

# Schlussbericht PITAS

## I. Kurze Darstellung

### 1. Aufgabenstellung

Ziel des Verbundprojektes PITAS war die Entwicklung eines Systems zur Erkennung und Abwehr von Bedrohungen durch Piraterie- und Terrorismus in der zivilen Schifffahrt. PITAS sollte die Gefahr vor personellen und wirtschaftlichen Schäden auf Seeschiffen nachhaltig verringern helfen.

Im Bereich von Bedrohungsmanagementsystemen zur weitgehend automatischen Steuerung schiffsgebundener Funktionsketten bestand ein hoher Entwicklungsbedarf. Im Rahmen von PITAS sollte der Systementwurf aus mehreren Richtungen in iterativen Schritten durchgeführt werden:

- Aufbauend auf realistischen Bedrohungsszenarien sollten abgestimmte Funktions- und Wirkketten entwickelt werden.
- Im nächsten Schritt sollte eine Auswahl einzusetzender, ggf. bereits kommerziell erhältlicher Sensor- und Effektorsysteme mit ihren Schnittstellen und Ausgangsdatenformaten erfolgen.
- Bereits in der Definitionsphase sollte das System von der konkreten Bedienschnittstelle (HMI: Human Machine Interface) her entwickelt werden.
- In Bezug auf Sonar-, Radar- und Reaktionssysteme wurden Neu- und Weiterentwicklungen als erforderlich erachtet.
- Als weitere wichtige Entwicklungsschritte waren Kommunikationssicherheit, Trackmanagement, Reaktions- und Alarmsysteme und deren zugrundeliegende Doktrin, wie auch geeignete Wirkmittel als gestufte Abwehrmaßnahmen geplant.

### 2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Über 90% aller weltweit gehandelten Güter – 7,187 Milliarden Tonnen pro Jahr<sup>1</sup> - wurden 2008 über den Seeweg transportiert. Fast 90% des Außenhandels der EU und nahezu 70% des deutschen Im- und Exports wurden ausschließlich über die See abgewickelt.

Die Angriffe von Piraten auf die kommerzielle Schifffahrt, mit dem Ziel, Lösegeld für Besatzung und Passagiere zu erpressen und/oder Ladung zu rauben, verursachten nach Aussage des Instituts der deutschen Wirtschaft (IW) bei den Reedereien jährlich Schäden in Höhe von 10 Milliarden Euro. Angegriffene Schiffstypen waren und sind auch heute noch Öltanker, Flüssiggas- und Chemikalientanker, Kreuzfahrtschiffe, Containerschiffe, Bulk-Carrier, sowie kleine und große Yachten.

Der größte Teil der Piraterie fand 2009 in der Golfregion am Horn von Afrika statt. Während im asiatischen Raum Ladungen aufgebracht wurden, konzentrierte sich die Aktivität der Piraten vor Ostafrika auf die Entführung der Besatzungen, um Lösegeld zu erpressen.

Politische Vorstöße zeigten seinerzeit keine erkennbare Wirkung. Nach Auskunft des IMB Piracy Reporting Centre gab es 2008 weltweit insgesamt 293 gemeldete Piratenüberfälle, eine Steigerung um 11% gegenüber 2007. Allein in den ersten 6 Monaten 2009 verdoppelte sich die Anzahl von Piratenangriffen gegenüber dem gleichen Vorjahreszeitraum<sup>2</sup> weiter von 114 auf 240. Hochrisikogebiete waren dabei insbesondere Somalia und das Horn von Afrika, insgesamt ein Gebiet von über 6,2 Millionen Quadratkilometern mehr als halb so groß wie Europa.

---

<sup>1</sup> ISL Bremen, Jahrbuch 2007

<sup>2</sup> International Chamber of Commerce, <http://www.icc-ccs.org/>

Darüber hinaus waren 2009 und sind auch heute noch Nigeria und die indonesischen/ malaysischen Gewässer ein Brennpunkt der weltweiten Piraterie. Das zeigt, dass die multinationale Seeraumüberwachung durch Marineeinheiten hier ihre Handlungsgrenzen findet.

Zwischen April 2008 und 2009, d.h. im Jahr vor der Antragsstellung, erfolgte eine Vielzahl an Angriffen: auf die französische Passagier yacht „Le Ponant“, den dänischen Schlepper „Svitzer Korsakov“, den deutschen Frachter „Lehmann Timber“, den saudischen Tanker „Sirius Star“ und das Tankschiff der Bundesmarine „Spessart“. Die Kaperung des deutschen Frachters „Hansa Stavanger“ und das Kidnapping seiner Besatzung fanden eine starke Resonanz in den Deutschen Medien.

Der Jahresbericht 2008 der ICC zeigte auf, dass von allen von Piraten angegriffenen Handelsschiffen (293 Schiffe in 2008) der größte Anteil mit 41 Schiffen (14 %) von deutschen Reedereien betreut wurde, gefolgt von 31 Schiffen betreut von Singapur und 23 Schiffen, betreut von Griechenland.

### 3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Verbundprojekt PITAS bestand aus 5 Teilvorhaben der Partner und war unterteilt in 12 Arbeitspakete (AP), die von jeweils unterschiedlich zusammengesetzten Gruppen bearbeitet wurden (s. a. Punkt 5 unten sowie Tabelle 1 im Erfolgskontrollbericht). Die ursprünglich genehmigte Laufzeit war 01.07.2010 – 30.06.2013.

Tabelle 1: Ursprüngliche Projektplanung (rot/dunkel), Neuplanung 2012 (grün/hell) und Abschluss "A"

| Jahr<br>Quartal                             | 2010 |   | 2011 |   |   |   | 2012 |   |   |   | 2013 |   |   |   |
|---|------|---|------|---|---|---|------|---|---|---|------|---|---|---|
|   | 3    | 4 | 1    | 2 | 3 | 4 | 1    | 2 | 3 | 4 | 1    | 2 | 3 | 4 |
| AP 1 "Wissens-DB"                           |      |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   | A |
| AP 1 "Wissens-DB" (neu geplant)             |      |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   | A |
| AP 2 "Funktions- & Wirkkette"               |      |   |      |   | A |   |      |   |   |   |      |   |   |   |
| AP 2 "Funktions- & Wirkkette" (neu geplant) |      |   |      |   | A |   |      |   |   |   |      |   |   |   |
| AP 3 "Schnittstellen"                       |      |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   | A |   |
| AP 3 "Schnittstellen" (neu geplant)         |      |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   | A |   |
| AP 4 "Infrastruktur & Komm"                 |      |   |      |   |   |   |      |   | A |   |      |   |   |   |
| AP 4 "Infrastruktur & Komm" (neu geplant)   |      |   |      |   |   |   |      |   | A |   |      |   |   |   |
| AP 5 "Trackmanagement"                      |      |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   | A |
| AP 5 "Trackmanagement" (neu geplant)        |      |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   | A |
| AP 6 "Alarmsystem"                          |      |   |      |   |   |   |      |   | A |   |      |   |   |   |
| AP 6 "Alarmsystem" (neu geplant)            |      |   |      |   |   |   |      |   | A |   |      |   |   |   |
| AP 7 "Reaktionssystem"                      |      |   |      |   | A |   |      |   |   |   |      |   |   |   |
| AP 7 "Reaktionssystem" (neu geplant)        |      |   |      |   | A |   |      |   |   |   |      |   |   |   |
| AP 8 "Sicherheit"                           |      |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   | A |   |
| AP 8 "Sicherheit" (neu geplant)             |      |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      | A |   |   |
| AP 9 "HM Interface"                         |      |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   | A |
| AP 9 "HM Interface" (neu geplant)           |      |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   | A |
| AP 11 "MM-Wellen-Radar"                     |      |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   | A |
| AP 11 "MM-Wellen-Radar" (neu geplant)       |      |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   | A |
| AP 12 "Validierung"                         |      |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   | A |
| AP 12 "Validierung" (neu geplant)           |      |   |      |   |   |   |      |   |   |   |      |   |   | A |

Der Projektverlauf verzögerte sich aufgrund begrenzter Ressourcen bei Raytheon Anschutz um mehrere Monate. Die Planung für die einzelnen Arbeitspakete wurde 2012 mit dem Ziel angepasst, das Projekt bis Jahresende 2013 abzuschließen. Eine kostenneutrale Projektverlängerung wurde rechtzeitig beantragt. Tabelle 1 zeigt die wesentlichen Unterschiede zwischen der ursprünglichen Zeitplanung und den tatsächlich erfolgten Abarbeitung der Teilprojekte.

#### **4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde,**

Die vom IMB Piracy Reporting Centre erfassten Daten zu Piraterie- und Terrorangriffen bildeten die Grundlage, um Bedrohungsszenarien, wie sie zur Entwicklung eines Reaktions- und Abwehrsystems erforderlich sind, in Rahmen eines Wissensmanagementsystems zu erarbeiten.

Schiffe der zivilen Schifffahrt haben bis heute keine Möglichkeiten zur Detektion von asymmetrischen Bedrohungen, wie sie von Piraten und Terroristen ausgehen. Bestehende Radarsysteme sind nicht darauf optimiert oder geeignet, um zum Beispiel kleine Schlauchboote, Schwimmer oder etwa an der Meeresoberfläche treibende IEDs (Improvised Explosive Devices) zu registrieren, eingerüstete Sonare dienen lediglich der Tiefenmessung und nicht der Taucherdetektion und die Mannschaft an Bord ist weder speziell geschult, noch stehen ihr legale Möglichkeiten zur Verfügung, um evtl. Angriffe effektiv abzuwehren.

Zur Detektion asymmetrischer Bedrohungen wurden zwar verschiedene Sensoren auf dem Markt angeboten, die eine Vorverarbeitung der aufgenommenen Rohdaten bis hin zur Trackbildung von Zielen bieten. Doch vor allem liefert die Mehrzahl dieser Sensoren ausschließlich separate, zumeist visuell dargestellte Daten, deren Interpretation beim Bediener liegt und diesen schnell aufgrund der ununterbrochenen Überwachungsnotwendigkeit (24/7) überfordert. Eine Datenfusion sowie eine Interpretationshilfe anhand realistischer, in einer Datenbank niedergelegter Szenarien und effektiver Reaktionsmöglichkeiten fanden nicht statt und wurden erst im Rahmen von PITAS entwickelt.

In einer Reihe neuerer Studien wurden 2009 besonders große Potentiale zur Weiterentwicklung gesehen in Bezug zur

- Einbindung der Sensoren in ein Verbundkonzept,
- Ausrichtung der Informationsfusion auf ein Konzept, das vom Gesamtziel, nicht von den Komponenten bestimmt ist („capability-centered“ nicht „sensor-centered“),
- Nutzung aktueller, permanent adaptierter Informationen über die sich laufend ändernde Bedrohung,
- systematischen Gesamtentwicklung von Eindringlingserkennung, Bedrohungsklassifikation und abgestimmter, variabler Reaktion.

#### **• Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden**

Für die Erstellung der Wissensdatenbank wurde eine relationale Datenbank entwickelt, basierend auf Content-Management Systemen, Java-Anwendungen und den zugehörigen Datenbank-Treibern.

Sowohl Radargeräte als auch Überwachungskameras gehören zur Standardausrüstung von Schiffen. Die installierten Radargeräte sind jedoch auf die Belange der Navigation ausgelegt und dienen zur Überwachung des Seegebietes ab einer gewissen Entfernung bis an den Horizont, die Fähigkeit zur Detektion kleinerer Boote ohne Radarreflektoren fehlte.

Verschiedene Sensoren wurden zu Projektbeginn bereits inklusive Software zur halbautomatischen Erkennung einer Gefährdung für militärische Anwendungen angeboten (z.B. Videokameras, Bewegungsmelder, RFID-Systeme zur Zugangskontrolle und Personalstandsüberwachung, Sprengstoffsensoren, Röntgen- und Terrahertz-Scanner, IR-Kameras, Radar- und Sonaranlagen), diese Sen-

soren waren jedoch bei entsprechender Empfindlichkeit für den zivilen Einsatz nicht verfügbar oder zu teuer.

Das klassische Trackmanagement auf See mit dem Ziel der sicheren Schiffs-Navigation umfasst die Analyse der Kontakte aus den Sensoren wie z.B. Radar und AIS, das Detektieren vermeintlicher Ziele sowie zunehmend deren Assoziation. Eine besondere Herausforderung an das Track-Management stellte im Rahmen von PITAS die Multi-Sensor-Datenfusion aus all den o.g. Bereichen und den sehr unterschiedlichen Sensoren dar: Tracking-Szenarien bzw. Muster sollten zum Erkennen von Zielen führen, die mit den typischen navigatorischen Sensoren an Bord normalerweise nicht erkannt werden.

Ausgereifte Human Machine Interfaces (HMI) für Navigationssysteme wie Radar, ECDIS und Conning und die Ansteuerung von Effektoren waren 2009 am Markt vorhanden. Zur Entwicklung eines HMI für die Darstellung der PITAS-Daten waren auch entsprechende Methoden, Technologien und Frameworks vorhanden. Die besondere Herausforderung lag in der IMO-konformen Integration von Lagedarstellung/ Bedrohungsszenarien und deren Bewertung in Zusammenhang mit der Navigation auf der Brücke.

Stand der Technik beim Millimeterwellen (/Nahbereichs)-Radar war 2009 die Verwendung von entsprechenden Radarsystemen in der Automobilindustrie zur Abstandswarnung und frühzeitigen Kollisionserkennung. Diese Radargeräte waren jedoch nicht dafür ausgelegt, detaillierte Zielerkennung oder - Verfolgung auf Seeschiffen zu ermöglichen. Weitere Details hierzu finden sich im Abschlussbericht der CAU.

• **Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste**

ICC-Statistiken (International Chamber of Commerce) über Piraterie auf Schiffen ([www.icc-ccs.org](http://www.icc-ccs.org)).

IMO-Statistiken (International Maritime Organisation) über Piraterie und bewaffnete Angriffe auf Schiffe ([www.imo.org](http://www.imo.org)),

Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (ISL) Bremen, verschiedene Publikationen

Kessel RT (2007) Protection in Ports: Countering Underwater Intruders. Undersea Defence Technology (UDT) Europe, Neapel, NURC Reprint PR-2007-005, La Spezia

Kessel RT (2006) Underwater-Intruder Detection Sonar for Harbour Protection: State-of-the-Art Review and Implications. IEEE Int. Conf. Homel. Secur. & Safety, Istanbul, NURC Reprint PR-2006-027, La Spezia

Live Piracy Report, International Chamber of Commerce, <http://www.icc-ccs.org/>

PiraT: Forschungsprojekt des BMBF: Publikationen:  
<http://www.maritimesecurity.eu/de/publikationen/workingpapers.html>

Piracy analysis and warnings weekly, Office of Naval Intelligence.  
[http://www.oni.navy.mil/Intelligence\\_Community/piracy.htm](http://www.oni.navy.mil/Intelligence_Community/piracy.htm)

Quartalsberichte der Bundespolizei See  
[http://www.bundespolizei.de/DE/02Schutz-und-Vorbeugung/Pirateriepraev/piraterielage\\_node.html](http://www.bundespolizei.de/DE/02Schutz-und-Vorbeugung/Pirateriepraev/piraterielage_node.html)

## 5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.

Das Verbundprojekt PITAS wurde von 5 Verbundpartnern gemeinsam (s. Tab. 1 unten) bearbeitet:

- **Raytheon Anschütz GmbH**, Kiel (RAN) weltweit einer der führenden Hersteller von integrierten Brückensystemen und nautischen Geräten und **Lead-Partner** im Verbundprojekt.
- **L-3 Communications ELAC Nautik GmbH**, Kiel (ELAC), spezialisiert auf die Entwicklung, von Einstrahl- und Mehrstrahlecholote für Navigation, Ortung und Vermessung, Sonar-Systeme und Komponenten sowie Unterwasser-Kommunikationssysteme.
- **Technische Fakultät der Christian-Albrechts-Universität** zu Kiel (TF / CAU) mit den Lehrstühlen / Arbeitsgruppen für Hochfrequenztechnik (HFT, Prof. Dr.-Ing. R. Knöchel), Informations- & Codierungstheorie (ICT, Prof. Dr.-Ing. P. A. Höher), Netzwerk- & Systemtheorie (LNS, Prof. Dr.-Ing. U. Heute).
- **Thales Defence Deutschland GmbH**, Kiel (THALES), mit dem Schwerpunkt Über- und Unterwassertechnologie für die Marine.
- **WISKA Hoppmann & Mulsow GmbH / WISKA CCTV GMBH**, Kaltenkirchen, (WISKA) spezialisiert auf die Bereiche Licht, Closed Circuit TV (CCTV) und Installationsmaterial für den maritimen Bereich.

Darüber hinaus wurde das Projekt unterstützt vom:

- **Forschungsbereich für Wasserschall und Geophysik**, Kiel (FWG) zugehörig zur WTD 71 der Bundeswehr. Der Schwerpunkt der Arbeiten betrifft die Aufklärung unter Wasser, neue Sensor- und Signalverarbeitungskonzepte, Entwicklung von Modellen zur Sonar- Simulation, sowie akustische Grundlagenuntersuchungen zur Verminderung der Eigengefährdung von Schiffen und Booten.
- **Maritimen Cluster Schleswig-Holstein** (MC-SH). Das MC initiiert, fördert und vernetzt Aktivitäten der maritimen Wirtschaft auf lokaler, regionaler und überregionaler Basis.

Weiterhin wurde auf die Erfahrungen der Bundemarine sowie der Bundespolizei See zurückgegriffen (verschiedene Besuche und Treffen auf Fachtagungen, s.u.)

## II. Eingehende Darstellung

### 1. 1. Verwendung der Zuwendung

Raytheon Anschutz (RAN) war Lead-Partner im Verbundprojekt PITAS und federführend (F) bei 7 von 12 Arbeitspaketen (AP, Tab. 1). Bei weiteren 4 APs war RAN beteiligt (B). AP 10 fand völlig ohne Beteiligung von RAN statt und wird daher im Folgenden nicht weiter thematisiert.

**Tabelle. 1: Untergliederung des Vorhabens PITAS in Arbeitspakete**

| AP Nr. | Beschreibung                  | RAN | ELAC | THALES | WISKA | CAU |
|--------|-------------------------------|-----|------|--------|-------|-----|
| 1      | Wissensmanagementsystem       | F   |      |        |       |     |
| 2      | Funktions- & Wirkkette        | B   | F    | B      | B     |     |
| 3      | Schnittstellen                | F   | B    | F      | B     | B   |
| 4      | Infrastruktur & Kommunikation | F   |      |        |       | B   |
| 5      | Trackmanagement               | B   | B    |        |       | F   |
| 6      | Alarmsystem                   | F   |      |        |       |     |
| 7      | Detektions- & Reaktionssystem | B   |      | B      | F     |     |
| 8      | Sicherheit                    | F   |      |        |       |     |
| 9      | Human Maschine Interface      | F   |      | B      |       | B   |
| 10     | Sonar Sensor Array            |     | F    |        |       | F   |
| 11     | Millimeter-Wellenradar        | B   |      |        |       | F   |
| 12     | Labormuster                   | F   | B    | B      | B     | F   |

**F = Federführung**

**B = Beteiligt**

### 1.2. erzielte Ergebnisse

*im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele*

#### AP 1: Wissensmanagementsystem (F)

Die Ziele in AP 1 waren:

- Auswertung und Aufbereitung von Informationen und Details über Angriffe von Piraten und Terroristen auf die Schifffahrt aus IMO und ICC-Statistiken, sowie anderen Quellen
- Entwicklung der Architektur für eine Wissensdatenbank mit dem Ziel, diese Daten aufzunehmen
- Entwicklung beispielhafter Bedrohungsszenarien, für die PITAS Schutz bieten soll
- Entwicklung von Algorithmen, um Sensordaten aufzunehmen und Reaktionsvorschläge nach Abgleich mit der Wissensdatenbank und den zur Verfügung stehenden Effektoren auszuwerfen.

Ergebnisse AP1:

Zu Beginn des Verbundprojekts wurde eine Expertengruppe bestehend aus Vertretern von Wasserschutzpolizei, Marine, Seerecht, Lotsen und Wehrtechnische Forschung zusammengestellt und die

### IMB Live Piracy Map 2009

This map shows all the piracy and armed robbery incidents reported to the IMB Piracy Reporting Centre during 2009. If exact coordinates are not provided, estimated positions are shown based on information provided. Zoom-in and click on the pointers to view more information of an individual attack. Pointers may be superimposed on each other.



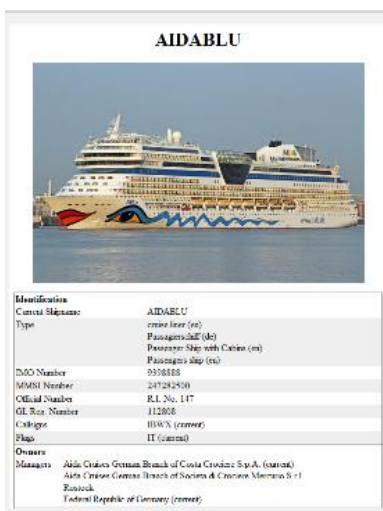
erfolgten Piratenangriffe anhand diverser Informationsquellen im Einzelnen analysiert. Daraus wurden 9 verschiedene, typische Bedrohungsszenarien abgeleitet: Angriffe im Hafen (durch Boote, Taucher oder von Land aus), Angriffe auf Reede (durch Boote oder Taucher), Angriffe auf See (durch Boote, unter Beteiligung von Mutterschiffen und / oder unbeteiligten Seeverkehr). Diese Szenarien dienten als Voraussetzung für die weitere PITAS Entwicklung.

Am Institut für Informatik der CAU (Details siehe bitte dort) erfolgten verschiedene Entwicklungsschritte, um die neuesten Erkenntnisse und

Meldungen automatisch abzurufen, zu klassifizieren und abzulegen:

- Entwicklung von Verfahren zur Akquisition von Informationen aus heterogenen Quellen und deren Integration in strukturierte Datenbanken
- Entwicklung einer neuartigen Topologie basierten Indexstruktur für die effiziente Suche nach Mustern bei verschiedenen bewegten Objekten.
- Entwurf und Realisierung von Verfahren zur regelbasierten Darstellung und Auswertung von Szenarien-Beschreibungen.
- Entwicklung von Grundkonzepten zum Aufbau einer Infrastruktur für die konsistente Datenhaltung bei verteilten Instanzen.

### AP 2: Funktions- & Wirkkette (B)



Die Ziele in AP 2 waren:

- Bewertung von Sensoren und Effektoren in Bezug auf Nutzen, Wirksamkeit und Kosten
- Beschreibung von Funktions- und Wirkzusammenhänge von Systemkomponenten
- Entwicklung von Regelwerken für Alarme und Reaktionsvorschläge

Ergebnisse AP2:

Dieses AP wurde federführend von ELAC bearbeitet, Details siehe bitte dort. Anhand der Analyse und Zusammenstellung der Bedrohungsszenarien in AP1 wurden geeignete Sensoren und Effektoren

recherchiert und die Komponenten spezifiziert. Im nächsten Schritt wurden verschiedene Konzepte und Regelwerke entwickelt: für Alarme und Reaktionsvorschläge und für die Realisierung des Ge-

samtsystems. Daraus wurde ein Übersichtsdiagramm des Systemdesigns entwickelt, um als Grundlage für detaillierte Spezifikationen und des gemeinsamen Designs zu dienen.

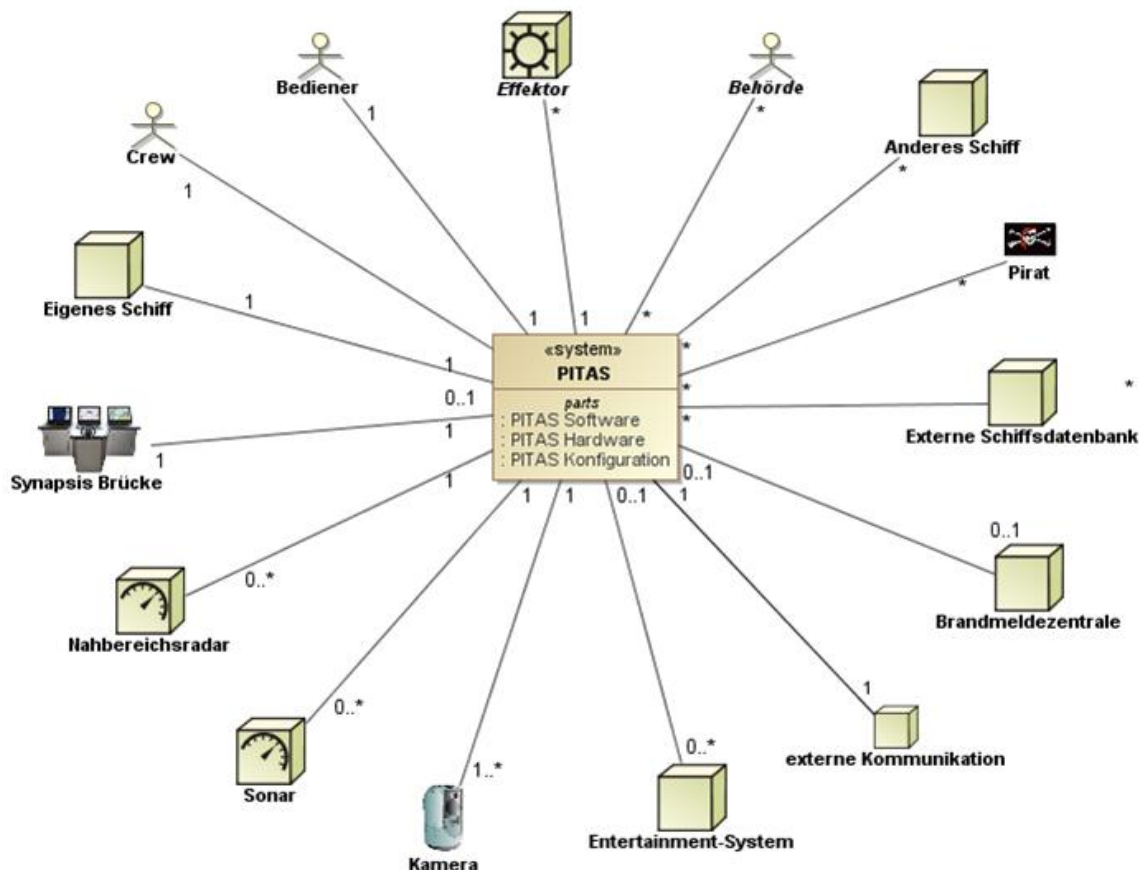
Untersucht wurden die vielfältigen, am Markt vorgeschlagenen Wirkmittel zur Piratenabwehr. Hierzu zählten zum Beispiel: das sehr laute akustische Abschreckungsmittel Herberz-Horn, das akustische Abschreckungsmittel Long Range Acoustic Device LRAD, der Wasserwerfer, die Mikrowellenwaffe, elektrisch aufgeladener Wassernebel und weitere.

Die nähere Betrachtung ergab, dass es zur effektiven Abwehr von Piraten auf weite Distanzen keine nicht letalen Wirkmittel gibt. Alle frei verfügbaren Maßnahmen sind nur für den Nahbereich geeignet und als letzte Abwehrmaßnahme zu sehen. Zwei Wirkmittel wurden als geeignet eingestuft: ein automatisch gesteuerter Wasserwerfer und das Herberz-Horn. Beide haben eine Einsatzreichweite von ca. 50-60m. Der Wasserwerfer soll gezielt das Piratenboot und die Piraten mit Wasser überfluten und so den Angriff beenden, während das Herberz-Horn einen so lauten Ton erzeugt, dass ein Angreifen erschwert, eventuell auch verhindert wird: Das Laustarke Herberz-Horn kann bei Menschen zur Orientierungslosigkeit führen.

### AP 3: Schnittstellen (F)

Die Ziele in AP 3 waren:

- Definition aller notwendigen Datenformate einschließlich der Metadaten für Sensoren und Effektoren
- Identifikation und Aufbereitung aller Schnittstellen
- Datenmanagement





### Ergebnisse AP3:

Anhand der in AP 2 recherchierten Sensoren und Effektoren wurden die betreffenden Schnittstellen beschrieben und detailliert festgehalten. Ziel war dabei, auch bestehende Kommunikations-Standards wie den weit verbreiteten NMEA 0183 für Navigationsgeräte auf Schiffen zu berücksichtigen. Dadurch sollen die entwickelten PITAS Sensoren einfacher in bestehende Brückensysteme eingebunden werden können.

Sämtliche Schnittstellen wurden auf Grundlage von Schnittstellendokumenten (ICDs) definiert, beschrieben und dokumentiert und in das Gesamtsystem modelliert. Weiterhin wurde in diesem Arbeitspaket das Systemmodell zu PITAS in SysML entwickelt und optimiert. Das Systemmodell beschreibt in einer technischen Modellierungssprache in inneren Aufbau des Gesamtsystems und die Schnittstellen des Systems nach außen.

So wurde z.B. eine Schnittstelle zum Wissensmanagementsystem in AP 1 und der damit verbundenen Datenbank entwickelt, mit der dazu gehörenden grafischen Darstellung. Als Ergebnis dieser integrierten Entwicklungsschritte kann der PITAS-Nutzer:

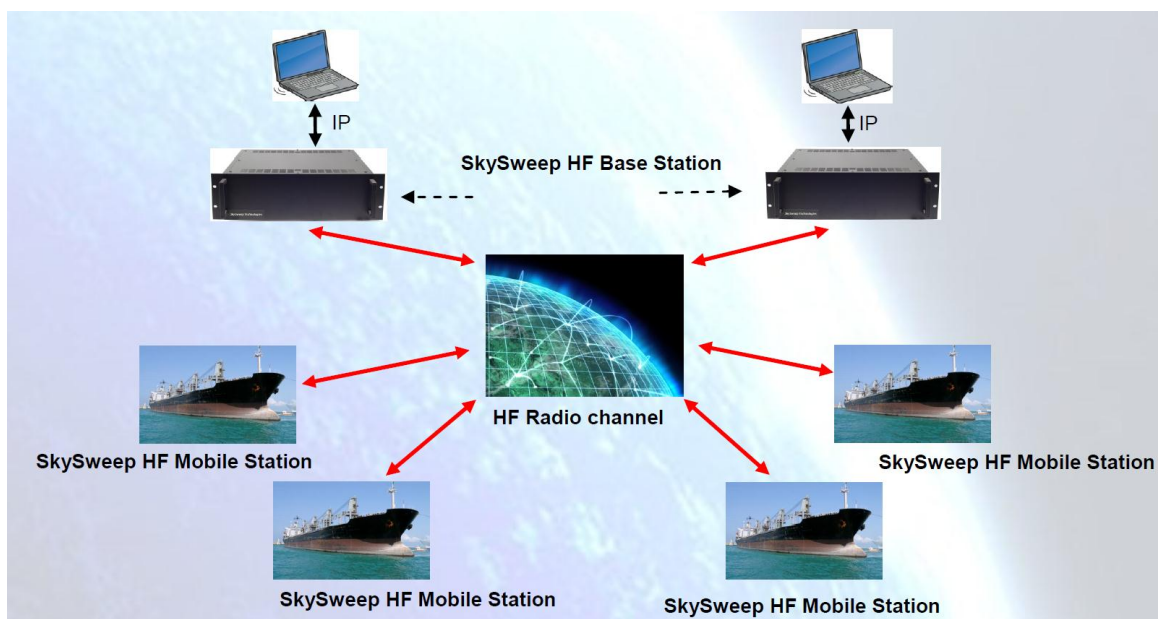
- Vorfälle nach Gebiet und Zeitraum abrufen
- Vorfälle und Gefahrenzonen auf der eigenen Route anzeigen
- Einzelheiten zum Vorfall abrufen und Informationen zu den beteiligten Schiffen anfordern

Raytheon Anschutz hat dazu, in Abstimmung mit der CAU, Anwendungsfälle für Anfragen an die Datenbank identifiziert. Als Schnittstelle wurden von der CAU SQL-Anfragen zu den ermittelten Anforderungen des HMI erstellt und diese in das HMI integriert. Die Ergebnisse werden teilweise in XML-Strings kodiert, was eine leichtere Verarbeitung auf der Empfängerseite ermöglicht. Eine Erweiterung dieser Schnittstelle um eine TCP-Schicht wurde ebenfalls entwickelt. Dadurch können Datenbank und HMI auf verschiedene Systeme verteilt werden, was die Ausfallsicherheit des Gesamtsystems verbessert.

### AP 4: Infrastruktur und Kommunikation (F)

Die Ziele in AP 4 waren:

- Untersuchung der vorhandenen Infrastruktur und Kommunikationswege auf Seeschiffen



## Prüfung der Vernetzungsmöglichkeiten von Automation, Navigation, Kommunikation sowie Entertainment Systeme für PITAS

### Ergebnisse AP 4:

Anhand der Ergebnisse aus AP2 wurden die Möglichkeiten, die Besatzung zu alarmieren definiert und spezifiziert. Diese beinhalten Displays auf der Brücke, den Einsatz des Schiffshorns, DECT-Telefone, Funkgeräte und Feuermeldeanlagen. Zur Alarmierung von Crewmitgliedern im Inneren des Schiffes, z. B. im Maschinenraum oder in den Kabinen wurden Crew-Minidisplays, das Entertainmentsystem RFID Tags und die Lautsprecheranlage untersucht.

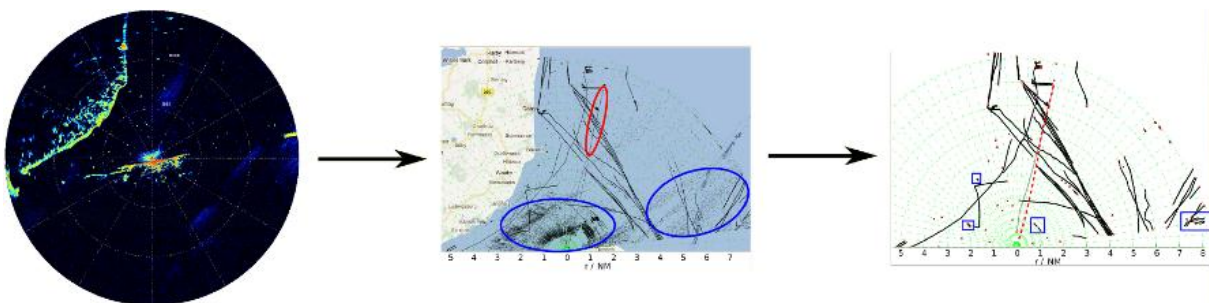
Externe Kommunikationsmöglichkeiten wurden untersucht, um potentielle Bedrohungen an andere Schiffe in der Umgebung übertragen zu können. Hierbei sollte die bestehende Infrastruktur von Handelsschiffen ggf. mit geringem technischem Aufwand angepasst werden können. Da auf Handelsschiffen so genannte SATCOM Verbindungen nur selten vorhanden sind, lässt sich eine Übertragung von Systemtracks nur über HF Sender realisieren. Hierfür wurde ein System der Firma SkySweep Technologies getestet, mit dem sich NMEA Kontakte verschlüsselt über die bestehenden UHF Schiffskommunikationssysteme übertragen lassen. Die Ergebnisse von AP 4 wurden in einem separaten Abschlussbericht zusammengestellt und entsprechende Kommunikationskanäle im Systemdesign festgehalten.

### AP 5: Trackmanagement (B)

Die Ziele in AP 5 waren:

- aus erfassten Kontakten mögliche Ziele zu identifizieren, welche bestimmten Tracks folgen.
- die Daten der verschiedenen Sensoren (Sonar-Array, Radar- Einzelempfänger, Radar-Mehrkomponenten-System) auszuwerten und durch Spezifikation und Entwicklung geeigneter Algorithmen in geeigneter Weise zusammenzuführen
- die Verwaltung der entsprechenden Tracks zu optimieren, um eine Echtzeit- Entscheidung über die nötige Reaktion zu gewährleisten und dies im Rahmen der Integration und erfolgreicher Tests nachzuweisen

### Ergebnisse AP 5:



Das Trackmanagement hat die Aufgabe, verschiedene Detektoren wie IMO-Radar, Nahbereichsradar, Sichtbares und Infrarot-Video sowie Sonar in einem Tracksystem zusammen zu führen.

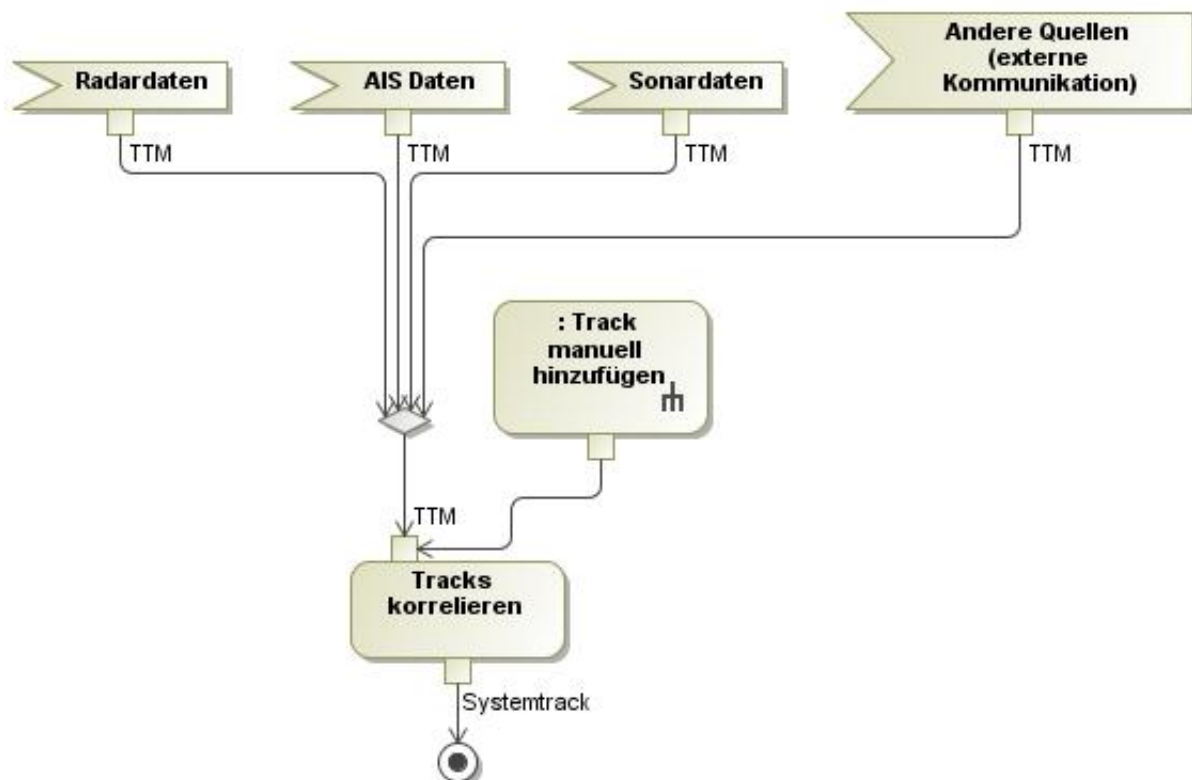
Zu Beginn der Untersuchungen zeigte eine Simulation, dass kleine Kontakte, wie z.B. Skiffs erst ab ca. 4 sm und näher auf dem Radarbildschirm zu erkennen sind und durch das Radargerät getrackt wer-

den. Bei den von der Expertengruppe und AP2 herausgestellten Annäherungsgeschwindigkeiten zwischen Pirat und typischen Handelsschiff ergibt sich dadurch eine Reaktionszeit von ca. 10 - 15 min.

Durch eine frühere Detektion in ca. 7-8 sm mit einem speziell hierfür entwickelten „Small/Fast Target Trackers“ liesse sich die Reaktionszeit bis zum Eintreffen der Piraten verdoppeln. Dies ermöglicht eine bessere Vorbereitung der Mannschaft auf den zu erwartenden Angriff und erhöht die Chancen für eine erfolgreiche Kurskorrektur und Abwehr. Theoretische Berechnungen hatten gezeigt, dass eine Detektion bei diesen Entfernungen möglich ist.

Daher wurden mit dem Projektpartner CAU verschiedene erfolgsversprechende Algorithmen diskutiert und eine Methode ausgewählt, die in Forschungsarbeiten der CAU zum Tracker entwickelt wurde.

Innerhalb der Systemkonzeption wurden Spezifikationen für das Trackmanagement erarbeitet und mit den Projektpartnern abgestimmt. Die Spezifikationen wurden weiter verfeinert, um ein einheitliches Trackmanagement zu realisieren. Für den PITAS - Bediener auf der Schiffsbrücke ist es von entscheidender Bedeutung, dass gleiche Kontakte auf unterschiedlichen Konsolen die gleichen Labels als auch Tracknummern tragen, um den Überblick zu behalten. Aufbauend auf diesen Voraussetzungen wurde mit der Erstellung der Track-Fusion-Algorithmen begonnen.

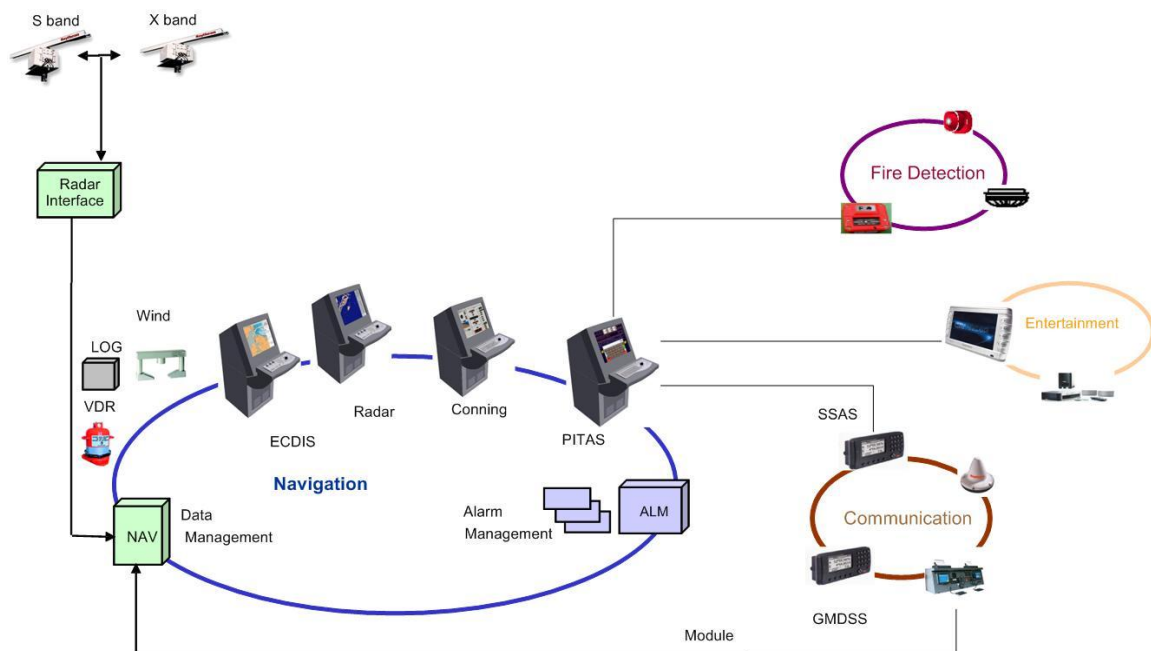


Der für das Track-Management erstellte Software-Code und die erstellten Funktionalitäten wurden auf Modulebene getestet. Die Softwaremodule wurden in das Softwareframework integriert und auf einer möglichen Zielhardware getestet. Dabei konnte die Funktionsweise der Track-Fusion sowie auch des Small-Target-Trackers mit Beispieldaten erfolgreich nachgewiesen werden.

Bei den auf Radartracking fokussierten Aufgaben wurde z.B. ein Multi-Target Tracking realisiert und die Detektionsreichweite für schnelle kleine Bewegtziele auf ca. 6,7 NM erhöht. Weitere Entwicklungsschritte waren die Verringerung der Rechenzeit (Echtzeitfähigkeit), das Track Smoothing und die Verringerung der Falschtrackanzahl. Details hierzu finden sich im Bericht der CAU - TF.

## AP 6: Alarmsystem (F)

Ziel von AP6 war es, ein Alarmsystem zu entwickeln welches die Schiffsbesatzung, aber auch Schiffe in der näheren Umgebung über einen Angriff informiert.



### Ergebnisse AP 6:

Um zu einem einheitlichen Alarmmanagement zu kommen, wurden Regeln zur Darstellung der PITAS-Alarmmeldungen auf den Brückenkonsolen sowie umgekehrt, zum Darstellen der Brückenalarmlage auf der PITAS-Konsole erarbeitet. Aus regulatorischen Gründen (IMO) werden Brückenalarmlage in Kategorien unterteilt und nur bestimmte Alarmkategorien und -Auslöser auf der PITAS-Konsole dargestellt. Eine Quittierung von der PITAS-Konsole aus ist nicht möglich, und kann nur von dem auslösenden System (z.B. Radar) aus erfolgen. PITAS-Alarmlage werden unter anderem im zentralen Alarmdisplay der Brücke dargestellt und Alarmlage der höchsten Kategorie (z.B. Angriffsalarm) auch auf den Radar/ECDIS Konsolen. Visuell wird der Kontakt rot blinkend markiert. Des Weiteren wird ein akustisches Warnsignal ausgegeben.

Der durch die CAU implementierte Doktrin-Editor ermöglicht es dem Nutzer, Alarmlage auf Grund von verschiedensten Eigenschaften auszulösen. Mögliche Alarmkriterien sind dabei unverhältnismäßige Geschwindigkeit, irrationale Kursänderungen, sowie zu geringe Entfernung zum Eigenschiff. Ziel ist es, die Alarmlage in das zentrale Alarmmanagement der Schiffsnavigationsbrücke einzuspeisen. Dadurch kann auch der Radaroperator über die Bedrohung informiert werden und die Maßnahmen an den verantwortlichen Offizier kommunizieren.

Die Alarmierung der eigenen Besatzung, des Reeders, der Behörden und der Schifffahrt erfolgt über die in AP4 untersuchten Systeme.

## AP 7: Reaktionssystem (B)

Die Ziele in AP 7 waren:

- Definition, Konzeptionierung sowie Integrationsprinzipien eines Systems, das die Schiffsbewegung in sechs Freiheitsgraden erfasst (Kurs-/Lagereferenzsystem KLRS). Die Messdaten dieses Systems werden zwingend für die Korrektur der Steuerdaten für die Wirksysteme aufgrund der Schiffsbewegung benötigt.
- Erstellung einer Simulationsumgebung zur Modellierung von Schiffsbewegungen
- Ermittlung der Genauigkeit der KLRS-Ausgangsdaten
- Eignungsbewertung für Effektor-Eingangssteuerungsdaten
- Zentrale Datenbereitstellung und -verteilung von KLRS-Daten
- Analyse verschiedener Integrations- bzw. Fusionsverfahren und Bewertung in Bezug auf Umfang und Genauigkeit ihrer Ausgangsdaten



#### Ergebnisse AP 7:

Die Tätigkeiten konzentrierten sich auf die Modellierung der Schiffsbewegung sowie der Genauigkeitsanalyse von verschiedenen Varianten von Kurs-/Lagereferenzsystemen. Das Modell für die Bewegung eines Überwasserschiffs besteht aus einem Generator für die Missionsbewegung, sowie aus Modellen für die Wellenbewegung und die Wasserströmung, die nach dem Superpositionsprinzip überlagert werden. Windlasteffekte wurden nicht direkt berücksichtigt, sondern lediglich durch eine optionale Modifikation der Missionsbewegung.

Für die Beschreibung des Missionsprofils eines Überwasserschiffs wurden im Wesentlichen drei Bewegungselemente verwendet: Konstante Längsgeschwindigkeit, Längsbeschleunigung und Kreisbewegung um die vertikale Achse.

Auf Übergangselemente zum Ausgleich von Unstetigkeiten wurde verzichtet; stattdessen erfolgte eine Korrektur der Dauer der Bewegungselemente, so dass sie letztendlich als synchrone ganzzahlige Vielfache des Integrationsintervalls des KLRS dargestellt werden können. Anschließend erfolgte eine Projektion auf die als Kugel approximierte Erde, so dass die folgenden wahren Referenzparameter

ermittelt werden konnten: Geographische Länge und Breite, Schiffslängsgeschwindigkeit sowie Spurwinkel.

Für die Modellierung der wellen-induzierten rotatorischen Schiffsbewegungen wurden stochastische bandbegrenzte Gauss-Markov- als auch deterministische harmonische Modelle genutzt. Letztere eignen sich zur Analyse des Einflusses von gleichgerichteten Drehschwingungen auf die Genauigkeit der Kurs-/Lagereferenzsysteme.

Für die Modellierung von Wasserströmungen wurden Gauss-Markov-Prozesse erster Ordnung verwendet. Sie beeinflussen die Messungen von bordautonomen Loggen, die wiederum zur Kompensation von Messungen der Inertialsensoren der KLRS benötigt werden.

Für die Genauigkeitsanalyse des KLRS wurden Satellitenkompass, Strapdown-Kompass sowie Marine inertielle Navigationssysteme untersucht. Klassische mechanische Kreiselkompass wurden nicht genauer analysiert, da sie eine viel zu kleine Bandbreite besitzen sowie keine Roll- und Nickwinkel ermitteln. Satellitenkompass als sehr kostengünstige Produkte funktionieren nicht bordautonom und sind daher auf höherwertigen Schiffen nicht oder lediglich als Rückfalloption zugelassen. Außerdem ist die Genauigkeit der von ihnen ausgegebenen Roll-, Nick- und Kurswinkel kaum besser als  $0,5^\circ$ .

Strapdown-Kompass bestehen im Wesentlichen aus einer inertialen Meßeinheit mit drei orthogonalen Drehratensensoren sowie zwei ebenfalls orthogonalen und nominell horizontalen Beschleunigungsmessern oder Libellen. Anhand von speziellen Integrations- und Optimalfilterverfahren werden aus den hochfrequenten Messungen der inertialen Meßeinheit kontinuierlich der Kurs- und die Lagewinkel des Kompasses und damit des Schiffes ermittelt. Als Fazit ist festzuhalten, dass mit einem Strapdown-Kompass Kurswinkelgenauigkeiten von  $0,2^\circ$  und Lagewinkelgenauigkeiten von einer Bogenminute bei einer Bandbreite von 100 Hz erreicht werden können.

Marine inertielle Navigationssysteme unterscheiden sich von Strapdown-Kompassen dadurch, dass sie genauere Inertialsensoren besitzen und dass ihre drei Beschleunigungsmesser vorwiegend zur Messung der translatorischen Schiffsbewegung eingesetzt werden. Kurs- und Lagewinkelgenauigkeiten eines hochwertigeren marinen Inertialsystems wurden bei mittlerem Seegang sowohl im bordautonomen Betrieb als auch während zweier 16-stündigen Phasen der Stützung mit GNSS (Global Navigation Satellite System) zu Beginn und bei der Hälfte der Mission simuliert. Die Bandbreite ist mindestens so groß wie bei einem Strapdown-Kompass.

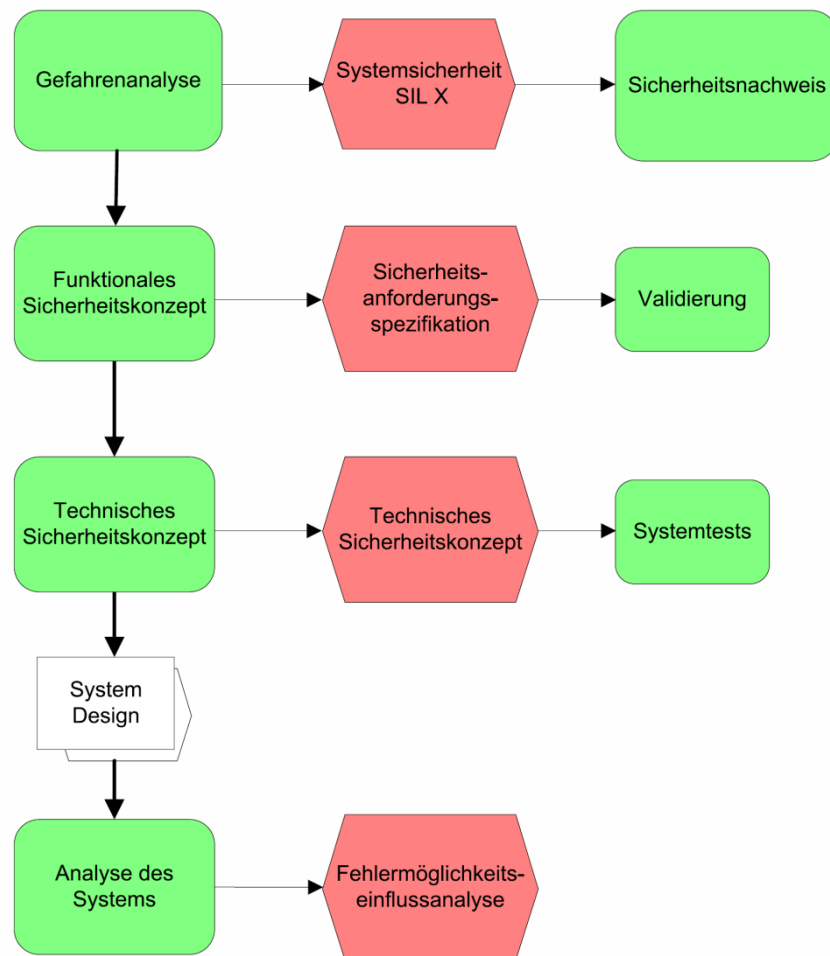
Weitere Ergebnisse aus AP 7 finden sich in den Berichten der Partner: Das entwickelte Detektions- und Reaktionssystem von Wiska besteht aus einer Tag- sowie einer Infrarotkamera nebst einem sehr starken Blendscheinwerfer. Bei Thales wurde die Ansteuerungssoftware entwickelt, um eine große Bandbreite gerichteter Effektoren zu führen.

#### **AP 8: Sicherheit (F)**

Ziele des AP 8 waren die Definition der zu berücksichtigten Sicherheitsaspekte des Systems PITAS an Bord des Schiffes, sowie

- Maßnahmen gegen Ausfall, Datenverlust, Manipulation/Sabotage, Schutz gegen (technische) Kompromittierung (Datensicherheit) und

- die Sicherheit im Sinne der Gerätesicherheit, sowie den Schutz der Bordmannschaft.



Ergebnisse AP 8:

Durch die Installation von technischen Maßnahmen zur Abwehr von Piraten können bei Fehlfunktionen des Systems Schäden an Mensch und Maschine verursacht werden. Die Vermeidung systematischer Fehler sowie die Beherrschung systematischer und zufälliger Fehler senkt das zu erwartende Risiko auf ein akzeptierbares Maß.

In diesem AP wurden folgende Aspekte untersucht:

- Funktionale Sicherheit
- Sicherheit der vorhandenen/neu benötigter Infrastruktur
- Definition der Sicherheitsaspekte des PITAS-Systems
- Durchführung einer Eigen-Gefahrenanalyse gemäß IEC 61508

Die Systemarchitektur beinhaltet Erkenntnisse, die im Gespräch mit dem Germanischen Lloyd (GL) und der International Maritime Organization (IMO) identifiziert wurden: Um das PITAS System auf einer Navigations-Brücke installieren bzw. betreiben zu dürfen, darf dieses keine Veränderungen und Einflüsse auf die navigatorischen Daten und die Zuverlässigkeit haben. Diese Rückwirkungsfreiheit wurde durch die Risiko- & Gefahrenanalyse und der damit definierten Maßnahmen sichergestellt.

Die IT-Sicherheits-Konzeptstudie wurde an den Standard 100-2 des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) angelehnt. Sie betrachtet sowohl die Vorgaben des BSI, als auch die zusätzlichen Anforderungen der Firma Raytheon Anschutz. Das System wurde in drei Schutzbedarfskategorien unterteilt und infrastrukturelle Sicherheitsmaßnahmen aus dem IT-Grundschutzkatalog ausgewählt. Neben der Eintrittswahrscheinlichkeit und der potenziellen Schadenshöhe werden dabei auch die Kosten der Umsetzungsmöglichkeiten berücksichtigt.

## AP 9: Human Machine Interface (F)

Die Ziele in AP 9 waren:

- einen Lagebericht inkl. Karten, Alarme, sowie Warnungen und Reaktionsvorschläge anzuzeigen
- Effektoren zu steuern und auszulösen
- Kommunikation mit internen und externen Kommunikationsmitteln zu betreiben
- alle angeschlossenen Sensoren sowie Effektoren hinsichtlich Status und Daten abzurufen
- Eingaben in den Doktrineditor und in die Wisendatenbank vorzunehmen.

Ergebnisse AP 9:



Das HMI dient als PITAS-Anzeigekonzole für interaktive Displays auf der Schiffsbrücke und bietet verschiedene Einsatzmöglichkeiten:

- Integriert in das Brückensystem (bei Neubau, Nachrüstung)
- Mobil als Container-Lösung (im Standard 10ft Container)
- als modulare Sensorplattform im Laptop (Koffer, ruggedized)

Das HMI stellt Informationen zum eigenen Schiff, sowie die Ansicht der Bord-Kamera, Informationen aus der Datenbank und die Ansteuerung der Effektoren wie z.B. des Wasserwerfers in einem übersichtlich angeordneten Display für den Nutzer zur Verfügung.

Die Datenbankintegration mit der CAU wurde abgeschlossen und die Erweiterung um die TCP-Schicht der Datenbankabfrage implementiert. Damit kann PITAS auf verteilten Systemen arbeiten, was als eine Anforderung aus AP8 IT-Sicherheit hervorging. Die Einbindung der Szenarien-Analyse in das HMI ermöglicht dem Bediener, die definierten Alarm-Parameter als Ergebnis auf der Seekarte zu visualisieren.

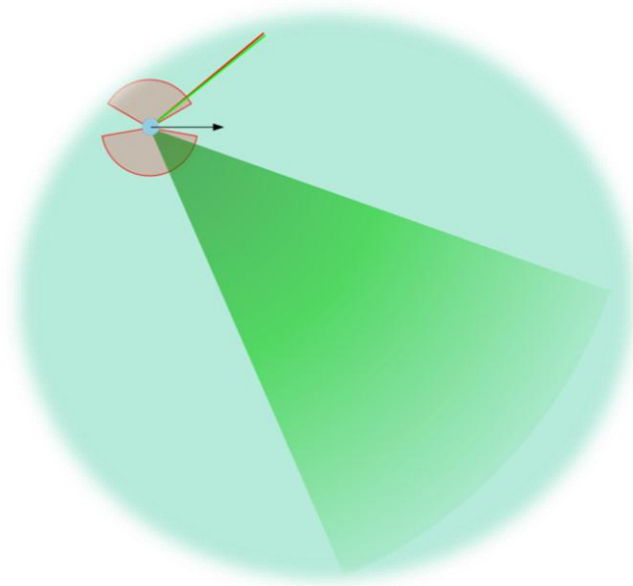
Auf Grundlage des SevenCs ([www.sevencs.com](http://www.sevencs.com)) ECDIS-Kernels wurde eine Seekartendarstellung für offiziell zur Navigation zugelassenen S57 & S63 Seekarten erstellt. Die dargestellte geographische Position (der Kartenausschnitt) auf der Seekarte lässt sich frei und intuitiv mit der Computermaus ziehen/verändern. Damit kann der Nutzer sich jeden beliebigen Ort auf der Welt, sofern die Seekarten im System hinterlegt sind, anzeigen lassen. Da es sich bei der Anwendung um eine Erweiterung für eine Schiffsbrücke handelt, kann auch das Eigenschiff als fester Mittelpunkt der Darstellung gewählt werden. Zusätzlich wurde zur bewährten Darstellung auf den handelsüblichen Seekarten eine Darstellung auf georeferenzierten Satellitenbildern (GEOTIFFs) implementiert, die für den Küstenbereich sehr hilfreich ist und dem Bediener die Orientierung erheblich erleichtert.



Die aus diversen Quellen in der Datenbank abgelegten Vorfälle werden auf der Seekarte als Symbole angezeigt. Der Nutzer kann weitere Informationen zu einem Vorfall anfordern, diese werden in einer Seitenleiste angezeigt. Wenn die Datenbank Informationen zu beteiligten Schiffen enthält, können auch dazu Informationen angefordert werden. Die Anfrage nach Schiffsinformationen (zu den hergestellten Kontakten) kann auch eigenständig ausgelöst werden, wobei nach Schiffsnamen oder IMO-Nummern gesucht werden kann. Für Schiffsnamen bietet das System eine Autovervollständigung an. Erzielt eine Suche mehrere Treffer, werden diese in einer Liste angezeigt. Die Schiffsanzeige umfasst ein Bild sowie grundlegende Daten wie Schiffsnamen (aktuelle und frühere), IMO-Nummer, Schiffstyp, (Vor-)Besitzer, usw., sofern vorhanden. Diese Informationen können bspw. zur Plausibilitätskontrolle des Kontakts herangezogen werden.

Weiterhin werden auf der Seekarte alle dem System bekannten Kontakte dargestellt. Diese Kontakte können vom schiffseigenen Navigationsradar, AIS oder auch von anderen Schiffen Behörden usw. gemeldet worden sein. Somit ist eine Nahbereichsabdeckung über bordeigene und eine Weitbereichsabdeckung über externe Sensoren gewährleistet.

Zur Kamerakomponente im PITAS HMI gehört eine Steuerung per Joystick, Klick ins Bild oder auch als dritte Alternative ein Klick zur Steuerung auf SW-Tasten die bei Bedarf im Bild eingeblendet werden. Zusätzlich werden immer die absolute Ausrichtung der Kamera und der Öffnungswinkel der Kamera dem Bild überlagert (grünes Dreieck). Über die Kamerakomponente lässt sich auch die Umschaltung zwischen Tagsicht und Wärmebilddarstellung umschalten. Dieses ist bei schlechter Sicht oder Nacht



erforderlich, um Kontakte optisch identifizieren zu können.

Schließlich wurde ein Interface für den Wasserwerfer entwickelt, um den Wasserwerfer auf einen Track auszurichten. Außerdem werden die aktuelle Ausrichtung und andere Daten zur Funktionalität des Wasserwerfers angezeigt. Die roten "tortenförmigen" Dreiecke im Nahbereich um das Schiff zeigen den Abdeckungsbereich der Wasserwerfer, die rote Linie deren Ausrichtung. Somit kann der Nutzer jederzeit die Reichweite dieser auf der Seekarte abschätzen und mit der Position der Angreifer abgleichen.

#### AP 11: Millimeter-Wellenradar (B)

Ziel des AP 11 war es, den Nahbereich um das Schiff zu überwachen. AP 11 erforderte:

- die Definition der Anforderungen an Radarsensoren zur Überwachung des Nahbereichs
- die Verifikation des Systemverhaltens des Sensors

Ergebnisse AP 11:



Im Nahbereich um ein Handelsschiff herum ist das Navigationsradar "blind". Um potentielle Angreifer auf kleinen, schnellen Booten nicht aus dem Blickfeld zu verlieren, war daher die Entwicklung eines Nahbereichsradars erforderlich. Hier wirkte RAN unterstützend zu den bei der Technischen Fakultät an der CAU angesiedelten Entwicklungen mit.

Folgende Entwicklungsschritte wurden abgearbeitet: Entwicklung eines kompakten Zweikanal ADC-boards, kohärente Datenanalyse, hohe Scangeschwindigkeit, hohe Auflösung auch bei starkem Seegang. Die Entwicklung des Nahbereichsradars konnte erfolgreich abgeschlossen werden. Das System wurde auf dem Dach der Technischen Fakultät getestet und gemeinsam mit dem Gesamtsystem in Surendorf vorgeführt.

#### AP 12: Validierung des Gesamtsystems (F)

Die Ziele in AP 12 waren:

- die Ergebnisse der Einzel-Arbeitspakete in ein Gesamtsystem als Versuchsaufbau zu integrieren
- durch geeignete Simulationen Bedrohungsszenarien umzusetzen, um die Funktions- und Wirkkette und das Zusammenspiel der Systemkomponenten validieren zu können.

Ergebnisse AP 12:



Die ersten Tests mit dem kompletten Demonstrator fanden in den Laborräumen von Raytheon Anschütz statt. Hierzu wurden die bei Anschütz vorhandenen Sensoren (stationär installiertes Radar, AIS-Sensoren, Kamerasystem) mit dem Demonstrator verbunden und so das System mit Live-Daten getestet und optimiert. Anschließend wurde das System auf dem Testgelände in Surendorf an der

Eckernförder Bucht installiert. Die Abbildung zeigt den Versuchs-Container mit aufgebauten Radarsystemen.

Der Aufbau des Labormusters und die Validierung des Gesamtsystems erfolgten in einem Versuchsaufbau vom 2- 6. September 2013 auf der Mole der Bundeswehrdienststelle WTD 71 in Surendorf an der Eckernförder Bucht. Hierzu wurden alle Komponenten des PITAS - Systems integriert und im Rahmen von verschiedenen Testanläufen mit schnell fahrenden Booten getestet.

Abschließend fand eine Vorführung vor geladenen Gästen aus den Bereichen Wasserschutzpolizei, Reedereien, Bundespolizei See, Marine, Sicherheitsunternehmen, Werften, Presse usw... statt, bei der das Gesamtsystem erläutert und in seinen einzelnen Komponenten realitätsnah getestet wurde.

Insgesamt wurden 5 Test-Szenarien präsentiert:

- Ein einzelner sich schnell annähernder Überwasserkontakt (offene See),
- mehrere sich schnell annähernde Überwasserkontakte (offene See),
- ein einzelner Überwasserkontakt anfahrend aus Landdeckung,
- mehrere anfahrende Überwasserkontakte anfahrend aus Landdeckung
- anschwimmende Taucher aus ca. 1000 m Entfernung.



Für den Test wurde ein kleines Boot gechartert und ein weiteres von der WTD 71 in Surendorf zur Verfügung gestellt, um die Angriffs-Szenarien nachzustellen. In Form, Größe und Geschwindigkeit sind diese Boote mit jenen der Piraten vergleichbar. Als Effektor wurde an das PITAS-System die steuerbare Wasserkanone der Firma Unifire angeschlossen. Die Steuerung hierfür wurde von Thales über die von ihr realisierte DIU (Data Interface Unit) übernommen.

Anschließend wurden die beschriebenen Szenarien von den Booten abgefahren und das PITAS-System, im speziellen dessen Reaktion getestet.

#### *1. Einzelner sich schnell annähernder Überwasserkontakt (offene See):*

Das von der WTD gestellte Schlauchboot fuhr wiederholt aus einer Entfernung von ca. 8 sm aus Richtung Norden auf die Pier zu. Testdauer ca. 15 min, Bootsgeschwindigkeit ca. 30 kn. Nach Start des Anlaufs konnte der Tracker das anfahrende Schlauchboot ab einer Entfernung von ca. 5-7.5 sm zuverlässig tracken.

Die Entfernungsvarianz beruht auf unterschiedlichen Wetter-/Wellenbedingungen während der verschiedenen Testanläufe. Bei Sea-State 0-1 ist mit dem PITAS-System eine automatische Kleinziel-Erkennung (Erfassung der Testboote, ca. 10 qm Radarquerschnitt) ab 7.5 sm gewährleistet. Ab Sea-State 2 reduziert sich diese Entfernung und erreicht bei Sea-State 3-4 nur noch ca. 5 sm. Bei höheren Wellenhöhen wurde nicht mehr getestet, da die Versuchsboote, wie auch die Skiffs im Indischen Ozean, bei Wellenhöhen höher 1,5m nicht mehr einsatzfähig sind. Das PITAS-System erfasste ab den oben genannten Entfernungen automatisch das sich nähernde Boot und stellte dies auf dem PITAS HMI als unbekanntem Kontakt dar.

Ab Erfassung des Bootes wurde der Kontakt jeweils erfolgreich der Szenarien-Erkennung zugeführt, die dieses dann auf sein Verhalten analysierte und mit bekannten Mustern verglich. Bei ca. 5sm Entfernung wurde der getrackte Kontakt bei Sea-State 1 durch die Szenarien-Analyse als verdächtig eingestuft und eine Warnung auf dem Benutzer-HMI generiert. Hier wurde dann vom Benutzer die automatische Steuerung des elektro-optischen Systems aktiviert. Die Kamera wurde automatisch auf den Kontakt gefahren und folgte diesem.

Ab einer Entfernung des Kontaktes von 3 sm wurde, wie zuvor als Sicherheitszone konfiguriert, Alarm ausgelöst. Der Alarm wird optisch als auch akustisch auf der Konsole dargestellt. Ab ca. 3-2sm Abstand war es dem Benutzer mithilfe des Kamerasystems möglich, den Kontakt zu identifizieren und eine Klassifizierung vorzunehmen. Entsprechend der Klassifizierung ändert sich auf dem PITAS-HMI auch die Darstellung des Tracksymbols auf der Seekarte. Anschließend konnte der Benutzer jetzt auch die automatische Steuerung des Wasserwerfers freigeben. Der Wasserwerfer wurde dann ab diesem Zeitpunkt automatisch dem Kontakt nachgeführt. Szenario 1 wurde bei Erreichen des Molenkopfes durch das Boot beendet.

### *2. Mehrere sich schnell annähernde Überwasserkontakte (offene See)*

Hierzu fuhren das von der WTD gestellte Schlauchboot und das gecharterte Kleinboot aus einer Entfernung von ca. 8sm aus Richtung Norden auf die Pier zu. Testdauer ca. 25min, Bootsgeschwindigkeit ca. 20kn.

Nach Start des Anlaufs konnte der Tracker ab einer Entfernung von ca. 5-7sm einen Kontakt detektieren und diesen auch zuverlässig verfolgen. Ab ca. 2sm Entfernung erfasste das Nahbereichsradar die anfahrenden Kontakte ebenfalls und der Tracker konnte 2 Ziele unterscheiden, die auf dem HMI auch dargestellt wurden.

Die späte Erkennung des zweiten Ziels hängt damit zusammen, dass die beiden sich nähernden Boote anfänglich sehr dicht zusammen fuhren und das verwendete Standard-Navigations-Radar nicht die benötigte Auflösung hat, um beide Kontakte zu trennen. Erst ab dem Moment in dem das höher auflösende Nahbereichsradar die anfahrenden Boote detektierte, wurden diese als 2 Boote erkannt. Der restliche Ablauf der Alarmkette verhielt sich wie im ersten Szenario. Hier zeigt sich die Einschränkung des PITAS-System bei ausschließlicher Verwendung von IMO-Radaren zur Detektion.

### *3. Ein einzelner Überwasserkontakt anfahrend aus Landdeckung*



Ähnlich wie im ersten Szenario fuhr das Schlauchboot aus einer Entfernung von ca. 5 sm, aber aus Landdeckung auf die Pier zu. Testdauer ca. 20min, Bootsgeschwindigkeit ca. 20kn.

Auch in diesem Test konnte der Kleinziel-Tracker das anfahrende Boot kurz nach Start des Anlaufs detektieren. Die Entscheidende Komponente zur Kontakt-Erkennung sind

somit Wetter und Wellenhöhe und die Radarquerschnitt-Eigenschaften des zu detektierenden Zieles. Vor allem diese Faktoren bestimmen maßgeblich die Entfernung ab der ein kleines Ziel durch ein Na-

vigationsradar und anschließende automatische Trackverfolgung und Analyse detektiert und verfolgt werden kann.

#### *4. Mehrere anfahrende Überwasserkontakte anfahrend aus Landdeckung*

Im Verhalten war kein Unterschied zu den zuvor beschriebenen Szenarien feststellbar. Die anfahren- den Kontakte wurden direkt nach dem Start als ein Ziel detektiert und ab ca. 2sm Entfernung durch das Nahbereichsradar erfasst und dann als 2 Ziele erkannt.

#### *5. Anschwimmende Taucher aus ca. 1000 m Entfernung*

Hierzu wurde ein einzelner Taucher in einer Entfernung von 1000 m aus einem Boot abgesetzt. Der Taucher schwamm dann gerade auf die Pier zu, vor der auch das Sonar ausgebracht wurde. Der Erfas- sungsbereich des Sonars beginnt unter optimalen Bedingungen bei ca. 700 m Der Anschwimmende Taucher konnte ab ca. 400m Entfernung detektiert werden. Die Kontaktliste des Sonars wurde in das Track-Management übermittelt und direkt auf dem PITAS-HMI dargestellt. Auf das System bezogen konnte die Schnittstelle zum Gesamtsystem getestet und die Einbindung des Sonars in das Gesamt- system verifiziert werden.

Aus der Demonstration des Gesamtsystems vor Surendorf resultierten eine Vielzahl von Pressearti- keln in Fachzeitschriften und Tageszeitungen sowie ein TV-Beitrag im Schleswig Holstein Magazin des Norddeutschen Rundfunks (NDR). Siehe bitte Punkt 6.

## **2. Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises**

Insgesamt beliefen sich die Projektkosten bei Raytheon-Anschütz auf rund 1.9 Millionen Euro. Davon wurden 85% für Gehälter aufgewendet und der Rest für Material Fremdleistungen, Reisekosten und Verwaltung. Die Zuwendung aus öffentlichen Mitteln belief sich auf 50%. Insgesamt wurde das Pro- jekt PITAS vom Bundesministerium der Wirtschaft und Technologie mit rund drei Millionen Euro ge- fördert.

## **3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit**

Die im Rahmen des Projektes geleisteten Arbeiten wurden nach Personen-Projekttagen (PT) abge- rechnet. Gegenüber dem ursprünglichen Antrag gab es einige kostenneutrale Verschiebungen zwi- schen den einzelnen APs, die sich aus unvorhergesehenen technischen Anforderungen bzw. Bewilli- gungsänderungen ergaben. Diese sind nachfolgend im Detail aufgeführt.

| AP | PT - Antrag | PT - geleistet | Differenz |
|----|-------------|----------------|-----------|
| 1  | 40          | 40             | 0         |
| 2  | 70          | 70             | 0         |
| 3  | 167         | 128            | -39       |
| 4  | 110         | 111            | 1         |
| 5  | 658         | 692            | +34       |
| 6  | 200         | 197            | -3        |
| 7  | 240         | 248            | 8         |

|       |      |      |      |
|-------|------|------|------|
| 8     | 50   | 50   | 0    |
| 9     | 470  | 363  | -107 |
| 11    | 80   | 77   | -3   |
| 12    | 190  | 196  | 6    |
| Summe | 2275 | 2172 |      |

**AP1:** Die beantragten Projektstage wurden wie veranschlagt zur Erreichung der Ziele des Arbeitspaketes eingesetzt.

**AP2:** Die beantragten Projektstage wurden wie veranschlagt zur Erreichung der Ziele des Arbeitspaketes eingesetzt.

**AP3:** Es wurden 128 Projektstage (PT) für dieses Arbeitspaket geleistet. Der Unterschied zu dem beantragten Volumen beträgt 39 PT. 50 PT wurden mit Schreiben des PtJ vom 02.11.11 gekürzt, doch Raytheon-Anschütz leistete gegenüber dieser Schätzung 11 PT zusätzliche Arbeit in diesem Arbeitspaket. Der Umfang der Schnittstellenabstimmung wurde aufgrund der langen Laufzeit im Projekt unterschätzt und hat sich durch die erst späte Abstimmung einzelner Schnittstellen erhöht. Die Differenz der PT wurde mit einem anderen AP verrechnet.

**AP4:** Um die Ziele dieses APs zu erreichen, wurde 1PT mehr benötigt. Die Differenz wurde mit einem anderen AP verrechnet.

**AP5:** Um die Ziele des Projektes und APs zu erreichen, wurden 34PT mehr benötigt als ursprünglich geplant. Die Kosten für die zusätzlichen PT wurden nach Ausgleich mit anderen PT von Raytheon Anschütz getragen und ins Projekt investiert.

**AP6:** Es wurde zur Erreichung der Ziele des APs 3PT weniger als veranschlagt benötigt. Die Differenz wurde mit einem anderen AP verrechnet.

**AP7:** Zur Erreichung der Ziele dieses APs wurden 8PT mehr benötigt. Die Differenz wurde mit einem anderen AP verrechnet.

**AP8:** Die beantragten Projektstage wurden wie veranschlagt zur Erreichung der Ziele des Arbeitspaketes eingesetzt.

**AP9:** Der Unterschied zu dem beantragten Volumen beträgt 107 PT. 106 PT wurden mit Schreiben des PtJ vom 19.01.12 in Entwicklungs-Fremdleistung umgewandelt. Demzufolge ergibt sich 1PT weniger Arbeit gegenüber der ursprünglichen Schätzung. Die Differenz der PT wurde mit einem anderen AP verrechnet.

**AP11:** Für dieses AP waren 3 PT weniger erforderlich als geplant. Die Differenz der PT wurde mit einem anderen AP verrechnet.

**AP12:** Hier ergibt sich eine Abweichung von 6 PT die mehr geleistet wurden, als geplant. Die Differenz der PT wurde mit einem anderen AP verrechnet.

#### 4.1. voraussichtlicher Nutzen

Trotz der im Verlauf des Projekts PITAS zurückgegangenen Anzahl von Piratenangriffen und Vorfällen mit Piraten, insbesondere vor Somalia, bleibt die Piraterielage weiterhin angespannt: Mit weltweit 264 Vorfällen in 2013 hat die Anzahl gegenüber 2012 (297 Vorfälle) nur um rund 12% abgenommen. Wie aus dem 4. Quartalsbericht der Bundespolizei See (2013) hervorgeht, waren in knapp 60 % aller Vorfälle die Täter bewaffnet; in 22 Fällen kam es zur Schussabgabe auf Schiffe. Dabei wurden 1 Person getötet und 21 verletzt.

Deutschland bleibt weiterhin eines der am meisten von der Piraterie betroffenen Länder: so erlitten deutsche Reeder in 2013 mit 34 Angriffen nach Singapur (79 Vorfälle) und vor Griechenland (20 Vorfälle) mit am meisten der verzeichneten Angriffe. Tanker und Massengutfrachter lagen dabei weiterhin an der Spitze der betroffenen Schiffstypen.

Daher schätzen deutsche Reeder die Situation weiterhin als bedrohlich ein. Von Seiten der Reeder wird nach Lösungen dieser Problematik verlangt. Raytheon-Anschütz erhält von Reedereien in letzter Zeit vermehrt Nachfragen zur automatischer Kleinzieldetektion und zur Alarmgenerierung.

Aufgrund der bisher sehr positiven Resonanz und der Alleinstellung und somit Vorsprung am Markt wird Raytheon Anschütz Teile der Forschungsergebnisse in der Produktentwicklung weiterentwickeln (s.u.): Ziel ist, für die Handelsschiffahrt und den Mega-Yachtmarkt ein Produkt zur automatischen Kleinzieldetektion, des Trackmanagements als auch Darstellung der Umgebungslage inkl. Alarmzonen zu entwickeln. Ankündigungen zu den geplanten Produkten sollen auf verschiedenen Fachmessen (s. unten) erfolgen.

Seit dem 01. Dezember 2013 dürfen Reeder für Schiffe unter deutscher Flagge nur noch die zugelassenen Bewachungsunternehmen (nach Seeschiffbewachungsverordnung) zum Schutz der Schiffe verpflichten. Projektbegleitend fanden wiederholt Gespräche mit Sicherheitsunternehmen statt. Diese sind mittlerweile mit bewaffneten Teams auf nahezu allen Schiffen, welche die Hoch-Risikogebiete durchqueren vertreten. Vor allem deutsche Unternehmen suchen aktuell nach technischen Lösungen für eine frühe Detektion der Piraten. Insbesondere wurden Gespräche mit den Firmen SKABE, Liedtke Ship Security und German Maritime Security geführt. Hierzu wurde die Möglichkeit eines Betreibermodells diskutiert bzw. erörtert und technische Lösungen für ein mobiles System diskutiert. Somit ergeben sich hier weitere potentielle Markteintrittschancen für ein technisch ausge-reiftes Piratendetektions- und Abwehrsystem.

#### **4.2. Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans**

Die technischen Erfolgsaussichten für das Gesamtsystem PITAS sind insbesondere auch nach der öffentlichen Demonstration des Projektes als sehr gut zu beurteilen.

Die Darstellung der Lage auf einer zivilen Schiffsbrücke (Human Maschine Interface) inklusive der Möglichkeit zur Erstellung von Alarmzonen und automatischen Kleinziel-Erkennung ist sehr innovativ, am Markt einzigartig und so derzeit so nicht verfügbar. Diese Ergebnisse möchte Raytheon Anschütz zur Produktreife weiterentwickeln und dieses System erstmalig auf der SMM 2014 präsentieren.

Hierzu gehören auch das Trackmanagement und die Datenfusion aus den verschiedenen Sensoren. Die Funktionsfähigkeit des Systems wurde Ende 2013 bei der Demonstration der Ergebnisse erfolgreich präsentiert. Hier sind verschiedene, weitere Anwendungsfelder in Wissenschaft und Wirtschaft angedacht, z.B. die Steuerung unbemannter Flugkörper zur Bauwerksinspektion.

Die Wissensdatenbank und die dafür entwickelten Methoden wurden sehr interessiert von der Bundespolizei See in Neustadt aufgenommen. Die BP See erwägt eine Nutzung des Systems zur automati-

schen Datenextraktion und -Speicherung aus den frei verfügbaren Datenquellen als Grundlage für die Erstellung des regelmäßig erscheinenden Piraterieberichts.

Die Entwicklung des Nahbereichsradars zeigte eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten: so unterdrückt das Nahbereichsradar erfolgreich Reflexionen von der Meeresoberfläche und detektiert kleine Bewegtziele bis in 1 km Entfernung. Die Auflösung von 7 m und die gegenüber dem IMO-Radar lückenlose Abdeckung im Nahbereich des Schiffes ermöglichen eine Anwendung zum Beispiel als "Einparkhilfe" zur Navigation auf engstem Raum im Hafen oder in Kanälen wie dem Nord-Ostseekanal.

Aus dem von WISKA entwickelten System zur Detektion und Abschreckung mittels Kameras und Blendscheinwerfer werden die Kameraansteuerung sowie die miniaturisierten und optimierten Kameragehäuse weiter entwickelt.

## **5. während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen**

Im Projektzeitraum wurden keine Ergebnisse von dritter Seite bekannt, die für das Vorhaben relevant sind.

## **6. Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr.11.**

### *a. Wissenschaftliche Ergebnisse: Veröffentlichungen*

Böhm M (2011) Integration von Informationen zu Piratenangriffen aus heterogenen Internetquellen mit einer Text-Mining-Komponente, Bachelor Thesis, Christian-Albrechts-University, Kiel.

Culik B, Lehmann T, Zebermann C (2012) PITAS: Pirate and Terrorist Aversion System. Future Security 2012: 337-346

Khlopov G, Knoechel R, Stellmach W, Teplyuk A (2012) Efficiency of pulse and FMCW radar under condition of the sea clutter impact, Proc. of German Microwave Conference GeMiC 2012, Paper No.: 1557

Nguyen VD (2012) Small-Target Radar Detection and Tracking within the PITAS Hard- and Software Environment. Future Security 2012: 347-358

Nguyen VT, Claussen T (2013) Reducing computational complexity of gating procedures using sorting algorithms. FUSION 2013: 1707-1713

Noemm M, Hoehner PA (2013) CutFM: A Novel Sonar Signal Design. Proc. Future Security Conference 2013, Berlin, Germany

Noemm M, Mourad A, Hoehner PA (2012) Superposition Modulation with Irregular Convolutional Coding. Proc. IEEE Globecom 2012, Anaheim, USA

Polomski T, Klein HJ (2013) TrIMPI : A Data Structure for Efficient Pattern Matching on Moving Objects. Proc. 25th Workshop on 'Grundlagen von Datenbanken', Ilmenau, CEUR Workshop Proc 1020

Polomski T, Klein HJ (2013) How to Improve Maritime Situational Awareness Using Piracy Attack Patterns. Proc. 8th Future Security, Berlin

Polomski T (2014) Dissertation am I. f. Informatik der CAU, in Vorbereitung



Wilkens K, Nguyen VD, Heute U (2011) Adaptive Clutter Density in Multi-Hypothesis Tracking, Proc. IEEE ISIF GI Workshop Sensor Data Fusion 2011, Berlin, Germany.

Zebermann C, Lehmann T, Culik B (2013) PITAS – Piraterie- und Terrorabwehr auf Seeschiffen. Statustagung Maritime Technologien, Tagungsband der Statustagung 2013, Schriftenreihe Projektträger Jülich

#### *b. Präsentationen des Systems durch PITAS-Mitarbeiter*

Tagung der International Maritime Organisation (IMO) und der EU-Kommission, Marseille, Frankreich (30.1.12)

Vortrag bei Hermann-Ehlers Akademie, Kiel (7.2.12)

Vorstellung bei der Bundespolizei See, Neustadt (BP See; 4. 4. 12)

Vorstellung bei der deutschen Marine, Bremerhaven (Atalanta Kongress, 2010)

Fachmesse Schiff, Maschine, Meerestechnik – SMM, Hamburg (2012)

Fachmesse Asia Pacific Maritime, Singapur (März 2014),

Fachmesse Nor Shipping, Oslo (Juni 2014)

Fachmesse Schiff, Maschine, Meerestechnik -SMM, Hamburg (September 2014)

Fachmesse Fort Lauderdale International Boat Show, Fort Lauderdale, USA (November 2014)

#### *c. Vorstellungen auf Fachtagungen und Kongressen*

Abschlussstagung des Projektes PiraT, Hamburg (18.-19. Juni 2012)

Future Security Ausstellung und Kongress, Bonn (2012)

Workshop: "Sicherheit auf Handelsschiffen", Kiel (2012)

#### *d. Pressemeldungen*

"Der Norden entwickelt ein neues Piratenabwehrsystem: Forschungseinrichtungen und Unternehmen wollen mit mehr Information Überfälle verhindern - Lösegeldversicherungen als neues Geschäft". Die Welt, 2.9.2010

"Mit hochauflösendem Radar gegen Piraten und Terroristen". Hamburger Abendblatt, 2.9.2010.

„Gefahr erkannt, Gefahr gebannt“, Kieler Nachrichten vom 07.09.2013

„Piratenabwehr made in SH“, MCN Newsletter September 2013

„ PITAS: Piraterie- und Terrorabwehr auf Seeschiffen“, WTD Journal September 2013

„Piraten- und Terrorgefahr schneller erkennen“, Schiff & Hafen, Oktober 2013

#### *e. Deutscher Bundestag*

Antrag der SPD-Fraktion zum Thema " Meeresforschung stärken – Potentiale ausschöpfen und Innovationen fördern (Drucksache 17/9745, 2012). Zitat: "*Beispielhaft sei an dieser Stelle verwiesen auf das 2010 gestartete Projekt PITAS.*"

#### **IV. „Kurzfassung“ (Berichtsblatt) des wesentlichen fachlichen Inhalts des Schlussberichts nach den dem Zuwendungsbescheid beigefügten „Hinweisen zur Ausfüllung des Berichtsblattes“.**

Das Piraterie- und Terrorabwehrsystem PITAS ist ein gemeinsames F&E-Projekt unter Federführung der Raytheon Anschütz, Kiel. Ziel des Projekts ist die Verbesserung der Sicherheit auf Handels- und Fahrgastschiffen sowie Luxusyachten. Hierzu wurden verschiedene, ineinandergreifende Systemelemente entwickelt:

- Eine Wissensdatenbank die, basierend auf verschiedenen Kommunikationsnetzen aktuelle Piraterie- und Terrorangriffe analysiert und daraus die wahrscheinlichsten Risikoszenarien ableitet
- Ein integriertes Systemdesign für Sensoren und Effektoren, Alarme und Reaktionsvorschläge
- Die Integration in die bestehende Schiffs- Infrastruktur und Kommunikationssysteme
- Ein integriertes Track-Management auf der Grundlage von Sonar- und Radardaten
- Spezifische Alarme, die auf die verschiedenen Kommunikationssystem an Bord aufsetzen
- Ein neuartiges Nahbereichsradar und Sicherheitsmanagement für das gesamte System
- Eine ergonomisch optimierte Benutzerschnittstelle (HMI)