



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

# 2012

## Forschung armasuisse Factsheets



**armasuisse**

Wissenschaft und Technologie

Feuerwerkerstrasse 39

CH-3602 Thun

**[sicherheitsforschung.ch](http://sicherheitsforschung.ch)**

## **Copyright**

armasuisse  
Wissenschaft und Technologie  
Feuerwerkerstrasse 39  
3602 Thun

## **Ansprechpartner**

Leiter Forschung  
Dr. Ivano Marques; Tel.: 033 228 29 01  
ivano.marques@armasuisse.ch

Stellvertretender Leiter Forschung  
Gaston Rubin; Tel.: 033 228 25 97  
gaston.rubin@armasuisse.ch

<http://www.sicherheitsforschung.ch>

## Forschung schafft und vernetzt Kompetenzen für unsere Sicherheit



Das vorliegende Dokument informiert über Forschungsaktivitäten, die armasuisse im Auftrag der Armeeplanung durchführt. Die Forschungsprogramme mit den Kompetenzfeldern und Forschungsprojekten sind das Resultat der Zusammenarbeit aller beteiligten Partner, welche mit knappen Ressourcen den Bedarf an technologieorientierten Kompetenzen sorgfältig planen und bei der Umsetzung der Forschungsinhalte immer wieder rollend optimieren. Ich freue mich ausserordentlich, die Gesamtheit der Forschungsaktivitäten übersichtlich und transparent präsentieren zu können.

Die gezielte Umsetzung der genehmigten langfristigen Forschungsplanung und eine stete und systematische Bedarfsabklärung bei den Auftraggebern und Nutzniessern sichert im Sinne der Rüstungspolitik des VBS nachhaltig das benötigte Expertenwissen und die wissenschaftlich-technischen Kernkompetenzen für die operationellen Fähigkeiten der Armee.

Der praktische Nutzen von fachlichen Schlüsselkompetenzen, neuen Erkenntnissen und Kompetenznetzwerken aus der Forschung ist das Vermeiden von finanziellen, technischen und wirkungsbezogenen Risiken im Umgang mit Material und technischen Systemen der Armee, das Erkennen des Anwendungs- und Einsparpotenzials neuer Technologien sowie das rechtzeitige Aufzeigen von Fähigkeitslücken und Handlungsoptionen.

Die Umsetzung der Forschungsprogramme findet in engster Zusammenarbeit mit Partnern aus Industrie, Hochschulen, Verwaltung und internationalen Organisationen aus dem sicherheitspolitischen Bereich statt. Diese Vernetzung steigert durch das Vermeiden von Doppelspurigkeiten die Effizienz in der Wissensgewinnung. Zudem ermöglicht der Wissens- und Erfahrungsaustausch den Zugang zu Technologien, in denen die eigenen Kompetenzen wenig ausgeprägt sind.

Ich bedanke mich bei allen Beteiligten für die Erstellung dieses Dokumentes. Mit der Übersicht wird beabsichtigt, Informationen zu den Forschungsaktivitäten einem möglichst grossen interessierten Kreis zugänglich zu machen um auf gemeinsamer Basis konstruktive Anregungen aber auch eine kritische Betrachtung zu ermöglichen. In diesem Sinne wünsche ich viel Vergnügen beim Lesen.

armasuisse

Der Leiter Kompetenzbereich Wissenschaft und Technologie



Peter Hintermann

### **Die Forschung armasuisse ist eine Investition in eine innovative, zukunftsgerichtete und effiziente öffentliche Sicherheit**

Wissenschaftliche Forschung ist für die Bereitstellung von erforderlichen Grundlagen und die Sicherstellung der wissenschaftlich-technischen Kompetenzen zur Bewältigung von aktuellen und künftigen sicherheitspolitischen Anforderungen und für die daraus abgeleiteten adäquaten Aufgaben unerlässlich. Das Ziel der Forschung armasuisse ist die nachhaltige Sicherstellung des benötigten Expertenwissens und der technischen Kompetenzen für die operationellen Fähigkeiten der Armee sowie für die Aufgaben der armasuisse insbesondere in Bereichen wie Evaluation, Beschaffung, Ausserdienststellung und allfällige Entsorgung technischer Systeme. Die konkrete Anwendung der aus der Forschung resultierenden fachlichen Schlüsselkompetenzen und verfügbaren Kompetenznetzwerken ermöglicht eine wissenschaftlich fundierte und sorgfältige Umsetzung folgender Tätigkeiten:

- Früherkennung, Beobachtung und Beurteilung der Relevanz technischer Entwicklungen und Innovationen hinsichtlich möglicher Auswirkungen und Konsequenzen für die öffentliche Sicherheit
- Expertisen für die Weiterentwicklung der Armee sowie kompetente Beratung in den Bereichen Existenzsicherung, Friedensförderung, Abrüstung, Rüstungskontrolle und humanitäre Anliegen
- Beratung bei der Planung, Erprobung, Evaluation, Beschaffung, Werterhaltung, Modernisierung, Entwicklung, Ausserdienststellung, Entsorgung und beim Einsatz von Armeematerial und technischer Systeme
- Beurteilung der Einsatztauglichkeit, Zuverlässigkeit, Sicherheit, Energieeffizienz und Umweltauswirkungen technischer Systeme
- Expertisen bei Schadenfallabklärungen und Fehleranalysen
- Mitarbeit in nationalen und internationalen Koordinationsgremien und Kooperationsprojekten

Aufgrund des Leistungsprofils und der Masterplanung der Armee mit den entsprechenden operationellen Fähigkeiten für definierte Wirkbereiche sowie weiteren strategischen Vorgaben wie die Rüstungspolitik erfolgte im genehmigten langfristigen Forschungsplan 2012-2016 eine thematische Fokussierung auf Forschungsschwerpunkte und prioritäre Themenbereiche. Die in der jeweils jährlichen Forschungsplanung vorgesehenen Forschungsprogramme basieren somit auf den Forschungsschwerpunkten „Technologien für operationelle Fähigkeiten“, „Technologieintegration für Einsatzsysteme“ sowie „Innovation und Querschnittsthemen“. Die Forschungsprogramme umfassen die Bearbeitungsformen Monitoring, Trend- und Relevanzanalysen, Aufbau und Erhalt von Fachkompetenz und Grundlagen sowie Technologie-Demonstratoren. Die beteiligten und daraus entstandenen Kompetenznetzwerke ergeben kompetente Ansprechstellen für Expertisen, Gutachten, Evaluationen, Technologieintegration und die Entwicklung technischer Systeme. Zur Zeit werden folgende Forschungsprogramme durchgeführt:

- 1 Aufklärung und Überwachung**
- 2 Kommunikation und Cyberspace**
- 3 Wirkung, Schutz und Sicherheit**
- 4 Sicherheitskraft der Zukunft**
- 5 UAV - Unbemannte Einsatzmittel der Zukunft in der Luft**
- 6 UGV - Unbemannte Einsatzmittel der Zukunft am Boden**

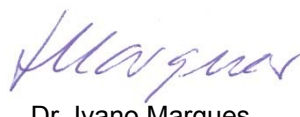
Die Umsetzung der Forschungsprogramme zu konkreten Forschungsprojekten erfolgt durch die Verknüpfung von identifizierten Technologietrends mit vorhandenen internen und externen wissenschaftlich-technischen Kompetenzen sowie mit Erkenntnissen aus technischen Einsatzsystemen. Weitere Informationen finden Sie unter [www.sicherheitsforschung.ch](http://www.sicherheitsforschung.ch) (Forschung armasuisse) und [www.aramis.admin.ch](http://www.aramis.admin.ch) (Forschungsprojekte des Bundes).

armasuisse  
Leiter Fachbereich Forschungsmanagement  
und Operations Research



Dr. Hansruedi Bircher

armasuisse  
Leiter Forschung



Dr. Ivano Marques

|                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>FoPrg 1 - Aufklärung und Überwachung .....</b>                                                       | <b>8</b>  |
| <b>Wetterunabhängige Bildaufklärung (SAR) .....</b>                                                     | <b>10</b> |
| <i>Korrelations-Software für SAR-Daten ARAMIS: R-3210/040-04 .....</i>                                  | <i>10</i> |
| <i>SAR-Signaturen ARAMIS: R-3210/040-03 .....</i>                                                       | <i>11</i> |
| <i>Breitbandradar und Bewegtzieldetektion ARAMIS: R-3210/040-15 .....</i>                               | <i>12</i> |
| <i>SAR-Technologiedemonstrator auf Technologieplattform ARAMIS: R-3210/040-24.....</i>                  | <i>13</i> |
| <b>Satellitenbasierte Aufklärung (abbildende Sensorik) .....</b>                                        | <b>14</b> |
| <i>Signaturforschung und Hyperspektralsensorik ARAMIS: R-3210/040-02.....</i>                           | <i>14</i> |
| <i>Satellitenbilddauswertung für Sichtbarkeitsstatistik ARAMIS: R-3210/048-01 .....</i>                 | <i>15</i> |
| <i>Change Detection und Geländemodellierung ARAMIS: R-3210/048-05.....</i>                              | <i>16</i> |
| <b>Moderne Radartechnologien .....</b>                                                                  | <b>17</b> |
| <i>Erweiterte Cluttersimulation (Radarclutter) ARAMIS: R-3210/048-04.....</i>                           | <i>17</i> |
| <i>Verteilte Antennen für Through Wall Sensing ARAMIS: R-3210/041-19 .....</i>                          | <i>18</i> |
| <i>Technologietrends und Forschung zu Radaraufklärung im Nahbereich.....</i>                            | <i>19</i> |
| <i>Kostengünstige Experimentalradarsysteme für Kleindrohrendetektion im Kleinperimeterbereich .....</i> | <i>20</i> |
| <i>Deutsch-Schweizerische Forschungsk Kooperation für moderne Aufklärung und Zielerkennung .....</i>    | <i>21</i> |
| <b>Leistungsgrenzen moderner Sensorik .....</b>                                                         | <b>22</b> |
| <i>Solar-blind 2-dimensional ultraviolett detector arrays ARAMIS: R-3210/040-19 .....</i>               | <i>22</i> |
| <i>Millimeter- und Mikrowellenfernerkundung ARAMIS: R-3210/040-11 .....</i>                             | <i>23</i> |
| <i>Multisensordatenfusion ARAMIS: R-3210/040-23.....</i>                                                | <i>24</i> |
| <i>Omni-directional surveillance with a Panoptic Camera .....</i>                                       | <i>25</i> |
| <b>Zieldetektion und Zielklassifikation.....</b>                                                        | <b>26</b> |
| <i>ARFANG-S2R - Short Range Infrasound Goniometry ARAMIS: R-3210/040-16.....</i>                        | <i>26</i> |
| <i>Acoustics and Autonomous Sensing for ISR Applications NATO/PfP RTO .....</i>                         | <i>27</i> |
| <i>Integration von Webcam-Daten in eine 2D-/3D-Geodatenumgebung .....</i>                               | <i>28</i> |
| <i>IMINT-Szenarien aus Signaturen und Radarbildern ARAMIS: R-3210/040-18.....</i>                       | <i>29</i> |
| <i>Radarsignaturen für Detektion und Zielklassifikation ARAMIS: R-3210/040-14 .....</i>                 | <i>30</i> |
| <i>Neues Messverfahren für Radar-Signaturen ARAMIS: R-3210/040-13 .....</i>                             | <i>31</i> |
| <i>Compressed Sensing .....</i>                                                                         | <i>32</i> |
| <b>Moderne multispektrale Tarnung und Täuschung .....</b>                                               | <b>33</b> |
| <i>Multispektrale Tarnung und Täuschung - Adaptive visuelle Tarnung ARAMIS: R-3210/040-10.....</i>      | <i>33</i> |
| <i>Radarinsensitive Werkstoffe mit hoher Festigkeit ARAMIS: R-3210/046-11 .....</i>                     | <i>35</i> |

|                                                                                                     |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Schnellnachweis biologischer Kampfstoffe.....</b>                                                | <b>36</b> |
| <i>DNA-Chips zum Nachweis von B-Kampfstoffen ARAMIS: R-3210/045-10 .....</i>                        | <i>36</i> |
| <i>Nachweis von B-Toxinen ARAMIS: R-3210/045-11.....</i>                                            | <i>37</i> |
| <i>Schnellnachweissysteme für B-Kampfstoffe ARAMIS: R-3210/045-12.....</i>                          | <i>38</i> |
| <b>FoPrg 2 - Kommunikation und Cyberspace .....</b>                                                 | <b>40</b> |
| <b>Heterogene Kommunikationsnetzwerke .....</b>                                                     | <b>42</b> |
| <i>Militärische Aspekte ziviler Funktechnologien ARAMIS: R-3210/041-05 .....</i>                    | <i>42</i> |
| <i>Leistungsfähige Kommunikationsprinzipien für C4ISTAR Konzepte ARAMIS: R-3210/041-14.....</i>     | <i>43</i> |
| <i>HMI - Very Low Bit-Rate Coding ARAMIS: R-3210/041-20.....</i>                                    | <i>44</i> |
| <b>Mobile Kommunikation, Boden .....</b>                                                            | <b>45</b> |
| <i>Software Defined Radio ARAMIS: R-3210/041-15.....</i>                                            | <i>45</i> |
| <i>MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) ARAMIS: R-3210/041-16.....</i>                           | <i>46</i> |
| <i>Wearable antennas for Wireless communications ARAMIS: R-3210/041-18 .....</i>                    | <i>47</i> |
| <b>Mobile Kommunikation, Luft + Raumfahrt .....</b>                                                 | <b>48</b> |
| <i>Swarming MAVs as dynamic wireless mesh networks ARAMIS: R-3210/041-12.....</i>                   | <i>48</i> |
| <i>Conformal Multifunction Antenna System ARAMIS: R-3210/041-18 .....</i>                           | <i>49</i> |
| <b>Schutz von Cybersystemen und digitalen Informationen.....</b>                                    | <b>50</b> |
| <i>Cyber Radar: Früherkennung von Cyberangriffen ARAMIS: R-3210/047-08.....</i>                     | <i>50</i> |
| <i>Anwendungsbasierte Filterung von Netzwerkverkehrsdaten ARAMIS: R-3210/047-08 .....</i>           | <i>51</i> |
| <i>Härtung ziviler Funktechnologien für den militärischen Einsatz ARAMIS: R-3210/047-04 .....</i>   | <i>52</i> |
| <i>Netzwerk Forensik in C4ISTAR Systeme ARAMIS: R-3210/047-04.....</i>                              | <i>53</i> |
| <i>Abgesetzte Schutztechnologien für militärische drahtlose Netze ARAMIS: R-3210/047-10 .....</i>   | <i>54</i> |
| <b>Datenfusion, Visualisierung und Human Interaction .....</b>                                      | <b>55</b> |
| <i>Lagebilddarstellung und Entscheidungsunterstützung im Cyberspace ARAMIS: R-3210/047-09 .....</i> | <i>55</i> |
| <b>Informationsraum: Beschaffung, Beeinflussung, Gegenwirkung.....</b>                              | <b>56</b> |
| <i>Informationsgewinnung aus semantischer Suche öffentlicher Quellen ARAMIS: R-3210/047-13 ...</i>  | <i>56</i> |
| <i>Anonyme Informationsbeschaffung im Cyberspace ARAMIS: R-3210/047-13.....</i>                     | <i>57</i> |
| <i>Effiziente Verwaltung und Abfragen von Ontologien ARAMIS: R-3210/047-13 .....</i>                | <i>58</i> |
| <b>FoPrg 3 - Wirkung, Schutz und Sicherheit .....</b>                                               | <b>60</b> |
| <b>Wirkung .....</b>                                                                                | <b>62</b> |
| <i>High Sample Mobile Data Recorder ARAMIS: R-3210/042-41 .....</i>                                 | <i>64</i> |
| <b>Schutz und Sicherheit mobiler Objekte .....</b>                                                  | <b>65</b> |
| <i>Wirksamkeit innovativer Schutzmethoden ARAMIS: R-3210/042-04.....</i>                            | <i>65</i> |
| <i>Wirksamkeit Innovativer Schutzmethoden - Electric Armor ARAMIS: R-3210/042-04.....</i>           | <i>66</i> |

|                                                                                                                                                                                                      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Laserschutz</i> ARAMIS: R-3210/042-38.....                                                                                                                                                        | 67        |
| <i>Elektromagnetischer Puls (EMP)</i> ARAMIS: R-3210/046-05 .....                                                                                                                                    | 68        |
| <i>Elektromagnetisches Feld im Nahbereich von Antennen</i> ARAMIS: R-3210/046-03.....                                                                                                                | 69        |
| <b>Schutz und Sicherheit von Infrastruktur-Elementen .....</b>                                                                                                                                       | <b>70</b> |
| <i>Entwicklung eines dreidimensionalen wellen-theoretischen Modells zur Simulation der Ausbreitung von Stosswellen in urbaner Umgebung</i> ARAMIS: R-3210/042-39 .....                               | 70        |
| <i>Dommages causés par des systèmes explosifs improvisés (IED) et des charges à effet de souffle sur des bâtiments et détermination des mesures de protections requises</i> ARAMIS: R-3210/042-39... | 71        |
| <i>Dynamic Properties of Plain Concrete and of Ultra-High Performance Fibre Reinforced Concrete</i> ARAMIS: R-3210/042-39 .....                                                                      | 72        |
| <i>Ansprengversuche auf Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete (UHPFRC) Platten</i> ARAMIS: R-3210/042-39 .....                                                                            | 73        |
| <b>FoPrg 4 - Sicherheitskraft der Zukunft .....</b>                                                                                                                                                  | <b>74</b> |
| <b>Caractérisation d'unités sécuritaires .....</b>                                                                                                                                                   | <b>76</b> |
| <i>Identification des individus sécuritaires</i> ARAMIS: R-3210/050-21 .....                                                                                                                         | 76        |
| <i>Indoor Positioning System</i> ARAMIS: R-3210/040-20 .....                                                                                                                                         | 77        |
| <i>Identification ami - ennemi base sur la technologie RFID</i> ARAMIS: R-3210/050-21 .....                                                                                                          | 78        |
| <b>Exploration en milieu risqué .....</b>                                                                                                                                                            | <b>79</b> |
| <i>AirBurr</i> ARAMIS: R-3210/050-22 .....                                                                                                                                                           | 79        |
| <b>Adaptive Wirkung .....</b>                                                                                                                                                                        | <b>80</b> |
| <i>Nicht-Letaler Multilauncher und Munitionskomponenten</i> ARAMIS: R-3210/050-24.....                                                                                                               | 80        |
| <b>Protection individuelle avancée .....</b>                                                                                                                                                         | <b>81</b> |
| <i>Technology advances in ballistic protection products</i> ARAMIS: R-3210/042-10.....                                                                                                               | 81        |
| <b>Gestion de l'énergie .....</b>                                                                                                                                                                    | <b>82</b> |
| <i>La technologie photovoltaïque et proposition de pistes pour le développement de solutions de productions énergétiques autonomes pour le soldat du futur</i> ARAMIS: R-3210/050-26.....            | 82        |
| <b>Géolocalisation continue.....</b>                                                                                                                                                                 | <b>83</b> |
| <i>Démonstrateur de géolocalisation 3D Continue</i> ARAMIS: R-3210/050-23 .....                                                                                                                      | 83        |
| <b>FoPrg 5 - UAV - Unbemannte Einsatzmittel der Zukunft, Luft.....</b>                                                                                                                               | <b>84</b> |
| <b>Kompetenzzentrum UAV.....</b>                                                                                                                                                                     | <b>86</b> |
| <i>UAV Kompetenzzentrum</i> ARAMIS: R-3210/043-10.....                                                                                                                                               | 86        |
| <b>Luftraumintegration und Zulassung .....</b>                                                                                                                                                       | <b>87</b> |
| <i>UAS Systemtechnik</i> ARAMIS: R-3210/043-01 .....                                                                                                                                                 | 87        |
| <i>Sense &amp; Avoid</i> ARAMIS: R-3210/043-13.....                                                                                                                                                  | 88        |

|                                                                                     |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Systemtechnik zukünftiger UAS .....</b>                                          | <b>89</b>  |
| <i>UAS Technologie-Integrationsplattform ARAMIS: R-3210/043-11 .....</i>            | <i>89</i>  |
| <b>Zuverlässigkeit und Flugsicherheit .....</b>                                     | <b>90</b>  |
| <i>UAS Technologie-Integration ARAMIS: R-3210/043-11 .....</i>                      | <i>90</i>  |
| <b>Leistungsfähigkeit zukünftiger UAS .....</b>                                     | <b>91</b>  |
| <i>Agile UAV in vernetzter Umgebung ARAMIS: R-3210/043-12 .....</i>                 | <i>91</i>  |
| <b>FoPrg 6 - UGV - Unbemannte Einsatzmittel der Zukunft, Boden .....</b>            | <b>92</b>  |
| <b>Kompetenzzentrum UGV.....</b>                                                    | <b>94</b>  |
| <i>Kompetenzzentrum UGV ARAMIS: R-3210/050-30 .....</i>                             | <i>94</i>  |
| <b>UGV Autonomie, Navigationssoftware.....</b>                                      | <b>95</b>  |
| <i>Visuelle Navigation in Gebieten ohne GPS-Empfang ARAMIS: R-3210/050-32 .....</i> | <i>95</i>  |
| <i>Agile UGVs in vernetzter Umgebung ARAMIS: R-3210/050-35.....</i>                 | <i>96</i>  |
| <b>UGV Systemtechnik.....</b>                                                       | <b>97</b>  |
| <i>Experimentelle unbemannte Plattform ARAMIS: R-3210/050-31 .....</i>              | <i>97</i>  |
| <i>Interoperabilität und Standardisierung ARAMIS: R-3210/050-34.....</i>            | <i>98</i>  |
| <i>UGV Energiemanagement ARAMIS: R-3210/050-37 .....</i>                            | <i>99</i>  |
| <b>UGV Lokomotion und Terramechanik .....</b>                                       | <b>100</b> |
| <i>Einweg-EOD-Roboter ARAMIS: R-3210/050-36.....</i>                                | <i>100</i> |
| <b>UGV Payloadintegration.....</b>                                                  | <b>101</b> |
| <i>Deployable ad-hoc infrastructure ARAMIS: R-3210/050-33 .....</i>                 | <i>101</i> |
| <b>UGV Schutz und Robustheit .....</b>                                              | <b>102</b> |
| <i>Robuste UGV's in militärischem Umfeld ARAMIS: R-3210/050-38.....</i>             | <i>102</i> |
| <b>Querschnittsthemen - Komplexitätsmanagement .....</b>                            | <b>103</b> |
| <i>CREDO ARAMIS: R-3210/044-04 .....</i>                                            | <i>103</i> |

## Informationsüberlegenheit dank moderner Aufklärung

Das Forschungsprogramm Aufklärung und Überwachung des Kompetenzbereiches Wissenschaft und Technologie (W+T) der armasuisse bearbeitet sieben endnutzerorientierte Kompetenzfelder im Bereich ISTAR (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance). Neue Möglichkeiten zur Informationsgewinnung werden aufgezeigt und technische Fachkompetenzen zu den Fähigkeitslücken der Armee gezielt aufgebaut. Die wissenschaftlich-technische Expertenkompetenz wird mit Basisstudien, Forschungsprojekten, Demonstratorentwicklungen, nationalen und multi-lateralen Kooperationen sichergestellt.

Die entscheidungsrelevanten Informationen können in Zukunft im Vergleich zu heute zeitgerechter und auch bei erschwerten Bedingungen, wie bei Regen und Wolken, erfasst werden. Die Gründe liegen in den Technologiesprüngen der Sensorik, den neuen Einsatzmöglichkeiten sei es in der Luft, im Weltall oder am Boden, der Vernetzung, den angepassten operationellen Anforderungen und den interdisziplinären Abhängigkeiten. Allerdings wird die Komplexität und der Bedarf an Expertenwissen zu nehmen.

Das Forschungsprogramm sichert anhand von Forschungsaktivitäten und Kooperationen wissenschaftlich-technische Kompetenzen in der Schweiz und ermöglicht weitergehende Expertisen, Gutachten und Evaluationen im Planungs- und Beschaffungsprozess der Armee.

### Kompetenzfelder

Die Aktivitäten lassen sich in folgende Kompetenzfelder einteilen, welche fortlaufend überprüft werden:



#### Wetterunabhängige Bildaufklärung

Luft-Bodenaufklärung mit abbildender Radartechnologie zu jeder Tages- und Nachtzeit. Die Grundlagen und Systemgrenzen der Sensorik, Missionsplanung, Bildfokussierung und Datenauswertung werden erarbeitet.



#### Satellitenbasierte Aufklärung (abbildende Sensorik)

Flächendeckende Boden- und Geländebeschreibung der Zukunft. So wird das Potential von Hyperspektralsensoren für die Aufklärung erfasst. Neue Informationen, wie die flächendeckende Sichtweite, werden bereit gestellt.



#### Moderne Radartechnologien

Informationsüberlegenheit durch neue Techniken in den Bereichen Through-Wall Sensing und Passivradar. Neue Anwendungen ergeben sich durch die Miniaturisierung. Sogenannte Clutterkompetenz wird aufgebaut, um die Radarabnahmetests zu vereinfachen.



#### Leistungsgrenzen moderner Sensorik

Beurteilung moderner Sensorik. Stichwörter: Aktive und passive Sensorik, Vernetzung, Miniaturisierung, Datenfusion, Ultraviolett-Detektoren, visuelle Kameras, Infrarotdetektoren, Millimeterwellensensorik, akustische Sensoren.



#### Zieldetektion und Zielklassifikation

Neue Möglichkeiten in den Bereichen Heckenschussdetektion und intelligente Munition. Beurteilung der Zieldetektion durch Messung und Simulation von Radarsignaturen. Verbesserung von Gegenmassnahmen durch Signaturanalyse. Erstellung von Referenzsignaturen für die Aufklärung.



### **Moderne multispektrale Tarnung und Täuschung**

Kostengünstiger Schutz von Soldaten, Fahrzeugen und Infrastruktur gegen moderne Bedrohung und Aufklärung. Technologiemonitoring in den Bereichen Soldatentarnung, mobile Tarnkits für Fahrzeuge, adaptive und multispektrale Tarnung und internationale Standards für die Erprobung.



### **Schnellnachweis biologischer Kampfstoffe**

Schnelldetektion vom B-Kampfstoffen im Felde und Labor.

## **Netzwerke**

Zur Sicherstellung der Kompetenzen wird ein aktives und breites Netzwerk von Partnern aus Wirtschaft, Hochschulen, Universitäten und anderen Forschungsstellen im In- und Ausland eingesetzt und gepflegt.

### **Universitäten, Fachhochschulen und Forschungsinstitute**

- ETH Zürich
- EPF Lausanne
- Universität Zürich
- Universität Bern
- Universität Neuenburg
- Zürcher Hochschule Winterthur
- Agroscope FAW, Wädenswil
- Universität Göttingen, D
- Fraunhofer Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik, Wachtberg, D
- Fraunhofer Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung, Ettlingen, D
- TU Wien, A

### **Industrie**

- RUAG D, Thun
- RUAG A, Emmen
- RUAG C, Altdorf
- Sicherheits-Service Center Zug AG, Zug
- IAV Engineering, Lausanne
- MFB GeoConsulting GmbH
- Captech GmbH, Biel
- Seitz Phototechnik AG, Lustdorf
- ENKOM Inventis AG, Gümlingen
- Ing. Büro für Sensorik und Signalverarb., Bexbach (D)
- miprolab GmbH, Göttingen (D)
- DLR, Oberpfaffenhofen (D)

### **Bund**

- Verteidigung
- BABS Labor Spiez
- METEO Schweiz
- armasuisse - swisstopo
- armasuisse - Beschaffung
- armasuisse - Wissenschaft und Technologie

### **Staatliche Partner**

- Swedish Defence Research Agency
- Wehrtechnische Dienststelle für Informationstechnologie und Elektronik, Greding (WTD-81, D)
- Wehrtechnische Dienststelle für Schutz und Sondertechnik, Oberjettenberg (WTD-52, D)
- Wehrwissenschaftliches Institut für Schutztechnologien ABC-Schutz, Munster (WIS, D)
- NATO/PfP Forschungsarbeitsgruppen: vorwiegend europäische Beschaffungsstellen und wehrtechnische Forschungsinstitute

## Korrelations-Software für SAR-Daten

ARAMIS: R-3210/040-04

Die zunehmende Leistungsfähigkeit abbildende SAR-Systeme erfordert zunehmend neue Verfahren für die Bildfokussierung. Aktuell implementierte Verfahren wie Range-Doppler, Omega-K oder Extended CHIRP-Scaling sind für die Verarbeitung von Daten hochauflösender Sensoren wie MEMPHIS oder F-SAR nur bedingt geeignet. Ein neues Verfahren mit der Bezeichnung Extended Omega-K verspricht eine deutliche Qualitätssteigerung bei der Fokussierung von hochauflösenden Stripmap-Bildern.

### Problem

Die beste Fokussierungsqualität wird nach wie vor mit dem Time-Domain Back-Projektion-Verfahren erzielt (TD-BP). Der Nachteil dieses Verfahrens liegt jedoch darin, dass das Resultat nicht in der Original Range-Azimuth-Geometrie des SAR-Systems, d.h. als Stripmap-Produkt berechnet wird. Diese Produkte sind jedoch für verschiedene Anwendungen oder Verarbeitungsschritte, wie z.B. die SAR-Interferometrie, zwingend nötig. Die bereits implementierten, im Frequenzbereich arbeitenden Verfahren, wie Range-Doppler, Extended CHIRP Scaling oder SPECAN zeigen entweder bei der Range-Fokussierung oder bei der Motion Compensation Mängel, welche bei der Verarbeitung hochauflösender Daten zu starken Qualitätseinbußen führen.

### Idee

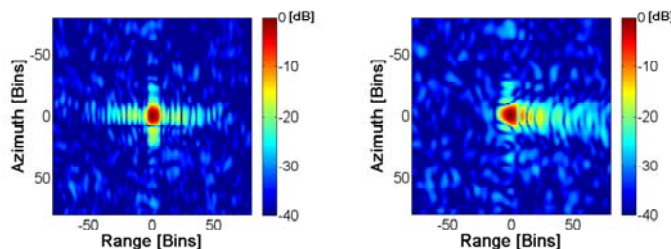
Eine sichtliche Qualitätsverbesserung verspricht das Extended Omega-K Verfahren. Es bietet gleich mehrere Vorteile: Die Range-Fokussierung wird separat durchgeführt, was den Einsatz sog. CHIRP-Replicas zulässt. Die Motion Compensation erfolgt range-abhängig und die Stolt-Interpolation, die Basis der Omega-K-Prozessierung, wird ohne Approximationen durchgeführt. Letzteres ermöglicht bei der Azimut-Fokussierung die Berücksichtigung längerer, synthetischer Aperturen und mehr Flexibilität bei der Verarbeitung von Sub-Aperturen.



### Resultate

Die mit dem neuen Verfahren erreichte Fokussierungsqualität liegt deutlich über derjenigen der herkömmlichen Verfahren. Für flache Gebiete ist sie vergleichbar mit den Resultaten der wesentlich aufwändigeren TDBP-Prozessierung.

*Ausschnitt aus einem SAR-Bildstreifen der Region Hinwil (ZH) mit dem Autobahnkreisel Betzhof in der Bildmitte. Es handelt sich um eine vollpolarimetrische Stripmap-Aufnahme mit den RGB-Kanälen HH, VH und VV. Es wurde mit dem F-SAR-Sensor des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) anlässlich der Messkampagne 2010 aufgenommen. Die Trägerfrequenz ist 9.4 GHz (X-Band) und die CHIRP-Bandbreite 384 MHz.*



*Qualitätsunterschied zwischen der Extended Omega-K- (links) und der Extended CHIRP-Scaling-Fokussierung (rechts) anhand des Signals eines Winkelreflektors. Die erzielte räumliche Auflösung liegt nur knapp über der theoretischen Auflösung von 39 cm.*

### Fazit

Der modulare SAR-Prozessor MSP verfügt nun über eine neue Fokussierungsmethode, welche für die Herstellung von hochauflösenden SAR-Bildern eine deutlich bessere Qualität erwarten lässt als mit den herkömmlichen Verfahren. Für die Verarbeitung von MEMPHIS- und F-SAR-Daten stellt es momentan die einzig sinnvolle Möglichkeit dar, um für Stripmap-Bilder die volle Systemauflösung auszuschöpfen.

## SAR-Signaturen

ARAMIS: R-3210/040-03

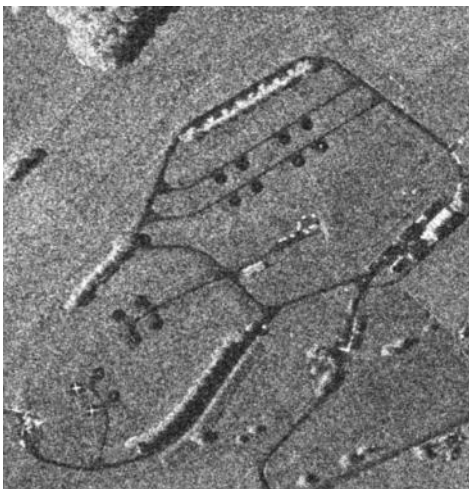
Die Bild-basierte Informationsgewinnung gehört zu den Grundfähigkeiten einer IMINT-Organisation. Dabei kommen nachrichtendienstliche Beschaffungsräume innerhalb eines globalen Interessensraumes zum Tragen. Aufgrund von Reaktionszeit, Aktualität der Information sowie geforderter Periodizität spielen SAR-Bilder eine zentrale Rolle. Eine in diesem Zusammenhang wichtige Frage betrifft das Genauigkeitspotential der Geolokalisierung der gewonnenen Information: Wie präzise lassen sich aus Satellitenbildern gewonnene Informationen ohne Kenntnisse lokaler Bezugssysteme geometrisch lokalisieren? Partner bei der Bearbeitung dieses Teilprojekts sind das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt DLR (D) sowie die Italienische Weltraumbehörde ASI (Agenzia Spaziale Italiana).

### Problem

Die rasche, passpunktlose Geocodierung von Satellitenbildern unbekannter Regionen stellt hohe Anforderungen an die Zusatzdaten, welche zu den Bildprodukten mitgeliefert werden. Im Falle von SAR-Bildern sind dies die Bahndaten des Satelliten, Informationen zur Zeitsynchronisation sowie die bei der Bildfokussierung verwendeten Distanz- und Dopplerwerte. Daraus ergibt sich eine „technische“ Lokalisierungsgenauigkeit, welche in der Praxis durch die Qualität der verwendeten Geländemodelle zusätzlich beeinflusst wird.

### Resultate

Im Rahmen einer 18 Monate dauernden Messkampagne wurden 4 Winkelreflektoren, welche auf der ehemaligen BL-64-Stellung von Torny-le-Grand aufgebaut waren, insgesamt 52-mal vom X-Band-Radar des Deutschen TerraSAR-X-Satelliten aufgenommen. Nach Berücksichtigung aller geometrischer Kalibrationswerte, der Verwendung eines Modells für die Berechnung des atmosphärischen Path Delay sowie einer Überabtastung des Reflektorsignals im Radarbild war es möglich, die Lokalisierungsgenauigkeit des Sensor/Prozessor-Systems auf wenige Zentimeter genau zu schätzen.



Das linke Bild zeigt einen Ausschnitt aus einer Spot-Light-Aufnahme, Auflösung 1m. Die Reflektorsignale sind als helle Punkte auf den westlichen Werferpositionen deutlich erkennbar (unten links).

Bild rechts: Winkelreflektoren auf der ehemaligen Lwf-Stellung von Torny-le-Grand. Je 2 waren auf den aufsteigenden bzw. absteigenden Orbit gerichtet.

Nach präziser Vermessung der Reflektor-Phasenzentren sowie der Berücksichtigung von Erdgezeiten und Plattentektonik kann dem TerraSAR-X-System eine „technische“ Lokalisierungsgenauigkeit von rund 10 cm in Range und Azimut attestiert werden. Auf die Horizontale übertragen bedeutet dies rund 16 - 38 cm, je nach Lage innerhalb des Bildstreifens. Wird für die Geocodierung das globale SRTM-Geländemodell verwendet (Shuttle Radar Topography Mission), welches über eine Höhengenaugigkeit von 6.2 m verfügt (90% der Werte), so ist mit einer horizontalen Lokalisierungsgenauigkeit von 4.3 – 17 m zu rechnen.

### Fazit

Die „technische“ Lokalisierungsgenauigkeit des TerraSAR-X-Systems ist mit rund 10 cm derart hoch, dass für die Genauigkeit in der Praxis primär die Höhengenaugigkeit des bei der Geocodierung verwendeten Geländemodells ausschlaggebend ist. Die mit dem SRTM-Höhenmodell erzielten Resultate dürften in wenigen Jahren dank der neuen TanDEM-X-Mission um ca. einen Faktor 3 reduziert werden.

## Breitbandradar und Bewegtzieldetektion

ARAMIS: R-3210/040-15

**Breitband-Radarsysteme verfügen über eine grosse Antennenöffnung in Flugrichtung des Sensors. Dies führt dazu, dass Rückstreuerelemente innerhalb des Bildstreifens über längere Zeit beleuchtet werden und sich somit Positionsänderungen von Objekten detektieren lassen. Daten von Sensoren mit dieser Charakteristik bilden die Grundlage, um mit entsprechenden Verfahren für Bildfokussierung und Nachverarbeitung bewegte Ziele zu erkennen (GMTI Ground Moving Target Indication).**

### Idee

Für das Erkennen bewegter Objekte mit abbildenden SAR-Sensoren werden üblicherweise Mehrkanalsysteme mit Along-Track-Interferometern oder Monopulsantennen oder auch Systeme mit hoher Puls-Repetitionsfrequenz eingesetzt. Grosse Antennenöffnungen in Flugrichtung ermöglichen jedoch eine GMTI-Verarbeitung auf der Basis einkanaliger SAR-Systeme. Dazu wird in einem ersten Schritt als Bildfokussierung eine überlappende Sub-Apertur-Prozessierung verwendet, welche den Aufbau eines Bildstapels ermöglicht. Innerhalb dieses Stapels werden in mehreren, nachfolgenden Verarbeitungsschritten all jene Objekte identifiziert, welche ein gegenüber dem statischen Hintergrund abweichendes Verhalten aufweisen.

### Resultate

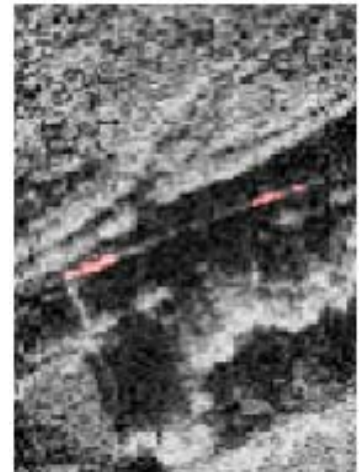
Die implementierte Verarbeitungskette umfasst folgende Schritte:

- Fokussierung von stark überlappenden Sub-Aperturen mit dem SPECAN-Verfahren und anschliessender Geocodierung, um eine einheitliche Bildgeometrie zu erhalten. Die Bildelemente können nun als Funktion der Beleuchtungszeit innerhalb des Bildstapels betrachtet werden.
- Mittels statistischer Verfahren werden Pixel mit hoher, zeitlicher Variabilität detektiert (Bild oben) und anschliessend die entstandenen Pixelwolken zu Einzelobjekten gruppiert (Bild Mitte).
- Das Verhalten der Einzelobjekte wird mittels Unscented Kalman Filtern modelliert, um damit ihre Bewegung während der Beleuchtungszeit durch den Sensor zu rekonstruieren. Um gleichzeitig mehrere Objekte verfolgen zu können, wird ein auf Monte Carlo Sampling basierender Multitarget-Algorithmus eingesetzt. Als Ergebnis erhält man die Geschwindigkeiten und die Bewegungsrichtungen der Einzelobjekte (Bild unten).

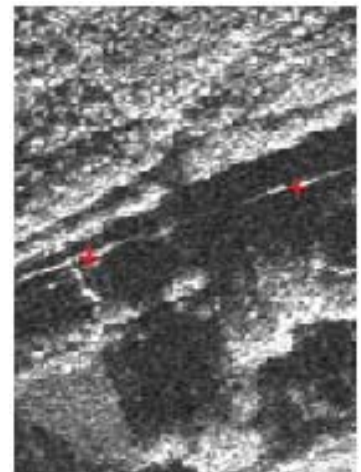
Das Verfahren wurde mit Daten des UAV-fähigen MiSAR-Sensors von EADS getestet. Dabei wurden innerhalb eines Bildstreifens 118 Fahrzeuge erfasst und ihre Trajektorien bestimmt.

### Fazit

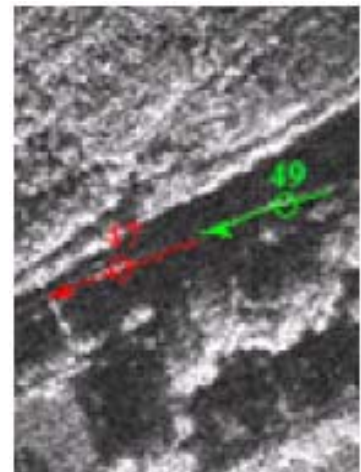
Die Sub-Apertur-basierte Bild-Fokussierung von SAR-Rohdaten mit anschliessender Geocodierung und GMTI-Verarbeitung der Bildserien ist eine vielversprechende Alternative zu herkömmlichen Verfahren der Bewegtzielderkennung. Zudem ist es eine effiziente und, wie die Resultate zeigen, robuste Möglichkeit, um einfache und kostengünstige Einkanal-SAR-Systeme für GMTI-Zwecke nutzbar zu machen.



*Einzelne Pixel mit hoher, zeitlicher Variabilität*



*Pixel gruppiert zu Einzelobjekten*



*Extrahierte Trajektorien*

## SAR-Technologiedemonstrator auf Technologieplattform

ARAMIS: R-3210/040-24

Im Rahmen des Forschungsprojektes „SAR-Technologiedemonstrator auf Technologieplattform“ soll bis Oktober 2013 ein abbildender Radarsensor bei 35 GHz entwickelt werden. Der Experimentalsensor soll auf der Technologieplattform von armasuisse eingesetzt werden. Erfahrungswerte zur Beurteilung zukünftiger SAR-Sensoren auf Drohnen sollen erfasst werden. So sollen Untersuchungen von Sensorgrenzleistungen und Anwendungen im Schweizer Gelände im Vordergrund stehen. Der Radarsensor (Technologiedemonstrator) wird in Kooperation zwischen dem Fraunhofer Institut FHR, der Universität Zürich und armasuisse entwickelt.

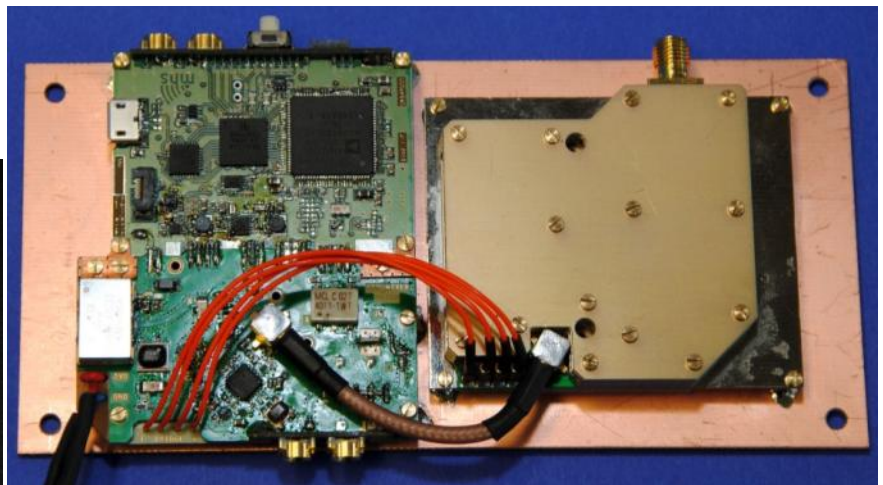
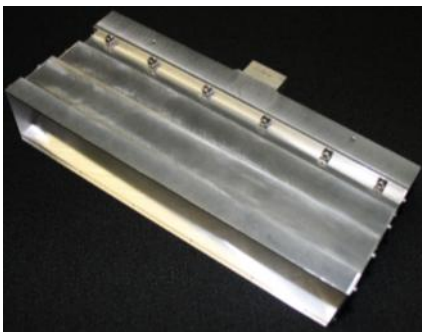
### Zielsetzung

Das Hauptziel des Forschungsprojektes ist die Entwicklung eines kostengünstigen Technologiedemonstrators. Erfasste SAR-Daten sollen mittels Datenkommunikation zum Boden weitergeleitet werden und in Fastechzeit in reduzierter Form (Quicklook) dargestellt werden. Mit dem Experimentalsystem sollen in einem zweiten Schritt die Sensorgrenzleistungen untersucht werden, so z.B. die Analyse von nichtidealen Flugbahnen (Stichwort: Bewegungskompensation) oder kritische SAR-Sensoraspekte beim Einsatz auf einer unbemannten Plattformen.

### Resultate

Basierend auf einer Machbarkeitsstudie wurde der Gesamtprojektplan für einen Technologiedemonstrator erstellt. In einer ersten Phase wurde 2011 die benötigten Einzelkomponenten des Gesamtsystems spezifiziert, beschafft oder entwickelt. Dazu gehörte neben dem Design und der Simulation der Antennen auch die Entwicklung eines Wellenformgenerators. In einem nächsten Schritt soll ein CAD-Modell erstellt werden, welches zunächst zur Integration in das Trägerflugzeug dienen soll.

Die Hohlleiterschlitzentennen sind auf eine Mittelfrequenz von 35 GHz optimiert und realisiert (siehe rechtes Foto unten). Messungen zeigten, dass eine 3 dB Bandbreite von 1.8 GHz erreicht werden konnte, was letztendlich eine hohe Bildauflösung ermöglicht. Zum anderen wurde der Wellenformgenerator entwickelt und gefertigt (siehe linkes Foto unten).



### Fazit

Der SAR-Technologiedemonstrator wird verschiedene wichtige Systemkomponenten enthalten, wie die Antennen oder der Wellenformgenerator. Bis anhin wurden die Vermessung und die Optimierung der Antennen, des Frequenzvervielfachers und des Wellenformgenerators abgeschlossen. Bezüglich der digitalen Signalverarbeitungseinheit sind bereits erste Schaltpläne und Layouts erstellt worden. Der nächste Schritt bei der Antennenentwicklung ist nun im Bereich der Vermessung und die Optimierung der Antennenentkopplung zu sehen.

## Signaturforschung und Hyperspektralsensorik

ARAMIS: R-3210/040-02

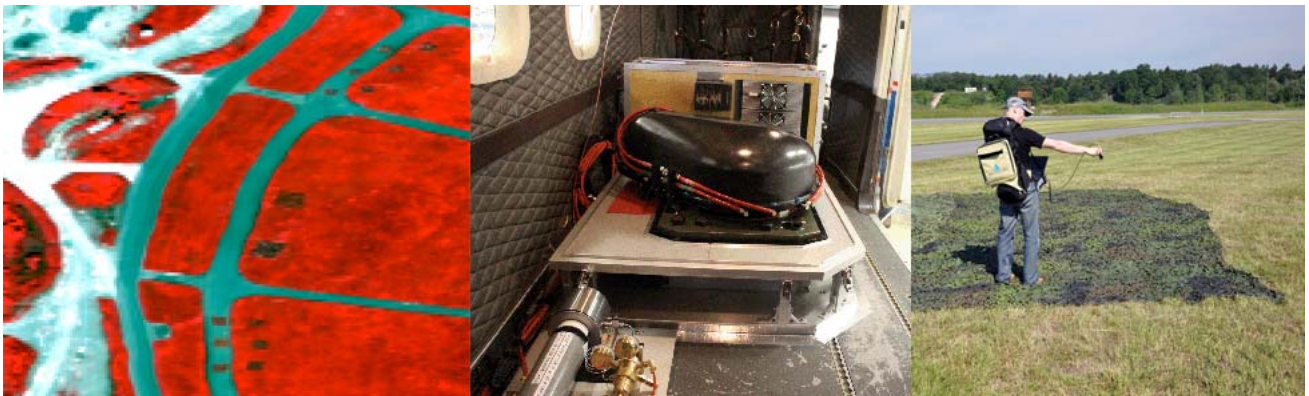
Die Signaturforschung an hyperspektralen Datensätzen im reflektiven Bereich des elektromagnetischen Spektrums (sichtbarer Bereich, nahes Infrarot und kurzwelliges Infrarot, 400-2500 nm) erlaubt eine quantitative Analyse von Messobjekten in Bezug auf deren Inhaltsstoffe und Materialzusammensetzung. Die Gruppe Spektrometrie der Abteilung Fernerkundung (RSL) am Geographischen Institut der Universität Zürich (<http://www.geo.uzh.ch/rsl/research/spectrolab/>) entwickelt Methoden zur spektralen Charakterisierung und automatischen Erkennung von Objekten aus flugzeug- und satellitengestützten Fernerkundungsdaten mit einer grossen Anzahl an schmalbandigen Wellenlängenkanälen.

### Problem

Unterschiedliche Materialien weisen spezifische Spektralcharakteristiken auf, welche mittels satelliten-, flugzeug- oder bodengestützten Spektrometern gemessen werden können. Das neuartige flugzeuggestützte abbildende Spektrometer APEX (Airborne Prism Experiment), welcher im Auftrag der ESA durch die Abteilung Fernerkundung (RSL) an der Universität Zürich betrieben wird, bietet seit Kurzem erstmals die Möglichkeit, in über 500 Wellenlängenkanälen (400-2500 nm) Spektraldaten der Erdoberfläche zu erheben (image data cube). Durch den Vergleich mit Referenzdaten aus einer spektralen Datenbank kann eine Materialdetektion oder eine spektrale Entmischung des Signals gegenüber seinem Hintergrund erreicht werden. Diese Technologie kann zu Aufklärungs- oder Überwachungszwecken genutzt werden.

### Resultate

Im Juni 2011 ist im Rahmen der Forschungsk Kooperation zwischen armasuisse und der Gruppe Spektrometrie der Abteilung Fernerkundung (RSL) ein umfangreiches Flugmesseexperiment mit APEX im Raume Thun durchgeführt worden. Zeitgleich zum Überflugstermin wurden am Boden diverse Targets unterschiedlicher Materialien platziert und eingemessen. Das Potential deren spektralen und räumlichen Erkennbarkeit in Spektrometerdaten über komplexem Gelände wird im Moment untersucht. Kalibrierte, hyperspektrale Daten bergen unter Verwendung spektraler Entmischungsansätze das Potential, quantitative Materialeigenschaften im Subpixel-Bereich zu bestimmen, sowie künstliche Materialien von natürlichem Hintergrund zu unterscheiden (camouflage detection, target detection, search and rescue, spectral libraries, etc.).



*Links: APEX Hyperspektral-Aufnahme über Thun (15. Juni 2011) mit spektralen Referenzflächen (Falschfarben-Infrarotdarstellung).*

*Mitte: Das abbildende Spektrometer APEX eingebaut in der Trägerplattform Dornier-DO228 (DLR).*

*Rechts: Erhebung spektraler Referenzmessungen mit einem Handspektrometer während der flugzeuggestützten Datenerhebung.*

### Fazit

Der Schweiz steht mit APEX (wissenschaftliche Leitung RSL, Universität Zürich) ein hochgenaues flugzeuggestütztes abbildendes Spektrometer für die Forschung im Bereiche der fernerkundlichen Materialdetektion im reflektiven Bereich des elektromagnetischen Spektrums zur Verfügung.

## Satellitenbildauswertung für Sichtbarkeitsstatistik

ARAMIS: R-3210/048-01

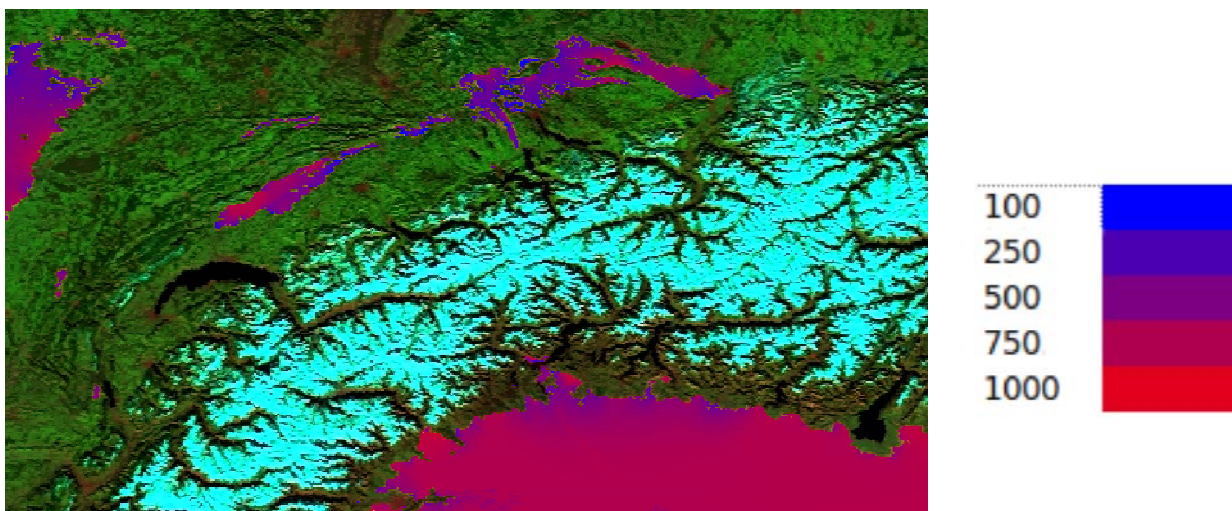
Die Sichtweite im sichtbaren und im thermalen Spektrum ist durch atmosphärische Parameter (Aerosole und Wasserdampf) und Nebel- bzw. Wolkenbedeckung beeinflusst. Die Kenntnisse darüber sind entscheidend für eine sichere Flugplanung und erfolgreiche Zielerfassung. Die Gruppe für Fernerkundung der Universität Bern entwickelt Methoden zur Ableitung der Sichtweite und Wolken/Nebelbedeckung aus Satellitendaten und Webcam-Aufnahmen.

### Problem

Die Wolken- und Nebelbedeckung sowie die atmosphärischen Parameter bestimmen die mögliche Sichtweite und sind zeitlich und örtlich sehr variabel. Eine zuverlässige Einsatzplanung benötigt u.a. diese Informationen in naher Echtzeit für die gesamte Schweiz. Polar umlaufende und geostationäre Satellitensysteme (NOAA-AVHRR und Meteosat-SEVIRI) können, in Verbindung mit geeigneten Algorithmen, die Abschätzung der Sichtweiten unterstützen sowie Informationen zu Wolken- und Nebelbedeckung liefern.

### Erkenntnisse

Von besonderem Interesse für die Flugplanung ist die Obergrenze der Wolken- bzw. Nebelbedeckung. Die untere Abbildung zeigt eine NOAA-AVHRR Satellitenaufnahme mit der berechneten Wolkenoberkante ü. Grund (in m). Die dünne Nebelbedeckung im Mittelland und Raum Zürich wird mit dem entwickelten Algorithmus sehr gut detektiert. In farblichen Abstufungen sind die Obergrenzen der Nebelschicht visualisiert. Webcam-Aufnahmen aus Zürich bestätigen diese Ergebnisse. Algorithmen zur Ausweisung von Wolkenuntergrenzen bei höheren Wolkenstockwerken sind in der Entwicklung.



Die Abbildung vom 16. Januar 2011 zeigt die schneebedeckten Alpen in hellem Blau und schneefreie Gebiete in Grün. Die Nebelbedeckung (in Meter über Grund) des Mittellandes, Zürich, des Bodensees und der Poebene sind in blauen (sehr niedrig) bis roten (geringe Höhe) Farben dargestellt.

### Fazit

Die flächendeckende Sichtweitenbestimmung und die Atmosphärencharakterisierung sind für den Einsatz und Missionsplanung von elektrooptischen und Infrarot-basierten Aufklärungssensoren wesentlich. Mit diesem Forschungsprojekt werden flächendeckende Informationen erfasst, welche es heute noch nicht gibt. So konnte die Wolken- und Nebelbedeckung mit verschiedenen Algorithmen und Satellitenbildern gut detektiert werden. Die Obergrenze wird aus NOAA-AVHRR (1 km räumliche Auflösung) sowie Meteosat-SEVIRI (15 min. zeitliche Auflösung) abgeleitet und über ein Web-Interface zur Verfügung gestellt. Webcam-Aufnahmen, z.B. der Meteo-Schweiz, können unterstützend für die Sichtweitenableitung sowie die Nebeldetektion eingebunden werden.

## Change Detection und Geländemodellierung

ARAMIS: R-3210/048-05

Aus digitalen Aufnahmen von 3-Zeilen-Kameras lassen sich Geländehöhen automatisch, zuverlässig und genau rekonstruieren. Damit können bestehende Geländemodelle auf den neuesten Stand gebracht werden, wobei bestehende Modelle als Referenz für die Change Detection, also die automatische Erkennung von Veränderungen, dienen. Forschungspartner für diese Prozesse sind swisstopo und das Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung (I.P.F.) der Technischen Universität Wien (A).

### Problem

Digitale Geländemodelle (DGMe) sind eine analytische Beschreibung des Geländes und somit ein wichtiges Planungsinstrument für alle Fragestellungen, die die Topografie betreffen (z.B. Sichtbarkeiten, Geländeneigung, Analyse von Überschwemmungsszenarien). Sie sind auch essenziell für die Erzeugung von Orthophotos und Höhenlinienplänen. Durch tektonische, geomorphologische und anthropogene Prozesse unterliegt das Gelände jedoch einer ständigen Veränderung. Somit stellt sich die Frage, wie ein DGM aktuell gehalten werden kann. Datengrundlage für die Erstellung und Aktualisierung eines DGMe sind flugzeuggetragene Sensordaten (Bilder oder Laserscans). Laserscans bieten den Vorteil, dass speziell in Vegetationsbereichen viele Punkte am Gelände direkt gemessen werden können. Jedoch liefern sie keine optische Information über die Bodenbedeckung, welche z.B. für Orthophotos essenziell ist. Luftbilder liefern genau diese Information, erlauben es aber nicht das Gelände in Vegetationsbereich zu vermessen.

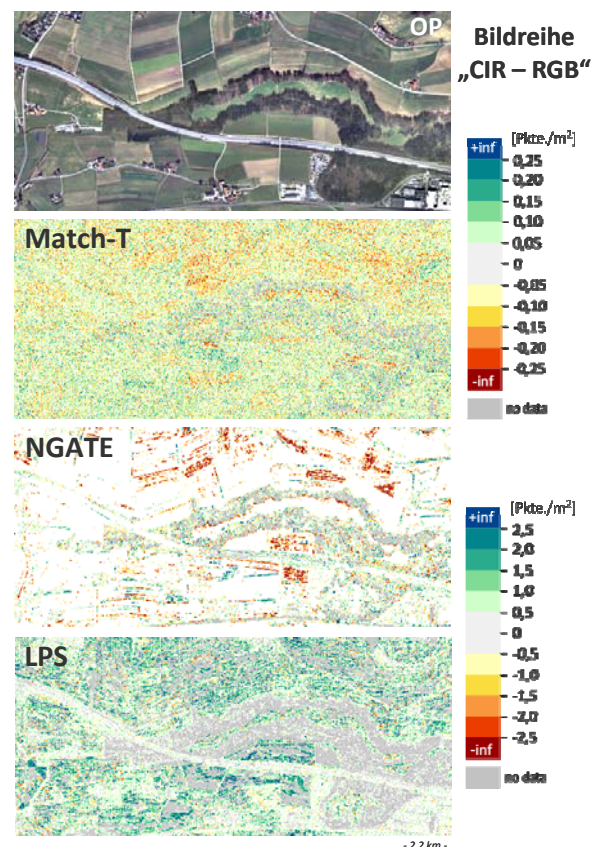
### Vorgehen

Bei der swisstopo wurde folgende Strategie gewählt: Zuerst wurde über einen Zeitraum von acht Jahren mittels flugzeuggetragenen Laserscanning ein Referenzgeländemodell abgeleitet (das sogenannte swissALTI<sup>3D</sup>). Für dessen Aktualisierung im Rahmen eines Sechsjahreszyklus wurden Luftbilder der ADS-Kamera eingesetzt. Für die Aktualisierung des swissALTI<sup>3D</sup> ist die Lösung folgender Probleme wesentlich: i) aus den Luftbildern sind Oberflächenpunkte abzuleiten, ii) diese Oberflächenpunkte sind dann anschliessend in Gelände- und Nichtgeländepunkte zu trennen, iii) die veränderten Geländebereiche sind zu detektieren (Change Detection) und iv) im Referenzgeländemodell zu aktualisieren. Um den gesamten Ablauf effizient durchführen zu können, ist es notwendig diese Probleme mit einem möglichst hohen Automatisierungsgrad zu lösen, sodass manuelle Eingriffe auf ein Minimum reduziert werden.

Zwei wesentliche Arbeitspakete wurden für 2011 ausgewählt: Die Ableitung der Oberflächenpunkte aus den Luftbildern und die Change Detection. Da der Change bezüglich des offiziellen Terrainmodells swissALTI<sup>3D</sup> zu ermitteln ist, aber aus den Luftbildern nur Oberflächenpunkte bestimmbar sind, waren Mechanismen zu untersuchen, wie die bei Nicht-Geländeobjekten (z.B. Gebäude oder Wald) auftretenden großen Höhendifferenzen nicht fälschlich als mögliche Changes ausgewiesen werden. Dafür dienten geometrische Informationen (z.B. Variation der Punkte in einer Nachbarschaft), spektrometrische Informationen und Texturmerkmale der Luftbilder (d.h. die Farbinformation und Muster in den Luftbildern). Die Erhöhung des Automationsanteils ist als Thema für ein Folgeprojekt angedacht.

### Fazit

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts werden Lösungsmethoden untersucht, die es erlauben die Aktualisierung von Geländemodellen mittels aus Luftbildern abgeleiteten Oberflächenpunkten durchzuführen.



*Punktdichten-Vergleich verschiedener Algorithmen zur Ableitung von Oberflächenmodellen aus Stereobilddaten*

## Erweiterte Cluttersimulation (Radarclutter)

ARAMIS: R-3210/048-04

Eine wesentliche Einschränkung bei Radarsystemen ist das systembedingte Vorhandensein von Falschzielen, sogenanntem (Radar-)Clutter. In diesem Forschungsprojekt wird deshalb der Einfluss von Radarstandort, Topographie, Landschaftsbedeckung, Radartyp, Detektor, Cluttermodell, Flugziele und atmosphärischen Bedingungen untersucht. Die Simulationssoftware CLSIM berechnet sogenannten Boden- und Volumenclutter sowie Flugzielechos. Das Programm wird verfügt über Toolboxen zur Modellierung der wesentlichen Kenngrößen und Algorithmen sowie über umfangreiche 2D- und 3D-Visualisierungsmöglichkeiten der Simulationsergebnisse und aller relevanten Parameter. Einsatzmöglichkeiten sind z.B.

- Beurteilung der Eigenschaften von Radaranlagen an potentiellen Standorten
- Unterstützung bei Abnahmetests von Radarsystemen
- Beurteilung der Detektionswahrscheinlichkeiten von Flugobjekten

### Zielsetzung

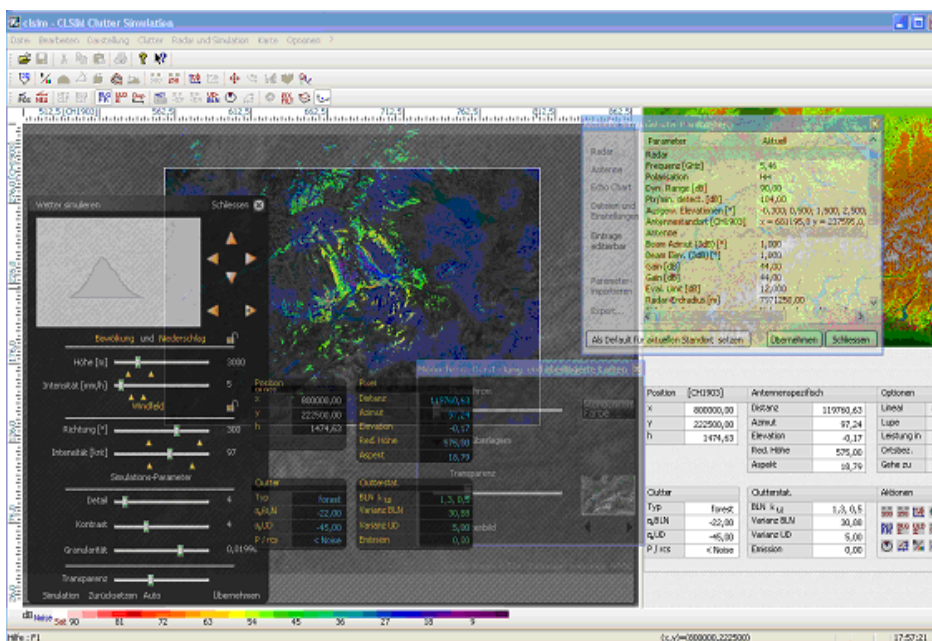
Ziele des Projekts sind vornehmlich:

- die Erstellung einer Simulations-Software zur Beurteilung von Antennenstandorten in einer gebirgigen Umgebung hinsichtlich der Clutterverteilung und der zu erwartenden Detektionseigenschaften.
- die Weiterentwicklung von aus der Analyse von Langzeitmessungen der Wetterradare von Meteo-Schweiz gewonnenen lokalen Bodenclutter-Modellen unter Einbeziehung nichtlokaler Einflussfaktoren (Wettersituation, Ausbreitungsbedingungen)

### Resultate

Die bisher durchgeführten Validierungen mit den Meteo-Messdaten und einem Precision approach radar (PAR)-Radar zeigen eine weitgehende Übereinstimmung von Simulation und Messung im Rahmen der Schwankungsbreite der Referenzdaten.

Die Software ermöglicht in der aktuellen Version eine zuverlässige Abschätzung der Grösse der zu erwartenden Clutterechos. Mit Hilfe der aus den Wetterradar-Messungen gewonnenen parametrisierten Clutterstatistiken werden präzisere Abschätzungen der Entdeckungs- und Falschalarmwahrscheinlichkeiten möglich.



Die nebenstehende Abbildung zeigt die Benutzeroberfläche von CLSIM mit verschiedenen Kontroll-elementen. Dargestellt werden Simulationsergebnisse für den Standort Albis.

Die Toolfenster zur Steuerung der Wettersimulation im markierten Bereich, der Simulationsparameter, der lokalen Parameter und des Deckungsgrads der zur Orientierung eingeblendeten Satellitenkarte sind transparent überlagert..

### Fazit

CLSIM kann zur Projektierung und Beurteilung von Radaranlagen an potentiellen Standorten und zur Ergänzung von Mess- und Verifikationskampagnen verwendet werden. Durch den Einsatz der aktualisierten Cluttermodelle sind genauere Simulationen der Entdeckungs- und Falschalarmwahrscheinlichkeiten möglich. Die geplante Weiterentwicklung erscheint aussichtsreich.

## Verteilte Antennen für Through Wall Sensing

ARAMIS: R-3210/041-19

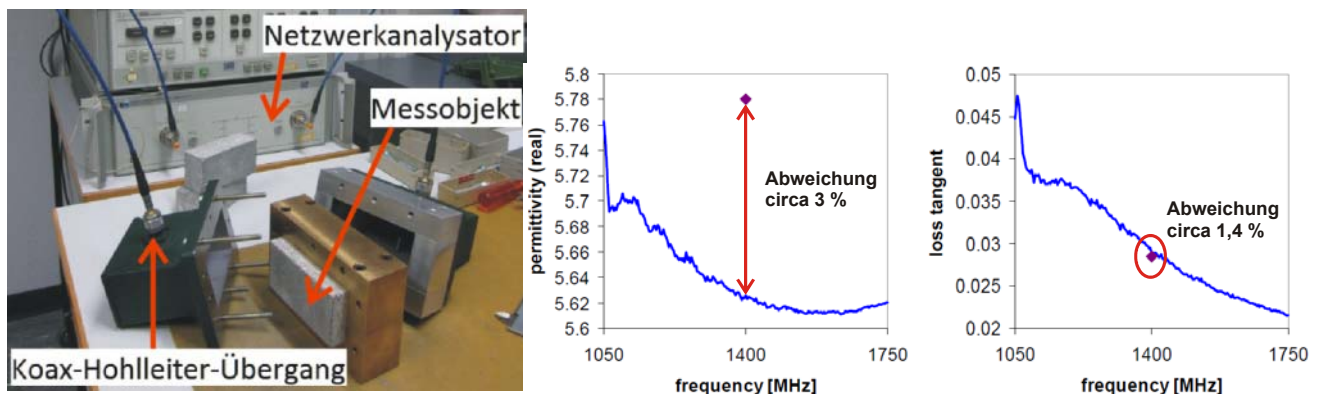
Die Detektion von Personen und Objekten hinter Mauern bzw. Gebäudewänden könnte bei zukünftigen Sicherheits- und Rettungseinsätzen einen grossen Beitrag zur Aufklärung im Vorfeld leisten. Bei der Entwicklung dieser sogenannten „Through-Wall Sensing“-Technologie werden mehrere Ansätze verfolgt. Sehr vielversprechend ist die Verwendung verteilter Antennen (multi-statisches Szenario). In Kooperation mit dem Institut für Feldtheorie und Höchstfrequenztechnik der ETH Zürich werden physikalische Eigenschaften dieses Konzeptes experimentell und simulatorisch untersucht.

### Zielsetzung

Konstruktion einer Referenzmauer: Das in den Technikwissenschaften bewährte Konzept, Simulationsergebnisse mit Messergebnissen zu vergleichen, macht die Konstruktion einer Referenzmauer notwendig. Erst mit der genauen Kenntnis der internen Struktur wird die Nachbildung des Szenarios in Feldsimulationsprogrammen möglich. Bei der auf Armasuisse-Gelände errichteten Mauer handelt es sich um eine für die Schweiz übliche Ziegelstein-Konstruktion. Sie ist L-förmig aufgebaut, wobei die lange Seite circa 8.00 m und die kurze Seite circa 4.00 m lang ist. Die Höhe beträgt circa 2.50 m. Eine detailgetreue Dokumentation des Maueraufbaus wurde fertiggestellt.

### Resultate

Bestimmung der elektromagnetischen Eigenschaften der verwendeten Baumaterialien: Neben der genauen Dokumentation der internen Struktur der Mauer ist die Kenntnis der elektromagnetischen Parameter der verwendeten Baumaterialien vonnöten, da diese zu einem wesentlichen Teil die Ausbreitung der elektromagnetischen Welle bestimmen. Diese Parameter wurden mittels Hohlleitermessungen bestimmt. Dazu wurden Muster der Baumaterialien in Hohlleiterstücke eingepasst und anschliessend die S-Parameter mit Netzwerkanalysatoren bestimmt (siehe Bild unten links). Die Ermittlung der relevanten Parameter Dielektrizitätszahl und Verlustfaktor erfolgte mit Hilfe der Extraktionssoftware „HP 85071B“ aus den S-Parametern. Zur Kontrolle der extrahierten Parameterwerte wurde der gesamte Messaufbau simuliert. Der hohe Grad an Übereinstimmung zwischen Hohlleitermessung- und Simulation bestätigt die Korrektheit der ermittelten Materialwerte.



Links: Labortechnischer Messaufbau zur Charakterisierung der elektrischen Eigenschaften von Baumaterialien. Rechts: Ergebnis von Messung (blauer Graph) und Simulation (violette Markierung) des Materials „Betonplatte“ für Dielektrizitätszahl und Verlustfaktor

### Fazit

Erste Durchführung von Antennen-Messungen an der Referenzmauer konnten bereits durchgeführt werden. Hierbei wurden verschiedene Szenarien nachgestellt: Transmissionsmessungen durch die Mauer sowie Reflexionsmessungen mit diversen (reflektierenden) Kugelkonfigurationen an der Mauer als auch im Freiraum.

## Technologietrends und Forschung zu Radaraufklärung im Nahbereich

Moderne Streitkräfte müssen auch unter schwierigsten Einsatzbedingungen ihre volle Leistungsfähigkeit erbringen. Der Erfolg eines Einsatzes hängt dabei zu einem wesentlichen Teil von der korrekten Einschätzung der situativen Bedrohungslage ab. Dementsprechend spielen Aktualität, Umfang und Detaillierungsgrad der zur Verfügung stehenden Lageinformationen aus Aufklärungs- und Überwachungsaktivitäten eine zentrale Rolle. Die Studie beleuchtet einerseits Technologietrends und Forschungsaktivitäten zu Nahbereichs-Radaraufklärung für Boden-Boden und Boden-Luft Anwendungen. Andererseits wird eine Auswahl existierender moderner Radaraufklärungs- und Überwachungssysteme bis hin zum bewaffneten Feldlagerschutz präsentiert.

### Problem

Die Einsatzbedingungen moderner Streitkräfte wie auch die entsprechenden Bedrohungsszenarien sind sehr vielfältig. Zur Planung wie auch zur Absicherung eines Einsatzes werden oftmals detaillierte und wetterunabhängige Lageinformationen benötigt, welche von entsprechenden Radarsystemen erbracht werden können. Die Fülle an unterschiedlichen Einsatzszenarien und Anforderungen haben eine Vielzahl von Radarsystemen hervorgebracht: Werden für offensive Einsatzzwecke vorwiegend Systeme zur Lageaufklärung eingesetzt, müssen defensiv ausgerichtete Radarsysteme vor allem Überwachungs- und Sicherungsaufgaben übernehmen, bis hin zum bewaffneten Feldlagerschutz. Für bodengebundene Nahbereichs-Radarsysteme ergeben sich hiermit verschiedene praktische Umsetzungen, welche für ihren jeweiligen Einsatzzweck optimiert worden sind: Die Palette erstreckt sich von mobilen, auf Fahrzeugen montierten Radarsystemen, teilweise mit ausfahrbarem Mast versehen, bis hin zu tragbaren Radargeräten, welche von Einsatzkräften transportiert und autonom betrieben werden können. Oftmals dienen diese Systeme sowohl zur Erfassung erdgebundener Objekte wie Fahrzeuge, Truppen, oder einzelner Personen, als auch zur Erfassung bodennaher Flugobjekte wie Kleinflugzeuge, Helikopter, oder Drohnen.



### Resultate

Die verfasste Studie bietet einen Überblick über aktuelle Technologietrends und Forschungsaktivitäten zu radarbasierter Boden-Boden und Boden-Luft Nahbereichsaufklärung. Es werden Themen wie Mikro-Doppler und Low-Probability of Intercept (LPI) Radar behandelt sowie eine Auswahl an modernen mobilen und tragbaren Radarsystemen mit den verfügbaren technischen Daten präsentiert, inklusive einzelner Experimentalsysteme. Nicht im Fokus der Studie stehen klassische Weitbereichsradarsysteme (beispielsweise für die Luftraumüberwachung), Synthetic Aperture Radar (SAR), und Through-Wall Sensing.

*Auswahl verschiedener mobiler und tragbarer Radarsysteme für Boden-Boden und Boden-Luft Nahbereichsaufklärung und Überwachung: Oben: Thales Squire (links) und Saab Giraffe AMB (rechts), Unten: IAI ELTA EL/M-2112 Ground Master V2.5 (links) und DRS MSTAR / US Army AN/PPS-5C (rechts).*

### Fazit

Die Studie vermittelt einen Überblick über aktuelle Technologietrends und Forschungsaktivitäten zu radarbasierter Boden-Boden und Boden-Luft Nahbereichsaufklärung. Eine Auswahl an modernen mobilen und tragbaren Radarsystemen wurde dokumentiert sowie ihre verfügbaren technischen Daten erfasst.

## Kostengünstige Experimentalradarsysteme für Kleindrohrendetektion im Kleinperimeterbereich

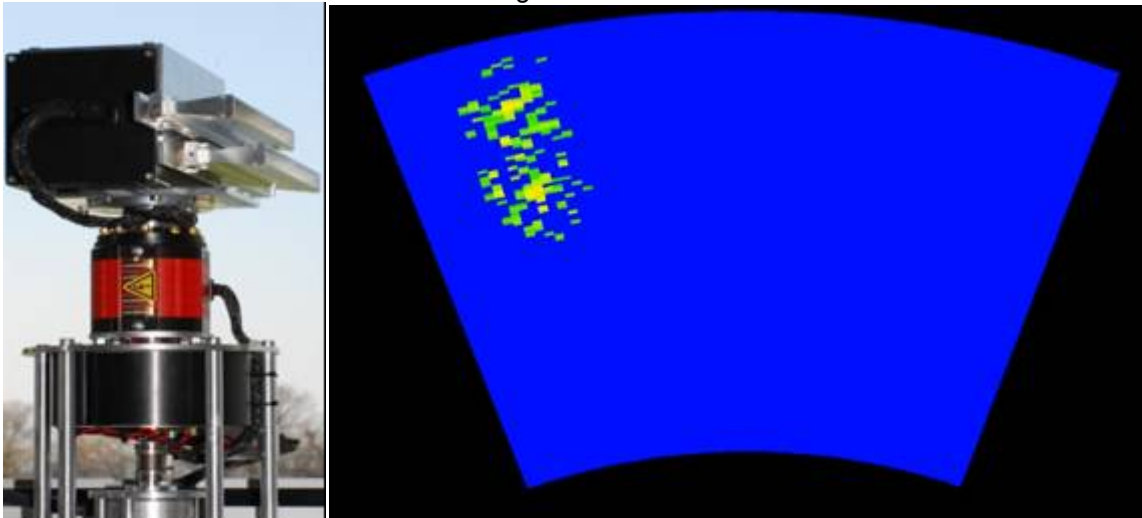
Eine Bedrohung von schützenswerten Objekten im kleinen Perimeter durch ferngesteuerte oder selbständig suchende Kleinflugzeuge ist vorhanden. Diverse Angriffe wurden in der Vergangenheit immer wieder durchgeführt oder vorbereitet. Es sind für solche Szenarien eine Vielzahl von technischen Sensor-Möglichkeiten vorstellbar, die spezifische Gegenmassnahmen auslösen könnten. In dieser Studie werden Grundlagen aufgezeigt, die berücksichtigt werden müssen um kostengünstige Radarsysteme für Kleindrohrendetektion im Kleinperimeterbereich zu beurteilen.

### Problem

Diverse grössere Radarsysteme können heute eingesetzt werden um einen Kleinperimeterbereich zu überwachen. Die Installation und die Betreuung solcher Anlagen rechtfertigt sich wirtschaftlich aber selten. Um kostengünstige Systeme zu entwickeln, sind die relevanten physikalischen Parameter der Sende- und Detektionsproblematik zu beachten, um die zu verwendenden Technologie- und Design-Anforderungen festzulegen. Anhand der Signal-zu-Rausch-Verhältnis Beziehung aus der Radargleichung lassen sich dabei die kritischen Parameter aufzeigen. Da kleine Modellflugzeuge (oder Kleindrohnen) in ihren Dimensionen vergleichbar mit grösseren Vögeln sind und idealerweise erkannt (respektive voneinander unterschieden) werden sollen, stellen die zu detektierenden Rückstrahlflächen eine herausfordernde wesentliche Richtgrösse dar.

### Resultate

Betrachtungen einiger Produkte zeigt, dass heute noch keine kostengünstigen kommerziellen Systeme zur Verfügung stehen. Aus einer Auflistung und Diskussion relevanter Faktoren konnten Schlüsselanforderungen abgeleitet werden, bezüglich zu detektierendem Radarrückstreuquerschnitt, Detektionsdistanz und Abdeckungsgrad. Möglichkeiten und weitere Schritte konnten aufgeführt werden, die bei der Realisation eines Technologiedemonstrators berücksichtigt werden sollen. Erste Vorversuche anhand technischer Funktions-Prototypen konnten im Rahmen einer Machbarkeitsuntersuchung bereits erste Resultate liefern.



Rechts: Bild eines Radar Technologiedemonstrators im W-Band montiert auf einer 360 Grad Drehplattform.

Links: Radarbild eines Vogelschwarms erfasst mittels Change Detection.

### Fazit

Die Grundlagen zu kostengünstigen Experimentalradarsystemen für Kleindrohrendetektion im Kleinperimeterbereich zeigen, dass diese Thematik nur ein Teilgebiet einer vernetzten und komplexen Aufgabenstellung ist. Nur die Klärung einiger wesentlicher Punkte kann die Rahmenbedingungen setzen um ein erfolgreiches und akzeptiertes Überwachungssystem zu entwickeln. Es bietet sich an, ein experimentelles System zu Demonstrationszwecken und Erfahrungsaufbau zu entwickeln, anhand dessen geeignete Datenverarbeitungs-Algorithmen, Detektierbarkeit, Klassifikation und technische Machbarkeitsgrenzen untersucht werden können.

## Deutsch-Schweizerische Forschungsk Kooperation für moderne Aufklärung und Zielerkennung

(Forschungsk Kooperation basierend auf staatlichen Vereinbarungen)

Um Kompetenzen im Bereich STAR (Surveillance, Target Acquisition und Reconnaissance) aufbauen und Trends beurteilen zu können, ist es wichtig Daten von Experimentalsystemen zu evaluieren und Mess- und Beurteilungsmethoden zu überprüfen und weiterzuentwickeln. Im Bereich der staatlichen, deutsch-schweizerischen Forschungsk Kooperation werden sicherheitsrelevante Technologieaspekte (z.B. moderne Sensorik, Signaturen, Tarnung und Täuschung, Modelle) aus einem unabhängigen Blickwinkel betrachtet und Daten von Experimentalsystemen beurteilt. Die Kooperation basiert auf drei technische Vereinbarungen zwischen armasuisse und dem deutschen Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung. In den Aktivitäten eingebunden sind die wehrtechnischen Dienststellen für "Schutz- und Sondertechnik WTD-52" und für "Informationstechnologie und Elektronik WTD-81", sowie die Fraunhofer Forschungsinstitute für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR und für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung IOSB, wie auch die Universitäten Zürich und Bern.

### Problem

In diversen sicherheits-relevanten Technologiebereichen der Aufklärung ist der Zugang zu Experimentalsystemen, Daten, Standards oder Messmethoden schwierig. In der erwähnten Kooperation wird beispielsweise die Möglichkeiten der Millimeterwellen-SAR-Sensorik anhand von Flugmessexperimenten gemeinsam untersucht und die Bedeutung für zukünftige Drohnenanwendungen abgeschätzt. Andere Themen befassen sich mit Erprobungsfragen, Radiometrie, Geländemodellierung, Signaturmessungen, Hyperspektralsensorik und Signaturmanagement.

### Beispiele von Aktivitäten



*Radarvermessung des deutschen Attrappenfahrzeug STANDCAM in Thun im Jahr 2011.*



*Radiometerexperiment in Thun mit Demonstratoren aus Deutschland und der Schweiz.*

### Fazit

Um technisch-wissenschaftliche Kompetenzen auf dem Gebiet Aufklärung und Überwachung aufzubauen und um den Zugang zu relevanten Daten und Wissen zu sichern, sind staatliche Kooperationen von grosser Bedeutung. Allerdings muss die Gegenleistung, d.h. eigene Beiträge gewährleistet sein.

## Solar-blind 2-dimensional ultraviolett detector arrays

ARAMIS: R-3210/040-19

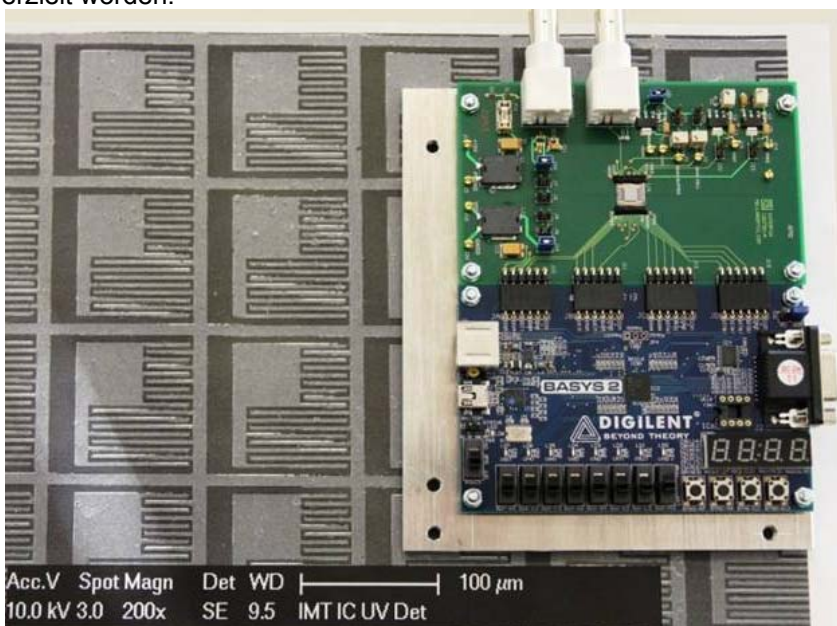
In diesem Projekt geht es um die Demonstration von solarblinden Detektoren im ultravioletten Spektralbereich mit Anwendungen in Raketenabwehrsystemen. Solche Detektoren werden auf der Basis von Halbleitermaterialien mit grossem Bandabstand, insbesondere Aluminiumgalliumnitrid, hergestellt. Die dünnen Halbleiterschichten werden an der Universität Ulm sowie an der ETH Lausanne mittels spezieller Verfahren epitaktisch abgeschieden.

### Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeiten ist die Fabrikation einer 32x32 Pixel Prototyp-Ultraviolettamera basierend auf III-V Halbleitermaterialien. Die dafür geeigneten Halbleiterkristalle werden auf Saphirsubstraten epitaktisch abgeschieden und bestehen im Wesentlichen aus AlGaIn. In diesem technologisch wichtigen Wellenlängenbereich wird durch die Verwendung von Halbleiterdetektoren nicht nur eine wesentliche Miniaturisierung sondern auch eine Vereinfachung der Signalverarbeitung angestrebt.

### Resultate

Im laufenden Jahr 2010 haben sich die entscheidenden Arbeiten an der UV-Kamera zunächst auf eine exakte Literatursuche zum Thema UV-Detektoren basierend auf Halbleitern, sowie eine Verbesserung der bestehenden Kamera konzentriert. Es hat sich herausgestellt, dass in diesem Fachgebiet sehr wenig Literatur zum Thema Halbleitersensoren vorhanden ist. Prinzipiell sind Informationen nur auf Grund persönlicher Kontakte erhältlich. Besser sieht die Situation bei der Verbesserung jetzigen Prototyps aus. Bei der Bildanalyse wurden Standardprozesse wie Mittelung und korrekte Kalibrierung herangezogen. Dies hat die verfügbaren Daten zwar schon entscheidend verbessert, aber auch die Grenzen des jetzigen Demonstrators aufgezeigt. Insbesondere bei der Integrationszeit und der Rückkoppel-Kapazität scheint eine gewisse Limitierung durch die verwendete Technologie zu bestehen. Mittels spezieller Analyseverfahren ist aber auch hier eine deutliche Verbesserung erzielt worden.



Als Hintergrund ist hier eine Elektronen-Mikroskop-Aufnahme einer sonnenblinden UV-Kamera zu sehen. Die hellgrauen Kammstrukturen der einzelnen Pixeldetektoren sind gut erkennbar. Als Vordergrund wurde eine fertige UV-Kamera (Pixel-Array mit gedruckter Schaltung plus kommerzieller FPGA-Karte) verwendet. Die Gesamtgrösse der Kamera beträgt etwa  $10 \times 15 \text{ cm}^2$ , während ein Pixel nur  $120 \times 120 \text{ µm}^2$  gross ist.

### Fazit

Im vergangenen Jahr hat sich das Projekt UV-Detektoren auf Verbesserungen der Kamera, der verwendeten Software und eine eingehende Literatursuche zum Thema 'Halbleiter-basierende UV-Detektoren in der Rüstung' konzentriert. Für das Jahr 2012 wird eine deutliche Komfortsteigerung in der Kameraanwendung durch die Verwendung einer geeigneten Software erwartet. Bilder werden dann sozusagen in Echtzeit verfügbar sein und können dadurch auch deutlich besser verarbeitet werden.

## Millimeter- und Mikrowellenfernerkundung

ARAMIS: R-3210/040-11

Das Projekt befasst sich mit dem am Institut für Angewandte Physik der Universität Bern (<http://www.iapmw.unibe.ch>) entwickelten Scanning Polarimetric Imaging Radiometer (SPIRA) bei der Frequenz von 91 GHz mit einer Winkelauflösung von  $0.5^\circ$ . Das bodengestützte System erzeugt Wärme-strahlungsbilder des ausgewählten Blickfelds bei der Wellenlänge von 3.3 mm. Dargestellt werden für jedes Bildelement die in Strahlungstemperatur (K) geeichten Stokesparameter (I,Q,U,V) zur Beschreibung der Polarisierung. Das besondere an SPIRA ist die Unabhängigkeit vom Tageslicht, die Sicht durch Nebel und durch viele trockene Stoffe, sowie die Fähigkeit zur Messung der Polarisierung der Strahlung. SPIRA ist ein Prototypsensor für Überwachungsaufgaben, Aufklärung und Forschungszwecke.

### Aktive Bestrahlung

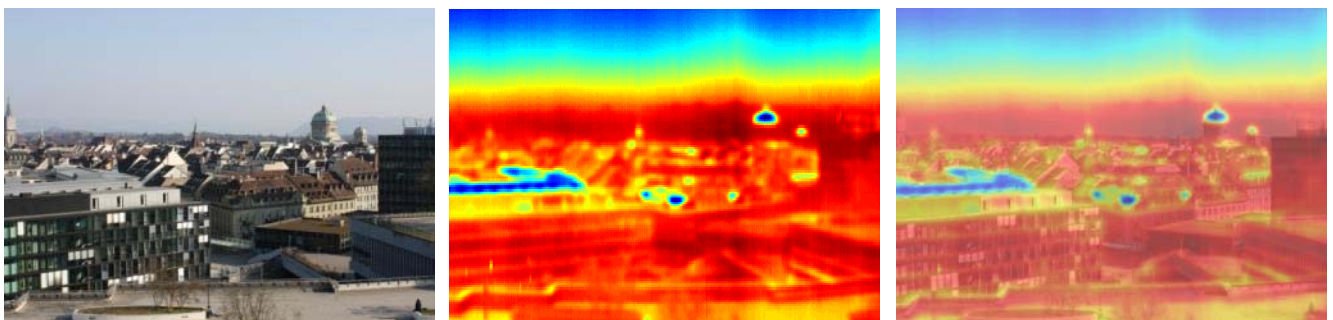
SPIRA wurde um eine aktive Quelle im Mikrowellenspektrum erweitert, um die Szene künstlich zu beleuchten. Dadurch kann der Kontrast der aufgenommenen Bilder vergrößert werden. Ein Horn mit hohem Richtfaktor ist an der Elevationsachse des Spiegels angebracht und folgt bei der Bildaufnahme dessen Bewegung. Das Horn zeigt dabei jeweils in dieselbe Richtung wie der Spiegel. Als Quelle für die aktive Beleuchtung kann wahlweise ein CW-Signal von einem portablen Synthesizer oder einer Rauschdiode verwendet werden. Beide Konfigurationen werden am IAP getestet, um optimale Einstellungen bezüglich *speckle noise* Reduktion und Signaleigenschaften zu finden.



Scanning Polarimetric Imaging Radiometer

### Fusion von Bildern

Bilder aus verschiedenen Spektralbereichen enthalten oft unterschiedliche Informationen. Das Ziel des *Image Fusion* besteht darin, die gewünschten Informationen aus den verschiedenen Bildern zu extrahieren und zu einem einzigen Bild zusammenzufügen. Wir kombinieren Bilder von SPIRA mit Infrarotbildern und solchen von optischen Kameras. Der optische Spektralbereich bietet die beste Auflösung, ist aber ungeeignet in der Nacht. Infrarotkameras liefern zwar auch in dunklen Umgebungen brauchbare Bilder, aber Infrarotstrahlung hat im Allgemeinen eine geringe Eindringtiefe in Materie und kann deshalb keine versteckten Objekte (z.B. aus Metall) erkennen, was insbesondere bei Sicherheitsanwendungen wichtig ist. Diese Möglichkeit bieten Bilder im Millimeterwellenbereich, welche allerdings unter einer geringen Auflösung leiden. Nach der Auswahl der gewünschten Informationen werden die Bilder zu einem neuen Bild zusammengefügt, welches zum Beispiel aus einem Bild einer optischen Kamera besteht, auf dem warme Objekte (aus Infrarotbild) und Metallteile (aus Millimeterwellenbild) hervorgehoben sind.



Ein Bild von SPIRA (Mitte) wird mit dem einer optischen Kamera (links) überlagert, woraus ein Bild resultiert, welches sowohl die Detailinformationen über die Struktur enthält wie auch die Helligkeitstemperaturen bei 91 GHz (rechts). Metallische Objekte (z.B. Kupferdächer) sind gut zu erkennen anhand der blauen Farbe (kleine Helligkeitstemperatur, wegen Reflexion der kalten atmosphärischen Strahlung).

## Multisensordatenfusion

ARAMIS: R-3210/040-23

International breit abgestützte Experimente im Aufklärungsbereich (z.B. bei der Bildaufklärung, IMINT) zeigen, dass mit einem Sensortyp alleine die Informationsüberlegenheit in diversen Szenarien nicht garantiert werden kann. Vielmehr ist eine angepasste Kombination aktiver und passiver Sensoren erforderlich. Dies insbesondere bei urbanen Anwendungen, bei denen Objekte/Personen erkannt und zusätzlich deren Zustände/Absichten beurteilt werden müssen. Auch im Bereich moderner Tarnung und Täuschung ist zu erwarten, dass mit Multisensorik im Vergleich zu einem einzelnen Sensor eine Erhöhung der Erkennungsrate erreicht werden kann.

### Problem

In diesem Forschungsprojekt soll einerseits untersucht werden, wie die Sensorik geeignet auf eine Plattform integriert werden kann und andererseits soll die Problematik der Sensordatenfusion schrittweise erarbeitet werden. In erster Linie soll eine Analyse für Szenarien im Nahbereich ( $<1$  km) gemacht werden. Es sollen Multisensoraspekte für folgende Sensoren untersucht werden: Infrarotkameras, Panoramakameras (VIS) und Millimeterwellenradar. Die Einflüsse von diversen Randbedingungen wie Aufnahmegeometrie, Sensorparametern, Umgebung und Umwelteinflüssen sollen analysiert werden.

### Resultate

Eine Panoramakamera mit einem digitalen Kompass und GPS und eine IR-Kamera mit einem digitalen Kompass und einer digitalen Wasserwaage auf einer Dreheigeplattform werden auf einer gemeinsamen Plattform integriert. Die Steuerung und die Datenerfassung aller Sensoren auf dieser Plattform - inklusive der Bilder der Panoramakamera (Seitz) und der IR-Kamera (Agema) - erfolgt über ein eigens dafür entwickeltes und in Matlab realisiertes Computerprogramm. Der Benutzer des Programms kann Panoramabilder im visuellen und Infrarotbereich generieren, einen Bereich eines visuellen Panoramabildes auswählen, der daraufhin von der IR-Kamera erfasst wird, sowie zu unterschiedlichen Zeiten aufgenommene Bilder einer Quelle auf Veränderungen überprüfen („change detection“). Je nach Aufnahmewinkel wird das resultierende IR-Panoramabild aus einem oder mehreren IR-Bildern generiert, die automatisch zusammengefügt werden („image stitching“). Ein Aufnahmeverfahren von IR-Panoramabildern während der kontinuierlichen Bewegung der Dreheigeplattform ist in Erprobung. Das System wurde im Rahmen eines NATO/PfP-Forschungsexperimentes im Herbst 2011 im Einsatz erfolgreich getestet.



### Verwendete Sensortechnologien

- Elektro-optische Sensoren (VIS, IR)
- FMCW mmW Radar
- Digitaler Lagewinkelsensor & Kompass
- GPS

*Multisensor-Plattform mit integrierter Panoramakamera und IR-Kamera auf Dreheigeplattform.*

*Alle Sensoren, Stromversorgungen etc. und die Computersteuerung sind modular, aber dennoch kompakt verschraubt und verkabelt, und das ganze System kann in kurzer Zeit von einer Person montiert werden.*

### Fazit

Für die Informationsüberlegenheit bei Aufklärungs- und Überwachungsaktionen, insbesondere in urbaner Umgebung, ist die Anwendung von Sensordatenfusion unerlässlich. Es ist vorgesehen, weitere Sensordaten zu fusionieren.

## Omni-directional surveillance with a Panoptic Camera

The Signal Processing and Micro-Electronics Systems laboratories of EPFL have invented a new camera concept, called a Panoptic camera, composed of a polydioptric array of micro-cameras disposed on a spherical topology. The system can be programmed to render full field-of-view images at very-high resolution and in 3D. The goal of this project is to study the potential of Panoptic systems as ground-based surveillance cameras.

### Problem

The widespread commercial dissemination of small Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) poses novel security challenges. Small UAVs can typically fly under radar screening and carry sensitive payloads and sensors in the direct vicinity of sensitive areas and buildings. Some of the recent prototypes can fly autonomously to a pre-defined target. Regular security cameras might be able to spot low-flying UAVs but will typically very quickly loose contact due to their small field-of-view. Moreover, most surveillance cameras still rely on monitoring from experts, which is typically unreliable in on-line conditions and for fast paced action.

### Description

The goal of this project is design and test a prototype of omnidirectional, full field-of-view surveillance camera, together with special purpose detection and tracking algorithms to automatically identify, tag and track incoming UAVs. The camera will be able to monitor a 360 degrees aerial zone, at high frame rates. Based on the EPFL Panoptic technology, the system has no moving parts : it renders high resolution panoramic images and does not suffer from the traditional problems of PTZ cameras. The system will also include special purpose computer vision algorithms to detect incoming UAVs and track them across the camera field-of-view, automatically triggering alarms for human inspection.

### Results

A 29 cameras Panoptic system featuring real-time capture and archival is in final assembly. Each camera on the array has a 1.5MP high-resolution sensor and the whole array performs 20 frames-per-second acquisition while being able to archive several minutes of raw data on external storage for off-line inspection. In parallel, two tracking algorithms have been developed. A first version, works directly without training based on background subtraction and motion detection, at the expense of higher false positives. A second algorithm can be specifically trained on existing images of UAVs to reach higher performances. The system will now be validated in field conditions with autonomous winged UAVs as target.



### Conclusions

The current hardware prototype matches the technical specifications for a genuine omnidirectional surveillance camera : an aggregated pixel output of 43.5 Megapixels, 20 frames per second video feeds, with excellent optical quality. The detection and tracking algorithms perform in real-time. The overall system must now be validated in realistic operating conditions.

## ARFANG-S2R - Short Range Infrasound Goniometry

ARAMIS: R-3210/040-16

Global air picture can be improved by the use of passive means especially for locations with poor radar coverage. Acoustic Goniometry using low frequency sound (infrasound) produced by aircrafts can be advantageously applied to this task. The necessary material and infrastructure for such a system are relatively cheap, robust, of low power consumption and easily deployed. Target detection with such a system is passive, non line of sight and 360°. Applications can range from surveillance of an air base or perimeter, to warning and cueing of other high resolution detectors or weapons.

### Objective

On the basis of advanced acoustic goniometry expertise and background shared between armasuisse and the specialized partner, the idea of this project is to build onto the experience of the field tested infrasound detection and localization system ARFANG to make an experimental short-sky-range (S2R) infrasound goniometer for aircraft detection and localization.

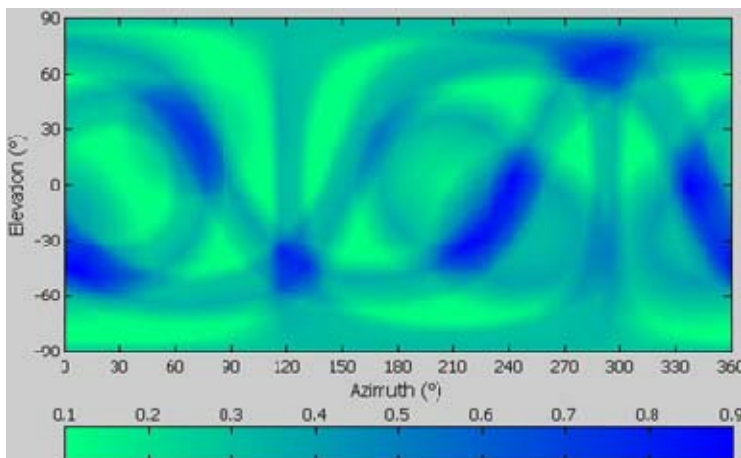
The main objective of this project is the deployment of such systems for perimeter protection during subsidiary operations. The use of infra sonorous frequencies, although limiting the kind of targets likely to be detectable, allows a detection range of useful extension.

### Direction of work

A first system comprising one group of 5 microphones optimized for the task has been constructed and is operated at the Alpnach Helicopter Base of the Swiss Air Force. Helicopters are good sources of infra sound (blade passing of the rotor), the presence of numerous targets of opportunity allows an optimization of the base configuration. After optimization of the microphone array (suppression of azimuthal ambiguity in the whole frequency range), a multi-goniometer (typically 2) system will be installed in order to measure the range of the targets in addition to their bearing.

In addition to its localization function, the investigated set-up also allows an acoustical characterization of targets (acoustical signature). Collection of such signatures for use in identification of targets is part of the planned tasks.

An optimized system will finally be operated during a subsidiary event, to evaluate its potential in complementing other detection means for perimeter surveillance.



### Technologies covered

- Acoustic Goniometry
- Acoustic sensors
- Infrasound
- Signal processing

### Conclusions

In the perspective of local air space surveillance, low frequency acoustical goniometry has the potential to advantageously complement more sophisticated and more expensive systems, like radars. Their high availability, ruggedness, low power consumption, low price and omni-directionality coupled to a purely passive operation, make them particularly attractive in a tactical environment or for perimeter surveillance.

## Acoustics and Autonomous Sensing for ISR Applications

NATO/PfP RTO

Acoustic sensor systems can be deployed for the automatic detection, localization, tracking and classification of sound sources like transient events (mortar, explosion, sniper), continuous sources (ground or aerial vehicles) or personnel (speech, footsteps). Acoustic sensors are particularly interesting because they are passive, affordable, robust, compact, low-power and because they typically allow a 360° non line-of-sight wide area coverage. This NATO/PfP research working group deals with the application of such sensors and their ability to provide a common integrated operating picture through networking, sensor fusion and interoperation with other types of sensors.

### Problem

Acoustic sensor systems on the ground and/or in the air can be used effectively for autonomous and remote intelligence surveillance and reconnaissance (ISR) applications. Acoustic sensors can be used as primary sensors and/or secondary sensors, to cue other higher resolution sensors, for detection, tracking and classification of continuous and transient battlefield acoustic events such as those produced by ground vehicles, aircrafts, personnel and indirect and direct fire. Unattended Ground Sensors (UGS) can be delivered by air, or emplaced by humans to detect, classify, localize and track threat targets in areas where soldiers cannot be present. These sensors will reach their full potential if they can be networked, their output standardized (interoperability) and if efficient algorithms can be developed to perform data fusion and to allow autonomous sensing for ISR applications.

### Direction of work

The goals of this research group are to establish and test the interoperability of acoustic sensor systems, to collect acoustic signatures and to develop strategies and algorithms in sensor networking and fusion to support autonomous sensing for ISR applications (algorithm development at the node level and across a network). The group will focus on detection, classification and/or localization (artillery, rocket, mortar, sniper, personnel, ground vehicles, airborne targets) for protection of ground forces operating in the battlefields and peacekeeping areas (border surveillance, route monitoring, base/camp protection).

#### CF Tactical Command & Control

Headquarters can receive the fused data and query for information

#### Fusion Centres

Users can receive a certain class of fused data and query for information

Fusion centres/gateways

#### Sensor Nodes

Large number of disposable unattended sensors

Disposable small sensors

Long-haul Communication

Low-latency, high-bandwidth li

Low-power radio link

### Sensing technologies to be covered

- Acoustic sensors
- Seismic sensors
- Unattended Ground Sensors
- Sensor networking
- Sensor fusion

### Related issues

Use is made of data message formats developed under NATO TG-25. NATO interoperability is an aim.

### Conclusions

Acoustic sensors have an enormous potential to perform autonomous and persistent remote surveillance and reconnaissance at an affordable cost. This potential will be fully realised if these sensors can be networked and the information they and other types of sensors provide can be fused together.

## Integration von Webcam-Daten in eine 2D-/3D-Geodatenumgebung

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie werden die Einbindung öffentlich zugänglicher Webcams in eine 2D-/3D-Geodatenvisualisierung sowie Sichtbarkeitsanalysen durchgeführt. Mittels geeigneter Software wird ein Showcase für die Altstadt von Bern entwickelt, welcher die Funktionsweise aufzeigt. Informationen, die aus Webcam-Bildern gewonnen werden, werden mit einer Georeferenz versehen und dienen somit als Entscheidungshilfe für Reaktionen auf bestimmte Ereignisse. Die Studie gibt ausserdem Anregungen für eine zukünftige Operationalisierung und Weiterentwicklungen.

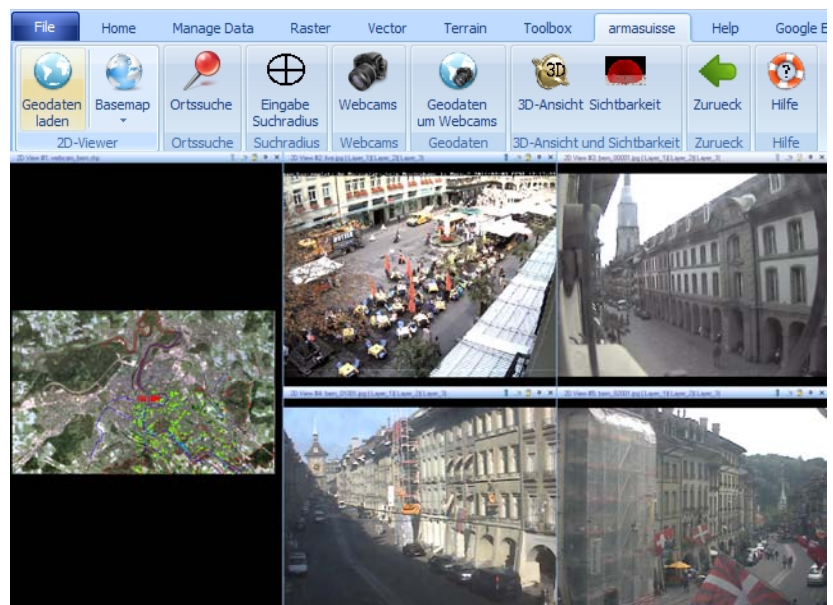
### Problem

Öffentlich zugängliche Webcams sind in zentralen Stadtgebieten weit verbreitet und damit eine neue Informationsquelle, um zu Quasi-Echtzeitbildern der abgedeckten Gebiete zu kommen. Um diese Informationen als Entscheidungshilfe für Einsatzszenarien nutzen zu können, müssen die relevanten Bilddaten möglichst exakt im Raum verortet und verknüpft mit 2D- und 3D-Geodaten rasch und interaktiv visualisiert werden.

### Resultate

Wesentlicher Bestandteil des zu entwickelnden Systems sind frei zugängliche Webcams im öffentlichen Raum. Diese werden mit verschiedenen Metadaten (Koordinaten, Ortsname, Hyperlink etc.) versehen. Nach dem Start des GUIs werden die notwendigen Geodaten (DHM-AV, Swisssimage, Swissbuildings 3D) im Viewer geladen. Mittels alphanumerische Ortssuche wird auf die gewünschte Adresse über eine Suchfunktion gezoomt. Die programmierten Tools erlauben die Selektion von Webcam-Standorten innerhalb eines Buffers am Ort des Geschehens und deren Multi-View-Darstellung in der 2D-Geodatenumgebung. Gleichzeitig werden die Attributtabelle der selektierten Webcams in das System eingelesen und für die weitere Verwendung bereitgestellt. Für die Sichtbarkeitsanalyse werden die Geodaten und die Webcam-Standorte im 3D-Viewer dargestellt, wobei das parallele und verlinkte Arbeiten in 2D und 3D möglich ist. Es folgt eine Visualisierung jener Gebiete, die von einer oder mehreren Webcams aus sichtbar bzw. nicht sichtbar sind. Damit können die abgedeckten Bereiche bzw. Lücken effizient im Raum dargestellt und analysiert werden. Sichtbarkeiten werden als Rasterdatensatz oder in 3D in Form von Sichtbarkeitssphären oder -würfeln dargestellt. Des Weiteren ist auch die Berechnung gegenseitiger Sichtbarkeiten (Intervisibility) möglich.

*Ausschnitt aus dem angepassten GUI in ERDAS Imagine mit den programmierten Tools für eine einfache Prozessabfolge vom Laden der Geodaten bis zur Sichtbarkeitsanalyse in 3D. Zu sehen sind die nach Aktivierung des ersten Tools geladenen Geodaten sowie eine Multiview-Darstellung der exemplarisch selektierten Webcams in der Altstadt von Bern.*



### Fazit

Auf Basis von swisstopo-Daten, der von MFB-GeoConsulting entwickelten Erweiterung zu Erdas Imagine und den Positionen und weiteren Informationen zu Webcams lässt sich ein effizientes Werkzeug zum Monitoring von Ereignissen in von Webcams abgedeckten Räumen umsetzen. Die Funktionalität des Systems lässt sich spezifischen Bedürfnissen von armasuisse jederzeit anpassen und erweitern.

## IMINT-Szenarien aus Signaturen und Radarbildern

ARAMIS: R-3210/040-18

In diesem Forschungsprojekt werden künstliche Synthetic-Aperture-Radar (SAR)-Bilder aus gemessenen oder simulierten Radarsignaturen und aus echten erfassten SAR-Daten generiert. Das Arbeitspaket von 2011 beinhaltete die Optimierung des in das PC-Programm EOSAR (*Einfügen von Objekten in SAR-Szenen*) eingebetteten SAR-Prozessors im Hinblick auf die Qualität der erzeugten SAR-Bilder, die Verwendung Schweizer Szenen, sowie die Erweiterung des Prozessors auf Multifrequenz-Verarbeitung. Die Prozessierung berücksichtigt nun Oberflächendaten, wodurch Ziele genauer in Szenen eingefügt werden können. Ferner wurde die SAR-Datenumwandlung von Streuzentren zu den sogenannten High-Range-Resolution Profiles (HRR) realisiert.

### Resultate

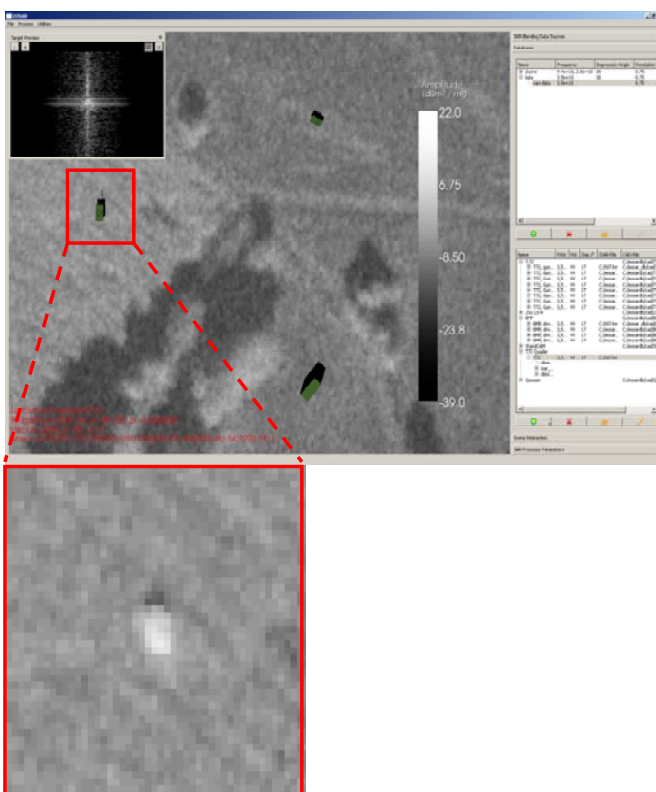
Die Benutzeroberfläche von EOSAR ist voll funktionsfähig, sämtliche Schritte des Programmablaufs sind implementiert. Szenen und Ziele werden in zwei Datenbanken verwaltet und vereinfachen die Handhabung des Programms. Szenen verknüpfen SAR-Roh-, Bewegungs-, RDI- und AMP-Daten, sowie in der Szene positionierte Ziele. Die Szenen können somit als Einheit gespeichert, geladen, und nachträglich manipuliert werden.

In der Ziel-Datenbank werden Ziele, definiert durch HRR-Profile und CAD-Modelle, verwaltet. Ein Ziel kann dabei mehrere Untervarianten umfassen, die sich durch bestimmte Eigenschaften (z.B. offene Fahrerluke) auszeichnen. Die Ziele können aus der Datenbank in die Szene geladen und individuell parametrisiert werden (z.B. bzgl. Position, Orientierung). Das jeweilige CAD-Modell repräsentiert das Ziel in der Szene und steht für die Berechnung des Ziel-Schatten-Bereiches zur Verfügung. Steht kein CAD-Modell zur Verfügung, kann anstatt ein Quader verwendet werden.

Der Schattenwurf basiert auf den CAD-Modellen der Ziele und ist somit geometrisch korrekt. Das Niveau des Rauschanteils im Schatten kann durch den User vorgegeben werden, indem er einen Schattenbereich in der originalen SAR-Szene referenziert.

Das HRR-Profil eines ausgewählten Ziels kann bei gegebenem Aspektwinkel in einem Vorschau-Fenster inspiziert werden, um z.B. evtl. notwendige Amplitudenanpassung vor dem eigentlichen Blending-Prozess erkennen zu können.

Die Fraunhofer SAR-Daten-Daten (Wolf, Stand-Cam, T72, Raketenattrappen, ZSU23-4 und BMP2) wurden zu HRR-Profilen aufbereitet und mit entsprechenden CAD-Modellen in die Ziel-Datenbank von EOSAR integriert.



Die Abbildung zeigt im oberen Teil die Benutzeroberfläche von EOSAR mit einem Ausschnitt des zu bearbeitenden SAR-Bildes und einer Ziel-Vorschau. Die Beleuchtung erfolgt von unten. Es sind an den gewünschten Positionen mehrere Ziele in unterschiedlichen Orientierungen eingefügt (T72, BMP, Quader). Sie werden mit korrektem Schattenwurf angezeigt. Der darunterliegende Bildausschnitt zeigt das Endergebnis, nachdem das ZSG ausgeschnitten, die RDM rücktransformiert, die HRR-Profile des Fahrzeuges (T72) kohärent addiert und schließlich die betroffene RDM erneut prozessiert wurde.

### Fazit

Die Analyse und Auswertung von SAR-Bildern ist aufwändig. Mit diesem Forschungsprojekt wird angestrebt, künstliche Millimeterwellen-SAR-Szenen zu generieren, welche erfasste Signaturen aus Drehturmstandsmessungen darstellen.

## Radarsignaturen für Detektion und Zielklassifikation

ARAMIS: R-3210/040-14

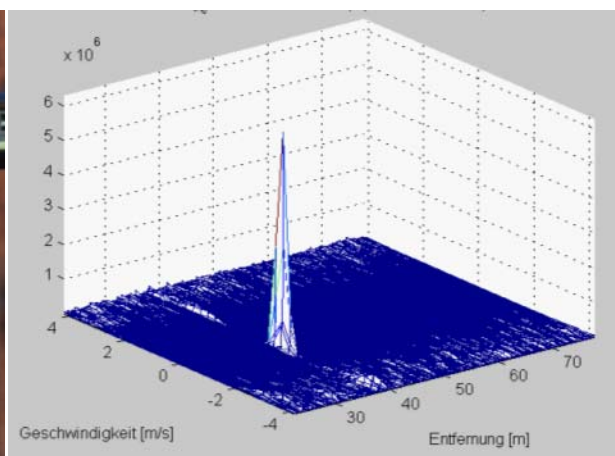
Moderne boden- und luftgestützte Radarsysteme mit Simultanempfang über mehrere Phasenzentren (evtl. polarimetrisch) liefern eine Vielzahl verschiedenster Informationen über eine zu beobachtende Szene. Die Radarsignatur von einem Szenarium wird dabei erfasst in Form eines mehrdimensionalen Felds von Signalamplituden, die den verschiedenen Laufzeiten, Sendezeitpunkten, Empfangsorten und Polarisationen zugeordnet sind. Die Prozessierung dieser mehrdimensionalen Radarsignatur liefert eine zeitvariable Abbildung der überwachten Szene im Range-, Richtungs- und Dopplerraum, auf deren Basis die Detektion und Klassifikation eventueller Bedrohungen erfolgen kann.

### Problem

Die Methoden zur Prozessierung der mehrdimensionalen Radarsignatur sind sowohl an die spezifischen Parameter des Radarsensors als auch an die Eigenschaften der zu erfassenden Szenarien anzupassen. Häufig führen Prozessierungsverfahren (insbesondere solche, die auf der Fourier-Transformation basieren) zu unerwünschten Degradationen des Ergebnisses (z.B. in Form stark fluktuierender „Radarschwerpunkte“). Zur signifikanten Reduktion dieses Problems können hochauflösende multidimensionale Maximum-Likelihood Schätzverfahren eingesetzt werden. Neben dieser allgemeinen Problemstellung einer adäquaten Prozessierung der mehrdimensionalen Radarsignatur war diese Problematik in spezifischer Weise für das 94-GHz-Experimentalfeldradar (FeRaMo) zu lösen.

### Resultate

Für das FeRaMo wurden erste Verfahren zur Range-Doppler-Richtungswinkel-Prozessierung der Radarsignatur in Form der kohärenten Verarbeitung einer Folge von Echos in zwei kopolaren Empfangsantennen entwickelt, in Software (echtzeitfähig) implementiert und anhand von Experimenten verifiziert. Für die hochauflösende mehrdimensionale Maximum-Likelihood Schätzung wurde ein spezifischer Algorithmus ausgewählt, in Software implementiert und anhand computersimulierter Rückstreudaten verifiziert. Für die numerische Zielmodellierung wurde ein auf der physikalischen Optik basierender Algorithmus implementiert.



Auf dem linken Bild sind die Antennen und Kameras des Experimentalfeldradar (FeRaMo) abgebildet. Das Radar hat eine Bandbreite von einem 1 GHz, wodurch eine sehr hohe Auflösung in Entfernung erreicht wird (15 cm). Das Bild auf der rechten Seite zeigt das ausgewertete Radarechosignal (ermittelte Range-Doppler-Spektrum) einer kleinen Drohne, die in einem urbanen Gebiet erfasst wurde.

### Fazit

Die erfolgreiche Verarbeitung von Daten bezüglich ihrem mehrdimensionalem Informationsgehalt (Range, Radialgeschwindigkeit und Richtungswinkel) konnte in Echtzeit für das Experimentalfeldradar realisiert werden. Die experimentellen Ergebnisse bestätigen ein hohes Potential zur Entdeckung bewegter Objekte in stark streuender stationärer Umgebung. Das Experimentalfeldradar (FeRaMo) konnte 2011 erfolgreich in einem Experiment mit internationaler Beteiligung eingesetzt werden. Es ermöglicht auch die Untersuchung der Detektion von Boden- und Luftzielen im Nahbereich.

## Neues Messverfahren für Radar-Signaturen

ARAMIS: R-3210/040-13

Zur Evaluierung der Eigenschaften von Radarsystemen wie den bildgebenden Synthetischen Apertur Radar (SAR)-Systemen, den Systemen zur Entdeckung bewegter Ziele in Bodenclutter (GMTI Radar) und den Zielverfolgungssystemen (Tracking Radars) benötigt man Modelle um die Rückstreuung an ausgewählten Radarzielen und Clutter zu untersuchen. Mit Hilfe computergestützter Simulationen, können die Radarsignaturen für relevante Szenarien nachgebildet und optimiert werden.

### Problem

Bei Radarzielen hat sich das Konzept der Modellierung mit Hilfe der aus Rückstreu-Messdaten extrahierten räumlich verteilter Streuzentren (Punkstreuer-Modell als Ziel-Modell) bewährt, da dieses Modell eine näherungsweise Konversion der Streudaten von der Messentfernung (Streu-Nahfeld) zu jeder grösseren operationellen Entfernung erlaubt. In dieses Konzept fügen sich verschiedene bisher entwickelte Verfahren zur Gewinnung der Streuzentrenverteilung ein. Dies ist sowohl die Extraktion einer deterministischen 3-D-Verteilung mit Hilfe der Erfassung der Daten mittels eines Inversen Synthetischen Apertur Radar Verfahrens (ISAR-CLEAN) als auch hochauflösende Spektralschätzungsverfahren. Zum anderen besteht im Millimeterwellenbereich die Möglichkeit der Extraktion räumlich verteilter Streuzentren mit stochastischen Streuamplituden mit Hilfe der Abtastung über hochbündelnde Antennen.

### Resultate

Das bereits früher entwickelte ISAR-CLEAN Verfahren zur Rekonstruktion äquivalenter Punkstreuerverteilungen wurde auf neue Strukturen angewandt, u.a. auf die Analyse der Wirksamkeit von Tarnschichten (siehe Abbildung). Die aus den Anwendungen sich ergebenden Anforderungen an das Ziel-Modell und die Methoden zur Gewinnung der Modellparameter wurden systematisch untersucht. Während bei Anwendungen im Dezimeter- und Zentimeter-Wellenbereich der Modellierung über eine dreidimensionale deterministische Streuzentren-Verteilung der Vorzug zu geben ist, ist die Zahl der Freiheitsgrade deterministischer Modelle im Millimeterwellenbereich im Allgemeinen zu gross, so dass partiell stochastische Modelle (zufällige lokale Streuamplitude) Vorteile bieten.

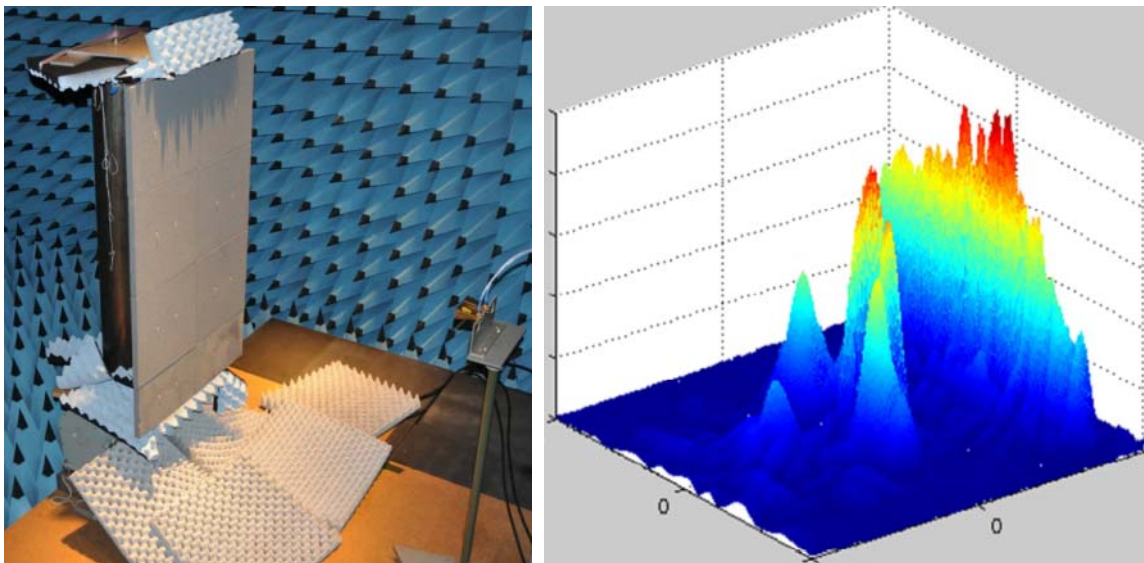


Abbildung Links: Untersuchung der Wirksamkeit von Absorberschichten mittels ISAR-CLEAN Verfahrens an einer zylindrischen Metallstruktur verdeckt mit einer Absorberschicht. Rechts: 3D Bild der Ergebnis-Daten, anhand deren sich die Tarn Eigenschaften des Materials untersuchen und interpretieren lassen.

### Fazit

Deterministische und stochastische Konzepte zur Modellierung der Radarrückstreuung an verschiedenen Zielen wurden weiterentwickelt und hinsichtlich ihres Einsatzbereichs verglichen und gegeneinander abgegrenzt.

## Compressed Sensing

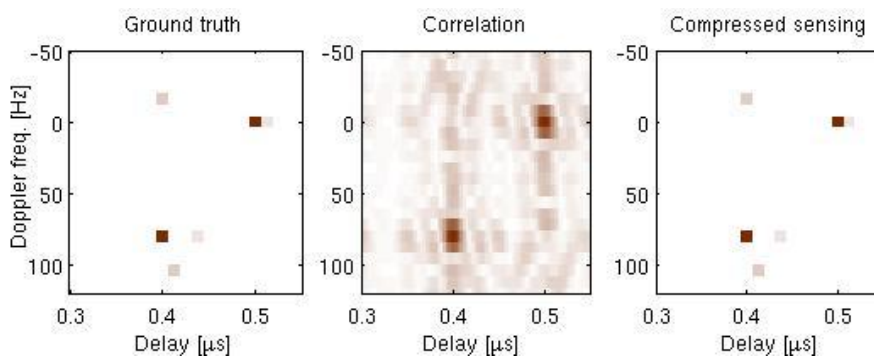
**Compressed Sensing ist eine neue Methode zur Abtastung von Signalen mit einem tieferen Informationsgehalt als es die belegte Bandbreite eigentlich erlauben würde. Solche Signale können auch bei einer Abtastrate unter der Nyquist-Rate noch mit hoher Präzision rekonstruiert werden, wenn die Messungen in einer geeigneten Basis erfolgen. Radar-Ziele eignen sich häufig zur Ortung mittels Compressed Sensing, da meist nur eine kleine Anzahl von Zielen von Interesse sind. Konkret wurde hier die Anwendung an einem Passivradar basierend auf WiFi Signalen untersucht.**

### Problem

WiFi Basisstationen sind heutzutage allgegenwärtig und bieten sich daher als Beleuchter für ein lokales Passivradar an, das zur Ortung von sich bewegenden Fahrzeugen und Personen verwendet werden kann. Bisherige Versuche zeigten, dass dies grundsätzlich möglich ist, jedoch einige Einschränkungen existieren: Zum einen ist die räumliche Auflösung beschränkt, zum anderen können stark reflektierende Objekte andere nahegelegene Objekte durch Nebenmaxima in der Korrelationsfunktion vollständig überschatten.

### Resultate

Damit Compressed Sensing Verfahren angewendet werden können, müssen einige Grundvoraussetzungen erfüllt sein, welche in dieser Studie detailliert beschrieben wurden. Zum einen muss eine sogenannte 'sparse' Darstellung mit nur wenigen Koeffizienten möglich sein, was bei Radar gut möglich ist, sobald alle stationären Clutter-Signale entfernt wurden. Zum anderen müssen Messungen in einer inkohärenten Basis erfolgen. Glücklicherweise wird diese Bedingung von WiFi-Frames erfüllt, welche nach dem IEEE 802.11b Standard mittels DSSS oder nach den 802.11a/g/n Standards mittels OFDM moduliert werden. Eine numerische Simulationsumgebung wurde programmiert, mit welcher unterschiedliche Radar Szenarien simuliert und verschiedenste Compressed Sensing Rekonstruktions-Algorithmen getestet wurden. In einer ersten Anwendung konnte vor allem die Unterscheidbarkeit von nahe beieinander liegenden Zielen im Vergleich zum Korrelationsbild verbessert werden. Eine zweite Anwendung nimmt die Signale von mehreren WiFi-Basisstationen auf und erreicht damit eine bis zu viermal höhere Auflösung. Das Ziel der dritten Anwendung war die Reduktion der Abtastrate, was für DSSS Signale bei genügend kleinem Rauschanteil sehr gut möglich war. Allgemein kommen CS-basierte Passivradars mit weniger aufgefangenen WiFi-Frames aus, was sowohl die Anforderungen an die Sender-Aktivität wie auch die erforderliche Speichergröße verringert.



*Ausschnitt aus einer Simulation zur genauen Lokalisation von 6 unterschiedlich stark reflektierenden Zielen mit Hilfe von 40 Messungen mehrerer Basisstationen.*

### Fazit

Es konnte gezeigt werden, dass sich Compressed Sensing zur Rekonstruktion von Radar Szenen eignet, welche mit WiFi-Signalen ausgeleuchtet werden. Damit können vor allem nahe beieinander liegende Ziele besser unterschieden werden als bei einer reinen Korrelation. Weiterentwicklungen dieses Konzeptes erlauben auch eine höhere räumliche Auflösung durch mehrere Sender oder eine starke Verminderung der Abtastrate.

## Multispektrale Tarnung und Täuschung - Adaptive visuelle Tarnung

ARAMIS: R-3210/040-10

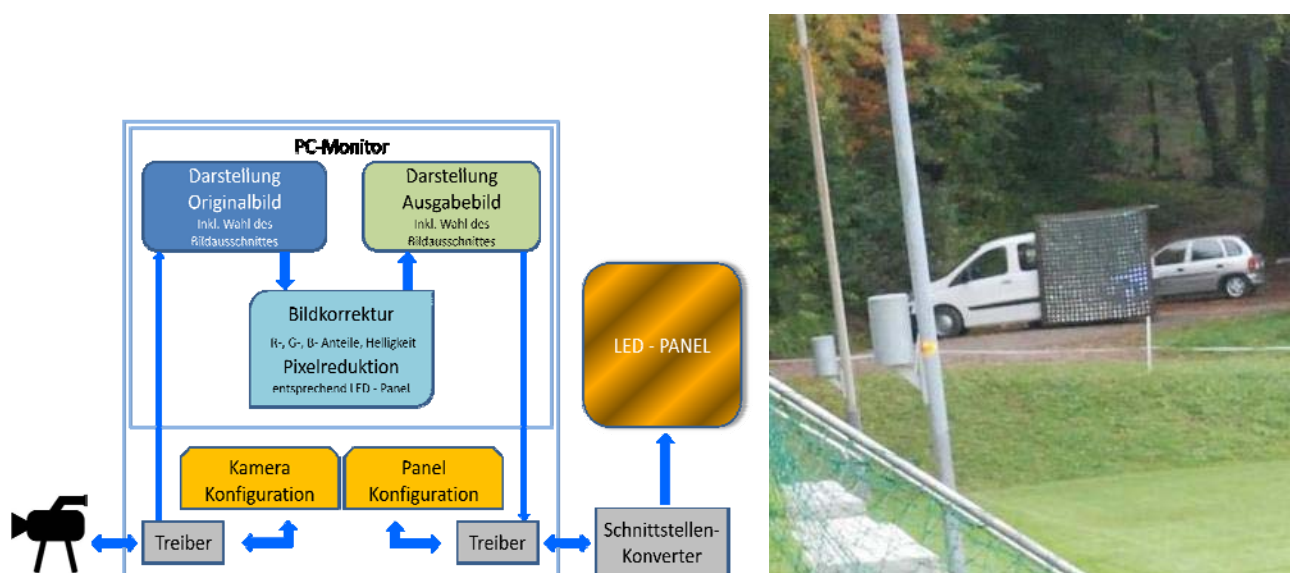
Die bestmögliche Tarnung wäre die adaptive Tarnung an den lokalen Hintergrund. Nachdem LED (light-emitting diode) Technologie und Digitalkameras heute zum alltäglichen Leben geworden sind und damit technisch ausgereift und preiswert sind, liegt es nahe diese Technologien auch für den Einsatz einer adaptiven visuellen Tarnung zu verwenden.

### Problem

Die technischen Grundvoraussetzungen das jede beliebige Farbe in Echtzeit in genügender Intensität durch ein RGB LED Bündel dargestellt und jedes RGB Bündel auch einzeln angesteuert werden kann, ist heute commercial off the shelf. Die technische Frage der Realisierung stellt sich nicht auf Niveau der einzelnen LED oder Digitalkamera sondern der Realisierung eines Systems der Tarnung aus diesen Komponenten, insbesondere in Verbindung mit der früher vorgestellten adaptiven IR-Tarnung. Gelöst werden müssen radiometrische Probleme, da die LEDs nicht kalibriert geliefert werden und auch die Digitalkameras kein radiometrisch kalibriertes Signal liefern.

### Resultate

Realisiert wurde ein Panel von 2mx2m mit LED-Streifen auf der technischen Basis des IR-adaptiven Paneels um damit später die Kompatibilität zu demonstrieren. Angesteuert wurden die LED's gemäss untenstehendem Diagramm:



Das Panel war so konstruiert, dass es an ein Fahrzeug montiert werden konnte und auch bei fahrendem Fahrzeug betrieben werden konnte. Der Abstand der LEDs auf diesem Paneel beträgt noch 10cm in beide Richtungen. Feld-Versuche wurden vor unterschiedlichen Hintergründen, Jahreszeiten sowohl statisch wie auch dynamisch durchgeführt.

### Fazit

Es zeigte sich, dass eine adaptive Tarnung mit LED grundsätzlich machbar ist, aber auch dass es Limiten des bislang einfachen Bildverarbeitungssystems gibt. Die Farbe und Intensität des Hintergrundes kann mit den LED-Paneelen gut nachgebildet werden. Je nach Betrachterdistanz müsste aber eine unterschiedliche Brennweite der Kamera gewählt werden. Entsprechend wird in einem folgenden Projekt der Fokus auf eine Bildverarbeitung gelegt, die den Hintergrund nicht eins zu eins abbildet sondern segmentiert und in ein hintergrundspezifisches Tarnmuster umsetzt.

## Performance Criteria for Camouflage Systems derived from Operational Scenarios

NATO/PfP RTG

A rapid increase in capabilities of surveillance and weapons sensor systems can be observed, i.e. the troops are facing ever more sophisticated threat sensors with improved capabilities like high resolution and imaging radar, electro-optical systems and multi-sensor systems. This makes it increasingly difficult to protect the troops and their assets. Therefore, it is necessary to find modern camouflage, concealment and deception (CC&D) solutions. The NATO/PfP research working group SCI-212 "Performance Criteria for Camouflage Systems derived from Operational Scenarios" evaluates the performance of modern camouflage systems and will give recommendations for operational scenarios.

### Problem

Several analysis methods can be used for specifying, developing, testing, and assessing CC&D solutions, however, a diversity in performance characteristics can be observed. To minimize the diversity, standard procedures are required. Standard testing and assessing procedures should be developed to describe the effectiveness of CC&D in operational scenarios. Additionally, those procedures should help to translate the military needs into technical system specifications.

A special focus should be put on CC&D solutions for modern, highly mobile operations. This includes advanced mobile camouflage systems, battledress uniforms, as well as camouflage for mobile infrastructures. Potential differences in CC&D requirements for low-tech and high-tech conflicts may be explored.

### Topics to be discovered

- Definition of operational scenarios representative for modern conflicts
- Identification of military requirements. Specification of the most pertinent technical parameters.
- Review of laboratory and field evaluation methods
- Transformation of operational performance parameters into technical specifications
- Preparation, performance and analysis of field trials for validation of work hypotheses



*Multi-national field experiment STORKOW'10 in Germany. Left: Two vehicles, one contains a mobile camouflage system with IR and radar properties. Right: Helicopter with IR-sensors.*

### Conclusions

To optimize the performance of CC&D systems and to guarantee the survivability of the troops in modern conflicts, recommendations and standards based on scientific results have to be considered.

## Radarinsensitive Werkstoffe mit hoher Festigkeit

ARAMIS: R-3210/046-11

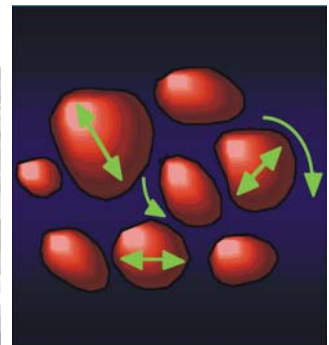
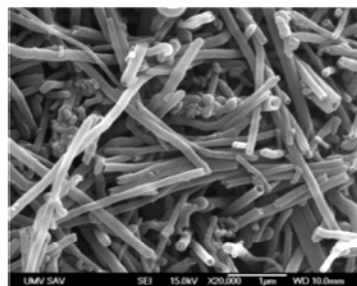
Die Weiterentwicklung der Mikrowellenkommunikation, wie der Ausbau und die Verbreitung von Nachtsichtgeräten, von sicherheitsrelevanten Prüftechniken wie die Nacktscanner sowie neue Informationssysteme, Navigationssysteme, dopplereffektbasierte Radartechnik, Millimeter- und Submillimeterwellentechnik und der Spin-elektronik erfordern neue Materialien für den Strahlenschutz für Anwendungsfrequenzen von 0.05 bis 500 GHz.

### Problem

Echtzeitinformation in hoher Auflösung, grössere Reichweiten, Allwettertauglichkeit sind Anforderungen an eine moderne elektronische Aufklärung. Um andererseits diese Möglichkeiten eines Gegners einzuschränken, sind Schutzmassnahmen nötig, die die Erkennung erschweren oder gänzlich unterdrücken. Dazu gehören neben konstruktiven Designmassnahmen gezielte Weiterentwicklungen von Werkstoffen, bzw. Werkstoffverbunden, mit einer hohen Absorption in Bezug auf elektromagnetische Wellen. Diese Absorption wird frequenzabhängig durch die komplexe Leitfähigkeit, Permeabilität und Permittivität bestimmt.

### Resultate

In diesem Projekt werden verschiedene Werkstoffe und Kombinationen Werkstoffe/Beschichtungen bezüglich hoher Radarabsorption entwickelt und hergestellt. Diese werden im Labor geprüft und die erfolgversprechendsten Varianten werden einem Feldversuch unterzogen. An Testplatten können Dämpfungen von mehreren Dezibel erreicht werden.



*Durch optimale Kombination von gezielter Werkstoffentwicklung und Herstellungsprozess kann die Absorption gegen Radarstrahlen signifikant gesteigert werden.*

### Fazit

Die Radarabsorption eines Bauteils kann durch eine geeignete Kombination Grundwerkstoff/ Beschichtung deutlich erhöht werden. Somit kann die Überlebensfähigkeit eines Systems deutlich gesteigert werden, indem neben mechanischen Schutzsystemen die Erkennung durch elektronische Aufklärung erschwert wird.

## DNA-Chips zum Nachweis von B-Kampfstoffen

ARAMIS: R-3210/045-10

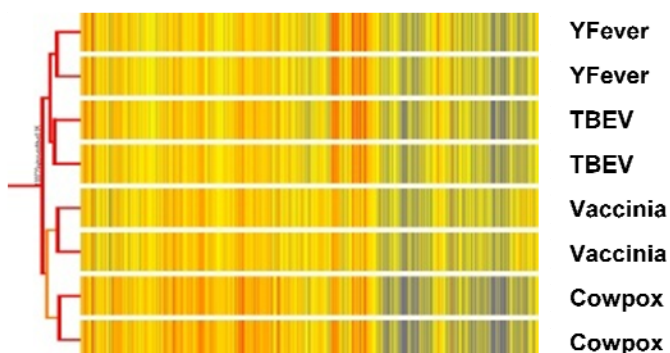
Diagnostic microarrays are now well established for identification of pathogenic microorganisms. Most of these arrays target a small range of organisms and use only a small number of different genes for identification. Such arrays require careful design of probes that are specific for the taxon to be identified and hence detailed a priori genetic information. The main disadvantage of such a design is that genetic variants and/or close relatives may not be recognized. We have developed an alternative strategy that employs hybridisation patterns generated by numerous anonymous markers distributed over the entire genome for identification based on comparison to a reference database. This approach avoids the need of prior genetic information and laborious target-specific probe design. Our genome chips contain up to 128'000 different 13-mer probes that produce taxon-specific hybridisation patterns enabling identification of bacterial taxa at the subspecies level. The ongoing project aims at further developing this strategy to be applied to viral diagnostics.

### Problem

Most diagnostic microarrays use only a limited number of probes corresponding too few target genes (in bacteria for example CO1, 16S DNA, groEL or rpoB) for species identification. However, the design of species- or subspecies-specific probes is a big challenge: DNA sequences of the target gene(s) have to be established, polymorphisms on these gene sequences must be determined (requiring large sample sets), probes have to be designed and, finally, the quality of the in-silicio designed probes has to be assessed on-chip (many probes will fail this test). To circumvent these problems, we developed a high-density chip with up to 128'000 13-mer random sequence probes. We showed that this chip enables reliable identification down to the pathovar level of bacteria by means of comparing the hybridisation patterns to a reference database. Our approach of collecting genetic information over the entire genome seems especially well suited to be used with very dynamic genomes and therefore, in this project we apply the genome chip strategy to virus identification. We have run the bacterial genome chip on a small set of viruses and could show (Fig. 1) that species-specific patterns are produced. We aim at further developing this strategy using the best performing probes of our bacterial genome chip and complement them with a set of viral taxon specific probes. Furthermore, we will produce full genome sequences of all viruses used in this study. This will enable to assess the quality of both the targeted and the random probes and thus to improve the quality of the diagnostic chip.

### Method and Results

Chips containing 95'000 probes (13mers) present in quadruplicates were synthesized in situ using photolithography by the company Nimblegen®. Species discriminating patterns could be produced (Fig. 1). Based on these results we have performed several rounds of probe selection among those of our bacterial genome chip. Furthermore, we are in the process of developing a software that enables finding 13-mer virus species specific probes. The programme performs the following tasks: 1) each viral genome is scanned with a 13bp wide window and each 13mer is checked for a series of parameters that are prerequisites for putative species specific probes; 2) all putative probes of this virus are then checked against a representative set of viruses of other species to select those that are unique to this virus with at least 3 bp difference; 3) the species-specific probes are validated by blasting them on GenBank. Only probes passing all conditions are retained and build the new species-specific probe set to be used to complement the optimized genome chip probe set.



*Virus species discrimination based on a 95'000 probe chip.*

*Hybridisation patterns of 4 virus strains for 3'471 probes selected by ANOVA with a P-value of 0.01 using only the four virus species and class prediction validation (Fisher's exact test). Cluster analysis was performed with GeneSpring v7.3.1. (Agilent Technologies) on the replicates with Spearman's rank correlation. YFever = Yellow Fever Virus; TBEV = Tick-Born-Encephalitis Virus.*

## Nachweis von B-Toxinen

ARAMIS: R-3210/045-11

Als Fachstelle für den nationalen ABC-Schutz beschäftigt sich das LABOR SPIEZ im Fachbereich Biologie neben Mikroorganismen auch mit den Grundlagen und dem Nachweis von Toxinen. Toxine werden von Pflanzen, Tieren beziehungsweise Mikroorganismen produziert und können mit klassischen Methoden der biochemischen Analytik nachgewiesen werden. Methoden zum Nachweis proteinbasierender Toxine sind die Gelelektrophorese, Massenspektrometrie, immunologische Nachweisverfahren (ELISA) und in vivo-Nachweisverfahren. Niedermolekulare Toxine werden vorwiegend mit chromatographischen und massenspektrometrischen Methoden wie LC-MS oder HPLC nachgewiesen. Mit dem Institut für Chemie und Biologische Chemie (Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften) als Forschungspartner werden die Nachweisverfahren für Toxine entwickelt, optimiert und die dafür notwendigen Spezialreagenzien hergestellt.

### Zielsetzung

Entwicklung von Nachweisverfahren für Ricin, Botulinum Neurotoxine, Staphylokokken Enterotoxine (z.B. SEB) und Saxitoxin.

### Resultate

Neben der Entwicklung und Verifizierung von BoNT-ELISA wurden auch Realproben mit dem Immunoassay für Ricin untersucht. Eine solche Realprobe war Ricinusschrot (Pressrückstand aus der Ricinusölherstellung), welche in Deutschland zusammen mit Knochenmehl zur Herstellung von Biodünger verwendet wird (siehe Abb. 1). In der Vergangenheit hat solches, unzureichend hitzeinaktiviertes Ricinusschrot, wiederholt zu grösseren Hundesterben geführt, weil die Hunde diesen Biodünger gerne fressen. Die Überprüfung dieser Ricinusschrotprobe mit dem Ricin-ELISA hat ergeben, dass der der Ricin Gehalt den Grenzwert von 50 ppm um das 6-fache überschreitet und zudem 1900 ppm des ebenfalls giftigen Ricinins nachgewiesen werden konnten. Messungen mit dem Cytotoxassay haben gezeigt, dass das nachgewiesene Ricin auch biologisch aktiv ist.



*Ricinusschrot (rechts ungemahlen) ist ein Abfallprodukt der Ricinusölherstellung. Es enthält im unbehandelten Zustand grössere Mengen des giftigen Ricins, welches durch eine Hitzebehandlung inaktiviert wird. Gehaltsbestimmungen und Aktivitätsmessungen haben gezeigt, dass die durchgeführte Inaktivierung unzureichend gewesen ist. Viel zu hoch war der auch der festgestellte Ricin Gehalt.*

### Fazit

Realproben sind für das Training eines Analytiklabors für Toxine sehr wertvoll, damit die mit Forschungsmitteln entwickelten Methoden trainiert und unter praxisnahen Bedingungen getestet werden können. Im vorliegenden Fall wurden zusätzlich noch Vergleichsmessungen mit dem Robert Koch Institut Berlin (ZBS3) durchgeführt und festgestellt, dass die Ergebnisse sehr gut übereinstimmen. Von grossem Interesse ist diese Realprobe auch im Rahmen des Projektes EQuATox, in welchem nächstes Jahr ein Proficiencytest zum Nachweis von Ricin unter Beteiligung von 30 Labors durchgeführt wird.

## Schnellnachweissysteme für B-Kampfstoffe

ARAMIS: R-3210/045-12

Die "Milzbrandbriefe" in den USA im Jahr 2001 machten deutlich, dass dringend Nachweisverfahren benötigt werden, die schnell und zuverlässig vor Ort eingesetzt werden können. Amerikanische Firmen entwickelten in der Folge so genannte Lateral Flow Assays (LFA, bekannteste Anwendung: Schwangerschaftstests) zum Schnellnachweis von Toxinen und verschiedenen Mikroorganismen. Das B-Detektionsset der Schweizer Armee ist seit 2007 mit solchen US-Testkits ausgerüstet. Die Produkte haben zwei Nachteile: Unsichere Verfügbarkeit und unzureichende Empfindlichkeit für Mikroorganismen wie Anthraxsporen. Aus diesem Grund wurde 2006 beschlossen, zusammen mit dem Wehrwissenschaftlichen Institut für Schutztechnologien (WIS) in Munster (Deutschland) ein europäisches Konkurrenzprodukt zu entwickeln. Der Auftragnehmer ist die Spin Off Firma Miprolab GmbH der Universität Göttingen.

### Zielsetzung

Es ist vorgesehen, für Ricin, Botulinumtoxine, Staphylokokken Enterotoxin B (SEB) und diverse Mikroorganismen wie Anthraxsporen, *Francisella thularensis*, *Yersinia pestis*, und eventuell Pocken entsprechende Schnelltestkits zu entwickeln. Sie sollen den im Bereich der Toxine eingeführten US-Produkten ebenbürtig sein und für Mikroorganismen eine verbesserte Empfindlichkeit aufweisen.

### Resultate

Die Entwicklung und Optimierung der Schnellnachweissysteme für Ricin, Staphylokokken Enterotoxin B (SEB), Botulinumtoxin A/B, Anthraxsporen, *Francisella thularensis* und *Yersinia pestis* ist weitgehend abgeschlossen, inklusive Validierungsarbeiten durch das WIS Munster und das LABOR SPIEZ. Bei dem LFA für Vaccinia sind noch weitere Optimierungsarbeiten notwendig. Schwerpunkt ist die weitere Verbesserung der Nachweisempfindlichkeit durch Veränderung und Optimierung der Pufferrezepturen.



*Die Darstellung zeigt den Ricin LFA in der endgültigen Version in dem neuen Gehäuse. Spezielle „Griffmulden“ erleichtern die Bedienung mit Handschuhen des Schutzzuges der Armee. Das System verfügt auch über ein Probennahmekit zur Vorbereitung von Flüssig- und Wischproben und deren Applikation auf dem LFA. Ein mobiles Auswertegerät unterstützt bei Bedarf die Messung von Proben bei tiefen Konzentrationen.*

### Fazit

Mit diesem Projekt sind die Voraussetzungen realisiert worden, damit im 2012 im Rahmen des B-Detektionsset der Armee die leistungsfähigeren Schnellnachweissysteme für B-Agenzien eingeführt werden können. Die Aktivitäten zur Truppeneinführung sind in Zusammenarbeit mit dem Kompetenzzentrum ABC (Spiez) in Planung. Die Optimierungsarbeiten für den Vaccinia LFA (Pocken) müssen im 2012 weitergeführt werden. Nach Abschluss dieser Arbeiten wird aufgrund der aktuellen Leistungsdaten entschieden, ob eine Erweiterung des B-Detektionsset mit Vaccinia LFA empfehlenswert ist.



### Informationsüberlegenheit dank Kommunikation und Cyberspace

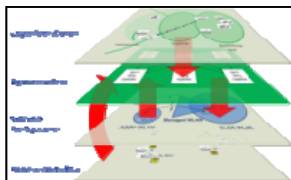
Das Forschungsprogramm liefert Entscheidungsunterlagen um die zukunftsorientierte Bedürfnisse der Armee technisch und wirtschaftlich effizient abzudecken. Der Aufbau von Kompetenzen wird durch Technologie Monitoring, Machbarkeitsstudie und Demonstratorenentwicklung mit der Einbindung der Bedarfsträgern nach CD&E (Concept Development and Experimentation) Ablauf und durch nationalen und multi-nationalen Kooperationen mit Hochschulen und Industrie geführt. Das Forschungsprogramm Kommunikation und Cyberspace bearbeitet drei zentrale Kompetenzfelder im Bereich Kommunikation und vier allgemeine Kompetenzfelder im Bereich Cyberspace.

Informations- und Kommunikations-Technologien werden durch schnelle Entwicklungszyklen und rasche Fortschritte charakterisiert. Militärische Investitionen in solchen Technologien sind deswegen mit hohen Risiken verbunden. Die technologischen Fortschritte stellen hohe Anforderungen über die Gesamtdauer der System Lebenszyklen und fordern technische und wirtschaftliche ausgewogene Lösungen welche zuerst durch neue Ansätze erforscht und validiert werden müssen.

Die Kommunikation spielt eine Schlüsselrolle aus der Perspektive der vernetzten Operationsführung (NEO) sowie bei der zivil-militärischen Zusammenarbeit (ZMZ). Da auch in der Zukunft keine einzelne Technologie eine globale Lösung bringen kann, wird die Heterogenität der Kommunikationsmittel mit modularen Architekturen behandelt. Intelligente und selbstorganisierende Systeme sind dann von grosser Wichtigkeit, wenn unzählige Knoten (Sensoren, Entscheidungsträger und Effektoren) rasch und optimal miteinander vernetzt werden müssen. Dazu wird der Erfolg der mobilen Kommunikationsbedürfnissen insbesondere mit dem zweckmässigen Gebrauch des elektromagnetischen Raums bestimmt.

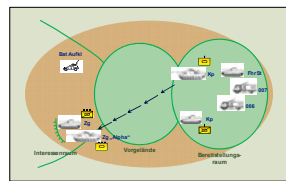
Der ununterbrochene Wachstum und Abhängigkeit des Cyberspace machen den militärisch genutzten Cyberspace zum Zentrum der Konfliktverhinderung und Kriegsführung. Die stark wachsenden Herausforderungen sowie die unzähligen Bedrohungen und Angriffsvarianten im Cyberspace werden im Forschungsprogramm priorisiert angegangen. Ein zentrales Element ist ebenfalls die Gewinnung und Verarbeitung von grossen Informationsmengen. Das Forschungsprogramm sichert anhand von wohlabgestimmten Forschungsaktivitäten und internationalen Kooperationen die wesentlichen wissenschaftlich-technischen Grundlagen und Kompetenzen für eine Informationsüberlegenheit.

### Kompetenzfelder im Bereich Kommunikation



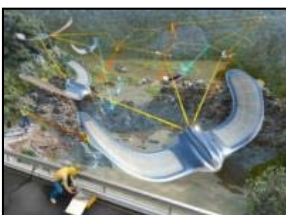
#### Heterogene Kommunikationsnetzwerke

Modularen Integration von Kommunikation Technologien: Evolutionäre Kommunikationsnetzwerke durch Einbindung relevanter vorhandener und neuer Technologien, Erweiterbarkeit durch Standards und modularen Aufbau. Intelligente Optimierung der Ressourcen Verteilung gemäss Einsatzbedarf und Lageinformation: Kontinuierliche intelligente Optimierung der Ressourcenverteilung gemäss Einsatzbedarf und Lageinformation.



#### Mobile Kommunikation, Boden

Antennentechnologie. Smart Antenne: Optimierung der spektralen Effizienz (Wiederverwendung der Frequenzen) und Reduktion der Detektierbarkeit sowie des Energiebedarfs.. Funktechnologie, Software Defined und Cognitive Radios: Anwendung der optimalen Wellenform für einen Einsatz mittels Software Defined Radio. Anpassung nach EM-Umgebung durch cognitive Radio. Reduktion der Anzahl der Funkgeräte auf den Fahrzeugen, Interoperabilität. Low Power, miniaturisierte Bausteine: Fortschritte der Technologien im Bereich der Mikro-technologie öffnen neue Perspektiven für drahtlose verteilte Sensornetzwerke sowie tragbare Systeme mit starker Erhöhung der Energie Effizienz.



#### Mobile Kommunikation, Luft + Raumfahrt

*UAV als Teil der Kommunikationsnetzwerke:* Einsatz der Drohnen in Sensornetzwerken und Kommunikationsnetzwerke inkl. als Kommunikationsrelais. Mögliche Alternative zu Satkom mit Satelliten/ Satelliten Konstellation: Schwarm von Mikrodrohnen oder HAP (High Altitude Platform) . Anwendungen der dritten Dimension für breitbandige Kommunikation. *Breitbandige Kommunikation im hohen Segment des Frequenzspektrums:* Erweiterung der verwendbaren Frequenzen im Bereich Taz, IR- Lasertechnologie für breitbandige Datalink

## Kompetenzfelder im Bereich Cyberspace



### Schutz von Cybersystemen und digitalen Informationen

Erforschung von Sicherheit Kontrollen und Verfahren zur Analyse von Sicherheitsvorfällen im Cyberspace. Im Fokus steht die Erkennung von Fehlkonfigurationen, Fehlererkennung (fault detection) inklusive dem Umgang mit diesen Ereignissen (incident handling), die Verhinderung/Erkennung von unbefugtem Zugriff sowie die Erfassung von Sicherheitsmetriken zur Quantifizierung der Verfügbarkeit, Vertraulichkeit und Integrität von militärischen Computernetzen und die Analyse von Methoden zur Fehlerreduktion bei der Erkennung von infizierten Computern mit existierenden Intrusion Detection Systemen.



### Data Fusion, Visualisierung und Human Interaction

Ein situationsgerechter Überblick und die Echtzeitdarstellung aus dem Cyberspace bedingt die Fusion und Visualisierung einer riesigen Datenflut. Militärische Entscheidungsträger werden damit konfrontiert. Angestrebt wird die Visualisierung des Lagebildes Cyberspace zur Entscheidungsunterstützung als Teil der militärischen Operationsführung für den schnellen Observe-Orient-Decide-Act (OODA)-Loop sowie die Konzentration von Metainformationen der Informationstechnologien sowie deren weiterführende Aggregation und Korrelation.



### Neue Plattformen und Kommunikationsverfahren für die Überlebensfähigkeit und Ressourceneffizienz von Cyber Anwendungen

Das Kompetenzfeld befasst sich mit neuen Technologien, um die Überlebensfähigkeit und die Ressourceneffizienz von Führungssystemen und Netzwerken bezüglich Interoperabilitäts- und Sicherheitsanforderungen zu beurteilen. Software-defined Radios und Cloud Computing werden unter anderem als Alternative zu etablierten Kommunikations- und Informatikparadigmen untersucht.



### Beschaffung, Beeinflussung und Gegenwirkung im Informationsraum

Methoden und Mittel zur Beschaffung, Beeinflussung und Gegenwirkung im Informationsraum. Im Fokus liegt die anonyme Informationsbeschaffung aus öffentlichen Quellen und die Identifikation von Möglichkeiten der automatisierten Informationssuche in öffentlichen Netzen (OSINT) und internen unstrukturierten Datenbanken. Neue Verfahren der semantischen Wissensmodellierung (Ontologie) und Suche werden für grossen Datenmengen erforscht.

## Netzwerke

Zur Sicherstellung der Kompetenzen wird ein aktives und breites Netzwerk von Partnern aus Wirtschaft, Hochschulen, Universitäten und anderen Forschungsstellen im In- und Ausland eingesetzt und gepflegt.

### Universitäten, Fachhochschulen und Forschungsinstitute

- Uni Zürich / - ETH Zürich
- EPF Lausanne
- HEIG-VD
- IDIAP
- Montgomery College
- Uni Konstanz
- TU Kaiserslautern
- University of Oxford
- TH Mittelhessen
- IDSIA

### Industrie

- 89Grad GmbH
- ZISC
- IBM Research GmbH
- Basis 06 AG
- Rayzon Technologie AG
- Sensefly Sarl
- Trivadis AG
- TITAN Commerce GmbH

### Bund

- Verteidigung
- armasuisse - Beschaffung
- armasuisse - Wissenschaft und Technologie

### Staatliche Partner

- NATO

## Militärische Aspekte ziviler Funktechnologien

ARAMIS: R-3210/041-05

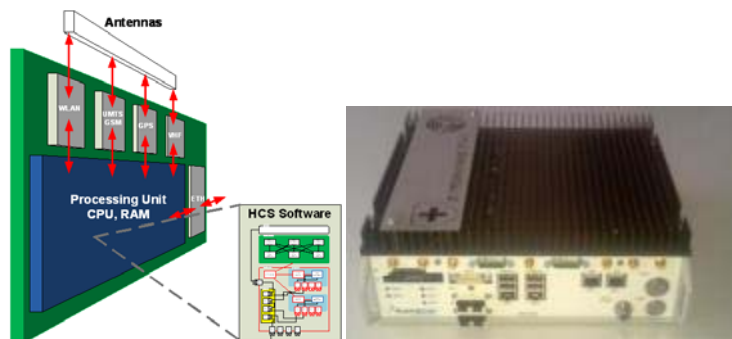
Im Gegensatz zu militärisch gehärteten Kommunikationstechnologien bieten zivile Funktechnologien wesentlich höhere Übertragungsbandbreiten. Dies liegt einerseits sicher an den benutzten Frequenzbändern, andererseits aber auch an den deutlich kürzeren Entwicklungszyklen, welche den raschen Einsatz von neuen Technologien und Konzepten erlaubt. Insbesondere in einer Milizarmee ist es äusserst sinnvoll zivile und militärische Funktechnologien besser zu vereinen. Der selbstverständliche Umgang mit zivilen Funktechnologien wie GSM, UMTS, HSxPA oder WLAN vereinfacht auch im militärischen Alltag viele Prozesse und beschleunigt Arbeitsabläufe. Die Integration von zivilen Funktechnologien führt insbesondere in subsidiären Einsätzen zu einer deutlich besseren Interoperabilität mit zivilen Behörden und Entscheidungsträgern und erhöht somit die Effizienz. Dieses Projekt wird mit HEIG-VD, Rayzon Technologies und Swisscom ICC durchgeführt.

### Zielsetzung

Mittels neuer modularer Systemarchitekturen soll eine einfache Integration von neuen militärischen und zivilen Übermittlungstechnologien ermöglicht werden, ohne die Kontrolle über das militärische Kommunikationssystem zu verlieren. Hierbei sind die neu einzubindenden zivilen Technologien nicht als Ersatz sondern vielmehr als Ergänzung zu den gehärteten militärischen Funkmittel zu verstehen.

### Resultate und Erkenntnisse

Die Weiterführung der erarbeiteten Konzepte für offene und heterogene Kommunikationslösungen hat in Form von einer Testplattform und den darauf basierten ersten Tests gezeigt, dass zivile Funktechnologien kostengünstig in C4ISTAR Konzepte eingebunden werden könnten. Insbesondere die hohen Bandbreiten, welche durch zivile Funktechnologien im Frequenzbereich um die 2GHz erlangt werden können, ermöglichen neue Anwendungen im Bereich der Überwachung, mobilen Zugang zu grösseren Datenmengen (z.B. div. Informationssystemen, aber auch Internet). Solche Anwendungen bilden insbesondere im Rahmen von NEO ein wichtiges Standbein für zukünftige, vernetzte Einsätze.



*Die offene und auf Standards basierende Architektur erlaubt die modulare Integration von neuen zivilen, breitbandigen Funktechnologien. Der Ansatz des Linux-basierten mobilen Routers ermöglicht die rasche Integration von zukunftsweisenden Kommunikationstechnologien.*

### Fazit

Die Nutzung von zivilen Funktechnologien ermöglicht insbesondere im Bereich der mobilen Kommunikation eine breitbandige Ergänzung von heutigen militärischen Systemen. Heterogene Kommunikationssysteme können, wenn von Beginn an mit den Bedürfnisträgern abgestimmt, eine solide und kostengünstige Grundlage für NEO bilden.

## Leistungsfähige Kommunikationsprinzipien für C4ISTAR Konzepte

ARAMIS: R-3210/041-14

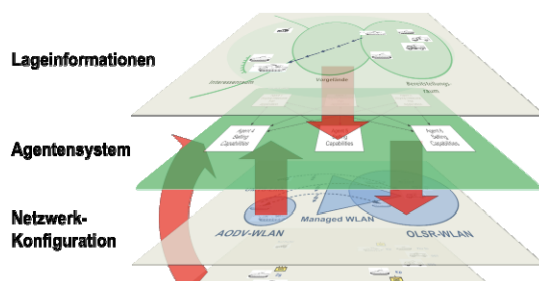
Um heterogene Kommunikationsressourcen während einem Einsatz jederzeit optimal auf die unterschiedlichen Einsatzkräfte verteilen zu können, müssen die Kommunikationsbedürfnisse letzterer bekannt sein. Die einsatzrelevanten Informationen, welche direkt oder indirekt die Kommunikationsbedürfnisse definieren, werden von heutigen Netzwerkmanagementsystemen nicht berücksichtigt, was zwangsläufig zu einer suboptimalen Ressourcenverteilung führt. Mit Hilfe von geeigneter Modellierung von Kommunikationsbedürfnissen und Anwendung von verteilten Optimierungsalgorithmen könnten knappe Kommunikationsressourcen optimal eingesetzt werden und somit die Effizienz von C4ISTAR Systemen deutlich erhöht werden. Dieses Projekt wird mit den LIA (Laboratoire d'intelligence artificielle) von EPFL, Rayzon Technologies und Swisscom ICC durchgeführt.

### Zielsetzung

Ein wesentlicher Teil der Formalisierung der Kommunikationsbedürfnisse stellt die Modellierung der taktischen Informationen eines Einsatzes dar. Einsatzleitungsstruktur (Kommandostruktur), Einsatzziele, Aufgaben und Rollen der einzelnen Einsatzkräfte haben einen wesentlichen Einfluss auf die einzelnen Kommunikationsbedürfnisse. So ist es leicht verständlich, dass in einem Aufklärungs- bzw. Überwachungseinsatz die Zuteilung von limitierten Kommunikationsressourcen an die entsprechenden Aufklärer/ Sensoren wesentlich für den Erfolg des Einsatzes sind. Eine solche dynamische und einsatzspezifische Zuteilung der zur Verfügung stehenden Kommunikationsressourcen ist im Wesentlichen nicht nur bei heterogenen Systemen von grosser Bedeutung.

### Resultate und Erkenntnisse

Erste Simulationen haben ein Optimierungspotential von bis zu 300% ergeben, wenn bedürfnisorientiertes Ressourcenmanagement verwendet wird. Erstaunlicherweise sind es oft nur kleine Änderungen im Netzwerkmanagement, welche eine grosse Wirkung auf die Gesamtqualität der Kommunikation haben, welche aber ohne die Berücksichtigung der einsatzspezifischen Kommunikationsbedürfnisse nicht identifiziert werden können.



*Die Umsetzung eines solchen bedürfnisorientierten Ressourcenmanagements für heterogene Kommunikationssysteme, basierend auf Prinzipien der künstlichen Intelligenz, z.B. in Form von Software Agenten, bildet die Grundlage für skalierbare, selbstorganisierende (und somit miliztaugliche) Kommunikationsplattformen zur Umsetzung von NEO.*

### Fazit

Das Konzept des Bedürfnisorientierten Kommunikationsmanagement in heterogenen Netzen ist eine vielversprechende Möglichkeit die Problematik der mobilen Telekommunikation als wesentlicher Bestandteil der NEO langfristig und kosteneffizient anzugehen. Intelligente und selbstorganisierende Systeme sind insbesondere dann von grosser Wichtigkeit, wenn wir in Richtung C4ISTAR blicken, wo unzählige Knoten (Sensoren, Entscheidungsträger und Effektoren) rasch und optimal miteinander vernetzt werden müssen.

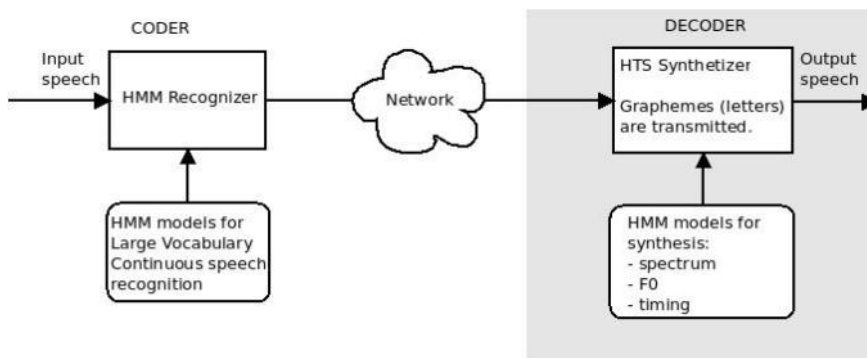
## HMI - Very Low Bit-Rate Coding

ARAMIS: R-3210/041-20

This is a project about speech coding at very low bit-rates using automatic speech recognition (ASR) and text to speech (TTS) technology. Traditional speech coding technology attempts to use a parameterisation of the signal that allows the signal to be reconstructed almost exactly, i.e., the listener hears the same signal that would have been transmitted without coding. As the bit-rate is reduced, the speech quality also reduces. By contrast, use of ASR and TTS allows words to be transmitted as text, which allows very low bit-rates, but retains high audio quality. One apparent disadvantage of the ASR/TTS coder is that the listener does not hear exactly the same signal that the original speaker generated. However, this is not a problem if the goal is simply to transmit a message, and may even be an advantage if the speaker wishes to remain anonymous. Various auxiliary technologies are available to augment the TTS voice with characteristics of the original speaker. To make the system language independent, lower level linguistic features such as phonemes can be transmitted.

### Technology

In fact, the project allowed two technologies to be evaluated. The first was an ASR/TTS system as described above. The ASR recognised words, which were then transmitted to a TTS system where they were re-synthesised. Various experiments were done using the adaptation that is available when the ASR and TTS use



the same underlying “hidden Markov model” technology. Adaptation is the process of making the TTS system sound like the original speaker; this involves training a small number of adaptation parameters at the source and transmitting them over the channel. Of course, the adaptation parameters increase the bit-rate, so there is a trade-off between the advantages of adaptation and those of low bit-rate.

In a parallel experiment, an alternative codec referred to as the code-book approach was evaluated. In the code-book approach, phoneme-like units are trained automatically to represent a given speaker or language in as few parameters as possible. The representation used was the harmonic plus noise model (HNM) that attempts to mimic the human speech production mechanism. Although the code-book approach is not as high quality as the ASR/TTS approach, it is both multi-lingual (it can work in many languages), and is vocabulary independent (it is not dependent upon a pre-defined dictionary).

### Conclusions

The main output of the project was a demonstration system allowing a person to speak to the computer and hear the result of coding and re-synthesis in real time. The numerical result is that speech can be transmitted at a bit-rate as low as 50 bits per second. Both the ASR/TTS and code-book approaches work as expected, even in other languages to some extent. The ASR/TTS approach is indeed language dependent. The code-book approach, whilst being language independent in principle, does have quality issues. These deficiencies are the subjects of a follow-up project in 2012 that will aim to capitalise on the best aspects of the two systems yielding a phonetic (or similar) system that is truly language independent with clear synthesis quality, whilst operating at a bit-rate of one to two hundred bits per second.

## Software Defined Radio

ARAMIS: R-3210/041-15

Embedded system generally includes several radio communication peripherals associated with a processor. Communication functions are buried in silicon and cannot be modified. Proposed alternate architecture associates minimal analog front-end, reconfigurable components (FPGA) and processor. As digital signal processing is performed inside FPGAs, major changes of the communication function can be done near instantaneously by instantiation of virtual peripherals. Applications include upgrade to new standards, cognitive radio, support of heterogeneous communication environment, R&D prototyping, test & measurement operations. Project aim is the development of a hardware platform and a virtual peripheral framework – software and interface blockset - designed for supporting quick and efficient virtual peripheral developments. Project is performed by a team of the ReDS institute (Reconfigurable Embedded Digital Systems / HEIG-VD).

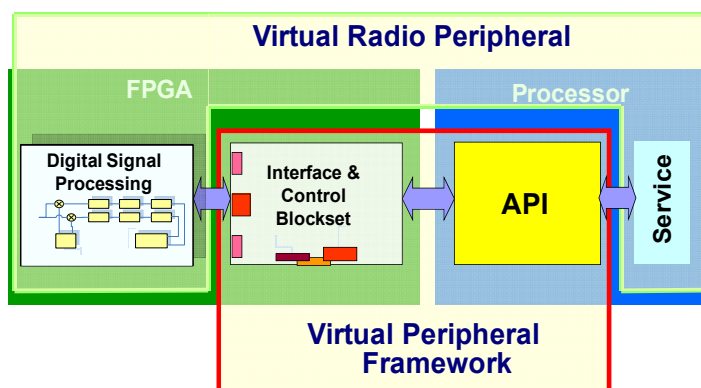
### Platform and framework

The hardware platform is composed of a digital processing board supporting analog front-end modules. Processing board will be designed as both a stand-alone board and an add-on board of HCB (a ReDS previously designed communication system). Processing board includes a DSP oriented FPGA, an optional processor, high-speed AD/DA converters and slots for receiver, transmitter or transceiver (COTS or custom) analog modules. Board processor and HCB processor are running Linux OS with real-time enhancement.

The virtual peripheral framework (VPF) provides a Matlab/Simulink block library that manages data transfers between FPGA and processor. VPF blockset includes streaming sink/source, control registers and probes for monitoring and debugging. The VPF provides also an API for implementing (and instantiating) virtual peripheral services under Linux, and a GUI library including control and monitor objects.

### Method

Development of a software defined radio in an embedded system can be a laborious work. The objective of the project is to provide a hardware platform and a framework that allow the developer to focus on signal processing design and peripheral specific software development. Thanks to the high abstraction level of the VPF, the complexity of the Hw/Sw co-design is masked to the developer while providing a high data rate path between the signal processing hardware and the upper software layers.



*Architecture of the proposed embedded platform:*

*The Virtual Radio Peripheral part is specific and is likely to be changed*

*The Virtual Peripheral Framework part is generic and is neither changed*

### Conclusions

Combination of FPGA and processor provides an efficient hardware platform for implementing software defined radio. Instantaneous reconfiguration is the key feature of many potential applications. Therefore, attention should be paid to the complexity of Hw/Sw co-design. Support of an appropriate Virtual Peripheral Framework should be an efficient way for shortening and simplifying development process for optimized waveforms.

## MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)

ARAMIS: R-3210/041-16

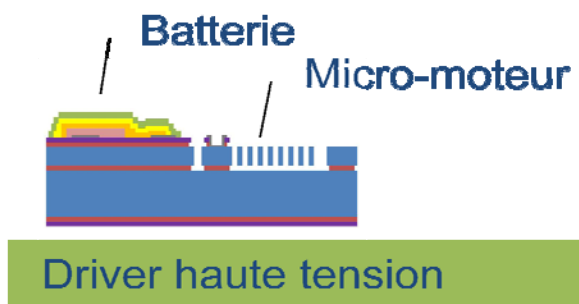
Les nouvelles technologies dans le domaine de la micromécanique ouvrent de nouvelles voies de réalisation des composants miniaturisés pour des réseaux de senseurs ou de communication à très faible consommation d'énergie. Parmi celles-ci la fabrication de MEMS (pour Micro Electro Mechanical Systems) par usinage du silicium peut associer capteurs et actuateurs et trouve ses premières applications dans des systèmes civils et militaires. Ce projet s'inscrit dans le cadre d'une coopération franco-suisse entre le DGA français et armasuisse. Du point de vue de la réalisation technique, il implique du côté suisse l'Institut de Microtechnique (IMT) de l'EPFL à Neuchâtel, et du côté français l'entreprise Silmach basée à Besançon ainsi que le Laboratoire d'Innovation pour les Technologies des Energies Nouvelles (Liten) du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) à Grenoble.

### Idées

L'idée principale de ce projet est de développer les drivers électroniques CMOS à faible consommation, qui doivent permettre l'activation et la commande de différents dispositifs à base de MEMS. Ceux-ci comportent une partie mobile en silicium, éventuellement sous forme de micromoteurs associés à l'électronique de commande. L'intégration très compacte sera complétée par un stockage d'énergie (batterie) réalisé sur le même substrat de silicium.

### Objectifs

L'objectif principal de ce projet est la production d'une électronique de contrôle et d'asservissement de platines de motorisation MEMS, appelé « Drive MEMS » ainsi que l'intégration des différents composants tels batteries et micromoteurs. Une platine générique de motorisation MEMS est composée d'un système micromécanique, mu par un ou plusieurs actuateurs électriques, et dont la position peut être lue par un capteur.



*Intégration d'un micromoteur MEMS et d'un stockage d'énergie (batterie) à partir d'un même substrat de silicium. 24 opérations élémentaires de déposition et de gravure (DRIE) dans des laboratoires distincts sont requises.*

### Conclusion

Les systèmes Micro Electro-Mechanique (MEMS) intègrent senseurs und actuateurs à l'échelle micrométrique. Dans ce domaine des composants miniaturisés à multiples capacités seront développés avec une consommation d'énergie extrêmement réduite.

## Wearable antennas for Wireless communications

ARAMIS: R-3210/041-18

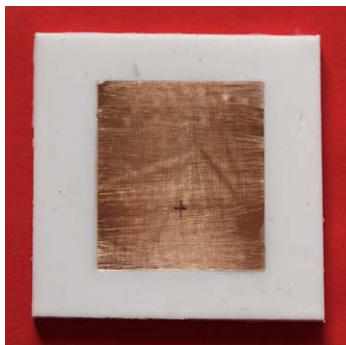
Wearable antennas are worn in the vicinity of the wearer's body. The main advantage of wearable antennas over conventionally existing antennas is that they can be integrated into the wearer's uniform thus enabling more freedom while performing different kind of operations. Various wireless communication links can be established using wearable antennas, for instance voice communication, exchanging pictures or terrain configurations, and positioning. Moreover, some catastrophic scenarios (e.g. Katrina hurricane or Fukushima tsunami) have highlighted the need of rapidly deployable and reliable communication networks in order to help the rescue teams to efficiently rescue the population. This project is performed at the Laboratoire d'Electromagnétisme et d'Acoustique, LEMA at EPFL

### System description

Some of the wearable antennas will operate in the range of 400 MHz which means that the size of the antenna will be critical for placing it around the wearer's body. Miniaturization techniques are applied in order to reduce the overall dimensions of the antenna. The flat structure of the antenna makes it more flexible and conformable. Full encapsulation of the proposed antenna into the newly developed substrate materials assures the complete waterproofness of the designed wearable antenna. A second platform will be used in order to achieve redundancy. The frequency band of the latter is in the Ultra Wide Band range.

### Methods

This project consists of two main research and design lines. The first direction pursued is the development of new and innovative substrate materials with reduced electric permittivity (around 2, at the desired frequencies) at the same time satisfying all the above stated requirements, flexibility, conformability and waterproofness. The final design will provide both, sustainable antenna performance and good substrate characteristics. The second line of research is fulfilling the diversity requirements ensuring a sustainable communication link in all circumstances: different environmental conditions, different postures of the wearer require more than one antenna in order to provide robust and reliable communication links. The antennas will be placed at different positions around the wearer's body (space diversity), with different polarizations (polarization diversity) and also operating at different frequencies (frequency diversity).



*Top view of a Wearable antenna prototype designed with innovative substrate materials. The antenna is flat, elastic and conformable.*

### Conclusions

Wearable antennas will provide the user with robust and reliable communication links, allowing him fully operational freedom since they will be integrated into his uniform. The novel substrate materials developed for the purposes of wearable antennas will make the antennas resilient to different external and environmental influences.

## Swarming MAVs as dynamic wireless mesh networks

ARAMIS: R-3210/041-12

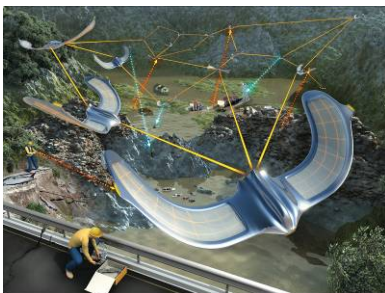
A swarm of Micro Air Vehicles (MAV) is used to autonomously establish wireless networks (SMAVNETs) in outdoor areas such as urban environments or disaster sites. MAVs are designed to be easy-to-use and rapidly deployable. Each MAV navigates based on swarm intelligence, using distributed control and onboard sensors. The aerial nature of the swarm allows for deployments over challenging terrain, and line-of-sight communication between the MAVs enables more efficient (low-power, long-range, high-bandwidth) communication in cluttered environments. This project is performed by several engineers, Ph.D and Master Students of the Laboratory for Intelligent System (LIS) and the Laboratory for Mobile Communications (LCM) at EPFL.

### Platform

The aerial platforms are 80cm-wingspan, 500-gram flying robots made of robust and safe foam material, powered by an electric motor and battery enabling 30 to 60 min endurance. To allow for a simpler design, affordable swarms and easier handling with respect to existing aerial robots, the MAVs rely on a few number of sensors, a micro-controller for flight control and a Linux board connected to a standard WiFi communication module. Current MAVs are capable of fully autonomous take-off, navigation and landing, and they can communicate between them and with on-ground users using the ISM frequency band.

### Method

The MAVs and on-ground users constitute a quickly deployable and highly dynamic ad-hoc wireless network. In order to ensure good communication performance, extend the range and avoid obstacles that would prevent direct communication in non line-of-sight scenarios, each node in the network can act as a router, receiving, storing and relaying data packets as necessary to achieve end-to-end connectivity and cover wider areas. To cope with the rapidly changing topology of the network and with the fading induced by the harsh wireless channel, the nodes run a distributed routing protocol known as OLSR (Optimal Link State Routing). The nodes exchange and distribute small control packets to estimate the quality of individual links, measured as the fraction of packets lost in a predefined time window. With this information each node can compute the globally optimal route to reach any other node, and quickly update it when the channel conditions change, when nodes join or leave the network, or when the movement of the nodes renders direct communication impossible in a cluttered environment. Distributed swarm intelligence enables adaptive control of the behavior of each node towards optimized area coverage, ground users servicing and communication support.



*Artistic view of a Swarming MAV Network (SMAV-NET) used to relay communication among rescue workers and victims in a disaster area.*

### Conclusions

Building multi-hop routes is a very powerful tool to improve RF communications, especially in urban environments. It can also be used to extend the communication range using multiple intermediate relaying nodes between the source and the destination. Being able to set up the best routes automatically and quickly is essential when the nodes are highly dynamic. The developed demonstration system has proven that it is technically feasible to do it while offering good communication performance, using simple autonomous MAVs to ensure quick deployment without any preexisting infrastructure. There is however a fundamental limit to performance as the achievable communication throughput is divided every time a new node is added to a multi-hop route.

## Conformal Multifunction Antenna System

ARAMIS: R-3210/041-18

The increasing need for reliable wireless communication onboard of mobile systems is resulting in the corresponding increase on the number of needed antennas. Nowadays, this number easily ranges from tens (ground vehicles) to hundreds (aircrafts). This high number of antennas creates a series of disturbing problems ranging from mechanical support, real estate, aerodynamic performances, power budget and associated electronic equipment to increased interferences and high global level of electromagnetic radiation. The objective of this research is to alleviate these problems by developing a low profile multifunctional (multipurpose) antenna system, possibly able to be conformed to a given surface

### System description

The objective of the current project is to develop a multifunction (multifrequency) antenna system. Currently, the selected scenario is a low-profile dual-band antenna to be integrated on the surface of a small unmanned airborne vehicle. The system will present two main functionalities: Multi-Directional (MD) simultaneous communication in the high frequency band and local ground communication in the lower band.

The MD subsystem will consist of a circular array of vertically polarized antennas at the Ku-band. It will produce end-fire quasi-horizontal narrow beams allowing for inter-communication between vehicles and ground stations. Electronic switching capabilities will be implemented to set the direction of the electromagnetic signals (Rx/Tx). Concerning the subsystem for local ground communications (Rover), a lower frequency band (C-band) will be used. Its antenna elements will produce a broadside circularly polarized beam following the satellite communication standards.

### Current results

In a first phase, the research has been focused in the MD system. The H-plane sectoral horn antenna was chosen as a basic antenna element for the circular array. The Substrate Integrated Waveguide (SIW) technology has been used to be able to design a low profile and compact version of the horn.

A first prototype of a 3 SIW horn antenna array was manufactured as shown in Fig. 1. Polycarbonate lenses were placed at the horn apertures to improve the matching and radiation performances. The array has provided good results and has paved the way for a fully printed solution avoiding the use of external elements (lenses). This is highly desirable, in order to ease the manufacturing and cost of the antenna system. Therefore, after some intensive studies, a fully printed alternative of the SIW horn has been manufactured (see Fig. 2). It makes use of a transition etched on the same substrate. This solution, that should allow better mechanical and electrical performances of the antenna, is currently under study.



Figure 1 - Three-element section of the SIW horn array prototype



Figure 2 - Fully printed prototype of the SIW horn antenna

## Cyber Radar: Früherkennung von Cyberangriffen

ARAMIS: R-3210/047-08

Exponierte Cybersysteme werden heute kontinuierlich angegriffen. Heutige Sicherheitsüberwachungssysteme detektieren oft einen Angriff erst nachdem dieser erfolgreich war. Um gezielte und ungezielte Angriffe frühzeitig zu erkennen, sind neuartige Sicherheitsmetriken notwendig, welche den Sicherheitszustand eines exponierten Systems in Echtzeit quantifizieren können (analog zu einem Radar im Luftraum). In diesem Projekt werden solche Metriken untersucht und mittels echten Datenverkehrs- und Angriffsmustern aus dem Internet evaluiert.

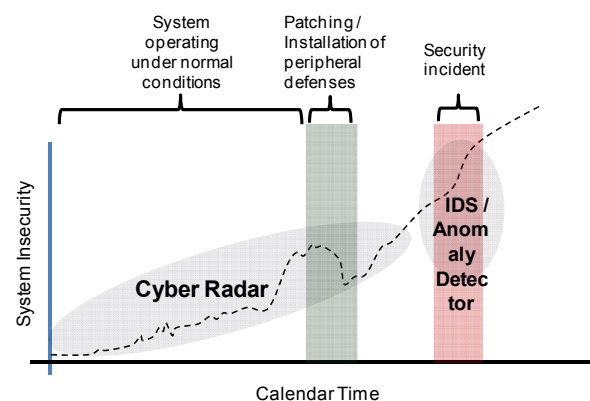
### Motivation

Exponierte Cyber Systeme werden heute kontinuierlich angegriffen. Heutige Sicherheitsüberwachungssysteme detektieren oft einen Angriff erst nachdem dieser erfolgreich war. Um gezielte und ungezielte Angriffe frühzeitig zu erkennen, sind neuartige Sicherheitsmetriken notwendig, welche den Sicherheitszustand eines exponierten Systems in Echtzeit quantifizieren können.

### Ziele

Die Ziele des Projekts sind:

- Informationen sammeln um den Verlauf des Sicherheitszustands eines Cyber Systems in Echtzeit zu quantifizieren
- Entwicklung von Methoden zur Fusion von sicherheitsrelevanter Information von Sensoren (IDS, netflow, Server Logs, etc.) um relevante abstrakte Events zu detektieren
- Erfassung der Anfälligkeit von Cyber Systemen auf Cyberangriffe über den ganzen Lebenszyklus der Systeme

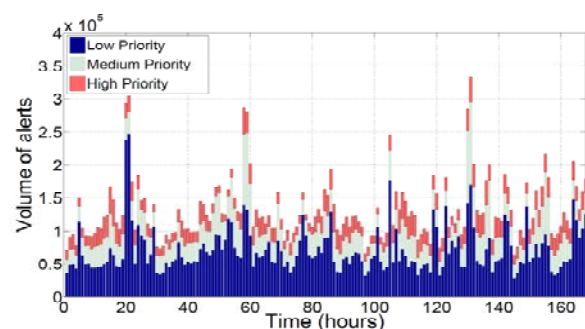


### Ansatz

Um Sicherheitsprofile und Abweichungsmuster von normalem Verhalten bei Knoten in einem Cyber System zu bestimmen wurde ein statistisches Framework entwickelt, welches Sensor Daten aus unterschiedlichen Quellen analysiert. Die entwickelten Methoden und Metriken wurden anhand eines stark exponierten akademischen Netzes mit 90'000 Hosts über ein Jahr an der ETH angewendet und evaluiert. Die Anwendbarkeit der vorgeschlagenen Methoden und Metriken für den Einsatz in militärische Netze wird anhand von kontrollierten Experimenten im Einsatznetz V validiert.

### Resultate

Neue Sicherheitsmetriken um die Sicherheit von Cyber Systemen vor eine Infektion zu quantifizieren  
Anwendung und Evaluation der Metriken in einem stark exponierten akademischen Netz mit 90'000 Hosts  
Validierung der Metriken in einer militärischen Umgebung



Snort Alerts an der ETH Zurich: >800M IDS alerts von ~90K internal Ips, ~160K alerts pro Std, Verdacht auf 10% Infizierten IPs über 1 Jahr

## Anwendungsbasierte Filterung von Netzwerkverkehrsdaten ARAMIS: R-3210/047-08

Die Analyse von IP basierten Netzwerkverkehrsdaten stellt die Basis für die Sicherheitsbeurteilung von Netzwerken dar, wird aber auch für die Klassierung von Informationsinhalten im OSINT Bereich eingesetzt. Aufgrund der hohen Datenmengen ist für eine effiziente Bearbeitung in militärischen und zivilen Netzwerken eine Vorfilterung bzw. gezielte Selektion von Inhalten zwingend notwendig.

### Motivation

Militärische und zivile Netzwerke besitzen heute Backbone Bandbreiten von 1 bis zu 40 GBit/s welche heute in Echtzeit auf Angriffsversuche, Informationsverlust oder kritische Inhalte überprüft werden müssen. Eine Filterung bzw. Selektion der gewünschten Inhalte muss mittels Deep Packet Inspection Technologien erfolgen. Um effizienter auf neue Such-Muster reagieren zu können, ist zu untersuchen inwieweit Regular Expressions für die Filterung und Selektion von Netzwerkverkehrsdaten angewendet werden können.

### Ziele

Ziel der Arbeiten ist ein hoch-qualitatives Auftrennen von IP basierten Netzwerkverkehrsdaten auf Layer 7 mittels Regular Expression Filters bereit zu stellen. Die zu entwickelnden Verfahren und Algorithmen sind für den Demonstrator auf getapptem Netzwerkverkehr bis zu 1GBit/s (Full Duplex) zu untersuchen. Als Basis für den Demonstrator dient der COTS Content Prozessoren von Continues Computing.

### Ansatz

Auf der Continues Computing Plattform PP50 sind die Open Source Regular Expression Filters von L7<sup>1</sup> zu implementieren und die Filterung und Klassifizierung von Sessions zu untersuchen. Die Klassifizierung findet dabei anhand ausgewählter Merkmalen des IP Headers und des Payloads in Echtzeit statt. Gestartet werden die Untersuchungen bei Link Geschwindigkeiten von 1 GBit/s, optional werden zu Demozwecken 10 GBit/s getestet. Die Entwicklung und Anpassung der Algorithmen findet auf der Cross Development von Wind River statt, diese werden in einem Boot Image auf dem XE80 Board kompiliert und zur Bootzeit durch das PP50 geladen und ausgeführt.

### Resultate

Implementierung der L7 Filters auf dem Content Prozessor Board PP50. Verifikation der Filterqualität anhand ausgewählter Protokolle bis zu 1 GBit/s. Filtering und Ausgabe der Daten



## Härtung ziviler Funktechnologien für den militärischen Einsatz

ARAMIS: R-3210/047-04

Zivile Funktechnologien wie etwa GSM, IEEE 802.11a/b/g/n, IEEE 802.15.4, UMTS, LTE, etc. sind von der Interoperabilität und den Kosten den militärischen Pendanten deutlich überlegen. Allerdings sind diese Technologien auf Performance optimiert und weisen in Bezug auf Sicherheit und Robustheit offensichtliche Schwachstellen auf. In diesem Projekt werden Ansätze verfolgt um zivile Standards so zu härten, dass diese den militärischen Anforderungen genügen. Dabei werden Software-defined Radios als Mittel eingesetzt um den Physical and MAC Layer flexibel anpassen und härten zu können.

### Motivation

Zivile Funktechnologien wie etwa GSM, IEEE 802.11a/b/g/n, IEEE 802.15.4, UMTS, LTE, etc. sind von der Interoperabilität und den Kosten den militärischen Pendanten deutlich überlegen. Allerdings sind diese Technologien auf Performance optimiert und weisen in Bezug auf Sicherheit und Robustheit offensichtliche Schwachstellen auf. Um von den Vorteilen der zivilen Technologien in militärischen Einsätzen profitieren zu können, untersucht das Projekt wie gut sich zivile Standards anpassen lassen, sodass sie den militärischen Anforderungen genügen.

### Ziele

Das Projekt untersucht wie zivile Standards für drahtlose Netzwerke angepasst werden können, sodass diese sicherer gegen Stören (Jamming), Manipulieren und Abhören sind. Die konkreten Fragestellungen, die beantwortet werden sind:

- Wie gut können zivile Standards mit traditionellen militärischen Schutzmechanismen wie DSSS, FHSS, Verschlüsselung, etc ergänzt werden? Gibt es neuartige Ansätze für diesen Zweck?
- Wie gross ist der Gewinn in Bezug auf Stören, Manipulieren und Abhören bei den vorgeschlagenen Anpassungen der Standards?

### Ansatz

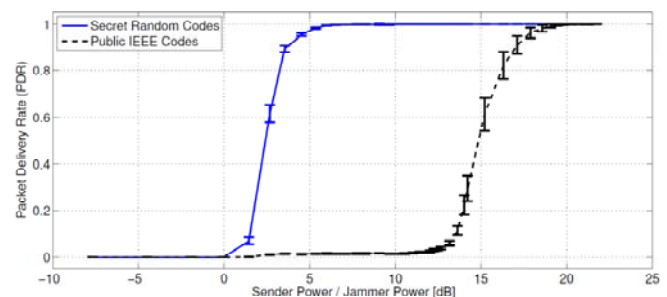
Um diese Fragen zu beantworten wird sowohl Theorie und Praxis angewendet. Mit Theorie wird der Gewinn abgeschätzt. Mit konkreten Implementierungen auf Software-defined Radios wird die Praxistauglichkeit geprüft.



USRP Software-defined Radio (GnuRadio)

### Resultate

Wir zeigen mit Theorie und einem Demonstrator auf USRP (GnuRadio), dass IEEE 802.15.4 relativ einfach angepasst werden kann, sodass es geheime Spreading Codes für das eingesetzte DSSS verwendet (der Standard verwendet öffentliche Spreading Codes). Mittels Theorie und Experimente zeigen wir, dass ein Jamming Gain von 8-12 dB und ein Obfuscation Gain von 2-10 dB erreicht wird im Unterschied zum unveränderten Standard.



Jamming Gain bei IEEE 802.15.4 auf USRP für die Anwendung von geheimen Spreading Codes

## Netzwerk Forensik in C4ISTAR Systeme

ARAMIS: R-3210/047-04

Digitale Forensik ist die Wissenschaft der Sammlung, Aufbewahrung und Analyse von digitalen Beweisen. Digitale Forensik spielt eine wichtige Rolle bei der Aufschlüsselung und Analyse von Sicherheitsvorfällen in militärischen C4ISTAR Systemen. Die proaktive Sammlung und Aufbewahrung von Netzwerkverkehrsdaten ist heute aber wegen den grossen Datenvolumina vor einer grossen Herausforderung gestellt. In diesem Projekt werden neue Verfahren untersucht um Netzwerkdatenpakete für die Forensik effizient zu reduzieren und komprimieren.

### Motivation

Digitale Forensik ist die Wissenschaft der Sammlung, Aufbewahrung und Analyse von digitalen Beweisen. Digitale Forensik spielt eine wichtige Rolle bei der Aufschlüsselung und Analyse von Sicherheitsvorfällen in militärischen C4ISTAR Systemen. Die proaktive Sammlung und Aufbewahrung von Netzwerkverkehrsdaten ist heute aber wegen den grossen Datenvolumina vor einer grossen Herausforderung gestellt. Es werden neue Verfahren benötigt um die gesammelten Daten a priori nach relevanten und nicht-relevanten Daten zu filtern und somit Speicherplatz zu sparen.



### Ziele

Die Ziele des Projekts sind:

- Abstraktionsmodel für die Zusammenfassung von Netzwerk Events und Bestimmung von Applikationsprofilen
- Entwicklung von geeigneten Datenstrukturen für die Aufbewahrung von komprimierten IP Paketinhalten
- Visualisierung von gesammelten Verkehrsdaten für die forensische Analyse

### Ansatz

Anhand von Studien mit realen Netzwerkdaten wird analysiert welche Klassifikation geeignet ist um Verkehr nach forensisch relevant und nicht-relevant a priori einzustufen.

### Resultate

Netzwerkverkehr wird klassifiziert und aggregiert anhand von extrahierten Verhaltensmustern aus netflow Daten. Die Aggregation erlaubt eine wesentliche Reduzierung des notwendigen Datenspeichers und somit eine längere Aufbewahrungszeit der forensischen Netzwerkdaten.

## Abgesetzte Schutztechnologien für militärische drahtlose Netze

ARAMIS: R-3210/047-10

Wireless networks (e.g., the “TK Mobile Führung” project) are an essential part of network-enabled operations. However, the broadcast nature of the wireless channel makes these networks vulnerable to various types of attacks. This project explores novel techniques, like wireless firewalls, in order to develop robust wireless networks in the future.

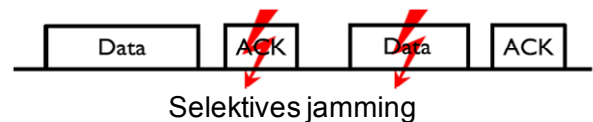
### Motivation

The firewall approach in computer networks is based on controlling the information flow entering a trusted domain. Over the past years, such a *proactive* security approach has proven itself as one of the most effective solutions against various known and unknown attacks, and today, firewalls play an essential role in any robust network security design. However, currently only wired networks are able to take advantage of the firewall approach.

### Goals

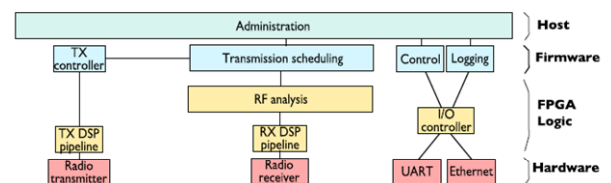
The goal of this research project is to bring the firewall concept into the wireless domain. The general approach is to follow the idea of conventional network firewalls, i.e., proactive communication control. Yet, it is clear that the broadcast channel requires novel techniques for inspecting and blocking wireless communication. These techniques shall be based on physical properties of the wireless channel. Especially, frequency jamming can be applied to prevent untrusted communication to reach trusted networks, i.e., we plan to destroy untrusted packets while still being “in-the-air”. To allow a systematic analysis of the main firewall components, the research objective is divided into the three sub-goals:

- Wireless communication inspection
- Untrusted communication cancellation
- Firewall prototype implementation



### Approach

To show the feasibility and benefits of the wireless firewall concept, we develop a prototype system and test it in realistic settings. A flexible wireless signal inspection and reactive jamming is achieved with the use of software defined radios.



### Results

So far, promising research results have been achieved that support the feasibility of wireless firewalls:

- Firewall prototype implementation and demonstration using SDR technology for IEEE 802.15.4 and IEEE 802.11 wireless networks.
- Experiments showing that 100% traffic filtering with two firewalls and 98% traffic filtering with one firewall is possible.
- Sophisticated security policies can be defined involving physical, MAC and network layer information

## Lagebilddarstellung und Entscheidungsunterstützung im Cyberspace

ARAMIS: R-3210/047-09

Ein akkurates und zeitaktuelles Lagebild der Informations- und Kommunikationssysteme im Cyberspace ist von grundlegender Bedeutung für den Betrieb aber auch für die Verteidigung der militärischen Einsatzsysteme. In diesem mehrjährigen Vorhaben werden Methoden entwickelt und evaluiert zur automatischer Erfassung und Visualisierung eines Lagebildes für den Cyberspace.

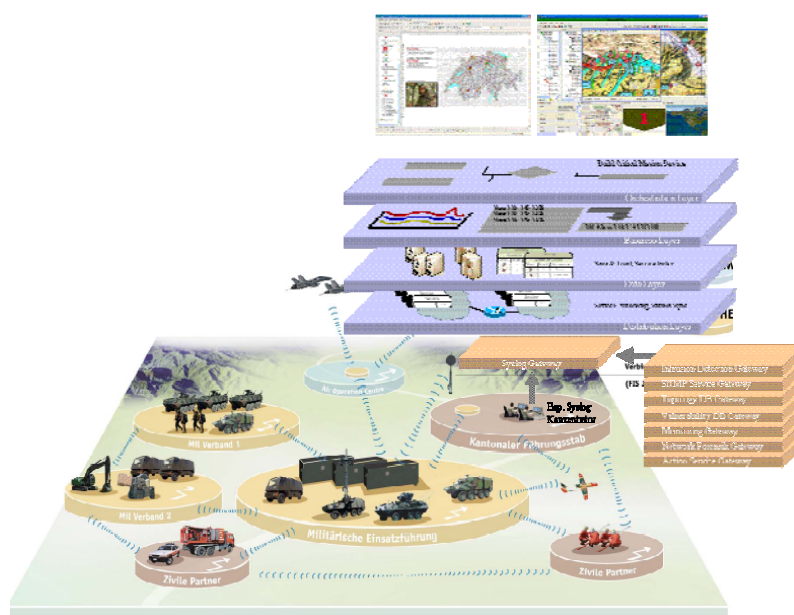
### Motivation

Im Gegensatz zum Heer und zur Luftwaffe besitzt die Armee heute kein adäquates Lagebild für den Cyberspace. Ein akkurates und zeitaktuelles Lagebild der relevanten Informations- und Kommunikationssysteme (ICT) der Schweizer Armee wäre aber von grundlegendem Interesse für die Führung und Führungsunterstützung. Eine Lagebilddarstellung schliesst die Erkennung von Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen ICT Komponenten (z.B. zwischen Servern, Anwendungen und Endsystemen) ein und bietet eine Schnittstelle für weiterführende Komponenten zur Führungsunterstützung (z.B. Decision Support).

### Ziele

Unter Berücksichtigung der im letzten Jahr erzielten Ergebnisse wird im Folgenden eine Visualisierung und Erweiterung der automatischen Lagebilddarstellung für den Cyberspace vorgeschlagen:

- **Entwicklung einer Visualisierungskomponente:** Die existierende Schnittstelle für Komponenten zur Führungsunterstützung wird genutzt um eine Web-basierte, interaktive graphische Benutzerschnittstelle zu entwickeln. Benutzer sollten die Möglichkeit haben schnell von der obersten Überblicksebene bis hin zu detailierten ICT Komponenten zu wechseln. Auf allen Ebenen sollten sowohl der operative Status und Echtzeitleistungswerte sowie die statischen Einstellungen und Konfigurationsparameter (z.B. Topologie) mit unterschiedlichen Detaillierungsgrad einsehbar sein. Eine Herausforderung ist in diesem Zusammenhang die akkurate Nachführung von mobilen Einheiten.
- **Zusätzliche Datenquellen und Analysekomponenten:** Die Nützlichkeit automatisch erstellter ICT Lagebilder kann durch die Anbindung von zusätzlichen Datenquellen und Analysekomponenten erheblich gesteigert werden. Insbesondere die Integration einer Change und Configuration Management Datenbank (CCMDB) oder einer Inventar-Datenbank erscheint sinnvoll. Geplant ist auch die Integration einer Geo-Location Datenbank, die Karten-Overlay Darstellungen in der Visualisierung und erweiterte Schlussfolgerungen im Decision Support erlaubt. Als zusätzliche Analysekomponente ist ein verhaltensbasiertes Anomalie-Detektionssystem und ein System zum Host-Profilierung geplant.
- **Einsatz des Demonstrators in einer Übung:** Anpassungen des Demonstrators für den Einsatz bei einer geplanten militärischen Demonstration werden nach Absprache mit Kunden geplant und implementiert.



## Informationsgewinnung aus semantischer Suche öffentlicher Quellen

ARAMIS: R-3210/047-13

Die riesige Menge an Informationen welche heute im Internet frei verfügbar ist, bietet eine neue Dimension für die Nachrichtenbeschaffung bei staatlichen Organen. Die grossen Datenmengen welche oft nur in unstrukturierter Form vorliegen machen aber eine manuelle Analyse sehr ineffizient. Eine automatische Suche nach Mustervorgabe stösst bei den vorhandenen Datenmengen aber auch schnell an Machbarkeitsgrenzen. Das Projekt untersucht Vor- und Nachteile unterschiedlicher Informationsverarbeitungsstrategien unter Berücksichtigung vielfältiger Bedürfnisse, Verbreitungswege, Verarbeitungskapazitäten und Verarbeitungskompetenzen.

### Motivation

Die riesige Menge an Informationen welche heute im Internet frei verfügbar ist, bietet eine neue Dimension für die Nachrichtenbeschaffung bei staatlichen Organen. Die grossen Datenmengen welche oft nur in unstrukturierter Form vorliegen machen aber eine manuelle Analyse sehr ineffizient. Eine automatische Suche nach Mustervorgabe stösst bei den vorhandenen Datenmengen aber auch schnell an Machbarkeitsgrenzen. Es sind neue Technologien und Ansätze gefordert welche eine automatisierte Erfassung und Verarbeitung von grossen Datenmengen erlauben.

### Ziele

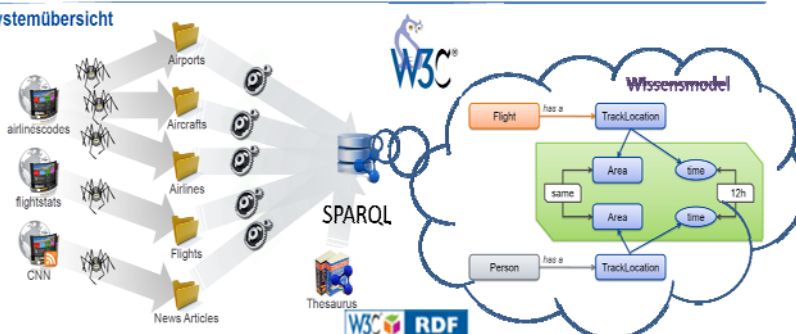
Folgende Ziele werden in diesem Projekt verfolgt:

- Möglichkeiten der automatisierten Informationssuche nach Mustervorgabe in öffentlichen Netzen (OSINT) und interne unstrukturierte Datenbanken.
- Darstellung thematischer Aspekte der Informationen (Relationen, Assoziationen) zur Unterstützung der Informationsverbreitung
- Automatisierte Integration von Informationen für die Weiterverarbeitung
- Umgang mit Massendaten und ihrer zeitlichen und lageabhängigen Relevanz und Abhängigkeit (Datenpflege, Informationspflege)
- Vor und Nachteile unterschiedlicher Informationsverbreitungsstrategien unter Berücksichtigung vielfältiger Bedürfnisse, Verbreitungswege, Verarbeitungskapazitäten und Verarbeitungskompetenzen.

### Ansatz

Anhand eines Concept Development and Experimentation (CD&E) Ansatzes werden neue Technologie (z.B. Semantic Web Technologien) und Ansätze für konkrete Probleme untersucht. Konkrete Prototypen werden aufgebaut, welche Daten aus unstrukturierten Internet Datenquellen extrahieren und in ein gemeinsames Wissensmodell integrieren. In enger Rücksprache mit den Kunden werden relevante Probleme nach CD&E identifiziert und gezielt im Projekt behandelt.

#### Systemübersicht



Architektur zur automatisierten Datenverarbeitung unstrukturierter Daten aus dem Internet

The screenshot shows a web-based search interface. It features several input fields for 'Input', 'Flight', 'Area', and 'Person'. There are also checkboxes for 'Same' and 'Different' relationships. A 'Time' filter is set to '12h'. The interface includes a 'Search' button and a 'Results' section on the right.

Suchmaske für eine semantische Suche

## Anonyme Informationsbeschaffung im Cyberspace

ARAMIS: R-3210/047-13

Informationen aus öffentlichen Datenquellen im Internet bieten einen grossen Mehrwert für Nachrichtendienste. Die Suche nach bestimmten Inhalten interlässt aber immer digitale Spuren und eine dritte Partei kann in der Regel einfach durch die Analyse dieser Spuren auf die Interessen und Absichten des Suchenden Rückschlüsse ziehen. In diesem Projekt werden unterschiedliche Suchstrategien untersucht um eigene Interessen bei der öffentlichen Suche zu verschleiern.

### Motivation

Informationen aus öffentlichen Datenquellen im Internet bieten einen grossen Mehrwert für Nachrichtendienste. Die Suche nach bestimmten Inhalten interlässt aber immer digitale Spuren und eine dritte Partei kann in der Regel einfach durch die Analyse dieser Spuren auf die Interessen und Absichten des Suchenden Rückschlüsse ziehen. Damit dies verhindert werden kann müssen Anonymisierungs- (z.B. Onion routing) und Verschleiervorgahren (z.B. Fake Requests) bei der Suche angewendet werden.

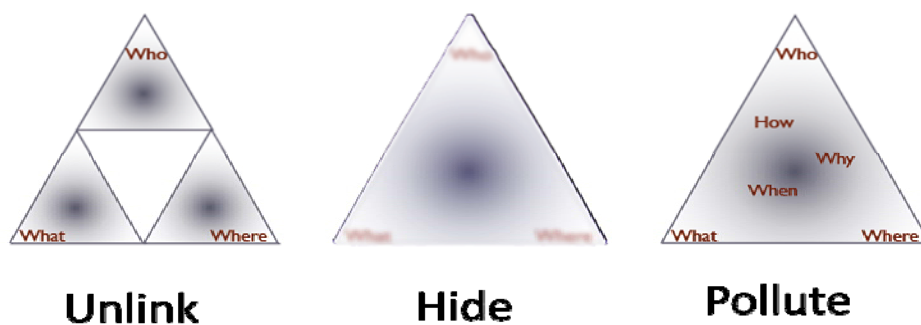
### Ziel

Die Hauptziele des Projekts sind:

- Besseres Verständnis entwickeln wie Suchanfragen im Internet zu den Fragen Was?, Wann?, Wer?, Wo? zurückverfolgt werden können.
- Untersuchung unterschiedlicher Verschleiervorgahren (unlink, hide, pollute) und wie sich diese auf die Anonymität und Qualität der Suche auswirken.
- Entwicklung eines Modells zur Bestimmung der optimalen Verschleiervorgahren bei einem bestimmten Suchverfahren.

### Ansatz

Um ein besseres Verständnis des Problems zu gewinnen, wird in einem ersten Schritt das Problem formalisiert und Metriken definiert welche einem erlauben die Effektivität der Verschleiervorgahren zu quantifizieren. Basierend darauf wird der Performance/Privacy Tradeoff bei den unterschiedlichen Verschleiervorgahren (Unlink – Hide- Pollute) untersucht. Ein Prototyp wird dann entwickelt um die Verschleiervorgahren zu automatisieren, sodass diese für den Anwender transparent wirkt.



*Verschleiervorgahren bei der Suche*

## Effiziente Verwaltung und Abfragen von Ontologien

ARAMIS: R-3210/047-13

Komplexe Wissensmodelle werden oft in formelle Ontologien abgebildet um darauf automatisierte Beziehungs- und Musteranalysen zu machen. Ontologien sind eigentlich Graphenstrukturen und können auf verschiedene Arten gespeichert werden. Die Verwaltung von grossen Ontologien hat sich in mehreren Rüstungsprojekten als problematisch bezüglich Performance erwiesen. In diesem Projekt sollen existierende Ansätze zur effizienten Verwaltung von grossen dynamischen Ontologien untersucht werden und eventuell neue erforscht werden.

### Motivation

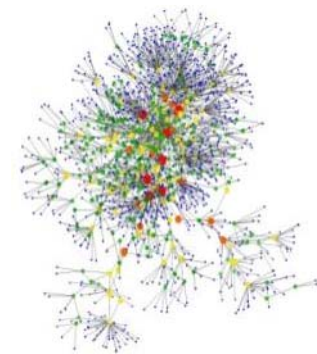
Komplexe Wissensmodelle werden oft in formelle Ontologien abgebildet um darauf automatisierte Beziehungs- und Musteranalysen zu machen. Ontologien sind eigentlich Graphenstrukturen und können auf verschiedene Arten gespeichert werden. Die Verwaltung von grossen Ontologien hat sich in mehreren Rüstungsprojekten als problematisch bezüglich Performance erwiesen. In diesem Projekt sollen existierende Ansätze zur effizienten Verwaltung von grossen dynamischen Ontologien untersucht werden und eventuell neue Paradigmen erforscht werden.

### Ziele

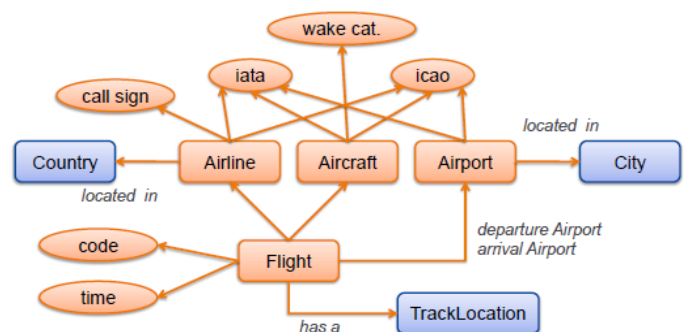
- Konzeptstudie zu den technologischen Möglichkeiten beim Aufbau und der Verwaltung von Ontologien (Landkarte).
- Untersuchung der Performance und Flexibilität von ausgewählten noSQL Technologien zur Verwaltung von Ontologien (Graph Datenbanken, Document Stores, Column Family Systeme, Key-Value Systeme)
- Eventuell: Erforschung von neuen Ansätzen für relevante Wissensmodelle der Schweizer Armee.

### Ansatz

Um herstellerunabhängig Ontologien verwalten zu können wird auf offene Standards für die Formulierung (OWL) und Abfrage (SPARQL) der Ontologien gesetzt.



Visualisierung einer grossen Ontologie





### Wirkung kennen, Risiken meiden, Schutz und Sicherheit steigern

Im Rahmen des Forschungsprogramms **Wirkung, Schutz und Sicherheit** wird eine Ansprechstelle für Fragestellungen in den erwähnten Bereichen geschaffen. Ziele sind die Verfolgung relevanter Technologien und Trends sowie die Bestimmung der physikalischen Grenzen von Wirk- und Schutzsystemen.

In den aktuellen asymmetrischen Konflikten stellen billige und weltweit verbreitete Panzerabwehrsysteme (RPG-7, zum Beispiel) sowie unkonventionelle Spreng- und Brandvorrichtungen (IED) die gefährlichsten Bedrohungen dar. Vor allem von nichtregulären Kämpfern werden solche Mittel gegen bewegliche und unbewegliche Ziele aller Art eingesetzt. Es ist wichtig, in der Lage zu sein die endballistische Wirkung solcher Systeme beurteilen zu können. Anhand von Monitoringaufträgen und Forschungsprojekten wird die Kompetenz über verschiedenste (kinetische, elektromagnetische, nukleare, biologische, chemische ...) Wirkmittel aufrechterhalten. Dadurch können die Grundlagen zur Beurteilung und Dimensionierung von Schutzmassnahmen für mobile Objekte und kritische Infrastruktur-Elemente beibehalten oder erweitert werden. Dieses Wissen dient letztendlich zur Beschaffung oder Wertsteigerung von Waffen- und Schutzsystemen sowie zur Beurteilung der Sicherheit im Umgang mit Munition oder Explosivstoffen.

### Kompetenzfelder

Die Aktivitäten des Forschungsprogramms lassen sich in folgende nachhaltig sichergestellte vier Kompetenzfelder einteilen, welche fortlaufend überprüft und ergänzt werden:



#### Wirkung

Kompetenz im Bereich der Explosivstoffe, ihrer Alterung, ihrer Wirkung und ihrer sicheren Handhabung.

Technologiemonitoring in den Bereichen der militärischen Waffensysteme und der improvisierten Wirksysteme.



#### Schutz und Sicherheit mobiler Objekte

Untersuchung von aktiven und passiven Schutzmassnahmen für mobile Objekte (inklusive elektromagnetischer Schutz).

Technologiemonitoring im Bereich ABC-Schutz.

Grundlagenkompetenz und Technologiemonitoring im Bereich Materialwissenschaft.

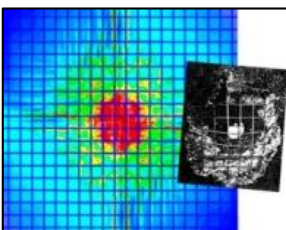


#### Schutz und Sicherheit von Infrastruktur-Elementen

Grundlagen zur Bestimmung der Sicherheitsabstände und der Gefahrenzone.

Schutz vor physischer und elektromagnetischer Wirkung.

Grundlagenkompetenz und Technologiemonitoring im Bereich Baumaterialien und bauliche Schutz- und Sicherheitsmassnahmen.



#### Rechenmodelle und Simulation

Aufstellen von Rechenmodellen im Bereich Wirkung und Schutz.

Einsetzen von numerischen Simulationen, um Versuche zu optimieren, Ergebnisse vorauszusagen, Phänomene zu verstehen.

Begleitung von Projekten (qualitative und quantitative Aussagen).

## Netzwerke

Zur Sicherstellung der Kompetenzen wird ein aktives und breites Netzwerk von Partnern aus Wirtschaft, Hochschulen, Universitäten und anderen Forschungsstellen im In- und Ausland eingesetzt und gepflegt.

### Universitäten, Fachhochschulen und Forschungsinstitute

- EPF Lausanne
- ETH Zürich
- SUPSI-IMC
- EMPA
- Ecole d'ingénieurs et d'architecture de Fribourg (EIA-FR)
- Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW)
- University of Florida, Center for Infrastructure Protection and Physical Security (UF-CIPPS)

### Industrie

- AKTS
- ANSYS
- Diehl
- GDELS – MOWAG
- Holcim
- Nitrochemie Wimmis
- RUAG Defence
- Saab-Bofors Dynamics Switzerland Ltd
- Rheinmetall defence

### Bund

- Strategischer Nachrichtendienst (SND)
- Kompetenzzentrum ABC-KAMIR der Armee
- Wissenschaftlicher Forschungsdienst der Stadtpolizei Zürich (WFD Zürich)
- Bundesamt für Polizei (fedpol)

### Staatliche Partner

- Swedish Defence Research Agency (FOI, S)
- Direction Générale de l'armement (DGA, F)
- Institut Franco-Allemand de recherches de Saint-Louis (ISL, F)
- Wehrtechnische Dienststelle für Schutz und Sondertechnik, Oberjettenberg (WTD-52, D)
- Wehrtechnische Dienststelle für Waffen und Munition, Meppen (WTD-91, D)
- TNO Prins Maurits Laboratorium (NL)
- ERDC, Geotechnical and Structures Laboratory (US)
- NATO/PfP Forschungsarbeitsgruppen

## Toxicité, vieillissement et vulnérabilité des matériaux énergétiques

ARAMIS: R-3210/042-72

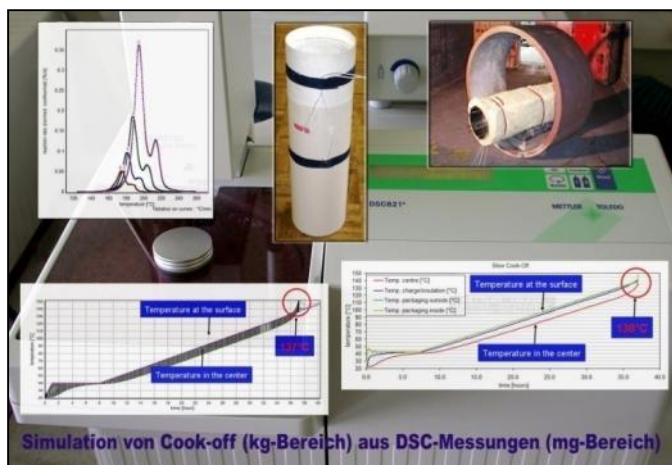
Ce projet s'inscrit dans le cadre de la compréhension du comportement des matériaux énergétiques lors du vieillissement, l'accent étant mis sur l'étude de leur stabilité thermique et mécanique. Afin d'identifier suffisamment tôt les problèmes causés par le vieillissement des matériaux énergétiques, de nouvelles technologies sont mises en œuvre afin de prévoir les effets de la température et de l'humidité sur les munitions. Les tendances actuelles vont vers les outils de simulation informatique modernes qui permettent de prédire le comportement des matériaux en fonction du temps. Les meilleurs outils de simulation ne font toutefois sens que si leurs résultats sont validés par des expériences réelles.

### Idée

L'idée au cœur de ce projet est d'étudier des modèles physico-chimiques pour décrire les processus de vieillissement des matériaux énergétiques. Pour ce faire, on utilise des outils de simulation modernes en vue de prédire et de quantifier la succession des phénomènes induisant la dégradation du matériau énergétique. Il est impératif de vérifier la validité des modèles et des simulations par des analyses expérimentales.

### Buts

L'objectif principal du projet est d'étudier l'effet de la température et de l'humidité sur les matériaux énergétiques. La communauté scientifique travaillant sur ces matériaux est unanime en ce qui concerne les effets de la température et de l'humidité sur le vieillissement des substances explosives. Les poudres propulsives, très sensibles aux deux paramètres, deviennent instables avec le temps, posant un problème de sécurité lors du transport, du stockage et de l'utilisation. Dans le cadre de ce projet, on simule numériquement les effets de la température de stockage sur les matériaux énergétiques en vue de prédire leur stabilité thermique à long terme. Cela permet de fournir des estimations sur la durée de vie des systèmes d'armes actuels et futurs, et de procéder à des analyses de risques lors de leur stockage, de leur transport ou de leur utilisation.



Les propriétés thermiques ne sont pas seules à être touchées par le vieillissement ; il en va de même des caractéristiques mécaniques. A l'aide d'ultrasons, méthode non destructive, on cherche à déterminer l'altération des paramètres mécaniques de charges explosives composites modernes. Ici encore, le but est de garantir la sécurité lors de la manipulation ou de l'usage de tels matériaux, afin de prévenir tout accident.

### Conclusion

Ce projet a pour but d'aider la surveillance des munitions et de positionner armasuisse, W+T non seulement avec l'industrie et les hautes écoles suisses [AKTS; haute école technique de Zürich ZHAW], mais aussi avec des partenaires internationaux, puisque ce projet comprend une coopération franco-helvétique entre la DGA et armasuisse.

## Detektion, Identifikation und Wirkung von Explosivstoffen

ARAMIS: R-3210/042-73

**Mithilfe bei der Ausarbeitung neuer internationaler Normen im Bereich Stabilität, Lebensdauer und Verträglichkeit sowie Analytik von Explosivstoffen. Abschätzung der Auswirkung dieser Normen auf die Beschaffung und Überwachung von Munition. Sicherstellung der Fähigkeit zur Durchführung solcher Prüfungen. Abklärung der Alterung bei möglichst tiefen Temperaturen unter Verwendung moderner, hochempfindlicher Analysenverfahren.**

**Die Arbeit wird im internationalem Rahmen durchgeführt und in Kooperation der NATO PfP AC/326 SG/1 Custodian Nations Group.**

### Zielsetzung

Die Schweizer Armee hat sich in den letzten Jahren im Bereich Qualifikation / Beschaffung / Sicherheit / Überwachung von Explosivstoffen und Munition stark an die internationalen Gepflogenheiten angenähert. Durch aktive Mitarbeit in den relevanten Normengremien von NATO/PfP sowie durch ergänzende Forschungsarbeiten werden im Bereich "Analyse und Stabilität / Lebensdauer / Verträglichkeit von Explosivstoffen" die folgenden Ziele verfolgt:

- Kenntnis der relevanten international genormten Testverfahren, inkl. deren Möglichkeiten und Grenzen.
- Mithilfe und Mitsprache bei der Erarbeitung dieser Normen.
- Aufbau und Unterhalt der entsprechenden Testkompetenz.
- Erarbeiten der notwendigen Kenntnisse zum tiefgehenden Verständnis der damit verbundenen Vorgänge.

### Resultate

Die Schweiz hat sich in den vergangenen 10 Jahren aktiv an der Normierungsarbeit des Expertengremiums NATO PfP AC/326 SG/1 CNG beteiligt und dabei als erste PfP-Nation die Verantwortung über 2 NATO-Dokumente übernommen: STANAG 4620 / AOP-48 Ed. 2 "Stability Test Procedures for Propellants using Stabiliser Depletion" (bereits in Kraft gesetzt) sowie STANAG 4178 Ed. 2 "Test Procedures for Nitrocellulose" (momentan in NATO-Ratifikationsprozess). Die Normen wurden unter Einbezug einer grossen Anzahl von internationalen Experten erstellt. Bei den unter dem Lead anderer Nationen erarbeiteten Normen wurden erhebliche Beiträge geleistet. Im laufenden Jahr wurden zudem, mit einer kleinen Gruppe anderer Experten, die Konzepte für 2 STANAG-Ringversuche erstellt. Diese Arbeiten der Schweizer Delegation wurden international anerkannt.

Weitere Arbeiten im aktuellen Jahr waren: (i) Synthese von Ethylenglycol-Dinitrat und Nitroglycerin unter höchster Sicherheit für Forschungsarbeiten im Rahmen der Explosivstoffdetektion zugunsten armasuisse W+T. (ii) Zusammenstellung der aktuell eingesetzten Verfahren für die Alterung und Charakterisierung von Composite-Treibladungen; basierend auf Normen und zugänglicher Literatur. (iii) Vorbereitung eines internationalen Symposiums zum Thema Nitrocellulose, welches 2012 zusammen mit armasuisse W+T durchgeführt wird.

### Fazit

Die aktive und kompetente Mitarbeit in den relevanten Normengremien von NATO/PfP hat der Schweiz diesbezüglich internationale Anerkennung eingebracht – gleichzeitig wurde die Einführung von NATO/PfP konformen Testverfahren und Qualifikationsabläufen ermöglicht.



Vorbereitung  
internat. Ring-  
versuch für  
STANAG 4582

## High Sample Mobile Data Recorder

ARAMIS: R-3210/042-41

Die Fachhochschule Nordwestschweiz hat mit Unterstützung von HBM Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH bis auf die Schockresistenz experimentell verifiziert und demonstriert, dass ein mobiles, digitales, mehrkanaliges Datenerfassungsgerät mit Abtastraten von 1 MHz für die Druck- und Beschleunigungsmessung bei Anspengversuchen realisierbar ist.

### Idee

Aufgrund des technologischen Fortschritts ist es denkbar, ein mobiles, feldtaugliches Hochgeschwindigkeitsdatenerfassungsgerät für die Druck- und Beschleunigungsmessung bei Anspengversuchen zu realisieren. Dies soll experimentell verifiziert und demonstriert werden.

### Resultate

Es wurden Realisationsmöglichkeiten eines mobilen, feldtauglichen Messgeräts für die Druck- und Beschleunigungsmessung bei Anspengversuchen untersucht. Das mobile Hochgeschwindigkeits-Datenerfassungs- und Transientenrekordersystem soll unter anderem modular bis 8 Sensorkanäle, 1 MHz Abtastfrequenz pro Kanal, softwaremässige Parametrierung der Kanäle aufweisen. Die analogen Messwerte sollen in digitale Daten gewandelt, mit hoher Datenübertragungsrate auf nichtflüchtige Datenspeicher gespeichert und mit einer Software analysiert werden können.

Ein solches Gerät wurde von der Industrie bis dato nicht entwickelt. Aufgrund diverser technologischer Fortschritte ist ein solches Gerät aus Sicht der Fachhochschule Nordwestschweiz theoretisch realisierbar.

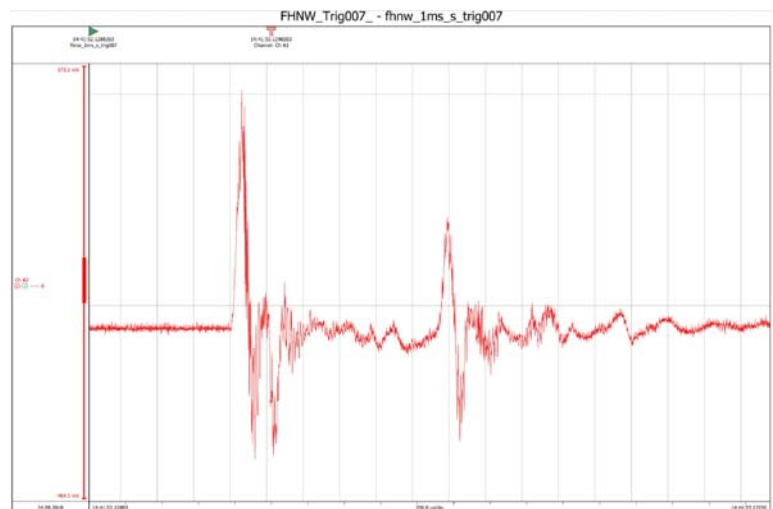
Der Aufwand für eine komplette Neuentwicklung würde jedoch einige Mannjahrzehnte betragen.

Die Fachhochschule Nordwestschweiz hat aufgezeigt, dass eine solche Messdatenerfassung mit kommerziell erhältlichen Komponenten realisierbar ist. Mit einer experimentellen Messstrecke wurde verifiziert und demonstriert, dass die meisten Zielsetzungen erreicht bzw. übertroffen werden können. Offen ist, ob und wie mit Modifikationen und Weiterentwicklungen die gewünschte hohe Schockresistenz erreicht werden kann und welcher Aufwand hierfür notwendig ist.

Deshalb wird vorgeschlagen mit Schocktests an einzelnen Komponenten die vorhandenen Grenzwerte zu ermitteln und die potentiellen Weiterentwicklungsmöglichkeiten abzuschätzen. So könnte ein Lösungskonzept erarbeitet werden und später auf dieser Basis ein Funktionsmuster entwickelt werden können.

### Fazit

Mit der experimentellen Messstrecke konnte demonstriert werden, dass bis auf die Schockresistenz alle hohen Anforderungen an ein mobiles, feldtaugliches Hochgeschwindigkeits-Datenerfassungs- und Transientenrekordersystem für die Druck und Beschleunigungsmessung bei Anspengversuchen mit den heutigen technologischen Möglichkeiten realisierbar sind.



Sensorgrossenverlauf über 0.000373 Sekunden.

## Wirksamkeit innovativer Schutzmethoden

ARAMIS: R-3210/042-04

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts werden wissenschaftlich-technische Grundlagen als Wissensbasis hinsichtlich Erhöhung der Überlebensfähigkeit der Besatzung respektive des Personals von mobilen und stationären Einsatzsystemen ermittelt. Dabei wird in einem ersten Ansatz die Bedrohung mit hohem Potenzial an kinetischer und thermischer Schadenswirkung analysiert und basierend auf der Bedrohungsanalyse entsprechende Schutzmassnahmen evaluiert und mittels Prinzipversuchen verifiziert.

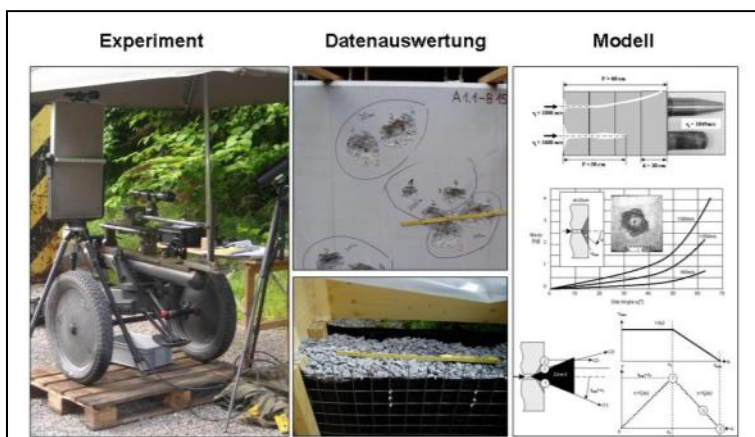
### Problem

Neben der Bedrohung durch die technische Weiterentwicklung von Waffensystemen mit der Leistungssteigerung der entsprechenden Wirkmittel ist aber auch ein Wechsel der Einsatzmittel beim asymmetrischen Konflikt von militärischen Standardwaffen und -munitionen zu unkonventionellen Spreng- und Brandvorrichtungen, den so genannten IEDs (Improvised Explosive Devices), zu erkennen. IEDs sind das dominierende Schreckenssymbol der modernen, urbanen Guerillakämpfer und verursachen einen hohen Anteil der Verluste eingesetzter Truppen in den bewaffneten Konflikten weltweit.

### Erkenntnisse

Bezüglich Bedrohung werden mittels Technologiemonitoring die technologischen Trends der Waffen- und Munitionsentwicklung und auch die asymmetrische Bedrohung verfolgt, analysiert und hinsichtlich Wirkpotenzials beurteilt. Ebenso werden entsprechend die neusten Entwicklungen von Schutzkonzepten verfolgt und auf ihre Schutzwirksamkeit hin untersucht und beurteilt. Dabei werden Prinzipversuche mit Unterstützung von Partner aus Industrie zur Verifikation durchgeführt.

Der Fokus beim Technologiemonitoring und bei den technischen Abklärungen liegt beim physikalischen Schutz der eigenen Truppe, auch im Auslandeinsatz (PSO), beim stationären Einsatz in Gebäuden, Feldlagern und Containern und beim mobilen Einsatz in Fahrzeugen.



Zur Dimensionierung von Schutzmassnahmen werden empirisch-analytische Wirkmodelle verwendet. Die hierfür benötigten empirischen Formeln werden anhand von Experimenten (Schiess- und Sprengversuchen) ermittelt.

Auf dem Bild links ist die Entwicklung des Wirkmodells MOUT (Military Operation on Urban Terrain) zur Abschätzung der Wirkung von Infanteriewaffenbeschuss gegen Gebäudeziele dargestellt.

### Fazit

Zur Sicherstellung des Know-how über das Wirkpotenzials des gesamten Bedrohungsspektrums wird ein aktives und breites Netzwerk von Partnern aus Wirtschaft, Universitäten und Dienststellen in der Schweiz und anderer Staaten eingesetzt und gepflegt. Entsprechend wird das im 2008 erstellte Konzept Wissensdatenbank über die Wirkung von Effektoren umgesetzt.

## Wirksamkeit Innovativer Schutzmethoden - Electric Armor

ARAMIS: R-3210/042-04

**Der multifunktionale Schutz für Infrastruktur der modernen Kriegsführung muss der technischen Entwicklung und Verbreitung der Bedrohungen entsprechen und gleichzeitig den Anforderung an hohe Mobilität und Lufttransportierbarkeit gerecht werden. In diesem Projekt werden die Möglichkeiten des Schutzes durch elektrische und magnetische Hochleistungspulsstromtechnik untersucht.**

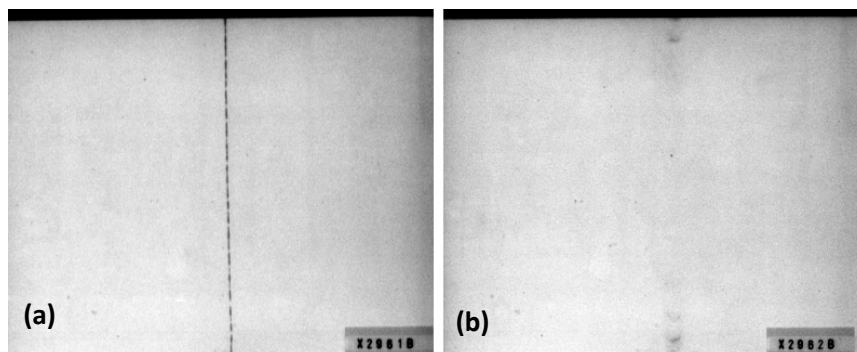
### Problem

In den aktuellen asymmetrischen Konflikten stellt die Hohlladungsgranate RPG-7 eine der gefährlichsten Bedrohungen dar. Die Robustheit, Einfachheit, tiefen Kosten und Effektivität machen die RPG-7 zur weltweit meist verwendeten Panzerabwehrhandwaffe. Vor allem von nichtregulären Kämpfern wird die RPG-7 gegen bewegliche und unbewegliche Ziele aller Art eingesetzt. Die Leistung des RPG-7 Hohlladungsstrahls beträgt über 300 mm RHA, d. h. eine konventionelle Panzerung gegen diese Waffe würde außerordentlich massiv und schwer und ist wegen der hohen Anforderungen heutiger Armeen bezüglich Mobilität nicht realistisch.

Das Prinzip des elektrischen Schutzes ist, dass ein Hohlladungsstrahl einen Kurzschluss im Schutz Kondensator-System verursacht und durch einen dadurch ausgelösten sehr starken Strom zerstört wird. Obwohl das Prinzip schon länger bekannt war, war es wegen des Gewichts der Kondensatoren (Energiespeicher) früher keine echte Alternative, ist heute aber wegen der Fortschritte in der Kondensatortechnik als leichter, aber höchst effektiver Schutz realisierbar.

### Resultate

Versuche im Detonik Labor Hondrich waren sehr erfolgreich, 50 mm Hohlladungsstrahlen konnten fast vollständig vernichtet werden.



*(a) Röntgenbild des ungestörten Hohlladungsstrahls.*

*(b) Röntgenbild des durch elektrischen Strom gestörten Hohlladungsstrahls.*

### Fazit

Der Technologiefortschritt ermöglicht es, in Zukunft Fahrzeuge und Plattformen mit elektrischer oder magnetischer Panzerung wirkungsvoll gegen Hohlladungsgranaten zu schützen ohne die Mobilität durch übermäßiges Zusatzgewicht einzuschränken. Durch die damit potentiell verbundene Erhöhung der Überlebensdauer kann man bei der Beschaffung der Plattformen mit tieferen Stückzahlen und damit Kosteneinsparungen rechnen.

## Laserschutz

ARAMIS: R-3210/042-38

**Es werden heutzutage ständig Angriffe auf Piloten, Lokführer oder Autofahrer mit den Laserpointer gemeldet. Als Gegenmassnahme stehen heute die herkömmlichen Methoden, die man in Laserlabors benutzen könne und die nicht für Piloten geeignet sind. Im Rahmen der Studie wird eine unkonventionelle Laserschutzmethode ausgearbeitet, welche die Arbeit der Piloten nicht beeinträchtigen soll.**

### Problem

Der herkömmliche Laserschutz basiert heute auf optischen Filter, die auf Glas oder Kunststoff aufgebaut werden. Solche Filter „schalten“ die gewünschte Wellenlängenbereich aus, wie z.B. das Grünlicht, gleichzeitig aber wird die Wahrnehmung der Umgebung durch den Schutzträger (Piloten, Lokführer...) permanent beeinträchtigt. Dadurch werden die angezeigten Informationen, z.B. auf einem Head-Up Display, nicht mehr sichtbar. Aus diesem Grund können die herkömmlichen Laserschutzbrillen für Pilotenschutz nicht eingesetzt werden.



### Idee

Ein erstes Funktionsmuster (siehe Bild rechts) mit einem dynamischen optischen Schutzverhalten auf Basis von Flüssigkristall Technologie wurde hergestellt. Die Flüssigkristall-Schicht hat die Eigenschaft, dass sie für eine gewisse Lichtbandbreite undurchsichtig wird, wenn sie sich in einem elektrischen Feld befindet. Beim Ein- oder Ausschalten des Felds, welches durch einen Lichtsensor gesteuert wird, soll der Filter mit tiefer Reaktionszeit aktiviert oder deaktiviert werden.

### Fazit

Ein Demonstrator wurde erstellt und geprüft. Folgende technische Probleme müssen noch gelöst werden.

- Beim Ausschalten des elektrischen Felds bleibt die Flüssigkristall Schicht im undurchsichtigen Modus; Das Muster muss gewärmt werden, um wieder durchsichtig zu werden.
- Die Energieabsorption liegt noch zu tief.

Eine Verbesserung der bestehenden Molekularstrukturen des Flüssigkristalls ist deshalb unumgänglich und in Arbeit.



## Elektromagnetischer Puls (EMP)

ARAMIS: R-3210/046-05

Basics are needed for the assessment of the effects caused by a Nuclear Electromagnetic Pulse (NEMP) and by High Power Electromagnetic (HPE), especially Intentional Electromagnetic Interfering Signals (IEMIS) on civil and military electronic systems. The levels of the electromagnetic effects range from harmless noise over false information generation and transient upset up to permanent damage. In particular, effects which can be harmful to critical infrastructure (CIS) like airports, railway station, etc. have to be carefully analysed.

### Problem

During the cold war critical infrastructure like command posts and telephone exchange systems were protected against electromagnetic pulses from lightning and high altitude nuclear explosions. In the meantime, communication equipment has undergone a fast development towards smaller structures and higher frequencies. The susceptibility to HPE has increased. At the same time there is a tendency to use more commercial products with reduced protection also in critical systems due to cost considerations.

### Expected Results

Based on models and on corresponding calculations the response of systems and infrastructure should be estimated. The studies are not limited to the communication systems. These would be supported by detailed analysis of the protection and hardening caused by shielding and by protective elements. The models have to take into account the integral functions of a critical infrastructure and the effects of a system failure on these functions.



*This airport facility stands as a symbol for critical infrastructure. In this case only systems which have an influence on communications to or from aircraft are seen.*

*Additional systems could be affected, which are used in aircraft operation, e.g. landing aids, air traffic control radar.*

*On a civilian airport, one has to take into account e.g. security systems for passenger and luggage transport and security.*

### Conclusion

To cope with the development of the electromagnetic threat against critical systems a perpetual survey of the protection capabilities is indispensable.

## Elektromagnetisches Feld im Nahbereich von Antennen

ARAMIS: R-3210/046-03

Die International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) hat 1998 ihre Richtlinien über die Begrenzung von elektromagnetischen Wechselfeldern aktualisiert. Die in den Richtlinien vorgegebenen Begrenzungen bieten einen entsprechenden Schutz vor höherer Exposition gegenüber zeitlich variierender elektromagnetischer Strahlung. Diese Aktualisierung erfordert Anpassungen der Messtechnik.

### Ziele

Das Projekt verfolgt folgende Ziele:

- Messtechnische Erfassung der Signalformen der verschiedenen betrachteten Technologien (GSM-900, GSM-1800, UMTS, Radar bis von 2.6 GHz bis 5 GHz);
- Bestimmung der Anforderungen der NISV an die verwendeten Telekommunikationsdienste und Radaranlagen;
- Entwicklung der Methoden zur einfachen und kostengünstigen Erfassung der Feldstärken innerhalb der spezifischen Bänder.



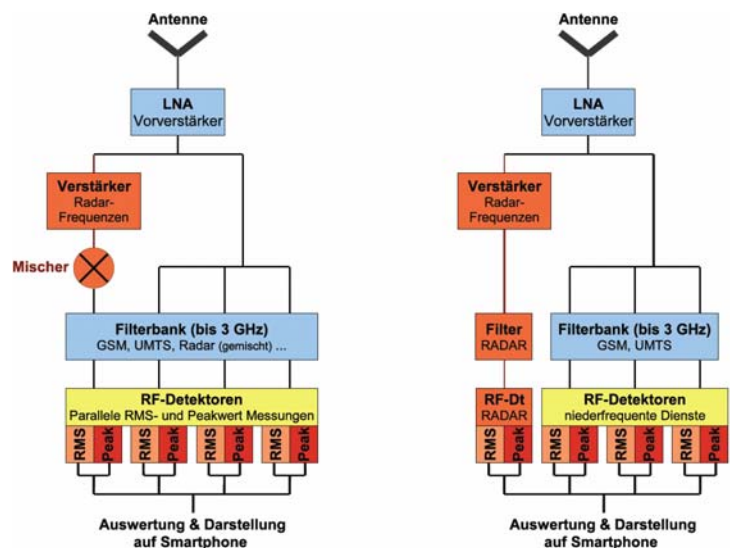
Mobile Radar-Anlage TAFLIR.

### Ergebnisse

Die Messung von Feldstärken zwischen 300 MHz und 5 GHz stösst wegen der grossen Bandbreite auf technische Schwierigkeiten: Kompromisse müssen getroffen werden, um hochfrequente Signale zu verstärken ohne sie zu vermischen. Um dieses Problem zu lösen wurden zwei Varianten verfolgt (Abbildung 2).

**Variante 1:** Signale über 3 GHz werden in ein tieferes Frequenzband umgesetzt. Dies ist möglich, ohne die für die Dosimetrie relevanten Eigenschaften (Bandbreite, Amplitude) zu beeinflussen.

**Variante 2:** Signale über 3 GHz werden in einem eigenen Signalpfad verarbeitet. Diese Lösung bedingt 2 RF-Detektoren.



links, die Variante 1 und rechts, die Variante 2.

### Fazit

Um die Richtlinien der ICNIRP umzusetzen, ist die Entwicklung eines neuen Messsystems notwendig, das hochfrequente Signale störungsfrei messen kann. Eine Erweiterung der bisherigen Messtechnik auf 5 GHz wurde im Rahmen des Projekts untersucht und zwei Systemvarianten wurden vorgeschlagen.

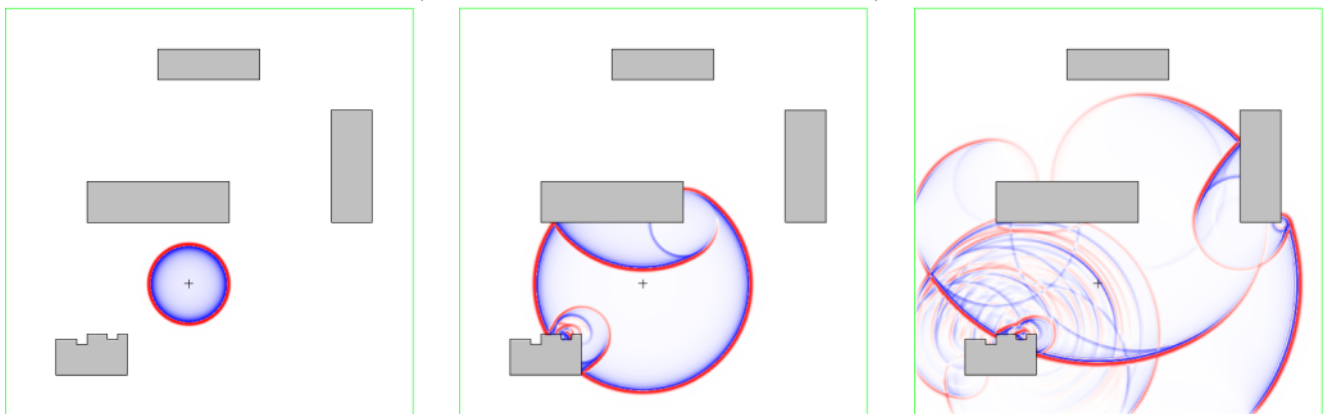
### Entwicklung eines dreidimensionalen wellen-theoretischen Modells zur Simulation der Ausbreitung von Stosswellen in urbaner Umgebung

ARAMIS: R-3210/042-39

Das Kompetenzzentrum ABC-KAMIR der Armee ist zuständig, Sicherheitsabstände und Gefahrenzonen für Explosionen im öffentlichen Raum festzulegen. In urbanem Umfeld ist dies wegen mehrfacher Schockwellenreflexionen eine besonders schwierige Aufgabe. Um den Entscheid zu vereinfachen, werden Hilfsmittel entwickelt, welche erlauben sollen, den Einfluss der Umgebung auf die Schockwellenausbreitung in Betracht zu nehmen.

#### Problem

Das Kompetenzzentrum atomar, biologisch, chemisch, Kampfmittelbeseitigung und Minenräumung (ABC-KAMIR der Armee) ist u.a. dafür verantwortlich, Sicherheitsabstände und Gefahrenzonen für Explosionen im öffentlichen Raum, beispielsweise im Falle eines terroristischen Anschlages – zu erlassen. Im Vergleich zu Situationen im offenen Feld können Gebäude die Wirkung einer Stosswelle sowohl durch Reflexionen verstärken als auch durch Hinderniswirkungen abschwächen. Um die Genauigkeit von Prognosen zur Wirkung von Sprengungen im urbanen Raum zu verbessern, wurde die Empa, Abt. Akustik beauftragt, ein Berechnungsmodell zu entwickeln, welches die Ausbreitung von Stosswellen und ihre Interaktion mit harten Begrenzungsflächen nachbilden kann. Ziel des Projektes ist es, auf der Basis entsprechender Simulationen die Sicherheitstabellen zu überarbeiten und auf Standardsituationen wie Unterführungen/Tunnels, Häuserschluchten oder Strassenkreuzungen zu erweitern.



*Simulation der Ausbreitung einer Druckwelle in Gegenwart von vier Gebäuden. Der Blick von oben zeigt Reflexionen und Beugungsphänomene an Gebäudekanten.*

#### Erkenntnisse

Als Basis zur Simulation der Stosswellen wird der Ansatz der Finiten Differenzen im Zeitbereich, einem numerischen Verfahren zur Lösung der Wellengleichung, verfolgt. Das an der Empa im Einsatz stehende Modell muss jedoch in drei Bereichen erweitert werden. Zum einen müssen die akustischen Grundgleichungen dahingehend ergänzt werden, dass auch nicht-lineare Effekte – welche sich aufgrund der hohen Anfangsdrucke bei Explosionen ergeben – abgebildet werden können. Dazu müssen neben dem Schalldruck und der Schallschnelle neu auch die Dichte in ihrer zeitlichen und räumlichen Veränderung modelliert werden. Über die Dichte kann so die lokale Schallgeschwindigkeit abgebildet werden, welche primär für die typischen Signalveränderungen aufgrund nicht-linearer Effekte verantwortlich ist. Des Weiteren stellt die Erweiterung des Modells auf drei Dimensionen sowie die Ausdehnung des Frequenzbereiches auf 10 kHz hohe Anforderungen an die Rechenleistung. Es wird deshalb versucht, Vereinfachungen in der dritten Dimension einzuführen, beispielsweise durch die Annahme von Gebäuden mit unbegrenzter Höhe. Ausserdem soll die obere Grenzfrequenz nicht fix gesetzt, sondern in Funktion des Abstandes variabel –den effektiven Notwendigkeiten entsprechend– definiert werden.

## Dommages causés par des systèmes explosifs improvisés (IED) et des charges à effet de souffle sur des bâtiments et détermination des mesures de protections requises

ARAMIS: R-3210/042-39

La croissance de la menace terroriste et l'usage de systèmes improvisés de plus en plus performants requièrent la mise en œuvre de dispositifs de sécurité ainsi que des mesures préventives pour renforcer certaines infra-structures critiques. Le présent projet est dédié à l'étude des effets induits par une explosion sur un bâtiment (vitrages et structure) et aux mesures de protection qui sont envisageables.

### Buts

Le projet cherche à atteindre les objectifs suivants.

- Obtenir une compréhension approfondie de l'interaction entre une onde de choc et une structure en béton classique ou une structure en béton à hautes performances.
- Développer les connaissances théoriques et expérimentales requises pour juger de la qualité d'un dispositif de protection, pour le tester de manière adéquate et pour tirer les conclusions appropriées de résultats expérimentaux.
- Disposer d'un modèle de simulation et des paramètres de matériau pour modéliser un béton classique, ainsi qu'un béton à hautes performances.
- Effectuer des essais de sollicitation (explosion et projectile) de béton à hautes performances et comparer les résultats expérimentaux avec les prédictions issues du modèle de simulation numérique.
- Simplifier la coordination de la recherche dans le domaine concerné.

### Resultats attendus

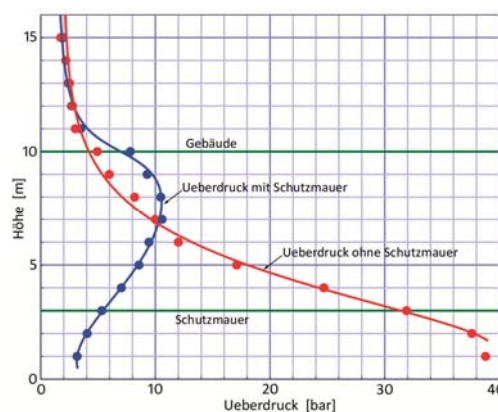
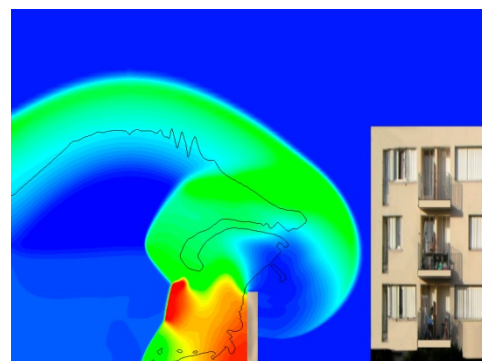
Etre en mesure de participer activement à l'expertise ou au développement de systèmes de renforcement de bâtiments contre des explosions ou des engins explosifs improvisés.

Etre en mesure de proposer rapidement des mesures permettant de réduire l'impact sur une construction en béton d'une explosion ou d'un IED. Connaître et savoir utiliser à bon escient le potentiel du béton à hautes performances.

Disposer d'un modèle simple ou d'un abaque permettant d'évaluer rapidement les effets d'une explosion ou d'un IED sur une construction en béton; pouvoir fournir une estimation des dégâts structurels potentiels sur le bâtiment.

### En résumé

Le projet vise à développer les connaissances indispensables pour évaluer les effets de charges explosives sur un bâtiment, pour définir les mesures de sécurité requises par divers scénarios d'agression, ainsi que pour donner les bases de calcul requises pour renforcer la construction.



En haut, simulation de l'explosion de 250kg de TNT à 10m d'un bâtiment protégé par un mur. En bas : surpression le long de la façade, avec et sans mur de protection.

## Dynamic Properties of Plain Concrete and of Ultra-High Performance Fibre Reinforced Concrete

ARAMIS: R-3210/042-39

Impulsive loads such as impacts or blasts are rare events that may occur in the lifetime of concrete structures. During such severe applied loads, high strain rates are imposed to the structures. To predict realistically the structural response it is necessary to have a good knowledge of strain rate effects in the concrete. This project is devoted to the understanding of the behaviour of plain concrete and of ultra-high performance fibre reinforced concrete (UHPFRC) submitted to loading within a broad strain rate range.

### Problem

The increasing relevance of the problems related with the damage of socially-sensitive structures (e.g. as high-rise buildings, bridges, and tunnels) has led to the study of fibre-reinforced composites also under impact and blast conditions. The response of plain concrete and of UHPFRC is studied in tension, compression, shear and torsion by use of a hydro-pneumatic device and of a modified split Hopkinson bar apparatus. The aim of the work is to obtain a good characterization of the material properties (equation of state, strength and failure models).

### Scientific Insights

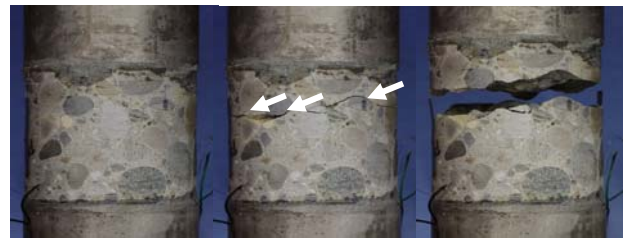
Specimens of plain concrete and of ultra-high performance fibre reinforced concrete are submitted to quasi-static strain, to medium strain rates (rise time of the pulse from 0.2ms to 2ms), to high strain rates (rise time from 40 $\mu$ s to 200 $\mu$ s) and to very high strain rates (rise time shorter than 10 $\mu$ s).

Measurement of the stress/strain curves for different strain rates allows determining the parameters of an empirical Johnson-Cook strength model, suitable for implementation in numerical codes.

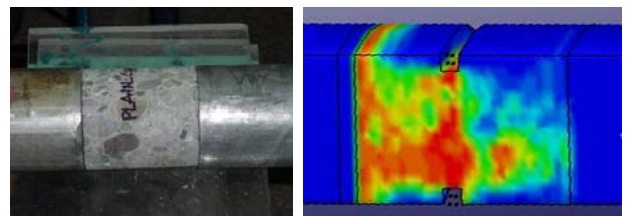
Other experimental relations are of interest. An example is the fracture time of the concrete specimen as a function of the applied stress rate (figure 3) which shows a completely unexpected linear decrease in a log-log plot.

### Conclusions

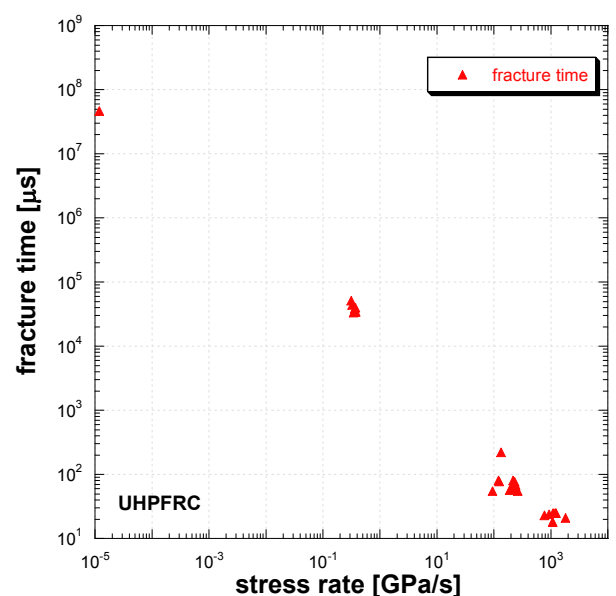
The research program will give insight in the response of normal concrete and of ultra-high performance fibre reinforced concrete submitted to low, medium and high strain rates. This experimental work is supplemented by numerical simulations in order to parametrize material models used in numerical tools.



Result of a medium strain rate test on a cylinder of plain concrete.



a concrete sample prepared for a split Hopkinson bar test (left) and the corresponding simulation (right).



log-log plot of the fracture time of a UHPFRC-sample versus the applied stress rate.

## Anspengversuche auf Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete (UHPFRC) Platten

ARAMIS: R-3210/042-39

Das Projekt ermittelt anhand von Versuchen die zusätzliche Schutzleistung von UHPFRC gegen direkte Anspengung. Das Projekt befindet sich in einer frühen Phase, die Herstellung von Betonplatten konnte rechtzeitig abgeschlossen werden. Die eigentlichen Anspengversuche wurden durchgeführt, sind aber noch nicht vollständig ausgewertet.

### Problem

Kritische Infrastrukturelemente wie beispielsweise Regierungsgebäude oder Brücken weisen eine recht hohe Verletzlichkeit gegen die Einwirkung von Luftstoss als Folge von IEDs auf. Je nach Kritikalität sind diese Elemente zu schützen. Eine Möglichkeit wird in der Härtung dieser Elemente gesehen. Mit Interesse wird deshalb die laufende Entwicklung von ultrahochfesten Betonen verfolgt. Diese Betone weisen eine Druckfestigkeit von mehr als  $160 \text{ N/mm}^2$  auf und sind, Dank der Beimischung von Stahlfasern, sogar in der Lage, Zug aufzunehmen.

Im Rahmen des Projekts wird die Wirksamkeit gegen die direkte Anspengung empirisch geprüft, da bis anhin keine verlässlichen Daten zur Verfügung stehen. Die Anspengversuche sind als Teilprojekt zu verstehen, da parallel dazu einerseits die Numerische Simulation vorangetrieben wird und andererseits mit Hilfe eines Split-Hopkinson Bar die dynamischen Materialeigenschaften getestet werden. Zudem ist dieses Projekt über ein Data Exchange Agreement (DEA) über die Studiengruppe Schutz Infrastruktur Militär (SG SIM) mit den USA verknüpft. Da es vorgesehen ist, Versuchsergebnisse auszutauschen, kann über das DEA ein beträchtlicher Mehrwert an Know-how generiert werden.

### Erkenntnisse

Auch wenn UHPFRC mittlerweile ein Standardprodukt ist, sind die Anforderungen an den Einbau hoch. Es hat sich deshalb bewährt, HOLCIM als Projektpartner beizuziehen. Alle Proben wurden erstellt.



(von links nach rechts) UHPFRC Matrix mit Stahlfasern; Schalung der Versuchsplatten; Fertige Platten aus Beton mit einer Schicht aus UHPFRC.

### Fazit

Das Projekt ist optimal gestartet; alle Platten konnten rechtzeitig erstellt werden. Die Anbindung von HOLCIM hat einen erheblichen Mehrwert gebracht. Die eigentlichen Anspengversuche haben im Detonik Labor Hondrich stattgefunden. Die Auswertung der Ergebnisse findet noch statt. Der erste Eindruck aus den Versuchen ist aber, dass UHPFRC-Schichten nicht die gehoffte Schutzleistung erbringen (wenigstens nicht gegen aufgesetzte Sprengladungen).

L'environnement sécuritaire est en perpétuelle mutation et les forces de sécurité doivent s'adapter en permanence pour apporter des réponses crédibles à des menaces difficilement identifiables dans le temps et dans l'espace. Cette nouvelle forme d'action requiert une mise en œuvre, de manière modulaire, de l'ensemble des forces sécuritaires étatiques et privées, autant policières que militaires. Pour maintenir/ramener l'ordre et l'état de droit, sans toujours pouvoir clairement identifier la partie adverse et en devant respecter des règles d'engagement toujours plus contraignantes, à cause de médias omniprésents, les forces de sécurité doivent prendre des risques, liés à l'incertitude, de plus en plus grands.

La problématique des forces de sécurité du futur est donc abordée sous les aspects humain et technologique. La plus value apportée par ce programme doit permettre à l'agent sécuritaire du futur de comprendre plus rapidement son environnement afin de décider de manière appropriée et prompt, tout en étant capable d'agir de manière ciblée et protégée. Elargir le spectre des options de réponse des forces de sécurité est une nécessité indéniable, qui permet d'agir proportionnellement face à un problème donné. L'action proportionnelle peut se baser sur des effets adaptés comme sur une capacité d'encaissement (protection).

### Domaines de compétences

Les activités du programme de recherche peuvent être divisées selon les domaines de compétences suivants, dont la cohérence et le contenu seront régulièrement révisés et complétés:



#### Aide à l'appréhension de la situation et à la décision

Intégration et représentation sécurisée et en temps réel des données d'unités sécuritaires (emplacement, activité, mission, statut) pour les divers échelons de conduite. Simplification de la prise de décision et augmentation de la prise de décision instinctive grâce à la fusion, l'analyse et le tri des données en fonction de leur pertinence et de leur importance.



#### Caractérisation d'unités sécuritaires

Caractérisation des acteurs, de leur positionnement, de leur statut et de leur intention dans le but d'éviter les tirs fratricides par une identification directe des propres troupes, tout en permettant une concentration des moyens là où cela est nécessaire. Augmentation de la fluidité de la manœuvre et du commandement.



#### Géolocalisation continue

Utilisation et combinaison de technologies pour localiser des unités sécuritaires à tout moment et à n'importe quel endroit (forêt, zone urbaine, tunnels, grottes, plans d'eau, etc.) et pour naviguer dans des environnements différents requérant des changements de technologies.



#### Exploration en milieu risqué

Systèmes technologiques permettant l'exploration, la détection et la mise en place de réseau dans une infrastructure inconnue et potentiellement dangereuse, afin d'assurer des accès ciblés, sûrs et rapides aux zones d'intérêt, tout en identifiant et localisant de manière garantie les intrus à un système.



### Effets adaptés

Elargissement du spectre des options de réponse des forces de sécurité pour permettre une réponse proportionnée, planifiable et mesurable face à un problème donné. Dans le cadre des activités liées à la létalité réduite, le chef de programme est également responsable de conduire le groupe d'expert du DDPS au profit du C A Plan.



### Protection individuelle avancée

Grâce à l'utilisation active des technologies appropriées, la protection des unités sécuritaires et de leur équipement est améliorée. Les dangers et les risques sont également traités de manière proactive.

## Réseau et partenaires

Pour assurer les divers domaines de compétence, un vaste et actif réseau de partenaires issus des mondes académiques et industriels autant au niveau national qu'international est mis sur pied et entretenu.

### Universités, hautes écoles et instituts de recherche

- ETH Zürich
- EPF Lausanne
- Université de Berne
- HES SO Sierre
- Institut ICARE, Sierre
- Université de Genève
- TU Graz, AU
- Université de Liège, BE
- Université de Lyon, FR
- Webster University
- GESUG
- CAST, USA

### Industrie

- RUAG L, Thun
- Thales Suisse SA; Zürich
- Agorabee, Nyon
- Piexon AG, Aarwangen
- iLAND Technologie, Neuchâtel
- Siemens
- RFID Center
- FN Herstal
- Diehl BGT
- Condat GmbH
- Novasys

### Administration publique

- Défense
- OFPP
- SG DDPS
- swisstopo
- Fedpol
- armasuisse - Acquisition
- armasuisse - Science et Technologie
- AFD
- DFAE
- Police cantonale NE, VD, GE, BL, BE, ZH

### Divers

- NATO NAAG
- NATO RTO
- EWG NLW
- TNO, NL
- DGA, FR
- ERM, BE
- Intelligentzia.ch
- InnoBE
- Protectas
- Securitas

## Identification des individus sécuritaires

ARAMIS: R-3210/050-21

**Prototype de système liant l'identification et l'intention d'un individu à la réponse appropriée de l'acteur sécuritaire et de son matériel, dans le but d'éviter les tirs fratricides, mais aussi pour connaître l'état de ses propres troupes. Actuellement, rien ne permet l'identification ami/ennemi pour le soldat débarqué en tout temps, de jour comme de nuit, avec ou sans visibilité et dont l'encombrement soit acceptable par le soldat.**

**Le présent projet est de réaliser, grandeur nature, un prototype qui permettra d'évaluer la pertinence et les limites des technologies d'identification.**

### But

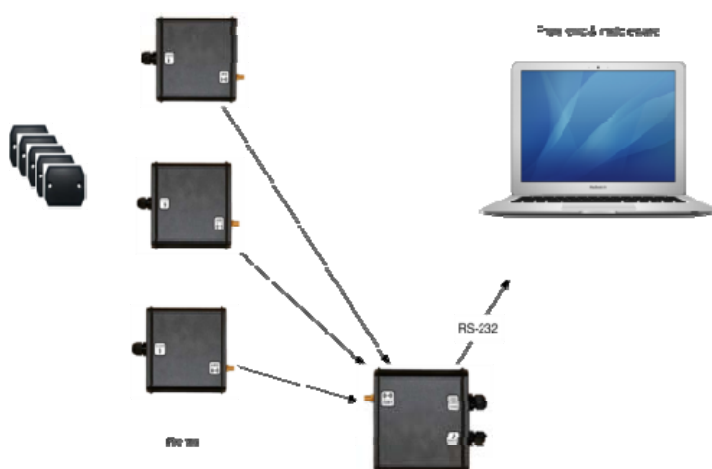
Le but est de pouvoir améliorer les compétence liées à l'identification à distance et en temps réel d'une personne ou d'un objet en utilisant des technologies RFID actives et des protocoles cryptographiques de niveau militaire protégeant la communication et l'identification. Le tout doit être couplé par armasuisse au système d'information, aux systèmes de communication et aux systèmes d'arme du soldat au travers d'un prototype fonctionnel.

### Résultats

Quatre scénarios en extérieur puis en intérieur sont évalués:

- arrivée d'une troupe dans un lieu donné
- localisation d'un détachement
- entrée dans un bâtiment
- détection ami-ennemi

Chaque soldat est muni d'un tag RFID actif. Plusieurs relais sont installés à des endroits déterminés. Certains relais sont mobiles, portés par certains des soldats engagés. Un lecteur maître est relié à un PC sur lequel est installé l'ensemble des logiciels nécessaires au prototype. Sur ce même PC, une interface de pilotage indique en temps réel la présence des tags (et donc des soldats qui les portent) dans le périmètre d'un relai ou du lecteur. Cette interface permet d'afficher les soldats engagés, leur position par zone. Il permet aussi de gérer les paramètres de l'action.



*Vue d'ensemble de l'architecture*

### Conclusion

A l'heure actuelle, la localisation est possible par zone. Cela signifie qu'il est possible de connaître la proximité ou non des senseurs avec le lecteur ou un de ses relais. Une localisation plus précise et à plus grande distance pourrait se faire grâce à la modification des technologies existantes ou le couplage de la RFID avec d'autres technologies comme le GSM et/ou le GPS.

## Indoor Positioning System

ARAMIS: R-3210/040-20

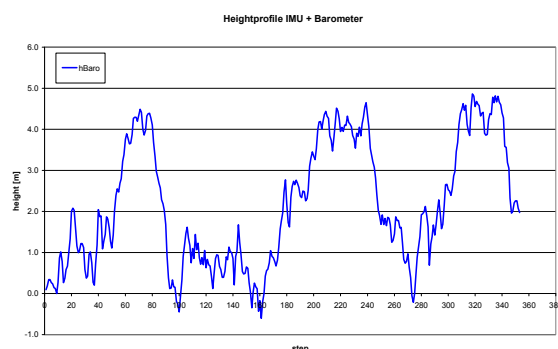
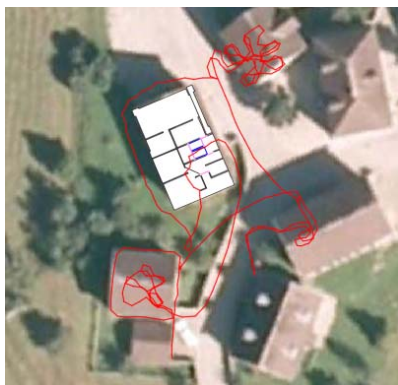
Die autonome Lokalisierung von Personen in Gebäuden und unterirdischen Anlagen, in denen kein GPS Empfang besteht, stellt ein bis heute noch nicht befriedigend gelöstes Problem dar. Im Rahmen des IPS Forschungsprojektes wurde ein System entwickelt, das insbesondere im Fall von aussergewöhnlichen Ereignissen sofort einsetzbar ist, eine hohe Genauigkeit garantiert und sich leicht in bestehende Führungssysteme integrieren lässt. Die Basistechnologie wurde zusammen mit der TU Graz auf der Basis der Inertialtechnologie entwickelt. In einem weiteren Schritt geht es nun darum, den bestehenden Prototypen mit der Schweizerischen AIONAV Systems AG zu einem einsatzfähigen System auszubauen. Letztere ist ein Spinoff der TU Graz und arbeitet eng mit verschiedenen Partnern im Defence und First Responder Markt zusammen.

### Problem und Zielsetzung

Im Falle von Katastrophen oder kriegesischen Ereignissen sind bestehende Positionierungshilfen (WLAN, Kameras, UWB, RFID, etc.) meist nicht mehr verfügbar oder liefern in urbanen Einsatzräumen generell zu schlechte Resultate (GPS). Einsatzkräfte müssen deshalb innerhalb und ausserhalb von Gebäuden autonom navigieren können. Die dafür geeigneten, auf der Trägheitsnavigation basierenden Multisensorsysteme, liefern allerdings noch sehr ungenaue Ergebnisse, insbesondere bei der Verfolgung gefechtsmässiger Bewegungen. Ziel des Projektes ist es, mit der Entwicklung neuer Algorithmen, der intelligenten Fusion verschiedener Sensoren (IMU, GPS, Barometer) und der Verwendung eines intelligenten, kontext-sensitiven Gebäudemodells die Genauigkeit innerhalb von Gebäuden auf ~2m zu verbessern. Das System soll zudem vernetzt und mit einer intuitiven Benutzerinteraktion betrieben werden können.

### Resultate, Erkenntnisse und Feldversuche

Die Entwicklung eines Demonstrators, der auch von der Europäischen Verteidigungsagentur und weiteren Forschungspartnern gefördert wurde, hat bereits sehr erfreuliche, praxisnahe Resultate erbracht. Die weitere Entwicklung, insbesondere auf handelsüblicher Hardware mit einer offenen Systemarchitektur, soll nun ein System ergeben, dass sowohl stand-alone, als auch vernetzt oder in einem bestehenden C2-System integriert, die Navigation und Positionierung von Einsatzkräften in jedem Umfeld zuverlässig ermöglicht. Die bisherigen Feldversuche wurden in allen möglichen Terrains und Gebäuden und mit verschiedenen Ausrüstungen, vom leichten Kampfanzug bis zum ABC-Vollschutz durchgeführt. Dabei wurden alle gefechtsmässigen Bewegungsarten, wie Kriechen, Robben, Klettern, usw. durchexerziert und systematisch ausgewertet.



*Feldversuche in der Ortskampfanlage Sankt Luzisteig*

### Fazit

Die bisher vorliegenden Versuchsergebnisse zeigen die Tauglichkeit der AIONAV (Autonomous Indoor and Outdoor NAVigation) Lösung auch unter erschwerten Bedingungen. Eine weitere Entwicklung verspricht eine weltweite Führungsrolle der Schweiz in der präzisen Navigation und Positionierung von Personen.

## Identification ami - ennemi base sur la technologie RFID

ARAMIS: R-3210/050-21

En 2010, en partenariat avec la société Agorabee, l'institut Icare a démontré le potentiel de la RFID active comme support à la localisation de personnes et d'objets en intérieur. En 2011, le prototype a évolué de manière à améliorer la présentation des informations et être utilisable de manière transparente en extérieur (outdoor) comme en intérieur (indoor).

### Problématique

Les mécanismes de traçabilité au sein d'un bâtiment sont importants en terme de sécurité et de protection des personnes. Il est cependant nécessaire de pouvoir détecter les individus au plus tôt de manière à apporter une réponse adéquate et jouer sur l'effet de surprise. Pour ce faire, il convient de pouvoir identifier et géo-localiser des individus à l'extérieur du bâtiment surveillé et ceci sur une portée admissible. On notera également que le système doit être simple d'utilisation (notamment en phase d'engagement) et présenter des informations précises et fiables.

### Description du projet

Durant l'année 2011, le prototype a été amélioré de manière à pouvoir fonctionner tant en intérieur (indoor) qu'en extérieur (outdoor). Pour ce faire, différents axes d'analyses ont été retenus, à savoir:

- Identification et géolocalisation en extérieur sur de grandes distances (supérieures à 1 km).
- Identification et géolocalisation en intérieur avec gestion des étages du bâtiment sous contrôle.
- Traçage transparent (seamless) lors du passage de l'extérieur vers l'intérieur.
- Amélioration de la présentation des informations sur le terminal (vues 3D, interactivité, animations, etc.).
- Triangulation de la position des personnes et des objets (et présentation sur le terminal).
- Collecte d'informations complémentaires sur les individus (température, détecteur de mouvement).
- Amélioration des performances du système.



### Résultats actuels

Les derniers tests ont permis de vérifier la mise en application de l'exploitation outdoor du système. Le suivi des individus de l'extérieur du bâtiment vers l'intérieur ainsi que la gestion des étages sont également acquis. Des réserves ont été émises quant à la faisabilité d'une triangulation précise à l'aide du matériel utilisé jusqu'ici.

### Conclusion

Au fur et à mesure de l'avancement du projet, nous sommes de plus en plus convaincus de la place la RFID dans les applications d'identification et de géolocalisation de personnes et d'objets en complément aux technologies plus classiques tel que le GPS.

## AirBurr

ARAMIS: R-3210/050-22

Using robots instead of risking humans for exploring hazardous and cluttered indoor environments has many benefits. Efficient locomotion in such environments however is not an easy problem. Obstacles of many shapes and sizes are prevalent, space to navigate is restrained, and GPS is not available for navigation. Traditional ground-based robots can be used but have trouble overcoming obstacles. Flying robots are more versatile and adapted to cluttered environments, but have their own restrictions: limited payload precludes heavy obstacle detection sensors, they are sensitive to damage during flight and are often out of commission after a single collision. The goal of this project is to design a robust indoor flying robot, named the AirBurr, capable not only of flying autonomously, but colliding with obstacles, stabilizing again, following walls, taking off without human intervention and even attaching to surfaces in order to robustly navigate in indoor environments.

### Aim

We therefore aim at designing a flying robot having the following characteristics:

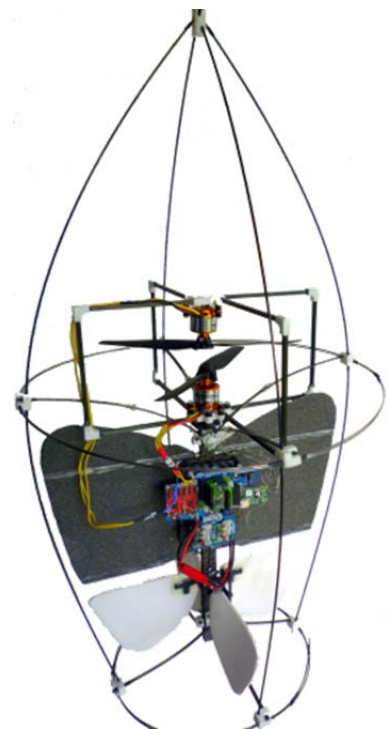
- **Robustness:** Surviving contact when colliding in flight or falling on the ground requires a robust platform construction, and thus the weight, the shape and materials used are an important consideration.
- **Self-recovery:** In order to continue flying without human intervention after a crash, the platform has to be able to self-recover and take off again autonomously.
- **Flight stabilization:** In order to fly autonomously and to recover in the air from minor collisions, active flight stabilization has to be achieved thanks to on-board sensors and controller.
- **Autonomous navigation:** Navigating indoors is usually a difficult task because it requires very complex sensors to go around obstacles. We aim at using a different strategy to progress in an environment: by reacting to the contacts with the obstacles instead of avoiding them.

### Results

The latest prototype (fig.1) demonstrates several of the required characteristics of the AirBurr concept: carbon fiber rods protecting the main fuselage and its low weight (80g) provide robustness. It can take off again autonomously thanks to a passive self-recovery mechanism based on the platform morphology and center of gravity placement. It can fly in both forward and hovering modes thanks to the powerful motor and the wing, thus allowing a good speed control for slow indoor flight. Electronics provide the on-board sensing and processing power required for automatic control. In addition, high-speed custom-designed radio connection with a base computer and extension ports for future additional sensors are integrated.

### Conclusions

The AirBurr project will bring autonomous indoor flight closer to reality through its integration of advanced mechanisms such as active recovery, novel sensing modalities for detecting contact and new algorithms for contact-based navigation. Next steps include the design of attachment mechanisms to increase platform autonomy, optic flow-based speed regulation and the design of advanced navigation algorithms that take advantage of contact with the environment.



*AirBurr v7 prototype*

## Nicht-Letaler Multilauncher und Munitionskomponenten

ARAMIS: R-3210/050-24

Es stehen heute diverse nicht letale Einsatzmittel zur Verfügung: chemische (Reizstoffe, RSG), kinetische (Wuchtgeschosse), elektrische (Taser). Alle diese Technologien verfügen über eigene Abschuss-systeme die nicht miteinander kompatibel sind. Der Anwender (Polizei, Streitkräfte, Justizvollzug) muss sich somit für ein System bzw. eine Technologie entscheiden und hat in der Folge nur diese zur Verfügung. Es existiert heute keine Abschussplattform in der Größe einer Faustfeuerwaffe, die fähig ist eine Vielzahl nicht-letaler Technologien verschießen zu können.

### Ziel

Ziel des Forschungsprojektes ist ein Prototyp einer Abschussplattform sowie eine erste Auswahl nicht-letaler Munition dazu, anhand dessen entschieden werden kann, ob dieses Projekt in eine Serienfertigung genommen werden soll.

### Projektbeschreibung

Das Projekt befasst sich mit der Entwicklung einer handgehaltenen Waffe für den Behördeneinsatz, die in der Lage sein soll, nicht-letale Munition verschiedenster Wirkungsweise abschießen zu können. In einer ersten Phase wurde mittels einer vertraulichen Marktumfrage die Bedürfnisse der potentiellen Bedarfsträger ermittelt und in der Folge ein Pflichtenheft erstellt, welche Eckpunkte die Waffe in Bezug auf Schüssigkeit, Gewicht, Abmessungen, Kosten, Einsatzreichweite und gewünschter nicht-letaler Wirkleistung erfüllen muss. Es wurde ein Grobkonzept einer Waffen-plattform erarbeitet und ein passendes Spezial-Kaliber gesucht, damit keine handelsübliche letale Munition darauf abgeschossen werden kann. Danach wurde die Detailplanung des Waffenkonzepts und des Zündmechanismus erarbeitet. Parallel wurde eine erste Auswahl von drei nicht-letalen Munitionsarten unterschiedlicher Wirkungsweisen (flüssiger Reizstoff, einzelnes Wuchtgeschoss mit Treibnapf und mehrteiliges Wuchtgeschoss mit Treibkäfig) konzipiert und bis zum Prototyping entwickelt. Speziell für diese Waffenplattform wurde zudem eine Laser-Zielvorrichtung mit munitionsabhängiger Zielpunktanzeige konzipiert.

### Ergebnisse

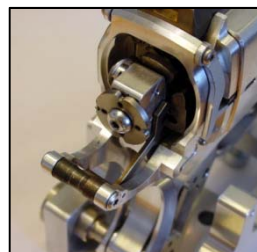
Per Dato existiert ein funktionsfähiger Prototyp der Waffenplattform sowie drei verschiedene nicht-letale Munitionssorten mit unterschiedlichem Entwicklungsstand. Während die Kartuschenmunition zur Ausbringung eines flüssigen Reizstoffstrahls auf dem Stand einer vorseriellen Fertigung ist, befinden sich die beiden Wuchtmunitionstypen im Prototypenstadium. Zündversuche mit der Waffenplattform sind in Q3/2011 erfolgreich verlaufen, sodass in Q4/2011 mit dem Abschusstests der Wuchtmunition begonnen werden kann. Ein entsprechender Versuchs-Schießstand wurde eingerichtet. Der Prototyp der Waffenplattform wird mit Erlaubnis von armasuisse an der NATD Show in Ottawa (25.-27.10.2011) einem Fachpublikum vorgestellt, um die Einschätzung und allfällige Verbesserungsvorschläge von Experten einzuholen.

### Fazit

Die bisherige Entwicklungsarbeit ist positiv verlaufen. Die Entwicklung der Waffenplattform musste gegenüber dem ursprünglichen Projektplan vorgezogen werden, damit mit den Abschussversuchen der Wuchtmunition begonnen werden kann. Aufgrund des aktuellen Entwicklungsstands kann davon ausgegangen werden, dass die Zielsetzung des Projekts in der vorgegebenen Zeit erfüllt werden kann.



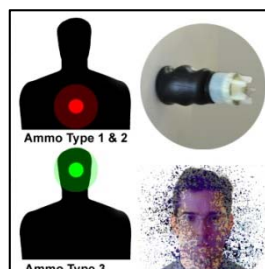
*MPP mit gebrochenem Laufbündel.*



*Zündmechanismus mit rotierendem Zündstift*



*Wuchtmunition (1+2), Kartuschenmunition (3)*



*Geplante Zielpunktanzeige mit verschiedenen farbigen Laserdioden.*

## Technology advances in ballistic protection products

ARAMIS: R-3210/042-10

### Problem

The primary goal of this research project is to identify and provide objective information on the entire spectrum of currently available individual ballistic protection. This consists of a thorough examination of both active and passive technologies, the two major aspects that comprise ballistic protection, including the established, tested and approved/certified technologies, as well as the latest technologies to emerge that are untested/uncertified against known standards and/or unproven in combat yet relevant within the overall research endeavor.

### Results

To assist the effort in determining which ballistic protections are viable options for end users. The current industry and market conditions have led many to acquire ballistic products that have not delivered what the original samples or test materials provided in terms of ballistic protection. Results of this research combine not only approved ballistic products but emerging and untested/uncertified products as well as providing insight from interviews/reports of end user experience in combat or ballistic events, where ballistic protection products facilitated a favorable/survivable outcome.

- Active Protections
  - Audio, Visual, Energetic Disruptors
    - o Vehicle based sensors
    - o Individual based sensors
- Passive Protections
  - Helmets, Face shields, Body armor, Shields
  - Spall liners, seats
    - o Vehicle based systems
    - o Individual worn systems



### Conclusions

The research informs decision makers with ample material in order to select the ballistic protection options and products that are best suited to their unique needs. The resources and sources provided offer a streamlined and efficient network of global industry manufacturers, partners and offices for acquisition of all ballistic protection products.

### La technologie photovoltaïque et proposition de pistes pour le développement de solutions de productions énergétiques autonomes pour le soldat du futur

ARAMIS: R-3210/050-26

ILAND green technologies SA est une société suisse qui œuvre dans le domaine des solutions de production énergétiques autonomes portables (solutions uniques sur le marché du photovoltaïques et brevétées). Forte de son expérience et de ses compétences en matière de gestion de charge d'unités de stockage d'énergie à partir de l'énergie solaire, ILAND propose dans ce travail d'établir un état de l'art de la technologie photovoltaïque et des batteries d'accumulateurs, afin de donner des pistes concrètes pour réaliser des solutions d'équipement pour augmenter l'autonomie du fonctionnement des systèmes électroniques du soldat du futur.

#### Idée du projet

Où se situe le développement des cellules photovoltaïques? Quelles sont les technologies qui émergent et quels sont les enjeux liés au développement de ces technologies (accès aux ressources, sites de production, risques pour l'environnement, etc.). Ces mêmes réflexions se font dans le domaine des batteries d'accumulateurs qui sont en complète évolution depuis une dizaine d'années.

En parallèle on se pose la question à savoir si l'on peut de manière raisonnable et concrète, équiper un soldat du futur avec les technologies photovoltaïques pour améliorer son autonomie d'action. En effet, il est important ici de comprendre que des solutions de petite dimension pour produire de l'énergie n'existent pas, mis à part avec le photovoltaïque. C'est donc une piste sérieuse à suivre et à développer dans le cadre du projet IMESS.

#### Résultats

Les résultats montrent clairement que les technologies solaires en couches minces et plus particulièrement amorphes souples (Si-a) sont les solutions industrielles les plus adaptées à la problématique de l'intégration de cellules solaires dans des solutions clients. D'autres technologies à plus haut rendement peuvent aussi être utilisées dans un contexte stratégique tel que le projet IMESS, mais ceci implique un développement des cellules sur mesure pour ce type de projet.

En ce qui concerne le démonstrateur pour le soldat du futur et ses besoins en autonomie énergétique, nous nous sommes concentrés sur la solution la plus optimale par rapport à ses exigences. Nous avons observé les soldats du point de vue de leur équipement et de leurs activités sur le terrain.

Aucun choix technologique n'était arrêté dans un premier temps. Toutes les pistes explorées devaient uniquement servir à trouver les meilleures solutions ergonomiques et d'intégration pour le soldat lui-même.

Finalement, les propositions pour le développement d'un démonstrateur se feront sur la base des critères suivants :

- Ergonomie
- Intégration
- Choix technologique (produit industrialisé ou en voie de développement)
- Rendement effectif des solutions



#### Conclusion

Des solutions de petite dimension pour produire de l'énergie n'existent pas, mis à part avec le photovoltaïque. Il est donc important d'explorer la piste du solaire pour connaître le potentiel de cette technologie dans l'approvisionnement énergétique des armées.

## Démonstrateur de géolocalisation 3D Continue

ARAMIS: R-3210/050-23

Réalisation d'un démonstrateur pour la localisation à l'intérieur et extérieur des bâtiments, là où les signaux GPS ne sont pas disponibles. Création rapide (automatique ou semi-automatique) d'un environnement virtuel 3D. Positionnement en temps réel d'un individu se déplaçant librement à l'intérieur de la zone modélisée. Une précision inférieure à 15m (précision GPS) doit être maintenue avec les contraintes suivantes: l'étage auquel se trouve la personne doit être correct, de même que la chambre et la situation (proche d'une fenêtre, d'une porte, etc.). La troisième tâche est l'information en temps réel de la situation des individus et des paramètres environnant de façon à permettre une estimation de la situation et une prise de décision rapide. Cet axe de recherche met en commun les compétences du Laboratoire des systèmes autonomes de l'ETHZ, l'Institut de géomatique de la FHNW, et les sociétés Geosat SA, Rayzon Technologies SA et OnYourMap SA.

### Concept

Diverses données connexes permettent désormais de rendre une position géographique plus attractive, la transformant d'une donnée simple en une réelle source de renseignement. Cela comprend notamment la reconstruction de l'environnement. Une fois la position d'un individu connue, il est possible de l'intégrer dans une représentation bidimensionnelle ou tridimensionnelle de la réalité. Aujourd'hui, les capteurs LiDAR (Light Detection and Ranging) terrestres et aériens permettent la mesure complète et le rendu des environnements extérieurs et intérieurs. Ces modèles peuvent ensuite être utilisés pour la cartographie et pour la représentation d'une foule de renseignement au niveau de la conduite opérationnelle. Les nouveaux modèles tridimensionnels peuvent être intégrés dans une « réalité augmentée » permettant, par exemple, d'entraîner des troupes avant une opération, de simuler des comportements ou de visualiser un mouvement de foule.

L'importance d'un positionnement continu est fondamentale pour les axes de recherches poursuivis par Armasuisse. Réalisant un démonstrateur intégrant des technologies à la pointe de l'innovation avec des acteurs académiques et industriels au rayonnement international, Armasuisse reste au fait des technologies les plus récentes dans le domaine de la géolocalisation, non seulement au niveau théorique, mais également en pouvant expérimenter et tester les limites actuelles de chacune.

### Développement

Réalisation d'un globe virtuel 3D permettant la transition continue en l'intérieur et l'extérieur des bâtiments.

Technologie disponible dans son intégralité via Internet.

Construction d'un nouvel environnement en temps réel.

Intégration de nuages de points radars compensés 3D à l'intérieur du globe virtuel.

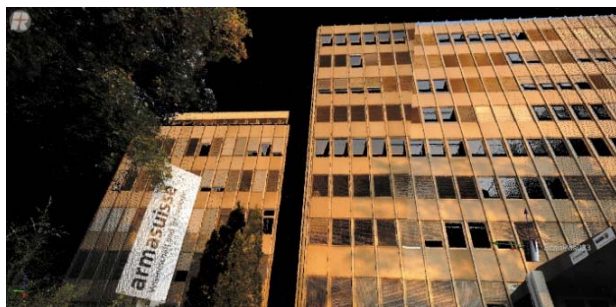
Positionnement continu en temps réel de personnes intégrant des technologies du domaine de la vision (robotique), du domaine inertiel (gyroscopes, accéléromètres), ainsi que du map-matching.

Déploiement d'un réseau de communication hybride et autonome.

Transmission d'images de situation en temps réel permettant une appréciation de la situation sur le terrain par l'utilisateur de l'application.

### Résultats

La modélisation tridimensionnelle du bâtiment GHH à Thun et la localisation simultanée de personnes dans l'infrastructure a été démontrée.



*Intégration de données radar multidimensionnelles dans un environnement 3D de réalité augmentée.*



*Représentation intérieur-extérieur de l'environnement permettant le suivi continu d'individus.*

## Permanente Aufklärung und Überwachung aus der Luft

Unbemannte Flugsysteme sollen verbreiteten Einsatz für die permanente Informationsgewinnung zugunsten der Armee und des Sicherheitsverbundes Schweiz finden. Moderne Unmanned Aircraft Systems verbinden dafür eine Vielzahl von komplexen Systemelementen zu einem leistungsfähigen Gesamtsystem. Der Luftraum in der Schweiz ist sehr dicht benutzt, weshalb Technologien wie Sense & Avoid für die Luftraumintegration von entscheidender Bedeutung sind. Mit projektorientierten Forschungsarbeiten wird ein kontinuierlicher Fortschritt in den Hauptstossrichtungen Luftraum-integration & Zulassung sowie Systemintegration & C4ISTAR-Anbindung erarbeitet.

Unbemannte luftgestützte Plattformen für den Einsatz von Sensoren und Effektoren gewinnen an Bedeutung. Durch den technologischen Fortschritt ist ein markanter Anstieg der Komplexität festzustellen. Der Einsatz im dicht benutzten Luftraum stellt hohe Anforderungen an das Gesamtsystem, wobei die Leistungsfähigkeit moderner unbemannter Flugsysteme durch das optimale Zusammenspiel einer Vielzahl komplexer Systemelemente entsteht. Ziel der projektorientierten Forschungsarbeiten ist es, dem VBS die erarbeiteten Kompetenzen in Form von Technologiedemonstratoren zur Verfügung zu stellen. Dazu wurde eine demonstrator-basierte Zusammenarbeit mit der armasuisse etabliert, welche wissenschaftliche & operationelle Forschungsmöglichkeiten prioritär im Bereich Sense & Avoid und Zulassungsaspekten erlauben wird.

## Kompetenzfelder

Die Aktivitäten des Forschungsprogramms lassen sich in folgende Kompetenzfelder einteilen, welche fortlaufend überprüft und ergänzt werden:



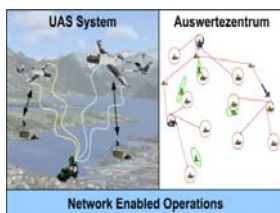
### Luftraumintegration und Zulassung

Die UAS Technologie-Integrationsplattform steht im Zentrum der Zusammenarbeit von Betreiber, Zulassungsbehörden und Flugsicherung. An ihr werden Untersuchungen im Thema Airworthiness & Certification durchgeführt. Zur Verbesserung der Integration von Operationen unbemannter Flugsysteme in den zivilen Luftraum werden technische Untersuchungen schwergewichtig zum Thema Sense & Avoid durchgeführt.



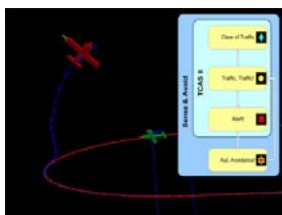
### Zuverlässigkeit und Flugsicherheit

An der UAS Technologie-Integrationsplattform werden Kompetenzen für High-Integrity Systeme aufgebaut, um Zulassungsfragen kompetent bearbeiten zu können. Es werden Systemanforderungen erarbeitet, welche ein unbemanntes Flugsystem für die Zertifizierung erfüllen muss.



### Leistungsfähigkeit zukünftiger UAS

Zukünftige UAS sollen kostengünstiger, schneller und mit weniger Planungsaufwand flexibel eingesetzt werden können. Entscheidende Punkte dafür sind das Operationskonzept, eine zentrale UAV Steuerung mit nahtloser C4ISTAR-Anbindung zur Verbreitung der Informationen und das Human Interface, welches auf etablierten Standards aufbauen soll. An der UAS Technologie-Integrationsplattform werden neue Konzepte erarbeitet und getestet.



### Systemtechnik zukünftiger UAS

An der Basis stehen die Fähigkeiten zur Systemintegration, auf denen die Leistungsfähigkeit unbemannter Flugsysteme aufbaut. Der rasante Fortschritt von zivilen Technologien führt dazu, dass militärische Systeme vermehrt zivile Komponenten enthalten. Diese Komponenten müssen angepasst an militärische Aufgaben zu einem Gesamtsystem integriert werden.

## Technologiedemonstratoren



Die Technologiedemonstratoren des Forschungsprogramms und der armasuisse ermöglichen es, in allen Hauptstossrichtungen Fortschritt zu erzeugen. Schwer-gewichtig sollen Untersuchungen zum Thema Sense & Avoid durchgeführt werden.



Um optimale Aufklärungsleistungen erzielen zu können, werden zukünftig unbemannte Flugsysteme mit verschiedenen Kapabilitäten und kombiniert mit weiteren militärischen Systemen vernetzt agieren. Im Projekt „Agile UAV in vernetzter Umgebung“ werden, in Zusammenarbeit mit Deutschland und Finnland, Synergien für den Aufbau von Technologiedemonstratoren zur Untersuchung von Interoperationskonzepten genutzt.

## Netzwerke

Zur Sicherstellung der Kompetenzen wird ein aktives und breites Netzwerk von Partnern aus Wirtschaft, Hochschulen, Universitäten und anderen Forschungsstellen im In- und Ausland eingesetzt.

### Universitäten, Fachhochschulen und Forschungsinstitute

- EPFL
- ETHZ

### Industrie

- Dassault Aviation (FRA)
- EADS Cassidian (GER)
- Insta (FIN)
- Patria (FIN)
- RUAG Aviation (Leitung UAV Kompetenzzentrum)
- RUAG Defence

### Bund

- armasuisse – Beschaffung
- armasuisse – Flugerprobung
- armasuisse – militärische Zulassungsstelle für UAV-Systeme
- armasuisse – Wissenschaft + Technologie
- Armeeplanung
- Luftwaffe – Doktrin

### Staatliche Partner

- Finnish Defence Forces (FIN)
- Finnish Military Intelligence Centre (FIN)
- Luftwaffenführungskommando – A 7 d (GER)
- WTD-61, militärische Zulassungsstelle für UAV-Systeme (GER)

## UAV Kompetenzzentrum

ARAMIS: R-3210/043-10

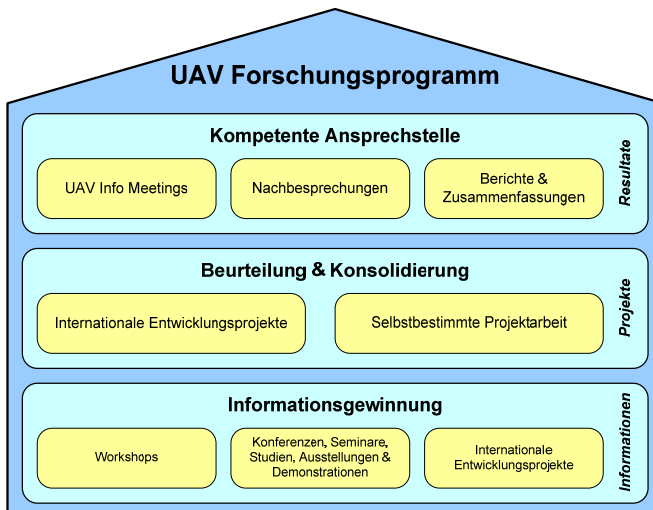
Das UAV Kompetenzzentrum übernimmt die wissenschaftliche und organisatorische Führung des UAV Forschungsprogramms. Dabei stellt die Programmleitung und das Projektengineering sicher, dass die verschiedenen Forschungsaktivitäten zusammenpassen und das Kompetenznetzwerk der armasuisse W+T gut ergänzen. In der Forschungstätigkeit werden vorhandene Kompetenzen in der Schweiz und International genutzt. In der Zusammenarbeit mit den Hochschulen und der armasuisse sollen neue Erkenntnisse der Spitzenforschung auf Technologiedemonstratoren erprobt werden. Dank der strategischen Partnerschaft zwischen RUAG Aviation und armasuisse W+T hat die Programmleitung für die Aktivitäten des UAV Forschungsprogramms Zugriff auf die gesamten Kompetenzen des RUAG Konzerns.

### Zielsetzung

Die langfristigen Programmziele unterscheiden sich etwas für kleine und grosse Unmanned Aircraft Systems aufgrund der unterschiedlichen aktuellen Ausgangslagen dieser Systeme in der Schweiz. Während es bei den kleinen Systemen darum geht die Operation zu etablieren, sind bei den grossen Systemen bereits jahrelange Einsatzerfahrungen vorhanden. Bei den kleinen Systemen unterstützt das UAV Forschungsprogramm mit Fachexpertise die Abklärungen zu möglichen operationellen Einsatzkonzepten und analysiert die technologischen Möglichkeiten und Grenzen. Bei den grossen Systemen stellen sich prioritär Herausforderungen der Luft-raumintegration und Zulassung, welche aber auch für kleine Systeme von Bedeutung sind. Mit der Entwicklung eines Sense & Avoid-Systems und der Erarbeitung von Zulassungskompetenzen am Technologie-Backbone soll ein systemübergreifender Fortschritt erzeugt werden. Für die Realisierung dieser Technologiedemonstratoren wurde eine Zusammenarbeit auf der Technologieplattform Drohnen der armasuisse etabliert.

### Vorgehensweise

Es wurde eine auf die Aktivitäten im UAV Forschungsprogramm angepasste Handlungssystematik hergeleitet, welche die Handlungsfelder in drei Ebenen aufteilt. Auf der Informationsebene werden die relevanten Kanäle erschlossen. Eigene Studien werden in Gebieten durchgeführt, in welchen noch keine Publikationen existieren, oder die vorhandenen Berichte aus Sicht des UAV Forschungsprogramms analysiert werden müssen. Ausstellungen und Demonstrationen werden besucht, um aktuelle Produkte bezüglich des Technologiestands und deren Einsatzmöglichkeiten einschätzen zu können.



Neben der Informationsgewinnung soll eine kompetente Beurteilung und Konsolidierung der gesammelten Informationen für die festgelegten Schwerpunkte durchgeführt werden können. Dazu wird Forschungsarbeit auf der Projektebene geleistet. Ziel der Projektarbeit ist es, ein konsistentes Kompetenzpaket zu erarbeiten und die Handlungs-fähigkeit in den Hauptstossrichtungen Luftraum-integration & Zulassung sowie Systemintegration und C4ISTAR-Anbindung zu vergrössern. Die Resultate werden mittels der UAS Technologie-Integrations-plattform konsolidiert und nutzbar gemacht. Sie wird auch dem Fortschritt in den Hauptstossrichtungen dienen, da gezielt Resultate aufeinander aufgebaut werden können.

### Fazit

Mit der Entwicklung eines experimentellen Sense & Avoid Systems, der Erarbeitung von Zulassungskompetenzen und dem Ausbau der Fähigkeiten zur Integration von Technologien aus der bemannten Luftfahrt wird ein Fortschritt für die Operation grosser Systeme erreicht. Die Erarbeitung operationeller Einsatzkonzepte für die Etablierung der Operation kleiner Systeme wird mit der Bereitstellung der erforderlichen Fachexpertise unterstützt.

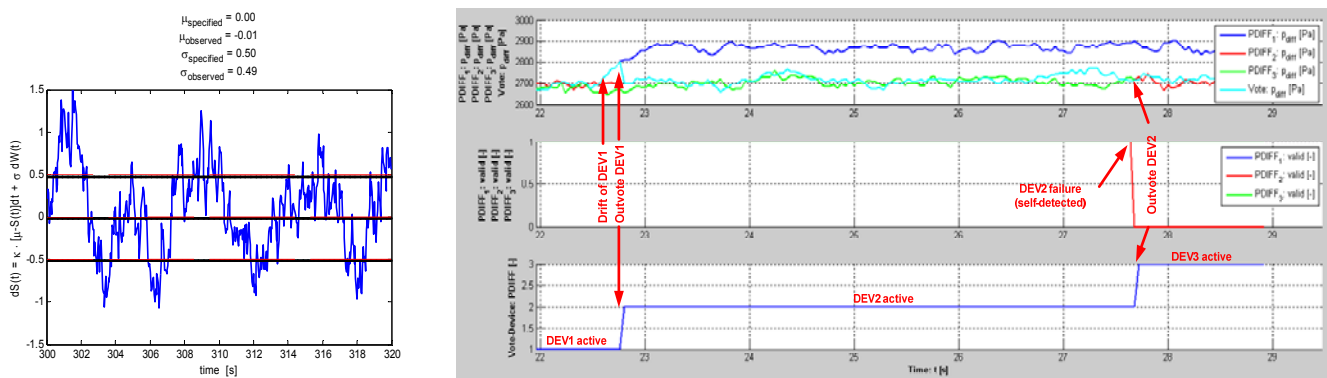
## UAS Systemtechnik

ARAMIS: R-3210/043-01

Die UAS Systemtechnik ist zentral für das Verständnis des Gesamtsystems eines Unmanned Aircraft Systems (UAS) und die Untersuchung der zulassungsrelevanten Systemarchitekturen. Schwergewichtig werden systemtheoretische Analysen für die sicherheitsrelevanten Komponenten anhand der UAS-Simulation durchgeführt. Es werden Redundanzkonzepte analysiert, deren Anwendbarkeit geprüft und die mittels moderner Filter- und Regelungstechnologien realisiert werden. Mit realistischen Fehlermodellen wird das Verhalten des Gesamtsystems bei verschiedenen Ausfällen simuliert. Die dafür verwendete UAS-Simulation beinhaltet die Aerodynamik und Flugmechanik der Plattform, sowie das Flugsteuerungs- und Regelungssystem. Die UAS-Simulation wurde in Flugversuchen erfolgreich validiert und entspricht der für die systemtheoretischen Analysen erforderlichen Genauigkeit.

### Zielsetzung

Es sollen die systemtheoretischen Grundlagen für die automatisierte Verwendung der Technologie-Elemente in einem Gesamtsystem prioritär im Hinblick auf die Erfüllung der Zulassungsanforderungen entwickelt werden. Für den Kompetenzaufbau in der Zulassungsthematik müssen vertiefte Kenntnisse im Bereich der Filtertechnologien, der Regelungstechnologien und der Redundanzkonzepte erarbeitet werden. Komplexe Systemarchitekturen werden in der UAS-Simulation implementiert und deren Fehlerverhalten analysiert. Die gewählten Systemarchitekturen sollen sich an etablierten Standards orientieren und so die Luftraumintegration unterstützen.



Links: Beispiel des stochastischen Prozesses, welcher für die Fehlererzeugung verwendet wird. Die spezifizierten sowie die a posteriori ausgewerteten statistischen Momente sind angegeben und decken sich gut. Rechts: Bei dreifachredundanter Differenzdruckmessung driftet Sensor 1, welcher aktiv ist, langsam ab ( $t \sim 22.8$ s). Das Voting erkennt dies und wählt den mehrheitsfähigen Sensor, hier Sensor 2. Ein zweiter Fehler tritt auf ( $t \sim 27.7$ s): Sensor 2 meldet sein Signal sei ungültig. Das System wechselt auf Sensor 3.

### Resultate

In der UAS-Simulation wurde die Testinfrastruktur geschaffen, um das Fehlerverhalten der Gesamtsystemarchitektur und von verschiedenen Redundanzkonzepten mittels realistischer Fehlermodelle und Ausfällen von Teilsystemen zu prüfen. Erste Untersuchungen wurden für ein dreifach-redundantes Air-Data-System durchgeführt. Zukünftig werden zusammen mit der militärischen Zulassungsbehörde und der Flugerprobung anhand von verschiedenen Fehlerszenarien die technischen Anforderungen an die Teilsysteme und den erforderlichen Automatisierungsgrad abgeleitet.

### Fazit

Die erarbeiteten Resultate dienen der zielgerichteten Erforschung der Technologien, welche für die Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Flugsicherheit wesentlich sind. Von zentraler Bedeutung sind dabei die Automatisierungstechnologien zur autonomen, redundanten Verwendung der aktuellen Systeme der Luftfahrt.

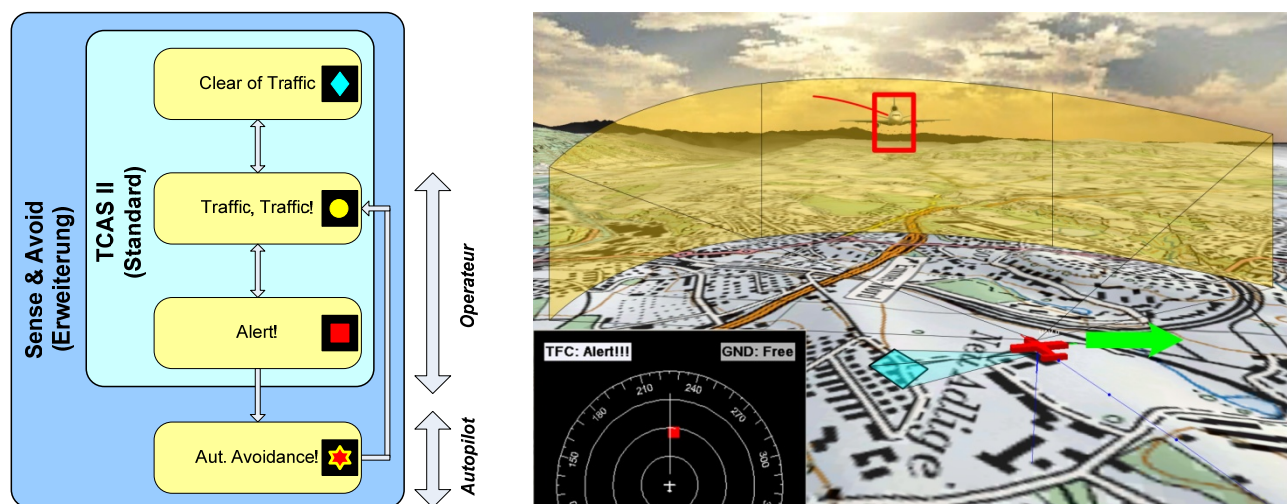
## Sense & Avoid

ARAMIS: R-3210/043-13

Die Luftwaffe führt bereits zahlreiche Operationen mit dem aktuellen ADS-95 System zugunsten der Armee und der vernetzten Sicherheit Schweiz aus. Die Einsätze für das Grenzwachkorps und das Polizeikorps sind sehr erfolgreich und zeigen auch den zivilen Nutzen der militärischen Aufklärungsmittel. Damit die Einsatzmöglichkeiten dieser UAV's im Luftraum erweitert werden können, müssen die Fluggeräte über die Fähigkeit verfügen, andere Luftraumteilnehmer zu erkennen und diesen gegebenenfalls vollständig autonom auszuweichen. Unter dem Thema Sense & Avoid wird weltweit nach technischen Lösungen gesucht, allerdings fokussieren sich die Aktivitäten noch weitgehend auf theoretische Untersuchungen und einzelne einfache Experimentalsysteme.

### Zielsetzung

Es soll ein experimentelles Sense & Avoid System auf der Technologieplattform Drohnen der armasuisse realisiert und Untersuchungen funktioneller, zulassungstechnischer und operationeller Art durchgeführt werden. Für die Umsetzung wird eine Zusammenarbeit der ETH Zürich, der armasuisse und des UAV Forschungsprogramms im Rahmen einer Dissertation aufgebaut. Die ETH Zürich übernimmt die wissenschaftliche Betreuung in Bezug auf die Aspekte der eingesetzten Bildverarbeitungstechnologien, während das UAV Forschungsprogramm die wissenschaftliche Betreuung im Bereich Unmanned Aircraft Systems und den Aspekten der eingesetzten Mess- und Regeltechnik übernimmt.



### Resultate

Es wurde ein umfangreiches Technologie-Monitoring durchgeführt, in welchem die weltweiten Forschungsaktivitäten, sowie die Aktivitäten von Behörden und Institutionen zusammengetragen und analysiert wurden. An einem Sense & Avoid Informationsanlass konnte das Technologie-Monitoring einem breiten Publikum präsentiert und internationale Referenten eingeladen werden. Parallel dazu wurde die armasuisse bei der Vorbereitung und Durchführung von zwei Flugkampagnen mit einem experimentellen elektro-optischen System unterstützt. Die Erfahrungen haben gezeigt, dass im Bereich des Image-Processing ein hohes Potential für die Steigerung der Leistungsfähigkeit eines Sense & Avoid Systems steckt. Daher wurde eine Forschungsk Kooperation mit der ETH Zürich und dem Computer Vision Laboratory im Rahmen einer Dissertation initiiert.

### Fazit

Mit dem Technologie-Monitoring und den Flugkampagnen der armasuisse konnten wertvolle Erfahrungen für die Forschungsausrichtung und den Ausbau der erforderlichen Kompetenzfelder gesammelt werden. Ein detaillierter Forschungsplan wurde für die Entwicklung des experimentellen Sense & Avoid Systems erarbeitet.

## UAS Technologie-Integrationsplattform

ARAMIS: R-3210/043-11

Die UAS Technologie-Integrationsplattform erlaubt den Aufbau der Fachkompetenzen und Grundlagen und dient der Konsolidierung, sowie der kontinuierlichen Erzeugung von Fortschritt in den Hauptstossrichtungen. Die UAS Technologie-Integrationsplattform verbindet die Elemente Payload, UAV-Plattform, Ground Control Station (GCS), C4ISTAR-Anbindung und UAS-Simulation zu einem experimentellen Gesamtsystem. Sie ist der Backbone im UAV Forschungsprogramm der es erlaubt, Untersuchungen auf Gesamtsystemebene durchzuführen und die Forschungsergebnisse zum Kunden zu transferieren. Mit der Integration einer grossen UAV-Plattform wird die Handlungsfähigkeit auf dem Niveau der Kunden sichergestellt.

### Zielsetzung

Die Hauptstossrichtungen des UAV Forschungsprogramms sind Luftraumintegration & Zulassung, sowie Systemintegration und C4ISTAR-Anbindung. Die UAV Technologie-Integrationsplattform soll es ermöglichen, in allen Hauptstossrichtungen konkret zu arbeiten und Fortschritt zu erzeugen. In Zukunft soll sie als Drehscheibe für die Zusammenarbeit von Nutzer, Betreiber, Hersteller, Materialkompetenzzentrum, Zulassungsbehörden und Flugsicherung dienen. Es sollen technische Untersuchungen, beispielsweise im Thema Sense & Avoid, durchgeführt werden können, welche für die Verbesserung der Luftraumintegration und Zulassung erforderlich sind.



Links: UAV-Plattform (MTOW<30kg) während eines Validationsfluges. Rechts: Aufgezeichnete Flugmessdaten unter hohem Windeinfluss und limitiertem Rollwinkel

### Resultate

Es konnten Technologien für die Elemente UAV-Plattform (MTOW<30kg), Ground Control Station und UAS Simulation ausgewählt werden, welche bezüglich Flexibilität und Transparenz ideal für die wissenschaftlich-technische Forschungstätigkeit sind. Die Integration neuer Systeme ist nur durch die Nutzlastkapazität beschränkt. Basierend auf dem ermittelten Komponenten-Integrationslevel wurden die Subsysteme Commercial of the Shelf ausgewählt und in die UAS Technologie-Integrationsplattform integriert. Das Zusammenspiel der Systeme wurde durch Flugversuche validiert.

### Fazit

Für die Erzeugung von Fortschritt im Bereich Luftraumintegration und Zulassung ist es notwendig, dass die UAV-Plattform ausreichend Nutzlastkapazität zur Integration eines Sense & Avoid Systems hat. Mit den erarbeiteten Resultaten sind die Grundlagen geschaffen, sodass die Technologie auf eine grössere UAV-Plattform übertragen werden kann.

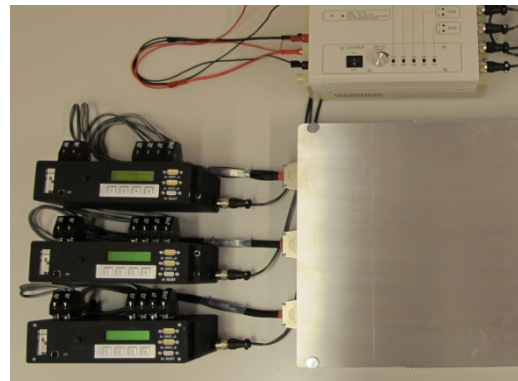
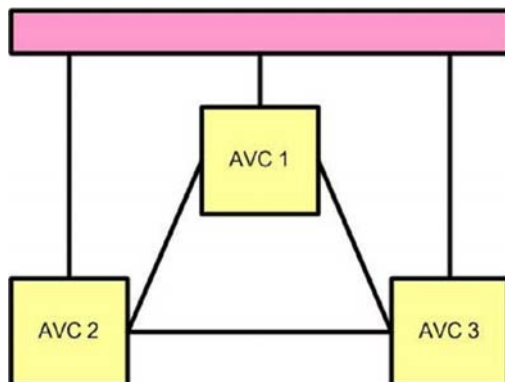
## UAS Technologie-Integration

ARAMIS: R-3210/043-11

Das Projekt UAS Technologie-Integration bildet die Basis für die gemeinsame Verwendung von Commercial-of-the-Shelf und Military-of-the-Shelf Komponenten in einem Unmanned Aircraft System. Es werden prioritär Komponenten aus der zivilen und militärischen Luftfahrt effizient zu einem Gesamtsystem integriert, welche für den Fortschritt in den Hauptstossrichtungen Luftraumintegration & Zulassung, sowie Systemintegration erforderlich sind. Zusammen mit den Aktivitäten in Sense & Avoid wird damit ein Fortschritt im Bereich der Luftraumintegration erreicht. Der in Entwicklung befindliche Backbone für die grosse UAV-Plattform bildet dabei eine wichtige Grundlage für die Validation der systemtheoretischen Ergebnisse aus dem Projekt UAS Systemtechnik. Zusammen mit den Elementen Payload, Ground Control Station, C4ISTAR-Anbindung und UAS-Simulation steht ein Experimentalsystem auf Gesamtsystemebene zur Verfügung.

### Zielsetzung

Die UAS Technologie-Integration soll es ermöglichen, in den Hauptstossrichtungen Luftraumintegration & Zulassung sowie Systemintegration & C4ISTAR-Anbindung operationelle und wissenschaftliche Erfahrungen auf den Technologiedemonstratoren des UAV Forschungsprogramms und der Technologieplattform Drohnen der armasuisse zu verknüpfen. Die Technologiedemonstratoren dienen als Drehscheibe für die nationale und internationale Zusammenarbeit der Nutzer, Betreiber, Hersteller, Systembetreuer, Zulassungsbehörden und der Flugsicherung. Es werden schwergewichtig Untersuchungen im Thema Sense & Avoid aber auch technische Analysen von zulassungsrelevanten Systemen durchgeführt.



*Experimentalsystem zur Untersuchung von technischen Zulassungsaspekten für redundante Hardwaresysteme*

### Resultate

Es wurde ein Demonstratorsystem für die Untersuchung von technischen Zulassungsaspekten im Bereich redundanter Hardwaresysteme entwickelt. Darauf können verschiedene Hardwareredundanzkonzepte analysiert und detaillierte technische Anforderungen abgeleitet werden. Die UAS Technologie-Integrationsplattform mit den Elementen Payload, Ground Control Station, C4ISTAR-Anbindung und UAS-Simulation wurde mit einer kleinen UAV-Plattform erfolgreich validiert. Zusammen mit der armasuisse Flugerprobung sind die Anforderungen für die Weiterentwicklung des Backbones für die Technologieplattform Drohnen in Bezug auf Sense & Avoid und die technischen Untersuchungen im Bereich Luftraumintegration & Zulassung erarbeitet worden. Der Backbone wird um verschiedene Systeme der bemannten Luftfahrt erweitert werden, um die technischen Aspekte der Luftraumintegration & Zulassung genauer analysieren zu können.

### Fazit

Das Projekt UAS Technologie-Integration wird mit dem Backbone für die Technologieplattform Drohnen der armasuisse die Grundlagen für die zukünftigen Arbeiten in Sense & Avoid und weiteren technischen Untersuchungen im Bereich Luftraumintegration & Zulassung zur Verfügung stellen. Damit können operationelle und wissenschaftliche Erfahrungen auf einer grossen UAV-Plattform gesammelt werden.

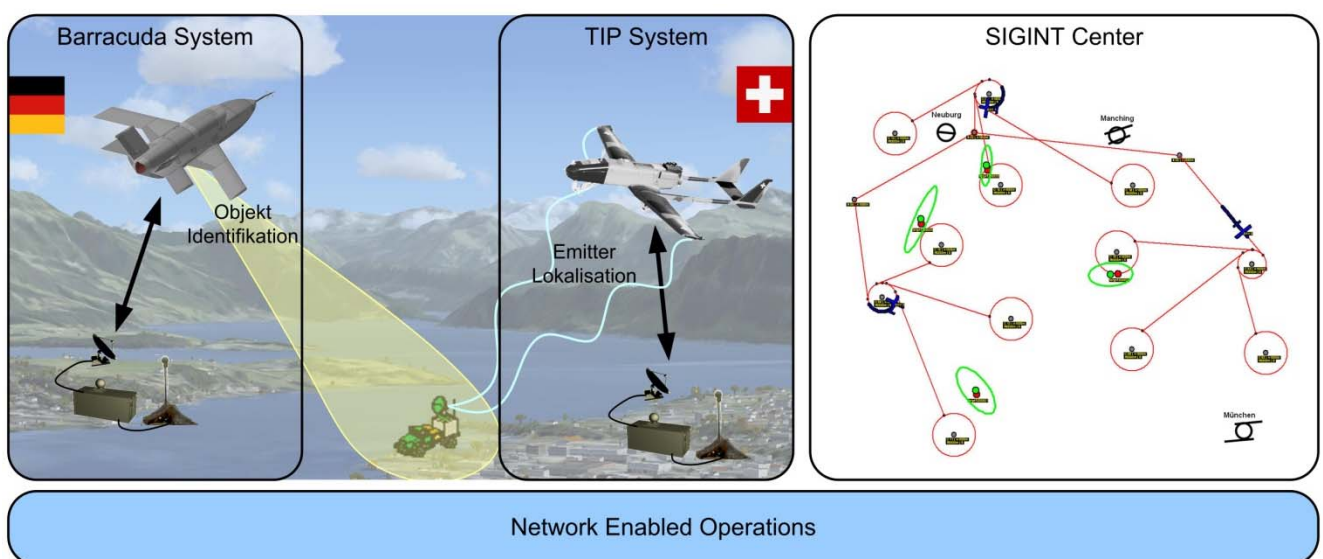
## Agile UAV in vernetzter Umgebung

ARAMIS: R-3210/043-12

Um optimale Aufklärungsleistungen erzielen zu können, werden zukünftig Unmanned Aircraft Systems (UAS) mit verschiedenen Kapabilitäten in Kombination mit weiteren Assets vernetzt agieren. Dies erfordert einerseits eine hohe technische Interoperabilität der verschiedenen Systeme und andererseits eine Weiterentwicklung der operationellen Einsatzkonzepte. UAV Technologien sind zwar etabliert und es existieren zahlreiche Systeme, welche bereits erfolgreich eingesetzt werden. Allerdings können diese Systeme erst in eingeschränkter Art und Weise im Luftraum der Schweiz betrieben werden. Der Grund dafür ist, dass der Luftverkehr in der Schweiz dichter und die Zulassungsanforderungen höher sind als in den Krisengebieten, wo die Grosszahl der aktuellen Systeme eingesetzt wird.

### Zielsetzung

Im Projekt Agile UAV in vernetzter Umgebung sollen in der Zusammenarbeit mit Deutschland und Finnland Synergien genutzt werden. Diese Länder sind bei der Einführung zukünftiger UAV Systeme mit ähnlichen Herausforderungen konfrontiert wie die Schweiz. In der Zusammenarbeit sollen Erfahrungen in der Interoperation unterschiedlicher UAV Systeme zugunsten einer Joint-Operation gesammelt werden.



*Die Interoperationsfähigkeit verschiedener Assets ist von hoher Bedeutung für den Erfolg militärischer Operationen. Die Joint-Simulation ermöglicht die Untersuchung verschiedener Operationskonzepte.*

### Resultate

Die bestehenden UAV Zulassungsregularien der Schweiz und Deutschlands wurden analysiert und verglichen. Für die sichere Bestimmung der Navigationslösung wurden verschiedene Automatisierungskonzepte untersucht und eine Architektur festgelegt, welche die Zulassungsanforderungen erfüllt. Die Simulation des TIP Systems wurde erfolgreich mit der Simulation des Barracuda verbunden, wobei der Datenaustausch über ein SIGINT-Center unter Verwendung einer JAP II konformen Service Orientierten Architektur erfolgt. Die Joint-Simulation wird für die Untersuchung verschiedener Operationskonzepte und die Ableitung der Anforderungen für die Interoperabilität der Systeme verwendet werden.

### Fazit

Mit den Arbeiten im Projekt Agile UAV in vernetzter Umgebung wird ein Fortschritt in den Hauptstossrichtungen Zulassung, Systemintegration & C4ISTAR-Anbindung erzielt. Dank der internationalen Zusammenarbeit können die eigenen Forschungstätigkeiten breiter abgestützt werden und Synergien bei gleichartigen Themen genutzt werden.

## Mit UGVs Risiken vermeiden, Leben schützen und retten

Das Forschungsprogramm ‚UGV‘ (Unmanned Ground Vehicles) ist Teil einer angestrebten strategischen Partnerschaft zwischen RUAG Land Systems und armasuisse im Bereich UGV. Ziel ist der Überblick über kundenorientierte, sicherheitsrelevante und ökonomisch interessante UGV-Anwendungen, die UGV-Technologie (Kompetenzfelder), sowie die zu erwartenden zukünftigen Entwicklungen. Der Aufbau und der Erhalt wissenschaftlich-technischer UGV-Kompetenz wird mit Basisstudien, Forschungsprojekten, Technologiedemonstratoren, nationalen und internationalen Kooperationen sichergestellt.

Der Kundenbedarf an UGVs im Bereich öffentliche Sicherheit der Schweiz und der sich daraus ergebende Nutzen für die Bedarfsträger wurde mit einer umfangreichen Potential- und Bedarfsanalyse ermittelt. Insbesondere ergibt sich eine Risikominimierung bei gefährlichen Missionen durch den Einsatz von UGVs, z.B. bei Search- & Rescue, ABC- und Infanterieaufklärung, Eingangskontrollen, Überwachung oder Grenzsicherung. UGVs haben auch einen hohen Nutzen für Führung (z. B. Relais- oder Botendienste), Transport, Bewachung, Betrieb- und Unterhalt, sowie Ausbildung und Schulung.

## Kompetenzfelder

Die Aktivitäten des Forschungsprogramms lassen sich in folgende, nachhaltig sichergestellte Kompetenzfelder einteilen, welche fortlaufend überprüft und ergänzt werden:



### Autonomie, Navigationssoftware

Intelligente Software und Sensorik ermöglicht die Navigation auch ohne GPS- und Funk-Verbindung und verleiht unbemannten Systemen grösstmögliche Autonomie.



### Systemtechnik

Ziel ist die Entwicklung von Kerntechnologien für modulare rekonfigurierbare Robotersysteme, mit deren Hilfe in unkooperativen und schwer zugänglichen Einsatzgebieten komplexe Aufgaben robust und effizient gelöst werden können.



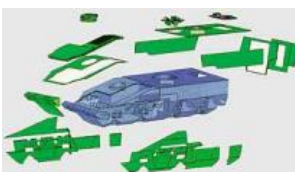
### Lokomotion und Terramechanik

Fahrzeuge können auf eine ganze Reihe unterschiedlicher Fahrbahnbeschaffenheiten und Hindernisse treffen. Es soll untersucht werden, welche Fahrzeuge – je nach Grösse, Gewicht, Fahrwerk - die Fortbewegung in verschiedenem Gelände oder in Gebäuden ermöglichen. Trotz der Modularität der UGV-Systeme wird nicht ein UGV für alle Missionen geeignet sein.



### Payloadintegration

Entsprechend dem Ziel einer UGV-Mission können die UGVs wegen der Modularität des Systems mit verschiedenen payloads (Nutzlasten) ausgerüstet werden. Im Fokus der payload-Entwicklungen und deren Integration in das UGV-System stehen kundenspezifische Anwendungen wie z.B. Aufklärung, Detektion, Manipulation, Probensammlung etc.



### Schutz und Robustheit des UGV

Das Ziel ist, unsere UGVs so auszurüsten, dass sie unter allen möglichen Umwelt- und Einsatzbedingungen und feindlichen Störungen zuverlässig funktionieren.

## Netzwerke

Zur Sicherstellung der Kompetenzen wird ein aktives und breites Netzwerk von Partnern aus Wirtschaft, Hochschulen, Universitäten und anderen Forschungsstellen im In- und Ausland eingesetzt und gepflegt.

### Universitäten, Fachhochschulen und Forschungsinstitute

- ETH, Zürich
- zhaw, Winterthur
- bfh, Biel
- fhnw, Baden
- IABG, D
- FKIE Fraunhofer, D
- SwRI, USA

### Industrie

- RUAG D, Thun und Bern
- Bluebotics, Lausanne
- Minewolf Systems, Pfäffikon
- MacroUSA, USA
- Black-i Robotics, USA

### Bund

- ABC Komp Z, Spiez
- KAMIR, Thun
- SWISSINT, Stans
- A Stab, A Plan
- armasuisse, armasuisse W + T

### Staatliche Partner

- WFD, Zürich
- NATO AVT-175
- NATO IST-027
- FP7
- EDA
- Deutsche Bundeswehr

## Kompetenzzentrum UGV

ARAMIS: R-3210/050-30

Das Forschungsprogramm UGV ist Teil einer angestrebten strategischen Partnerschaft zwischen RUAG Land Systems und armasuisse im Bereich UGV. Die wichtigsten Ziele sind die Klärung kundenorientierter, sicherheitsrelevanter, ökonomisch interessanter UGV-Anwendungen, Klärung des Stands der Technologien im Bereich UGV und der zu erwartenden zukünftigen Entwicklungen sowie deren Zeithorizont, Initiierung, Planung und Führung von Demonstrator- und Forschungsprojekten im Bereich UGV (resultierend aus der Definition der UGV-Kompetenzfelder), Aufbau und die Pflege eines geeigneten Netzwerks mit potentieller Kundschaft und Kooperationspartnern zur nachhaltigen Sicherstellung der notwendigen wissenschaftlich-technischen Kompetenzen, Kommunikation der Ergebnisse der Forschung im Bereich UGV.

### Idee

Das Ziel ist es ein UGV-Kompetenzzentrum aufzubauen, als Ansprech- und Projektpartner für Kunden aus dem Bereich öffentliche Sicherheit der Schweiz.

### Beschreibung

Im bisherigen Verlauf des Projektes haben wir eine Potential- und Bedarfsanalyse 'UGV im Bereich öffentliche Sicherheit der Schweiz' durchgeführt und verschiedenste Stakeholder, Universitäten und Geschäftspartner im In- und Ausland zur Zusammenarbeit gewinnen können. Ein UGV-Forschungsprogramm wurde erstellt und genehmigt, und einige UGV-Projekte wurden bereits begonnen. Ideen und Pläne für viele weitere UGV-Projekte bestehen.

**Mit UGVs Risiken vermeiden,  
Leben schützen und retten!**



EOD



Aufklärung



Transport



ABC, Hazmat

**UGVs für gefährliche Einsätze!**

### Fazit

Das Thema unbemannte Systeme ist hochaktuell. Es stösst im In- und Ausland auf breite Resonanz bei möglichen Kunden im Bereich öffentliche Sicherheit, ist im Forschungsprogramm vieler verschiedener Universitäten und Fachhochschulen und ist ein interessantes Geschäftsfeld für viele verschiedene Industrien.

## Visuelle Navigation in Gebieten ohne GPS-Empfang

ARAMIS: R-3210/050-32

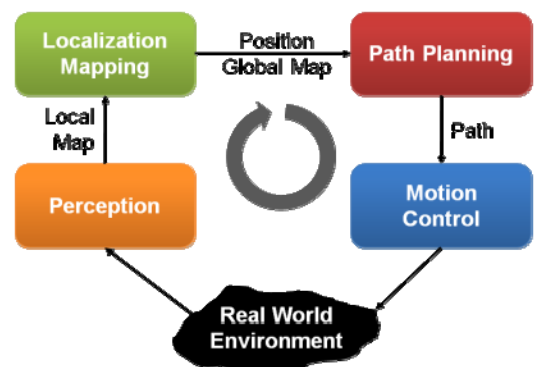
Unbemannte Fahrzeuge können ihre Vorteile insbesondere dann ausspielen, wenn sie autonom navigieren können, oder bei Fernsteuerung zumindest den Fahrer durch intelligente Sensorik und Software unterstützen. Die exakte Lokalisierung des UGVs spielt dabei eine zentrale Rolle. Die Ortung mittels GPS hat sich als zuverlässige Methode erwiesen, versagt jedoch, wenn das Fahrzeug keinen Sichtkontakt zu den Satelliten hat, sei dies in Gebäuden, in engen Häuserschluchten oder in dichtem Wald. Hier muss sich das Fahrzeug anhand von Sensordaten (Kamerabilder, Lasermessungen, etc.) selbst eine Karte aufbauen und sich lokalisieren. Auf Basis dieser Karte kann ein Pfad zu einem vorgegebenen Zielpunkt berechnet werden (Pfadplanung), was die Autonomie des UGVs weiter erhöht.

### Projektidee

In diesem Forschungsprojekt sollen Algorithmen für die autonome Navigation von unbemannten Fahrzeugen entwickelt und getestet werden. Eine Reihe von Sensoren dient dazu, die Umgebung des Fahrzeugs zu erfassen. Die Aufgabe der Software ist es, dem Fahrzeug mit Hilfe der Sensordaten zu ermöglichen, selbständig zu einer vorgegebenen Zielposition zu fahren, ohne mit Hindernissen zu kollidieren. Dabei soll ein möglichst optimaler Weg gewählt werden, der das UGV rasch und sicher zum Ziel bringt. Die Software soll eine zuverlässige autonome Navigation in unterschiedlichen Umgebungen gewährleisten, insbesondere auch in unwegsamem, schwierigem Gelände (off-road). Des Weiteren sollen Algorithmen für teilautonomes Fahren entwickelt werden, die im ferngesteuerten Modus den Fahrer mit Hilfe der Sensordaten unterstützen, um beispielsweise Kollisionen mit Hindernissen zu vermeiden.

### Projektbeschreibung

Autonome Navigation von UGVs kann in vier Teilaufgaben unterteilt werden, die von der Navigationssoftware in in hoher Frequenz bearbeitet werden. In einem ersten Schritt muss die Umgebung mit Hilfe von Sensoren erfasst werden („Perception“). Danach wird auf Basis der daraus resultierenden Daten eine Karte erstellt, bzw. eine bestehende Karte ergänzt und die Position des Fahrzeugs in dieser Karte bestimmt („Localization & Mapping“). Im nächsten Schritt wird mit Hilfe der Karte ein Pfad berechnet, der das UGV von der aktuellen Position in Richtung des vorgegebenen Ziels führt („Path Planning“). Das Fahrzeug wird dann so gesteuert, dass es diesem Pfad folgt („Motion Control“).



Im Fokus dieses Projekts stehen die Lokalisierung/Kartierung ohne GPS-Daten, sowie die Pfadplanung. Zur Erfassung der Umgebung stehen eine Reihe von Sensoren zur Verfügung: ein 3D Laserscanner, zwei 2D Laserscanner, eine Stereo- und eine Mono-Kamera sowie ein Inertialmesssystem. Mit Hilfe der Daten der Laserscanner und Kameras kann eine dreidimensionale Karte der Umgebung erstellt werden, die das Gelände abbildet und Hindernisse erkennbar macht. Die Lokalisierung des Fahrzeugs muss dabei gleichzeitig zum Aufbau der Karte geschehen (SLAM: Simultaneous Localization and Mapping). Weiter kann mit Hilfe der Kameradaten die Beschaffenheit des Untergrundes charakterisiert werden. Diese, sowie die Anordnung von Hindernissen und die Form des Geländes fließen in die Pfadplanung ein, um den optimalen Weg für das UGV zu finden.

#### Software-Architektur

Die Navigationssoftware wird mit dem Meta-Betriebssystem ROS (Robot Operating System) auf Ubuntu Linux realisiert. ROS ist Open Source Software und stellt Funktionen wie Gerätetreiber und Nachrichtenaustausch zwischen Prozessen zur Verfügung. Der standardisierte Nachrichtenaustausch in ROS führt zu einem modularen Aufbau des Softwaresystems, bei dem einzelne Komponenten ohne sonstige Anpassungen durch andere Algorithmen mit derselben Funktion ausgetauscht werden können.

### Fazit

Autonome Navigation von UGVs ist äusserst hilfreich und eröffnet viele Möglichkeiten. Um die Zuverlässigkeit sicherzustellen, muss das Fahrzeug jedoch auch ohne GPS-Signal lokalisiert werden können.

## Agile UGVs in vernetzter Umgebung

ARAMIS: R-3210/050-35

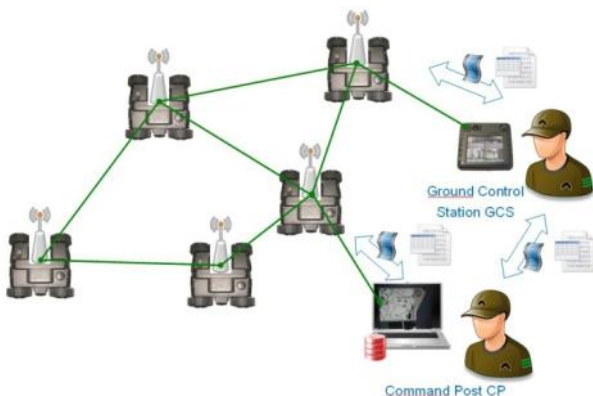
Durch ständige Weiterentwicklung in den Bereichen Robotik, Sensorik sowie Informationsübertragung und –verarbeitung werden unbemannte Fahrzeuge (engl. Unmanned Ground Vehicles, kurz UGV) immer mehr zu wichtigen Bausteinen im Bereich Informationsüberlegenheit. Durch die Vernetzung von UGVs untereinander und Ihrer Anbindung an militärische Systeme kann eine Überwachung grosser Flächen und die automatische Verbreitung relevanter Informationen bewerkstelligt werden. Die unbemannten Fahrzeuge sollen dabei möglichst autonom agieren sowie ihre Informationen geschützt vor feindlichen Kräften übertragen. Mit der breiten Palette verschiedenster Ausstattungen und Grössen der auf dem Markt erhältlichen UGVs variieren auch ihre Einsatzmöglichkeiten sowie Erweiterbarkeit durch zum Beispiel nachträglich integrierte Sensoren, Kleinstcomputer und Software. Im Projekt „Agile UGV in vernetzter Umgebung“ werden Technologiedemonstratoren aus verschiedenen anderen UGV-Projekten zur Untersuchung von Interoperationskonzepten genutzt.

### Projektidee

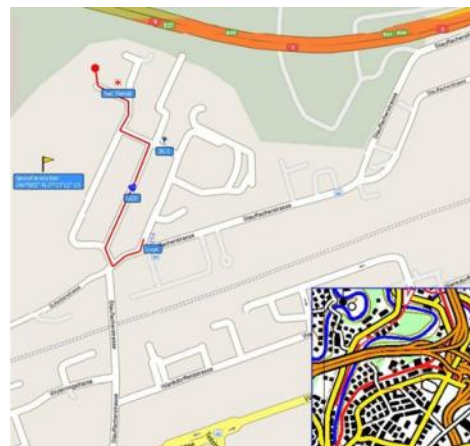
In diesem Forschungsprojekt soll einerseits untersucht werden, wie die Sensorik geeignet auf eine Plattform integriert werden kann und andererseits soll die Problematik der Vernetzung, insbesondere auch Daten- und Funkstandards, schrittweise erarbeitet werden. Insbesondere bei kleineren Mikro- oder Nano UGV's gilt es, Nutzen von zusätzlichen Sensoren und Funkübertragungssystemen gegenüber ihrem Platzbedarf und Stromverbrauch zu evaluieren.

### Projektbeschreibung

UGVs werden untereinander, mit mobilen Einsatzsystemen und mit Führungs- und Informationssystemen vernetzt. Position, Daten über den Zustand, die Mission sowie Sensordaten des UGVs sollen für alle Mitglieder des Verbunds verfügbar sein. Durch Verschlüsselung ist der Schutz der Informationen vor fremden Kräften gewährleistet.



*Aufgespanntes Ad-hoc Netzwerk durch welches UGVs mit geringer Sende- und Empfangsleistung trotzdem noch durch die Kontrollstation erreichbar sind.*



*UGV-Missionsplanung in einem Einsatzführungssystem.*

In einem weiteren Schritt sollen auch alle Mitglieder des Verbunds die Steuerung und Missionsplanung eines UGVs übernehmen können.

Als Fernziel wird die vollständige Autonomie eines UGV Verbundes - vom Erreichen und Abfahren von Way-points bis zum selbstständigen Aufspannen von Ad-hoc Netzwerken – angestrebt.

### Fazit

Für die optimale Leistung eines UGVs, insbesondere bei Aufklärungs- und Überwachungsaktionen, ist eine vernetzte Umgebung unerlässlich. Die Robustheit und Effizienz der dafür verwendeten Systeme sind dabei kritische Aspekte.

## Experimentelle unbemannte Plattform

ARAMIS: R-3210/050-31

Unbemannte Fahrzeuge (UGVs) haben einen grossen und ständig wachsenden Anwendungsbereich. Sie übernehmen Aufgaben, die für Menschen gefährlich sind, wie Kampfmittelbeseitigung (EOD) oder ABC-Aufklärung. Darüber hinaus können UGVs eine Vielzahl von Arbeiten erleichtern, indem sie mit Sensoren und Software für autonome Navigation ausgerüstet werden und somit die Fähigkeit erlangen, selbständig zu einem vorgegebenen Ziel zu fahren. Im Vergleich zu einem bemannten Fahrzeug ist jedoch die Steuerung eines UGVs – sei es mittels manueller Fernsteuerung oder autonomer Navigation – erheblich komplexer und stellt besondere Anforderungen sowohl an das Fahrzeug selbst, als auch an die verbauten Sensoren und die Steuerungssoftware.

### Projektidee

In diesem Forschungsprojekt soll ein experimentelles unbemanntes Fahrzeug aufgebaut werden. Dazu wird ein robustes, geländegängiges und ausreichend schnelles Basisfahrzeug beschafft, das mit zusätzlichen Sensoren, wie beispielsweise Kameras und Laserscannern, ausgerüstet wird. Ziel ist es, einen Versuchsträger aufzubauen, mit dem sowohl verschiedene Sensoren als auch unterschiedliche Steuerungs- und Navigationsalgorithmen getestet werden können. Um dies zu ermöglichen, soll das UGV modular aufgebaut sein, so dass Sensoren, Steuerungscomputer und Navigationssoftware auf einfache Weise ausgetauscht werden können.

### Projektbeschreibung

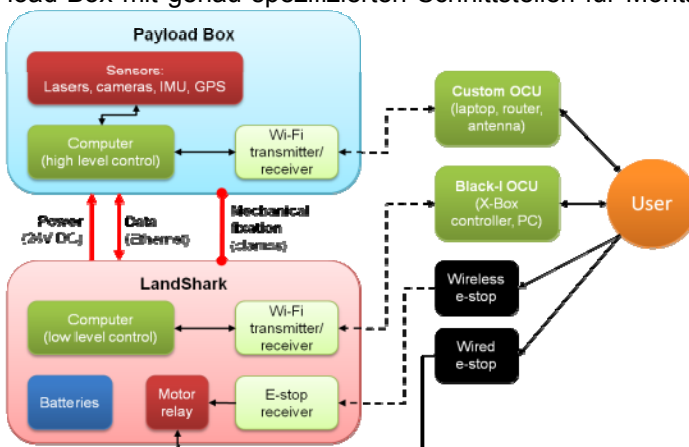
Als Plattform für dieses Projekt wurde der LandShark von Black-I Robotics ausgewählt (linkes Bild). Das Fahrzeug wird von zwei Elektromotoren angetrieben und erreicht eine Höchstgeschwindigkeit von ca. 20 km/h. Seine Grösse von 1100x600 mm und die Nutzlast von 100 kg ermöglichen die Aufnahme von zusätzlichen Geräten, wobei der LandShark trotzdem schmal genug ist für Standard-Türen. Um die Inspektion von für grosse Fahrzeuge oder Menschen unzugänglichen Orten zu ermöglichen, wird der LandShark durch einen Armadillo von MacroUSA ergänzt (rechtes Bild), ein kleiner, robuster Roboter mit eingebauten Kameras und separater Fernsteuerung. Darüber hinaus wird der LandShark mit den folgenden Sensoren ausgerüstet, um autonome Navigation zu ermöglichen:

- Laserscanner (2x 2D, 1x 3D)
- Kameras (1x stereo, 1x mono)
- GPS-Empfänger
- Inertialmesssystem

Um die geforderte Modularität zu erreichen, werden die Sensoren nicht direkt am Fahrzeug, sondern auf einer standardisierten Payload-Box mit genau spezifizierten Schnittstellen für Montage am Fahrzeug, Datenübertragung und Stromversorgung montiert.



Das Basisfahrzeug wird so angepasst, dass diese Schnittstellen unterstützt werden. Dies ermöglicht den einfachen Austausch der gesamten Sensor-Computer-Software-Kombination.



### Systemüberblick

Das gesamte UGV-System soll wie links gezeigt aufgebaut werden: Die Payload-Box mit den Sensoren und Computern wird auf dem Basis-Fahrzeug (LandShark) montiert. Das UGV kann dann sowohl über die von Operator Control Unit (OCU) von Black-I Robotics, als auch über eine eigene OCU kabellos gesteuert werden.

### Fazit

Eine robuste, vielseitig einsetzbare und modular aufgebaute UGV-Plattform ist essentiell für das Testen und Evaluieren von Sensoren und Software für unbemannte Fahrzeuge.

## Interoperabilität und Standardisierung

ARAMIS: R-3210/050-34

Es wird beabsichtigt, Hardware und Software für (teil-) autonome unbemannte Landsysteme zu entwickeln und die Fähigkeiten und Möglichkeiten von UGV an Demonstratoren aufzuzeigen. Um das Entwicklungsrisiko zu reduzieren, soll dabei möglichst auf vorhandene und bewährte Plattformen, Komponenten und Sensoren sowie Software und Algorithmen zurückgegriffen werden, die schon entwickelt worden sind, bzw. auf COTS Hardware und open-source Software insbesondere ROS (Robot Operating System).

### Projektidee

Das Durchführen von Robotiktests unter Verwendung von realen Systemen ist sehr zeit- und kostenintensiv. Es wird angestrebt, ein digitales Geländemodell (bspw. das Versuchsgelände in Lichtenau) für Simulationstests im o.g. Kontext zu verwenden. Hierzu soll auf die erforderliche Expertise und Algorithmen zum Einbinden von Radfahrzeug-Simulationsmodellen in den Simulationsverbund zurückgegriffen werden. Die hier beschriebene Simulationsumgebung soll für Tests und Bewertungen von autonomen UGVs unter reproduzierbaren Randbedingungen herangezogen werden. Weiterhin sollen u.a. die notwendigen Voraussetzungen für Tests in einer Simulations-Erprobungslandschaft (Testbed) geschaffen werden.

### Projektbeschreibung

Konfiguration, Anbindung und Steuerung von Simulationsmodellen (Exemplarisch: Vorhandenes 4x4 Radfahrzeug): Ein vorhandenes Simulationsmodell für ein 4x4 Radfahrzeug soll in Anlehnung an eine verfügbare mobile Robotik-Plattform in ein digitales Geländemodell (bspw. Lichtenau) eingebunden sowie die Machbarkeit von Fahrmanövern aufgezeigt werden.

Weiterhin soll ein Fahrzeug-Simulationsmodell in die Umgebung integriert werden, das Signale – kompatibel zum Robot Operating System (ROS) – interpretiert. Hierzu sollen zunächst grundlegende Funktionalitäten der Fahrzeugplattform (Geradeaus- und Kurvenfahrt) abgebildet werden. Damit wird die grundsätzliche Steuerbarkeit der Plattform im virtuellen Gelände über ROS realisiert. Das Testbed soll die Möglichkeit bieten, reproduzierbare Test-Cases durchzuführen und Algorithmen zur Lösung einer Aufgabenstellung unter identischen Randbedingungen vergleichend zu untersuchen.



#### Verwendete Technologien:

- Robot Operating System (ROS)
- Digitalisiertes Gelände
- Autonomes Fahren

*Fahrzeugmodell Fennek innerhalb des digitalen Geländes der IABG in Lichtenau. Die Fahrzeugdynamik ist mit Matlab/Simulink modelliert. Steuerung erfolgt entweder mit Joystick oder Autonomalgorithmen.*

### Fazit

Für die Tests von Algorithmen zur Abbildung von Sensorprofilen auf Robotikplattformen ist der Aufbau und die Anwendung eines Simulationstestbeds hilfreich und unabdingbar.

## UGV Energiemanagement

ARAMIS: R-3210/050-37

In hybriden Energiesystemen wie z. B. unbemannten Systemen (UGVs etc.) mit verschiedenen Speichertechnologien (z. B. Superkondensatoren, Batterien) und /oder Lasten und Energiequellen (z. B. Brennstoffzellen, Mikroturbinen, Verbrennungsmotoren, Stromnetz) ist es nötig, die Last-Anforderungen zu erfüllen und oft auch die Energiespeicher wieder aufzufüllen. Die damit verbundenen Möglichkeiten, den Energieeinsatz, die Betriebssicherheit und die Lebensdauer des Gesamtsystems zu optimieren, sollen in diesem Projekt am Beispiel einer UGV-Plattform untersucht werden.

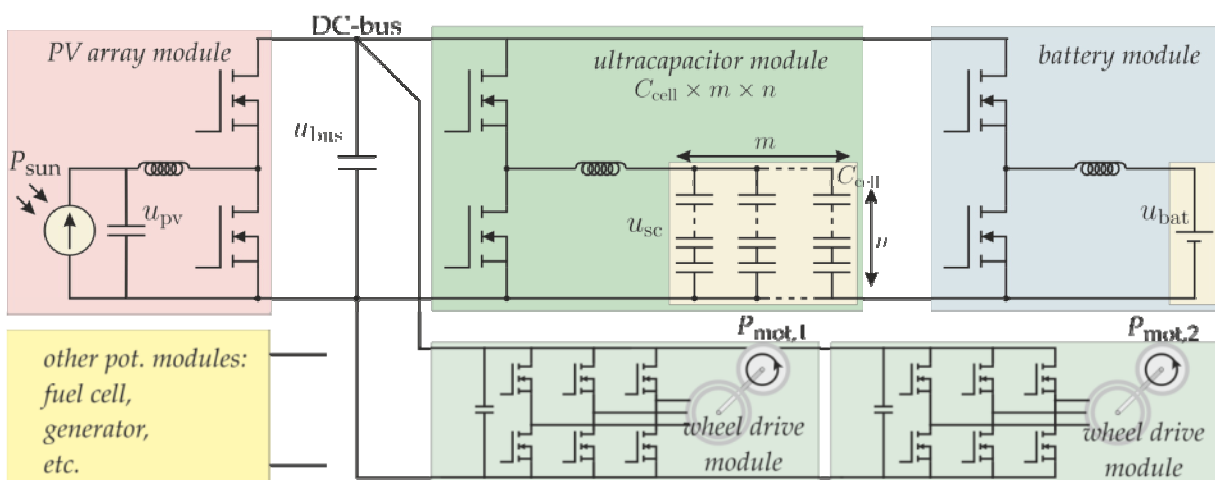
### Project Idea

Constrained optimal control for hybrid energy management system: In hybrid energy systems with several storage technologies (e.g. ultracapacitors, batteries) and/or load and energy source units (e.g. fuel cells, microturbine, combustion engine, power grid), it is necessary to satisfy load demand and also often to be able to provide some regenerative capability. It is also desired to optimize energy efficiency while respecting dynamic and static constraints of all devices in order to ensure safe operation of system and long life time. Optimal operation of the system also allows to optimize the required size of the components at the design time.

In this context, optimization techniques and receding horizon control techniques are ideal tools to optimize energy savings and augment life time of hybrid energy management systems such as they can be found in electric vehicle and hybrid electric vehicles

### Project Description

The project builds up on research done in the context of reduced scale autonomous electric vehicles that were built to investigate theoretically and experimentally energy management with various technologies and motion control in various environments. The goal is to develop a framework to manage hybrid energy systems using ideas from constrained optimal control. The focus is on optimizing design and operation of autonomous systems not always connected to a power grid (e.g. electric vehicles or hybrid electric vehicles). The optimization objective is directly expressed as a trade-off between minimization of power losses and stress. An ultimate goal is to validate real time feasibility of the control approach using available experimental platforms.



Schematic of hybrid vehicle

### Conclusions

By using optimization techniques which take into account the system limitations it is expected to significantly increase performance and reliability of hybrid energy systems. While respecting system constraints, it is expected to increase autonomy of such systems or reduce its size.

## Einweg-EOD-Roboter

ARAMIS: R-3210/050-36

Unbemannte Systeme sind besonders nützlich und weit verbreitet bei der Bombenentschärfung (EOD, explosive ordnance disposal), Minenerkennung (EOR, explosive ordnance reconnaissance) und -räumung (HUMIR) und Entschärfung von improvisierten Sprengfallen (IEDD, improvised explosive device disposal).

In aktuellen Krisengebieten werden gezielt (teure) Roboter von EOD-Spezialisten angegriffen. Oder der Einsatz eines teuren EOD-Roboters ist aus technischen Gründen riskant. Daraus entstand die Idee, einen billigen 'Einweg-EOD-Roboter' zu bauen, der in solchen Fällen zum Einsatz kommen könnte. Oft handelt es sich bei diesen Einsätzen um die Entschärfung von sog. 'Fahrzeughbomben'.

### Projektidee

Der zu entwickelnde Roboter sollte also kostengünstig (Richtpreis CHF 3000) und so klein sein, dass er unter die Fahrzeuge gefahren werden kann (Maximalhöhe von 120 mm), ausserdem sollte er über eine Kamera verfügen. So kann der Roboter unter ein bestimmtes Fahrzeug fahren, aufklären, sich positionieren und das Fahrzeug schliesslich kontrolliert gesprengt werden.

Das Ziel dieser Arbeit ist es insbesondere, herauszufinden, mit welchem Fahrwerk / Antrieb die Anforderungen an die Kletter-, Steig- und Überschreiftfähigkeit und die Geschwindigkeit des Roboters am besten erfüllt werden können (mit Rahmenbedingungen Nutzlast, Ladekapazität, Bauhöhe, Preis).

### Projektbeschreibung

Bisher wurde ein UGV mit Raupenantrieb mit variabler Raupenhöhe und einer Einrichtung zur Verlagerung des Schwerpunkts untersucht.

Es werden weitere Fahrzeuge (mit Radantrieb, mit Raupenantrieb und Flipperrn) geplant.



*Einweg-EOD-Roboter im Einsatz.*



*Demonstrator Fahrgerät eines Einweg-EOD-Roboters; vor der Integration einer Kamera und eines preisgünstiges Fernzündsystems*

### Fazit

Die von EOD-Einsatz-Spezialisten spezifizierten Anforderungen an einen einfachen, preiswerten Einweg-EOD-Roboters sind erfüllbar. Es gibt insbesondere auch bei der Fahrwerkstechnik verschiedene technische Lösungen, nach der optimalen wird derzeit gesucht.

## Deployable ad-hoc infrastructure

ARAMIS: R-3210/050-33

The objective of this project is to examine the feasibility of deploying a wireless sensor network (WSN) for control and navigation. The first units to enter some building or territory deploy the wireless sensor nodes; dropping them along the path as they go.

### Project Idea

Deployed wireless sensor nodes rapidly and automatically configure to form a network. The wireless network serves as an ad-hoc infrastructure that enables navigation and localization of SAR personnel and/or robots operating indoors and localization of persons to be rescued relative to the wireless nodes. At the same time, the WSN provides communication via meshed wireless relay network.

### Project Description

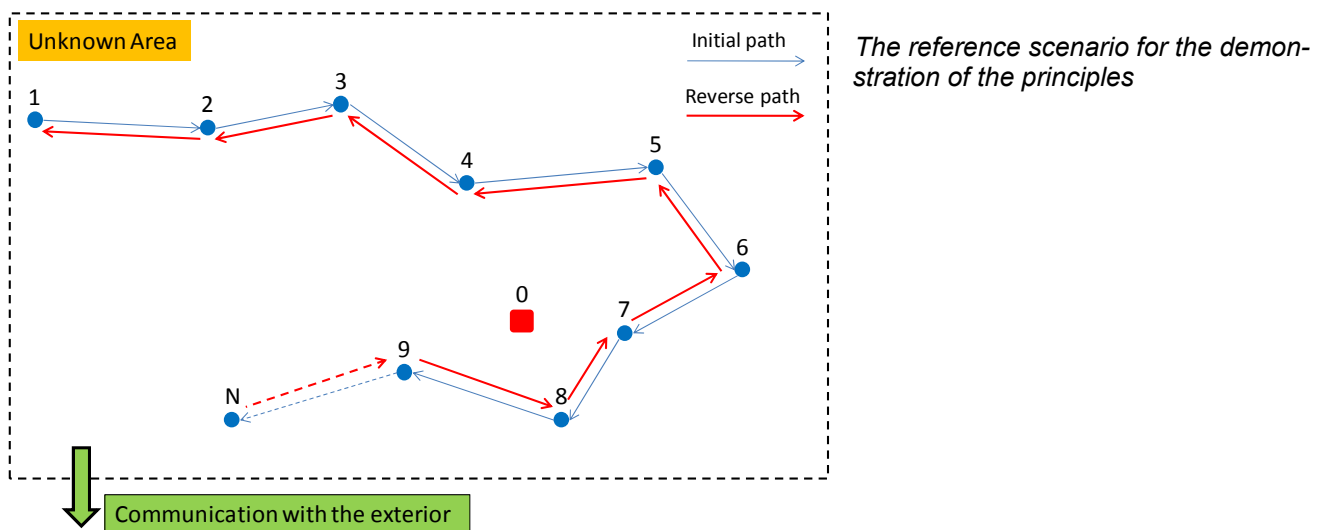
The proposed WSN based solution provides important advantages over existing systems on the market: supports both navigation and reliable two-way communication (more than a repeater)

- rapidly deployable and useable in all buildings; no pre-installed infrastructure is required
- automatic and self-configurable, just drop the nodes and go
- highly scalable e.g. to cover large areas and extended ranges on the fly.

The demonstration of the principles aims at answering the following questions:

- What is the density of nodes required for a given accuracy ?
- Would a node numbering scheme help ?
- How much would directive antennas help ?
- What would be the added value of extra hints such as light ?

The deployed nodes will automatically and rapidly configure themselves and form a network. This network will serve as the ad-hoc infrastructure which will enable the navigation within the unknown area. Once deployed, the nodes will start exchanging information among them and at the same time exchanging information with the exterior world (the outside of the unknown area). This information will be shared with the mobile node as well, in order to gather the elements needed for the navigation.



### Conclusions

The vision is ultimately to provide a scalable and cost effective solution that supports navigation and provides two-way communication without reliance on any existing infrastructure, while operating in potentially harsh environments deep inside of buildings, where outdoor positioning systems such as GPS are of no use and communication systems used by SAR units such as firemen and police are not reliable.

## Robuste UGV's in militärischem Umfeld

ARAMIS: R-3210/050-38

Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen haben im Rahmen der Grundlagenforschung eine Vielzahl von Algorithmen für autonomes Verhalten von Landfahrzeugen aufgebaut. Die grundsätzliche Funktionsfähigkeit wurde und wird bei Wettbewerben wie den DARPA Grand Challenges oder den ERLOB Veranstaltungen demonstriert. Mit der M-ELROB wird der Einsatz von UGVs für gewisse militärische Aufgaben abgebildet. Mit der Realisierung der gewünschten Funktionalitäten entsteht die Forderung diese auch für das entsprechende militärische Umfeld umzusetzen. Ein wichtiger Zweig der Weiterentwicklung ist neben der Verbesserung des autonomen Verhaltens dieses auch robust gegenüber den speziellen Anforderungen des operationellen Einsatzes und bezüglich der Zuverlässigkeit zu machen.

### Projektidee

Neben der erheblichen Materialbeanspruchung militärischer Fahrzeuge im Gelände bei allen Witterungsbedingungen, benötigen sie auch bezüglich der Zulassung für den öffentlichen Strassenverkehr die notwendige Robustheit und Zuverlässigkeit. Diese müssen sich gerade bei militärischen Produkten über sehr große Lebensdauern erstrecken. Gleichzeitig muss über diese großen Zeitspannen gewährleistet sein, dass die schnelle Entwicklung im Bereich der Algorithmik und der Sensorik im Hinblick auf notwendig werdenden Ersatz und den möglichen Aufwuchs angemessen berücksichtigt wird, um im Bedarfsfall flexibel reagieren zu können.

### Projektbeschreibung

Entsprechend dem operationellen Einsatz und Umfeld wird ein Konzept entwickelt und Komponenten betrachtet, um die für die (teil-)autonome Fahrt notwendigen Informationen zu gewinnen. Das heißt sowohl für die Sensorik als auch für die Kommunikation sind mögliche Komponenten zu sichten und ihre möglichen Positionen am Fahrzeug zu bestimmen. Dabei ist die Art, Anzahl und Position nach Gesichtspunkten der Redundanz, Robustheit und Signaturminimierung auszuwählen. Mit diesem Ergebnis lassen sich die mechanischen, elektrischen und signaltechnischen Schnittstellen zum Fahrzeug als Plattform ableiten. Mit berücksichtigt werden muss dabei auch die Rechnerhardware, deren Anforderung sich aus dem Umfang der zu verarbeitenden Information der Sensorik und Kommunikation durch Erfahrungswerte bereits bei der Systemauslegung grob abschätzen lässt. Zu diesem mechanischen Konzept gehört auch die Integration einer geeigneten Energieversorgung. In einem weiteren Schritt gilt es eine Softwarearchitektur zu finden, die den Ansatz der Redundanz und Robustheit des gesamten Systems konsequent aufnimmt und weiterführt.

### Sensorausstattung

Für die Grundfunktionalität Navigation kommen eine Inertiale Messeinheit (IMU) und GPS in Frage, wobei die IMU so gut sein muss, dass sie auch bei temporären GPS-Ausfällen noch eine geeignete Navigationsqualität sicherstellt. Für die mehr quantitative Erfassung der Umwelt im Sinne von akuter Hinderniserkennung und –vermeidung werden 2D-Laser Scanner, Abstandsradar und Ultraschallsensoren betrachtet. Die qualitativ höherwertige Erfassung der Umwelt mit dem Ziel der Bewegungsplanung erfolgt mit 3D Laser Scannern und Kameras im visuellen Bereich, die auch für Teleoperationsaufgaben genutzt werden können. Für den Betrieb des Fahrzeuges bei Dunkelheit kommen an dieser Stelle auch IR-Kameras in Frage. Für alle Kameras gilt es zwischen Rundumsicht und Fokussierung auf einen engen Bereich abzuwägen. Betrachtungen hierzu betreffen Schwenk-Neigeköpfe, die Zoomfähigkeit der Kameras sowie die geeignete Anordnung der Kameras an der Plattform.

### Fazit

Der robuste Betrieb autonomer Landfahrzeuge erfordert hardware- wie softwareseitig ein modulares und plattformunabhängiges Konzept. So kann flexibel auf Ausfälle und Neuerungen (sowohl bei der Sensorik wie bei der Algorithmik) reagiert werden bzw. je nach Einsatzbedarf die Konfiguration durch Erweiterungen oder Einschränkungen der Fähigkeiten angepasst werden.

## CREDO

ARAMIS: R-3210/044-04

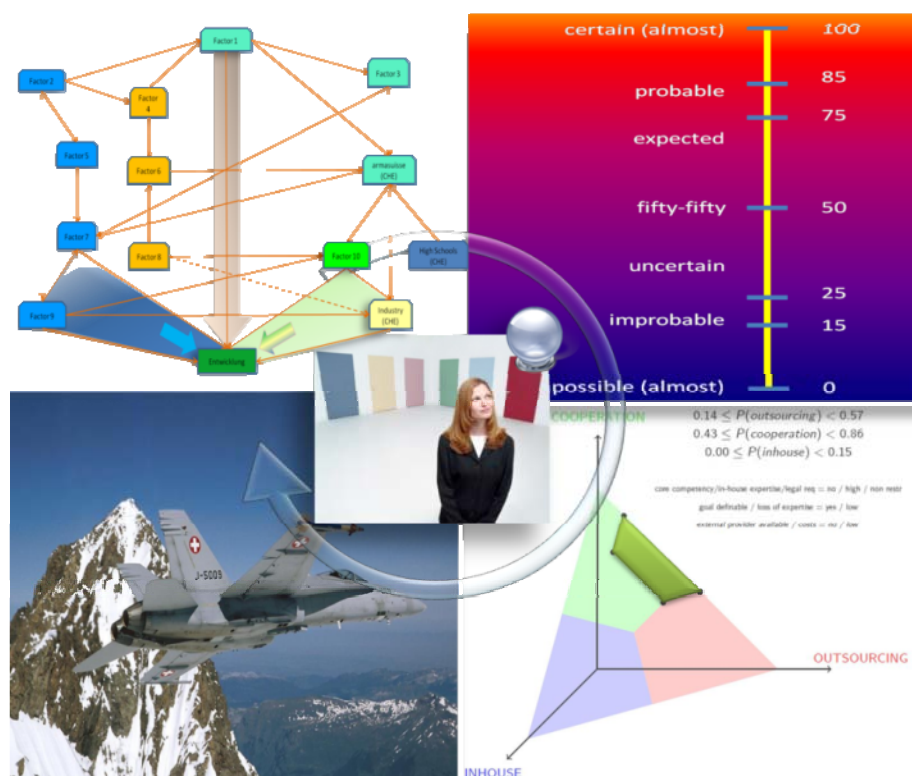
**CREDO est une collaboration entre armasuisse et IDSIA (Istituto Dalle Molle di Studi sull'Intelligenza Artificiale) de l'Université du Tessin ([www.idsia.ch](http://www.idsia.ch)). A la fois outil d'aide à la décision et de visualisation en situation complexe, CREDO est une méthodologie simple et efficace pour évaluer les différentes options et effectuer une prise de décision en toute connaissance de cause.**

### Objectif

Offrir aux experts la possibilité de construire leurs problèmes de manière naturelle et visuelle afin de mieux comprendre la situation générale, analyser les options et décider. IDSIA développe une interface graphique couplée à des algorithmes permettant de travailler avec les observations et les jugements qualitatifs fournis par les experts. Armasuisse applique la méthode CREDO à différents projets et intègre les feedbacks clients pour mieux tenir compte des exigences futures.

### Résultats

Une première version portable de CREDO fonctionne sur PC et Mac. L'interface graphique permet de dessiner et quantifier les liens de causalité dans le réseau, et de visualiser l'ensemble des options à analyser.



### Bilan

Une plateforme de première génération d'aide à la décision basée sur la méthode CREDO a été développée et est en cours de test. L'outil CREDO est utilisé dans le domaine de la défense aérienne suisse et dans le cadre de l'expérimentation multinationale 2011-2012 (MNE 7) qui regroupe dix-huit nations actives dans les domaines Cyber et de la défense spatiale.