsgruppe entwickelte Szenarien, um einzuschätzen, wie stark sich die verordneten Massnahmen auf die Eindämmung der Covid-19-Infektionen auswirken würden.

wichtigsten Nebeneffekte bei der gemeinsamen Erarbeitung und Entwicklung von Modellen ist, dass man sich dank vertieften und ausführlichen Diskussionen auf die wesentlichen Aspekte fokussieren muss, um schlussendlich ein gemeinsames Verständnis des Problems zu erlangen. Dies war auch bei dieser Zusammenarbeit nicht anders.

Dank des gemeinsam entwickelten Verständnisses konnte die Arbeitsgruppe Szenarien entwickeln, um einzuschätzen, wie stark sich die verordneten Massnahmen des BAG, insbesondere Grenzschiessungen, eingeschränkte Mobilität und Heimisolation, auf die Eindämmung der Covid-19-Infektionen auswirken würden. Zudem war es wichtig, eine mögliche Überlastung des Gesundheitswesens in den ein-

zelnen Kantonen vorherzusagen, damit die Armee frühzeitig eigenes Personal zur Unterstützung entsenden konnte.

Wie blinde Flecken aufgedeckt werden können

Generell ist eine Validierung, also die Bestätigung von eingesetzten Modellen und ihrer Resultate, durch den direkten Vergleich mit der Realität kaum möglich. Aus diesem Grund wurden Modelle der ETH Zürich, Universität Basel und Universität Bern zur Überprüfung der selbst berechneten und erstellten Zukunftsszenarien herangezogen. Modelle zum gleichen Thema können auf unterschiedlichen Annahmen zur Ausbreitung des Virus basieren und deshalb zu abweichenden Berechnungen führen. Für Aussenstehende ist dies oft schwierig zu verstehen. Jedoch stellen verschiedene



Kooperative Diskussionen zur Entwicklung eines gemeinsamen Problemverständnisses.

Die Arbeitsgruppe richtete für den regelmässigen gemeinsamen Austausch in Bern einen Task-Force-Raum ein, welcher die konstruktive Zusammenarbeit massgeblich begünstigte.

Einsatzanfragen reagieren und die Einsätze ihrer Armeeangehörigen planen. Zentraler Erfolgsfaktor war die enge und kontinuierliche Zusammenarbeit zwischen dem Bedarfsträger und den Modellentwicklern: Der Bedarfsträger, die Schweizer Armee, war von Beginn an involviert und in kleinen Schritten wurde das Modell gemeinsam erweitert. Alle Beteiligten lieferten ein Puzzleteil zur Lösung – sei es durch Datenaufbereitung bzw. Visualisierung oder Programmierung. Die Arbeitsgruppe Operational Research richtete für den regelmässigen gemeinsamen Austausch vor Ort an der Papiermühlestrasse 20 in Bern einen Task-Force-Raum ein, welcher auch in hektischen Zeiten die stets konstruktive Zusammenarbeit massgeblich begünstigte.

Wann man besser nicht nur auf das Bauchgefühl hören sollte

Was sind nun aber die wesentlichen Erkenntnisse aus dieser ausserordentlichen und engen Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Armee? In der NZZ konnte nachgelesen werden, dass «eine wacklige Modelleinschätzung mit offengelegten Annahmen immer noch viel besser als die realistische Alternative – Entscheide aufgrund von Bauchgefühlen ohne offengelegte Annahmen» – sei (Hansueli Schöchli, 21.04.2020). Die Bewältigung von Krisen mit Hilfe der Simulation lege aber vor allem vier Verhaltensweisen nahe. «Erstens: Man verwende verschiedene Modelle zur besseren Abstützung von Entscheiden und zur Spiegelung der Unsicherheiten. Zweitens: Man lege offen, auf welchen Modellrechnungen die Regierungsentscheide beruhen, damit der wissenschaftliche Diskurs vorankommen kann. Drittens: Man sammle möglichst viele Daten, um die Modellqualität laufend zu verbessern. Und viertens: Man zeige Demut.» (Hansueli Schöchli, 21.04.2020). Das Operational-Research-Team orientierte sich mit bestem Wissen und Gewissen während des gesamten Einsatzes an diesen vier Grundsätzen. Dies war in Zeiten von unvorhersehbaren Herausforderungen und plötzlich auftretenden Unsicherheiten der Schlüssel für abgestimmtes Handeln zur erfolgreichen Bewältigung solcher Krisen.

Modell für die Entscheidungstragenden einen grossen Mehrwert dar, da sie «blinde Flecken» aufdecken oder auf nicht bedachte Aspekte hinweisen.

Die Modellierung möglicher und unterschiedlicher Verläufe der Covid-19-Krise hinsichtlich Ausprägung, Ausmass und Dauer ermöglicht es der militärischen Führung, laufend Eventualplanungen für ihren Mittelaussatz (force generation) und den Mitteleinsatz (force deployment) zu erstellen und anzupassen. Die Arbeitsgruppe gliederte die verschiedenen Szenarien mit Hilfe echter Daten ab. So verbesserte sich das Modell täglich und wurde zunehmend relevant für die weitere Einsatzplanung von Ressourcen. Dadurch konnte die Schweizer Armee adäquat auf die Vielzahl von



DR. MICHAEL JÄGER
Wissenschaftlicher Projektleiter

Dr. Michael Jäger ist Wissenschaftlicher Projektleiter im Fachbereich Forschungsmanagement und Operations Research. Im Arbeitsalltag beschäftigt er sich mit Modellierungen und Simulationen im Bereich Operations Research und Systemanalysen. Weiter ist er als Teilprojektleiter Technologie im Projekt Bodlup (Bodengestützte Luftverteidigung) Grosse Reichweite tätig. Per 1. April wäre eigentlich ein armasuisse-interner Wechsel ins Technologiemanagement geplant gewesen. Covid-19 hat diesen Plan über den Haufen geworfen – der Stellenwechsel musste einige Monate warten. Während der ungewissen Phase der Corona-Krise arbeitete er eng mit dem Kommando Operationen der Schweizer Armee an Lösungen zur Bewältigung dieser Krise.



Leistungsvermögen in der Luftfahrt

Kampfjetpilotinnen und -piloten stehen während ihren Missionen unter hoher Belastung. Dabei kann Sauerstoffmangel zu gefährlichen Situationen führen. Das Fliegerärztliche Institut (FAI) der Schweizer Luftwaffe hat zusammen mit armasuisse Wissenschaft und Technologie ein Verfahren entwickelt, um Risiken des Sauerstoffmangels während des Flugs zu minimieren. Ein Interview mit Mathias Aebi, Doktorand in Höhenphysiologie am FAI in Kollaboration mit Sport Wissenschaft Institut (ISSUL) in Universität Lausanne.

Interview mit Mathias Aebi geführt von Dr. phil. Philip Noser

Mit der Unterdruckkammer ist es möglich, unterschiedliche Höhen zu simulieren, insbesondere einen Sauerstoffmangel, welcher für Pilotinnen und Piloten während ihren Missionen gefährlich sein kann.

Mathias Aebi, was macht es für Sie besonders interessant, im Auftrag der armasuisse am FAI für die Luftwaffe zu forschen?

Die Luftwaffe verfügt über die einzige Unterdruckkammer der Schweiz. Mit dieser ist es möglich, unterschiedliche Höhen zu simulieren, insbesondere einen Sauerstoffmangel, welcher für Pilotinnen und Piloten während ihren Missionen gefährlich sein kann. Als Beispiel: In nur 1,5 Minuten simuliert die Kammer einen Aufstieg auf 5500 Höhenmeter. So wird eine rasche Dekompression, also ein Druckabfall, nachgeahmt.

Welche Fragestellungen verfolgen Sie am FAI?

Ich interessiere mich für die Auswirkungen eines Sauerstoffmangels, Hypoxie genannt, und eines Unterdrucks, in der Fachsprache als Hypobarie bekannt, auf unter-

schiedliche physiologische Reaktionen und kognitive Funktionen des Menschen, die während eines Fluges auftreten können.

Wie gehen Sie bei Ihren Versuchen vor?

Den Luftdruck, den man in Berghöhen vorfindet, entspricht der Hypobarie-Situation. Dieser ist tiefer als im Flachland – umso höher, desto «dünner» wird die Luft. Diesen Sauerstoffmangel in verschiedensten Höhenlagen simulieren wir in der Unterdruckkammer, indem wir darin den barometrischen Druck senken. Durch diesen Rückgang des Luftdrucks kann der Mensch weniger Sauerstoff aus den Lungen in den Blutkreislauf aufnehmen.

Bei der Normobarie hingegen besteht ein Sauerstoffmangel bei normalem Luftdruck, wie dieser in der Flachebene

Mathias Aebi installiert die Messgeräte am Kopf von Tim im Merriam vor dem experimentellen Test auf dem Fahrrad.



Wir erforschen, welche körperlichen Reaktionen die Abnahme des atmosphärischen Luftdrucks für dieselbe simulierte Höhe im Menschen auslösen

vorzufinden ist. Der Sauerstoffmangel wird hier durch die Abnahme der Sauerstoffkonzentration verursacht. Wir erforschen, welche körperlichen Reaktionen die Abnahme des atmosphärischen Luftdrucks für dieselbe simulierte Höhe im Menschen auslösen. So machen wir zum Beispiel in der Unterdruckkammer Messungen in simulierten 5500 Höhenmetern bei einer Hypobarie oder durch Einatmen von Luft mit nur 11 Prozent Sauerstoff (statt wie normal knapp 21 Prozent) bei einer Normobarie.

In der Regel sind Piloten aber keiner Hypoxie ausgesetzt, daher interessieren wir uns auch für die möglichen Auswirkungen eines Unterdrucks, Hypobarie genannt, bei normalem Sauerstoffgehalt, auch als Normoxie bekannt. Daher vergleichen wir zusätzlich auch einen Zustand in Normobarie Normoxie (NN-) in einer Höhe von etwa 440 m.ü.M. mit 20,9% Sauerstoff sowie einen Zustand in Hypobarie Normoxie (HN-), welcher dem Zustand im Cockpit eines Flugzeugs entspricht. Am FAI versuchen

Tim Merriam beim Konzentrationstest.



Der Proband Tim Merriam während eines simulierten Aufstiegs auf 5500 m mit 100 Prozent Sauerstoff durch die Maske - unter medizinischer Überwachung durch Andres Kunz (links, Direktor und Arzt des FAI).



Mathias Aebi gibt Tim Merriam letzte Anweisungen.



DAS FLIEGERÄRZTLICHE INSTITUT DER LUFTWAFFE FAI

Das Fliegerärztliche Institut der Luftwaffe in Dübendorf ist das schweizerische Kompetenzzentrum für medizinische und psychologische Beurteilungen von Personen in Bezug auf Sicherheit und Leistung in den Bereichen militärische und zivile Aviatik, Transport und Management. Es hat den Auftrag, die Anwärterinnen und Anwärter für den Pilotenberuf auf ihre Eignung und Gesundheit hin zu überprüfen. Die strenge Auswahl und die engmaschige Betreuung der Pilotinnen und Piloten dienen dem Ziel, die Missionserfüllung im anspruchsvollen Umfeld der Militäraviatik sicherzustellen und das Fliegen sicherer zu machen. Neben den Piloten gehören weitere Spezialisten wie Fallschirmaufklärer, Drohnenoperatoren, Bordoperatoren und Generalstabsanwärter zu den Kundengruppen des FAI. Das FAI führt in Zusammenarbeit mit armasuisse angewandte Forschungsarbeiten durch, so auch jene von Mathias Aebi.

Das FAI umfasst die Sektionen Flugmedizin, Flugpsychologie und den Stab Direktor FAI. Das Team von rund 35 Spezialistinnen und Spezialisten besteht unter anderem aus Fliegerärztinnen und -ärzten, Flugpsychologinnen und -psychologen, flugmedizinischem Fachpersonal, Sportwissenschaftlern sowie Physiotherapeutinnen und -therapeuten. Das FAI ist missionsrelevantes Schlüsselgelände der Luftwaffe und als Aeromedical Center nach den Richtlinien der European Aviation Safety Agency EASA und der Federal Aviation Authority FAA akkreditiert.



Es ist für Pilotinnen und Piloten wichtig, die möglichen Anzeichen und Auswirkungen eines Sauerstoffmangels in diesen beiden Situationen zu kennen.

wir deshalb auch, die mögliche Wirkung des Abfalls des barometrischen Drucks bei Normoxie zu bewerten.

Welche Auswirkungen hat das auf die Probanden?

Damit die Pilotinnen und Piloten rechtzeitig eine Normobarie erkennen und diese korrigieren können, trainieren Schweizer Jetpilotinnen und -piloten in einem Flugsimulator in Payerne. Um hingegen die Anzeichen einer Hypobarie zu erkennen, werden sie einmal während ihrer Pilotenausbildung unter Aufsicht des medizinischen Personals des FAI in der speziellen Unterdruckkammer der Hypobarie ausgesetzt. Es ist für Pilotinnen und Piloten wichtig, die möglichen Anzeichen und Auswirkungen eines Sauerstoffmangels in diesen beiden Situationen zu kennen. Sie müssen wissen, wie sich der Körper und die kognitiven Funktionen während des Sauerstoffmangels mit und ohne Abfall des Luftdrucks selbst regulieren können.

Was haben Sie genau gemessen?

An der Studie haben freiwillige Studierende der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Winterthur teilgenommen. Wir bewerteten die Konzentrationsleistung sowie die auftretenden Symptome der Probanden während den verschiedenen Sauerstoff- sowie Druckbedingungen. Die Tests fanden bei leicht intensiven Aktivitäten auf einem Fahrrad innerhalb der Unterdruckkammer statt. Aus physiologischer Sicht haben wir unter anderem folgende Körperreaktionen gemessen:

Die Unterdruckkammer der Luftwaffe in Dübendorf.



Sauerstoffsättigung des Blutes, Herzfrequenz, Sauerstoffversorgung des Gehirns, Blutgeschwindigkeit im Gehirn, elektrische Aktivität des Gehirns, Gasaustausch, zerebrale Vasoreaktivität gegenüber Änderungen der CO₂-Konzentration, und Blutdruckregulierung.

Zu welchen Erkenntnissen sind Sie bisher gekommen?

Unsere Ergebnisse zeigen die unterschiedlichen Auswirkungen von Hypoxie und Hypobarie auf die physiologischen Reaktionen von Menschen in Ruhe. Die physiologischen Reaktionen während einer Anstrengung, etwa Radfahren, scheinen bei HH stärker ausgeprägt zu sein als bei NH, wo eine geringere Sauerstoffsättigung und höhere Herzfrequenz bei gleicher Intensität vorkommt. Die Ergebnisse zeigen, dass ein Sauerstoffmangel bei tiefem Luftdruck schwerere Folgen haben kann als bei Normobarie. Dies bestätigt, dass Hypobarie den Effekt eines Sauerstoffmangels verstärkt. Daher ist es für Pilotinnen und Piloten unerlässlich, sich ihrer Symptome und physiologischen Reaktionen auf normobare und hypobare Hypoxie bewusst zu sein, falls diese während einer Mission auftreten.

Dr. med. Denis Bron (links) und Mathias Aebi (rechts). Mathias Aebi wurde auf dem DGLRM-Kongress in Berlin ausgezeichnet (2019).





Was hat Sie am meisten überrascht?

Es ist die Vielfalt der Symptome, die eine Person haben kann, wenn sie einer akuten Hypoxie ohne vorgängige Akklimatisierung ausgesetzt ist. Es ist unmöglich vorherzusagen, wie ein Pilot oder eine Pilotin bei auftretenden Symptomen eines Sauerstoffmangels reagieren wird oder kann. Einige werden sich schlecht oder sehr müde fühlen, während andere sich etwas oder sogar sehr euphorisch fühlen.

Es ist besonders wichtig, den Pilotinnen und Piloten die individuell unterschiedlich auftretenden Symptome von Sauerstoffmangel in verschiedenen Situationen bewusst zu machen, damit diese schnell erkannt werden, falls sie während des Fluges auftreten.

Wer sind die Nutzenden Ihrer Erkenntnisse?

In erster Linie betreiben wir angewandte Forschung. Diese erweitert unser Wissen zu den Auswirkungen von Hypoxie und Hypobarie auf die physiologischen Regulationen des Menschen im Umfeld der Aviatik. Die Resultate aus den Experimenten in der Unterdruckkammer dienen der Schweizer Luftwaffe, beziehungsweise den Flugzeugpilotinnen und -piloten. Dank der Forschung und den Ergebnissen des FAI kann die Armee die Ausbildung ihrer Militärpilotinnen und -piloten stetig anpassen und diese auf mögliche Schwierigkeiten und Risiken vorbereiten.

Wo finden Ihre Forschungsergebnisse Anwendung?

Die Ergebnisse präsentiere ich auf internationalen wissenschaftlichen Kongressen, zum Beispiel auf dem Jahreskongress der Aerospace Medical Association in den USA. Auch habe ich mit der Forschung zum Sauerstoffmangel eine Auszeichnung vom Aerospace Medicine Student and Resident Organisation Scientific Committee für

junge Wissenschaftler entgegen nehmen dürfen. Hinzu kommen Veröffentlichungen in verschiedensten international ausgerichteten wissenschaftlichen Zeitschriften, in welchen wir unsere Ergebnisse der wissenschaftlichen Gemeinschaft zur Validierung und Begutachtung publizieren.

Die Zusammenarbeit des FAI mit armasuisse wird auch in Zukunft fortgeführt. Wir planen spannende Projekte, wie zum Beispiel die Beurteilung von Teamleistungen in anspruchsvollen soziotechnischen Systemen. Die Erkenntnisse aus dieser Forschung sollen in die Praxis übertragen und umgesetzt werden. Diese können auch in neue oder angepasste Reglemente der Armee einfließen.



DR. PHIL. PHILIP NOSER
Chef Flugpsychologie im FAI

Die Tätigkeiten von Philip Noser umfassen Tauglichkeits- und Eignungsabklärungen bei Kandidaten, Ausbildung und Betreuung von Pilotinnen und Piloten sowie der weiteren Kundengruppen des FAI bis hin zu Kriseninterventionen und die Betreuung von Betroffenen und Angehörigen nach einem Unfall.



ERKENNTNISSE DER STUDIE

- Die Symptome eines Sauerstoffmangels bei einem tiefen Luftdruck, in der Fachsprache bekannt unter HH-Bedingung, scheinen schwerer und vielfältiger zu sein als bei einem Sauerstoffmangel mit normalem Luftdruck, auch NH-Bedingung genannt. Bei einigen Probanden mussten wir die HH-Bedingung wegen auftretender Übelkeit und niedriger Sauerstoffsättigung des Blutes, etwa 60 Prozent gegenüber 99 Prozent bei Normobarie, frühzeitig beenden.
- Die Konzentrationsleistung wird auf 3000 Metern über Meer bei HH-Bedingungen aufrechterhalten. Diese verringert sich jedoch bei 5500 Höhenmetern sowohl mit NH- als auch HH-Bedingungen. Eine direkte Beziehung zwischen dem Sauerstoffanteil im Blut und der Konzentrationsleistung ist erkennbar.
- Die Sauerstoffversorgung des Gehirns ist bei Hypoxie vermindert und scheint unter HH-Bedingungen geringer zu sein als unter NH-Bedingungen.
- Die Versuchspersonen zeigen in 5500 Höhenmetern eine grössere Ermüdung als in 3000 Metern. Hirnwellen aus der Elektroenzephalographie bestätigen diese intellektuelle Ermüdung.
- Bei der HN-Bedingung sind die Konzentrationsleistung und die physiologischen Parameter gegenüber der NN-Bedingung nur geringfügig verändert.



MATHIAS AEBI

Mathias Aebi hat sein Studium als Sportlehrer und Wissenschaftler an der Universität Lausanne (UNIL) in der Abteilung des Instituts für Sportwissenschaften (ISSUL) abgeschlossen. Seine Masterarbeit befasste sich mit dem Thema der Bewegungsphysiologie in hypoxischer Umgebung, also Bewegung mit wenig Sauerstoff.

Die Resultate dieser Masterarbeit motivierten die Fachspezialisten des FAI, eine Zusammenarbeit zwischen dem FAI und der Universität Lausanne UNIL zu starten. Dazu hat armasuisse Wissenschaft und Technologie als verantwortliche Stelle für die Forschung im Bereich Verteidigung des VBS die kommerziellen Rahmenbedingungen geschaffen. Als Doktorand (Ph.D Student) am FAI konnte Mathias Aebi verschiedene Probanden in einer Unterdruckkammer auf ihre Reaktionen bei Sauerstoffmangel testen. Mathias Aebi erarbeitet seine Dissertation gemeinsam mit Professor Grégoire Millet (UNI Lausanne) und seinem Betreuer Dr. med. Denis Bron (Chef Flugmedizin am FAI).



Dr. David Thévenaz, einer der Entwickler der akustischen Analyse-methode, untersucht eine Schutzplatte mit seinem Messgerät.

Schutzwesten im Sicherheitstest

Die beschusshemmenden Westen der Schweizer Armee enthalten hochleistungsfähige, aber zerbrechliche Keramikplatten. Diese können durch fehlerhafte Handhabung – zum Beispiel Fallenlassen – beschädigt werden: Risse entstehen, welche selbst dann, wenn der Defekt mit blossen Auge unsichtbar ist, den ballistischen Schutz erheblich verringern. Um die Sicherheit der Angehörigen der Armee sicherzustellen, ist es wichtig, über ein Testverfahren zu verfügen, mit dem sich der Zustand der eingesetzten Platten zuverlässig und schnell beurteilen lässt.

Text: Dr. André Koch

Schutzkleidung gehörte schon immer zur Ausrüstung eines Kämpfers bzw. einer Kämpferin. Die Entwicklung von der ältesten bekannten Rüstung bis zu den neuesten kugelsicheren Westen zeigt, dass Schutzkleidungen immer wirksamer werden.

Doch fragt sich nun Rekrut Hartmann, der kurz vor dem Einrücken in die Rekrutenschule steht, ob seine Schutzweste ihm wirklich den Schutz bieten wird, den sie verspricht.

Eine moderne beschusshemmende Weste schützt Brust, Bauch und Rücken. Gegen Handfeuerwaffen reicht oft eine Weste mit einer Vielzahl an Schichten aus Hochleistungskunstfasern wie z.B. dem Stoff Aramid. Zum Schutz vor leistungsfähigeren Schusswaffen, etwa einem Sturmgewehr

oder einer Kalaschnikow, ist synthetisches Gewebe aber noch nicht ausreichend. Deshalb werden Keramikplatten in die Schutzweste eingefügt.

Keramik ist ein extrem hartes Material: Eine nur wenige Zentimeter dicke Keramikplatte kann das Projektil eines Sturmgewehrs aufhalten. Jedoch ist Keramik auch sehr spröde. Ein harter Schlag führt zu Rissen in der Platte und vermindert ihre ballistische Wirksamkeit.

armasuisse W+T hat ein Forschungsprojekt gestartet, um den Zustand von keramischen Schutzplatten zuverlässig zu beurteilen. Damit kann gewährleistet werden, dass die Schutzwesten den Angehörigen der Armee den erwarteten Schutz bieten.



Links die Dendra-Rüstung aus dem 15. Jahrhundert v. Chr., die älteste bekannte westliche Rüstung; in der Mitte eine deutsche Rüstung von 1918; rechts die Ausrüstung der Schweizer Armee mit beschusshemmender Weste (2018).

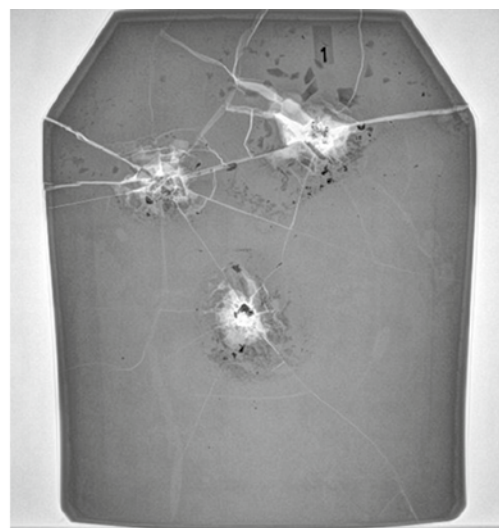
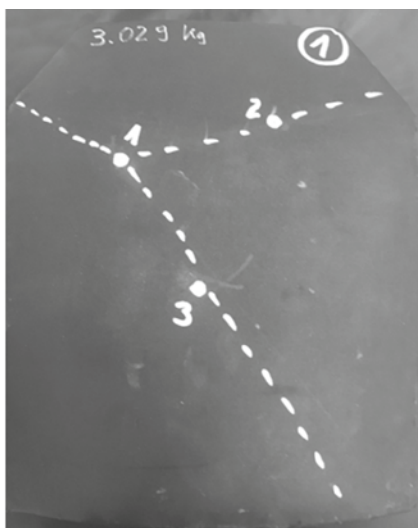


Je nach Ausrichtung, Position und Grösse ist ein Bruch auf dem Röntgenbild schwer zu erkennen.

Prüfung des Zustands einer ballistischen Schutzplatte

Der Zustand der keramischen Schutzplatten wird in der Regel anhand von Röntgenaufnahmen beurteilt: Beschädigungen an der Platte, wie beispielsweise Risse, erscheinen kontrastreich auf dem Röntgenbild, während sie bei der Inspektion mit dem blossen Auge oft unsichtbar bleiben. Dieses Kontrollsystem ist wirksam, aber wegen der Strahlenschutzmassnahmen teuer und zeitaufwändig. Und je nach Ausrichtung, Position und Grösse ist ein Bruch auf dem Röntgenbild schwer zu erkennen. Aus diesen Gründen braucht es eine alternative

Inspektionsmethode. Derzeit entwickeln Dr. David Thévenaz und Philippe Drapela von armasuisse zusammen mit der Ingenieurschule Haute Ecole Arc in Le Locle eine akustische Bewertungsmethode, welche den Prozess der Prüfung von Keramikschutzplatten vereinfachen und beschleunigen soll. Ihre Idee ist, die Platte in Schwingungen zu versetzen. Die induzierten Vibrationen stehen in Beziehung zu den inneren Kräften in der Platte. Defekte wie Risse ändern diese, was sich akustisch detektieren lässt. Wird eine Keramikplatte durch einen Finger leicht angetippt, widerspiegelt der



Links das Röntgenbild einer durch einen Schlag beschädigten Platte; Risse sind erkennbar. In der Mitte dieselbe Platte im sichtbaren Licht: Die unauffälligen Risse wurden mit einem Filzstift markiert und die Platte wurde für einen Schiessversuch vorbereitet. Rechts die Platte nach dem Schiessetest: Das auf die Stelle 1 abgefeuerte Geschoss durchschlug die Schutzplatte. Eine Platte in gutem Zustand hätte das Projektil aufgehalten.



Die Analyse der akustischen Eigenschaften erlaubt also eine schnelle Erkennung von Defekten, da selbst kleinste Risse die akustische Signatur einer Schutzplatte ändern.

abgestrahlte Ton ihren Zustand: Ist sie in Ordnung, klingt der ausgestrahlte Schall für das menschliche Ohr angenehm; eine beschädigte Schutzplatte erzeugt dagegen ein Geräusch, das dem einer gesprungenen Glocke ähnelt. Die Analyse der akustischen Eigenschaften erlaubt also eine schnelle Erkennung von Defekten, da selbst kleinste Risse die akustische Signatur einer Schutzplatte ändern.

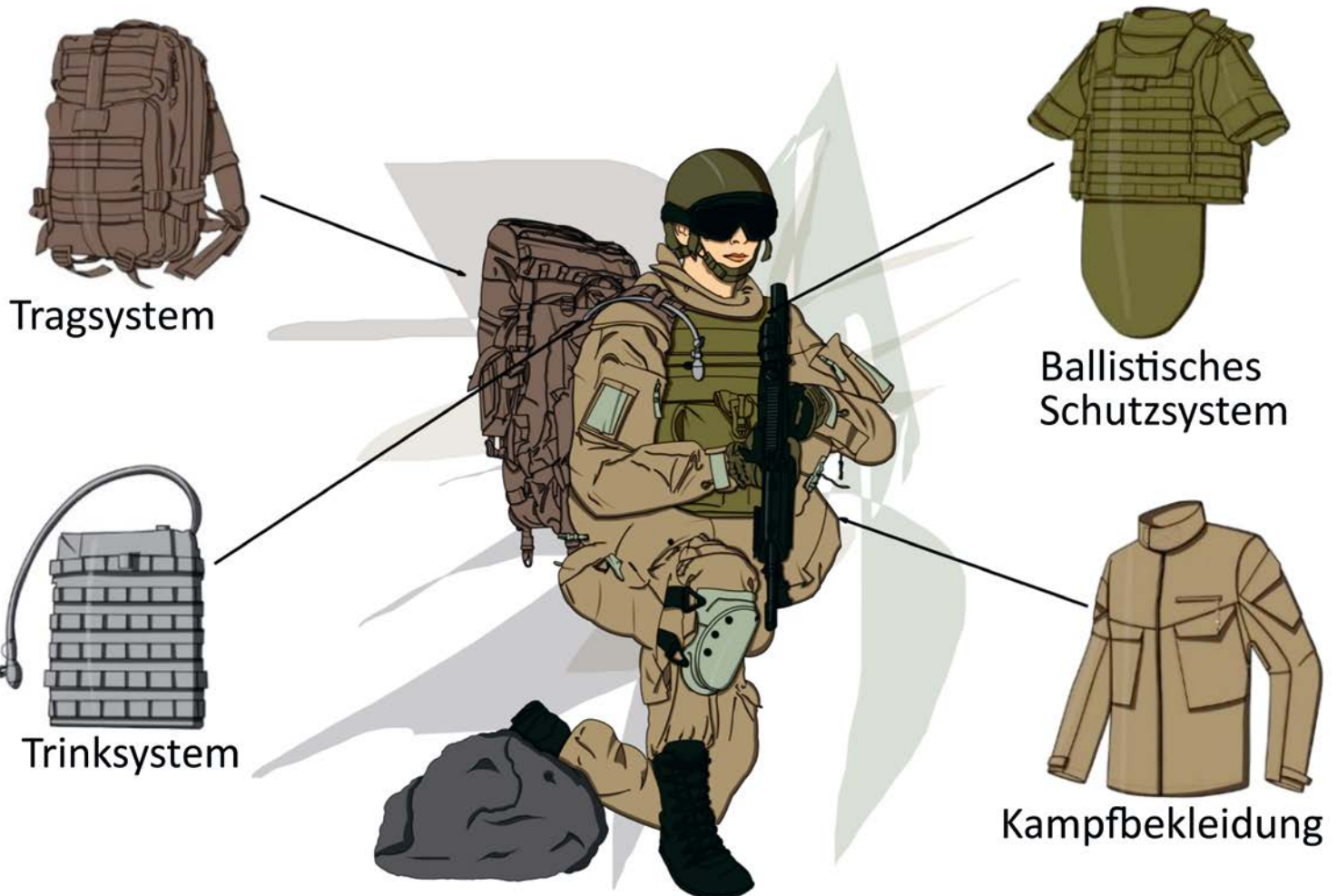
Allgemeingültigkeit der akustischen Analyse

Die Methode der akustischen Analyse von Schutzplatten birgt mehrere Vorteile. Sie ist einfach zu implementieren, leicht zu bedienen und sowohl schnell als auch kostengünstig anwendbar. Die Abbildung auf Seite 44 zeigt einen der ersten Demonstratoren, mit welchem armasuisse W+T das Potenzial dieses neuen Analyseverfahrens aufgezeigt hat. Dazu wurden mehrere hundert Platten des Typs «Plastron 96» der Schweizer

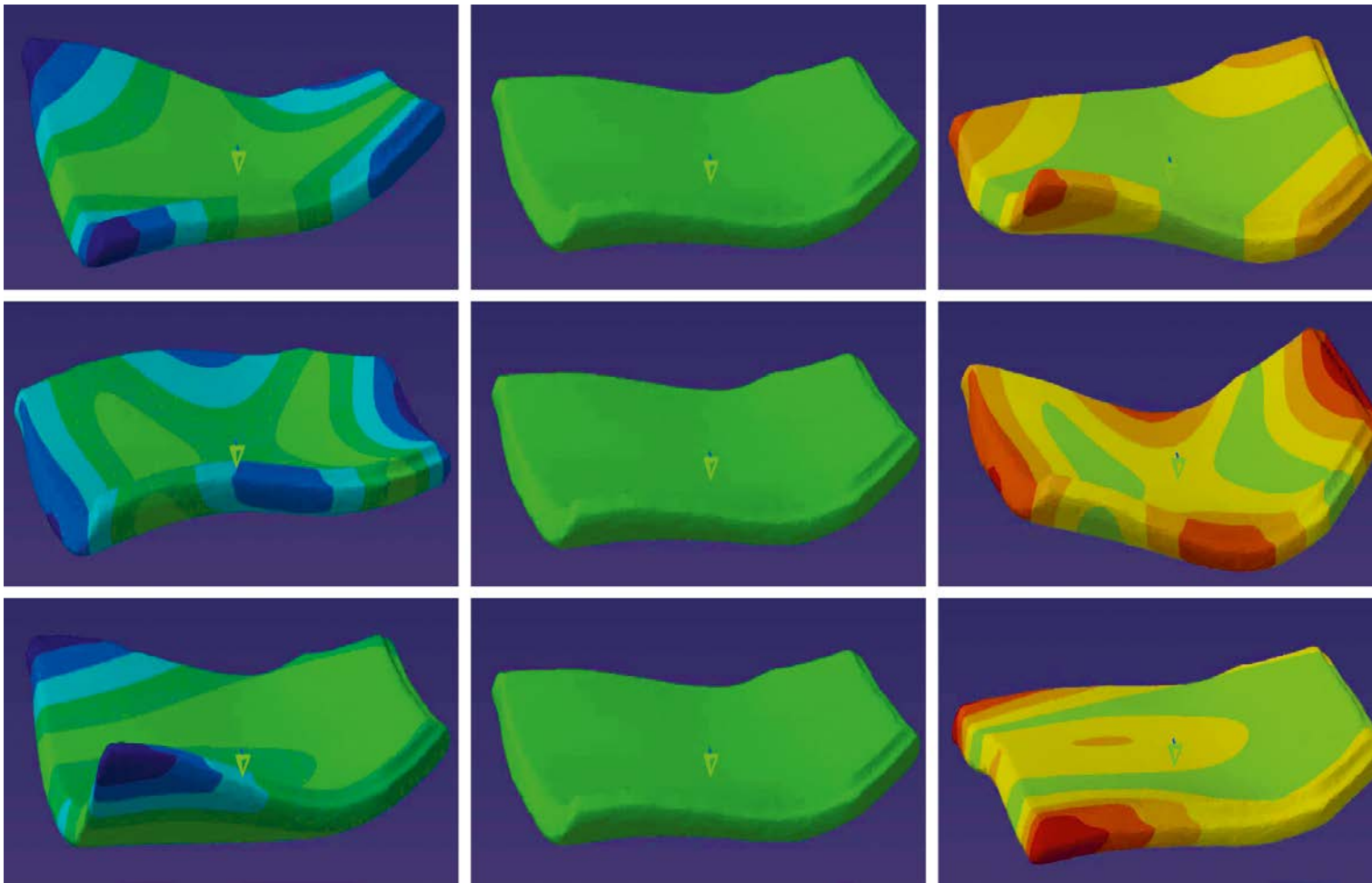
Armee erfolgreich getestet. Die erzielten Ergebnisse, die auf internationalen Symposien vorgestellt wurden, haben das Interesse verschiedener europäischer Nationen geweckt. Dies hat armasuisse W+T dazu veranlasst, einen eigenen Workshop zu organisieren. An diesem konnten ausländische Teilnehmende die Methode der akustischen Risserkennung an Schutzplatten testen, welche die Streitkräfte in den jeweiligen Ländern verwenden. Dabei zeigte sich, dass das beschriebene Verfahren bei den verschiedensten Platten mit hoher Effizienz angewendet werden kann. Das Messgerät befindet sich aber noch im Versuchsstadium, wobei eine Weiterentwicklung und Kommerzialisierung durch eine Firma durchaus denkbar ist. So könnte künftig die Anzahl der eingesetzten Sensoren erhöht werden, um die Schallaufnahme zu verbessern und dadurch auch die Analyse von Platten mit sehr unterschiedlichen Formen zu ermöglichen.

Wie weiter

Die Aussagen der akustischen Analyse sollen in den kommenden Monaten statistisch erhärtet werden. Sobald dies erfolgt ist, wird diese neue Prüfungsmethode in der Schwei-



Das ballistische Schutzsystem ist ein wichtiger Bestandteil des Schweizer modularen Bekleidungs- und Ausrüstungssystems für militärische Einsätze. Je nach Bedarf kann zwischen einem einfachen Plattenträger oder einer klassischen Schutzweste mit dazugehörigem Kragen und Unterleibsschutz gewählt werden.



Numerische Berechnung der Eigenschwingungen einer Schutzplatte. Von oben nach unten sind die drei einfachsten Schwingungsmuster dargestellt und von links nach rechts drei verschiedene Momentaufnahmen. Die Deformationsamplituden sind stark übertrieben, um sie sichtbar zu machen. Jedes Schwingungsmuster hat einen charakteristischen Klang, welcher akustisch erkennbar ist.

zer Armee implementiert, damit zukünftig die verwendeten ballistischen Schutzplatten systematisch geprüft werden können. Jede Platte wird dann in einer Datenbank mit ihren Schwingungsspektren verknüpft sein. Bei späteren Kontrollen können die gemessenen Daten mit vorherigen Daten sowie dem Neuzustand verglichen werden. Defekte Platten werden damit erkannt und ausgetauscht oder so gekennzeichnet, dass sie nur noch für Schulungen verwendet werden dürfen. So kann der ballistische Schutz für die Angehörigen der Armee gewährleistet werden – schnell und kostengünstig!

Der ballistische Schutz für die Angehörigen der Armee wird gewährleistet – schnell und kostengünstig!

Dank armasuisse Wissenschaft und Technologie weiss nun Rekrut Hartmann, dass die heute im Einsatz stehenden Schutzwesten immer mehr aushalten können. Und er weiss auch, dass dank der schnell durchführbaren akustischen Analyse intakte von beschädigten Schutzwesten einfach unterschieden werden können. Mit dieser positiven Information kann Rekrut Hartmann unbesorgt seinen Dienst antreten.



DR. ANDRÉ KOCH
Leiter Forschungsprogramm

André Koch arbeitet seit 2010 als Leiter Forschungsprogramm Wirkung, Schutz und Sicherheit bei armasuisse W+T. In seinem Forschungsprogramm werden wehrtechnische Entwicklungen im Bereich der kinetischen, chemischen, thermischen und elektromagnetischen Wirkmittel verfolgt. Auch werden die Einflüsse der Umgebung auf Materialien untersucht, welche für den ballistischen Schutz eine Rolle spielen. Ziel ist es aus den Materialcharakteristiken auf die ballistische Schutzwirkung schliessen zu können.



Auf dem Bild ist die echofreie Kammer von armasuisse W+T zu sehen. Die Wände dieses Raums absorbieren elektromagnetische Wellen fast vollständig. Diese einzigartige Eigenschaft ermöglicht es, die Abstrahlung elektromagnetischer Wellen oder deren Streuung an Objekten unter idealen Bedingungen zu messen. Atmosphärische Einflüsse und die Rückstreuung durch unbeteiligte Objekte können weitgehend ausgeschlossen werden. Die erzielten Resultate sind dadurch reproduzierbar und vergleichbar. Dies ist wichtig, wenn die elektromagnetische Abstrahlung von Kommunikations- oder Aufklärungssystemen charakterisiert werden sollen, aber auch bei der Bestimmung des Rückstreuverhaltens möglicher Zielobjekte. Das Bild zeigt die Radarvermessung eines miniaturisierten Flugobjektes.